



การศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านบนหลังคาเมทัลชีทสีต่าง ๆ

นางสาวตะวัน จันทรแก้วมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านบนหลังคาเมทัลชีทสีต่าง ๆ



นางสาวตะวัน จันทรแก้วมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงงานวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านบนหลังคา
เมทัลชีทสีต่าง ๆ

โดย นางสาวตะวัน จันทร์แก้วมณี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์)

กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล)

ชื่อ : นางสาวตะวัน จันทรแก้วมณี
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
แบบรับแสงสองด้านบนหลังคาเมทัลชีทสีต่าง ๆ
สาขาวิชา : เทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์แบบรับแสงสองด้าน (Bifacial Solar Panels) ที่ติดตั้งบนหลังคาเมทัลชีทสีต่างๆ โดยใช้การจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst และนำผลลัพธ์มาต่อยอดในการทดลองภาคสนามจริง ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ของหลังคา มุมติดตั้งของแผง และความสูงระหว่างขอบล่างของแผงกับหลังคา

ผลการวิจัยพบว่าทั้งค่าอัลบิโดของหลังคาและมุมติดตั้งมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หลังคาที่มีค่าอัลบิโดสูง เช่น สีซิงค์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับหลังคาที่มีค่าอัลบิโดต่ำอย่างสีน้ำเงิน นอกจากนี้ การทดลองยังยืนยันว่ามุมติดตั้ง 15 องศา เป็นมุมที่ให้ผลผลิตพลังงานสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าละติจูดของกรุงเทพมหานคร ในขณะเดียวกัน ผลการจำลองและการทดลองภาคสนามชี้ให้เห็นว่าการปรับระดับความสูงของแผงเหนือหลังคาไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างที่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน

(มีจำนวนทั้งสิ้น 89 หน้า)

คำสำคัญ : แผงโซลาร์เซลล์แบบรับแสงสองด้าน ค่าการสะท้อนแสง มุมติดตั้ง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Miss Tawan Chankaewmanee
Thesis Title : Study of Practical Efficiency Analysis of a Bifacial
Solar Panel on Different Colors of Metal Sheet Roof
Major Field : Energy Engineering Technology
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Thesis Advisor : Assistant Professor Dr. Dusit Ngamrunroj
Co-Advisor : Associate Professor Dr. Preeda Chantawong
Academic Year : 2025

ABSTRACT

This research presents a study on the performance of bifacial solar panels installed on various colored metal sheet roofs. The PVsyst software was used for simulation to evaluate the influence of roof albedo, panel tilt angle, and the mounting height between the panel's bottom edge and the roof on the total energy yield. The simulation results indicate that roof albedo and tilt angle have a significant impact on system performance, while the mounting height of the panel above the roof did not show a statistically significant difference within the studied range. The findings from this simulation will serve as a basis for designing and planning a subsequent field experiment. The field test will be conducted with panels installed at 15 and 30-degree tilt angles on gray, blue, and zinc-colored metal sheet roofs, using a flush-mounted installation to minimize complexity and cost. Understanding these relationships is crucial for designing and installing highly efficient solar power systems on metal sheet roofs.

(Total 89 Pages)

Keywords: bifacial solar panel, albedo, tilt angle

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงสำหรับทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยและจัดทำรายงานนี้

อันดับแรก ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์ เป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และการให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ด้วยความรู้และประสบการณ์ของท่านทำให้รายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอด ทำให้มีพลังกายและกำลังใจที่จะฟันฝ่าอุปสรรคจนกระทั่งการวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เกิดขึ้นจากรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ตะวัน จันทร์แก้วมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง (ถ้ามี).....	ฌ
สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี).....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ปัญหาที่ต้องการศึกษา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (Bifacial Solar Cells).....	4
2.2 หลังคาเมทัลชีท	5
2.3 ค่าการสะท้อนแสง (Albedo)	5
2.4 มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.5 ความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	10
3.1 รูปแบบการวิจัย	10
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	10
3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	15
3.4 การออกแบบการจำลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	15
3.5 ผลการจำลองจากโปรแกรม PVsyst	16
3.6 การต่อยอดสู่การทดลองภาคสนาม (Field Experiment)	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	24
4.1 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีซิงค์	24
4.2 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีเทา	26
4.3 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีน้ำเงิน	28
บทที่ 5 การอภิปรายผล.....	31
5.1 การอภิปรายผลส่วนการจำลอง.....	31
5.2 การอภิปรายผลส่วนการจำลองภาคสนาม.....	32
5.3 การสอดคล้อง/แตกต่างกับการจำลอง	32
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	33
บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	36
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบ.....	40
ประวัติผู้เขียน.....	89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 เครื่องมือตรวจวัด บันทึกข้อมูล และภาระโหลดไฟฟ้า	12
ตารางที่ 3-2 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบีโด 0.2	17
ตารางที่ 3-3 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบีโด 0.3	18
ตารางที่ 3-4 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบีโด 0.49	19
ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ที่มุมเอียง 30° (11 กุมภาพันธ์ 2568).....	41
ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 30° (12 กุมภาพันธ์ 2568).....	47
ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 30° (13 กุมภาพันธ์ 2568).....	53
ตารางที่ ข-4 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 30° (18 กุมภาพันธ์ 2568)	59
ตารางที่ ข-5 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 30° (21 กุมภาพันธ์ 2568)	65
ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 15° (11 มีนาคม 2568)	71
ตารางที่ ข-7 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 15° (12 มีนาคม 2568)	77
ตารางที่ ข-8 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ที่มุมเอียง 15° (19 มีนาคม 2568).....	83

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 3-1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า สำหรับใช้ทดสอบ.....	11
ภาพที่ 3-2 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า สำหรับใช้ทดสอบ	11
ภาพที่ 3-3 แผ่นหลังคาเมทัลชีท สำหรับใช้ทดสอบ	12
ภาพที่ 3-4 ตั้งค่าอัลบีโด มุมติดตั้งและทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และกำหนดระยะความสูง ระหว่างพื้นผิวสะท้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	16
ภาพที่ 3-5 การติดตั้งบนโครงสร้างหลังคาจำลอง	22
ภาพที่ 3-6 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งเครื่องมือวัด ในการเก็บข้อมูล	23
ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีซิงค์	24
ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีซิงค์	25
ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบน หลังคาสีซิงค์.....	25
ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีเทา	26
ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีเทา	27
ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบน หลังคาสีเทา.....	27
ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีน้ำเงิน	28
ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนบนหลังคาสีน้ำเงิน.....	29
ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบน หลังคาสีน้ำเงิน	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคที่พลังงานมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานฟอสซิลทวีความรุนแรง การพัฒนาพลังงานทดแทนจึงกลายเป็นสิ่งสำคัญเร่งด่วน พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Bifacial Photovoltaic Modules and Systems: Experience and Results From International Research and Pilot Applications, 2021) เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic: PV) ได้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และมีบทบาทสำคัญในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม (Monofacial) สามารถรับแสงและผลิตไฟฟ้าได้จากด้านเดียว อย่างไรก็ตาม แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (Bifacial) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงาน โดยสามารถรับแสงและผลิตไฟฟ้าได้จากทั้งสองด้าน ทั้งด้านที่หันรับแสงโดยตรง และด้านที่รับแสงสะท้อนจากพื้นผิว ทำให้สามารถผลิตพลังงานได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม โดยมีรายงานว่าสามารถเพิ่มผลผลิตพลังงานได้ตั้งแต่ 5-30% ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ (Porter, 2019)

หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ((ANU), 2024) และหลังคาเมทัลชีทเป็นที่นิยมในประเทศไทยเนื่องจากมีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย และมีราคาไม่แพง อย่างไรก็ตาม การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทมีปัจจัยหลายอย่างที่ควรพิจารณาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ปัจจัยเหล่านี้รวมถึงค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ของหลังคา มุมติดตั้งของแผง และความสูงของแผงจากหลังคา ซึ่งยังไม่มีการศึกษาที่ครอบคลุมและเฉพาะเจาะจงสำหรับการติดตั้งบนหลังคาเมทัลชีทต่างๆ ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมากนัก

1.2 ปัญหาที่ต้องการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อติดตั้งบนหลังคาเมทัลชีท โดยมีปัญหาที่ต้องการศึกษาดังนี้

1. ค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ของหลังคาเมทัลชีทมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าและค่า Bifacial Gain ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าอย่างไร
2. มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้ามีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าและค่า Bifacial Gain อย่างไร
3. ความสูงระหว่างขอบล่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าและหลังคาเมทัลชีทมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าและค่า Bifacial Gain อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลของค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ของหลังคาเมทัลชีทต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลของมุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลของความสูงระหว่างขอบล่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าและหลังคาเมทัลชีทต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตดังนี้

1. ทำการศึกษาโดยใช้โปรแกรมจำลอง PVsyst (เวอร์ชัน 8.0.6) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
2. พิจารณาการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
3. ตัวแปรอิสระที่ศึกษาคือ ค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ที่ 0.2, 0.3, 0.49 ของหลังคาเมทัลชีท (จำลองจากสีน้ำเงิน สีเทาและสีซิงค์ ตามลำดับ), มุมติดตั้งของแผง (15, 20, 25, 30 องศา), และความสูงระหว่างขอบล่างของแผงและหลังคา (1.0, 1.5, 2.0, 3.0 เมตร)
4. ผลลัพธ์จากการจำลองจะนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบและวางแผนการทดลองภาคสนามจริง โดยจะทดลองที่มุมติดตั้ง 15 และ 30 องศา กับหลังคาเมทัลชีทสีเทา สีน้ำเงิน และสีซิงค์ (สีเงินธรรมชาติ) ในลักษณะติดตั้งแบบไม่ได้ยกระดับ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้คาดว่าจะมีประโยชน์ดังนี้

1. ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลของค่าการสะท้อนแสง (Albedo) ของหลังคาเมทัลชีทต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้วัสดุผนังหลังคา
2. ได้แนวทางในการกำหนดมุมติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
3. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความสูงที่เหมาะสมระหว่างขอบล่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าและหลังคาเมทัลชีท ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโครงสร้างการติดตั้ง
4. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากยิ่งขึ้นในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะนำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อติดตั้งบนหลังคาเมทัลชีท โดยจะครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้

2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (Bifacial Solar Cells)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (Bifacial Solar Panels) เป็นนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน โดยแตกต่างจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหน้าเดียว (Monofacial) เนื่องจากสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งจากด้านหน้าและด้านหลังของแผง (Gupta, D., Tiwari, G. N., & Kumar, A., 2020)

2.1.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์: เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานโดยอาศัยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบสารกึ่งตัวนำ (เช่น ซิลิคอน) จะเกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (Duffie, J. A., & Beckman, W. A., 2013)

2.1.2 โครงสร้างและประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าแตกต่างจากแผงด้านเดียวตรงที่มีความสามารถในการรับแสงจากทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยมักใช้โครงสร้างแบบกระจกสองชั้น (Dual-glass) เพื่อให้แสงส่องผ่านไปยังเซลล์ด้านหลังได้ (Solar, 2023)

2.1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: ข้อดีหลักคือการเพิ่มผลผลิตพลังงาน (Bifacial Gain) ต่อพื้นที่ติดตั้ง และความทนทานที่สูงขึ้นเนื่องจากโครงสร้างกระจกสองชั้น (Porter, 2019) ข้อจำกัดคือราคาเริ่มต้นที่สูงกว่าเล็กน้อย และความซับซ้อนในการออกแบบระบบเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงด้านหลังได้อย่างเต็มที่

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิแผง มุมติดตั้ง ทิศทาง และที่สำคัญที่สุดสำหรับแผงสองหน้าคือปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นผิวรองรับ (Albedo)

2.2 หลังคาเมทัลชีท

2.2.1 คุณสมบัติของหลังคาเมทัลชีท: เมทัลชีทเป็นวัสดุเมทัลชีทที่ทำจากเหล็กเคลือบโลหะผสม เช่น อะลูมิเนียมและสังกะสี มีคุณสมบัติเด่นคือ น้ำหนักเบา แข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน ติดตั้งง่าย และมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.2.2 ประเภทของหลังคาเมทัลชีท: มีหลายรูปแบบ เช่น ลอนมาตรฐาน ลอนนิยม ลอนผ้า และมีสีให้เลือกหลากหลาย ซึ่งสีเหล่านี้มีผลต่อคุณสมบัติการสะท้อนแสงและการดูดซับความร้อน

2.2.3 การใช้งานหลังคาเมทัลชีทในประเทศไทย: นิยมใช้ในอาคารอุตสาหกรรม พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัย เนื่องจากความคุ้มค่าและประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและน้ำ

2.2.4 ผลกระทบของหลังคาเมทัลชีทต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์: สีของเมทัลชีทมีผลต่อค่า Albedo ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณแสงที่สะท้อนไปยังด้านหลังของแผงสองหน้า นอกจากนี้ คุณสมบัติการนำความร้อนของเมทัลชีทอาจส่งผลต่ออุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์ด้วย

2.3 ค่าการสะท้อนแสง (Albedo)

2.3.1 ความหมายและหลักการของค่าการสะท้อนแสง: ค่า Albedo คืออัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวสะท้อนกลับต่อรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมด มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ดูดกลืนทั้งหมด) ถึง 1 (สะท้อนทั้งหมด) (PVsyst, ม.ป.ป.)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสะท้อนแสง: ชนิดของวัสดุ สี ความหยาบของพื้นผิว ความชื้น และมุมตกกระทบของแสง (Jiang, H., Lu, L., & Sun, K., 2019)

2.3.3 การวัดค่าการสะท้อนแสง: สามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Albedometer ซึ่งประกอบด้วย Pyranometer สองตัว ตัวหนึ่งหันขึ้นเพื่อวัดรังสีตกกระทบ และอีกตัวหันลงเพื่อวัดรังสีสะท้อน (PVsyst, n.d.)

2.3.4 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุหลังคา: วัสดุสีอ่อน เช่น สีขาวหรือสีซีดๆ มักมีค่า Albedo สูงกว่าวัสดุสีเข้ม เช่น สีน้ำเงินหรือสีเทาเข้ม ((ANU), 2024)

2.3.5 ผลของค่าการสะท้อนแสงต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: พื้นผิวที่มีค่า Albedo สูงจะเพิ่มปริมาณแสงที่สะท้อนไปยังด้านหลังของแผง ทำให้เกิด Bifacial Gain ซึ่งเป็นพลังงานที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นจากด้านหลังแผง (Suri, M., Miekiewicz, D., & Taylor, R. A., 2020)

2.4 มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 ความสำคัญของมุมติดตั้ง: มุมติดตั้ง (Tilt Angle) คือมุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์เมื่อเทียบกับแนวระนาบ การเลือกมุมติดตั้งที่เหมาะสมจะช่วยให้แผงได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงสูงสุดตลอดทั้งวัน และตลอดทั้งปี (Duffie, J. A., & Beckman, W. A., 2013)

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อมุมติดตั้งที่เหมาะสม: ละติจูดของสถานที่ ฤดูกาล และวัตถุประสงคในการผลิตพลังงาน (เช่น เน้นผลิตสูงสุดรายปี หรือรายเดือน)

2.4.3 การคำนวณมุมติดตั้งที่เหมาะสม: โดยทั่วไป มุมติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลผลิตรายปี จะใกล้เคียงกับค่าละติจูดของพื้นที่นั้นๆ

2.4.4 ผลของมุมติดตั้งต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: มุมติดตั้งไม่เพียงส่งผลต่อแสงด้านหน้า แต่ยังส่งผลต่อปริมาณและทิศทางของแสงสะท้อนที่ตกกระทบบนด้านหลังแผงด้วย (Electronics, 2021)

2.5 ความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.1 ความสำคัญของความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์: ความสูงของแผงเหนือพื้นผิวรองรับ (Mounting Height) มีผลต่อปริมาณแสงสะท้อนที่สามารถไปถึงด้านหลังแผงได้ และยังส่งผลต่อการระบายความร้อนได้แผง (Electronics, 2021)

2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสูงที่เหมาะสม: ชนิดของพื้นผิวรองรับ (เช่น หลังคาเมทัลชีท), ลักษณะการสะท้อนแสง (Diffuse vs. Specular), และการบังเงาจากโครงสร้างการติดตั้ง

2.5.3 ผลของความสูงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: การเพิ่มความสูงมักจะช่วยเพิ่ม Bifacial Gain ในช่วงแรก แต่จะมีจุดที่ผลตอบแทนเริ่มคงที่หรือลดลง เนื่องจากแสงสะท้อนกระจายตัวมากเกินไป (PVsyst, Bifacial Systems, n.d.)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: มีการศึกษาจำนวนมากที่ยืนยันถึงศักยภาพของแผงสองหน้าในการเพิ่มผลผลิตพลังงาน โดยมีรายงาน Bifacial Gain ตั้งแต่ 5% ถึง 30% ขึ้นอยู่กับสภาพการติดตั้งและสภาพแวดล้อม (Porter, 2019)

2.6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา: งานวิจัยบางชิ้นได้ศึกษาประสิทธิภาพของ PV บนหลังคาประเภทต่างๆ (Zhilov, Y. A., & Popov, V. P., 2018) และพบว่า การออกแบบระบบติดตั้งมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวม

2.6.3 งานวิจัยเกี่ยวกับผลของค่าการสะท้อนแสงต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: Jiang et al. (2019) และ Suri et al. (2020) ได้ทำการศึกษาอย่างละเอียดถึงผลของค่า Albedo ของพื้นดินต่อประสิทธิภาพของแผงสองหน้า โดยพบว่าพื้นผิวที่มีค่า Albedo สูง เช่น หิมะหรือกรวดขาว สามารถเพิ่ม Bifacial Gain ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2.6.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองด้วย PVsyst: งานวิจัยหลายชิ้นได้ใช้ PVsyst ในการจำลองประสิทธิภาพของแผงสองหน้าภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เช่น การศึกษาของ Pimprom Kopon (2021) ที่ใช้ PVsyst ในการจำลองเปรียบเทียบแผงสองหน้ากับระบบติดตามแสงอาทิตย์ และงานวิจัยที่วิเคราะห์ผลของ Albedo, Tilt Angle, และ Mounting Height ต่อ Bifacial Gain โดยใช้ PVsyst [ResearchGate, 2022; ResearchGate, 2024] ซึ่งเป็นแนวทางที่น่าเชื่อถือในการประเมินเบื้องต้นก่อนการทดลองภาคสนาม

2.6.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหามุมเอียงที่เหมาะสมบนพื้นผิวสะท้อนแสง: งานวิจัยของ Basak, A., Chakraborty, S., & Behura, A. K. ได้ทำการทดลองภาคสนามบนหลังคาอาคารที่ Vellore Institute of Technology (VIT), Vellore, อินเดีย บนพื้นผิวได้โมดูลถูกหาคด้วยสีสะท้อนแสงสีขาว (Dr. FIXIT Roofseal Classic) ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์ (Solar Reflectivity) สูงถึง 0.84 ทำการวัดค่าพารามิเตอร์สำคัญและอัตราส่วนรังสีที่ตกกระทบ (Irradiation Ratio) สำหรับมุมเอียง 8 ระดับ ตั้งแต่ 0°, 13°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45° และ 90°

โดยผลการศึกษาพบว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดต่อวัน (Maximum Daily Average Power) คือ 316.85 W ซึ่งเกิดขึ้นที่ มุมเอียง 30°

การผลิตกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดที่มุม 30° เป็นผลมาจาก ความสมดุลระหว่างรังสีที่ตกกระทบ ด้านหน้าและด้านหลัง (Balance between front and rear irradiance). การรักษาสมดุลระหว่าง แสงโดยตรงและแสงสะท้อนคือกุญแจสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายวัน เพิ่มขึ้นจาก 0° ไปยัง 30° จากนั้นลดลงจนถึงค่าต่ำสุดที่มุม 90° (148.51 W) ในทางตรงกันข้าม อัตราส่วนรังสีที่ตกกระทบ (Irradiation Ratio) แสดงแนวโน้มตรงกันข้าม คือมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 0.32 ไปจนถึง 0.96 ที่มุม 90° . (มุมที่เกือบเป็นแนวตั้งจะรับแสงสะท้อนได้มากขึ้น แต่ ผลิตกำลังไฟฟ้ารวมได้น้อยกว่า) กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโมดูล PV ยังคง ค่อนข้างเสถียร สำหรับมุม เอียงระหว่าง 13° ถึง 45° โดยมีความไม่แน่นอนในการวัดเพียง 5% (Basak, A., Chakraborty, S., & Behura, A. K., 2025)

2.5.6 งานวิจัยของ Asgharzadeh, A., Abou Anoma, M., Hoffman, A., Chaudhari, C., Bapat, S., Perkins, R., et al. (2017) มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบความถูกต้อง (Accuracy) ของแบบจำลองรังสี (Irradiance Models) สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า 4 โมเดลที่ใช้ กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม โดยทำการเทียบกับข้อมูลการวัดภาคสนาม (Field Measurements) ซึ่งโมเดลที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ bifacial_radiance (Ray Tracing), bifacialvf (View Factor), pvfactors (View Factor) และ PVsyst

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการวัดภาคสนามจาก 2 แห่ง ได้แก่ ระบบติดตั้งแบบมุมเอียงคงที่ (Fixed-Tilt PV System) ที่ Albuquerque, NM และระบบติดตั้งแบบติดตามดวงอาทิตย์แกนเดียว (Single-Axis Tracker PV System) ที่ Davis, CA

งานวิจัยพบว่าในแง่ความแม่นยำของโมเดล โมเดลทั้งสี่สามารถทำนายผลกระทบของพลังงานที่ เพิ่มขึ้นจากแผงสองหน้า (Bifacial Gain) ในรอบปีได้อย่างสอดคล้อง โดยมีความแตกต่างกันเพียง $\pm 1\%$ ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำสูง โมเดลที่อาศัย View-Factors ซึ่งมีการคำนวณที่เร็วกว่า (เช่น pvfactors และ PVsyst) มีความแม่นยำเทียบเท่ากับโมเดล Ray Tracing (bifacial_radiance) ซึ่งใช้ การคำนวณที่ซับซ้อนกว่า

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของค่าอัลบีโดอย่างชัดเจน สำหรับเงื่อนไขพื้นผิวที่มีค่า Albedo ต่ำ (0.16) ระบบติดตามแกนเดียวให้ค่า Bifacial Gain ประมาณ 4% สำหรับเงื่อนไขพื้นผิวที่มีค่า Albedo สูง (0.56) ระบบติดตามแกนเดียวให้ค่า Bifacial Gain เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 9% ซึ่งผลลัพธ์นี้ยืนยันว่า การเพิ่มขึ้นของ Albedo เป็นสัดส่วนโดยตรง

กับการเพิ่มขึ้นของ Bifacial Gain ในระบบจริง (Asgharzadeh, A., Abou Anoma, M., Hoffman, A., Chaudhari, C., Bapat, S., Perkins, R., et al., 2017)

2.6.7 งานวิจัยของ Gu, W., Li, S., Liu, X., Chen, Z., Zhang, X., & Ma, T. มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (bPV) และแผงหน้าเดียว (mPV) ที่มีโครงสร้างคล้ายกัน ภายใต้สภาวะการทำงานจริง โดยทำการวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและความร้อนรายวัน โดยทำการติดตั้งและเปรียบเทียบแผง bPV และ mPV ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในช่วงวันที่มีแดดจัด (Sunny Days) และวันที่มีเมฆมาก (Cloudy Days)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโมดูล bPV มีประสิทธิภาพเหนือกว่า โมดูล mPV ในการผลิตพลังงาน ซึ่งภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน ในวันที่มีแดดจัด (Sunny Days) ค่าเฉลี่ย Bifacial Gain รายวันอยู่ที่ 13.08% และในวันที่มีเมฆมาก (Cloudy Days): ค่าเฉลี่ย Bifacial Gain รายวันเพิ่มขึ้นเป็น 16.54% ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี bPV มีข้อได้เปรียบที่ชัดเจนในการปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภายใต้สภาวะที่มีรังสีแสงอาทิตย์ต่ำ (Low Irradiance) เนื่องจากประสิทธิภาพของแผงสองหน้าจะได้รับประโยชน์จากแสงกระจาย (Diffuse Light) และแสงสะท้อน (Reflected Light) มากขึ้นเมื่อแสงโดยตรงลดลง (Gu, W., Li, S., Liu, X., Chen, Z., Zhang, X., & Ma, T., 2021)

2.6.8 งานวิจัยของ Zdyb, A., Szatas, G., & Sobczykński, D. มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ซึ่งประกอบด้วยโมดูลหลายประเภท รวมถึงโมดูลแบบสองหน้า (Bifacial Monocrystalline Silicon) โดยทำการวิเคราะห์ภายใต้สภาพอากาศที่อบอุ่นในโปแลนด์ และทำการวิเคราะห์การทำงานของระบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 14.04 kWp ในช่วงปี 2021-2022 โดยใช้การวัดผลภาคสนามและทำการเปรียบเทียบกับผลการจำลองที่ใช้หลายตัวแปร (Multivariant Simulation) เพื่อประเมินตัวชี้วัดประสิทธิภาพตามมาตรฐาน IEC 61724-1

ผลงานวิจัยยืนยันว่า แผง Bifacial Monocrystalline Silicon มีศักยภาพในการผลิตพลังงานที่สูงกว่า โมดูลชนิดอื่นที่ทำการติดตั้งร่วมกันในระบบเดียวกัน โดยได้ประเมินตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (Performance Indicators) ตามมาตรฐาน IEC 61724-1 (Zdyb, A., Szatas, G., & Sobczykński, D., 2025)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

บทนี้จะนำเสนอระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทต่างๆ โดยการจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst ซึ่งครอบคลุมถึงการออกแบบการวิจัย เครื่องมือ ตัวแปร วิธีการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงแนวทางการต่อยอดผลลัพธ์สู่การทดลองภาคสนามจริง

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณในรูปแบบของการจำลอง (Simulation-based Research) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ PVsyst เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีท และทำการทดลองเสมือน (Virtual Experiment) เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่ต้องการศึกษาต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ ผลลัพธ์จากการจำลองจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบและวางแผนการทดลองภาคสนามจริงต่อไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรม PVsyst (เวอร์ชัน 8.0.6):
 - คุณสมบัติ: PVsyst เป็นโปรแกรมจำลองประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล สามารถจำลองการผลิตพลังงานของระบบ PV ได้อย่างแม่นยำภายใต้สภาวะแวดล้อมและพารามิเตอร์การติดตั้งที่แตกต่างกัน [PVsyst Help, General]
 - การใช้งานสำหรับการวิจัยนี้: ใช้ในการสร้างแบบจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีท โดยสามารถปรับค่าอัลบิโดของพื้นผิวได้แผง, มุมติดตั้ง (tilt angle) และความสูงระหว่างขอบล่างของแผงกับพื้นผิวหลังคา (mounting height) รวมถึงการพิจารณาข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา
2. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Meteo Data):
 - ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากฐานข้อมูลของ PVsyst สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย (เช่น ข้อมูลรายชั่วโมงของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์) เพื่อให้การจำลองใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด
3. อุปกรณ์สำหรับการทดลองภาคสนาม:

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า: ชนิด Mono Half-Cell กำลังไฟฟ้า 450 วัตต์ ขนาด 1722*1134*35 มม. น้ำหนักแผง 20.2 กก.



