

## การเปรียบเทียบระหว่างผลจากการตรวจสอบกับผลจากการจำลองของแผงโซลาร์เซลล์ Comparison between Monitoring and Simulated Outputs of Solar Panels

ชัยพร สุภาพิตานุกุล<sup>1</sup> อีระเศรษฐ์ ศรีประภัสสร<sup>2</sup> ยชญ์สุธา วิชัยธนพัฒน์<sup>3</sup> สถาปนิก อัจฉิมานุกุล<sup>4</sup>  
 อาคม บุญปัญญา<sup>5</sup> ขจรศักดิ์ วงศ์สำราญ<sup>6</sup> โจเซฟ เคดารี<sup>7</sup> จงจิตร หิริณูลาภ<sup>8</sup>

### บทคัดย่อ

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ เป็นอาคารสาธิต ซึ่งมีระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนดาดฟ้า ที่ใช้ศึกษาเก็บรายละเอียดของกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิ โดยการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2563 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2563 ระบบใช้เซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่ โมโนคริสตัลไลน์ 260 วัตต์ จำนวน 180 แผง และคริสตัลไลน์ 230 วัตต์ จำนวน 198 แผง ทำการวิเคราะห์ปัจจัยในกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ากำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์มีผลโดยตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์ โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล 1 ปี ในบริเวณศึกษาที่อยู่ 10 เมกกะจูล/ตารางเมตรต่อวัน

โดยผลการจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยป้อนข้อมูลผ่านโปรแกรม PV<sub>system</sub> จากการเก็บโดยการเก็บข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และนำข้อมูลที่เก็บได้มาประมวลผลผ่านโปรแกรม PV<sub>system</sub> พบว่าประสิทธิภาพกำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 81.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถประมาณการพลังงานที่สูญเสียจากความร้อน และจากระบบโดยเฉลี่ยจากข้อมูลหนึ่งปี อยู่ที่ 18.6 เปอร์เซ็นต์ จากประมาณการพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ 137.8 เมกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

**คำสำคัญ:** แผงโซลาร์เซลล์โมโนคริสตัลไลน์ แผงโซลาร์เซลล์โพลีคริสตัลไลน์ โซลาร์รูฟ พลังงานทดแทน โปรแกรม PV<sub>system</sub>.

### Abstract

The researcher monitors data generated from the photovoltaic solar system, namely monocrystalline (260watts, 180 unit) and polycrystalline (230watts, 198 panels) located at Energy Conservation Building Honour of His Majesty the King in the Chalermprikiat Energy Conservation Building. Accumulate Solar Radiation (MJ/m<sup>2</sup>-days), Ambient Temperature (°C) and Solar Output (kWh) data during 8.00 - 18.00 hour on Jan 01, 2020 - December 31, 2020. Analytic data find that the

<sup>1</sup> อาจารย์ชัยพร สุภาพิตานุกุล สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี chaiporn.sup@gmail.com

<sup>2</sup> อาจารย์อีระเศรษฐ์ ศรีประภัสสร สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี theerasest.sri@gmail.com

<sup>3</sup> อาจารย์ยชญ์สุธา วิชัยธนพัฒน์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี ake\_ittipat@hotmail.com

<sup>4</sup> อาจารย์สถาปนิก อัจฉิมานุกุล สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี a.sathapanik@hotmail.com

<sup>5</sup> อาจารย์อาคม บุญปัญญา สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี boonpunya.ak@hotmail.com

<sup>6</sup> อาจารย์ขจรศักดิ์ วงศ์สำราญ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี kajonsak.v@ptu.ac.th

<sup>7</sup> ศาสตราจารย์ ดร.โจเซฟ เคดารี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี joseph.khedari@hotmail.com

<sup>8</sup> ศาสตราจารย์ ดร. จงจิตร หิริณูลาภ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี jongjit.hirunlabh@hotmail.com

Solar Radiation and ambient temperature variable direct to Solar Output. Also, the average solar radiation in study areas is 10 MJ/m<sup>2</sup> days.

Stimulate reflection on Performance Ratio (PR) for the solar farm using program PV<sub>sys</sub> by the same analytic data above. We found that the Solar Farm performance ratio is 81.2 percent. The average per year static on loss energy from the system is 18.6 per cent from the total solar farm generated 137.8 MWh/year.

**Keywords:** Monocrystalline silicon, Poly Crystalline Silicon, Solar Roof, renewable energy, PV<sub>sys</sub>.

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศและมีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ ในการแก้ปัญหาที่รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 วัตถุประสงค์ ที่จะกำกับดูแลและส่งเสริมการใช้พลังงานในอาคารและโรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ในฐานะที่เป็นหน่วยงานของรัฐที่กำกับดูแลและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ได้ก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานเพื่อสาธิตเทคโนโลยีที่บริเวณเทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยมีชื่อเรียกว่า "อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ"

การเก็บข้อมูล เพื่อการเปรียบเทียบระหว่างผลจากการตรวจสอบ และจากการจำลองของแผงโซลาร์เซลล์ โดยป้อนข้อมูลการตรวจสอบเข้าโปรแกรม PV<sub>sys</sub> โดยผู้ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าของอาคารเฉลิมพระเกียรติ จะทำการเลือกแผงซิลิคอนแบบผลึก (Monocrystalline Silicon) และแผงโพลีคริสตัลไลน์ (Poly Crystalline Silicon) และอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูงมาติดตั้ง ณ อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ โดยติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่ โมโนคริสตัลไลน์ กำลังไฟผลิตได้ต่อแผง 260 วัตต์ จำนวน 180 แผง และโพลีคริสตัลไลน์ กำลังไฟผลิตได้ต่อแผง 230 วัตต์ จำนวน 198 แผง ติดตั้งบนคานาฟ้าของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ โดยมีกำลังการผลิต 5.7 กิโลวัตต์ และ 6.72 กิโลวัตต์ตามลำดับ ในแต่ละชุดใช้อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA รุ่น Sunny Tripower 17000 TL (17 กิโลวัตต์)

