

อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

พรหมพักตร์ บุญรักษา¹, อธิพงษ์ ย่องหยิ², จีรพรรณ หอมจันทร์³, ประจวบ พิระพงศ์⁴,

อุทัย อังเจริญ⁵, สมมาตร ทองคำ⁶, พชรินทร์ อินทมาส⁷

^{1, 2, 3}สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

^{4, 5, 6}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

⁷สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

E-mail: promphak.dawan@gmail.com

Received: Oct 4, 2022

Revised: Dec 13, 2022

Accepted: Dec 21, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี โดยแบ่งกรอบหัวข้อการวิจัยเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วยศักยภาพเชิงกายภาพ ศักยภาพเชิงเทคนิค และศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 199.06 MWh /Year ด้วยสมมติฐานภายใต้การคำนวณทางการเงินอัตราส่วนลด 6.5% ตลอดอายุการใช้งาน 25 ปีของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก ๆ 10 ปี สามารถทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ผลตอบแทนจากการลงทุนในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี พบว่าระยะเวลาคืนทุน 5.85 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 20% และสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี มีความเป็นไปได้และความสามารถในการทำกำไรให้กับผู้ประกอบการได้

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์, ศักยภาพเชิงเทคนิค ,การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

Evaluation of Technical Potential and Analysis of Investment Cost-Effectiveness of Rooftop Photovoltaic System Case Study:

Faculty of Engineering, Bangkok Thonburi University

Promphak Boonraksa¹, Itthipong Yongyee², Jeerawan Homjan³, Prachuab Peerapong⁴,

Uthai Ungcharoen⁵, Sommart thongkham⁶, Patcharin Inthamas⁷

^{1, 2, 3} School of Electrical Engineering Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of
Technology Suvarnabhumi

^{4, 5, 6} School of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Bangkok Thonburi University

⁷ Industrial Arts, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

E-mail: promphak.dawan@gmail.com

Received: Oct 4, 2022

Revised: Dec 13, 2022

Accepted: Dec 21, 2022

Abstract

This article presents a technical potential assessment and analysis of the investment cost-effectiveness of installing a solar rooftop power generation system. The research framework comprises three parts; the first is analyzing the physical potential of installing rooftop solar power generation systems. The second is exploring the technical potential, and the third is economic potential analysis—the energy simulation using the PVSYST program. The results of the study showed that electricity generation from the installation of solar power generation systems on the roof of the Faculty of Engineering building. Able to generate total electrical energy of 199.06 MWh/Year with the assumption under the financial calculation of a discount rate of 6.5% throughout the 25-year lifespan of solar cell installation and replacement of the inverter every ten years. From the economic analyses, the project has a positive net present value—return on investment in rooftop solar PV installations Faculty of Engineering Building Bangkok Thonburi University. The payback period is 5.85 years, the internal rate of return is 20%, and it can be concluded that the installation of solar power generation systems on the roof of the Faculty of Engineering building at Bangkok Thonburi University There is possibility and profitability for entrepreneurs.

Keywords : Photovoltaic Systems, Technical potential, Economic Analysis

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสการรักษ์โลกและปัญหาจากภาวะโลกร้อน ทำให้ผู้คนหันมาสนใจเรื่องพลังงานสะอาดกันมากขึ้น[1-2] ในส่วนของรัฐบาลไทยได้มีนโยบายให้ประชาชนหันมาสนใจการใช้พลังงานทดแทน ด้วยการรับซื้อไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์[3] รวมทั้งต้นทุนในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องร้อยละ 80 ในช่วงที่ผ่านมานี้[4] จึงทำให้มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์กันอย่างแพร่หลายมากกว่าเมื่อก่อน โดยเฉพาะการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา[5] ได้มีการติดตั้งตั้งแต่ในระดับครัวเรือนอยู่อาศัย ในอาคารโรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงอาคารในสถานศึกษา[6]

มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีเป็นสถาบันอุดมศึกษาเอกชนในประเทศไทย ตั้งอยู่ที่เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร เปิดสอนทั้งในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก บนพื้นที่ 188 ไร่ 2 งาน 8 ตารางวา[7] มีอาคารเรียน และอาคารสำนักงานอื่น ๆ รวมทั้งหมด 34 อาคาร (ไม่รวมอาคารหอพักนักศึกษา) ในการดำเนินการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก และมีแนวโน้มในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นในทุกปี และส่วนมากมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีจะใช้ไฟฟ้าในเวลากลางวัน จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย[8] งานวิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เชิงเทคนิคซึ่งมีผลวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่การศึกษา และผลการศึกษาศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ที่อัตราส่วนลด 7.08% พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ 7.41 ปีและผลตอบแทนภายใน 15% ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 10.97% ในปีแรกและสามารถลดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปีต่อไป และงานวิจัยเรื่อง การประเมินความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอาคารประเภทสนามกีฬา ในร่ม: กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[9] ผลการประเมินพบว่า ระบบมีค่าสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร้อยละ 68 มีค่าผลตอบแทนภายใน 13% ระยะเวลาคืนทุนที่ 7 ปี รวมถึง งานวิจัยเรื่อง การกำหนดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารเรียนในประเทศไทย: กรณีศึกษาโรงเรียนสระบุรีวิทยาคมแบบอาคารเรียนมาตรฐาน สพฐ. 108 ล./30 [10] ผลการวิจัยพบว่า อัตราผลตอบแทนภายใน 11.38% ระยะเวลาคืนทุน 7.89 ปี

จากงานวิจัยหลายวิจัยดังกล่าวพบว่าการวิเคราะห์เชิงเทคนิคจะขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่การศึกษา ในส่วนของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ NPV เป็นบวกทุกโครงการ ส่วนอัตราผลตอบแทนภายในจะมีค่า 11.38%-15% และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7 - 7.89 ปี อายุโครงการอยู่ที่ 20-25 ปี

แต่ในปัจจุบันนี้มีบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์การันตีอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 25-30 ปี[11] จึงเป็นประโยชน์หากสามารถ

ขยายอายุโครงการ 30 ปี รวมถึงอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้นตามค่า FT ที่ปรับตัวเพิ่มสูงในช่วงที่ผ่านมา [12] ทำให้การลงทุนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อัตราการคืนทุนสั้นลง

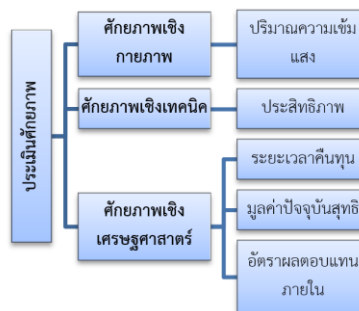
ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงงานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร โดยคณะผู้วิจัยทำการแบ่งกรอบหัวข้อการวิเคราะห์ศักยภาพออกเป็น 3 ด้าน ดังแสดงรายละเอียดการประเมินศักยภาพ ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบการวิจัยในการประเมินศักยภาพการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าบนหลังคาพื้นที่กรณีศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

1. ศักยภาพเชิงกายภาพของพื้นที่กรณีศึกษาในการประเมินศักยภาพของพื้นที่อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศใต้ โดยด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศใต้ ในการคำนวณพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์จึงคำนวณเฉพาะหลังคาด้านหน้าอาคาร เหตุผลเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรทำให้ได้รับปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้มข้นเกือบตลอดทั้งปี แต่เนื่องจากตำแหน่งของประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นมาด้านบน ทำให้การโคจรของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกของประเทศไทยอ้อมไปทางทิศใต้ จึงส่งผลให้การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้จะผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าทิศเหนือ[13] ทำการวัดพื้นที่หลังคาตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยใช้โปรแกรม Google Earth เป็นพื้นที่ขนาด 811.6 ตารางเมตร ประกอบไปด้วยด้านกว้างขนาด 9.45 เมตร และด้านยาว 85.89 เมตร แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 พื้นที่กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

และสำรวจโครงสร้างหลังคา ทำจากเหล็ก
ขนาดใหญ่สามารถรับน้ำหนักของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์จำนวนมากได้