ภาพที่ 3-1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า สำหรับใช้ทดสอบ

NAKITA JAPAN TECHNOLOGY		Max. Power Voltage (V _{mp}) 33.00V Max. Power Current (I _{mp}) 13.84A Short Circuit Current (I _{sc}) 14.40A±3% Open Circuit Voltage (V _{oc}) 39.05V±3% Nominal Operating Cell Temperature: 44±2°C Dimensions 1722*1134*35mm	Maximum System Voltage 1500V Maximum Series Fuse Rating 25A Weight 20.2KG Safety Class Class II All technical data at standard test condition AM 1.5 1:1000 W/m ² 25°C	CE, PV CYCLE, ISO 9000, ISO 14000 WARNING! Do not touch the solar cells directly with your hands or fingers. Use proper handling technique.
Model: MONOHALFCELL 450W	Maximum Power (P _{max}) 450W			

ภาพที่ 3-2 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า สำหรับใช้ทดสอบ

- แผ่นหลังคาเมทัลชีท: สีเทา สีน้ำเงิน และสีซิงค์ ขนาด 2.45*1.95 ม.



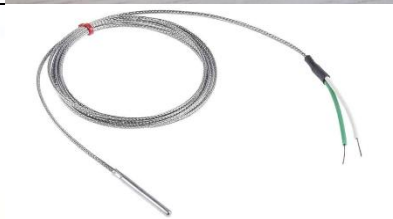
ภาพที่ 3-3 แผ่นหลังคาเมทัลชีท สำหรับใช้ทดสอบ

- โครงสร้างการติดตั้ง: สำหรับติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเมทัลชีท โดยสามารถปรับมุมติดตั้งได้ ขนาด 2.45*1.95*0.30 ม.

ตารางที่ 3-1 เครื่องมือตรวจวัด บันทึกข้อมูล และภาระโหลดไฟฟ้า

ภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด
	Pyranometer	Model: SR11 Sensitivity: 14.01 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด
	Pyranometer	Sensitivity: 4.63 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
	สาย Thermocouple	
	Data logger ยี่ห้อ KEITHLEY รุ่น DAQ6510	Data Acquisition Unit, 20 Channels, 1 MSPS, 240 V, 50 MHz, 107.2 mm
	หลอดไฟ ยี่ห้อ OSRAM	18 W สี Warm White 220-240 V 160 mA 50/60 Hz

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด
	ตัวต้านทาน	100 วัตต์ 2 โอห์ม
	MPPT charger ยี่ห้อ SUOER ขนาด 30A	อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์
	Inverter ยี่ห้อ SUOER ขนาด 3000VA	ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้า DC ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ให้กลายเป็นไฟฟ้า AC เพื่อให้สามารถใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

- เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Pyranometer): สำหรับวัดรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนด้านหน้าและด้านหลังแผง
- อุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล (Data Logger): สำหรับวัดและเก็บบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensors): สำหรับวัดอุณหภูมิแผงและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

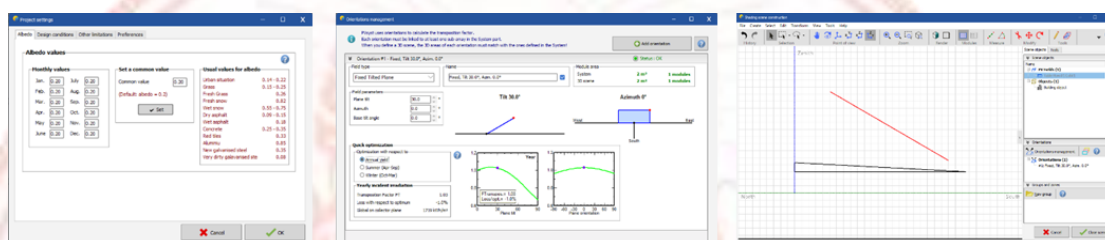
3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าอัลบิโด (Albedo): เป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนแสงของหลังคาเมทัลชีท ซึ่งจะถูกกำหนดค่าต่างๆ ใน PVsyst เพื่อจำลองสีของหลังคาที่แตกต่างกัน (ได้แก่ 0.20 สำหรับสีน้ำเงินเข้ม, 0.40 สำหรับสีเทา, 0.60 สำหรับสีซิงค์) และจะสอดคล้องกับ สีของหลังคาเมทัลชีทที่ใช้ในการทดลองภาคสนาม (สีเทา, สีน้ำเงิน, สีซิงค์)
2. มุมติดตั้ง (Tilt Angle): เป็นมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับแนวระนาบ ซึ่งจะถูกปรับค่าเพื่อหามุมที่เหมาะสมที่สุดในการรับแสง (ได้แก่ 10°, 15°, 20°, 25°, 30°) และจะถูกกำหนดที่ 15 องศา และ 30 องศา สำหรับการทดลองภาคสนาม
3. ความสูงระหว่างขอบล่างของแผงและหลังคา (Mounting Height): เป็นระยะห่างจากขอบล่างของแผงถึงพื้นผิวหลังคาเมทัลชีท ซึ่งจะถูกปรับค่าเพื่อศึกษาผลต่อการรับแสงสะท้อนจากด้านหลังแผง (ได้แก่ 1.0 ม., 1.5 ม., 2.0 ม., 3.0 ม.) และจะถูกกำหนดเป็น ไม่ได้ยกระดับ (Flush mounted) สำหรับการทดลองภาคสนาม

3.4 การออกแบบการจำลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การกำหนดสถานการณ์จำลองใน PVsyst: กำหนดชุดของสถานการณ์จำลองโดยการผสมผสานค่าตัวแปรอิสระ (อัลบิโด, มุมติดตั้ง, ความสูง) ตามช่วงค่าที่เหมาะสม เพื่อครอบคลุมความเป็นไปได้และแนวโน้มของประสิทธิภาพ โดย ศึกษาผลของ อัลบิโดหลังคา (0.20, 0.30, 0.49), มุมติดตั้ง (15°, 20°, 25°, 30°) และ ความสูงแผง (1, 1.5, 2, 3 ม.) ต่อสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้าน (bifacial) บนหลังคาเมทัลชีทสำหรับครัวเรือน โดยใช้ทั้งการจำลองด้วย PVsyst v8.0.6
2. การตั้งค่าใน PVsyst:
 - สร้างโปรเจกต์ใหม่ใน PVsyst และกำหนดข้อมูลสถานที่ตั้ง (Site and Meteo) โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร
 - เลือกและกำหนดคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าจากฐานข้อมูลของ PVsyst โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า ขนาด 450 วัตต์

- ตั้งค่าระบบ (System parameters) รวมถึงจำนวนแผงและอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับกำลังติดตั้งที่กำหนด
- ในส่วน "Bifacial System" ของ PVsyst จะทำการปรับค่า Albedo, Mounting Height
- ในส่วน "Orientation" กำหนดค่า Tilt Angle และ Azimuth Angle (โดยกำหนด Azimuth เป็น 0 องศา หรือหันไปทางทิศใต้)



ภาพที่ 3-4 ตั้งค่าอัลบิโด มุมติดตั้งและทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และกำหนดระยะความสูงระหว่างพื้นผิวสะท้อนกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. การรันการจำลอง: ทำการรันการจำลองภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ โดยแต่ละสถานการณ์จะจำลองการผลิตพลังงานตลอดทั้งปี
4. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจำลอง: บันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองของ PVsyst ซึ่งรวมถึง:

- E_{User} (kWh/ปี): พลังงานที่จ่ายให้โหลด
- E_{Avail} : พลังงานแสงอาทิตย์ที่ระบบผลิตได้
- PR (Performance Ratio) และ SF (Solar Fraction)

3.5 ผลการจำลองจากโปรแกรม PVsyst

ในการจำลองด้วย PVsyst ได้ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โดยกำหนดให้ระบบจำลองใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า ขนาดกำลังไฟ 450 วัตต์ และแต่ละค่าสามารถอธิบายได้ ดังนี้:

E_{User} (Useful energy from solar) [kWh/ปี] คือ พลังงานที่จ่ายให้โหลดจริง ทั้งส่วนที่ใช้ตรงช่วงผลิตและส่วนที่ผ่านแบตเตอรี่แล้วจ่ายภายหลัง รวมเป็นรายปี

E_{Avail} (Available solar energy) [kWh/ปี] คือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ระบบพร้อมจะจ่ายให้โหลดจากฝั่ง PV/คอนเวอร์เตอร์ ก่อนหักส่วนที่ทิ้งเพราะแบตเตอรี่เต็ม

E_{Unused} = Excess (unused) [kWh/ปี] คือ พลังงานส่วนเกินที่ผลิตได้แต่ใช้หรือกักเก็บไม่ได้ ณ เวลานั้น (เช่น แดดแรงตอนแบตเตอรี่เต็ม) จึงทิ้งไป

E_{Miss} (Missing Energy) [kWh/ปี] คือ พลังงานที่ขาดเมื่อระบบไม่สามารถป้อนโหลดได้ครบ (เช่น ช่วงท้องฟ้าปิด/แบตเตอรี่พอง) รวมเป็นรายปี

PR (Performance Ratio) [%] คือ อัตราส่วน Yield ที่ได้จริง ต่อ Yield อ้างอิง (Y_f/Y_r) บ่งบอก “คุณภาพระบบโดยไม่ขึ้นกับศักยภาพแดด” ค่านี้ยิ่งสูงยิ่งดี ค่า PR แสดงในกราฟ Performance Ratio PR และสรุปในหัวข้อ Main results

SF (Solar Fraction) [%] คือ สัดส่วนที่โหลดได้รับจากพลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณในตารางชัดเจนว่า $\text{SolFrac} = E_{\text{Used}} / E_{\text{Load}}$

3.5.1 ผลการจำลองประสิทธิภาพเมื่อค่าอัลบิโดเท่ากับ 0.2

ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อทำการปรับมุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า โดยที่ค่าอัลบิโดถูกกำหนดให้คงที่ที่ 0.2 ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh/year) และในการเปลี่ยนความสูงแผง 1–3 ม. ให้ค่าผลลัพธ์เท่ากัน

ตารางที่ 3-2 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบิโด 0.2

Tilt (deg)	E_{User}	E_{Avail}	E_{Unused}	E_{Miss}	PR
15	547.68	623.43	57.04	12.96	71.07
20	545.30	621.22	57.53	15.34	71.03
25	541.10	615.90	56.07	19.54	71.13
30	533.15	607.01	55.20	27.49	71.13

จากตารางจะเห็นว่า:

E_{User} สูงสุดที่ 15° มีค่าเท่ากับ 547.68 kWh/ปี และลดลงเมื่อมุมชันขึ้น ที่ 20° มีค่าเท่ากับ

545.30 kWh/ปี ลดลง -0.43% จาก 15° ที่ 25° มีค่าเท่ากับ 541.10 kWh/ปี ลดลง -1.20% จาก 15° และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 533.15 kWh/ปี ลดลง-2.65% จาก 15°

E_Avail มีค่าลดลงตามมุมมองคาที่เพิ่มขึ้น ที่ 15° มีค่าเท่ากับ 623.43 kWh/ปี ที่ 20° มีค่าเท่ากับ 621.22 kWh/ปี ที่ 25° มีค่าเท่ากับ 615.90 kWh/ปี และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 607.01 kWh/ปี

E_Unused ลดลงเล็กน้อยเมื่อมุมชั้นเพิ่มขึ้น จาก 57.04 kWh/ปี ที่ 15° เหลือ 55.20 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับลดลง -3.2% สะท้อนว่าพลังงานส่วนเกินกลางวันลดลง

E_Miss เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมุมชั้นขึ้น จาก 12.96 kWh/ปี ที่ 15° เป็น 27.49 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับเพิ่มขึ้น +112% จึงทำให้ SF ลดลงจาก 97.69% เหลือ 95.10%

PR ค่าทรงตัวที่ประมาณ 71% ซึ่งค่าแทบจะไม่เปลี่ยนตามมุมมองคาที่เพิ่มขึ้น

สรุปได้ว่า มุม 15° เหมาะสุด ในแง่พลังงานใช้จริง (E_User) และ มุมชั้นทำให้ระบบขาดพลังงาน (E_Miss) มากขึ้นชัดเจน แม้พลังงานส่วนเกินจะลดลงเล็กน้อย

3.5.2 ผลการจำลองประสิทธิภาพเมื่อค่าอัลบีโดเท่ากับ 0.3

ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อทำการปรับมุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า โดยที่ค่าอัลบีโดถูกกำหนดให้คงที่ที่ 0.3 ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh/year) และในการเปลี่ยนความสูงแผง 1-3 ม. ให้ค่าผลลัพธ์เท่ากัน

ตารางที่ 3-3 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบีโด 0.3

Tilt (deg)	E_User	E_Avail	E_Unused	E_Miss	PR
15	548.07	624.13	57.25	12.57	71.01
20	544.20	622.60	59.63	16.44	70.68
25	541.99	618.21	57.38	18.65	70.92
30	535.22	610.48	56.64	25.41	70.93

จากตารางจะเห็นว่า:

E_User สูงสุดที่ 15° มีค่าเท่ากับ 548.07 kWh/ปี และลดลงเมื่อมุมชันขึ้น ที่ 20° มีค่าเท่ากับ 544.20 kWh/ปี ลดลง -0.71% จาก 15° ที่ 25° มีค่าเท่ากับ 541.99 kWh/ปี ลดลง -1.11% จาก 15° และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 535.22 kWh/ปี ลดลง -2.35% จาก 15°

E_Avail มีค่าลดลงตามมุมมองเสาที่เพิ่มขึ้น ที่ 15° มีค่าเท่ากับ 624.13 kWh/ปี ที่ 20° มีค่าเท่ากับ 622.60 kWh/ปี ที่ 25° มีค่าเท่ากับ 618.21 kWh/ปี และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 610.48 kWh/ปี

E_Unused ลดลงเล็กน้อยเมื่อมุมชันเพิ่มขึ้น จาก 57.25 kWh/ปี ที่ 15° เหลือ 56.64 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับลดลง -1.1%

E_Miss เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมุมชันขึ้น จาก 12.57 kWh/ปี ที่ 15° เป็น 25.41 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับเพิ่มขึ้น +102% จึงทำให้ SF ลดจาก 97.76% เป็น 95.47%

PR ค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ 71% ซึ่งค่าแทบจะไม่เปลี่ยนตามมุมมองเสาที่เพิ่มขึ้น

สรุปได้ว่า มุม 15° เหมาะสมที่สุด มุมชันทำให้ E_Miss เพิ่มขึ้น และ SF ลดลง และเมื่อเทียบกับ $\alpha=0.20$ ค่าต่าง ๆ ขยับขึ้นเล็กน้อย แต่ E_User ที่ 15° ยังคงมีค่าที่แตกต่างกันน้อยมาก (ต่าง ~0.39 kWh/ปี)

3.5.3 ผลการจำลองประสิทธิภาพเมื่อค่าอัลบีโดเท่ากับ 0.49

ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อทำการปรับมุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า โดยที่ค่าอัลบีโดถูกกำหนดให้คงที่ที่ 0.49 ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh/year) และในการเปลี่ยนความสูงแผง 1-3 ม. ให้ค่าผลลัพธ์เท่ากัน

ตารางที่ 3-4 สรุปผลการจำลองพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีและ Performance Ratio ที่ค่าอัลบีโด 0.49

Tilt (deg)	E_User	E_Avail	E_Unused	E_Miss	PR
15	547.79	625.44	58.80	12.85	70.75
20	545.86	625.21	60.42	14.78	70.50
25	542.96	622.57	60.75	17.68	70.43
30	536.94	617.03	61.28	23.70	70.26

จากตารางจะเห็นว่า:

E_User สูงสุดที่ 15° มีค่าเท่ากับ 547.79 kWh/ปี และลดลงเมื่อมุมชันขึ้น ที่ 20° มีค่าเท่ากับ 545.86 kWh/ปี ลดลง -0.35%), จาก 15° ที่ 25° มีค่าเท่ากับ 542.96 kWh/ปี ลดลง -0.88% จาก 15° และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 536.94 kWh/ปี ลดลง -1.98% จาก 15°

E_Avail ค่าลดลงตามมุมมองอาทิตย์เพิ่มขึ้น ที่ 15° มีค่าเท่ากับ 625.44 kWh/ปี และที่ 30° มีค่าเท่ากับ 617.03 kWh/ปี

E_Unused กลับเพิ่มขึ้น เมื่อมุมชันขึ้น จาก 58.80 kWh/ปี ที่ 15° เป็น 61.28 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับเพิ่มขึ้น +4.2% แม้ E_Avail จะลด แต่ยังเกินความต้องการในช่วงกลางวันมาก จึงทิ้งส่วนเกินมากขึ้น

E_Miss เพิ่มตามมุมที่ชันมากขึ้น จาก 12.85 kWh/ปี ที่ 15° เป็น 23.70 kWh/ปี ที่ 30° เท่ากับเพิ่มขึ้น +84% จึงทำให้ SF ลด ลดจาก 97.71% เป็น 95.77%

PR ค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ราว 70.3–70.8%

สรุปได้ว่า มุม 15° เหมาะสมที่สุด สำหรับ E_User และค่าอัลบีโดสูงทำให้ E_Avail สูง แต่เมื่อ มุมชันเพิ่ม อาจเห็น E_Unused สูงขึ้นได้เพราะส่วนเกินกลางวันยังมาก

ข้อสังเกตสำคัญจากการจำลอง: จากผลการจำลองมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบการทดลองภาคสนาม เนื่องจากแสดงให้เห็นว่าการยกระดับแผงให้สูงขึ้นจากหลังคาเมทัลชีท ไม่ได้มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ภายใต้งี้อากาศที่ทำการจำลอง ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้การทดลองภาคสนามตัดสินใจเลือกการติดตั้งแบบไม่ได้ยกระดับ (flush mounted) เพื่อลดความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

3.6 การต่อยอดสู่การทดลองภาคสนาม (Field Experiment)

ผลการจำลองที่ได้จากโปรแกรม PVsyst จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบและกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการทดลองภาคสนามจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้:

- การเลือกตัวแปรหลักสำหรับการทดลองจริง:

○ มุมติดตั้ง (Tilt Angle): จากผลการจำลองที่ได้ จะเลือกมุมติดตั้ง 15 องศา และ 30 องศา สำหรับการทดลองภาคสนาม เนื่องจากเป็นมุมที่คาดว่าจะแสดงความแตกต่างของประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจนและเป็นไปได้ในการติดตั้งจริงบนหลังคาลาดเอียงในประเทศไทย

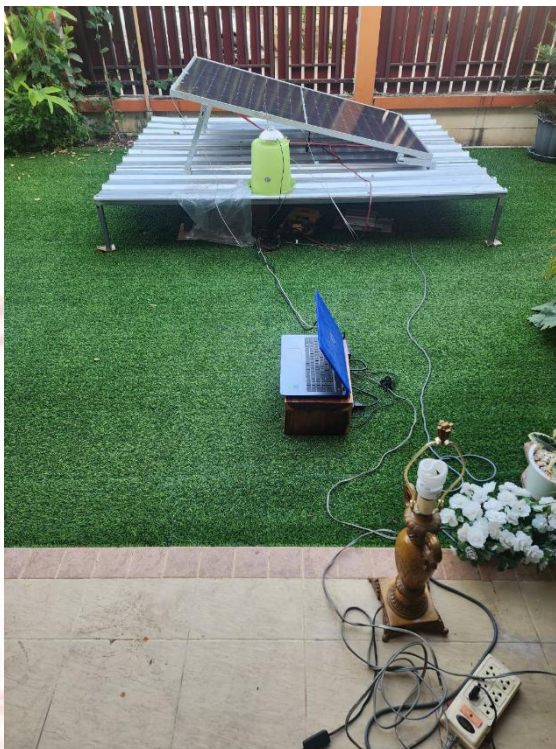
○ สีหลังคาเมทัลชีท (Roof Color/Albedo): จะทำการทดลองกับหลังคาเมทัลชีทที่มีสีแตกต่างกัน 3 สี ได้แก่ สีเทา สีน้ำเงิน และสีซิงค์ (สีเงินธรรมชาติ) ซึ่งมีค่าอัลบิโดแตกต่างกัน เพื่อประเมินผลกระทบของค่าการสะท้อนแสงที่หลากหลาย

○ ความสูงระหว่างขอบล่างของแผงและหลังคา (Mounting Height): จากผลการจำลองในโปรแกรม PVsyst ที่พบว่าการปรับระดับความสูงของแผงเหนือหลังคา ไม่ได้ส่งผลให้เกิดข้อแตกต่างที่มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานที่เพิ่มขึ้น ภายใต้ช่วงค่าที่ทำการจำลอง จึงตัดสินใจเลือกการติดตั้งแบบ ไม่ได้ยกระดับ (flush mounted) คือติดตั้งแผงให้ใกล้เคียงกับพื้นผิวหลังคามากที่สุด เพื่อลดความซับซ้อนในการติดตั้งภาคสนามและยังคงเป็นตัวแทนของสภาพการติดตั้งทั่วไป

● การติดตั้งชุดทดลอง:

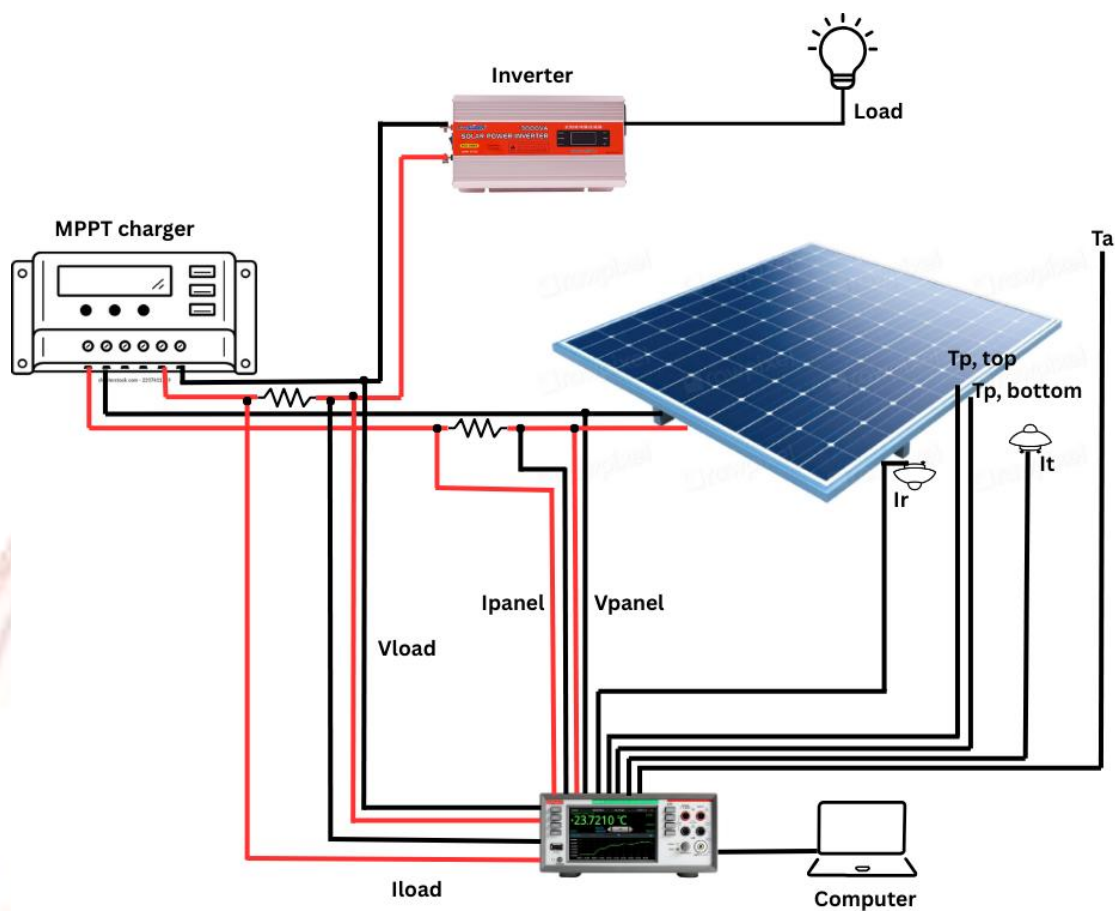
○ จะติดตั้งชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนแผงหลังคาเมทัลชีทแต่ละสี โดยควบคุมมุมติดตั้งตามที่ได้เลือกไว้ (15 และ 30 องศา) และติดตั้งในลักษณะไม่ได้ยกระดับ