ตารางที่ 1. ข้อมูลเฉพาะของแผงชนิดโมโนคริสตัลไลน์และโพลีคริสตัลไลน์

ลำดับที่	รายการ	รายละเอียด	
1	ชนิดของแผง	โมโน คริสตัลไลน์ ซิลิคอน	โพลี คริสตัลไลน์ ซิลิคอน
2	ชื่อรุ่นของแผง	PV-MLT260HC	PV-TJ230GA6
3	กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Pmax)	260 วัตต์/แผง	230 วัตต์/แผง
4	ขนาดของแผง	78 มม. x 156 มม.	78 มม. x 156 มม.
5	น้ำหนักของแผง	20 กก./แผง	20 กก./แผง
6	จำนวนแผง	180 แผง	198 แผง
7	ยี่ห้อของแผง	มิตซูบิชิ	มิตซูบิชิ
8	ประเทศผู้ผลิตแผง	ญี่ปุ่น	ญี่ปุ่น
9	กำลังการผลิต	5.7 กิโลวัตต์	6.72 กิโลวัตต์
10	จำนวนเซลล์	120 เซลล์/แผง	60 เซลล์/แผง
11	ประสิทธิภาพของแผง	15.7%	14.0 %
12	กระแสที่กัลังไฟฟ้าสูงสุด (Imp)	8.29 แอมแปร์	7.62 แอมแปร์
13	กระแสลัดวงจร (Isc)	8.98 แอมแปร์	8.39 แอมแปร์
14	แรงดันเปิดวงจร (Voc)	38.0 โวลท์	38.0 โวลท์
15	แรงดันที่กัลังไฟฟ้าสูงสุด (Vmp)	31.4 โวลท์	30.02 โวลท์



# NMCCON 2021

## การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

ลำดับ ที่	รายการ	รายละเอียด	
16	อินเวอร์เตอร์	Sunny Tripower 17000 TL	Sunny Tripower 17000 TL
17		17 กิโลวัตต์ / ตัว	17 กิโลวัตต์ / ตัว

การเก็บข้อมูลวันที่ 1 มกราคม 2563 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2563



รูปที่ 1. แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon)



รูปที่ 2. แผงโซลาร์โซลาร์เซลล์ ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอน Polycrystalline Silicon



รูปที่ 3. อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ SMA Solar inverters รุ่น Sunny Tripower 17000 TL

<https://www.sma.de/en/products/solarinverters/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl.htm>

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยในกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ สัมพันธ์ค่ากำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีผลกับค่ารังสีอาทิตย์ กับค่ากำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีผลกับอุณหภูมิแวดล้อม
2. เพื่อศึกษานำข้อมูลที่เก็บได้ป้อนโปรแกรม PV<sub>sys</sub> โดยการคาดการณ์กำลังผลิตของแผงโซลาร์เซลล์



# NMCCON 2021

## การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการตรวจสอบและเก็บข้อมูล ที่อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ บริเวณเทคโนโลยี จ.ปทุมธานี และนำข้อมูลเข้าประมวลผลที่ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ วิเคราะห์ปัจจัยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ กำลังผลิตมีผลกับค่ารังสีของแสงแดด กับกำลังผลิตไฟฟ้ามีผลกับอุณหภูมิแวดล้อม

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ใช้ค่าจากอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ในการอ่านผลผลิตระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และบุคลากรในอาคารฯ เป็นผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ เพื่อประมวลผลจากการจำลอง โปรแกรม PV<sub>syst</sub> จากศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

#### กลุ่มตัวอย่าง

สอบถามจากผู้จัดการอาคาร รองผู้จัดการ และเจ้าหน้าที่ดูแลรับผิดชอบโปรแกรมควบคุมระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์

#### 1.การเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

อ้างอิงตารางที่ 1 ข้อมูลเหล่านี้ใช้สำหรับการเปรียบเทียบตัวอย่างของผลึกโมโนและผลึกโพลี ตรวจสอบข้อมูลและรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส ผลผลิตของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (กิโวลต์ต่อชั่วโมง) และค่ารังสีอาทิตย์ เมกะจูล ต่อตารางเมตรต่อวัน ของพื้นที่ติดตั้งของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ในช่วงระยะเวลา การจัดเก็บข้อมูลช่วง 1 มกราคม 2563 - ธันวาคม 2563 รวมหนึ่งปี องค์กรประกอบสามอย่าง ต่อเดือน ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วง 06:00 - 18:00 น., เริ่ม 06:01 - 07:00 น., 07:01 - 08:00 น., 08:01 - 09:00 น., 09:01 - 10:00 น., 10:01 - 11:00 น., 11:01 - 12:00 น., 12:01 - 13:00 น., 13:01 - 14:00 น., 14:01 - 15:00 น., 15:01 - 16:00 น., 16:01-17:00 น., และ 17:01 - 18:00 น.ในแต่ละเดือนข้อมูลของค่ารังสีอาทิตย์ ในหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร คำนวณเป็นหน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อพิจารณาพลังงานต่อชั่วโมงคำนวณได้ดังต่อไปนี้ (รศ.ดร. กุลเชษฐ์, 2558)

