

# การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนบก และลอยน้ำสำหรับระบบให้น้ำพืชไร่: กรณีศึกษาไร่กระท่อม

ต.ระแหง อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี

## Comparative Performance Study of Ground-Based and Floating Solar Photovoltaic Based on Electrical Generation System for Farm Crop Irrigation System: Case Study on Kratom Farm, Rahaeng Subdistrict, Lat Lum Kaeo District, Pathum Thani

กันยารัตน์ เอกเอี่ยม<sup>1\*</sup> องอาจ ทับบุรี<sup>1</sup> และประภาวรรณ แพงศรี<sup>1</sup>

Kanyarat Ek-iam<sup>1\*</sup> Ong-art Tubburee<sup>1</sup> and Prapawan Pangsr<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

<sup>1</sup>Faculty of Industrial Technology, Walaya Alongkorn Rajabhat University

Under The Royal Patronage Pathum Thani province

\*Corresponding author: kanyarat@vru.ac.th

Received: January 25, 2024

Revised: April 21, 2024

Accepted: April 30, 2024

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนบก และลอยน้ำสำหรับระบบให้น้ำพืชไร่ โดยใช้พืชกระท่อมที่มีการปลูกกันเป็นจำนวนมากในไร่ของเกษตรกรตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานีเป็นกรณีศึกษา วิธีการที่นำเสนอเริ่มจากการกำหนดขนาดมอเตอร์เครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับการสูบน้ำส่งไปให้ต้นกระท่อมจำนวน 80 ต้น จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตไฟฟ้าให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำ จนได้มาซึ่งการติดตั้งใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 340 วัตต์สูงสุด จำนวน 4 แผง ที่ติดตั้งบนสันร่องจำนวน 2 แผง และลอยในร่องน้ำอีกจำนวน 2 แผง ร่วมกันจ่ายไฟฟ้าให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 910 วัตต์ ผลการทดสอบใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งลอยในร่องน้ำมีค่าสูงกว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องคิดเป็นร้อยละ 5.17 และจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนสันร่องเพียงอย่างเดียวจะมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักลบต้นทุนแล้ว และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบันสูงกว่าการติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 4,709.13 บาท และ 0.33 เท่า ตามลำดับ อีกทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า 1 ปี 7 เดือน

**คำสำคัญ:** เซลล์แสงอาทิตย์ มอเตอร์เครื่องสูบน้ำ กระท่อม

## Abstract

This research aims to study and compare the performance of solar photovoltaics based on electrical generation systems installed on grounding and floating types for agricultural irrigation systems. The kratom farm was used as a case study, which was extensively grown in the farmers' farms in Rahaeng subdistrict, Lat Lum Kaeo district, Pathum Thani province. The proposed method begins with determining the appropriate size of the water pump motor for irrigating water to a quantity of 80 kratoms. Subsequently, the solar panel size for generating electricity to power the water pump motor was calculated, resulting in the installation of four solar panels with a maximum capacity of 340 watts each. Two panels were installed on the ridge, and two were floating in the furrow, jointly supplying electricity to the 910-watt centrifugal water pump motor. The experimental results showed that the average electrical output from the floating solar panels in the furrow was higher than that from the panels installed on the ground by 5.17%. Furthermore, through an economic engineering analysis comparison, it was found that installing only the solar panels on the ridge already had a net present value and the benefit-cost ratio higher than for the floating solar panels in the furrow, amounting to 4,709.13 baht and 0.33 times, respectively. Moreover, the payback period was shorter, at 1 year and 7 months.

**Keywords:** solar photovoltaic, water pump motor, kratom



## บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมมาโดยตลอด เนื่องด้วยสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการทำเกษตร โดยเริ่มต้นจากการปลูกพืชผักบริโภคในครัวเรือน จนกระทั่งการเพาะปลูกที่มีปริมาณมากขึ้นจึงเริ่มเกิดการแลกเปลี่ยนกับเพื่อนบ้านและพัฒนาจนกลายเป็นการค้าขายทั้งในประเทศและการส่งออก (Thongmeethip, 2021) ปัจจุบันความต้องการพืชผลทางการเกษตรมีปริมาณและคุณภาพสูงขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับสภาพอากาศที่แปรปรวน โดยเป็นผลมาจากภาวะเรือนกระจก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชจนเกิดปัญหาขาดแคลนพืชและธัญพืช (Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2022) จนเกษตรกรต้องปรับวิธีการปลูกและดูแลพืชจากการใช้แรงงานคนและฤดูกาลตามธรรมชาติมาใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อช่วยปลูกและดูแลพืชแทน (Punpitak, Dongsongkram, OnLoa, Yuttaart & Pimpasi, 2021) โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการให้น้ำพืช เนื่องจาก

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปลูกและดูแลพืชจนกระทั่งได้ผลผลิต อีกทั้งการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อพืชและเกษตรกร พืชเศรษฐกิจของประเทศไทย 5 อันดับแรก ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Matichon News Agency, 2023) แต่หลังจากการประกาศให้กระท่อม (Kratom) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. ถูกยกเลิกออกจากบัญชียาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ได้มีการกำหนดนโยบายที่ต้องการให้กระท่อมเป็นพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ และผลักดันให้เกิดการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการใช้กระท่อมในทางการแพทย์ (The Standard Team, 2021) จากการศึกษาตลาดของใบกระท่อมพบว่ามีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 30,000 ล้านบาทต่อปี โดยมีตลาดใหญ่อยู่ที่สหรัฐอเมริกา ซึ่งนำไปใช้เพื่อช่วยรักษาโรคซึมเศร้า บำบัดยาเสพติด เพิ่มสมรรถภาพทางเพศ ตลอดจนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อวางจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย (Longe, 2016.)