การประเมินศักยภาพด้านกายภาพในปัจจุบัน
ของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถหาได้
สมการที่ (1)

$$P = I \times A \quad (1)$$

เมื่อ P คือ ศักยภาพเชิงกายภาพ กิโลวัตต์-
ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day), I คือ ค่าเฉลี่ยของค่า
ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อตารางเมตรต่อวันที่ซึ่ง
เกิดการลดทอนของทิศทางการติดตั้งและมุมเงย
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อ
ตารางเมตรต่อวัน (kWh/m²-day), A คือ พื้นที่
ทั้งหมด ตารางเมตร (m²) โดยที่ค่าเฉลี่ยความเข้ม
รังสีดวงอาทิตย์ต่อปี ซึ่งเกิดการลดทอนของทิศ
ทางการติดตั้งและมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
[8] สามารถหาได้จากสมการ (2)

$$I = \eta_t \times \eta_d \times \eta_s \times I_r \quad (2)$$

เมื่อ I คือ ค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มรังสีดวง
อาทิตย์ต่อตารางเมตรต่อวันที่ซึ่งเกิดการลดทอน

ของทิศทางการ ติดตั้งและมุมเงยของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน
(kWh/m²-day), η_t คือ ประสิทธิภาพจากมุมเงย
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์(%), η_d คือ ประสิทธิภาพ
จากทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์(%), η_s คือ
อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ได้รับแสงต่อพื้นที่ทั้งหมด
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์(%), I_r คือ ค่าเฉลี่ยของ
ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อตารางเมตรต่อวัน
กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อ วัน (kWh/m² -
day)[8]

ในงานวิจัยนี้สมมุติฐาน η_t, η_d, η_s เท่ากับ 100
เปอร์เซ็นต์และสมมุติฐานความเข้มแสงเฉลี่ย
ตลอดทั้งปีของพื้นที่กรณีศึกษา คือ 4.98
kWh/m²day[14]

2. ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์เป็นการ
ประเมินศักยภาพจากพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้จริง
ดังสมการที่ (3)

$$G = I \times A_{use} \quad (3)$$

เมื่อ G คือ ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์กิโลวัตต์-
ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day), I คือ ค่าเฉลี่ยของความ
เข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่อตารางเมตรต่อวันที่ซึ่งเกิด
การลดทอนของทิศทางการ ติดตั้งและมุมเงยของ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตาราง
เมตรต่อวัน (kWh/m²-day), A_{use} คือ พื้นที่ที่
เหมาะสม ตารางเมตร (m²)[8]

3. ศักยภาพเชิงเทคนิค

การประเมินศักยภาพด้านเทคนิค เป็นการ
นำผลที่ได้จากศักยภาพด้านภูมิศาสตร์โดย
คำนึงถึงความสูญเสียในการเปลี่ยนพลังงาน

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถคำนวณได้
ดังสมการ (4)

$$E = G \times \eta \times p_r \quad (4)$$

เมื่อ E คือ ศักยภาพด้านเทคนิค กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day), G คือ ศักยภาพด้านภูมิศาสตร์กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day), η คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการทดสอบ(%), p_r คือ สมรรถนะของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การคำนวณระยะห่างระหว่างแถวของแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อหลีกเลี่ยงเงาของแต่ละแถวที่จะพาดผ่านเงาของแถวด้านหลัง ระยะห่างต่ำที่สุด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5), (6) และหาศักยภาพดังสมการที่ (7)

$$D_{shadow} = \frac{h}{\tan \alpha} \quad (5)$$

$$d_{min} = D_{shadow} \times \cos \phi \quad (6)$$

เมื่อ d_{min} คือ ระยะห่างระหว่างแถวต่ำสุด มิลลิเมตร (mm.), D_{shadow} คือ ระยะแสงเงา มิลลิเมตร (mm.), ϕ คือ มุม Azimuth องศา

$$E = W \times N \times PSH \quad (7)$$

เมื่อ E คือ ศักยภาพด้านเทคนิค กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day), W คือ กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์วัตต์(W), N คือ จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผง, PSH คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานจริงชั่วโมง (Hrs)[8]

การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคในการวางมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้รับแสงได้ปริมาณมากตลอดทั้งวันเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ พื้นที่อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี มุมที่เหมาะสมในการติดตั้งคือ 15 องศา[15] สมรรถนะของระบบตาม IEA 2020 ให้ค่าสมรรถนะของระบบอยู่ที่ 80-90% เนื่องจากในทางปฏิบัติระบบเกิดการสูญเสียจากหลายของความเข้มแสงอาทิตย์ ฝุ่น ความต้านทานสายไฟฟ้า การสูญเสียจากอินเวอร์เตอร์ ปัจจัยเหล่านี้ก่อให้เกิดการสูญเสียในระบบทั้งสิ้น[16]

ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพระบบต่อศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในกรณีศึกษานี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เนื่องจากเป็นแผงเซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์เล็กน้อย และราคาถูกกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์ โดยประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีค่า 15.3 % ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถควบคุมที่อุณหภูมิได้งานวิจัยนี้จึงเลือกประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 14.64% ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบโดยการติดตั้งจริงและสมรรถนะระบบอยู่ที่ 0.85 [8] สมมุติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคเต็มพื้นที่ แสดงดังตารางที่ 1 และ สมมุติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคเว้นระยะระหว่างเซลล์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมมุติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคเต็มพื้นที่

ข้อมูล	สมมุติฐาน
ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์	14.64% ชนิดโพลีคริสตัลไลน์
สมรรถนะระบบ	0.85

ตารางที่ 2 สมมุติฐานการประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคในระยะเวลาระหว่างเซลล์

ข้อมูล	สมมุติฐาน
ชนิดแผงเซลล์	โพลีคริสตัลไลน์
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	340 W/แผง
ขนาดแผง	99.20x195.60
มุมในการติดตั้ง	15 องศา[15]
PSH	4.36 ชม./วัน[8]

4. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่[16-18] โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เทคนิคนี้เป็นวิธีที่สามารถบอกความเสี่ยงของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น จะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังสมการที่ (8) [19]

$$Payback = \frac{Total\ Investment}{Unit\ per\ year * FiT} \quad (8)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง, ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ (20 ปี) [19]

4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ (9) [15]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (9)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), ES_t คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate), t คือ Time of cash flow,เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการมีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน [19]

4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount

rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (10) [19]

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (10)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, ES_t คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), I_0 คือ เงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้น จะพิจารณา ดังนี้

- หาก $IRR >$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็น่าสนใจลงทุน
- หาก $IRR <$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็น่าสนใจไม่ลงทุน [19]

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้ คือ ผลการศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพและเชิงเทคนิค และผลการศึกษาการประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์

1. ผลการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ

ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ของพื้นที่ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ด้านหน้าตัวอาคารหันไปทางทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดเฉลี่ยมากที่สุดในตลอดทั้งวัน และโครงหลังคาความแข็งแรงคงทนสามารถรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ในส่วนของค่าความเข้มแสงตกกระทบ ค่าอุณหภูมิแวดล้อม ค่าความเร็วลม และค่าความชื้น โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี

ตารางที่ 3 ศักยภาพเชิงกายภาพกรณีศึกษา

กรณีศึกษา:อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	พื้นที่ (ตรม.)	ความเข้มรังสี (kWh/m ² /day)	ศักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)
โดยไม่คำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง	811.6	4.98	4041.76

จากตารางที่ 3 พบว่าศักยภาพเชิงกายภาพเฉลี่ยตลอดทั้งปีบนพื้นที่ 811.6 ตารางเมตร อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีศักยภาพผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 4041.76 kWh/day

2. ผลการประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์

การประเมินศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ประเมินศักยภาพจากพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้จริง เนื่องจากบริเวณหลังคามีบริเวณที่ไม่สามารถติดตั้งได้ เช่น พื้นที่ติดตั้งถังเก็บน้ำ ผู้วิจัยทำการตัดพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งได้แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ กรณีศึกษา

กรณีศึกษา:อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	พื้นที่ (ตรม.)	ความเข้มรังสี (kWh/m ² /day)	คักยภาพเชิงกายภาพ (kWh/day)
โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้ง	664	4.98	3306.72

จากตารางที่ 4 พบว่าคักยภาพเชิงกายภาพเฉลี่ยตลอดทั้งปีบนพื้นที่ 664 ตารางเมตร อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีคักยภาพผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3306.72kWh/day

3. ผลการประเมินคักยภาพเชิงเทคนิค
ผลการประเมินคักยภาพเชิงเทคนิคงานวิจัยนี้ได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ ติดตั้งเต็มพื้นที่ และกรณีเว้นระยะห่างระหว่างแผงเซลล์