$$\begin{aligned} \text{พลังงานต่อวัน} &= \text{พลังงาน วัตต์ต่อตารางเมตร} \times (7\text{ชั่วโมง}) \times (3,600\text{วินาที/ชั่วโมง}) \text{ --} \\ &1 \\ \text{แสงแดดเฉลี่ยต่อวัน} &= 7 \text{ ชั่วโมง} \\ \text{พลังงาน / การแผ่รังสีอาทิตย์} &= 1 \text{ วัตต์ ต่อ ตาราง} \\ \text{พลังงานต่อวัน (ช่วงสูงสุดของเดือนมีนาคม)} &= 1 \text{ วัตต์ ต่อ ตารางเมตร} \times 7 \text{ ชั่วโมง} \times 3,600 \text{ วินาที / ชั่วโมง} \\ \text{พลังงานต่อวัน} &= 1,050 \text{ เมกะจูล ต่อ ตารางเมตรต่อวัน} \end{aligned}$$

กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นำมาพล็อตกราฟโดยจับคู่กับองค์ประกอบสามอย่าง ได้แก่ กำลังผลิตของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิแวดล้อม ในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล 06:00 - 18:00 น. การเปรียบเทียบแบบสัมพันธ์แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านล่างนี้เป็นการเปรียบเทียบการจับคู่ ผลผลิตของพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (Solar output) กิโวลต์ต่อชั่วโมง และ ค่ารังสีอาทิตย์(solar radiation) เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ดังนี้

- พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโวลต์ต่อชั่วโมง และ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน
- พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโวลต์ต่อชั่วโมง และอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส



**NMCCON  
2021**

## การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

### 2.การออกแบบและเลือกอุปกรณ์โดยการป้อนข้อมูลผ่านโปรแกรม PV<sub>syst</sub>

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบระบบ และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในโครงการสำหรับนักลงทุน เอกชนและผู้สนใจ (สืบค้นจาก <http://www.pvsyst.com/en/>. 2021, 23 January) ข้อมูลประกอบการคำนวณ ประสิทธิภาพของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยโปรแกรม PV<sub>syst</sub> อ้างอิงตามตารางที่ 1 (โดยไม่ปิดทศนิยม) ซึ่งได้ข้อมูล เฉลี่ยต่อเดือน

1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563 ระหว่างเวลา 06:00 - 18:00 น. ข้อมูลป้อนและคำนวณในโปรแกรม PV<sub>syst</sub> ดังนี้

- 1.การคำนวณรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ย ณ พื้นที่โครงการในช่วงระยะเวลาโครงการเท่ากับ 10.02 เมกะจูลต่อ ตารางเมตรต่อวัน ผลผลิตโดยรวมจากโครงการนี้ ณ พื้นที่โครงการ คือ 0.092 เมกะวัตต์ ประเภทโมโนคริสตัลไลน์: (260 วัตต์ x 180 หน่วย x 106) บวกคริสตัลไลน์ (230 วัตต์ x 198 หน่วย x 106)
2. อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยต่อเดือน 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563
3. กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เฉลี่ยต่อเดือน 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่นำมาวิเคราะห์พบว่า ผลผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สูงในช่วงเวลา 08.00-14.00 น. ซึ่งเป็นค่าในช่วง 497 - 898 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเป็น ช่วงเวลาเดียวกันกับการตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ที่มีปริมาณ 9 - 11 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และมีการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อเดือน ที่ 688 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในเวลาตรวจนับ 06.00-18.00 น. เมื่อพิจารณาค่า ผลผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ กิโลวัตต์ชั่วโมง เปรียบเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ในแต่ละเดือน พบว่ามีความผันแปรตรง คือ ถ้าค่ารังสีอาทิตย์มากค่าพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะมากตามด้วย สำหรับการพิจารณาค่า พลังงานแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ชั่วโมง) และอุณหภูมิแวดล้อม อองศาเซลเซียส 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563 ระหว่างเวลา 06:00-18:00 น. พบว่าค่าอุณหภูมิมีค่าแตกต่าง คือ มีค่าอุณหภูมิสูงในเดือนพฤษภาคม 2563 โดยมี ค่าเฉลี่ยต่อเดือนที่ 35 องศาเซลเซียส ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้งปีในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่เดือนที่มีค่าเฉลี่ยกำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดอยู่ที่เดือน มิถุนายน 2563 เป็นค่า 898 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเทียบกับค่าผลผลิตเฉลี่ยทั้งปีต่อเดือนที่ 688 กิโลวัตต์ชั่วโมง ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2.** ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส กำลังผลิตของระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโลวัตต์ ชั่วโมง และค่ารังสีแสงอาทิตย์ เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ในแต่ละเดือนในช่วง 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563



**NMCCON  
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

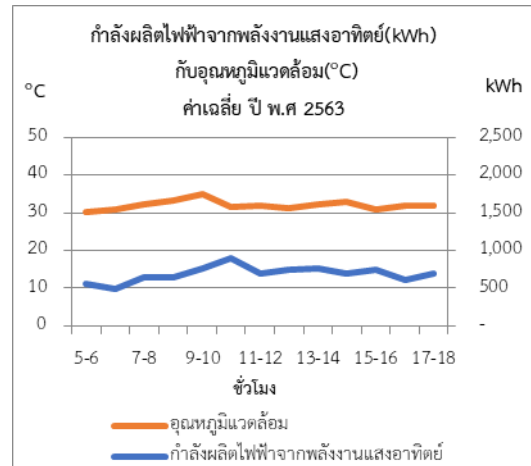
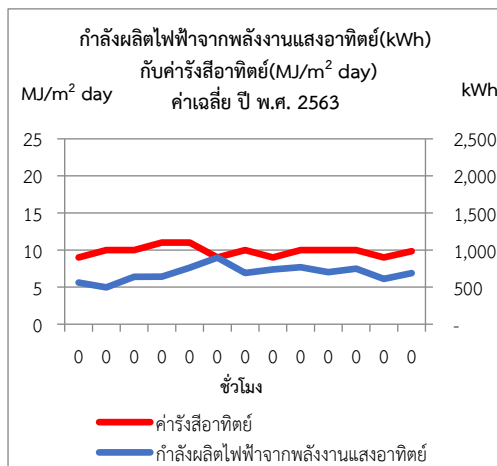
“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