○ แต่ละชุดทดลองจะมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ด้านหน้าและด้านหลัง, เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า, และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อเก็บข้อมูลประสิทธิภาพภายใต้สภาพจริง



ภาพที่ 3-5 การติดตั้งบนโครงสร้างหลังคาจำลอง

- การเก็บข้อมูลจากการทดลองภาคสนาม:
 - ทำการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องภายใต้สภาพอากาศจริง โดยบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ อุณหภูมิแผง อุณหภูมิแวดล้อม และความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแต่ละช่วงเวลา
 - ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการจำลอง และทำการประเมินประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าภายใต้เงื่อนไขการติดตั้งจริง



ภาพที่ 3-6 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งเครื่องมือวัด ในการเก็บข้อมูล

การผสมผสานการจำลองเข้ากับการทดลองภาคสนามจะช่วยยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง และให้ข้อมูลเชิงลึกที่แม่นยำสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทในประเทศไทย

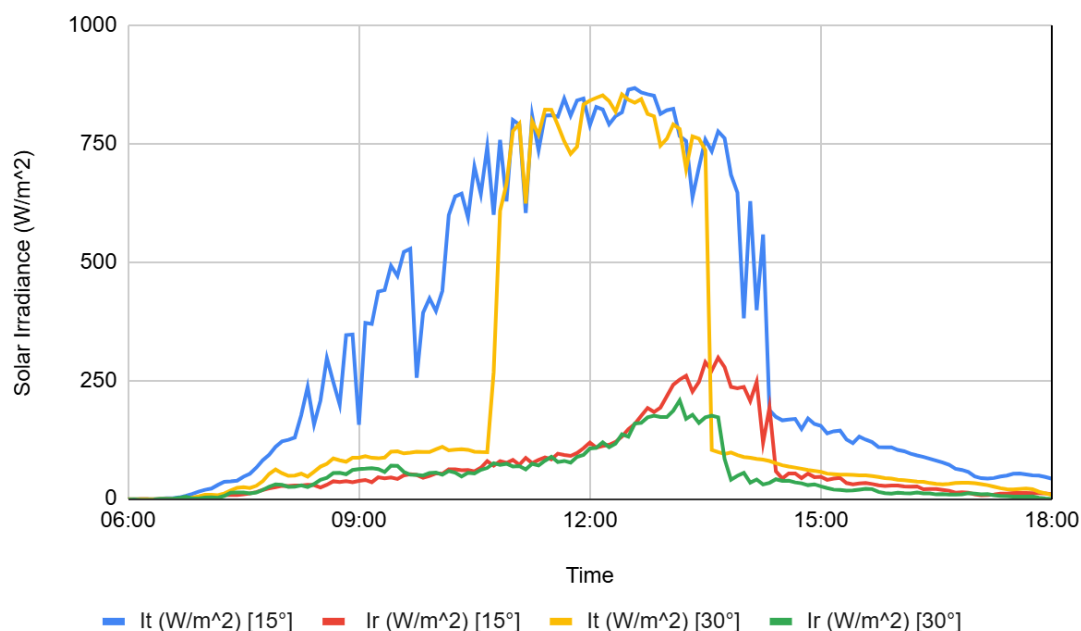
บทที่ 4

ผลการวิจัย

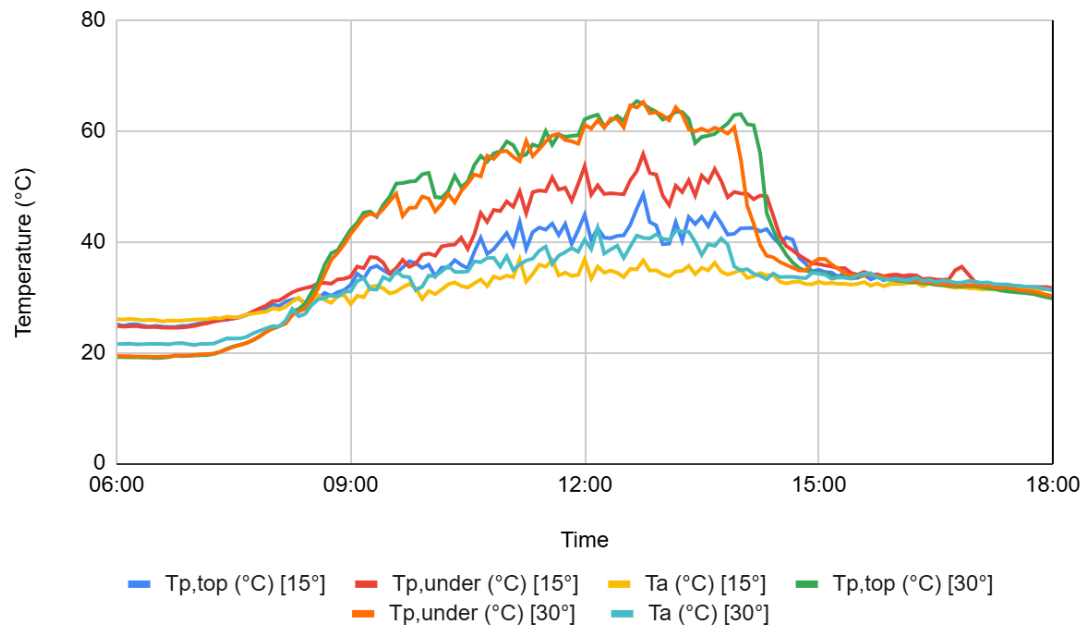
บทนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าบนหลังคาเมทัลชีทสีต่างๆ โดยใช้โปรแกรม PVsyst ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าตัวแปรอิสระ ได้แก่ ค่าอัลบีโด มุมติดตั้ง และความสูงระหว่างขอบล่างของแผงและหลังคา ผลการจำลองนี้จะใช้เป็นแนวทางและข้อมูลเปรียบเทียบเบื้องต้นสำหรับการทดลองภาคสนามในลำดับถัดไป ผลการวิจัยจะถูกนำเสนอในรูปแบบของตารางและกราฟ เพื่อแสดงแนวโน้มและความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีซิงค์

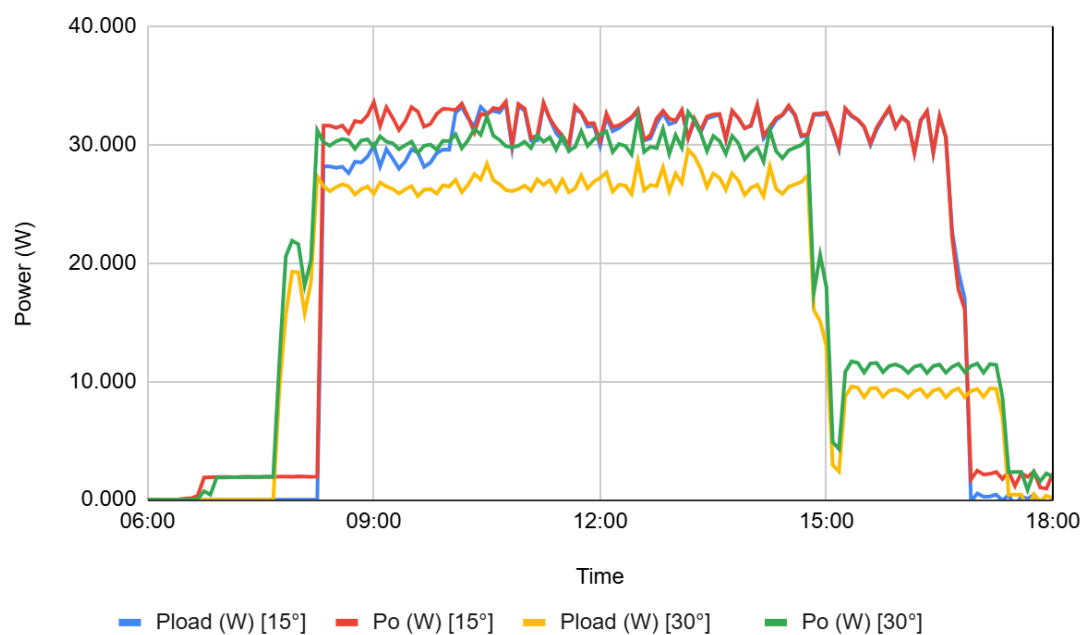
ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อทดลองกับหลังคาสีซิงค์ และคงที่มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าที่ 15 และ 30 องศา ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต ความเข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิ



ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีซิงค์



ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสี่เชิงค์

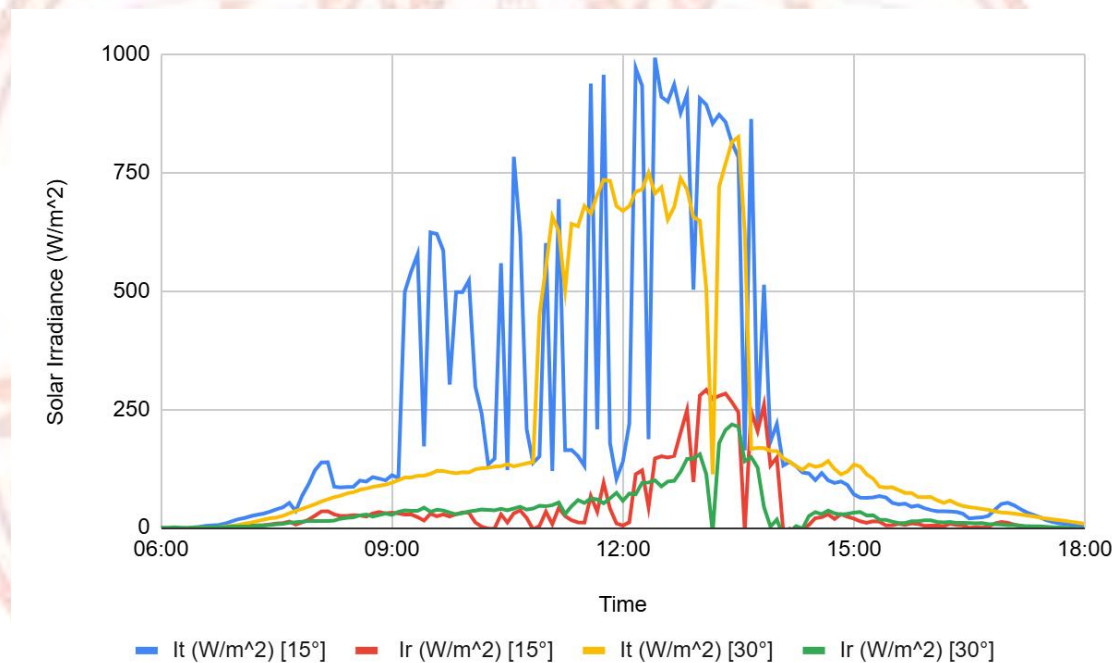


ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสี่เชิงค์

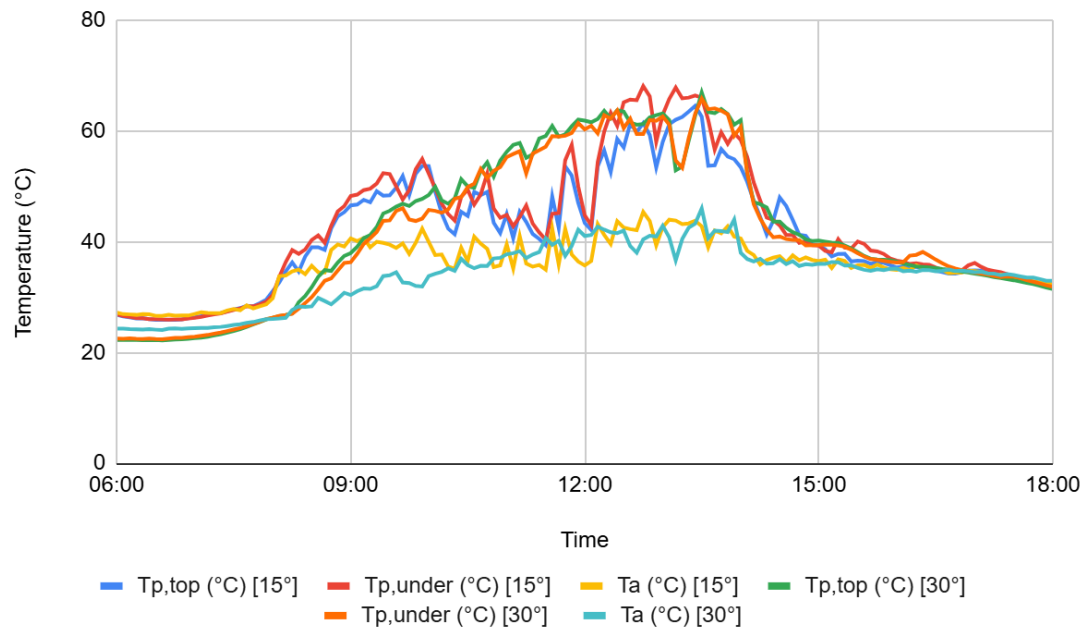
จากกราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคา
 สีซิงค์ พบว่าที่มุมติดตั้ง 15 องศา แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านสามารถผลิตพลังงาน
 ไฟฟ้าได้ดีกว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

4.2 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีเทา

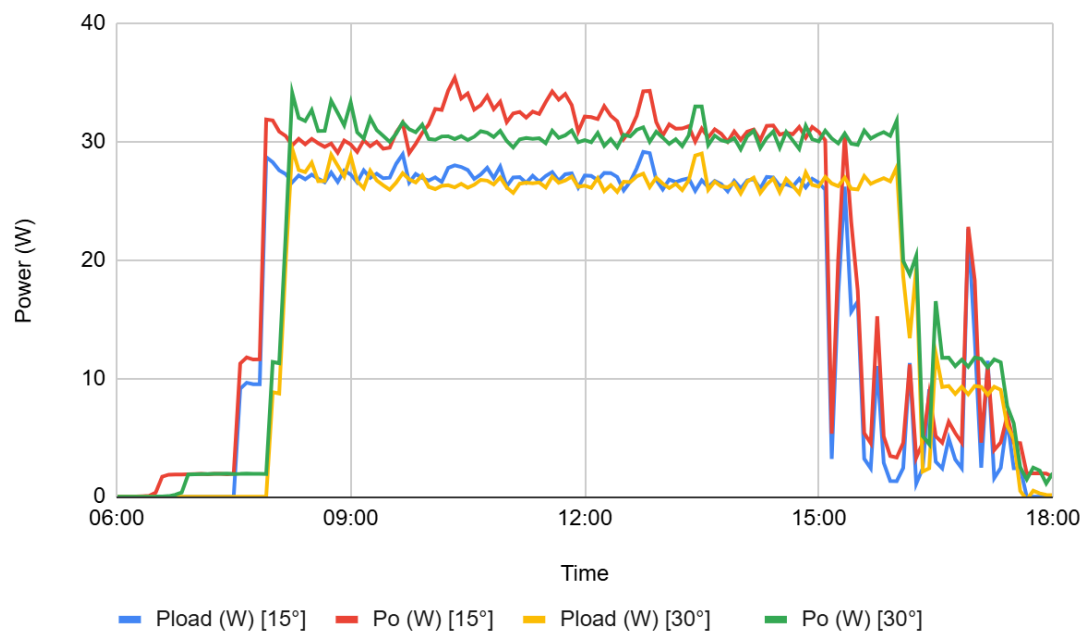
ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
 เมื่อทดลองกับหลังคาสีเทา และคงที่มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าที่ 15 และ 30
 องศา ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต ความ
 เข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิ



ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีเทา



ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีเทา

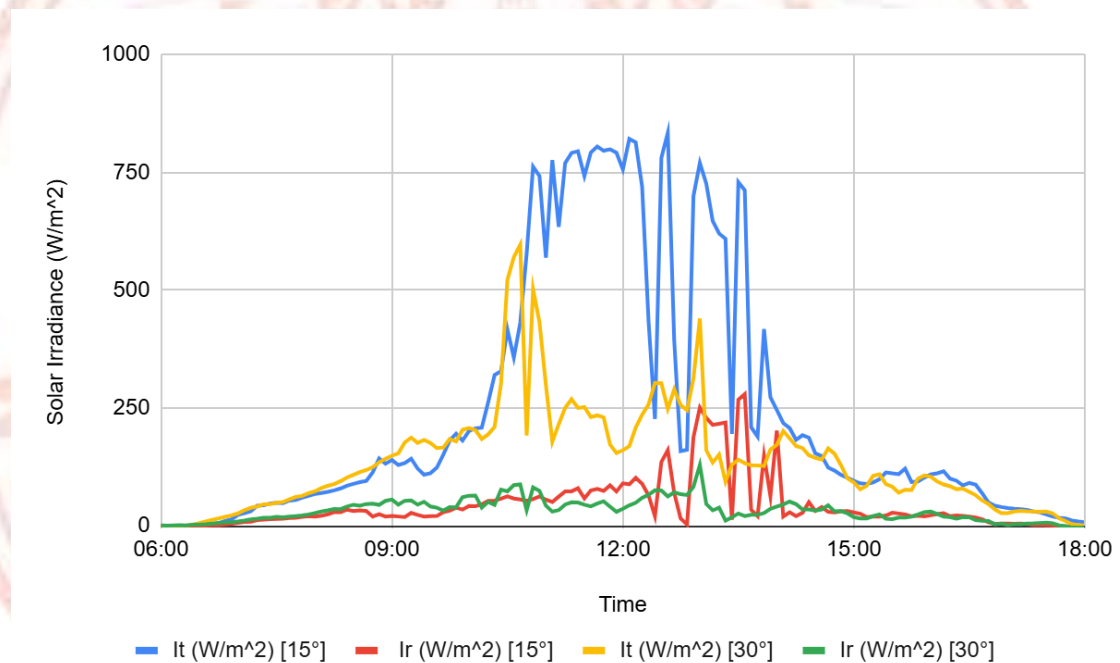


ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีเทา

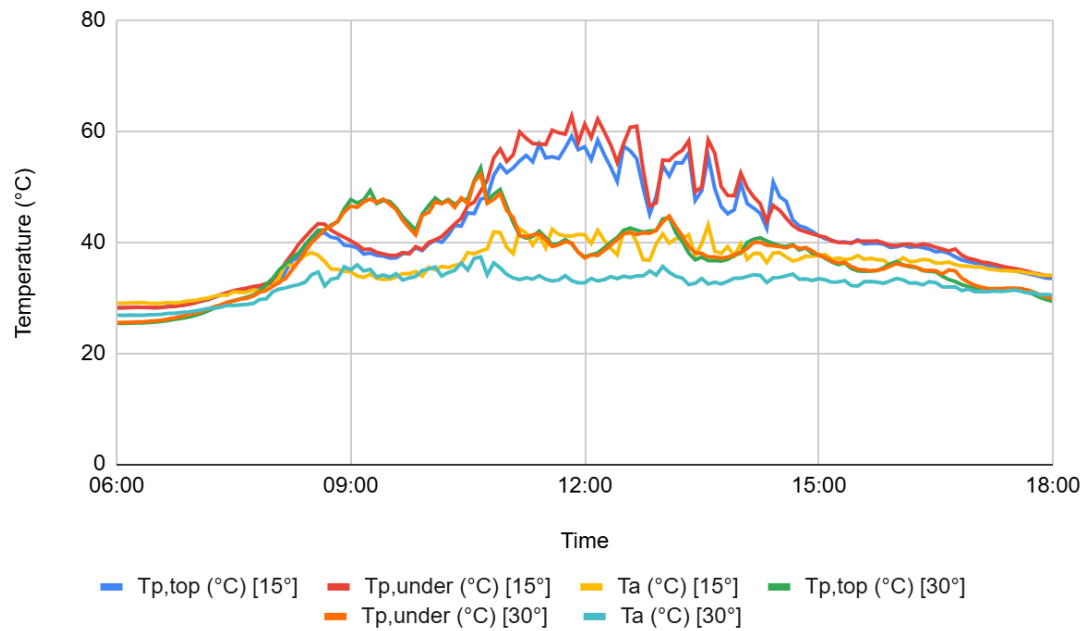
จากกราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคา
 สีซิงค์ พบว่าที่มุมติดตั้ง 15 องศา แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านสามารถผลิตพลังงาน
 ไฟฟ้าได้ดีกว่าเล็กน้อย ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

4.3 ผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามเมื่อทดลองกับหลังคาสีน้ำเงิน

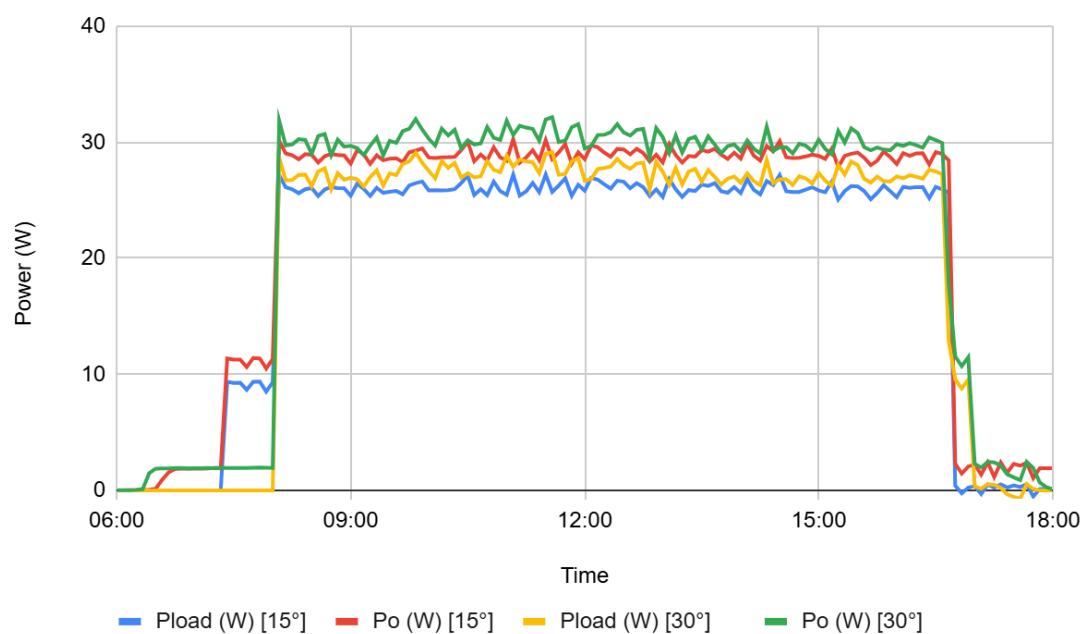
ส่วนนี้จะนำเสนอผลการจำลองประสิทธิภาพภาคสนามของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า
 เมื่อทดลองกับหลังคาสีน้ำเงิน และคงที่มุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าที่ 15 และ 30
 องศา ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมติดตั้งกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต ความ
 เข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิ



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคาสีน้ำเงิน

จากกราฟแสดงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มุมติดตั้ง 15 องศาและ 30 องศาบนหลังคา
สีซิงค์ พบว่าที่มุมติดตั้ง 30 องศา แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรับแสงสองด้านสามารถผลิตพลังงาน
ไฟฟ้าได้ดีกว่าเล็กน้อย ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน



บทที่ 5

การอภิปรายผล

5.1 การอภิปรายผลส่วนการจำลอง

5.1.1 อิทธิพลของค่าอัลบีโดของหลังคาเมทัลชีทต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า จากการจำลองและผลการทดลองภาคสนามพบว่า ค่าอัลบีโดของหลังคาเมทัลชีทมีผลอย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี โดยค่าอัลบีโดที่สูงขึ้นส่งผลให้พลังงานที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1 ที่ว่าค่าอัลบีโดที่สูงขึ้นจะนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากพื้นผิวที่มีค่าอัลบีโดสูง (เช่น หลังคาเมทัลชีทสีซิงค์) จะสะท้อนแสงอาทิตย์ได้มากกว่า ทำให้ปริมาณรังสีที่ตกกระทบด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการผลิตพลังงานที่เพิ่มขึ้น นี่เป็นไปตามหลักการที่แสงสะท้อนจากพื้นผิวเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงสองหน้า

5.1.2 อิทธิพลของมุมติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อประสิทธิภาพ ผลการจำลองและผลการทดลองภาคสนามแสดงให้เห็นว่ามุมติดตั้งมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยมีมุมติดตั้งที่ให้ผลผลิตสูงสุดที่ประมาณ 15 องศา ซึ่งสอดคล้องกับละติจูดของกรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ 2 และทฤษฎีการออกแบบระบบ PV ทั่วไปที่มุมติดตั้งสัมพันธ์กับละติจูดของสถานที่ เพื่อให้ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงสูงสุด สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า มุมติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดอาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากแผงด้านเดียว เนื่องจากต้องคำนึงถึงปริมาณแสงสะท้อนที่ด้านหลังแผงด้วย การปรับมุมติดตั้งอาจส่งผลต่อ View Factor ระหว่างแผงกับพื้นผิวหลังคา ทำให้ปริมาณแสงสะท้อนที่ด้านหลังแผงได้รับแตกต่างกันไป

5.1.3 อิทธิพลของความสูงระหว่างขอบล่างของแผงและหลังคาต่อประสิทธิภาพ ผลการจำลองบ่งชี้ว่าความสูงของแผงเหนือหลังคา ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า ภายใต้ช่วงค่าที่ทำการจำลอง (0.1-0.5 เมตร) ผลลัพธ์นี้ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ 3 ที่คาดว่าจะความสูงที่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์นี้อาจบ่งชี้ว่าในระยะความสูงที่ทำการศึกษา การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงสะท้อนที่ตกกระทบด้านหลังแผงไม่ได้มีนัยสำคัญมากพอที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวม หรืออาจถึงจุดอิ่มตัวของปริมาณแสงที่ด้านหลังแผงได้รับแล้ว ในช่วงความสูงดังกล่าว ซึ่งเป็นข้อค้นพบสำคัญที่นำไปสู่การตัดสินใจติดตั้งแผงแบบไม่ได้ยกระดับในการทดลองภาคสนาม