ตารางที่ 5 คักยภาพเชิงเทคนิค กรณีศึกษา

กรณีศึกษา:อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	คักยภาพเชิง ภูมิศาสตร์ (kWh)	ประสิทธิภาพ แผงเซลล์	สมรรถนะ ระบบ	คักยภาพเชิง เทคนิค (kWh/day)
ติดตั้งเต็มพื้นที่	3306.72	14.64	0.85	424.45
ติดตั้งเว้นระยะห่างระหว่างแผงเซลล์(จำนวน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 254 ,ขนาดแผง 340 W และพื้นที่ติดตั้งจริง)	3306.72	14.64	0.85	376.53

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ ในการประเมิน

ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: 340 W พารามิเตอร์(at STC)	
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	340 W
แรงดันไฟฟ้า ณ จุด P_{max} (V_{mp})	38.73 V
กระแสไฟฟ้า ณ จุด P_{max} (I_{mp})	8.99 A
แรงดันวงจรเปิด (V_{oc})	47.43 V
กระแสลัดวงจร (I_{sc})	9.89 A

การหาขนาดของอินเวอร์เตอร์ให้พิจารณาเสมอว่าอาจจะมีกรเพิ่มโหลดใหม่เข้าสู่ระบบโดยสมมติว่า มีการดึงพลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และควรแปลงพิกัดเป็นวัตต์ (W) ทำได้โดยการ

หารพิกัดกำลังเนื่องด้วยร้อยละ 80 เนื่องจากระบบกรณีศึกษาเป็นระบบแบบ On-grid System

4. ผลการศึกษาการประเมินคักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนของโครงการการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

ข้อมูลที่ต้องพิจารณาประกอบด้วย เงินลงทุนครั้งแรกของโครงการ เพื่อให้สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน และกำไรที่คาดว่าจะได้รับข้อมูลเงินลงทุนครั้งแรกของโครงการแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 7 ข้อมูลเงินลงทุนครั้งแรกของโครงการ

ลำดับ	ข้อมูล	จำนวนเงิน (บาท)
1	ราคารวมแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ขนาด 340 W จำนวน 254 แผง ราคาต่อแผง 3,290 บาท	835,660
3	ราคารวมอินเวอร์เตอร์ ขนาด 20kW จำนวน 8 ตัว ราคาต่อตัว 80,000 บาท	640,000
4	ราคาค่าแรงการติดตั้ง รวมสายไฟฟ้า ราคาสายไฟต่อแผง 1712 บาท	434,848
5	ราคารวมค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	60,000
	เงินลงทุนทั้งหมด	1,970,508

ผลการศึกษาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 376.53 kWh /day ด้วยสมมติฐานภายใต้การคำนวณทางการเงินอัตราส่วนลด 6.5% ตลอดอายุการใช้งาน 25 ปีของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก ๆ 10 ปีสามารถทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ผลตอบแทนจากการลงทุนในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แสงอาทิตย์บนหลังคา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี พบว่าระยะเวลาคืนทุน 5.85 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 20%

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ มีความคุ้มค่าในการลงทุน มีค่าข้อมูลปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราค่าผลตอบแทนภายในมีค่าบวก ระยะ

การคืนทุนสั้น ด้วยเหตุผลนี้ เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มต้นทุนราคาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับตลาดในประเทศไทยมีการขยายตัวและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น ทำให้การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามิแนวโน้มที่จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเทียบกับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานในอาคารเดือน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา กรณีศึกษา: อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี สำหรับการประเมินศักยภาพเชิงกายภาพ พิจารณาจากเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ปริมาณ ความเข้มดวงอาทิตย์เท่ากับ 4.98 kWh/m²/day คำนวณจากพื้นที่ที่เหมาะสมสามารถติดตั้งระบบได้จริง กำหนดให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้านทิศใต้ ทำมุม 15 องศา และพื้นที่รับแสงเต็มพื้นที่ พบว่า ศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์มีศักยภาพเท่ากับ 199.06 MWh/Year การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์และ ความคุ้มค่าในการลงทุน ได้ทำการเปรียบเทียบถึงระยะเวลาในการคืนทุนในการ ติดตั้งการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์การประเมิน ศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า ตลอดอายุการใช้งาน 25 ปีของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก ๆ 10 ปีสามารถทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ผลตอบแทนจากการลงทุนในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แสงอาทิตย์บนหลังคา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