การปลูกกระท่อมในประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคใต้และบางจังหวัดของภาคกลาง เช่น ปทุมธานี (Damrongrak, Wethaosod & Pa-e-tae, 2022) เนื่องจากลักษณะของจังหวัดปทุมธานี มีแหล่งน้ำธรรมชาติผิวดินจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีระยะทางถึง 30 กิโลเมตร และลำคลองธรรมชาติรวมถึงคลองชลประทานอีกจำนวน 84 คลอง (Project Management Office, Royal Irrigation Department, 2019) อีกทั้งดินที่เป็นดินเหนียวจัดจึงเหมาะสมต่อการปลูกกระท่อม ส่งผลให้เกษตรกรในจังหวัดปทุมธานีหันมาปลูกกระท่อมในพื้นที่นาไร่กันเป็นจำนวนมาก โดยการปรับพื้นที่ให้เป็นร่องคูลาด (graded furrow) และปลูกต้นกระท่อมบนสันร่องพร้อมทั้งปล่อยน้ำไปตามร่องคูร่วมกับการให้น้ำแบบเฉพาะจุด (localize irrigation) บริเวณโคนต้น โดยพบการใช้งานทั้งการให้น้ำแบบหยด (drip irrigation) และการให้น้ำแบบฝนเทียม (sprinkler irrigation) ที่ใช้มอเตอร์ซึ่งใช้ไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าเป็นต้นกำลังสูบน้ำส่งไปตามท่อพีวีซี ลักษณะดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดจนค่าลงทุนติดตั้งและเดินสายไฟฟ้าเข้าไปภายในไร่เพิ่มขึ้น แต่ด้วยภูมิศาสตร์ของประเทศไทยที่ตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยจึงมีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์สูงกว่าเขตอื่น ๆ ของโลก จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าประมาณ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน หรือเท่ากับ 5.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน (Division of Solar Energy Development, 2011) ดังนั้นแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมมากสำหรับประเทศไทย ด้วยการนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์หรือที่เรียกว่า โซลาร์เซลล์ (solar cell) ใช้ในพื้นที่ทางไกลหรือพื้นที่ที่สายส่งไฟฟ้าเข้าไม่ถึง แม้กระทั่งในบางพื้นที่ซึ่งสายส่งไฟฟ้าเข้าถึงก็มีการใช้เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (Pongpeera, Pumchumpol, Po-Ngam, Namkhat & Teeboonma, 2022) ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ต่อร่วมมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในขณะที่ราคาถูกลง ส่งผลให้การลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนที่ได้รับความนิยมอย่างมาก (Ardpru & Majaroen, 2013) อย่างไรก็ตามการสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือที่นิยมเรียกว่า โซลาร์ฟาร์ม ต้องใช้พื้นที่โล่งขนาดใหญ่กว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแบบอื่น ๆ ซึ่งหากวิเคราะห์

ทางเศรษฐศาสตร์แล้วอาจพบว่าเป็นการใช้พื้นที่โดยไม่เกิดประโยชน์สูงสุดได้ จนทำให้หลาย ๆ ประเทศเปลี่ยนมาใช้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำแทน (floating solar photovoltaic) นอกจากจะเป็นช่วยลดการใช้พื้นที่โดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังมีส่วนช่วยลดการระเหยของน้ำด้วย (Mitsanon, Lonphan & Wamae, 2021)

จากผลการสำรวจและศึกษาวิธีการปลูกและดูแลกระท่อมของเกษตรกรในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ประกอบกับการศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยและเทคโนโลยีเกี่ยวกับการให้น้ำพืช ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งรูปแบบที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าจ่ายให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำที่มีความเหมาะสมกับการให้กระท่อมจำนวน 80 ต้น

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษารูปแบบการให้น้ำต้นกระท่อมของเกษตรกรในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
2. ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำของไร่กระท่อม
3. เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำของไร่กระท่อม

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การศึกษารูปแบบและวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมกับพืชกระท่อม

กระท่อมเป็นพืชที่จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีอินทรียสารสูงหรือดินเหนียวซึ่งมีความชื้นในดินสูงกว่าร้อยละ 80 (Ajik & Kimjus, 2010) จึงนิยมปลูกในพื้นที่ริมน้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ จากการสำรวจไร่กระท่อมของเกษตรกรในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี พบว่า จะใช้การปรับพื้นที่เป็นร่องคูลาดและปลูกกระท่อมบนสันร่อง พร้อมทั้งปล่อยน้ำให้ท่วมขังอยู่ภายในร่องคูเพื่อให้น้ำไหลซึมไปเลี้ยงต้นกระท่อมร่วมกับการให้น้ำต้นกระท่อมในช่วงเช้าและเย็นเป็นประจำทุกวัน ซึ่งปรากฏการใช้งานทั้ง

วิธีการให้น้ำแบบหยดและแบบฝนเทียม โดยใช้เครื่องสูบน้ำที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งรับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าเป็นต้นกำลังสูบน้ำส่งไปยังกระถอมแต่ละต้น จากการศึกษาความเหมาะสมของวิธีการให้น้ำแบบหยดและแบบฝนเทียม พบว่าการให้น้ำแบบหยด จะใช้การปล่อยน้ำที่มีความดันคงที่ไปตามท่อ จากนั้นจะแยกเข้าท่อที่มีขนาดเล็กลงซึ่งต่ออยู่กับหัวน้ำหยด (drip emitters) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคนต้นพืชแต่ละต้นจึงช่วยประหยัดน้ำได้มาก โดยมีประสิทธิภาพการให้น้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 75–95 ซึ่งจะต้องใช้ถังน้ำขนาดใหญ่เพื่อเก็บและจ่ายน้ำ และต้องใช้อุปกรณ์กรองตะกอนที่อาจติดมากับน้ำก่อนส่งไปตามท่อต่าง ๆ ที่มักทำให้เกิดการอุดตันของหัวน้ำหยด (Kajorndechusak, Panphinij, Waenphet & Kaiyawon, 2009) สำหรับวิธีการให้น้ำแบบฝนเทียมหรือแบบสปริงเกลอร์ จะใช้การส่งน้ำไปตามท่อส่งน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (centrifugal pump) ซึ่งได้รับความนิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน แล้วฉีดออกเป็นฝอยคล้ายเม็ดฝนด้วยหัวฉีดแบบสปริงเกลอร์ เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับการทำเกษตรแปลงใหญ่ในปัจจุบัน แต่การฉีดน้ำเป็นฝอยจะทำให้น้ำระเหยและกระจายไปตามลมได้ง่าย หรืออาจกระจายไปไกลเกินกว่าเขตรากของพืช ปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนหัวฉีดแบบสปริงเกลอร์มาใช้หัวฉีดแบบมินิสปริงเกลอร์ (mini sprinkler) ติดตั้งเพื่อฉีดน้ำเป็นฝอยลงบริเวณเขตรากพืช ทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างร้อยละ 91–93 (Department of Agricultural Extension, 2021) จากผลการศึกษาดังกล่าว ประกอบกับผลการสำรวจพื้นที่ซึ่งได้ขอความอนุเคราะห์จากเกษตรกรรายหนึ่งซึ่งมีไร่กระถอมที่ใช้การให้น้ำต้นกระถอมที่ปลูกบนสันร่องด้วยหัวฉีดแบบมินิสปริงเกลอร์ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังสูบน้ำเข้าท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว ไปยังหัวฉีดน้ำบริเวณต้นกระถอมจำนวน 80 ต้น ดังภาพ 1 (ก) เพื่อศึกษาออกแบบ และติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนสันร่องและลอยในร่องน้ำ สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งทดแทนระบบเดิม

