

การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

THE STUDY OF THE FINANCIAL VIABILITY OF RESIDENTIAL SOLAR ROOFTOP INVESTMENT IN THE CENTRAL REGION OF THAILAND

กัญญาณัฐ สายวิโรจน์สกุล^{1*} มานะ ลักษณะมีอรุณไทย² ชิตตะวัน ชนะกุล³

Kanyanat Saiwirojsakul¹ Mana Luksamee-Arunothai² Chittawan Chanagul³

¹ เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ) คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{2,3} ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Master of Economics (Business Economics), Faculty of Economics, Kasetsart University

^{2,3} Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (2) ทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนและประเมินความเสี่ยงในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์และคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน โครงการ และระยะเวลาคืนทุน จากนั้นจึงนำมาพิจารณาตามหลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน และวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้งด้านต้นทุนและด้านรายได้ รวมทั้งทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนของอัตราการรับซื้อไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเงินลงทุน ที่ทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน

ผลการศึกษา พบว่า การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในกรณีฐาน โดยกำหนดสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนหนี้สินต่อทุน เท่ากับ 50:50 พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน แต่ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ในกรณีที่แหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 ทำให้มีต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับร้อยละ 2.35 พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน

การวิเคราะห์การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน พบว่า อัตราการรับซื้อไฟฟ้า ตั้งแต่ 3.1927 บาทต่อหน่วยขึ้นไป หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อราย ตั้งแต่ 36,420.89 หน่วยต่อปี หรือเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 144,870.64 บาท จึงจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ: ความคุ้มค่าทางการเงิน, ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา, พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

* E-mail address: kanyanat.saiw@ku.th ¹ fecomnl@ku.ac.th ² fecoakl@ku.ac.th ³

ABSTRACT

The objectives of this research article were to (1) to study the financial viability of Residential Solar Rooftop Investment in the Central Region of Thailand, (2) to examine the switching value test and analyze the risk of Residential Solar Rooftop Investment in the Central Region of Thailand. In this study, the net present value (NPV), internal project rate of return (IRR), and payback period were calculated. Then, it assessed the financial viability of the investment and performed a sensitivity analysis for changes in cost and revenue. It also conducted the switching value test for changes in the power purchase rate, electricity consumption, and investment cost.

The result of the study found that: The baseline results of the financial viability analysis with a debt-to-equity (D/E) ratio of 50:50 indicated that the project was not financially viable. However, when the study assessed a sensitivity analysis with the D/E ratio of 0:100, the result was a weighted average cost of capital (WACC) of 2.35%, so the results indicated that the project was financially viable.

The results of the switching value test showed that the investment project was financially viable when the power purchase rate was no lower than 3.1927 baht per unit, or the electricity consumption was no less than 36,420.89 units per year (or 3,035.07 units per month), or the investment cost was less than or equal to 144,870.64 baht.

Keywords: Financial Viability, Solar Rooftop, The Central Region of Thailand

บทนำ

ภายใต้สถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงไป พลังงานยังคงมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาทุกประเทศทั่วโลกต่างเผชิญกับปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) ทำให้แต่ละประเทศได้ร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว สำหรับสถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายภาคเศรษฐกิจของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 - 2564 พบว่า ภาคการผลิตไฟฟ้ามีส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด โดยเฉลี่ยปีละ 95 ล้านตัน CO₂ ดังนั้นภาครัฐจึงมีนโยบายหันมาส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2564)

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นกระทรวงพลังงานจึงได้ออกนโยบายเพื่อสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา โดยคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เปิดตัวโครงการ “โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564” หรือเรียกว่า “โครงการโซลาร์ประชาชน ปี พ.ศ. 2564” ซึ่งเป็นโครงการที่เปิดให้ภาคครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (Distribution System) ของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ให้สามารถขายไฟส่วนที่เหลือจากการใช้เองเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายได้ โดยกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าในอัตรา 2.20 บาทต่อหน่วย มีระยะเวลารับซื้อไฟฟ้า 10 ปี ซึ่งผู้เข้าร่วมโครงการจะต้องเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 เฉพาะบ้านอยู่อาศัย (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2564) ทั้งนี้จากข้อมูล ณ เดือนพฤศจิกายน 2564 มีผู้เข้าร่วมโครงการรวม 654 ราย กำลังการผลิตรวม 3.134 เมกะวัตต์ (MW) จากเป้าหมายกำหนดไว้จำนวน 50 MW (ศูนย์ข่าวพลังงาน, 2564)