5.2 การอภิปรายผลส่วนการจำลองภาคสนาม

5.2.1 ความสัมพันธ์ “รังสี-กำลังผลิต-อุณหภูมิ”

กราฟภาคสนามของทั้งสามสีหลังคาแสดงแนวโน้มปกติ: เมื่อ รังสีเพิ่ม กำลังผลิตเพิ่ม และ อุณหภูมิแผงสูงขึ้น ตามช่วงกลางวัน—เป็นรูปแบบรายวันทั่วไปภายใต้ท้องฟ้าเปิด ยืนยันว่าการเก็บข้อมูลและการวางเครื่องมือถูกต้องตามหลักการเบื้องต้นของระบบ PV บนหลังคา (ส่วน 4.4–4.6)

5.2.2 มุมติดตั้ง 15° เทียบกับ 30°

เมื่อเทียบกราฟชุด 15° กับ 30° ของแต่ละสีหลังคา แนวโน้มกำลังผลิตที่ มุม 15° สม่่าเสมอ และสูงกว่า ในช่วงรังสีใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะช่วงเที่ยงวัน สอดคล้องกับการจำลองที่ชี้ว่า 15° ให้พลังงานใช้จริงรายปีสูงกว่า (ส่วน 4.1–4.3) และเป็นมุมที่เหมาะสมกับละติจูดกรุงเทพฯ ในภาพรวม

5.2.3 อิทธิพลของสีหลังคา (Albedo ภาคสนาม)

แนวโน้มจากกราฟแต่ละสีสอดคล้องกับคาดการณ์: ผิว ชิงค์ (สะท้อนมาก) ให้สัญญาณพลังงานที่ “อ่อนไหวต่อรังสี” มากกว่า เทา และ น้ำเงิน ภายใต้มุมเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลจำลองที่ระบุว่า อัลบิโดสูงเพิ่มพลังงานที่พร้อมใช้ (E_Avail)

5.2.4 ความสูงได้แผง

ภาคสนามติดตั้งแบบ ไม่ยกกระดืบ ตามข้อสรุปจากการจำลองที่พบว่า ยกสูง 1–3 ม. ให้ผลไม่ต่างเชิงนัยสำคัญ จึงไม่พบผลของความสูงในข้อมูลภาคสนามรอบนี้ (สอดคล้องเหตุผลด้านโครงสร้างและความคุ้มค่า)

5.3 การสอดคล้อง/แตกต่างกับการจำลอง

5.3.1 ข้อสอดคล้อง

5.3.1.1 ประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าที่ 15° สูงกว่าที่ 30° ในแง่บริบทของหลังคาไทย

5.3.1.2 สีชิงค์หรือที่ค่าอัลบิโดให้ศักยภาพเพิ่มมากขึ้นในด้านพลังงาน สะท้อนในแนวโน้มกราฟภาคสนามคล้ายกับผลจำลอง

5.3.1.3 การไม่ยกกระดืบแผงขึ้นไม่ทำให้ผลเสียด้านพลังงานอย่างมีนัยสำคัญในเรขาคณิตแผงเดี่ยวบนหลังคา

5.3.2 ข้อแตกต่าง ในข้อมูลภาคสนามเริ่มต้นยังไม่เห็นความต่างเชิงตัวเลขอย่างชัดเจนระหว่าง
หลังคาสี่ต่าง ๆ เท่าที่คาดการณ์ไว้จากการจำลองในโปรแกรม ซึ่งสมเหตุผลเนื่องจาก ข้อมูลภาคสนาม
ได้ทำการทดสอบเป็นรายช่วง/รายวัน และอัลบีโดที่ทดสอบจริงนั้น ค่าสามารถเปลี่ยนตามฝุ่น
ความชื้น มุมแดด และ โหลดที่ใช้ในการทดลองจำกัดจึงทำให้พลังงานส่วนเกินยามไม่ถูกใช้ทั้งหมด

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ในการติดตั้งควรใช้ 15° เป็นมุมหลัก หากไม่มีข้อจำกัดเชิงสถาปัตย์: ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ
เหมาะกับแดดไทย และสอดคล้องทั้งจำลองและภาคสนามเบื้องต้น

5.4.2 สำหรับวัสดุหลังคาซิงค์ เพื่อความคงทนสำหรับอัลบีโดระยะยาว ควรพิจารณาเคลือบ
ป้องกันสนิมหรือใช้แผ่นเคลือบสีคุณภาพสูง เพราะการผุพังหรือสีที่หมองลงจะทำให้ค่าอัลบีโดจริง
ลดลงตามเวลา ซึ่งกระทบผลต่อหลังคาทั้งสองหน้า

5.4.3 โครงสร้างรับแผงควรเป็นโครงสร้างที่ไม่บังแสงอาทิตย์บริเวณด้านหลังแผง

บรรณานุกรม

- (ANU), A. N. (2024, February 2). *Untapped potential: double-sided solar panels offer more energy on residential roofs*. Retrieved from iced.s.anu.edu.au:
<https://iced.s.anu.edu.au/research/research-stories/untapped-potential-double-sided-solar-panels-offer-more-energy-residential>
- Asgharzadeh, A., Abou Anoma, M., Hoffman, A., Chaudhari, C., Bapat, S., Perkins, R., et al. (2017). *A Benchmark and Validation of Bifacial PV Irradiance Models*.
- Basak, A., Chakraborty, S., & Behura, A. K. (2025). Tilt angle optimization for bifacial PV module: Balancing direct and reflected irradiance on white painted ground surfaces. *Applied Energy*, 377, 124525.
- (2021). *Bifacial Photovoltaic Modules and Systems: Experience and Results From International Research and Pilot Applications*. IEA-PVPS.
doi:<https://doi.org/10.2172/1779379>
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes (4th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Electronics, L. (2021). *Bifacial Design Guide*. Retrieved from lg:
https://www.lg.com/global/business/download/resources/solar/Bifacial_design_guide_Full_ver.pdf
- Gu, W., Li, S., Liu, X., Chen, Z., Zhang, X., & Ma, T. (2021). Experimental investigation of the bifacial photovoltaic module under real conditions. *Renewable Energy*, 173, 1111–1122.
- Gupta, D., Tiwari, G. N., & Kumar, A. (2020). Performance evaluation of bifacial photovoltaic module for different ground surfaces: A comprehensive review. *Solar Energy*, 201, 574-592.

Jiang, H., Lu, L., & Sun, K. (2019). Performance analysis of bifacial PV modules with different ground surface albedos. *Energy Conversion and Management*, 180, 101-109.

Porter, W. (2019). *Bifacial Modules: There are Two Sides to Every Solar Panel*.

Retrieved from alternergy.co.uk:

https://www.alternergy.co.uk/media/mageplaza/product_attachments/attachment_file/b/i/bifacial-modules-2-sides-to-every-solar-panel-white-paper-burns-mcdonnell-09120.pdf

PVsyst. (n.d.). *Albedo Factor*. Retrieved from PVsyst Help:

https://www.pvsyst.com/help-pvsyst7/albedo_factor.htm

PVsyst. (n.d.). *Bifacial Systems*. Retrieved from PVsyst Help:

https://www.pvsyst.com/help-pvsyst7/bifacial_systems.htm

Solar, T. (2023, November 7). *How bifacial PV modules work: Factors that affect rear side power*. Retrieved from Trina Solar: <https://static.trinasolar.com/eu-en/how-bifacial-panels-work-factors-that-affect-performance>

Suri, M., Mikielwicz, D., & Taylor, R. A. (2020). Impact of ground albedo on bifacial photovoltaic performance: A review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 216, 110690.

Zdyb, A., Szalas, G., & Sobczyński, D. (2025). Performance assessment of bifacial photovoltaic modules based on multivariant simulation and outdoor measurements. *Journal of Ecological Engineering*, 26(2), 24–32.

Zhilov, Y. A., & Popov, V. P. (2018). Efficiency analysis of photovoltaic systems on different types of roofs. *Energetika i Elektrifikatsiya*, (3), 25-30.



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณกระแสและกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์แบบรับแสงสองด้านและโหลด โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบ ที่มุมเอียง 30° บนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ณ เวลา 14.09 น. ซึ่งมีค่า V_{load} (V_{104}) = 24.44822 V, $V_{R,load}$ (V_{105}) = 0.524656 V, $V_{R,panel}$ (V_{106}) = 0.4219, V_{panel} (V_{107}) = 33.87243 V, R (ตัวต้านทาน) = 0.5 Ω

คำนวณหากระแสโดยใช้สมการ

$$I_{load} = V_{R,load} / R$$

$$I_{load} = 0.524656 / 0.5$$

$$I_{load} = 1.049312 \text{ A}$$

$$I_{panel} = V_{R,panel} / R$$

$$I_{panel} = 0.4219 / 0.5$$

$$I_{panel} = 0.8438 \text{ A}$$

คำนวณหา กำลังไฟฟ้าโดยใช้สมการ

$$P_{load} = V_{load} \times I_{load}$$

$$P_{load} = 24.44822 \times 1.049312$$

$$P_{load} = 25.65381062464 \text{ W}$$

$$P_{\text{panel}} = V_{\text{panel}} \times I_{\text{panel}}$$

$$P_{\text{panel}} = 33.87243 \times 0.8438$$

$$P_{\text{panel}} = 28.581556434 \text{ W}$$



ตัวอย่างการคำนวณความเข้มแสงอาทิตย์จากไพรานอร์มิเตอร์และค่าอัลบีโด โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบ ที่มุมเอียง 30° บนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ณ เวลา 14.09 น. ซึ่งมีค่า V_{it} (V_{108}) = 0.001176 V, V_{ir} (V_{109}) = 0.000187 V, ค่าsensitivityของไพรานอร์มิเตอร์ด้านบนแผง = 0.00001401 V/(W/m²), ค่าsensitivityของไพรานอร์มิเตอร์ด้านใต้แผง = 0.00000463 V/(W/m²)

คำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ด้านบนแผง (I_t) โดย

$$I_t = V_{it} / \text{sensitivity}$$

$$I_t = 0.001176 / 0.00001401$$

$$I_t = 83.94 \text{ W/m}^2$$

คำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ด้านบนแผง (I_r) โดย

$$I_r = V_{ir} / \text{sensitivity}$$

$$I_r = 0.000187 / 0.00000463$$

$$I_r = 40.39 \text{ W/m}^2$$

คำนวณหาค่าอัลบีโด โดย

$$\text{Albedo} = I_r / I_t$$

$$\text{Albedo} = 40.39 / 83.94$$

$$\text{Albedo} = 0.4812$$



ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ที่มุมเอียง 30° (11 กุมภาพันธ์ 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.67	0.00	0.00	1.67	-0.01	0.00	19.39	19.49	21.76
05:55	-0.65	0.00	0.00	1.50	-0.01	-0.01	19.28	19.42	21.53
06:00	-0.68	0.00	0.00	1.52	-0.02	-0.01	19.20	19.40	21.51
06:05	-0.68	0.00	0.00	1.53	-0.02	-0.01	19.17	19.35	21.56
06:10	-0.68	0.00	0.00	1.57	-0.02	-0.01	19.14	19.34	21.59
06:15	-0.69	0.00	0.00	1.67	-0.02	-0.01	19.16	19.29	21.50
06:20	-0.69	0.00	0.00	1.86	-0.01	-0.01	19.10	19.28	21.51
06:25	-0.70	0.00	0.00	2.40	-0.01	0.00	19.10	19.29	21.59
06:30	-0.69	0.00	0.00	2.50	-0.01	0.00	19.04	19.25	21.56
06:35	-0.74	0.00	0.01	2.74	-0.01	0.00	19.07	19.26	21.55
06:40	-0.70	0.00	0.01	2.84	0.00	0.01	19.19	19.28	21.47
06:45	-0.70	0.00	0.02	22.78	0.02	0.02	19.45	19.47	21.67
06:50	-0.71	0.00	0.03	7.37	0.03	0.00	19.37	19.47	21.72
06:55	-0.77	0.00	0.03	31.44	0.07	0.00	19.38	19.50	21.52
07:00	-0.77	0.00	0.03	33.06	0.11	0.01	19.50	19.58	21.35
07:05	-0.78	0.00	0.03	32.88	0.11	0.01	19.54	19.68	21.59
07:10	-0.78	0.00	0.03	32.52	0.10	0.01	19.58	19.71	21.57
07:15	-0.79	0.00	0.03	33.61	0.15	0.03	19.76	19.86	21.66
07:20	-0.78	0.00	0.03	34.56	0.24	0.06	20.19	20.16	22.13
07:25	-0.79	0.00	0.03	34.97	0.32	0.06	20.70	20.61	22.55
07:30	-0.78	0.00	0.03	35.04	0.34	0.06	21.12	21.06	22.53
07:35	-0.79	0.00	0.03	34.92	0.31	0.05	21.41	21.38	22.55
07:40	-0.78	0.00	0.03	35.18	0.38	0.06	21.73	21.76	22.85
07:45	24.80	0.19	0.17	34.64	0.52	0.09	22.26	22.30	23.48
07:50	18.68	0.42	0.46	22.30	0.73	0.12	22.95	22.93	23.95
07:55	17.62	0.55	0.57	19.36	0.86	0.14	23.75	23.68	24.40

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	19.10	0.50	0.53	20.55	0.76	0.14	24.31	24.39	24.79
08:05	16.49	0.48	0.49	18.33	0.67	0.12	24.74	24.81	24.71
08:10	18.26	0.50	0.52	19.47	0.68	0.12	25.39	25.25	25.81
08:15	24.38	0.56	0.45	34.64	0.74	0.13	27.51	26.75	27.88
08:20	24.40	0.54	0.45	33.78	0.65	0.11	27.86	27.41	26.55
08:25	24.49	0.53	0.42	35.60	0.80	0.14	28.84	27.91	26.97
08:30	24.36	0.54	0.42	36.11	0.95	0.19	30.93	29.63	28.59
08:35	24.40	0.55	0.42	36.27	1.03	0.20	32.80	31.62	29.63
08:40	24.41	0.54	0.42	36.49	1.19	0.25	35.87	34.18	29.87
08:45	24.43	0.53	0.41	36.30	1.14	0.25	37.93	36.72	30.38
08:50	24.40	0.54	0.42	36.17	1.09	0.24	38.51	38.04	30.13
08:55	24.42	0.54	0.42	36.33	1.21	0.28	40.40	39.53	30.96
09:00	24.44	0.53	0.41	36.19	1.21	0.29	42.23	41.46	31.08
09:05	24.37	0.55	0.42	36.21	1.26	0.29	43.42	42.88	32.90
09:10	24.42	0.54	0.42	36.07	1.21	0.30	45.25	44.52	33.46
09:15	24.50	0.54	0.42	36.04	1.19	0.29	45.47	45.07	31.44
09:20	24.43	0.53	0.41	36.11	1.22	0.26	44.52	44.74	31.40
09:25	24.42	0.54	0.41	36.19	1.39	0.32	46.67	45.93	33.64
09:30	24.42	0.54	0.42	36.01	1.40	0.32	48.18	47.34	33.06
09:35	24.49	0.52	0.42	34.98	1.34	0.26	50.52	48.69	34.69
09:40	24.38	0.54	0.42	35.41	1.36	0.24	50.62	44.67	33.77
09:45	24.42	0.54	0.42	35.58	1.39	0.23	50.89	46.11	33.61
09:50	24.53	0.53	0.41	35.65	1.38	0.23	51.01	46.20	31.25
09:55	24.32	0.55	0.43	35.68	1.38	0.25	52.19	48.19	31.91
10:00	24.42	0.54	0.42	35.74	1.46	0.26	52.44	47.80	33.89
10:05	24.40	0.55	0.43	35.72	1.54	0.23	48.11	45.50	33.80

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.43	0.53	0.42	35.75	1.43	0.27	47.95	46.84	34.66
10:15	24.41	0.55	0.43	35.70	1.45	0.25	49.20	48.67	35.63
10:20	24.40	0.56	0.44	35.70	1.47	0.22	51.93	47.09	34.61
10:25	24.42	0.55	0.43	35.71	1.45	0.25	49.88	49.17	34.57
10:30	24.37	0.58	0.45	35.68	1.39	0.25	50.87	50.52	34.65
10:35	24.41	0.55	0.43	35.71	1.38	0.28	53.81	52.15	36.46
10:40	24.47	0.54	0.43	35.63	1.38	0.30	55.51	51.84	36.34
10:45	24.39	0.54	0.42	35.58	3.74	0.35	54.49	55.54	37.08
10:50	24.45	0.53	0.42	35.52	8.52	0.33	55.98	54.99	37.14
10:55	24.44	0.54	0.42	35.53	9.32	0.34	56.34	56.28	35.50
11:00	24.39	0.54	0.43	35.43	10.88	0.32	58.12	56.43	37.42
11:05	24.43	0.53	0.42	35.47	11.10	0.32	57.47	55.37	34.91
11:10	24.46	0.55	0.43	35.48	8.74	0.29	55.36	54.57	35.88
11:15	24.36	0.55	0.43	35.36	11.17	0.34	55.78	58.24	36.62
11:20	24.45	0.55	0.43	35.39	10.78	0.33	57.56	55.48	36.96
11:25	24.51	0.53	0.42	35.38	11.52	0.37	57.14	56.72	38.40
11:30	24.32	0.56	0.44	35.16	11.51	0.41	60.00	58.11	39.14
11:35	24.47	0.53	0.42	35.17	11.06	0.36	57.53	59.22	36.00
11:40	24.51	0.54	0.42	35.22	10.58	0.37	59.39	59.47	37.51
11:45	24.33	0.56	0.44	35.16	10.21	0.35	58.94	58.36	38.14
11:50	24.44	0.54	0.42	35.20	10.42	0.41	59.16	58.17	38.87
11:55	24.51	0.55	0.43	35.27	11.67	0.43	59.25	57.72	38.23
12:00	24.31	0.56	0.44	35.03	11.79	0.49	62.13	61.11	40.42
12:05	24.42	0.57	0.45	34.95	11.87	0.50	62.61	60.46	38.66
12:10	24.54	0.53	0.42	34.86	11.94	0.55	62.97	61.97	42.49
12:15	24.32	0.55	0.43	34.99	11.77	0.50	60.80	60.61	37.86

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.44	0.54	0.43	34.93	11.46	0.54	61.88	62.23	38.62
12:25	24.52	0.53	0.42	34.95	11.97	0.63	62.72	62.23	39.30
12:30	24.36	0.59	0.46	34.93	11.81	0.61	61.85	60.68	37.07
12:35	24.45	0.53	0.42	34.79	11.73	0.74	64.30	64.66	39.13
12:40	24.45	0.54	0.43	34.72	11.83	0.74	65.44	64.26	41.12
12:45	24.41	0.54	0.43	34.71	11.39	0.80	64.96	65.28	40.75
12:50	24.40	0.58	0.45	34.75	11.32	0.81	64.09	63.24	40.60
12:55	24.47	0.53	0.42	34.75	10.45	0.80	63.49	63.44	41.33
13:00	24.41	0.56	0.44	34.79	10.66	0.80	62.09	62.84	40.59
13:05	24.54	0.55	0.43	34.94	11.08	0.86	62.54	61.96	40.32
13:10	24.35	0.61	0.47	34.74	10.95	0.96	63.54	64.32	42.01
13:15	24.38	0.60	0.46	34.68	9.76	0.78	63.47	63.04	41.91
13:20	24.41	0.57	0.44	34.92	10.73	0.82	62.21	60.37	41.83
13:25	24.47	0.54	0.42	35.10	10.66	0.74	57.86	59.95	40.01
13:30	24.41	0.56	0.44	35.09	10.32	0.80	58.94	60.44	37.64
13:35	24.43	0.56	0.43	35.14	1.44	0.81	59.18	59.92	39.55
13:40	24.46	0.54	0.42	35.18	1.38	0.80	59.49	60.61	39.28
13:45	24.39	0.57	0.44	35.03	1.32	0.39	60.48	60.19	40.61
13:50	24.44	0.55	0.43	35.00	1.36	0.19	61.40	59.55	39.50
13:55	24.46	0.53	0.41	34.69	1.29	0.22	62.92	60.73	35.58
14:00	24.44	0.54	0.43	34.17	1.23	0.25	63.09	55.00	34.86
14:05	24.43	0.54	0.44	34.13	1.21	0.16	61.24	46.53	35.08
14:10	24.45	0.52	0.42	33.87	1.18	0.19	61.07	43.27	34.24
14:15	24.39	0.58	0.46	33.74	1.15	0.14	55.90	39.38	33.88
14:20	24.45	0.54	0.44	33.73	1.12	0.16	45.17	37.47	33.26
14:25	24.45	0.53	0.43	33.36	1.05	0.19	42.19	37.21	34.29

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.40	0.54	0.45	33.14	0.99	0.17	39.55	36.38	33.64
14:35	24.43	0.55	0.45	33.10	0.95	0.18	37.66	35.85	33.68
14:40	24.45	0.55	0.45	33.07	0.92	0.16	36.25	35.33	33.66
14:45	24.33	0.56	0.46	32.90	0.89	0.15	35.26	34.83	33.54
14:50	16.52	0.49	0.49	18.00	0.85	0.13	34.78	34.80	33.44
14:55	18.23	0.41	0.46	22.48	0.82	0.14	34.60	36.23	34.41
15:00	16.11	0.40	0.45	19.89	0.79	0.12	34.45	36.93	34.27
15:05	25.02	0.06	0.07	34.42	0.74	0.10	34.22	36.90	34.07
15:10	24.96	0.05	0.06	34.44	0.73	0.09	33.82	35.89	33.32
15:15	24.81	0.18	0.16	33.90	0.71	0.08	33.65	35.17	33.59
15:20	24.76	0.19	0.17	33.84	0.71	0.08	33.64	34.34	33.52
15:25	24.80	0.19	0.17	33.89	0.71	0.08	33.59	33.96	33.35
15:30	24.87	0.17	0.16	33.98	0.69	0.09	33.70	33.88	33.99
15:35	24.69	0.19	0.17	33.88	0.69	0.10	33.91	33.98	34.26
15:40	24.78	0.19	0.17	33.77	0.67	0.09	34.07	34.10	34.32
15:45	24.96	0.17	0.16	33.76	0.64	0.07	33.80	33.85	33.56
15:50	24.64	0.19	0.17	33.55	0.61	0.05	33.48	33.60	33.24
15:55	24.77	0.19	0.17	33.55	0.60	0.05	33.20	33.34	33.10
16:00	24.83	0.18	0.17	33.44	0.56	0.06	33.02	33.19	33.36
16:05	24.80	0.17	0.16	33.41	0.55	0.05	32.89	33.05	33.01
16:10	24.80	0.18	0.17	33.23	0.53	0.05	32.75	32.91	33.13
16:15	24.79	0.19	0.17	33.04	0.50	0.06	32.72	32.87	33.53
16:20	24.81	0.17	0.16	33.11	0.50	0.05	32.60	32.76	32.92
16:25	24.82	0.19	0.17	32.77	0.46	0.05	32.50	32.70	33.12
16:30	24.79	0.19	0.18	32.50	0.43	0.04	32.26	32.48	32.74
16:35	24.81	0.17	0.16	32.64	0.42	0.04	32.17	32.37	33.02

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	24.84	0.18	0.17	32.63	0.44	0.04	32.04	32.22	32.87
16:45	24.80	0.19	0.17	32.83	0.46	0.04	32.02	32.19	32.62
16:50	24.81	0.17	0.16	33.14	0.47	0.04	31.94	32.12	32.63
16:55	24.80	0.19	0.17	32.93	0.47	0.05	32.04	32.19	32.91
17:00	24.79	0.19	0.18	32.69	0.46	0.05	32.00	32.20	32.84
17:05	24.80	0.17	0.16	32.57	0.43	0.04	31.82	32.10	32.59
17:10	24.80	0.19	0.18	31.88	0.40	0.05	31.68	31.98	32.68
17:15	24.79	0.19	0.19	30.80	0.36	0.03	31.49	31.81	32.40
17:20	21.91	0.16	0.19	23.06	0.31	0.03	31.21	31.60	32.29
17:25	24.70	0.01	0.03	33.31	0.28	0.02	31.06	31.80	32.29
17:30	23.63	0.01	0.04	33.28	0.27	0.02	30.93	31.48	32.13
17:35	24.74	0.01	0.04	33.40	0.28	0.02	30.83	31.28	32.05
17:40	25.18	-0.02	0.01	33.68	0.30	0.02	30.71	31.12	31.86
17:45	24.68	0.01	0.04	33.27	0.28	0.02	30.59	30.99	31.87
17:50	23.55	0.00	0.02	32.75	0.20	0.01	30.30	30.75	31.68
17:55	24.91	0.01	0.03	32.12	0.16	0.00	30.01	30.46	31.50
18:00	24.98	0.00	0.03	31.20	0.11	0.00	29.77	30.24	31.23
18:05	24.98	0.00	0.03	30.60	0.09	-0.01	29.48	29.94	31.10
18:10	24.98	0.00	0.03	28.88	0.06	-0.02	29.09	29.50	30.87
18:15	-0.21	0.00	0.03	9.34	0.04	-0.01	28.82	29.31	30.72

ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 30° (12 กุมภาพันธ์ 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.65	0.00	0.00	1.64	-0.02	0.00	21.54	21.67	23.44
05:55	-0.68	0.00	0.00	1.48	-0.01	0.00	21.61	21.74	23.53
06:00	-0.69	0.00	0.00	1.48	-0.02	0.00	21.64	21.78	23.40
06:05	-0.69	0.00	0.00	1.48	-0.01	0.00	21.68	21.80	23.76
06:10	-0.68	0.00	0.00	1.50	-0.01	-0.01	21.66	21.73	23.37
06:15	-0.70	0.00	0.00	1.56	-0.01	-0.01	21.51	21.65	23.34
06:20	-0.70	0.00	0.00	1.66	-0.01	-0.01	21.55	21.64	23.40
06:25	-0.70	0.00	0.00	1.82	-0.01	-0.01	21.42	21.58	23.24
06:30	-0.69	0.00	0.00	2.39	-0.01	-0.01	21.40	21.53	23.22
06:35	-0.70	0.00	0.00	2.56	-0.01	-0.01	21.37	21.53	23.26
06:40	-0.72	0.00	0.01	2.79	0.00	-0.01	21.33	21.51	23.23
06:45	-0.71	0.00	0.01	3.87	0.01	-0.01	21.28	21.51	23.01
06:50	-0.71	0.00	0.02	19.86	0.02	0.00	21.20	21.49	23.31
06:55	-0.78	0.00	0.03	15.88	0.04	0.00	21.27	21.50	23.27
07:00	-0.79	0.00	0.03	31.38	0.09	0.01	21.41	21.58	23.29
07:05	-0.79	0.00	0.03	32.54	0.14	0.01	21.52	21.69	23.30
07:10	-0.78	0.00	0.03	33.79	0.22	0.01	21.78	21.92	23.46
07:15	-0.79	0.00	0.03	34.27	0.29	0.03	22.17	22.26	23.68
07:20	-0.79	0.00	0.03	34.37	0.31	0.03	22.55	22.65	23.94
07:25	-0.78	0.00	0.03	34.80	0.39	0.05	22.94	23.04	24.12
07:30	-0.79	0.00	0.03	34.60	0.38	0.04	23.27	23.38	24.32
07:35	-0.79	0.00	0.03	34.73	0.41	0.04	23.53	23.67	24.38
07:40	-0.78	0.00	0.03	34.84	0.44	0.04	23.74	23.92	24.47
07:45	-0.79	0.00	0.03	34.98	0.46	0.04	23.99	24.19	24.51
07:50	-0.77	0.00	0.03	35.10	0.50	0.05	24.32	24.50	24.73
07:55	-0.77	0.00	0.03	35.25	0.55	0.05	24.69	24.84	25.00

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	-0.76	0.00	0.03	35.41	0.62	0.05	25.07	25.20	24.94
08:05	-0.76	0.00	0.03	35.54	0.70	0.06	25.54	25.63	25.40
08:10	16.38	0.50	0.51	19.36	0.79	0.07	26.13	26.16	25.74
08:15	24.38	0.57	0.46	34.27	0.99	0.09	26.86	26.72	27.51
08:20	24.40	0.55	0.43	35.35	1.09	0.11	28.34	27.76	28.35
08:25	24.42	0.53	0.42	35.72	1.22	0.14	31.11	30.05	30.82
08:30	24.30	0.54	0.43	35.34	1.09	0.12	31.81	30.74	28.89
08:35	24.40	0.55	0.44	34.69	0.94	0.10	31.56	30.95	27.92
08:40	24.40	0.55	0.45	34.41	0.90	0.09	31.59	31.09	28.18
08:45	24.40	0.55	0.45	34.70	0.96	0.08	31.08	30.68	27.84
08:50	24.33	0.55	0.43	35.27	1.11	0.08	31.24	30.62	28.46
08:55	24.41	0.55	0.43	35.47	1.20	0.09	31.67	31.08	28.66
09:00	24.55	0.53	0.42	35.38	1.26	0.10	32.32	31.79	28.88
09:05	24.41	0.54	0.43	35.32	1.30	0.09	32.55	31.96	28.68
09:10	24.40	0.55	0.43	36.13	1.56	0.13	34.14	33.00	29.58
09:15	24.41	0.55	0.42	36.14	1.71	0.16	36.79	35.36	30.87
09:20	24.44	0.52	0.41	35.79	1.60	0.15	37.25	36.29	29.86
09:25	24.40	0.55	0.43	35.96	1.64	0.14	37.86	36.27	31.26
09:30	24.39	0.56	0.44	35.92	1.68	0.14	38.43	36.95	31.34
09:35	24.45	0.53	0.41	36.28	2.00	0.19	41.29	39.46	33.73
09:40	24.36	0.56	0.43	36.23	2.19	0.21	43.82	41.52	33.89
09:45	24.43	0.54	0.42	35.80	2.12	0.20	45.34	43.60	33.99
09:50	24.56	0.54	0.43	35.57	2.06	0.18	44.93	44.31	31.63
09:55	24.30	0.54	0.43	35.35	2.19	0.19	45.39	44.15	33.13
10:00	24.44	0.55	0.44	35.26	2.12	0.12	43.49	42.25	33.08
10:05	24.48	0.55	0.44	35.13	2.09	0.10	42.10	41.23	32.91

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.33	0.54	0.43	35.59	2.25	0.12	41.66	40.56	33.36
10:15	24.46	0.56	0.44	35.43	2.19	0.12	40.99	39.90	33.52
10:20	24.49	0.55	0.44	35.44	2.18	0.09	40.10	39.12	32.68
10:25	24.35	0.56	0.43	36.21	2.55	0.15	41.80	39.79	35.04
10:30	24.44	0.53	0.41	36.08	2.60	0.17	43.26	41.98	35.33
10:35	24.48	0.56	0.44	35.74	2.61	0.20	45.79	44.85	36.29
10:40	24.32	0.54	0.42	35.36	2.46	0.15	46.36	45.67	34.89
10:45	24.47	0.55	0.43	35.58	2.52	0.13	45.12	44.43	33.47
10:50	24.48	0.53	0.41	35.88	2.96	0.17	46.99	44.98	35.38
10:55	24.36	0.54	0.42	35.83	6.40	0.22	48.57	47.19	36.51
11:00	24.46	0.53	0.42	35.64	5.68	0.18	48.74	47.51	36.12
11:05	24.51	0.53	0.42	35.57	5.88	0.16	47.78	48.07	34.56
11:10	24.35	0.54	0.42	35.59	6.13	0.17	49.14	47.67	36.12
11:15	24.44	0.54	0.42	35.99	7.58	0.26	52.08	49.44	37.70
11:20	24.46	0.53	0.41	35.82	11.56	0.26	54.12	52.93	36.60
11:25	24.31	0.57	0.44	35.42	8.49	0.28	58.10	54.65	39.80
11:30	24.39	0.57	0.45	35.31	11.31	0.27	56.59	56.71	39.01
11:35	24.50	0.54	0.43	35.23	11.22	0.28	59.33	57.94	40.82
11:40	24.37	0.54	0.43	35.11	11.19	0.33	61.16	60.34	37.75
11:45	24.39	0.58	0.46	35.18	11.29	0.22	60.74	58.74	39.06
11:50	24.46	0.54	0.43	35.14	11.07	0.28	61.04	60.16	37.51
11:55	24.40	0.55	0.44	35.05	10.63	0.30	61.78	61.22	37.54
12:00	24.44	0.54	0.43	35.01	9.62	0.23	60.85	59.30	36.55
12:05	24.44	0.54	0.43	35.05	7.34	0.16	57.08	56.66	36.42
12:10	24.43	0.55	0.43	35.77	10.36	0.24	55.73	53.49	37.62
12:15	24.49	0.54	0.42	35.50	11.16	0.32	58.59	56.23	38.12

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.37	0.53	0.42	35.18	11.37	0.39	60.23	59.44	39.49
12:25	24.44	0.54	0.43	34.99	11.27	0.45	61.17	61.80	37.76
12:30	24.47	0.53	0.43	34.71	10.37	0.40	63.76	62.16	39.36
12:35	24.34	0.54	0.43	35.00	11.14	0.43	62.85	61.63	39.48
12:40	24.41	0.56	0.44	34.97	11.17	0.46	63.37	60.59	39.01
12:45	24.48	0.53	0.42	34.80	10.73	0.57	64.39	64.22	40.44
12:50	24.42	0.56	0.45	34.70	10.10	0.54	64.64	63.76	41.95
12:55	24.45	0.54	0.43	34.86	10.53	0.58	63.18	61.97	43.54
13:00	24.34	0.55	0.44	34.70	10.13	0.65	64.33	64.27	41.72
13:05	24.38	0.60	0.48	34.35	7.36	0.43	62.85	61.98	40.36
13:10	24.42	0.57	0.45	34.71	6.88	0.33	59.13	58.98	39.52
13:15	24.44	0.55	0.43	35.17	8.65	0.50	57.86	57.79	40.72
13:20	24.43	0.53	0.42	35.12	9.44	0.60	59.03	57.89	41.47
13:25	24.45	0.54	0.43	35.02	10.31	0.69	61.41	61.79	40.33
13:30	24.42	0.56	0.44	34.90	10.20	0.64	62.59	61.80	41.37
13:35	24.46	0.53	0.42	34.78	9.67	0.68	62.64	63.79	39.93
13:40	24.55	0.52	0.42	34.77	1.83	0.58	61.91	63.43	40.33
13:45	24.41	0.56	0.44	34.77	1.75	0.46	62.71	61.77	41.13
13:50	24.43	0.55	0.43	34.91	1.75	0.27	59.98	61.00	38.71
13:55	24.49	0.52	0.42	34.94	1.66	0.03	58.98	57.39	39.18
14:00	24.43	0.55	0.44	34.96	1.73	0.08	58.70	57.85	38.69
14:05	24.52	0.53	0.43	34.69	1.67	0.10	59.16	54.81	36.73
14:10	24.36	0.53	0.43	34.52	1.70	0.10	59.20	49.88	36.15
14:15	24.45	0.54	0.43	34.23	1.51	0.06	56.75	46.20	35.71
14:20	24.45	0.54	0.44	33.56	1.29	0.01	53.62	42.82	35.15
14:25	24.44	0.54	0.43	34.30	1.57	0.09	48.43	41.41	35.41

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.42	0.55	0.45	33.77	1.44	0.07	45.58	40.22	35.91
14:35	24.42	0.56	0.45	34.04	1.50	0.08	42.24	38.92	34.98
14:40	24.42	0.56	0.45	33.93	1.39	0.09	40.30	38.43	34.71
14:45	24.43	0.54	0.44	33.66	1.32	0.09	39.79	38.52	35.44
14:50	24.45	0.52	0.43	34.05	1.37	0.11	39.27	38.19	35.49
14:55	24.42	0.55	0.45	34.13	1.45	0.11	38.91	38.02	35.41
15:00	24.43	0.55	0.45	33.98	1.39	0.09	38.42	37.74	35.76
15:05	24.44	0.54	0.44	33.96	1.39	0.08	37.98	37.51	35.49
15:10	24.43	0.54	0.44	33.82	1.30	0.09	37.77	37.24	35.36
15:15	24.43	0.55	0.46	33.26	1.18	0.07	37.54	37.36	35.18
15:20	24.37	0.53	0.44	33.50	1.24	0.07	37.54	37.27	35.47
15:25	24.43	0.54	0.45	33.31	1.21	0.07	37.17	36.99	34.99
15:30	24.46	0.53	0.43	33.53	1.22	0.08	37.16	36.80	35.35
15:35	24.39	0.56	0.47	33.38	1.19	0.09	37.08	36.73	35.28
15:40	24.44	0.53	0.45	32.85	1.04	0.07	36.93	36.58	35.41
15:45	24.46	0.52	0.44	32.78	0.97	0.07	36.66	36.45	35.20
15:50	24.34	0.53	0.46	31.75	0.88	0.07	36.37	36.24	35.22
15:55	24.94	0.05	0.06	34.31	0.74	0.04	36.09	36.81	34.90
16:00	24.82	0.18	0.16	33.85	0.74	0.04	35.81	36.56	35.04
16:05	24.79	0.19	0.17	33.76	0.72	0.04	35.60	35.98	34.81
16:10	24.90	0.18	0.16	33.84	0.71	0.04	35.42	35.62	35.02
16:15	24.65	0.19	0.17	33.61	0.66	0.04	35.22	35.33	34.88
16:20	24.82	0.18	0.17	33.46	0.63	0.03	34.94	35.05	34.51
16:25	24.84	0.17	0.16	33.36	0.60	0.03	34.70	34.84	34.55
16:30	24.78	0.19	0.18	33.12	0.58	0.03	34.51	34.66	34.55
16:35	24.79	0.19	0.17	33.09	0.56	0.04	34.38	34.55	34.62

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	24.80	0.17	0.16	32.95	0.52	0.02	34.10	34.30	33.91
16:45	24.82	0.19	0.17	32.67	0.49	0.02	33.80	34.04	33.92
16:50	24.80	0.18	0.17	32.38	0.46	0.01	33.52	33.76	33.88
16:55	24.70	0.18	0.17	32.25	0.45	0.02	33.24	33.54	33.78
17:00	24.89	0.18	0.17	32.16	0.43	0.01	33.01	33.31	33.36
17:05	24.84	0.17	0.17	32.17	0.41	0.01	32.87	33.13	33.51
17:10	24.66	0.19	0.18	31.42	0.38	0.02	32.76	33.00	33.64
17:15	24.84	0.18	0.18	30.65	0.35	0.00	32.47	32.76	33.24
17:20	22.08	0.16	0.19	23.24	0.32	0.02	32.39	32.73	33.58
17:25	23.44	0.01	0.04	33.06	0.29	0.02	32.35	32.90	33.49
17:30	24.20	0.01	0.04	32.83	0.26	0.01	32.23	32.64	33.21
17:35	25.06	-0.01	0.01	33.00	0.24	0.00	32.01	32.38	33.24
17:40	23.93	-0.01	0.02	32.70	0.21	0.01	31.83	32.21	33.15
17:45	24.84	-0.01	0.01	32.59	0.19	0.00	31.62	31.97	33.04
17:50	24.21	0.01	0.04	31.85	0.16	0.00	31.40	31.73	32.68
17:55	25.01	0.00	0.03	31.62	0.14	-0.01	31.14	31.49	32.64
18:00	24.99	0.00	0.03	31.22	0.12	-0.01	30.89	31.28	32.69
18:05	24.98	0.00	0.03	30.54	0.10	-0.01	30.58	31.02	32.08
18:10	24.97	0.00	0.03	28.61	0.06	-0.01	30.41	30.80	32.08
18:15	22.35	0.00	0.04	22.49	0.05	-0.02	30.07	30.43	31.68

ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 30° (13 กุมภาพันธ์ 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.69	0.00	0.00	1.63	-0.02	0.00	22.21	22.49	24.27
05:55	-0.70	0.00	0.00	1.49	-0.01	0.00	22.35	22.52	24.47
06:00	-0.70	0.00	0.00	1.49	-0.02	0.00	22.29	22.52	24.31
06:05	-0.70	0.00	0.00	1.51	-0.01	0.00	22.30	22.51	24.32
06:10	-0.73	0.00	0.00	1.54	-0.01	0.00	22.34	22.56	24.23
06:15	-0.72	0.00	0.00	1.60	-0.01	0.00	22.27	22.48	24.19
06:20	-0.72	0.00	0.00	1.71	-0.01	0.00	22.23	22.43	24.17
06:25	-0.72	0.00	0.00	2.32	-0.01	0.00	22.24	22.52	24.22
06:30	-0.72	0.00	0.00	2.41	-0.01	0.00	22.29	22.44	24.14
06:35	-0.73	0.00	0.00	2.61	-0.01	0.00	22.21	22.42	24.07
06:40	-0.74	0.00	0.01	2.78	0.00	0.01	22.27	22.52	24.31
06:45	-0.73	0.00	0.02	5.14	0.01	0.01	22.36	22.65	24.35
06:50	-0.72	0.00	0.01	30.45	0.03	0.00	22.40	22.65	24.29
06:55	-0.80	0.00	0.03	29.37	0.05	0.01	22.49	22.76	24.38
07:00	-0.80	0.00	0.03	31.45	0.08	0.01	22.61	22.88	24.40
07:05	-0.81	0.00	0.03	32.46	0.12	0.01	22.70	23.04	24.43
07:10	-0.82	0.00	0.03	33.13	0.15	0.01	22.86	23.18	24.45
07:15	-0.81	0.00	0.03	33.63	0.19	0.02	23.10	23.41	24.57
07:20	-0.80	0.00	0.03	34.00	0.24	0.02	23.33	23.62	24.64
07:25	-0.80	0.00	0.03	34.27	0.28	0.03	23.62	23.89	24.80
07:30	-0.81	0.00	0.03	34.39	0.30	0.03	23.89	24.16	24.98
07:35	-0.81	0.00	0.03	34.64	0.35	0.04	24.22	24.44	25.11
07:40	-0.81	0.00	0.03	34.93	0.43	0.05	24.65	24.79	25.37
07:45	-0.81	0.00	0.03	35.11	0.49	0.05	25.08	25.18	25.52
07:50	-0.80	0.00	0.03	35.25	0.56	0.06	25.52	25.58	25.79
07:55	-0.81	0.00	0.03	35.36	0.62	0.06	25.97	26.05	26.05

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	24.94	0.18	0.16	34.91	0.70	0.07	26.30	26.30	26.06
08:05	24.79	0.18	0.16	35.14	0.78	0.07	26.60	26.64	26.15
08:10	19.56	0.51	0.54	20.54	0.84	0.07	26.81	26.81	26.29
08:15	24.34	0.60	0.51	33.76	0.90	0.07	27.06	27.02	27.70
08:20	24.40	0.57	0.45	35.47	0.95	0.09	29.10	27.93	28.34
08:25	24.38	0.56	0.44	35.69	1.02	0.10	30.23	28.94	28.25
08:30	24.38	0.58	0.46	35.80	1.05	0.10	31.80	30.02	28.35
08:35	24.35	0.55	0.43	36.01	1.12	0.12	33.70	31.42	29.87
08:40	24.40	0.55	0.43	36.01	1.16	0.13	34.89	32.96	29.32
08:45	24.35	0.59	0.46	36.14	1.21	0.11	34.75	33.40	28.71
08:50	24.46	0.57	0.45	36.20	1.24	0.12	36.26	34.81	29.70
08:55	24.29	0.56	0.43	36.26	1.27	0.14	37.46	36.20	30.80
09:00	24.35	0.59	0.46	36.22	1.33	0.13	37.97	36.32	30.40
09:05	24.41	0.55	0.42	36.24	1.41	0.16	39.12	37.85	31.09
09:10	24.45	0.53	0.42	36.18	1.48	0.17	40.67	39.62	31.58
09:15	24.27	0.57	0.44	36.11	1.49	0.17	41.23	40.66	31.50
09:20	24.41	0.55	0.43	36.11	1.54	0.16	42.68	41.79	31.98
09:25	24.41	0.54	0.42	35.96	1.54	0.20	45.12	43.78	33.82
09:30	24.44	0.53	0.42	35.94	1.59	0.16	45.61	43.88	33.97
09:35	24.42	0.54	0.43	35.92	1.68	0.18	46.35	45.58	34.50
09:40	24.40	0.56	0.44	35.90	1.67	0.17	46.88	46.06	32.67
09:45	24.47	0.55	0.44	35.31	1.64	0.15	46.49	44.03	32.56
09:50	24.32	0.55	0.43	35.54	1.61	0.13	47.37	43.77	32.05
09:55	24.41	0.56	0.44	35.61	1.64	0.14	47.77	44.20	31.93
10:00	24.42	0.54	0.42	35.68	1.63	0.16	48.47	45.76	33.80
10:05	24.44	0.53	0.42	35.71	1.73	0.17	49.97	45.60	34.24

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.42	0.54	0.43	35.62	1.76	0.18	47.48	45.25	34.58
10:15	24.43	0.54	0.43	35.64	1.78	0.17	46.88	45.85	35.23
10:20	24.44	0.54	0.42	35.59	1.80	0.17	47.86	47.78	34.75
10:25	24.42	0.54	0.43	35.53	1.82	0.18	51.31	48.08	36.93
10:30	24.44	0.53	0.42	35.57	1.87	0.17	50.02	49.90	35.81
10:35	24.44	0.54	0.43	35.55	1.82	0.19	49.76	50.49	35.23
10:40	24.39	0.55	0.43	35.52	1.86	0.20	52.85	53.16	35.67
10:45	24.43	0.55	0.43	35.57	1.90	0.18	54.35	51.54	35.65
10:50	24.44	0.54	0.43	35.57	1.94	0.19	51.79	52.84	36.99
10:55	24.40	0.55	0.44	35.52	6.31	0.22	54.68	53.50	37.12
11:00	24.44	0.53	0.43	35.36	7.71	0.21	56.27	55.31	37.76
11:05	24.45	0.52	0.42	35.38	9.21	0.22	57.51	55.86	37.96
11:10	24.43	0.54	0.43	35.27	8.78	0.25	57.86	56.37	38.32
11:15	24.48	0.54	0.43	35.35	7.04	0.13	55.17	52.33	37.05
11:20	24.33	0.54	0.43	35.31	9.00	0.21	55.80	55.94	37.71
11:25	24.44	0.54	0.43	35.28	8.92	0.27	58.66	56.54	38.14
11:30	24.49	0.53	0.42	35.19	9.52	0.24	59.12	57.20	40.68
11:35	24.39	0.55	0.44	35.05	9.30	0.29	60.95	59.10	39.44
11:40	24.44	0.54	0.43	35.19	9.86	0.28	59.01	59.01	40.21
11:45	24.44	0.55	0.43	35.22	10.30	0.24	59.42	59.16	37.46
11:50	24.40	0.55	0.44	35.15	10.26	0.29	60.88	59.66	39.25
11:55	24.43	0.54	0.43	34.93	9.52	0.34	62.08	61.47	42.19
12:00	24.37	0.54	0.43	34.91	9.38	0.26	61.90	60.31	41.06
12:05	24.44	0.53	0.43	34.90	9.52	0.33	61.60	60.98	41.24
12:10	24.49	0.55	0.44	34.96	9.95	0.33	62.20	59.59	42.73
12:15	24.37	0.53	0.43	34.81	10.02	0.44	63.68	62.87	42.20

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.44	0.54	0.43	34.91	10.51	0.44	62.29	62.26	41.73
12:25	24.47	0.53	0.43	34.72	9.90	0.46	63.77	63.72	41.57
12:30	24.43	0.54	0.44	34.83	10.08	0.40	63.53	60.52	42.01
12:35	24.50	0.54	0.44	34.66	9.12	0.45	61.55	62.23	39.23
12:40	24.32	0.56	0.44	34.95	9.50	0.46	61.15	59.47	38.04
12:45	24.42	0.56	0.44	35.08	10.34	0.55	61.29	59.47	40.43
12:50	24.50	0.53	0.43	34.98	10.01	0.67	62.48	62.01	41.10
12:55	24.43	0.55	0.44	34.77	9.20	0.68	62.88	61.88	40.97
13:00	24.44	0.54	0.44	34.75	9.09	0.72	63.21	62.66	42.92
13:05	24.43	0.53	0.44	34.27	7.07	0.52	62.01	61.17	40.81
13:10	24.45	0.54	0.47	32.38	1.58	-0.04	52.93	54.68	36.67
13:15	24.46	0.53	0.41	36.09	10.10	0.83	53.61	53.39	40.50
13:20	24.42	0.55	0.43	35.34	10.77	0.96	58.26	58.77	42.56
13:25	24.39	0.59	0.47	34.92	11.43	1.01	62.81	63.18	43.29
13:30	24.39	0.59	0.48	34.63	11.57	0.99	67.00	65.89	46.04
13:35	24.45	0.53	0.43	34.52	8.77	0.65	63.46	63.96	40.65
13:40	24.44	0.54	0.44	34.68	2.33	0.69	63.24	64.09	42.03
13:45	24.44	0.54	0.43	34.69	2.36	0.59	63.98	63.68	41.93
13:50	24.35	0.54	0.43	34.73	2.35	0.20	63.08	63.04	41.78
13:55	24.44	0.54	0.43	34.88	2.28	0.01	61.18	59.16	44.05
14:00	24.51	0.52	0.42	34.65	2.27	0.08	61.98	60.75	38.03
14:05	24.44	0.54	0.46	33.42	2.05	-0.08	52.44	52.42	36.89
14:10	24.47	0.55	0.44	35.03	1.95	-0.04	47.19	46.81	36.47
14:15	24.46	0.52	0.43	34.38	1.82	0.01	46.81	44.20	36.93
14:20	24.44	0.54	0.45	33.92	1.71	-0.01	46.19	42.22	36.05
14:25	24.42	0.55	0.44	34.84	1.87	0.11	43.66	40.82	36.14

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.48	0.53	0.43	34.52	1.80	0.15	43.66	40.95	36.86
14:35	24.42	0.55	0.45	34.45	1.84	0.13	42.53	40.50	35.98
14:40	24.46	0.54	0.43	34.68	1.97	0.17	41.76	40.37	36.51
14:45	24.49	0.52	0.43	34.39	1.74	0.14	41.29	40.31	35.63
14:50	24.39	0.56	0.46	34.26	1.57	0.13	40.45	39.34	35.96
14:55	24.44	0.54	0.44	34.45	1.66	0.14	40.16	39.40	35.86
15:00	24.47	0.54	0.43	34.67	1.87	0.15	40.21	39.43	36.06
15:05	24.39	0.55	0.45	34.50	1.81	0.15	40.03	39.51	36.00
15:10	24.43	0.54	0.44	34.15	1.58	0.12	39.86	39.48	36.37
15:15	24.45	0.54	0.44	33.89	1.45	0.12	39.80	39.37	36.30
15:20	24.42	0.55	0.46	33.21	1.21	0.08	39.34	39.15	35.71
15:25	24.45	0.53	0.45	33.43	1.18	0.08	38.79	38.59	35.77
15:30	24.44	0.53	0.45	33.40	1.20	0.06	38.14	37.95	35.30
15:35	24.42	0.56	0.47	32.80	1.11	0.04	37.44	37.35	34.94
15:40	24.49	0.54	0.46	32.66	1.03	0.04	36.95	36.88	34.78
15:45	24.33	0.55	0.46	33.09	1.02	0.06	36.80	36.76	35.04
15:50	24.38	0.55	0.48	31.98	0.91	0.06	36.78	36.57	34.91
15:55	24.58	0.54	0.47	32.28	0.90	0.07	36.70	36.40	35.13
16:00	24.32	0.57	0.50	31.82	0.91	0.07	36.43	36.26	35.16
16:05	19.84	0.47	0.48	20.78	0.81	0.06	36.07	36.33	34.69
16:10	17.27	0.39	0.44	21.40	0.74	0.05	35.82	37.51	34.81
16:15	20.30	0.48	0.48	21.42	0.80	0.06	35.54	37.65	34.59
16:20	20.46	0.05	0.07	34.23	0.71	0.05	35.48	38.18	34.92
16:25	24.94	0.05	0.06	34.17	0.64	0.05	35.40	37.52	34.88
16:30	16.09	0.38	0.37	22.26	0.61	0.04	35.25	36.79	34.69
16:35	24.81	0.19	0.18	33.28	0.58	0.04	35.09	36.16	34.77