## 2. การกำหนดขนาดมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ

การได้มาซึ่งขนาดมอเตอร์เครื่องสูบน้ำต้องประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการ อัตราการสูบน้ำ และความดันตกคร่อมรวมของระบบ (Total Dynamic Head--TDH) การหาปริมาณน้ำที่ต้องการ (V) สำหรับไร่กระถอมจากอัตราการจ่ายน้ำของหัวฉีดน้ำ

แบบมินิสปริงเกลอร์ยี่ห้อ Chaiyo รุ่น 331-AV เท่ากับ 120 ลิตร/ชั่วโมง จำนวน 80 หัว คิดเป็นปริมาณน้ำ 9.6 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง สำหรับหาอัตราการสูบน้ำของปั๊ม (Q) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร/วินาที ดังนี้

$$Q = \frac{V}{3,600} \quad (1)$$

ความดันตกคร่อมรวมของระบบหาได้จากผลรวมของความดันตกคร่อมสถิต ความดันตกคร่อมที่เกิดจากไหลในท่อ และความดันตกคร่อมที่เกิดจากอุปกรณ์ต่อเชื่อม (Pongpeera, Pumchumpol, Po-Ngam, Namkhat & Teeboonma, 2022) แต่กรณีพื้นที่ซึ่งมีการใช้ท่อเมนยาวไม่เกิน 100 เมตร จะกำหนดให้ความดันตกคร่อมรวมของระบบเท่ากับ 25 เมตร และหากท่อเมนยาวเกิน 100 เมตร จะต้องเพิ่มค่าความดันตกคร่อมรวมของระบบอีก 4 เมตร ในทุก ๆ ของระยะท่อเมนยาว 100 เมตรที่เกินกว่า 100 เมตรแรก ( $L_{over}$ ) เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$TDH = 25 + \left[ 4 \left( \frac{L_{over}}{100} \right) \right] \quad (2)$$

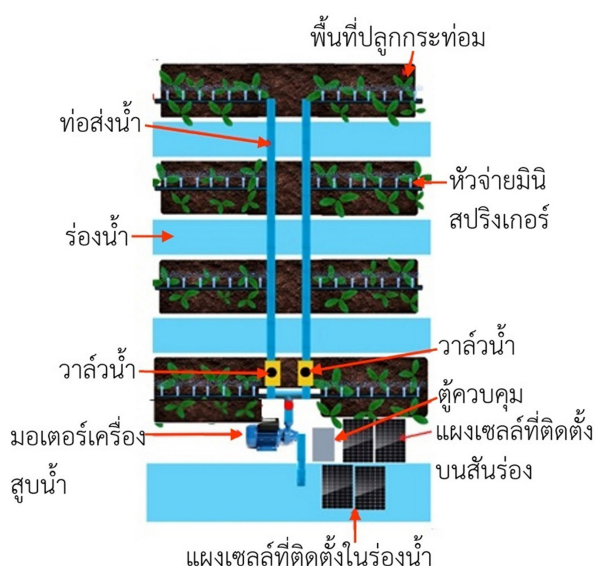
เมื่อพิจารณาท่อเมนสำหรับส่งน้ำไปยังหัวฉีดน้ำทั้ง 80 จุด บริเวณโคนต้นกระถอม ตามภาพ 1 (ข) ซึ่งยาวเท่ากับ 144 เมตร จะได้ความดันตกคร่อมรวมของระบบเท่ากับ 26.76 เมตร ซึ่งสามารถหาขนาดมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ ( $P_p$ ) ที่มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ได้ ดังนี้

$$P_p = \frac{\rho \times g \times Q \times TDH}{\eta_p} \quad (3)$$

การหาขนาดของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำด้วยสมการ (3) โดยการแทนค่าอัตราการสูบน้ำของปั๊ม (Q) ที่ได้จากสมการ (1) เท่ากับ 0.002667 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และความดันตกคร่อมรวมของระบบที่ได้จากสมการ (2) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho$ ) เท่ากับ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (g) 9.81 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วย ( $\eta_p$ ) ซึ่งควรออกแบบให้มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จนได้มาซึ่งขนาดมอเตอร์เครื่องสูบน้ำที่จะต้องไม่ต่ำกว่า 875.16 วัตต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งที่มีจำหน่ายให้ใช้งาน ขนาด 910 วัตต์ แรงดัน 40–96 โวลต์



(ก)



(ข)

ภาพ 1 การออกแบบระบบที่นำเสนอเพื่อเป็นต้นกำลังสูบน้ำไปยังต้นกระท่อม (ก) หัวฉีดน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่ติดตั้งบริเวณโคนต้น (ข) แผนผังของระบบให้น้ำในไร่กระท่อม