รายการเฉลี่ยต่อเดือน	ช่วงระหว่างเวลา	ตารางค่าเฉลี่ย													ค่าเฉลี่ย
		ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม, ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม, ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์													
		ม.ค.-63	ก.พ.-63	มี.ค.-63	เม.ย.-63	พ.ค.-63	มิ.ย.-63	ก.ค.-63	ส.ค.-63	ก.ย.-63	ต.ค.-63	พ.ย.-63	ธ.ค.-63	ม.ค.-63	
อุณหภูมิแวดล้อมองศาเซลเซียส	05.00-06.00	21	23	32	33	30	25	27	26	26	26	22	23	26	
	06.00-07.00	23	25	28	28	29	28	28	27	28	28	26	25	27	
	07.00-08.00	26	28	30	31	31	29	30	28	30	31	30	29	29	
	08.00-09.00	30	30	31	32	33	30	31	31	32	33	33	32	32	
	09.00-10.00	32	31	32	34	35	33	32	33	33	34	33	33	33	
	10.00-11.00	33	32	34	35	36	34	33	34	34	36	34	36	34	
	11.00-12.00	34	34	35	36	36	34	34	34	36	37	35	36	35	
	12.00-13.00	35	35	35	36	37	34	34	35	36	36	35	37	35	
	13.00-14.00	34	34	32	35	37	35	34	34	35	35	33	36	35	
	14.00-15.00	33	34	34	35	36	33	32	33	34	34	33	35	34	
	15.00-16.00	33	33	34	34	38	31	32	32	33	37	31	34	34	
	16.00-17.00	31	31	32	33	45	35	36	30	32	30	29	31	33	
	17.00-18.00	28	30	31	31	32	30	30	28	30	29	27	29	30	
ค่าเฉลี่ย		30	31	32	33	35	32	32	31	32	33	31	32	32	
กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	05.00-06.00	264	201	153	184	148	246	111	179	109	105	216	157	173	
	06.00-07.00	244	117	114	107	92	191	64	123	46	32	183	120	119	
	07.00-08.00	644	520	634	660	667	722	598	593	642	547	608	563	617	
	08.00-09.00	998	869	1,176	1,131	1,071	1,327	1,120	1,216	1,266	1,125	1,020	985	1109	
	09.00-10.00	979	1,053	1,363	1,304	1,296	1,639	1,210	1,309	1,373	1,213	1,327	1,092	1263	
	10.00-11.00	963	1,035	1,296	1,291	1,372	1,681	1,217	1,358	1,451	1,317	1,403	1,104	1291	
	11.00-12.00	751	707	1,055	1,194	1,293	1,618	1,248	1,280	1,385	1,259	1,231	1,023	1170	
	12.00-13.00	749	691	930	1,006	1,270	1,646	1,262	1,175	1,404	1,270	1,273	971	1137	
	13.00-14.00	690	516	800	700	1,142	1,290	1,130	1,080	1,157	1,017	1,079	871	956	
	14.00-15.00	528	422	469	421	789	822	663	761	728	715	849	544	643	
	15.00-16.00	197	121	169	155	327	209	160	251	193	222	249	187	203	
	16.00-17.00	120	51	67	69	174	101	54	102	75	126	132	127	100	
	17.00-18.00	186	153	158	159	249	181	150	164	161	177	177	186	175	
ค่าเฉลี่ย		562	497	640	641	761	898	691	738	769	702	750	610	688	
ค่ารังสีอาทิตย์	05.00-06.00	0	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	
	06.00-07.00	2	2	3	5	6	5	5	4	5	5	5	3	4	
	07.00-08.00	6	7	7	10	11	9	9	9	10	10	9	7	9	



08.00-09.00	11	11	12	15	16	13	13	13	14	14	14	12	13
09.00-10.00	15	15	15	18	19	14	16	16	18	18	17	15	16
10.00-11.00	17	18	18	20	21	15	18	17	20	18	18	18	18
11.00-12.00	18	19	19	19	20	16	17	18	19	19	19	17	18
12.00-13.00	16	18	17	18	17	15	15	16	17	17	16	16	17
13.00-14.00	14	15	13	15	14	14	13	12	14	13	12	13	14
14.00-15.00	10	11	12	11	10	10	10	9	9	9	9	9	10
15.00-16.00	6	7	7	7	6	6	6	5	5	4	4	4	6
16.00-17.00	2	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2
17.00-18.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	9	10	10	11	11	9	10	9	10	10	10	9	10



**รูปที่ 4.** ค่าเฉลี่ย ปี 2563 ความสัมพันธ์กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็โลวัตต์ชั่วโมง กับค่ารังสีแสงอาทิตย์ เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน  
1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563  
ช่วงเวลา 06:00 - 18:00 น.

**รูปที่ 5.** ค่าเฉลี่ย ปี 2563 ความสัมพันธ์กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็โลวัตต์ชั่วโมง กับอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส  
1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563  
ช่วงเวลา 06:00 - 18:00 น.