ระยะเวลาคืนทุน 5.85 ปี อัตราผลตอบแทนภายใน 20% และสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้ง ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร สรุปลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคานั้น มีอัตราการคืนทุนที่เหมาะสมสำหรับการลงทุน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ และอนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาให้นักวิจัยได้ทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- [1] T. Panyasit, "Performance simulation of a very small solar power plant installed on a plateau. Mae Sariang District Mae Hong Son Province," The 16th heat energy and mass transfer in thermal and process equipment conference, 2017, pp. 277-285.
- [2] J. H. Kalicki and D. L. Goldwyn, "Energy and security: Strategies for a world in transition," Washington: Woodrow Wilson Center Press, 2013.
- [3] Energy Regulatory Commission. (2022). The purchase of electricity from solar power generation installed on the roof.[Online].Available from : <http://www.erc.or.th>.
- [4] J. Kimsunthorn, "Solar System Installation Simulation by PVSYS Software," the 31st Meeting of the Mechanical Engineering Network of Thailand (MENET), 2017, pp. 23(1)- 23(8).
- [5] W. Chansela and W. Ingkarojrit, "Feasibility assessment of solar power generation Roof-mounted indoor stadium type: a case study of Chulalongkorn University," J-D : Academic Journal environment design, 2020.
- [6] C. Chakpatanachit, "Simulation of a floating photovoltaic power generation system in Bang Phra Reservoir," Substance Engineering MG 20, 2006, pp. 34-46.
- [7] Wikipedia, the free encyclopedia. (2022). Bangkok Thonburi University. [Online].Available from : <https://th.wikipedia.org/wiki>.
- [8] N.Suwanasang and S.tongsopit, " An Assessment of the Technical and Economic Potential of Rooftop Solar Systems on Chulalongkorn University's Buildings", *Journal of Energy Research*. vol.12 no.2, 2015, pp 59-74.

- [9] W. Chansela and V. Inkarojrit, "Feasibility assessment of solar rooftop systems for gymnasium: case study of Chulalongkorn University," JOURNAL OF ENVIRONMENTAL DESIGN, 2020.
- [10] W. Srisongkram, (2020). Determining appropriate guidelines for school building solar rooftop systems in Thailand: a case study of Saraburiwittayakhom School, the standard building, OBEC 108 L/30, Thammasat University Thesis.
- [11] Solar panel LONGi size 5 3 5 Wp, Kasetphand Industry Company Limited [Online]. Available from: <https://kpi-shop.com/en/>.
- [12] Latest Ft, Metropolitan Electricity Authority, Thailand. [Online]. Available from: <https://www.meo.or.th/download/2985/3195>.
- [13] S. Thongsuk and A. Ngophithakkul, "A Study of Efficiency and Cost-Effectiveness of Solar PV Systems Installed on Rooftops," Srinakharinwirot University Journal (Science and Technology), 2018, pp. 157-169.
- [14] W. Chaengsawang. (2010). Renewable Energy Publisher of Chulalongkorn University.
- [15] W. Wamae, L. Sini and E. Singhadet. "Evaluation of the Power Generation System from Floating Solar Cells for Schools in the Southern Border Provinces." Journal of Renewable Energy to Communities, 2021, pp. 50-57.
- [16] N. Khaosa-at and S. Petchsuwan. "Study on the performance of a solar cell system connected to the transmission line of the Yupparajtaphan Hin Hospital Accident Building." Phichit Province. Journal of Renewable Energy to Communities, 2021, pp. 35-40.
- [17] LIFE studies. (2022). Financial feasibility analysis of the project. [Online]. Available from : https://www.lifestudies.net/Article_202_08_40.html.
- [18] K. Prataknukul and S. Rattanakuekangwan. "Analysis of investment conditions for small private power producers." Energy Research Journal, 2011, pp. 87-95.
- [19] K. Kusuwan. "Financial and Economic Returns of Small Power Producer Projects in the Case of the Combined Heat and Electricity Generation System Using Natural Gas and Biomass as fuel." Master's Thesis in Economics Pathum Thani : Thammasat University, 2002.