### 3. การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบให้น้ำพืชพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจะประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า (control charger) และ แบตเตอรี่ (battery) เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้งานช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ทั้งนี้หากต้องการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้กับอุปกรณ์หรือมอเตอร์เครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องเพิ่มอินเวอร์เตอร์ (inverter) เข้าไปในระบบด้วย อย่างไรก็ตาม จากวิธีการให้น้ำต้นกระท่อมของเกษตรกร ซึ่งให้น้ำในช่วงเช้าจนถึงสายและช่วงบ่ายจนถึงเย็น แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำกระท่อมในช่วงที่มีแสงอาทิตย์อยู่สามารถทำได้ สอดคล้องรายงานของนิตยสาร Home and Garden ที่ระบุว่า ต้นกระท่อมจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับน้ำและแสงอาทิตย์อย่างเพียงพอตลอดทั้งวัน (Home and Garden, 2022) ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจ่ายให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำสำหรับกระท่อมจึงไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่และตัวควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า ประกอบกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังสูบน้ำ จึงสามารถใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยไม่ต้องผ่านอินเวอร์เตอร์ ทำให้อุปกรณ์และราคาลงทุนลดลงได้ร้อยละ 39.64 (Mitsanon, Lonphan & Wamae, 2021)

โดยผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและคำนวณเพื่อกำหนดขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ จากสมการตามรายละเอียดในเอกสารการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, n.d.) ดังนี้

#### 3.1 การประเมินความต้องการพลังงานไฟฟ้า

การประเมินความต้องการพลังงานไฟฟ้า (edemand) สามารถหาได้จากผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้าของโหลด ( $P_{load}$ ) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ กับระยะเวลาที่เปิดใช้งาน ( $t_h$ ) ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมง (h) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{demand} = P_{load} \times t_h \quad (4)$$

จากสมการ (4) โหลดในการวิจัยครั้งนี้ คือ มอเตอร์เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 910 วัตต์ และระยะเวลาเปิดใช้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำโดยเฉลี่ยของแต่ละฤดูกาลที่สอบถามจากเกษตรกรซึ่งจะเปิดใช้งานวันละ 2 ครั้งในช่วงเช้าและเย็น โดยใช้ระยะเวลาการให้น้ำในแต่ละฤดูกาลดังตาราง 1 พบว่า การให้น้ำจะใช้เวลามากที่สุด 3.50 ชั่วโมง/วัน ในฤดูร้อน ดังนั้นความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายวันสูงสุดจึงมีค่า 3,185 วัตต์ชั่วโมง

### 3.2 การประเมินความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน

การคำนวณหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าจะต้องต้องทราบค่าความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน ( $E_{total}$ ) โดยพิจารณาจากความต้องการพลังงานไฟฟ้ารายวันของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ ( $E_{demand}$ ) ต่อสมรรถนะการแปลงพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $\eta_{conv}$ ) ดังนี้

$$E_{total} = \frac{E_{demand}}{\eta_{conv}} \quad (5)$$

จากสมการ (5) กำหนดให้สมรรถนะการแปลงพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 65 (Technology Broadcasting and News Division, 2023) เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ฝุ่นละอองและคราบสกปรกบนแผง ตลอดจนความต้านทานของสายไฟฟ้าที่จะทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าต่ำกว่าปกติที่ผู้ผลิตกำหนด ดังนั้นความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันจึงมีค่า 4,900 วัตต์ชั่วโมง

### 3.3 การหาขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $SIZE_{solar\ cell}$ ) คำนวณได้จากความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์รายวันหารจำนวนชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวัน (Peak Sun Hour--PSH) ที่เหมาะสมกับตำแหน่งที่ติดตั้ง ดังนี้

$$SIZE_{solar\ cell} = \frac{E_{total}}{PSH} \quad (6)$$

จากสมการ (6) กำหนดให้จำนวนชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวัน เท่ากับ 5 ชั่วโมง (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, n.d.) ทำให้ได้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 980 วัตต์ โดยจะต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงมาต่อรวมกันเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถหาจำนวนแผงที่ต้องใช้ ( $Num_{PV\_Panel}$ ) ได้จากอัตราส่วนของขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $SIZE_{solar\ cell}$ ) ที่ได้ต่อกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ ( $W_p$ ) มีหน่วยเป็นวัตต์ เขียนเป็นสมการ คือ

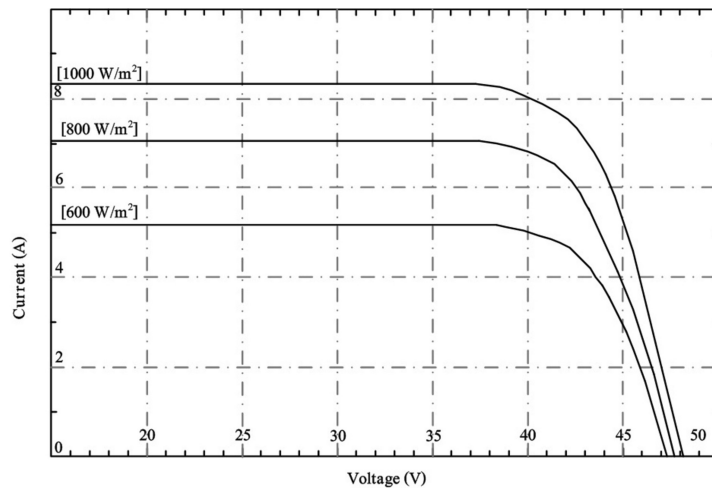
$$Num_{PV\_Panel} = \frac{SIZE_{solar\ cell}}{W_p} \quad (7)$$

จากสมการ (7) เมื่อผู้วิจัยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ขนาด 340 วัตต์สูงสุด 38.2 โวลต์ ที่มีคุณลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า (I-V Curve) ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ ดังภาพ 2 จะได้จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้อย่างน้อย 3 แผง อย่างไรก็ตามเพื่อให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่ต่ำกว่าที่มอเตอร์เครื่องสูบน้ำต้องการ จึงต้องนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวมาต่ออนุกรมกัน 2 แผง และมีจำนวน 2 ชุดต่อขนานกันดังภาพ 3(ก) ดังนั้นจึงใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 4 แผงมาต่อรวมกันโดยการติดตั้งให้เอียงจากพื้นดิน 15 องศาหันไปทางทิศใต้ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำ

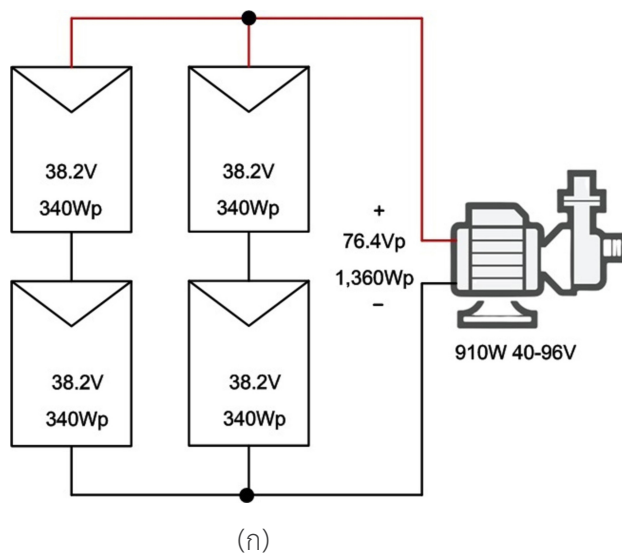
## ตาราง 1

ระยะเวลาการให้น้ำต้นกระท่อมโดยเฉลี่ยต่อวันเป็นรายฤดูกาล

| ฤดูกาล  | ระยะเวลาโดยเฉลี่ยของการให้น้ำต่อวัน (ชั่วโมง/วัน) |          |                |
|---------|---------------------------------------------------|----------|----------------|
|         | ช่วงเช้า                                          | ช่วงเย็น | รวมเวลาทั้งวัน |
| ฤดูร้อน | 1.50                                              | 2.00     | 3.50           |
| ฤดูฝน   | 0.50                                              | 1.00     | 1.50           |
| ฤดูหนาว | 1.00                                              | 1.50     | 2.50           |



ภาพ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้



ภาพ 3 การต่อวงจรและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ก) ไดอะแกรมการต่อวงจรไฟฟ้า (ข) ภาพถ่ายการติดตั้งแผงบนสันร่องและลอยในร่องน้ำ

จากลักษณะของไร่กระท่อมที่เป็นแบบร่องคูโดยการปลูกต้นกระท่อมไว้บนสันร่อง และปล่อยน้ำขังไว้ในร่องน้ำ ทำให้พื้นที่บนสันร่องมีค่อนข้างจำกัด ขณะที่บริเวณร่องน้ำเป็นพื้นที่โล่งแจ้ง ดังนั้นเพื่อการศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำ จึงออกแบบให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แผงที่ต่ออนุกรมกันติดตั้งบนสันร่องจำนวน 1 ชุด และอีก 1 ชุดออกแบบให้ติดตั้งบนทุ่นลอยน้ำในร่องน้ำ ดังภาพ 3 (ข)

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การยืนยันความน่าเชื่อถือและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำสำหรับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น จากการติดตั้งและทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่ไร่กระท่อมขนาด 2 งาน ของเกษตรกรรายหนึ่งในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี โดยการบันทึกผลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำ รวมถึงการวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ด้วยหลักการทาง

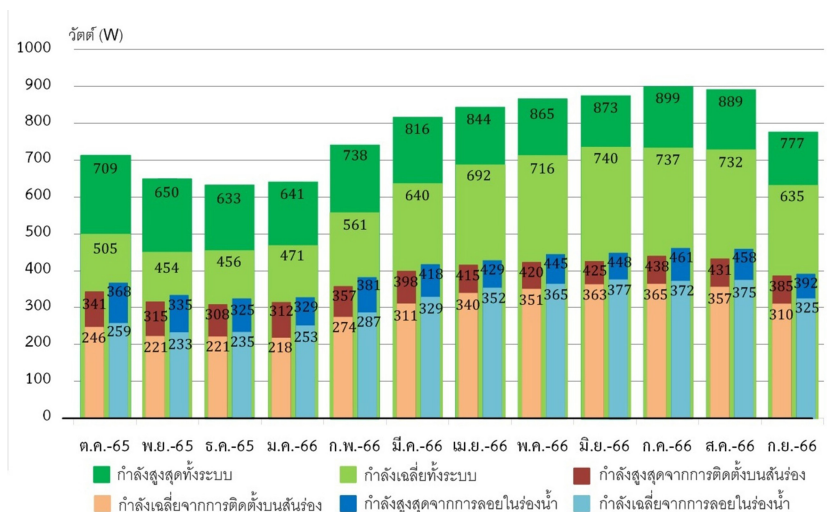
## 1. ผลการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำที่ถูกออกแบบให้ต่อเนื่องเป็นวงจรดังภาพ 3(ก) สำหรับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขนาด 910 วัตต์ แรงดัน 40–96 โวลต์ ให้สูบน้ำส่งไปตามท่อพีวีซีให้ต้นกระต้อมจำนวน 80 ต้น ผ่านหัวฉีดน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ โดยทดสอบใช้งานระบบให้น้ำที่นำเสนอและบันทึกข้อมูลการผลิตไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำ ตลอดระยะเวลา 1 ปี เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2565 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 แสดงดังภาพ 4 และภาพ 5