ประเทศไทย มีลักษณะ เป็นแบบร้อนชื้น เหมาะกันในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีฤดูกาลของประเทศไทย โดยทั่วไปแบ่งออกได้ 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูร้อน ประมาณ 3 เดือน ฤดูฝน ประมาณ 5 เดือน และฤดูหนาว ประมาณ 4 เดือน 1.ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณ กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม อุณหภูมิระหว่าง 35.0 ถึง 39.9 องศาเซลเซียส 2.ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณ กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม 3.ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณ กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์(สืบค้นจาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53,2564>)

ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็โลวัตต์ชั่วโมง กับค่ารังสีอาทิตย์ เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ส่งผลต่อกัน ทำให้กำลังผลิตออกมาได้ดี แต่กำลังผลิตของระบบจะกระทบอุณหภูมิ ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังผลิต ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็โลวัตต์ชั่วโมง กับอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส และจะส่งผลให้กำลังผลิตในฤดูหนาวดีกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลของธรรมชาติ อาจคาดเคลื่อนในเดือนที่กำหนดไว้

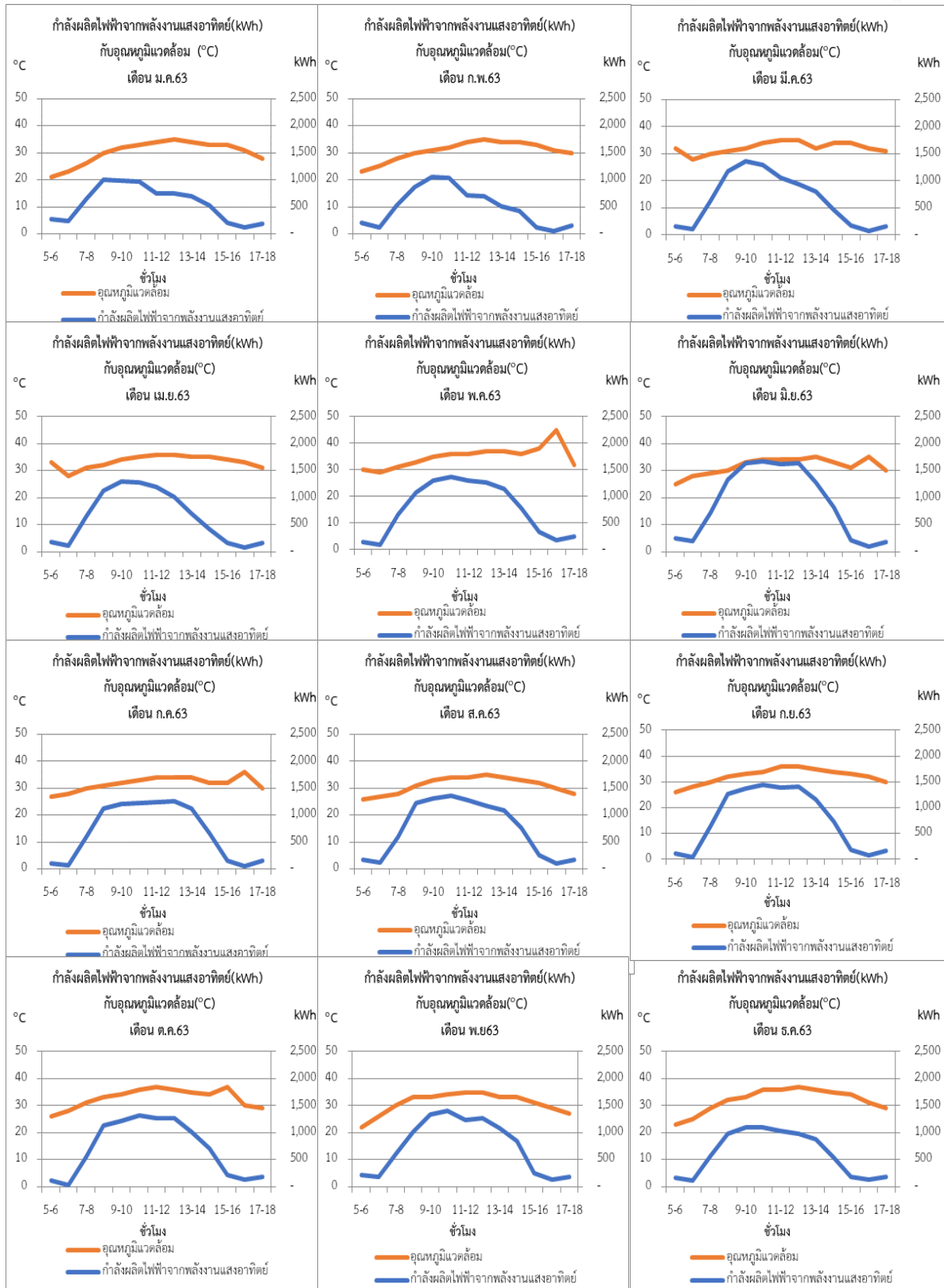


## การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

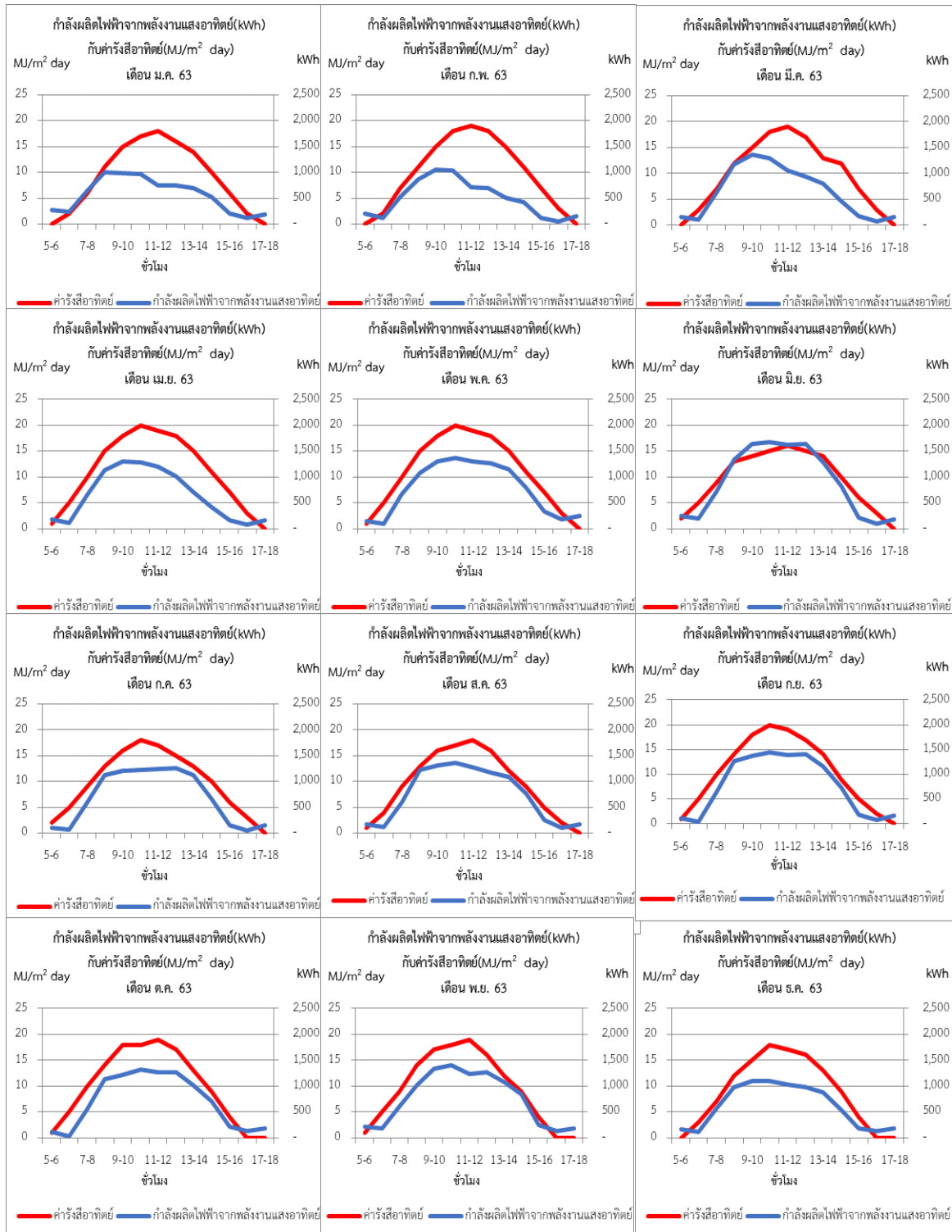
“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

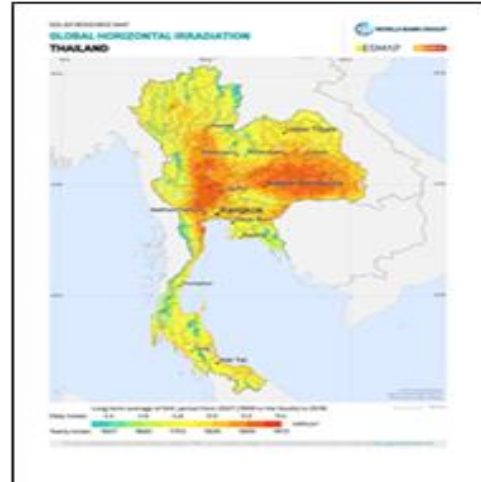
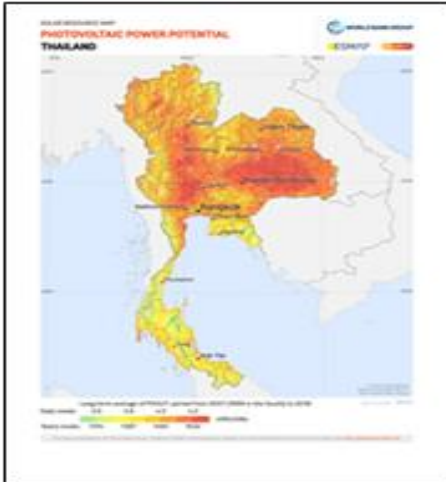




รูปที่ 6. ความสัมพันธ์กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กิโลวัตต์ชั่วโมงกับค่ารังสีอาทิตย์เมกะจูลต่อตารางเมตร ต่อวัน 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563 ในช่วงเวลา 06:00 - 18:00 น.



รูปที่ 7. ความสัมพันธ์กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโลวัตต์ชั่วโมง กับอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563 ในช่วงเวลา 06:00 - 18:00 น.