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	24.79	0.19	0.18	33.07	0.55	0.04	34.99	35.55	35.02
16:45	24.80	0.18	0.17	32.98	0.53	0.03	34.80	35.18	34.73
16:50	24.81	0.19	0.18	32.59	0.48	0.03	34.63	34.91	34.79
16:55	24.89	0.17	0.17	32.50	0.45	0.03	34.45	34.68	34.66
17:00	24.70	0.19	0.18	32.16	0.44	0.03	34.25	34.46	34.51
17:05	24.74	0.19	0.18	31.93	0.42	0.03	34.08	34.26	34.58
17:10	24.82	0.17	0.17	31.82	0.39	0.02	33.90	34.08	34.29
17:15	24.68	0.19	0.19	30.84	0.36	0.01	33.65	33.85	34.25
17:20	24.92	0.18	0.19	29.48	0.33	0.01	33.45	33.66	33.98
17:25	19.76	0.15	0.18	20.77	0.30	0.01	33.25	33.77	34.16
17:30	17.85	0.14	0.17	18.62	0.27	0.01	33.07	33.74	33.99
17:35	23.58	0.01	0.04	32.65	0.25	0.00	32.83	33.46	33.76
17:40	23.70	-0.01	0.02	32.69	0.23	0.00	32.58	33.10	33.54
17:45	24.38	0.01	0.04	32.24	0.20	0.00	32.37	32.79	33.55
17:50	25.01	0.01	0.03	31.99	0.17	0.00	32.07	32.48	33.29
17:55	25.18	0.00	0.02	32.10	0.14	-0.01	31.73	32.15	32.99
18:00	24.98	0.00	0.03	31.13	0.12	-0.01	31.48	31.89	32.98
18:05	24.98	0.00	0.03	30.40	0.09	-0.02	31.05	31.49	32.57
18:10	24.98	0.00	0.03	29.05	0.07	-0.02	30.80	31.17	32.34
18:15	19.76	0.00	0.04	19.89	0.04	-0.03	30.44	30.85	31.93

ตารางที่ ข-4 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 30° (18 กุมภาพันธ์ 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.57	0.00	0.00	1.62	-0.01	0.00	25.85	25.98	27.01
05:55	-0.53	0.00	0.00	1.52	-0.01	0.00	26.15	26.23	27.06
06:00	-0.56	0.00	0.00	1.51	-0.01	0.00	26.41	26.50	27.15
06:05	-0.57	0.00	0.00	1.51	-0.01	0.00	26.59	26.70	27.10
06:10	-0.58	0.00	0.00	1.53	0.00	-0.02	26.48	26.53	26.48
06:15	-0.56	0.00	0.00	1.56	-0.01	-0.02	26.39	26.44	26.41
06:20	-0.58	0.00	0.00	1.65	-0.01	-0.02	26.23	26.33	26.20
06:25	-0.57	0.00	0.00	1.85	-0.01	-0.02	26.16	26.24	26.16
06:30	-0.57	0.00	0.00	2.36	-0.01	-0.01	26.15	26.25	26.29
06:35	-0.57	0.00	0.00	2.41	0.00	-0.01	26.15	26.22	26.27
06:40	-0.58	0.00	0.00	2.55	0.00	-0.01	26.15	26.22	26.27
06:45	-0.58	0.00	0.00	2.66	0.00	0.00	26.21	26.26	26.39
06:50	-0.60	0.00	0.01	2.83	0.01	0.00	26.24	26.30	26.36
06:55	-0.59	0.00	0.02	5.65	0.02	0.00	26.31	26.37	26.42
07:00	-0.60	0.00	0.02	15.83	0.04	0.00	26.36	26.44	26.50
07:05	-0.64	0.00	0.03	17.86	0.05	0.01	26.41	26.48	26.61
07:10	-0.57	0.00	0.01	29.23	0.03	0.01	26.49	26.56	26.68
07:15	-0.64	0.00	0.01	30.14	0.04	-0.01	26.29	26.24	26.13
07:20	-0.70	0.00	0.03	30.52	0.10	0.00	26.25	26.20	26.15
07:25	-0.73	0.00	0.03	32.13	0.16	0.00	26.21	26.21	26.04
07:30	-0.73	0.00	0.03	32.70	0.19	0.00	26.24	26.24	26.06
07:35	-0.72	0.00	0.03	32.88	0.21	0.00	26.25	26.24	25.97
07:40	-0.72	0.00	0.03	32.27	0.16	0.01	26.27	26.29	26.12
07:45	-0.72	0.00	0.03	32.76	0.20	0.01	26.22	26.22	25.90
07:50	-0.71	0.00	0.03	33.52	0.29	0.02	26.35	26.37	26.10
07:55	-0.72	0.00	0.03	33.03	0.23	0.01	26.41	26.44	25.91

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	-0.72	0.00	0.03	33.41	0.29	0.02	26.47	26.49	26.17
08:05	24.37	-0.01	0.02	33.72	0.27	0.02	26.54	26.52	26.14
08:10	23.57	0.00	0.03	34.23	0.41	0.03	26.74	26.69	26.21
08:15	23.94	-0.01	0.02	34.64	0.46	0.04	27.16	27.00	26.49
08:20	24.69	0.01	0.03	34.38	0.38	0.04	27.49	27.38	26.77
08:25	24.95	0.18	0.17	32.66	0.35	0.04	27.70	27.51	26.80
08:30	24.79	0.18	0.17	33.19	0.42	0.04	27.75	27.59	26.48
08:35	24.81	0.19	0.18	34.12	0.62	0.06	27.94	27.78	27.13
08:40	24.76	0.19	0.20	30.08	0.35	0.05	28.04	27.96	27.22
08:45	24.95	0.18	0.17	33.89	0.59	0.06	28.21	28.14	27.33
08:50	24.77	0.18	0.16	35.52	1.13	0.09	29.15	28.67	27.98
08:55	24.08	0.56	0.52	30.17	0.88	0.09	29.97	29.48	28.36
09:00	24.78	0.18	0.18	33.01	0.50	0.07	29.60	29.71	27.86
09:05	24.80	0.17	0.16	36.18	1.23	0.09	30.50	29.73	28.33
09:10	24.80	0.18	0.16	36.64	2.53	0.22	33.07	31.91	29.96
09:15	24.79	0.18	0.16	36.33	2.84	0.24	35.25	34.30	30.89
09:20	24.79	0.17	0.15	36.28	2.43	0.21	35.60	35.06	30.56
09:25	24.79	0.19	0.16	36.28	3.25	0.27	38.23	37.24	32.15
09:30	24.80	0.18	0.17	35.13	1.76	0.16	37.93	37.75	31.01
09:35	24.90	0.17	0.16	35.57	2.12	0.16	37.46	36.86	31.01
09:40	24.79	0.19	0.17	35.82	2.32	0.18	37.27	36.52	30.60
09:45	24.79	0.19	0.16	36.34	3.20	0.26	39.75	37.93	32.51
09:50	24.89	0.17	0.16	35.74	2.67	0.20	39.37	38.57	30.90
09:55	24.79	0.19	0.17	35.37	2.01	0.13	38.31	37.64	30.58
10:00	24.80	0.18	0.16	35.94	2.24	0.15	37.79	36.57	30.43
10:05	24.38	0.59	0.46	36.48	3.51	0.31	42.07	38.89	33.87

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.40	0.56	0.45	35.11	2.90	0.24	42.94	40.53	32.19
10:15	24.42	0.55	0.44	35.49	3.06	0.20	41.40	40.29	31.07
10:20	24.42	0.56	0.45	35.58	3.19	0.19	41.37	39.97	32.28
10:25	24.38	0.58	0.46	36.14	3.22	0.22	43.59	40.34	31.80
10:30	24.41	0.54	0.43	35.53	3.14	0.26	44.30	43.33	32.68
10:35	24.34	0.54	0.44	34.95	2.01	0.14	41.48	41.45	30.91
10:40	24.41	0.55	0.45	34.86	2.23	0.13	40.42	39.86	30.76
10:45	24.53	0.55	0.44	35.79	3.53	0.19	41.15	39.85	32.02
10:50	24.34	0.54	0.43	36.22	5.00	0.30	42.88	41.10	34.16
10:55	24.38	0.58	0.47	35.27	3.76	0.28	45.66	43.53	35.16
11:00	24.49	0.53	0.45	33.58	1.64	0.09	41.16	40.34	32.21
11:05	24.34	0.57	0.47	34.04	1.70	0.08	37.85	38.33	31.56
11:10	24.45	0.53	0.43	34.51	1.99	0.15	37.03	38.00	31.41
11:15	24.44	0.53	0.42	36.09	3.56	0.23	38.31	37.54	32.96
11:20	24.41	0.55	0.44	35.66	4.87	0.32	43.85	43.44	34.17
11:25	24.43	0.55	0.46	33.88	1.87	0.13	41.84	41.86	33.17
11:30	24.44	0.53	0.46	32.62	1.23	0.06	38.30	39.26	30.93
11:35	24.42	0.54	0.47	32.44	1.14	0.04	36.23	37.19	30.94
11:40	24.44	0.53	0.45	33.81	1.35	0.04	35.04	35.76	30.98
11:45	24.32	0.54	0.43	35.00	1.93	0.09	35.17	35.42	31.08
11:50	24.44	0.53	0.42	35.86	3.25	0.20	37.47	36.79	31.66
11:55	24.47	0.52	0.43	34.56	1.93	0.15	37.43	37.78	31.30
12:00	24.41	0.55	0.46	34.08	1.62	0.10	37.00	36.75	31.83
12:05	24.43	0.54	0.46	33.15	1.26	0.07	35.48	35.96	30.87
12:10	24.43	0.54	0.46	33.35	1.20	0.08	34.98	35.28	30.94
12:15	24.42	0.54	0.45	33.79	1.38	0.06	34.33	34.65	30.99

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.43	0.53	0.45	33.70	1.32	0.07	34.14	34.40	30.95
12:25	24.34	0.54	0.46	32.87	1.17	0.07	33.93	34.11	30.96
12:30	24.46	0.56	0.50	31.84	1.04	0.06	33.31	33.76	30.47
12:35	24.45	0.53	0.45	33.09	1.10	0.07	33.15	33.44	30.54
12:40	24.41	0.54	0.46	33.76	1.21	0.06	33.07	33.11	30.39
12:45	24.42	0.56	0.45	34.95	1.74	0.11	33.88	33.66	30.86
12:50	24.45	0.53	0.42	35.77	2.54	0.18	35.62	34.85	31.25
12:55	24.42	0.54	0.43	35.82	3.04	0.23	37.77	36.67	32.28
13:00	24.44	0.53	0.41	36.37	4.93	0.42	40.34	38.46	33.08
13:05	24.45	0.52	0.41	36.03	5.46	0.51	44.67	43.33	34.40
13:10	24.42	0.54	0.43	35.30	3.72	0.33	45.29	44.22	33.30
13:15	24.44	0.53	0.43	35.51	4.39	0.35	46.27	45.08	33.90
13:20	24.40	0.55	0.43	35.72	4.91	0.41	46.27	45.25	33.40
13:25	24.47	0.54	0.43	35.45	4.01	0.31	45.28	44.58	34.49
13:30	24.53	0.54	0.43	35.87	5.73	0.53	47.81	46.30	36.03
13:35	24.31	0.55	0.43	35.38	3.95	0.37	47.96	46.50	34.77
13:40	24.46	0.53	0.42	35.81	3.93	0.61	49.21	48.39	34.89
13:45	24.51	0.53	0.43	34.96	3.23	0.22	48.61	45.69	35.33
13:50	24.40	0.54	0.43	35.95	2.89	0.50	51.04	49.91	37.91
13:55	24.40	0.56	0.45	35.21	2.52	0.25	52.11	50.21	35.35
14:00	24.47	0.53	0.42	35.52	2.65	0.24	50.77	49.58	35.01
14:05	24.38	0.54	0.43	35.23	2.55	0.22	51.80	48.21	33.73
14:10	24.44	0.54	0.44	34.93	3.04	0.30	52.40	46.42	34.85
14:15	24.49	0.53	0.42	35.14	2.69	0.28	54.11	45.11	34.40
14:20	24.40	0.54	0.44	34.87	2.37	0.29	54.49	43.82	35.28
14:25	24.44	0.54	0.44	34.89	2.49	0.25	52.85	42.57	34.87

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.46	0.53	0.43	34.69	2.09	0.23	50.95	41.65	34.04
14:35	24.44	0.54	0.44	34.78	2.14	0.21	50.22	40.92	34.70
14:40	24.43	0.54	0.44	35.06	2.46	0.26	47.30	40.92	34.96
14:45	24.33	0.53	0.43	34.83	2.32	0.19	45.31	41.12	34.37
14:50	24.43	0.55	0.44	34.80	2.24	0.20	43.70	41.18	35.12
14:55	24.49	0.55	0.44	35.35	3.04	0.31	43.86	41.77	35.66
15:00	24.40	0.56	0.44	35.06	2.68	0.21	43.80	42.22	35.56
15:05	24.43	0.54	0.43	35.04	2.59	0.21	43.48	41.23	35.23
15:10	24.44	0.54	0.44	34.94	2.54	0.23	43.16	42.15	35.11
15:15	24.42	0.56	0.45	34.77	2.26	0.18	42.47	41.26	35.27
15:20	24.52	0.52	0.43	34.59	2.01	0.18	41.70	41.37	34.74
15:25	24.42	0.54	0.44	34.38	1.77	0.17	41.17	40.38	35.17
15:30	24.44	0.54	0.45	33.46	1.26	0.08	39.65	38.69	34.09
15:35	24.44	0.53	0.45	33.55	1.20	0.09	38.61	38.46	34.35
15:40	24.44	0.54	0.46	33.23	1.10	0.07	38.15	37.87	34.29
15:45	24.48	0.54	0.46	33.13	1.04	0.04	36.95	36.63	33.74
15:50	24.43	0.54	0.45	33.87	1.24	0.07	36.51	36.39	33.96
15:55	24.44	0.54	0.45	33.65	1.18	0.07	36.48	36.25	33.35
16:00	24.46	0.52	0.43	34.09	1.32	0.10	36.77	36.35	33.62
16:05	24.44	0.54	0.45	33.70	1.26	0.09	36.76	36.34	33.50
16:10	24.43	0.54	0.45	33.75	1.24	0.11	36.79	36.56	34.53
16:15	24.33	0.54	0.46	33.45	1.16	0.11	37.12	36.68	34.62
16:20	24.43	0.54	0.46	32.47	0.94	0.09	36.57	36.42	34.04
16:25	24.95	0.05	0.06	34.62	0.82	0.07	36.11	36.05	33.99
16:30	18.78	0.40	0.46	21.93	0.78	0.06	35.69	37.05	33.75
16:35	24.21	0.01	0.04	34.39	0.72	0.05	35.25	37.33	33.44

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	16.42	0.41	0.40	23.63	0.68	0.04	34.78	36.64	33.42
16:45	24.93	0.06	0.08	34.21	0.65	0.04	34.45	35.97	33.16
16:50	24.79	0.19	0.18	33.27	0.59	0.03	34.28	35.31	33.17
16:55	24.81	0.18	0.16	33.58	0.63	0.04	34.06	34.62	33.04
17:00	24.78	0.19	0.18	33.18	0.57	0.04	33.92	34.29	33.04
17:05	24.94	0.18	0.17	33.45	0.61	0.04	33.83	34.05	33.16
17:10	24.70	0.19	0.18	33.04	0.54	0.04	33.64	33.90	32.90
17:15	24.80	0.19	0.18	32.61	0.49	0.02	33.28	33.57	32.41
17:20	24.87	0.17	0.17	31.66	0.41	0.02	33.00	33.24	32.52
17:25	20.42	0.14	0.18	21.33	0.30	0.01	32.60	33.04	32.45
17:30	23.57	0.00	0.03	32.58	0.24	0.00	32.29	32.76	32.28
17:35	23.32	0.01	0.03	31.81	0.19	0.00	32.14	32.51	32.22
17:40	24.98	0.00	0.03	31.36	0.16	0.00	32.04	32.35	31.96
17:45	24.98	0.00	0.03	30.21	0.10	-0.01	31.86	32.16	31.96
17:50	24.99	0.00	0.03	30.05	0.08	-0.01	31.77	32.02	31.92
17:55	24.99	0.00	0.03	30.32	0.09	-0.02	31.56	31.80	31.64
18:00	24.98	0.00	0.03	30.54	0.10	-0.02	31.32	31.59	31.47
18:05	24.98	0.00	0.03	30.41	0.10	-0.01	31.06	31.36	31.44
18:10	24.98	0.00	0.03	30.85	0.11	-0.01	30.78	31.12	31.24
18:15	24.98	0.00	0.03	29.54	0.08	-0.02	30.44	30.80	30.93

ตารางที่ ข-5 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 30° (21 กุมภาพันธ์ 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.59	0.00	0.00	1.65	-0.01	0.00	25.25	25.36	26.78
05:55	-0.57	0.00	0.00	1.64	-0.01	0.00	25.33	25.46	26.80
06:00	-0.59	0.00	0.00	1.82	-0.01	0.00	25.39	25.49	26.86
06:05	-0.59	0.00	0.00	2.39	-0.01	0.00	25.38	25.53	26.78
06:10	-0.59	0.00	0.00	2.57	-0.01	0.00	25.41	25.54	26.89
06:15	-0.63	0.00	0.01	2.76	0.00	0.00	25.44	25.61	26.82
06:20	-0.61	0.00	0.01	3.87	0.01	0.00	25.44	25.64	26.83
06:25	-0.68	0.00	0.03	21.80	0.04	0.01	25.54	25.74	26.93
06:30	-0.69	0.00	0.03	31.27	0.08	0.01	25.62	25.82	26.95
06:35	-0.68	0.00	0.03	32.27	0.13	0.02	25.74	25.96	27.00
06:40	-0.69	0.00	0.03	33.12	0.18	0.02	25.90	26.16	27.18
06:45	-0.70	0.00	0.03	33.55	0.22	0.03	26.10	26.38	27.22
06:50	-0.69	0.00	0.03	33.85	0.26	0.03	26.29	26.64	27.35
06:55	-0.70	0.00	0.03	34.09	0.31	0.04	26.48	26.90	27.43
07:00	-0.70	0.00	0.03	34.35	0.37	0.04	26.78	27.18	27.57
07:05	-0.70	0.00	0.03	34.74	0.46	0.05	27.14	27.51	27.78
07:10	-0.71	0.00	0.03	34.97	0.53	0.06	27.61	27.94	28.04
07:15	-0.70	0.00	0.03	35.08	0.57	0.07	28.11	28.35	28.13
07:20	-0.71	0.00	0.03	35.25	0.64	0.08	28.63	28.69	28.28
07:25	-0.69	0.00	0.03	35.21	0.64	0.08	29.12	29.17	28.64
07:30	-0.69	0.00	0.03	35.33	0.69	0.09	29.49	29.40	28.59
07:35	-0.71	0.00	0.03	35.36	0.70	0.08	29.76	29.75	28.69
07:40	-0.70	0.00	0.03	35.54	0.79	0.09	30.08	29.86	28.80
07:45	-0.71	0.00	0.03	35.63	0.85	0.09	30.48	30.32	28.95
07:50	-0.69	0.00	0.03	35.68	0.89	0.10	31.13	30.97	29.68
07:55	-0.71	0.00	0.03	35.96	0.97	0.11	32.38	31.29	29.80

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	-0.69	0.00	0.03	36.11	1.02	0.13	33.48	32.03	31.08
08:05	24.37	0.59	0.45	35.40	1.12	0.14	35.04	32.80	31.55
08:10	24.53	0.55	0.42	35.61	1.19	0.15	36.08	33.46	31.77
08:15	24.35	0.55	0.42	35.61	1.24	0.17	37.16	35.06	32.11
08:20	24.40	0.56	0.42	35.69	1.33	0.16	38.07	36.61	32.36
08:25	24.39	0.56	0.42	35.80	1.43	0.19	39.54	38.33	32.81
08:30	24.42	0.54	0.40	35.84	1.51	0.21	40.94	39.97	34.16
08:35	24.39	0.56	0.43	35.80	1.59	0.20	42.19	41.04	34.64
08:40	24.38	0.57	0.43	35.71	1.66	0.21	42.16	42.35	32.13
08:45	24.43	0.53	0.40	35.84	1.74	0.22	43.13	42.91	33.32
08:50	24.40	0.56	0.42	35.84	1.89	0.21	43.71	43.79	33.57
08:55	24.40	0.55	0.41	35.73	1.99	0.24	46.01	45.46	35.57
09:00	24.42	0.55	0.42	35.68	2.08	0.26	47.68	46.51	35.03
09:05	24.41	0.55	0.41	35.56	2.15	0.21	47.07	46.30	35.92
09:10	24.50	0.53	0.40	35.76	2.48	0.25	47.64	47.26	34.82
09:15	24.33	0.56	0.42	35.76	2.62	0.25	49.33	47.80	35.11
09:20	24.40	0.57	0.43	35.40	2.46	0.21	46.98	47.21	33.76
09:25	24.48	0.54	0.41	35.64	2.55	0.24	47.53	47.76	34.07
09:30	24.32	0.56	0.42	35.58	2.46	0.19	47.34	46.89	33.72
09:35	24.40	0.56	0.42	35.53	2.31	0.18	46.17	45.89	34.31
09:40	24.49	0.57	0.44	35.49	2.32	0.15	44.59	43.99	33.17
09:45	24.30	0.58	0.43	35.91	2.58	0.18	43.36	42.58	33.56
09:50	24.33	0.60	0.45	35.97	2.51	0.18	42.17	41.32	33.83
09:55	24.38	0.58	0.43	36.05	2.85	0.28	45.06	44.82	34.91
10:00	24.40	0.56	0.42	36.04	2.91	0.30	46.63	45.37	35.15
10:05	24.40	0.55	0.41	35.89	2.85	0.30	47.98	47.29	35.55

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.37	0.58	0.45	35.03	2.58	0.18	47.02	46.92	33.91
10:15	24.42	0.57	0.43	35.44	2.72	0.23	47.73	47.52	34.55
10:20	24.34	0.58	0.44	35.68	2.94	0.20	46.81	46.26	34.92
10:25	24.41	0.55	0.41	36.01	4.23	0.36	47.66	48.01	36.25
10:30	24.47	0.56	0.42	36.19	7.31	0.34	47.76	46.92	34.99
10:35	24.34	0.55	0.42	35.90	7.99	0.40	51.07	50.93	37.09
10:40	24.45	0.55	0.42	35.66	8.36	0.41	53.43	52.28	37.33
10:45	24.38	0.58	0.45	34.86	2.68	0.15	47.53	47.02	34.11
10:50	24.40	0.57	0.42	36.25	7.03	0.38	48.67	47.71	36.27
10:55	24.38	0.56	0.43	35.53	6.05	0.34	49.51	48.77	35.38
11:00	24.37	0.59	0.45	35.41	4.18	0.20	46.51	45.73	34.21
11:05	24.40	0.57	0.44	34.80	2.50	0.14	43.55	44.42	33.57
11:10	24.33	0.59	0.44	35.44	3.02	0.15	41.20	41.26	33.27
11:15	24.37	0.58	0.44	35.73	3.50	0.21	40.75	40.97	33.58
11:20	24.49	0.58	0.43	35.82	3.76	0.23	41.04	41.31	33.35
11:25	24.39	0.56	0.42	35.64	3.50	0.23	42.00	41.53	33.96
11:30	24.35	0.60	0.45	35.70	3.53	0.21	40.85	40.44	33.31
11:35	24.37	0.60	0.45	35.75	3.23	0.19	39.53	39.22	33.02
11:40	24.44	0.56	0.42	35.79	3.28	0.22	39.77	39.54	33.20
11:45	24.34	0.56	0.42	35.71	3.22	0.24	40.47	40.08	33.96
11:50	24.37	0.58	0.45	35.13	2.41	0.19	39.73	39.90	33.06
11:55	24.38	0.59	0.45	35.14	2.16	0.14	38.16	38.22	32.68
12:00	24.42	0.55	0.42	35.39	2.24	0.17	37.31	37.15	32.69
12:05	24.41	0.55	0.42	35.49	2.36	0.20	37.75	37.73	33.47
12:10	24.39	0.57	0.43	35.82	2.92	0.23	38.07	37.61	33.01
12:15	24.45	0.57	0.43	35.87	3.30	0.27	38.98	38.54	33.26