ทั้งนี้จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องทั้งหมด พบว่า วิภา เล็กกุลวัฒน์ (2559) ได้ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่องการส่งเสริมการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี กรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.2 kWp มีอัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกเฉลี่ย เท่ากับ 3.8586 บาทต่อหน่วย มีความคุ้มค่าในการลงทุน (ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 6.57) สำหรับกรณีเข้าร่วมโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ซึ่งเป็นการรับซื้อไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2557-2558 ระยะเวลาสับสนับสนุน 25 ปี สำหรับบ้านอยู่อาศัย ณ อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) เท่ากับ 6.85 บาทต่อหน่วย จุฬารัตน์ จำปรัตน์ (2558)

ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 10 kWp ณ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน (ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 9.30) และสุพร ตีงาม (2558) ได้ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3 kWp ซึ่งเป็นการศึกษาในพื้นที่จังหวัดนครปฐม พบว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน (ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 10) แต่ถ้าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้เพิ่มขึ้น ลดต้นทุนค่าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการศึกษาอัตราการรับซื้อไฟฟ้าตามนโยบายของภาครัฐ ในปี 2557-2558 ซึ่งมีอัตราการรับซื้อไฟฟ้า เท่ากับ 6.85 บาทต่อหน่วย แต่ปัจจุบันนโยบายภาครัฐได้เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้อัตราการรับซื้อไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ซึ่งปัจจุบันปรับลดลงเหลือ 2.20 บาทต่อหน่วย ประกอบกับพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ครัวเรือนมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนสูงเป็นอันดับ 2 รองจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและ 3 จังหวัด (นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ) ทั้งนี้ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัยโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 3 กิโลวัตต์ 5 กิโลวัตต์ และ 10 กิโลวัตต์ แต่ทั้งนี้ตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559 กำหนดไว้ว่าผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบเฟสเดียวได้ หากกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 5 kWp ซึ่งในปี 2564 เงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ อยู่ที่ประมาณ 200,000 บาท (ศูนย์วิจัย Krungthai COMPASS ธนาคารกรุงไทย, 2564) ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งทำการศึกษขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ เนื่องจากเป็นขนาดกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้ระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบเฟสเดียว โดยผลการวิจัยฉบับนี้ประชาชนสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการดังกล่าว นอกจากนี้ ภาครัฐยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบการจัดทำนโยบายเพื่อสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอนาคต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแผนที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย
2. เพื่อทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test: SVT) และประเมินความเสี่ยงในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาผู้ใช้ไฟฟ้าของ กฟภ. ประเภทบ้านอยู่อาศัยที่มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยต่อเดือน (ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1.1.2) ในพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งมีจำนวนประมาณ 1,469,860 ราย โดยอ้างอิงข้อมูลค่าเฉลี่ยปี พ.ศ. 2559-2563

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุน คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) เนื่องจากการเปรียบเทียบกระแสเงินสดรับ (Cash Inflows) เทียบกับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน (Cash Outflows) ในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และร้อยละของผลตอบแทน ซึ่งหากใช้ทั้งสองเครื่องมือนี้ในการตัดสินใจลงทุนในโครงการ จะมีผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

นอกจากนี้ได้นำระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เข้ามาช่วยในการตัดสินใจร่วมด้วย เนื่องจากเป็นการพิจารณาระยะเวลาที่โครงการจะได้รับเงินที่จ่ายลงทุนคืนมาจากเงินสดรับเข้าจากโครงการจ่ายลงทุน

2.1 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

โดยที่ NCF คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละงวด

r คือ อัตราคิดลด (Discount rate)

I คือ เงินลงทุนครั้งแรก

t คือ ปีที่ 1 ถึงปีที่ n

โดยค่า NPV มีความหมายสำหรับการประเมินค่าโครงการ คือหากค่า NPV ของโครงการใดมีค่าเท่ากับ “ศูนย์” หมายความว่า การลงทุนดังกล่าวไม่มีกำไร (NPV = 0) ถ้าหากมูลค่า NPV ที่คำนวณได้มีค่าเป็น “บวก” ควรลงทุนในโครงการนั้นได้ เพราะเป็นโครงการที่มีผลกำไรสุทธิ และควรปฏิเสธโครงการลงทุนที่มีค่า NPV เป็น “ลบ” เนื่องจากไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