รูปที่ 8 ศักยภาพไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ สืบค้นจาก <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/thailand>, 2564

รูปที่ 9 การฉายรังสีแนวนอนทั่วโลก สืบค้นจาก <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/Thailand>, 2564

### การประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

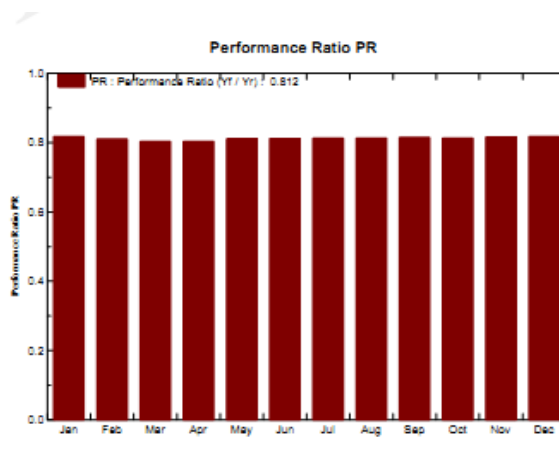
ผลประมวผลหลังจากป้อนข้อมูลตามภาพที่ 10 และ 11 ประสิทธิภาพ โดยการประเมินของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านโปรแกรม PV<sub>sys</sub> อยู่ที่ร้อยละ 81.2 พลังงานสูญเสียจากระบบจากข้อมูล 1 ปี ที่ 18.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ โดยผลการจำลองหลักในการแสดงการผลิตระบบผลิตพลังงานที่ 137.8 เมกะวัตต์-ชั่วโมง / ปี (ผศ.ดร.เจตวิทย์ ภัคศรีขันธ์, 2564)

Main system parameters Table on a building

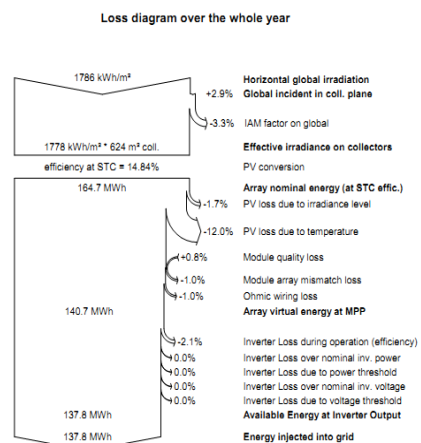
Main simulation results Produced Energy 137.8 MWh/year

Specific prod. 1,444 kWh/kWp/year

Performance Ratio PR 81.2%



รูปที่ 10. อัตราส่วนประสิทธิภาพของระบบ Performance Ratio PR 81.2%



รูปที่ 11. การสูญเสียเนื่องจากอุณหภูมิและการไหลของพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์



**NMCCON  
2021**

**การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา**

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

### สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำวิจัย เรื่องการเปรียบเทียบระหว่างผลจากการตรวจสอบกับผลจากการจำลองของแผงโซลาร์เซลล์สรุปผลวิจัยได้ดังนี้

1. พบว่ากำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์มีผลโดยตรงกับค่ารังสีแสงอาทิตย์ โดยมีค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย

ต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล 1 ปี ในบริเวณศึกษาที่อยู่ 10 เมกกะจูล/ตารางเมตรต่อวัน โดยผลการจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยป้อนข้อมูลผ่านโปรแกรม PVsyst จากการเก็บข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และนำข้อมูลที่เก็บได้มาประมวลผลผ่านโปรแกรม PVsyst พบว่าประสิทธิภาพกำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 81.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถประมาณการพลังงานที่สูญเสียจากระบบโดยเฉลี่ยจากข้อมูลหนึ่งปีอยู่ที่ 18.6 เปอร์เซ็นต์ จากประมาณการพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ 137.8 เมกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโลวัตต์ชั่วโมง กับค่ารังสีอาทิตย์ เมกะจูลต่อ ตารางเมตรต่อวัน ส่งผลต่อกัน ทำให้กำลังผลิตออกมากได้ แต่กำลังผลิตของระบบจะกระทบอุณหภูมิแวดล้อมตลอดเวลา ทำให้เกิดการสูญเสียต่อกำลังผลิตในส่วนค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กิโลวัตต์ชั่วโมง กับอุณหภูมิแวดล้อม องศาเซลเซียส ผลให้กำลังผลิตในฤดูหนาวดีกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลของธรรมชาติ อาจคาดเคลื่อนในเดือนที่กำหนดไว้

2. กำลังการผลิตที่เก็บรายละเอียดและป้อนในโปรแกรม PV<sub>sys</sub> ผลการจำลองในการแสดงกำลังการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ 137.8 เมกะวัตต์-ชั่วโมง / ปี (Main simulation results Produced Energy 137.8 MWh/year)โดยมีอัตราส่วนประสิทธิภาพ Performance Ratio PR ที่ 81.2% นับว่าเป็นระบบที่ทำให้กำลังผลิตไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ดี

### อภิปรายผล

เนื่องจากผลผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม (นครินทร์, 2559) ดังรายงานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูล ณ อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ข้อมูลการเก็บผลผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และนำมาเฉลี่ยต่อเดือนในช่วง 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2563 ระหว่างเวลา 06:00-18:00 น. พบการค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่จุดสูงสุดบนพื้นที่โครงการ ค่ารังสีอาทิตย์แสดงจุดสูงสุดในเดือน เมษายน 2563 และพฤษภาคม 2563 ที่เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 11 เมกกะจูล/ตารางเมตรต่อวัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 10 เมกกะจูล/ตารางเมตรต่อวัน เนื่องจากความเข้มของแสงเป็นตัวกำหนดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แต่ละเซลล์ สร้างขึ้น (EPIA, 2020) และประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยของค่ารังสีอาทิตย์จากการรวบรวมสถิติเฉลี่ยเก้าปีของค่ารังสีอาทิตย์ที่ 17.96 เมกกะจูล/ตารางเมตร (4.98 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (นครินทร์, 2559) ผลผลิตพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดที่เก็บข้อมูลในรายงานนี้เกิดขึ้นในเดือนมิถุนายน 2557 ที่ 0.89 เมกะวัตต์ (898 กิโลวัตต์ชั่วโมง) ผลผลิตของระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์นั้นแตกต่างกันโดยตรง เนื่องจากเมื่อค่ารังสีอาทิตย์สูงการผลิตแสงอาทิตย์ก็สูง ในขณะที่การเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2557 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุด โดยมีรายงานว่าในขณะที่ค่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงผลของอุณหภูมิมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หรือลดลง ก็จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้น หรือการลดลงของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามหากมีการปิดบังแสงอาทิตย์ และทำให้เกิดความร้อนสูงจะมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ลดลง (นครินทร์, 2559)