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.31	0.57	0.43	35.95	3.61	0.30	40.01	39.50	33.78
12:25	24.36	0.59	0.44	36.04	4.25	0.35	40.83	40.53	33.43
12:30	24.42	0.57	0.43	35.94	4.24	0.35	42.16	41.51	33.88
12:35	24.39	0.57	0.43	35.57	3.47	0.29	42.54	41.74	33.65
12:40	24.37	0.58	0.43	35.91	4.05	0.33	42.18	41.41	33.91
12:45	24.40	0.58	0.44	35.71	3.59	0.31	41.83	41.70	33.92
12:50	24.44	0.53	0.40	35.70	3.43	0.30	42.04	41.61	34.82
12:55	24.36	0.58	0.43	35.98	4.37	0.38	42.12	42.15	34.09
13:00	24.40	0.56	0.42	36.33	6.16	0.60	44.21	43.67	35.60
13:05	24.43	0.54	0.42	34.46	2.24	0.21	44.46	44.72	34.59
13:10	24.39	0.57	0.44	34.42	1.88	0.15	41.72	42.84	33.85
13:15	24.44	0.54	0.42	34.87	2.12	0.18	40.17	41.18	33.56
13:20	24.40	0.56	0.45	33.81	1.31	0.05	38.05	39.21	32.36
13:25	24.39	0.57	0.44	34.88	1.82	0.08	36.82	38.10	32.61
13:30	24.45	0.54	0.42	35.13	1.96	0.12	37.31	37.99	33.45
13:35	24.30	0.57	0.44	34.80	1.86	0.10	36.67	37.35	32.45
13:40	24.43	0.55	0.43	34.80	1.80	0.11	36.73	37.36	32.79
13:45	24.52	0.54	0.42	34.89	1.79	0.11	36.60	37.14	32.49
13:50	24.36	0.55	0.43	34.86	1.77	0.13	36.92	37.30	32.95
13:55	24.42	0.55	0.42	35.34	2.27	0.17	37.61	37.74	33.53
14:00	24.43	0.54	0.41	35.46	2.40	0.19	38.05	38.23	33.50
14:05	24.40	0.56	0.42	35.66	2.82	0.21	39.97	38.87	33.81
14:10	24.42	0.55	0.42	35.42	2.60	0.24	40.56	39.96	34.15
14:15	24.43	0.54	0.41	35.18	2.37	0.21	40.81	39.98	34.01
14:20	24.38	0.58	0.45	35.11	2.31	0.16	40.22	39.49	32.75
14:25	24.47	0.54	0.42	34.94	2.10	0.16	39.78	39.36	33.59

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.29	0.55	0.42	34.86	2.02	0.15	39.37	39.21	33.65
14:35	24.46	0.55	0.42	34.87	1.96	0.16	39.23	38.98	33.95
14:40	24.49	0.54	0.41	35.18	2.30	0.20	39.57	39.41	34.25
14:45	24.31	0.56	0.43	35.00	2.14	0.14	38.62	38.85	33.35
14:50	24.42	0.55	0.43	34.64	1.80	0.14	39.00	39.03	33.39
14:55	24.43	0.54	0.43	34.21	1.41	0.12	37.98	38.44	33.08
15:00	24.40	0.56	0.44	34.20	1.29	0.08	37.75	37.62	33.40
15:05	24.41	0.55	0.44	33.15	1.08	0.07	37.10	37.31	33.21
15:10	24.43	0.54	0.43	33.83	1.19	0.07	36.42	36.56	32.79
15:15	24.38	0.58	0.45	34.37	1.48	0.09	35.99	36.27	32.84
15:20	24.41	0.56	0.44	34.39	1.53	0.11	36.27	36.37	33.08
15:25	24.38	0.58	0.47	33.54	1.24	0.07	35.28	35.63	32.19
15:30	24.39	0.57	0.46	33.43	1.16	0.06	34.85	35.11	32.09
15:35	24.42	0.55	0.45	32.98	0.98	0.08	34.77	35.03	32.88
15:40	24.42	0.54	0.44	33.65	1.07	0.08	34.80	34.86	32.94
15:45	24.42	0.55	0.44	33.50	1.06	0.09	34.88	34.96	32.80
15:50	24.47	0.54	0.43	34.54	1.40	0.11	35.42	35.16	32.61
15:55	24.29	0.55	0.42	34.69	1.49	0.13	36.07	35.70	33.04
16:00	24.41	0.55	0.43	34.39	1.46	0.14	36.53	36.15	33.46
16:05	24.41	0.55	0.44	34.08	1.32	0.12	35.89	35.86	33.20
16:10	24.39	0.56	0.44	33.81	1.23	0.09	35.59	35.75	32.64
16:15	24.40	0.55	0.44	33.71	1.17	0.09	35.43	35.50	32.67
16:20	24.41	0.55	0.44	33.27	1.09	0.07	34.88	34.98	32.30
16:25	24.39	0.57	0.45	33.50	1.11	0.08	34.76	34.91	32.87
16:30	24.39	0.56	0.46	33.07	1.01	0.08	34.67	34.86	32.73
16:35	24.43	0.56	0.47	32.06	0.91	0.05	33.86	34.26	31.97

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	16.01	0.40	0.44	19.97	0.75	0.05	33.26	35.02	31.93
16:45	24.78	0.19	0.17	33.49	0.65	0.05	32.91	34.83	31.96
16:50	24.79	0.18	0.16	32.59	0.48	0.01	32.36	33.50	31.27
16:55	24.78	0.19	0.18	31.79	0.38	0.02	32.00	32.79	31.55
17:00	23.55	0.01	0.03	33.82	0.38	0.00	31.70	32.23	31.07
17:05	23.54	0.00	0.03	34.05	0.42	0.02	31.55	31.89	31.14
17:10	24.26	0.01	0.04	34.01	0.44	0.02	31.41	31.69	31.09
17:15	24.46	0.01	0.04	33.91	0.43	0.02	31.41	31.63	31.22
17:20	25.12	0.00	0.03	34.09	0.43	0.02	31.43	31.64	31.12
17:25	24.03	-0.01	0.02	34.04	0.41	0.03	31.50	31.70	31.21
17:30	24.45	-0.01	0.02	33.98	0.42	0.03	31.50	31.73	31.37
17:35	25.03	-0.01	0.01	33.68	0.37	0.02	31.43	31.69	31.19
17:40	23.88	0.01	0.04	32.43	0.22	0.00	31.02	31.41	30.86
17:45	24.97	0.00	0.03	31.33	0.14	0.00	30.64	31.06	30.91
17:50	-0.02	0.00	0.03	10.49	0.04	-0.02	30.05	30.55	30.50
17:55	-0.35	0.00	0.02	6.50	0.02	-0.02	29.66	30.14	30.58
18:00	-0.62	0.00	0.01	3.82	0.01	-0.02	29.37	29.83	30.43
18:05	-0.69	0.00	0.01	2.72	0.00	-0.02	29.12	29.56	30.14
18:10	-0.63	0.00	0.00	2.57	-0.01	-0.02	28.87	29.30	30.21
18:15	-0.63	0.00	0.00	2.43	-0.01	-0.02	28.70	29.12	29.97

ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีน้ำเงิน ที่มุมเอียง 15° (11 มีนาคม 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.75	0.00	0.00	1.68	-0.01	0.00	28.13	28.15	29.00
05:55	-0.74	0.00	0.00	1.51	-0.01	-0.01	28.13	28.13	28.96
06:00	-0.77	0.00	0.00	1.58	-0.01	-0.01	28.15	28.17	29.01
06:05	-0.77	0.00	0.00	1.71	-0.01	0.00	28.18	28.21	29.02
06:10	-0.78	0.00	0.00	2.36	-0.01	-0.01	28.23	28.22	29.05
06:15	-0.79	0.00	0.00	2.43	-0.01	0.00	28.28	28.25	29.08
06:20	-0.79	0.00	0.00	2.66	0.00	-0.01	28.25	28.25	29.11
06:25	-0.80	0.00	0.01	2.80	0.01	0.00	28.21	28.25	29.01
06:30	-0.80	0.00	0.01	4.52	0.01	0.00	28.17	28.22	28.95
06:35	-0.80	0.00	0.02	21.87	0.03	0.00	28.23	28.26	29.02
06:40	-0.88	0.00	0.03	22.60	0.05	0.01	28.46	28.35	29.11
06:45	-0.87	0.00	0.03	29.99	0.08	0.01	28.46	28.47	29.06
06:50	-0.87	0.00	0.03	31.71	0.14	0.01	28.63	28.61	29.19
06:55	-0.88	0.00	0.03	32.58	0.19	0.02	28.80	28.79	29.43
07:00	-0.87	0.00	0.03	33.56	0.32	0.03	29.12	29.05	29.48
07:05	-0.88	0.00	0.03	33.85	0.37	0.04	29.38	29.41	29.75
07:10	-0.88	0.00	0.03	34.14	0.43	0.04	29.62	29.68	29.93
07:15	-0.87	0.00	0.03	34.74	0.60	0.06	30.05	30.12	30.28
07:20	-0.88	0.00	0.03	34.82	0.61	0.06	30.48	30.57	30.47
07:25	24.61	0.19	0.17	34.34	0.66	0.06	30.85	30.90	30.47
07:30	24.81	0.19	0.16	34.40	0.68	0.07	31.21	31.26	31.09
07:35	24.79	0.19	0.16	34.32	0.67	0.07	31.44	31.49	30.95
07:40	24.81	0.17	0.15	34.33	0.75	0.08	31.44	31.72	31.00
07:45	24.79	0.19	0.17	34.30	0.77	0.08	31.69	32.01	31.36
07:50	24.80	0.19	0.17	34.42	0.83	0.09	31.90	32.17	31.31
07:55	24.83	0.17	0.15	34.61	0.89	0.09	32.16	32.56	31.63

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	24.79	0.19	0.16	34.69	0.94	0.09	32.42	32.71	32.17
08:05	24.41	0.56	0.45	33.66	0.97	0.10	32.68	34.20	33.68
08:10	24.43	0.53	0.42	34.54	1.01	0.11	34.79	36.41	36.12
08:15	24.43	0.53	0.41	34.99	1.05	0.13	36.78	37.93	35.72
08:20	24.57	0.52	0.41	35.22	1.11	0.13	37.19	39.65	36.64
08:25	24.35	0.53	0.41	35.38	1.19	0.16	39.53	40.96	37.68
08:30	24.44	0.53	0.41	35.41	1.25	0.15	40.85	42.27	38.13
08:35	24.46	0.52	0.40	35.45	1.29	0.15	41.49	43.35	37.65
08:40	24.43	0.53	0.41	35.17	1.33	0.15	41.67	43.24	36.52
08:45	24.44	0.54	0.42	34.61	1.59	0.09	40.92	42.15	35.16
08:50	24.32	0.54	0.41	35.11	2.00	0.11	40.69	41.47	35.11
08:55	24.44	0.53	0.42	34.74	1.84	0.09	39.45	40.89	34.76
09:00	24.52	0.52	0.40	34.91	1.95	0.10	39.35	40.27	34.74
09:05	24.43	0.54	0.42	34.52	1.81	0.09	39.02	39.58	33.92
09:10	24.44	0.53	0.42	34.23	1.86	0.09	37.87	38.68	33.65
09:15	24.46	0.52	0.41	34.58	1.99	0.13	38.04	38.76	34.24
09:20	24.44	0.53	0.42	34.22	1.70	0.11	37.65	38.17	33.49
09:25	24.47	0.52	0.42	33.98	1.52	0.09	37.50	37.88	33.31
09:30	24.35	0.53	0.42	34.13	1.56	0.09	37.15	37.62	33.35
09:35	24.45	0.53	0.42	34.43	1.73	0.10	37.19	37.62	33.72
09:40	24.56	0.52	0.41	34.88	2.11	0.13	37.92	38.15	34.34
09:45	24.37	0.54	0.41	35.20	2.53	0.15	38.10	37.90	34.32
09:50	24.44	0.54	0.42	35.20	2.73	0.18	38.99	39.21	34.71
09:55	24.44	0.54	0.42	35.03	2.53	0.16	38.50	38.68	33.88
10:00	24.44	0.53	0.41	35.23	2.81	0.19	39.67	39.99	35.48
10:05	24.45	0.53	0.41	35.20	2.89	0.19	40.40	40.42	35.05

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.34	0.53	0.41	35.20	2.92	0.21	40.01	41.02	35.63
10:15	24.45	0.53	0.40	35.48	3.67	0.25	41.26	42.15	35.45
10:20	24.46	0.53	0.40	35.65	4.48	0.25	43.04	43.29	35.83
10:25	24.43	0.54	0.41	35.53	4.59	0.27	42.93	44.31	36.09
10:30	24.42	0.56	0.42	35.65	5.83	0.29	45.29	46.56	38.16
10:35	24.40	0.52	0.40	35.35	5.00	0.27	45.18	47.23	37.91
10:40	24.45	0.53	0.41	35.40	6.03	0.26	47.78	49.25	38.40
10:45	24.49	0.52	0.40	35.42	8.09	0.24	48.14	51.16	38.83
10:50	24.42	0.55	0.42	35.44	10.67	0.26	52.07	55.21	41.86
10:55	24.45	0.53	0.41	35.22	10.40	0.29	53.94	56.82	41.70
11:00	24.46	0.52	0.40	35.26	7.97	0.26	52.54	54.59	39.11
11:05	24.42	0.56	0.43	35.20	10.87	0.23	53.41	55.77	37.96
11:10	24.56	0.52	0.40	35.02	8.88	0.29	54.68	59.90	42.44
11:15	24.42	0.53	0.41	35.05	10.78	0.34	55.66	58.74	41.63
11:20	24.45	0.54	0.42	35.09	11.08	0.34	54.54	57.79	39.48
11:25	24.48	0.52	0.41	34.97	11.13	0.37	57.71	57.72	41.22
11:30	24.42	0.56	0.43	34.90	10.39	0.27	55.23	57.63	38.95
11:35	24.57	0.52	0.41	34.99	11.10	0.35	55.42	60.21	42.33
11:40	24.37	0.54	0.42	34.93	11.27	0.36	55.10	59.75	41.40
11:45	24.43	0.55	0.43	34.90	11.15	0.34	57.02	59.49	41.17
11:50	24.48	0.52	0.41	34.74	11.19	0.40	59.15	62.75	41.13
11:55	24.45	0.54	0.42	34.85	11.09	0.34	56.71	57.96	41.41
12:00	24.52	0.53	0.41	34.73	10.60	0.42	57.22	61.29	41.35
12:05	24.40	0.55	0.43	34.89	11.50	0.41	54.92	58.88	39.78
12:10	24.44	0.55	0.43	34.77	11.40	0.47	58.39	62.21	42.14
12:15	24.45	0.54	0.42	34.71	10.08	0.41	55.81	59.96	40.38

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.49	0.53	0.42	34.52	6.09	0.30	53.54	57.53	38.90
12:25	24.44	0.55	0.44	33.40	3.17	0.09	50.94	54.38	37.73
12:30	24.40	0.55	0.42	35.18	10.94	0.63	57.34	57.87	42.14
12:35	24.45	0.53	0.41	34.94	11.68	0.74	56.49	60.71	42.30
12:40	24.40	0.54	0.43	34.01	5.51	0.32	55.08	60.93	39.97
12:45	24.46	0.53	0.44	33.20	2.22	0.07	49.74	52.98	36.84
12:50	24.47	0.52	0.42	33.85	2.26	0.01	45.04	46.52	36.77
12:55	24.46	0.53	0.40	36.43	9.80	0.87	48.29	47.10	39.71
13:00	24.50	0.52	0.40	35.68	10.79	1.16	53.85	54.83	41.52
13:05	24.39	0.55	0.42	35.26	10.17	1.06	51.93	54.73	39.81
13:10	24.46	0.53	0.41	35.02	9.06	0.99	54.36	55.82	40.65
13:15	24.47	0.52	0.41	34.88	8.69	1.00	54.31	56.56	40.68
13:20	24.45	0.53	0.41	34.79	8.53	1.01	56.15	58.29	41.37
13:25	24.47	0.53	0.42	33.92	2.73	0.06	47.52	49.09	37.61
13:30	24.45	0.54	0.41	36.17	10.21	1.24	49.28	49.94	39.74
13:35	24.45	0.54	0.41	35.22	9.97	1.29	55.49	58.43	43.11
13:40	24.42	0.54	0.44	33.32	2.93	0.16	49.71	56.08	38.38
13:45	24.46	0.53	0.43	33.99	2.65	0.09	46.43	50.02	37.98
13:50	24.47	0.52	0.40	35.44	5.85	0.69	45.13	48.44	39.20
13:55	24.46	0.53	0.42	34.94	3.82	0.29	45.87	48.39	37.51
14:00	24.53	0.52	0.40	35.49	3.44	0.94	50.68	52.49	39.69
14:05	24.40	0.55	0.44	34.09	3.05	0.09	46.96	49.82	36.90
14:10	24.46	0.53	0.42	34.51	2.90	0.13	46.15	48.16	37.98
14:15	24.48	0.52	0.41	34.43	2.55	0.09	45.21	46.95	37.97
14:20	24.45	0.55	0.42	35.13	2.69	0.13	42.52	43.74	36.34
14:25	24.55	0.54	0.41	35.22	2.62	0.23	50.84	46.64	38.06

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.43	0.56	0.44	34.57	2.15	0.15	48.20	45.73	38.13
14:35	24.46	0.53	0.42	34.57	2.07	0.18	47.36	44.35	37.33
14:40	24.45	0.53	0.42	34.20	1.73	0.14	44.05	43.02	36.61
14:45	24.47	0.53	0.42	34.17	1.64	0.13	42.96	42.26	36.91
14:50	24.46	0.53	0.42	33.98	1.51	0.14	42.60	41.88	37.46
14:55	24.45	0.53	0.43	33.85	1.43	0.14	41.94	41.51	37.47
15:00	24.45	0.53	0.43	33.79	1.34	0.13	41.17	41.17	37.64
15:05	24.41	0.53	0.42	33.64	1.26	0.12	40.62	40.92	37.81
15:10	24.44	0.54	0.44	33.56	1.24	0.08	40.33	40.27	36.92
15:15	24.47	0.51	0.41	33.65	1.29	0.09	39.97	39.97	37.14
15:20	24.45	0.53	0.43	33.68	1.39	0.09	40.06	39.92	36.91
15:25	24.51	0.54	0.43	34.09	1.58	0.10	39.81	39.90	37.01
15:30	24.44	0.54	0.43	34.06	1.56	0.13	40.44	40.25	37.60
15:35	24.45	0.53	0.42	33.94	1.53	0.12	39.70	40.20	36.92
15:40	24.47	0.51	0.41	34.12	1.69	0.11	39.80	40.17	37.08
15:45	24.46	0.52	0.43	33.28	1.30	0.09	39.82	40.24	36.86
15:50	24.45	0.54	0.44	33.51	1.31	0.10	39.66	39.86	36.75
15:55	24.45	0.53	0.43	33.76	1.43	0.09	39.06	39.43	35.83
16:00	24.46	0.52	0.42	33.88	1.52	0.10	39.19	39.39	36.44
16:05	24.42	0.54	0.43	33.95	1.56	0.12	39.46	39.63	37.22
16:10	24.45	0.53	0.42	34.06	1.62	0.12	39.13	39.65	36.49
16:15	24.46	0.53	0.43	33.49	1.40	0.09	39.23	39.38	36.60
16:20	24.45	0.53	0.43	33.43	1.34	0.10	39.05	39.67	36.91
16:25	24.49	0.51	0.42	33.18	1.20	0.10	38.77	39.50	36.76
16:30	24.45	0.54	0.44	33.24	1.27	0.09	38.27	39.09	36.24
16:35	24.45	0.53	0.44	33.09	1.22	0.08	38.38	38.78	36.28

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	24.37	0.53	0.45	31.64	0.97	0.06	38.00	38.42	36.42
16:45	24.67	0.01	0.03	33.94	0.69	0.03	37.37	38.78	35.97
16:50	23.90	-0.01	0.02	33.86	0.59	0.02	36.80	37.66	35.70
16:55	23.54	0.00	0.03	33.77	0.56	0.02	36.51	37.09	35.70
17:00	24.89	0.01	0.03	33.69	0.53	0.02	36.27	36.86	35.53
17:05	23.95	-0.01	0.02	33.74	0.51	0.02	36.08	36.45	35.54
17:10	23.89	0.01	0.04	33.58	0.49	0.02	35.82	36.30	35.17
17:15	25.16	0.00	0.02	33.65	0.47	0.02	35.63	36.04	35.07
17:20	23.79	0.01	0.04	33.27	0.42	0.01	35.24	35.74	34.88
17:25	25.15	0.00	0.02	33.38	0.40	0.01	35.08	35.48	34.89
17:30	24.74	0.01	0.03	32.89	0.34	0.01	34.84	35.28	34.75
17:35	23.37	0.01	0.03	32.48	0.28	0.00	34.63	35.06	34.77
17:40	24.25	0.01	0.04	32.18	0.24	0.00	34.39	34.78	34.46
17:45	24.23	-0.01	0.02	32.38	0.22	-0.01	34.13	34.50	34.39
17:50	25.00	0.00	0.03	31.31	0.15	-0.01	33.84	34.24	34.08
17:55	24.99	0.00	0.03	30.65	0.13	-0.01	33.57	33.97	34.01
18:00	24.99	0.00	0.03	29.93	0.10	-0.01	33.44	33.80	34.05
18:05	24.99	0.00	0.03	28.79	0.08	-0.02	33.19	33.50	33.62
18:10	22.07	0.00	0.03	22.21	0.05	-0.02	33.13	33.28	33.61
18:15	-0.44	0.00	0.02	10.43	0.03	-0.02	32.84	33.09	33.46

ตารางที่ ข-7 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีเทา ที่มุมเอียง 15° (12 มีนาคม 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.74	0.00	0.00	1.68	-0.01	-0.01	27.61	27.62	28.40
05:55	-0.74	0.00	0.00	1.50	-0.01	-0.03	27.25	27.30	27.42
06:00	-0.75	0.00	0.00	1.61	-0.01	-0.04	26.84	26.91	27.22
06:05	-0.76	0.00	0.00	1.78	-0.01	-0.04	26.55	26.63	26.94
06:10	-0.75	0.00	0.00	2.38	-0.01	-0.03	26.36	26.45	26.89
06:15	-0.76	0.00	0.00	2.46	-0.01	-0.03	26.15	26.26	26.81
06:20	-0.81	0.00	0.01	2.70	-0.01	-0.02	26.18	26.19	26.95
06:25	-0.77	0.00	0.01	2.83	0.01	-0.02	26.02	26.05	26.90
06:30	-0.78	0.00	0.01	29.40	0.02	-0.02	25.92	26.03	26.64
06:35	-0.85	0.00	0.04	23.81	0.05	-0.02	25.97	25.98	26.61
06:40	-0.87	0.00	0.03	29.94	0.07	-0.01	25.91	25.95	26.84
06:45	-0.86	0.00	0.03	30.34	0.08	-0.01	25.90	25.99	26.68
06:50	-0.87	0.00	0.03	31.80	0.12	0.00	25.98	25.98	26.71
06:55	-0.86	0.00	0.03	32.91	0.19	0.00	26.20	26.14	26.69
07:00	-0.86	0.00	0.03	33.58	0.25	0.01	26.36	26.26	26.97
07:05	-0.86	0.00	0.03	33.83	0.29	0.02	26.58	26.46	27.27
07:10	-0.86	0.00	0.03	34.10	0.34	0.02	26.88	26.70	27.15
07:15	-0.86	0.00	0.03	34.29	0.38	0.02	27.07	26.92	27.11
07:20	-0.86	0.00	0.03	34.45	0.42	0.02	27.13	27.08	27.13
07:25	-0.85	0.00	0.03	34.63	0.47	0.03	27.46	27.38	27.61
07:30	-0.85	0.00	0.03	34.79	0.54	0.04	27.76	27.70	27.88
07:35	24.78	0.18	0.17	34.07	0.61	0.04	28.03	27.96	27.65
07:40	24.60	0.20	0.17	34.18	0.73	0.06	28.45	28.35	28.52
07:45	24.79	0.19	0.17	33.39	0.49	0.03	28.35	28.36	27.96
07:50	24.77	0.19	0.17	34.96	0.95	0.05	28.91	28.68	28.34
07:55	24.36	0.59	0.47	34.02	1.29	0.08	29.53	29.19	28.70

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	24.33	0.58	0.45	35.16	1.70	0.12	31.08	30.39	29.79
08:05	24.38	0.57	0.43	35.58	1.93	0.16	32.66	33.65	33.79
08:10	24.44	0.56	0.43	35.65	1.94	0.16	34.67	36.34	33.92
08:15	24.33	0.55	0.43	34.76	1.21	0.13	36.28	38.51	34.66
08:20	24.40	0.56	0.43	35.33	1.19	0.11	34.65	37.84	35.00
08:25	24.41	0.55	0.42	35.51	1.20	0.12	37.36	38.64	34.17
08:30	24.40	0.56	0.43	35.50	1.21	0.12	39.03	40.32	35.68
08:35	24.41	0.55	0.42	35.71	1.39	0.12	39.03	41.17	34.51
08:40	24.42	0.54	0.41	35.89	1.36	0.11	38.56	39.83	34.47
08:45	24.40	0.56	0.41	36.03	1.50	0.14	42.43	42.92	38.54
08:50	24.43	0.54	0.41	35.83	1.45	0.15	44.59	45.51	39.54
08:55	24.32	0.57	0.42	35.75	1.40	0.14	45.36	46.45	39.15
09:00	24.41	0.56	0.42	35.71	1.55	0.15	46.58	48.29	40.63
09:05	24.43	0.54	0.41	35.69	1.47	0.14	46.74	48.53	40.14
09:10	24.40	0.57	0.42	35.63	6.98	0.13	47.58	49.34	40.70
09:15	24.42	0.55	0.41	35.69	7.58	0.13	47.14	49.60	39.03
09:20	24.41	0.56	0.42	35.60	8.09	0.10	49.16	50.53	40.01
09:25	24.38	0.55	0.45	32.88	2.40	0.07	48.34	52.41	39.82
09:30	24.47	0.55	0.41	35.63	8.74	0.14	48.41	52.25	39.50
09:35	24.36	0.58	0.44	35.10	8.70	0.11	49.80	50.01	38.90
09:40	24.38	0.59	0.45	35.25	8.20	0.13	51.90	47.64	39.72
09:45	24.43	0.54	0.41	35.29	4.24	0.11	48.41	49.37	37.84
09:50	24.42	0.56	0.42	35.30	6.98	0.13	52.31	53.10	39.82
09:55	24.42	0.55	0.44	35.26	6.98	0.15	53.73	54.98	42.39
10:00	24.37	0.55	0.45	35.29	7.32	0.15	53.70	52.33	40.00
10:05	24.43	0.55	0.47	34.52	4.18	0.05	49.10	49.64	37.60