2.2 การคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนหรืออัตราคิดลดที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนในโครงการที่พิจารณาเฉลี่ยต่อปีตลอดอายุโครงการการลงทุน คืออัตราคิดลดที่สูงที่สุดที่โครงการจะสามารถจ่ายให้กับทรัพยากรต่างๆ ซึ่งเมื่อจ่ายแล้วโครงการนั้นจะยังคงมีผลประโยชน์เท่ากับต้นทุนทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากอัตราคิดลดที่มีผลให้มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PVB) โดยอัตราดังกล่าวจะแสดงถึงความสามารถของเงินทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนเพื่อการนั้น ๆ พอดี หรือการหาอัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ “ศูนย์”

2.3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน - กระแสเงินสดรับรายปีสะสมไปเรื่อย ๆ จนเงินลงทุนมีค่าเป็นศูนย์โดยจำนวนปีที่ต้องสะสมกระแสเงินสดสุทธิเพื่อให้เงินลงทุนได้คืนมาครบ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์บริษัทผู้ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวน 3 ราย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และบริษัทประกันภัยจำนวน 3 ราย โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลปฐมภูมิที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	ปี พ.ศ.	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลประมาณการเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา	2564	ข้อมูลจากบริษัทผู้ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวน 3 ราย ¹
2. ข้อมูลประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา	2564	ข้อมูลจากบริษัทผู้ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวน 3 ราย ¹
3. ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) ในพื้นที่ภาคกลาง	2559 - 2563	ข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4. ข้อมูลประมาณการค่าเบี้ยประกันอัคคีภัย	2564	ข้อมูลจากบริษัทประกันภัยจำนวน 3 ราย ²

หมายเหตุ: ¹ บริษัทผู้ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาให้เป็นไปตามมาตรฐานของ กฟผ. ในการรับซื้อไฟฟ้า รวมทั้งสามารถดำเนินการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจากภาครัฐให้ทั้งกระบวนการ ได้แก่ ขออนุญาตติดตั้ง ขออนุญาตไฟ และขออนุญาตขายไฟคืนภาครัฐ

² เป็นบริษัทประกันภัยที่มีทุนจดทะเบียนตั้งแต่ 500 ล้านบาทขึ้นไป และมีประสบการณ์การดำเนินธุรกิจประกันภัยมากกว่า 10 ปี

ที่มา: รวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประกาศของหน่วยงาน เอกสาร รายงาน และข้อมูลที่ปรากฏในเว็บไซต์ของหน่วยงานต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	ปี พ.ศ.	แหล่งที่มา
1. อัตราค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558	2558	อ้างอิงจากประกาศของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่องการทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558
2. อัตราการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชน ประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564	2564	อ้างอิงจากประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชน ประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 ของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
3. ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยปี พ.ศ. 2563	2563	อ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
4. ระยะเวลาในการรับแสงอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวัน	2560	
5. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	2560	
6. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ปี พ.ศ. 2564	2564	อ้างอิงจากสินเชื่อโครงการพิเศษรับประกันการประหยัดพลังงาน (Solar rooftop) ธนาคารสิริไทย ปี 2564
7. ต้นทุนเงินลงทุนส่วนของเจ้าของ ปี พ.ศ. 2564	2564	อ้างอิงจากอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยของพันธบัตรรัฐบาลอายุ 10 ปี ที่ออกจำหน่ายในปี 2564

ที่มา: รวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ขั้นตอนแรกดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ (รายละเอียดดังที่กล่าวข้างต้น) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

4.2 กำหนดสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.2.1 สมมติฐานด้านการเงิน

ตารางที่ 3 สมมติฐานด้านการเงิน

รายการ	รายละเอียด	
1. อัตราส่วนหนี้สินต่อทุน (D:E)	50:50	
2. ต้นทุนเงินทุนในส่วนของเจ้าของ ¹	2.35	% ต่อปี
3. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	4.79	% ต่อปี
4. ระยะเวลาในการกู้	5	ปี
5. ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC) ²	3.57	%
6. อัตราเงินเฟ้อ ³	3	% ต่อปี