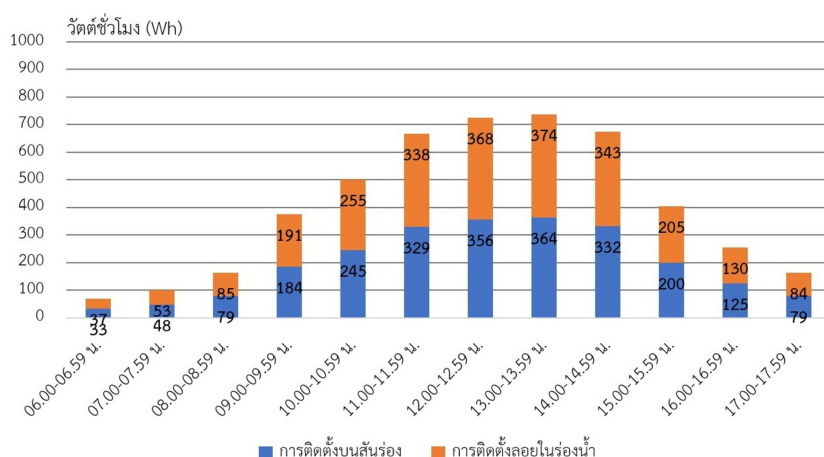
จากภาพ 4 พบว่า ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน ซึ่งประกอบด้วย การผลิตไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่อง การผลิตไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำ และการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งหมด พบว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมากขึ้นในเดือนเมษายน–สิงหาคม โดยมีค่าสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม สาเหตุเนื่องจากเป็นช่วงโซลสติชส์ฤดูร้อน (summer solstice) ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาในโลกโคจรเข้าสู่ตำแหน่งที่หันขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่งผลให้ประเทศไทยได้รับแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลานานขึ้น ประกอบกับเป็นฤดูฝน ซึ่งนอกเหนือจากช่วงที่เกิดฝนฟ้าคะนองแล้ว ท้องฟ้าค่อนข้างแจ่มใสปราศจากฝุ่นควัน และปรากฏการณ์ฟ้าหลัวอย่างเช่นฤดูร้อน ส่งผลให้มีรังสีแสงอาทิตย์ส่องมายังแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นฤดูกาลที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงฤดูร้อน ซึ่งส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงขึ้น ในทางกลับกันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าน้อยลงในเดือนพฤศจิกายน–มกราคม เนื่องจากเป็นฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่วงโคจรของดวงอาทิตย์จะทำให้มุมตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ไม่ตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ได้ออกแบบไว้ อีกทั้งยังเป็นช่วงโซลสติชส์ฤดูหนาว (winter solstice) ซึ่งเป็นช่วงที่ระยะเวลาในช่วงกลางวันจะสั้นกว่ากลางคืน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Saba Arif ที่ศึกษาความเป็นไปได้และวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อเข้ากับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าในปากีสถานและประเทศไทย (Saba et al., 2021)

นอกจากนี้ยังพบว่า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำมีความแตกต่างกัน โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำมีค่าเท่ากับ 313.50 วัตต์ ขณะที่กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องมีค่า 298.08 วัตต์ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำจะสูงกว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากการติดตั้งบนสันร่องอยู่ร้อยละ 5.17 สอดคล้องกับผลงานของ Wetchakan ที่ได้วิเคราะห์สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำขนาด 50 กิโลวัตต์ (Wetchakan, 2017)

หากพิจารณาพลังงานไฟฟ้าในทุก ๆ 1 ชั่วโมงเริ่มตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 17.59 น. ที่ได้รับรายวันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบและติดตั้งใช้งานเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 1 ปี ดังภาพ 5 พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเช้าจะมีค่าน้อยและจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 738 วัตต์ชั่วโมง ในเวลา 13.00–13.59 น. หลังจากนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากการที่ผู้วิจัยไม่ได้ขยับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หันตามวงโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันทำให้มุมตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ตั้งฉากกันในช่วงเวลาอื่น ๆ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Supahitanukul et al. (2021) ที่ศึกษาเปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในปี พ.ศ.2563 นอกจากนี้ยังพบว่า พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรวมที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำมีค่าเท่ากับ 2,463 วัตต์ชั่วโมง ขณะที่พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรวมที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องมีค่า 2,374 วัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรวมที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำคิดเป็นร้อยละ 3.75 ซึ่งยังคงเป็นไปในแนวทางเดียวกับผลงานวิจัยของ Wetchakan



ภาพ 4 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นระยะเวลา 1 ปี



ภาพ 5 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายวันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยเป็นระยะเวลา 1 ปี

## 2. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ โดยใช้การวิเคราะห์ตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากตัวชี้วัดความคุ้มค่า 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value--NPV) การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost ratio--B/C Ratio) และระยะเวลาคืนทุน (payback period) ของระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีต้นทุนของวัสดุ-อุปกรณ์ต่าง ๆ 27,310 บาท นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์เพื่อขยายผลในกรณีที่ทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนสันร่องเพียงอย่างเดียว และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียว

ด้วยการประมาณการต้นทุนที่เกิดขึ้นจากระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นใช้งานจริง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23,380 บาท และ 30,530 บาท ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์ของระบบทั้ง 3 รูปแบบการติดตั้งที่แสดงในตาราง 2 จะอยู่บนฐานของผลประโยชน์ที่ได้รับจากกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยมีระยะเวลาการใช้งานนานที่สุด 3.50 ชั่วโมง ตามตาราง 1 ซึ่งคิดเป็นความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือนเท่ากับ 95.91, 91.14 และ 96.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง เรียงตามรูปแบบการติดตั้งในตาราง 2 ตามลำดับ โดยมีอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตรรวมกับค่าเอฟทีเฉลี่ยตลอดปี 2566 เท่ากับ 3.1599 บาท/หน่วย รวมกับความสามารถในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดตามข้อมูลในภาพ

4 และอัตราการลดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์/ปี เท่ากับร้อยละ 0.8 (Ardpru & Majaroen, 2013) โดยมีอายุของโครงการเท่ากับอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ปี พร้อมทั้งกำหนดอัตราคิดลด/ปี เท่ากับร้อยละ 6.0 (Phonchokchai, 2023)

จากตาราง 2 พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำเพื่อทดแทนระบบเดิม มีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักกลับต้นทุนแล้ว (NPV) เท่ากับ 15,808.34 บาทตลอด 25 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนที่สูงกว่าต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน (B/C Ratio) 1.58 เท่า และคืนทุนภายในระยะเวลา 7 ปี 6 เดือน จึงเป็นระบบที่มีความเหมาะสมและน่าลงทุน (Pongvijarn & Klongboonjit, 2022) ทั้งนี้หากเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ใช้รูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องเพียงอย่างเดียว กับรูปแบบที่ติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียว พบว่า รูปแบบที่ติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียวจะให้ผลตอบแทนรายปีสูงกว่า อย่างไรก็ตามหากวิเคราะห์ตลอดอายุโครงการ ปรากฏว่าการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องเพียงอย่างเดียวมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักกลับต้นทุนแล้ว (NPV) สูงกว่า 4,709.13 บาท และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน (B/C Ratio) ซึ่งสูงกว่ารูปแบบที่ติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 0.33 เท่า อีกทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า 1 ปี 7 เดือน

## สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนบกและลอยน้ำสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม ด้วยการออกแบบและติดตั้งใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 340