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.48	0.54	0.47	34.58	3.36	0.01	45.14	46.92	37.72
10:15	24.39	0.57	0.51	33.51	1.87	-0.01	42.38	45.02	35.53
10:20	24.39	0.57	0.52	33.82	2.04	-0.01	41.35	43.84	35.15
10:25	24.41	0.57	0.47	35.98	7.83	0.13	45.42	48.12	38.96
10:30	24.41	0.57	0.52	32.78	1.71	0.05	44.67	49.44	36.50
10:35	24.47	0.55	0.45	36.21	10.98	0.14	49.02	46.73	40.95
10:40	24.42	0.56	0.46	36.08	8.69	0.17	48.45	48.56	39.68
10:45	24.41	0.57	0.50	33.68	2.91	0.09	49.00	52.33	38.72
10:50	24.41	0.55	0.49	33.42	1.92	-0.02	43.45	46.02	35.45
10:55	24.40	0.57	0.49	34.00	2.11	0.02	41.59	44.35	35.76
11:00	24.47	0.54	0.43	36.85	8.42	0.16	45.03	44.87	39.55
11:05	24.42	0.55	0.48	33.66	1.68	0.03	40.66	42.82	35.19
11:10	24.42	0.55	0.44	36.96	9.73	0.19	45.42	44.51	41.04
11:15	24.43	0.54	0.47	33.83	2.30	0.11	43.61	46.58	36.08
11:20	24.41	0.56	0.48	34.19	2.30	0.07	41.42	43.31	35.52
11:25	24.44	0.54	0.47	34.30	2.12	0.05	40.52	41.71	35.84
11:30	24.35	0.56	0.49	34.15	1.83	0.05	39.42	40.40	34.99
11:35	24.41	0.56	0.46	37.05	13.15	0.31	48.22	45.06	42.43
11:40	24.45	0.55	0.48	34.63	2.91	0.16	42.52	45.19	35.91
11:45	24.41	0.56	0.47	36.00	13.41	0.44	53.64	54.74	42.35
11:50	24.41	0.56	0.51	32.55	2.49	0.18	51.98	57.51	37.71
11:55	24.41	0.54	0.48	32.38	1.44	0.04	47.05	50.02	36.44
12:00	24.41	0.56	0.48	33.75	1.96	0.02	43.39	44.80	35.74
12:05	24.45	0.55	0.46	35.06	3.07	0.05	42.17	42.98	36.55
12:10	24.42	0.55	0.44	36.05	13.61	0.52	53.63	54.39	43.22
12:15	24.41	0.56	0.47	35.19	13.08	0.56	56.52	59.92	41.26

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.33	0.56	0.50	32.10	2.62	0.20	52.59	63.32	39.60
12:25	24.44	0.55	0.45	35.16	13.92	0.68	58.59	60.95	43.74
12:30	24.47	0.53	0.44	34.71	12.76	0.70	57.04	65.20	42.58
12:35	24.43	0.55	0.45	34.59	12.61	0.69	61.35	65.70	42.30
12:40	24.45	0.57	0.47	34.62	13.12	0.70	59.87	65.58	42.11
12:45	24.38	0.60	0.50	34.45	12.28	0.93	61.43	68.12	45.40
12:50	24.39	0.60	0.50	34.40	12.83	1.15	59.31	66.29	43.77
12:55	24.44	0.55	0.46	34.64	7.04	0.45	53.42	58.08	39.36
13:00	24.46	0.53	0.44	34.97	12.71	1.29	58.06	62.96	42.66
13:05	24.43	0.55	0.45	34.64	12.52	1.35	61.24	65.82	44.00
13:10	24.48	0.54	0.45	34.45	11.97	1.26	62.05	67.89	43.85
13:15	24.35	0.55	0.45	34.58	12.23	1.29	62.57	65.91	43.20
13:20	24.44	0.55	0.46	34.39	12.01	1.31	63.52	66.05	43.33
13:25	24.46	0.53	0.44	34.44	11.40	1.23	64.56	66.44	43.81
13:30	24.43	0.55	0.45	34.43	10.97	1.13	62.64	66.04	42.81
13:35	24.48	0.53	0.47	32.15	2.29	-0.04	53.73	62.03	39.00
13:40	24.39	0.55	0.43	35.77	12.10	1.14	53.82	56.64	42.05
13:45	24.45	0.54	0.44	35.05	2.92	0.94	56.77	59.79	41.54
13:50	24.46	0.53	0.42	35.46	7.19	1.20	55.43	57.72	42.82
13:55	24.42	0.55	0.45	34.25	2.54	0.61	54.92	59.64	40.92
14:00	24.48	0.53	0.44	34.37	3.07	0.69	53.48	58.39	40.62
14:05	24.39	0.55	0.47	32.55	1.84	-0.03	50.83	55.33	38.39
14:10	24.42	0.55	0.46	33.42	1.95	-0.01	47.42	50.72	37.61
14:15	24.45	0.53	0.45	33.27	1.82	-0.07	44.51	47.46	35.91
14:20	24.44	0.55	0.45	35.20	1.63	-0.01	41.31	44.38	36.70
14:25	24.49	0.55	0.44	35.30	1.60	0.03	43.82	43.96	37.15

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.30	0.54	0.44	34.90	1.41	0.09	48.01	42.96	37.41
14:35	24.44	0.54	0.44	34.72	1.61	0.10	46.49	41.25	36.30
14:40	24.45	0.54	0.45	34.03	1.40	0.13	43.97	41.24	37.55
14:45	24.43	0.55	0.46	33.89	1.33	0.09	41.30	39.83	36.65
14:50	24.45	0.53	0.45	33.45	1.37	0.13	41.09	40.11	37.18
14:55	24.35	0.55	0.47	33.27	1.26	0.11	39.51	39.40	36.73
15:00	24.40	0.54	0.48	32.05	0.99	0.09	39.38	39.31	36.51
15:05	24.46	0.53	0.48	31.48	0.89	0.06	38.68	38.37	36.77
15:10	24.94	0.06	0.08	34.20	0.88	0.05	37.38	38.12	35.26
15:15	16.88	0.51	0.54	18.63	0.89	0.06	37.82	40.49	36.85
15:20	24.33	0.54	0.49	31.30	0.93	0.06	37.84	38.95	36.54
15:25	17.25	0.45	0.53	22.07	0.89	0.02	36.47	38.80	35.29
15:30	19.66	0.42	0.44	19.88	0.73	0.02	36.60	40.07	35.77
15:35	24.92	0.06	0.08	34.00	0.69	0.04	36.51	39.62	35.83
15:40	24.98	0.05	0.07	33.99	0.71	0.03	36.03	38.43	35.30
15:45	17.52	0.32	0.37	20.39	0.62	0.04	36.32	38.27	35.91
15:50	23.35	0.06	0.07	33.90	0.65	0.04	36.22	37.82	35.37
15:55	22.88	0.03	0.05	33.70	0.58	0.02	35.79	36.98	35.04
16:00	20.68	0.03	0.05	33.53	0.52	0.02	35.38	36.60	34.93
16:05	25.02	0.05	0.07	33.34	0.49	0.02	35.51	36.41	35.27
16:10	17.37	0.32	0.29	18.98	0.48	0.01	35.18	36.00	34.91
16:15	24.11	0.02	0.05	33.41	0.48	0.04	35.49	36.16	35.75
16:20	24.95	0.05	0.07	33.27	0.46	0.03	35.34	35.95	35.28
16:25	17.67	0.26	0.25	17.09	0.41	0.02	35.22	35.87	35.22
16:30	25.09	0.06	0.08	31.49	0.27	0.00	34.81	35.38	34.82
16:35	24.94	0.05	0.07	32.16	0.29	0.01	34.53	34.94	34.90

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	16.61	0.15	0.19	16.72	0.30	0.00	34.25	34.62	34.35
16:45	24.92	0.06	0.08	33.07	0.35	0.01	34.27	34.60	34.43
16:50	24.94	0.05	0.07	33.99	0.53	0.04	34.50	34.82	34.46
16:55	19.89	0.57	0.43	26.41	0.70	0.06	34.81	35.75	34.78
17:00	18.42	0.36	0.43	21.22	0.73	0.05	34.83	36.19	34.71
17:05	24.94	0.05	0.07	33.89	0.66	0.03	34.80	35.49	34.57
17:10	18.10	0.32	0.32	17.17	0.55	0.01	34.50	34.96	34.25
17:15	23.04	0.03	0.06	33.32	0.45	0.01	34.12	34.75	34.00
17:20	24.93	0.05	0.07	33.02	0.38	0.01	34.06	34.53	34.11
17:25	16.79	0.19	0.20	16.86	0.31	0.00	33.81	34.15	33.88
17:30	22.35	0.05	0.07	31.58	0.22	-0.01	33.31	33.71	33.41
17:35	24.94	0.05	0.07	30.42	0.17	-0.02	33.06	33.31	33.46
17:40	-0.52	0.00	0.03	31.10	0.13	-0.02	32.78	33.00	33.14
17:45	-0.58	0.00	0.03	30.40	0.11	-0.02	32.49	32.71	32.87
17:50	-0.60	0.00	0.03	29.47	0.08	-0.02	32.29	32.44	32.70
17:55	-0.62	0.00	0.03	28.03	0.07	-0.02	32.00	32.19	32.52
18:00	-0.64	0.00	0.04	22.92	0.05	-0.02	31.82	31.97	32.46
18:05	-0.63	0.00	0.03	8.61	0.05	-0.02	31.70	31.75	32.20
18:10	-0.67	0.00	0.03	12.88	0.03	-0.02	31.50	31.57	32.15
18:15	-0.73	0.00	0.02	10.52	0.02	-0.02	31.24	31.32	31.98

ตารางที่ ข-8 ผลการทดสอบบนหลังคาเมทัลชีทสีซิงค์ ที่มุมเอียง 15° (19 มีนาคม 2568)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
05:50	-0.83	0.00	0.00	1.67	-0.01	0.00	24.95	24.80	26.13
05:55	-0.87	0.00	0.00	1.48	-0.01	-0.01	25.15	24.76	26.12
06:00	-0.86	0.00	0.00	1.54	-0.02	-0.01	25.12	24.77	26.06
06:05	-0.88	0.00	0.00	1.64	-0.01	-0.01	24.84	24.72	25.96
06:10	-0.87	0.00	0.00	1.73	-0.02	-0.01	25.09	24.76	26.10
06:15	-0.86	0.00	0.00	2.34	-0.01	-0.01	25.12	24.81	26.01
06:20	-0.86	0.00	0.00	2.41	-0.01	-0.01	24.87	24.61	25.82
06:25	-0.92	0.00	0.01	2.71	0.00	-0.01	24.66	24.60	25.89
06:30	-0.88	0.00	0.01	3.55	0.01	-0.01	24.81	24.62	25.87
06:35	-0.88	0.00	0.01	4.42	0.01	-0.01	24.68	24.54	25.63
06:40	-0.88	0.00	0.01	30.06	0.04	-0.01	24.60	24.49	25.80
06:45	-0.97	0.00	0.03	30.05	0.08	0.00	24.60	24.48	25.75
06:50	-0.97	0.00	0.03	31.90	0.14	0.00	24.82	24.53	25.79
06:55	-0.96	0.00	0.03	32.88	0.21	0.01	24.87	24.67	25.87
07:00	-0.97	0.00	0.03	33.38	0.26	0.01	25.10	24.83	25.95
07:05	-0.97	0.00	0.03	33.60	0.30	0.02	25.34	25.11	25.99
07:10	-0.96	0.00	0.03	34.15	0.41	0.03	25.54	25.34	26.05
07:15	-0.96	0.00	0.03	34.46	0.50	0.03	25.69	25.63	26.24
07:20	-0.96	0.00	0.03	34.45	0.51	0.04	25.84	25.85	26.18
07:25	-0.95	0.00	0.03	34.52	0.53	0.03	25.93	25.97	26.51
07:30	-0.96	0.00	0.03	34.85	0.65	0.04	26.14	26.18	26.38
07:35	-0.96	0.00	0.03	35.04	0.74	0.05	26.35	26.46	26.42
07:40	-0.97	0.00	0.03	35.38	0.92	0.06	26.80	26.87	26.88
07:45	-0.96	0.00	0.03	35.66	1.14	0.08	27.21	27.43	27.02
07:50	-0.96	0.00	0.03	35.79	1.30	0.10	27.66	28.00	27.26
07:55	-0.96	0.00	0.03	35.95	1.53	0.11	27.98	28.50	27.38

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
08:00	-0.97	0.00	0.03	36.01	1.69	0.13	28.71	29.28	27.98
08:05	-0.96	0.00	0.03	36.01	1.74	0.12	28.44	29.40	27.76
08:10	-0.95	0.00	0.03	36.03	1.81	0.13	29.19	30.13	28.27
08:15	-0.96	0.00	0.03	35.98	2.47	0.13	29.60	30.88	29.22
08:20	24.37	0.58	0.45	34.79	3.31	0.14	29.75	31.35	29.90
08:25	24.37	0.58	0.45	34.99	2.20	0.13	28.92	31.64	28.62
08:30	24.39	0.57	0.45	35.06	2.91	0.11	29.17	31.93	29.11
08:35	24.30	0.58	0.45	35.07	4.17	0.14	29.84	32.53	30.34
08:40	24.38	0.57	0.44	35.45	3.45	0.17	30.80	32.58	29.52
08:45	24.37	0.59	0.45	35.61	2.78	0.16	30.26	32.44	28.98
08:50	24.38	0.58	0.45	35.58	4.84	0.17	30.92	33.23	30.24
08:55	24.37	0.59	0.46	35.64	4.86	0.16	31.29	33.36	30.42
09:00	24.34	0.62	0.47	35.66	2.19	0.17	32.24	33.73	28.74
09:05	24.47	0.58	0.44	35.69	5.21	0.18	34.25	35.54	30.24
09:10	24.28	0.61	0.46	35.74	5.17	0.16	33.38	35.24	29.99
09:15	24.35	0.59	0.45	35.98	6.13	0.21	35.24	37.26	31.87
09:20	24.47	0.57	0.43	35.99	6.17	0.20	35.67	37.14	32.08
09:25	24.39	0.59	0.44	36.15	6.90	0.21	34.87	36.23	31.61
09:30	24.33	0.61	0.46	36.04	6.60	0.19	34.19	34.26	30.68
09:35	24.33	0.60	0.45	36.21	7.31	0.23	34.32	35.28	31.03
09:40	24.39	0.58	0.44	36.22	7.40	0.24	35.40	36.74	31.81
09:45	24.38	0.58	0.44	36.17	3.58	0.23	36.47	35.51	32.40
09:50	24.36	0.60	0.45	36.17	5.51	0.21	36.17	36.02	31.64
09:55	24.44	0.61	0.46	36.24	5.93	0.22	35.27	37.67	29.68
10:00	24.26	0.61	0.45	36.30	5.56	0.25	35.85	37.90	31.14
10:05	24.29	0.67	0.45	36.34	6.15	0.24	33.79	37.49	30.54

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
10:10	24.27	0.68	0.46	36.34	8.40	0.29	35.35	39.18	31.41
10:15	24.32	0.66	0.45	36.28	8.95	0.29	35.36	39.39	32.32
10:20	24.31	0.65	0.43	36.25	9.03	0.28	36.70	39.50	32.68
10:25	24.27	0.68	0.45	36.20	8.32	0.28	35.84	40.76	32.03
10:30	24.43	0.67	0.45	36.40	9.83	0.27	35.23	38.72	31.76
10:35	24.17	0.68	0.46	36.36	9.02	0.30	38.15	41.31	32.49
10:40	24.28	0.67	0.46	36.24	10.42	0.37	40.73	45.21	33.22
10:45	24.27	0.69	0.47	36.14	8.41	0.32	37.83	43.59	31.98
10:50	24.36	0.61	0.42	36.04	10.62	0.37	38.66	45.76	33.75
10:55	24.30	0.68	0.46	36.09	8.80	0.35	40.10	45.57	33.37
11:00	24.28	0.68	0.46	36.03	11.21	0.38	41.58	47.31	33.92
11:05	24.35	0.62	0.42	36.10	11.07	0.33	39.38	46.34	33.60
11:10	24.34	0.62	0.43	36.04	8.46	0.40	43.57	49.10	36.84
11:15	24.28	0.69	0.46	36.08	11.34	0.35	38.74	45.15	32.81
11:20	24.37	0.66	0.45	35.95	10.31	0.38	41.77	48.97	34.19
11:25	24.30	0.64	0.44	35.90	11.34	0.40	42.59	49.28	35.88
11:30	24.34	0.62	0.43	35.89	11.35	0.39	42.20	49.15	35.50
11:35	24.42	0.61	0.42	35.78	11.31	0.44	43.30	51.62	36.70
11:40	24.17	0.68	0.46	35.92	11.84	0.43	41.23	49.44	33.93
11:45	24.27	0.67	0.46	35.86	11.34	0.42	43.23	49.77	34.42
11:50	24.45	0.64	0.44	35.95	11.79	0.45	39.60	47.44	33.86
11:55	24.24	0.65	0.44	35.82	11.85	0.49	42.15	50.44	34.03
12:00	24.39	0.61	0.43	35.63	11.05	0.55	44.90	53.69	36.87
12:05	24.39	0.66	0.46	35.81	11.60	0.50	40.28	48.53	33.36
12:10	24.22	0.64	0.44	35.79	11.52	0.52	42.49	50.21	35.55
12:15	24.30	0.65	0.44	35.80	11.08	0.53	40.77	48.63	34.44

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
12:20	24.43	0.65	0.45	35.85	11.33	0.56	40.66	48.80	34.79
12:25	24.20	0.67	0.45	35.83	11.44	0.61	41.09	48.68	34.43
12:30	24.30	0.68	0.46	35.83	12.11	0.68	41.17	48.61	33.64
12:35	24.44	0.62	0.43	35.75	12.16	0.73	43.05	51.10	35.11
12:40	24.26	0.63	0.43	35.61	12.03	0.81	45.94	52.74	35.01
12:45	24.31	0.65	0.46	35.40	11.97	0.89	48.58	55.85	36.65
12:50	24.29	0.67	0.46	35.56	11.93	0.85	43.57	52.45	34.80
12:55	24.32	0.65	0.45	35.57	11.39	0.89	42.95	52.13	34.87
13:00	24.31	0.66	0.45	35.93	11.50	1.00	39.57	48.33	34.15
13:05	24.29	0.68	0.46	35.92	11.54	1.12	39.66	46.60	33.76
13:10	24.35	0.63	0.43	35.81	10.73	1.17	43.57	50.15	34.65
13:15	24.26	0.66	0.45	35.77	10.59	1.20	40.22	49.01	34.75
13:20	24.32	0.64	0.44	35.55	8.92	1.05	44.49	51.10	35.67
13:25	24.32	0.66	0.45	35.88	9.81	1.14	43.20	48.34	34.19
13:30	24.30	0.67	0.46	35.72	10.64	1.34	44.49	51.95	35.28
13:35	24.30	0.67	0.46	35.74	10.29	1.25	42.82	50.77	34.86
13:40	24.37	0.62	0.43	35.68	10.87	1.38	45.13	53.16	36.23
13:45	24.22	0.68	0.46	35.67	10.67	1.29	43.37	51.00	34.62
13:50	24.32	0.66	0.45	35.69	9.59	1.09	41.31	48.03	34.08
13:55	24.40	0.64	0.44	35.75	9.06	1.08	41.45	49.02	34.43
14:00	24.26	0.65	0.44	35.88	5.34	1.09	42.44	48.74	34.96
14:05	24.29	0.69	0.47	35.84	8.81	0.96	42.48	48.67	33.48
14:10	24.47	0.62	0.43	35.82	5.58	1.14	42.54	47.71	33.78
14:15	24.19	0.65	0.44	35.72	7.82	0.55	41.89	48.36	34.36
14:20	24.31	0.66	0.45	35.55	2.62	0.89	42.29	48.22	33.96
14:25	24.41	0.67	0.46	35.56	2.42	0.27	40.76	44.71	34.03

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
14:30	24.22	0.68	0.47	35.57	2.32	0.20	39.63	41.16	32.82
14:35	24.30	0.67	0.46	35.71	2.34	0.25	40.80	39.26	32.46
14:40	24.49	0.63	0.43	35.45	2.36	0.25	40.39	38.47	32.75
14:45	24.23	0.63	0.44	34.99	2.06	0.20	37.07	37.56	32.83
14:50	24.29	0.67	0.46	35.31	2.38	0.25	36.04	36.83	32.37
14:55	24.32	0.67	0.46	35.13	2.21	0.21	34.67	36.13	32.35
15:00	24.27	0.67	0.47	35.03	2.16	0.22	34.95	36.02	32.79
15:05	24.32	0.64	0.45	34.72	1.93	0.18	34.55	35.74	32.49
15:10	24.45	0.61	0.43	34.98	1.99	0.20	34.45	35.56	32.59
15:15	24.22	0.68	0.47	34.93	2.02	0.20	33.71	35.22	32.41
15:20	24.30	0.67	0.47	34.53	1.75	0.15	34.42	35.24	32.42
15:25	24.33	0.66	0.47	34.51	1.64	0.14	33.39	34.37	32.28
15:30	24.22	0.65	0.45	34.91	1.84	0.15	33.49	34.06	32.42
15:35	24.39	0.61	0.43	34.79	1.75	0.15	34.05	34.56	32.74
15:40	24.35	0.64	0.45	34.59	1.67	0.14	33.24	34.03	32.08
15:45	24.28	0.66	0.47	34.24	1.53	0.13	33.71	34.12	32.48
15:50	24.28	0.68	0.48	34.20	1.52	0.12	33.05	33.78	31.98
15:55	24.33	0.65	0.46	34.28	1.52	0.13	33.60	34.01	32.42
16:00	24.29	0.66	0.48	33.99	1.44	0.13	33.48	34.09	32.38
16:05	24.33	0.65	0.47	33.94	1.40	0.12	33.17	33.85	32.41
16:10	24.37	0.60	0.43	33.94	1.33	0.12	33.42	34.00	32.58
16:15	24.29	0.66	0.48	33.54	1.28	0.12	33.55	33.93	32.62
16:20	24.30	0.67	0.49	33.30	1.24	0.09	32.68	33.25	31.99
16:25	24.37	0.60	0.44	33.51	1.18	0.10	33.22	33.37	32.45
16:30	24.24	0.67	0.50	32.72	1.13	0.09	32.91	33.23	32.22
16:35	24.34	0.63	0.47	32.58	1.07	0.09	32.98	33.14	32.23

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

Time	V ₁₀₄ (V)	V ₁₀₅ (V)	V ₁₀₆ (V)	V ₁₀₇ (V)	V ₁₀₈ (mV)	V ₁₀₉ (mV)	T _{p,top} (°C)	T _{p,under} (°C)	T _a (°C)
16:40	18.90	0.60	0.54	20.54	1.00	0.08	32.42	33.21	31.93
16:45	18.36	0.52	0.47	18.98	0.88	0.06	32.23	34.86	31.73
16:50	17.12	0.50	0.45	17.73	0.85	0.06	32.26	35.50	31.85
16:55	23.85	0.00	0.02	34.68	0.79	0.06	32.08	34.16	31.63
17:00	24.07	0.01	0.04	34.32	0.66	0.04	31.96	32.82	31.64
17:05	23.58	0.01	0.03	34.25	0.61	0.03	31.60	32.04	31.44
17:10	25.11	0.01	0.03	34.37	0.59	0.03	31.53	31.80	31.43
17:15	24.75	0.01	0.03	34.36	0.61	0.04	31.47	31.72	31.41
17:20	23.71	0.00	0.03	34.52	0.66	0.05	31.62	31.73	31.58
17:25	24.86	0.01	0.03	34.55	0.69	0.05	31.56	31.73	31.43
17:30	24.56	-0.01	0.02	34.74	0.74	0.06	31.66	31.79	31.50
17:35	25.00	0.01	0.03	34.69	0.75	0.06	31.61	31.80	31.43
17:40	23.63	0.00	0.03	34.62	0.72	0.06	31.61	31.85	31.39
17:45	24.71	0.01	0.03	34.53	0.69	0.05	31.63	31.84	31.45
17:50	24.86	-0.01	0.01	34.62	0.68	0.05	31.55	31.83	31.38
17:55	25.14	-0.02	0.01	34.51	0.64	0.05	31.61	31.82	31.47
18:00	25.06	0.01	0.03	34.30	0.59	0.04	31.37	31.63	31.25
18:05	24.49	0.01	0.04	34.13	0.54	0.04	31.26	31.50	31.22
18:10	23.53	0.00	0.03	33.86	0.46	0.03	31.09	31.29	31.13
18:15	23.71	0.00	0.02	33.61	0.38	0.02	30.85	31.06	31.02

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวตะวัน จันทร์แก้วมณี
ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปรับแสงสองด้านบนหลังคาเมทัลชีทสีต่าง ๆ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
ประวัติ	2558 - 2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาเตรียมวิศวกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (ภาคภาษาอังกฤษ) โรงเรียนวิศวกรรมศาสตร์ ไทย - เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2561-2564 ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (ภาคภาษาอังกฤษ) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