หมายเหตุ ¹ ต้นทุนเงินลงทุนส่วนของเจ้าของ เท่ากับอัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาลอายุ 10 ปี โดยอ้างอิงจากอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยของพันธบัตรรัฐบาลอายุ 10 ปี ที่ออกจำหน่ายในปี 2564 ซึ่งเท่ากับร้อยละ 2.35 ต่อปี

² คำนวณจาก $WACC = W_e * K_e + W_d * K_d * (1 - T) = 50\% * 2.35\% + 50\% * 4.97\% = 3.57\%$

³ อัตราเงินเฟ้อ เท่ากับร้อยละ 3 ต่อปี โดยอ้างอิงกรอบเป้าหมายอัตราเงินเฟ้อทั่วไปสูงสุด ตามนโยบายการเงินด้านเสถียรภาพราคา (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2564, ออนไลน์)

4.2.2 สมมติฐานด้านเทคนิค

ตารางที่ 4 สมมติฐานด้านเทคนิค

รายการ	รายละเอียด	
1. กำลังการผลิตติดตั้ง	5	กิโลวัตต์/ครัวเรือน
2. เทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ประเภท Monocrystalline	
3. พื้นที่หลังคา ¹	35	ตารางเมตร
4. ระยะเวลาในการรับแสงอาทิตย์ต่อวัน	5	ชั่วโมง/วัน
5. อัตราการเสื่อมสภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ²	0.5	% ต่อปี
6. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำงาน ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) ในพื้นที่ภาคกลาง ³	คงที่ตลอดอายุโครงการ	
7. ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ⁴	4.999	หน่วย/ตารางเมตร/วัน
8. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	17.50	%
9. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ ⁵	ลดลงร้อยละ 0.5 ต่อปี ตามอัตราการเสื่อมสภาพของแผงโซลาร์เซลล์	

หมายเหตุ ¹ อ้างอิงกองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560, ออนไลน์

² อ้างอิงศูนย์องค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562, น. 19

³ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำงาน (หน่วย/ปี/ราย) คำนวณจาก ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย/วัน/ราย) * 20.80% * จำนวนวันต่อปี (กำหนดให้ 1 ปี เท่ากับ 365 วัน)

⁴ การศึกษาครั้งนี้ใช้เป็นค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีจากสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้ง 5 สถานีในพื้นที่ภาคกลาง โดยอ้างอิงข้อมูลในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.999 หน่วย/ตารางเมตร/วัน (kWh/m²-day)

⁵ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ (หน่วย/ปี) คำนวณจาก ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (หน่วย/ตารางเมตร/วัน) * 365 วัน * 35 ตารางเมตร * 17.50%

4.3 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน โดยจัดทำประมาณการเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและค่าเสื่อมราคา รวมทั้งประมาณการผลตอบแทน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือผลประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า และรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้งาน จากนั้นจึงจัดทำงบกำไรขาดทุน เพื่อสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพในการดำเนินงาน รวมทั้งประมาณการงบกระแสเงินสด เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแสเงินสดรับเข้า (Cash Inflow) และกระแสเงินสดจ่ายออก (Cash Outflow) ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของโครงการ ทั้งนี้เมื่อจัดทำงบกระแสเงินสดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการตามหลักเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน

4.4 พิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน มีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่ามากกว่า 0

4.4.2 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่า ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) (3.57%)

5.4.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) น้อยกว่าอายุโครงการ

4.5 การประเมินความเสี่ยงในการลงทุน สำหรับในการศึกษานี้ ทำการประเมินความเสี่ยงในการลงทุน โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

4.5.1 วิธีการวิเคราะห์อ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก คือ