วัตต์สูงสุด 38.2 โวลต์ บนสันร่องจำนวน 2 แผง และลอยในร่องน้ำอีกจำนวน 2 แผง รวมทั้งหมด 4 แผง มาต่อรวมกันทำให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 1,360 วัตต์ 76.4 โวลต์ จ่ายให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขนาด 910 วัตต์ สูบน้ำส่งไปตามท่อพีวีซีจนถึงหัวฉีดน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณโคนกระท่อมจำนวน 80 ต้น ของเกษตรกรรายหนึ่งในตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ผลการทดสอบใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 1 ปี แสดงให้เห็นว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบและติดตั้งใช้งานมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลอยในร่องน้ำจะสูงกว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนสันร่องคิดเป็นร้อยละ 5.17 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ระบบที่นำเสนอมีความเหมาะสมต่อลงทุนเพื่อทดแทนระบบเดิม ด้วยระยะเวลาคืนทุนภายใน 7 ปี 6 เดือน ประกอบกับมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักกลับต้นทุนแล้ว (NPV) ตลอดโครงการ 15,808.04 บาท และมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน (B/C Ratio) 1.58 เท่า นอกจากนี้จากการขยายผลเพื่อเปรียบเทียบกรณีที่ใช้รูปแบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บนสันร่องเพียงอย่างเดียวกับการติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียว พบว่า การติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียวจะให้ผลตอบแทนรายปีสูงกว่า แต่หากวิเคราะห์ตลอดอายุโครงการ พบว่า การติดตั้งบนสันร่องเพียงอย่างเดียวจะมีมูลค่าในปัจจุบันของผลตอบแทนที่หักกลับต้นทุนแล้ว (NPV) สูงกว่า 4,709.13 บาท และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่ปรับให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน (B/C Ratio) สูงกว่าการติดตั้งลอยในร่องน้ำเพียงอย่างเดียว 0.33 เท่า

## ตาราง 2

ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 รูปแบบ

| ปีที่            | ตัวปรับลด<br>(ร้อยละ 6) | ติดตั้งบนสันร่องและลอยในร่องน้ำ |                         | ติดตั้งบนสันร่องอย่างเดียว |                         | ติดตั้งลอยในร่องน้ำอย่างเดียว |                         |
|------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|                  |                         | ผลประโยชน์<br>(บาท)             | มูลค่าปัจจุบัน<br>(บาท) | ผลประโยชน์<br>(บาท)        | มูลค่าปัจจุบัน<br>(บาท) | ผลประโยชน์<br>(บาท)           | มูลค่าปัจจุบัน<br>(บาท) |
| 1                | 0.94                    | 3,636.94                        | 3,431.08                | 3,455.92                   | 3,260.30                | 3,661.629                     | 3,454.37                |
| 2                | 0.89                    | 3,607.85                        | 3,210.97                | 3,428.27                   | 3,051.15                | 3,632.52                      | 3,232.93                |
| 3                | 0.84                    | 3,578.75                        | 3,004.79                | 3,400.62                   | 2,855.23                | 3,603.23                      | 3,025.34                |
| 4                | 0.79                    | 3,549.66                        | 2,811.66                | 3,372.98                   | 2,671.71                | 3,573.93                      | 2,830.89                |
| 5                | 0.75                    | 3,520.56                        | 2,630.77                | 3,345.33                   | 2,499.83                | 3,544.64                      | 2,648.76                |
| 6                | 0.70                    | 3,491.47                        | 2,461.35                | 3,317.68                   | 2,338.84                | 3,515.35                      | 2,478.18                |
| 7                | 0.67                    | 3,462.37                        | 2,302.67                | 3,290.04                   | 2,188.06                | 3,486.05                      | 2,318.42                |
| 8                | 0.63                    | 3,433.27                        | 2,154.08                | 3,262.39                   | 2,046.86                | 3,456.76                      | 2,168.81                |
| 9                | 0.59                    | 3,404.18                        | 2,014.93                | 3,234.74                   | 1,914.64                | 3,427.46                      | 2,028.71                |
| 10               | 0.56                    | 3,375.08                        | 1,884.63                | 3,207.09                   | 1,790.82                | 3,398.17                      | 1,897.52                |
| 11               | 0.53                    | 3,345.99                        | 1,762.62                | 3,179.45                   | 1,674.89                | 3,368.87                      | 1,774.68                |
| 12               | 0.50                    | 3,316.89                        | 1,648.39                | 3,151.80                   | 1,566.35                | 3,339.58                      | 1,659.67                |
| 13               | 0.47                    | 3,287.80                        | 1,706.08                | 3,124.15                   | 1,464.72                | 3,310.28                      | 1,551.99                |
| 14               | 0.44                    | 3,258.70                        | 1,541.45                | 3,096.50                   | 1,369.59                | 3,280.99                      | 1,451.18                |
| 15               | 0.42                    | 3,229.61                        | 1,347.60                | 3,068.86                   | 1,280.53                | 3,251.69                      | 1,356.82                |
| 16               | 0.39                    | 3,200.51                        | 1,259.87                | 3,041.21                   | 1,197.16                | 3,222.40                      | 1,268.49                |
| 17               | 0.37                    | 3,171.41                        | 1,177.75                | 3,013.56                   | 1,119.13                | 3,193.11                      | 1,185.81                |
| 18               | 0.35                    | 3,142.32                        | 1,100.89                | 2,985.91                   | 1,046.10                | 3,163.81                      | 1,108.42                |
| 19               | 0.33                    | 3,113.22                        | 1,028.96                | 2,958.27                   | 977.75                  | 3,134.52                      | 1,036.00                |
| 20               | 0.31                    | 3,084.13                        | 961.65                  | 2,930.62                   | 913.78                  | 3,105.22                      | 968.22                  |
| 21               | 0.29                    | 3,055.03                        | 898.65                  | 2,902.97                   | 853.92                  | 3,075.93                      | 904.80                  |
| 22               | 0.28                    | 3,025.94                        | 839.71                  | 2,875.32                   | 797.92                  | 3,046.63                      | 845.46                  |
| 23               | 0.26                    | 2,996.84                        | 784.56                  | 2,847.68                   | 745.51                  | 3,017.34                      | 789.93                  |
| 24               | 0.25                    | 2,967.75                        | 732.97                  | 2,820.03                   | 696.49                  | 2,988.04                      | 737.98                  |
| 25               | 0.23                    | 2,938.65                        | 684.70                  | 2,792.38                   | 650.62                  | 2,958.75                      | 689.38                  |
| NPV (บาท)        |                         | 15,808.04                       |                         | 17,591.90                  |                         | 12,882.77                     |                         |
| B/C Ratio (เท่า) |                         | 1.58                            |                         | 1.75                       |                         | 1.42                          |                         |
| Payback (ปี)     |                         | 7.51                            |                         | 6.77                       |                         | 8.34                          |                         |

## ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับจ่ายให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำในการวิจัยครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาสำหรับกระท่อมซึ่งสามารถให้น้ำขณะที่มีแสงอาทิตย์จัดได้ ทั้งนี้การนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ควรพิจารณาจากความเหมาะสมของการให้น้ำพืชชนิดนั้น ๆ ก่อน

2. การพัฒนาให้ระบบควบคุมการให้น้ำที่เป็นแบบอัตโนมัติผ่านระบบเครือข่ายไอโอที (IoT) จะช่วยให้การควบคุมและติดตามผลการให้น้ำพืชมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนสนับสนุนเครื่องมือทดสอบที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกกระท่อมในพื้นที่ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ที่อนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลการปลูก การดูแล และการติดตั้งและทดลองระบบที่นำเสนอในการวิจัยนี้



## References

- Ajik, M., & Kimjus, K. (2010). Vegetative propagation of sepat (*Mitragyna speciosa*). *Sepilok Bulletin*, 12(1), 1–11. <https://forest.sabah.gov.my/images/pdf/publication/sepilok-bulletin/Sepilok Bulletin .12.pdf>
- Ardpru, J., & Majaroen, N., (2013). *Design of 1 MW solar photovoltaic power plant* (Master's thesis). Srinakharinwirot University. Bangkok. (in Thai)
- Buraheng, N., Damrongrak, I., Wethaosod, S., & Pa-e-tae, A. (2022). *Prototype development Kratom cultivation under smart greenhouse that suitable for community enterprises*. Yala: Yala Rajabhat University. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2021). *Smart irrigation for crop production*. Bangkok: Technology Transfer and Development Bureau. (in Thai)
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (n.d.). *Generating electricity from solar energy*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- Division of Solar Energy Development. (2011). *Handbook for development and investment in renewable energy production, Vol2, solar energy*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- Home and Garden. (2022). *Publication document on delving into the story of "Kratom"*. Retrieved from <https://www.baanlaesuan.com/256350/plant-scoop/kratom>. (in Thai)
- Longe, T. (2016). *Handbook of Growing Kratom Plants*. California: Create Space Independent Publishing Platform
- Kajorndechusak, S., Panphiniij, S., Waenphet, W., & Kaiyawon, Y. (2009). Drip irrigation technology transferring. *RMUTP Research Journal*, 3(1), 97–105. (in Thai)
- Matichon News Agency. (2023). *Analytics 5 economic crops, seminar 'Income Guarantee' to revive the economy*. Retrieved from [https://www.matichon.co.th/politics/news\\_3178382](https://www.matichon.co.th/politics/news_3178382). (in Thai)

- Mitsanon, S., Lonphan, K., & Wamae, W. (2021). Feasibility study of electricity production system using floating solar a case study of Wang Din Sor Village, Phitsanulok Province. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 11(2), 81–91. (in Thai)
- Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2022). *Agricultural economic outlook*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Phonchokchai, S. (2023). *Open the rate of return on investment in 2023*. Retrieved from [https://www.area.co.th/thai/area\\_announce/area\\_press.php?strquey=press\\_announcement6816.htm](https://www.area.co.th/thai/area_announce/area_press.php?strquey=press_announcement6816.htm). (in Thai)
- Pongpeera, K., Pumchumpol, S., Po-Ngam, C., Namkhat, A., & Teeboonma, U. (2022). Simple sizing and testing of solar water pump system. *Proceeding of Research and Innovation for Sustainable Development Goals in the Next Normal (R&I for SDGs in the Next Normal)* (pp. 324–334). Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Pongvijarn, C., & Klongboonjit, S. (2022). The feasibility study of installing hybrid solar PV systems for residential building: A case study of an apartment with 26 rooms. *Ladkrabang Engineering Journal*, 39(3), 167–180. (in Thai)
- Project Management Office, Royal Irrigation Department. (2019). *Report on the master plan for river basin development at the Pathum Thani province level*. Bangkok: Project Management Office, Royal Irrigation Department. (in Thai)
- Punpitak, S., Dongsongkram, K., OnLoa, S., Yuttaart, K., & Pimpasi, A. (2021). Development of automatic irrigation controller system using wireless sensor to increase sugarcane production. *Journal of Applied Information Technology*, 7(2), 17–30. (in Thai)
- Saba, A., Juntakan, T., Hafiz, M.A., Yanjun, D.A.I., & Abrar, A. (2021). Feasibility study and economic analysis of grid connected solar powered net zero energy building (NZEB) of shopping mall for two different climates of Pakistan and Thailand. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26(6), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101049>
- Supahitanukul, C., Sripraphasorn, T., Wichaitanapat, Y., Ajjimakul, S., Boonpanya, A., Wongsamran, K., Kedari, J., & Hiranlap, J. (2021). Comparison between monitoring and simulated outputs of solar panels. *Proceeding of the 8th National Conference Nakhonratchasima College* (pp. 824–836). Nakhonratchasima: Nakhonratchasima College. (in Thai)
- Technology Broadcasting and News Division. (2023). *Solar electricity generation: Transmission and dissemination of solar energy use*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- The Standard Team. (2021). *Published documents of promoting kratom as an economic crop*. Retrieved from <https://thestandard.co/aims-to-push-kratom-as-a-cash-crop/>. (in Thai)

- Thongmeethip, K. (2021). Agricultural development in Thailand in terms of community development in terms of community development and quality of life and quality of lift. *Journal of Development Studies Thammasat university*, 4(1), 132–162. (in Thai)
- Wetchakan, K. (2017). *Performance analysis of 50 kWp floating PV system* (Master's thesis). Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Pathum Thani. (in Thai)