กำลังการผลิตโดยการประเมินประสิทธิภาพ (Performance Ratio, PR) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านโปรแกรม PV<sub>sys</sub> อยู่ที่ร้อยละ 81.2 พลังงานสูญเสียจากความร้อน และจากระบบ ในระยะเวลา 1 ปี ที่ 18.6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามข้อมูลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน



# NMCCON 2021

## การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

แสงอาทิตย์ อยู่ในช่วง 80-84 เปอร์เซ็นต์ (Chaipom, 2017) ดังนั้นประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเมินจากระบบอยู่ในช่วงประสิทธิภาพที่ดีของแผงระดับคุณภาพที่ได้มาตรฐาน

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) การติดตั้งแผง ควรดูทำเลและพื้นที่ ที่ไม่มีหลังคาหรือเงาของอาคารมาบังแสงแดด หรือไฟสปอร์ตไลท์ ที่ติดตั้งบนอาคาร

(2) การพิจารณาแผงของ 2 ประเภทเหมาะกับการใช้งานในอาคารแต่ละแบบตามความเหมาะสม

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) การพิจารณาลงทุนควรเลือกยี่ห้อของแผงโซลาร์ ปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ แบบฮาร์ฟเซลล์ (half Cell) ออกแบบ ขึ้นหรือพื้นผิว มีขนาดเล็ก ทำให้ความต้านทานต่ำ ความร้อนที่แผงต่ำ อายุการใช้งานมากขึ้น สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่ากรณีที่มีเงามาบัง เมื่อเทียบกับแผงแบบฟูลเซลล์ (Full Cell) ที่มีมาตรฐาน เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณา และคุยกับผู้รับเหมาศึกษาได้จาก Tier 1 PV Module จาก (สืบค้นจาก <https://review.solar/teir-1-solar-panels-list/>, 2564)

(2) การติดตั้งควรเลือกมุมในทิศใต้และทำมุม 15 องศาเซลเซียส และควรมีการถ่ายโอนเรื่องการรับประกันภัยระบบของอุปกรณ์ด้วย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของแผงและความปลอดภัยทางการลงทุน ซึ่งอาจเกิดปัญหากรณีที่เกิดไม่ถึง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ บริเวณเทคโนโลยี เลขที่ 35/1 ม.3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 และบริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด บริษัท เพาเวอร์โซลูชั่นเทคโนโลยี จำกัด และศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### เอกสารอ้างอิง

European Photovoltaic Industrial Association (EPIA). [Online] Available: <http://www.epia.org>, [2020, 25 August]

รศ.ดร. กุลเชษฐ์ เพียรทอง. (2558). [Offline] ความรู้เกี่ยวกับแสงอาทิตย์, สัมมนา เอกสารประกอบการบรรยาย พลังงานแสงอาทิตย์ ในการพัฒนาหลักสูตรภาคปฏิบัติด้านพลังงานทดแทน พลังงานแสงอาทิตย์และแก๊สซิพี เคชั่นจากชีวมวล [2564, 20 กุมภาพันธ์]

ผศ.ดร. เจตวิทย์ ภัคศรีพันธ์. (2564). [Offline] เทคนิคการเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, สัมมนา เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการเร่งรัดการจดทะเบียนเครื่องจักรของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม [2564, 20 เมษายน]

ข้อมูลของผู้แทนจำหน่ายโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ [ออนไลน์] สืบค้นจาก <http://www.pvsyst.com/en/>. [2564, 20 กุมภาพันธ์]

นครินทร์ รินพล. (2559). [Offline] คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. ISBN:978-616-382-378-6. [2564, 20 กุมภาพันธ์]

ข้อมูลของผู้แทนจำหน่ายอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ [ออนไลน์] สืบค้นจาก <https://www.sma.de/en/products/solarinverters/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl.html>, [2564, 25 กุมภาพันธ์]



- Chaiporn, S. (2017). [Online] An Evaluation of Economic Potential of Polycrystalline and Amorphous Silicon Solar Farms [2021, 25 January]
- Chaiporn, S. (2018). [Online] An Evaluation of Economic Potential Solar Photovoltaic Farm in Thailand: Case study of Polycrystalline Silicon and Amorphous Silicon Thin Film, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2018, 8(4), 33-41 [2021, 25 January]
- ฤดูกาลของประเทศไทย [ออนไลน์] สืบค้นจาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53>, [2564, 20 กุมภาพันธ์]
- ศักยภาพไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ [ออนไลน์] สืบค้นจาก <https://solargis.com/maps-and-gisdata/download/thailand>, [2564, 20 กุมภาพันธ์]
- การฉายรังสีแวนอนทั่วโลก [ออนไลน์] สืบค้นจาก <https://solargis.com/maps-and-gisdata/download/Thailand>, [2564, 20 กุมภาพันธ์]
- การพิจารณาลงทุนควรเลือกยี่ห้อของแผงโซลาร์ [ออนไลน์] สืบค้นจาก <https://review.solar/teir-1-solar-panels-list/> [2564, 20 เมษายน]