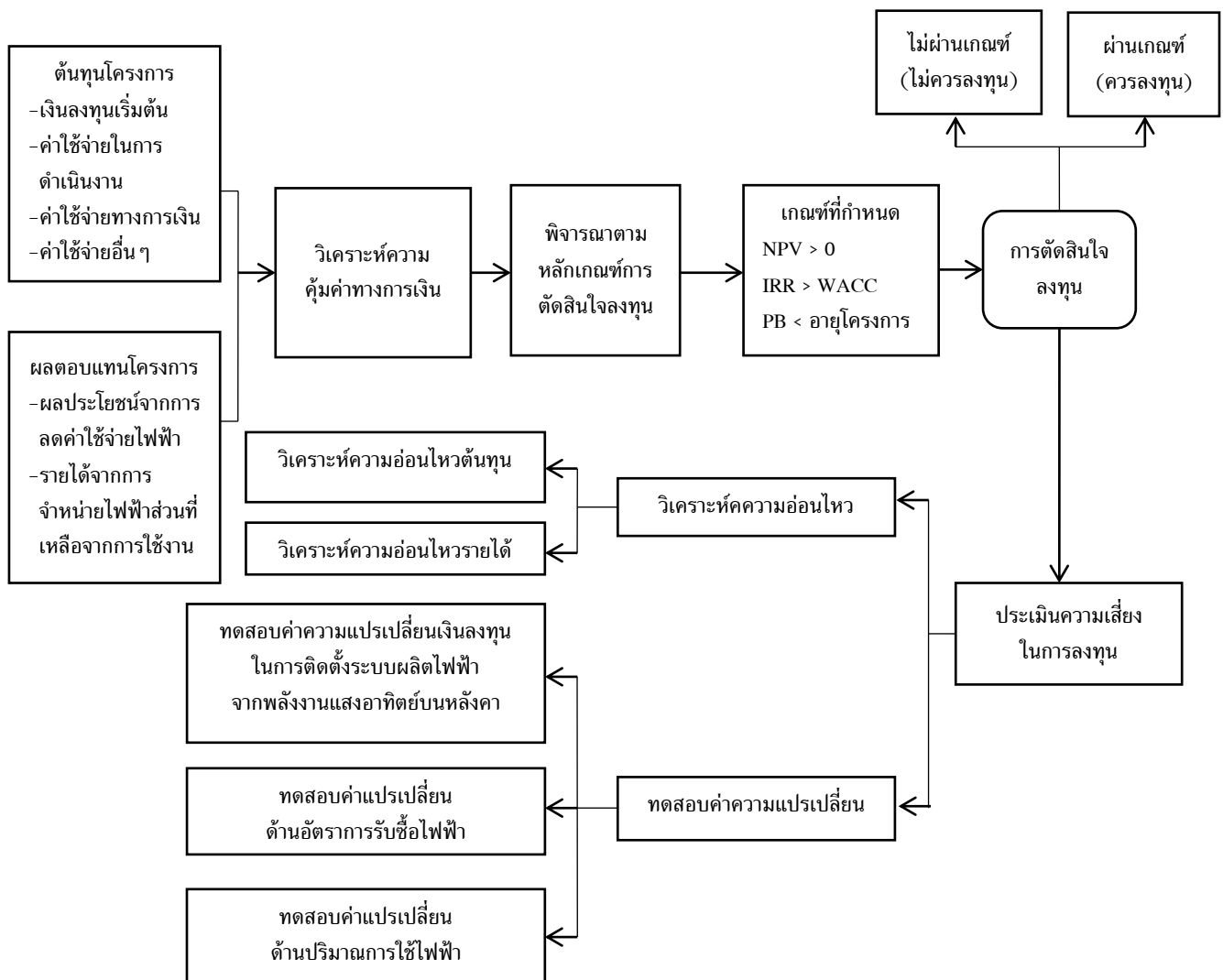
กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านต้นทุน ซึ่งพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนติดตั้งในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาตลอดร้อยละ 5 และ 10 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่ รวมทั้งพิจารณาในกรณีสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนมีการเปลี่ยนแปลง โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นกรณีสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 และกรณีสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนมาจากเงินกู้ร้อยละ 100

กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านรายได้ เป็นการพิจารณาปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 5 และ 10 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่ รวมทั้งกรณีอัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 5 และ 10 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่

4.5.2 วิธีการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test: SVT)

ทำการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test: SVT) ของปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของโครงการ ได้แก่ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์ หรืออัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย พบว่า

1. ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ (kWp) เป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยกำหนดอายุโครงการ 10 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 – 2574) ตามระยะเวลาการรับซื้อไฟฟ้าของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 และเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ เป็นประเภท Monocrystalline เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง สามารถผลิตพลังงานได้สูงสุด

ทั้งนี้ได้จัดทำประมาณการเงินลงทุน และค่าใช้จ่าย (รายละเอียดดังตารางที่ 5) และประมาณการค่าเสื่อมราคาของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยใช้วิธีการคำนวณค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง เท่ากับ 18,674.87 บาท/ปี จากนั้นทำการประมาณการผลตอบแทน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า (บาท/ปี) (รายละเอียดดังตารางที่ 6) และรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้งาน (บาท/ปี) (รายละเอียดดังตารางที่ 7)

จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (รายละเอียดดังตารางที่ 8) พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุโครงการ 10 ปี เท่ากับ -63,133.76 บาท (ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับ ร้อยละ 3.57) มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ -2.34 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตามหลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ ดังนั้น โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน

ตารางที่ 5 ประมาณการเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย

หน่วย: บาท

ปีที่	เงินลงทุนเริ่มต้น	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน		ค่าใช้จ่ายทางการเงิน ³	รวม
		ต้นทุนคงที่ ¹	ต้นทุนผันแปร ²		
0	186,748.67				186,748.67
1	-	646.00	2,500.00	21,048.00	24,194.00
2	-	646.00	2,575.00	21,048.00	24,269.00
3	-	646.00	2,652.25	21,048.00	24,346.25
4	-	646.00	2,731.82	21,048.00	24,425.82
5	-	646.00	2,813.77	20,988.43	24,448.21
6	-	646.00	2,898.19	-	3,544.19
7	-	646.00	2,985.13	-	3,631.13
8	-	646.00	3,074.68	-	3,720.68
9	-	646.00	3,166.93	-	3,812.93
10	-	646.00	3,261.93	-	3,907.93
รวม	186,748.67	6,460.00	28,659.70	105,180.43	327,048.80

หมายเหตุ: ¹ ต้นทุนคงที่ คือ ค่าเบี้ยประกันอัคคีภัย

² ต้นทุนผันแปร คือ ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (เพิ่มขึ้นปีละ 3%)

³ ค่าใช้จ่ายทางการเงิน คือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องชำระคืนเงินต้นและดอกเบี้ย โดยมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ เท่ากับ ร้อยละ 4.97 ต่อปี ซึ่งมีระยะเวลาในการกู้ เท่ากับ 5 ปี ทั้งนี้จากการคำนวณในปีที่ 1-4 โครงการมีค่าใช้จ่ายทางการเงิน เท่ากับ 21,048 บาท และในปีที่ 5 เท่ากับ 20,988.43 บาท

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 6 ประเมินการผลประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)

ปีที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท บ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) ใน พื้นที่ภาคกลาง (หน่วย/ราย)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์ทำงาน (หน่วย/ ราย)	อัตราค่าไฟฟ้า ² (บาท/หน่วย)	ผลประโยชน์จากการลด ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า (บาท)
	(1)	(2) = (1) * 20.80% ¹	(3)	(4) = (2)*(3)
0	-	-	-	-
1	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
2	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
3	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
4	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
5	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
6	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
7	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
8	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
9	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
10	15,690.97	3,268.95	3.9640	12,958.02
รวม				12,958.02

หมายเหตุ: ¹ 20.80% คือ สัดส่วนจำนวนชั่วโมงในช่วงที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานต่อวัน

² อัตราค่าไฟฟ้า เท่ากับ 3.9640 บาท/หน่วย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้บริโภคประเภท 1.1.2 โดยอ้างอิงตาม
ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่องการทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 7 ประเมินการรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้งาน (บาท/ปี)

ปีที่	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วง ที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์ทำงาน (หน่วย/ ราย)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์ผลิตได้ (หน่วย)	ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าส่วนที่เหลือ จากการใช้งาน (หน่วย)	อัตราการรับซื้อ ไฟฟ้า ¹ (บาท/หน่วย)	รายได้จากการ จำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่ เหลือจากการใช้งาน (บาท)
	(1)	(2)	(3) = (2)-(1)	(4)	(5) = (3)*(4)
0	-	-	-	-	-
1	3,268.95	11,175.89	7,906.94	2.20	17,395.26
2	3,268.95	11,120.01	7,851.01	2.20	17,272.33
3	3,268.95	11,064.41	7,795.41	2.20	17,150.01
4	3,268.95	11,009.09	7,740.09	2.20	17,028.30
5	3,268.95	10,954.04	7,685.04	2.20	16,907.20
6	3,268.95	10,899.27	7,630.27	2.20	16,786.70
7	3,268.95	10,844.78	7,575.78	2.20	16,666.81
8	3,268.95	10,790.55	7,521.55	2.20	16,547.52
9	3,268.95	10,736.60	7,467.60	2.20	16,428.82
10	3,268.95	10,682.92	7,413.92	2.20	16,310.72
รวม					168,493.66

หมายเหตุ: ¹ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า เท่ากับ 2.20 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน
แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชน ประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

หน่วย: บาท

ปีที่	ต้นทุนรวม	ผลตอบแทนรวม	ผลตอบแทนสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันของ ผลตอบแทนสุทธิ	ผลตอบแทน สุทธิสะสม
0	186,748.67	-	-186,748.67	-186,748.67	-186,748.67
1	24,194.00	30,353.28	6,159.28	5,946.97	-180,589.39
2	24,269.00	30,230.35	5,961.35	5,557.46	-174,628.04
3	24,346.25	30,108.03	5,761.78	5,186.26	-168,866.27
4	24,425.82	29,986.32	5,560.50	4,832.57	-163,305.77
5	24,448.21	29,865.22	5,417.01	4,545.59	-157,888.76
6	3,544.19	29,744.72	26,200.54	21,227.87	-131,688.22
7	3,631.13	29,624.83	25,993.70	20,334.35	-105,694.52
8	3,720.68	29,505.54	25,784.85	19,475.69	-79,909.67
9	3,812.93	29,386.84	25,573.92	18,650.54	-54,335.75
10	3,907.93	29,268.74	25,360.81	17,857.61	-28,974.94
รวม	327,048.80	298,073.86	-28,974.94	-63,133.76	-

หมายเหตุ: ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับ ร้อยละ 3.57

โครงการมีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ -2.34

ที่มา: จากการคำนวณ

2. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test: SVT) และประเมินความเสี่ยงในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า

2.1 ผลการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test: SVT) แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ผลการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านอัตราการรับซื้อไฟฟ้า พบว่า อัตราการรับซื้อไฟฟ้าต้องเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 45.12 หรือเพิ่มขึ้นจาก 2.20 บาท/หน่วย เป็น 3.1927 บาท/หน่วย

กรณีที่ 2 ผลการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านปริมาณการใช้ไฟฟ้า พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต้องเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 132.11 หรือเพิ่มขึ้นจาก 15,690.67 หน่วย/ปี/ราย หรือ 1,307.58 หน่วย/เดือน/ราย เป็น 36,420.89 หน่วย/ปี/ราย หรือ 3,035.07 หน่วย/เดือน/ราย

กรณีที่ 3 ผลการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Investment cost) พบว่า เงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Investment cost) ต้องลดลงอีกร้อยละ 22.42 หรือลดลงจาก 186,748.67 บาท เหลือ 144,870.64 บาท

2.2 ผลการประเมินความเสี่ยงในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) แบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก มีรายละเอียดดังนี้

กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านต้นทุน ซึ่งแบ่งออกเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในกรณีเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามีการเปลี่ยนแปลง โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ และกรณีสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลการศึกษา พบว่ากรณีเงินลงทุนลดลงร้อยละ 5 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 จากกรณีฐาน ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ และสำหรับกรณีเงินลงทุนลดลงร้อยละ 10 มูลค่าปัจจุบัน (NPV) มีค่าติดลบ แต่อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเป็นบวก แต่ยังคงมีค่าต่ำกว่าต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) (WACC เท่ากับ ร้อยละ 3.57) แสดงว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน

ทั้งนี้ สำหรับผลการศึกษาคำนวณสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเปลี่ยนแปลง พบว่ากรณีที่แหล่งเงินลงทุนมาจากเงินกู้ร้อยละ 100 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ แสดงว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน แต่สำหรับกรณีที่แหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน (NPV) ตลอดอายุโครงการ 10 ปี เท่ากับ 45,530.81 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 6.85 มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เท่ากับ 7.02 ปี แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน

กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านรายได้ ซึ่งแบ่งออกเป็นกรณีวิเคราะห์ความอ่อนไหวในปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) ในพื้นที่ภาคกลางเปลี่ยนแปลง และกรณีอัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ ซึ่งผลการศึกษาพบว่ากรณีปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 5 และ 10 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 จากกรณีฐาน ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ แสดงว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน

ทั้งนี้สำหรับผลการศึกษาคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง พบว่า กรณีอัตราค่าไฟฟ้าลดลงร้อยละ 5 และ 10 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 10 ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบัน (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ แสดงว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน

อภิปรายผล

จากการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย สำหรับกรณีฐาน (Baseline) กำหนดให้สัดส่วนแหล่งเงินลงทุน (D:E) เท่ากับ 50:50 มีอัตราการรับซื้อไฟฟ้า เท่ากับ 2.20 บาทต่อหน่วย และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 15,690.97 หน่วยต่อปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าติดลบ ซึ่งแสดงถึงโครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวสุพร ตังงาม (2558, น. 112-116) พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน สำหรับโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3 kWp ซึ่งเป็นการศึกษาในพื้นที่จังหวัดนครปฐม แต่หาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้เพิ่มขึ้น ลดต้นทุนค่าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน ดังนั้นถ้าหากทำการศึกษาในพื้นที่ภาคอื่น ๆ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยจะมีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ รวมทั้งแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน อาจจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญที่อาจจะมีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน คือ เงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สัดส่วนแหล่งเงินลงทุน อัตราค่าไฟฟ้า และอัตราการรับซื้อไฟฟ้าที่มีการปรับลดลงจากเดิม 6.85 บาทต่อหน่วย เหลือ 2.20 บาทต่อหน่วย

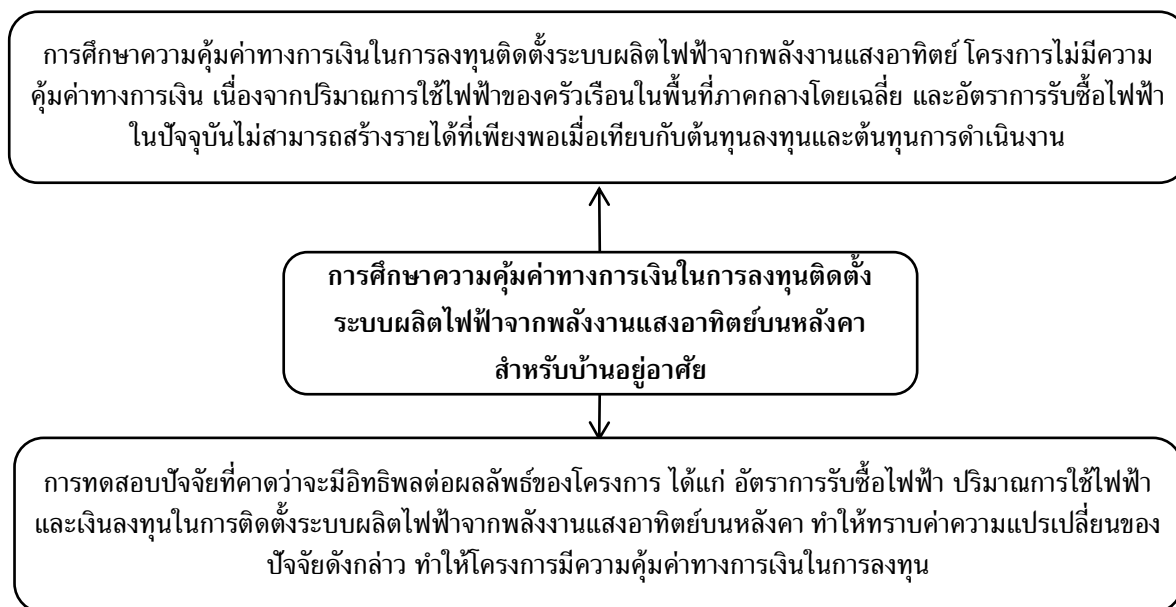
ทั้งนี้เมื่อทำการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) พบว่าถ้าอัตราการรับซื้อไฟฟ้าตั้งแต่ 3.1927 บาท/หน่วยขึ้นไป หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 36,420.89 หน่วย/ปี หรือ 3,035.074 หน่วย/เดือนขึ้นไป หรือเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Investment Cost) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 144,870.64 บาท จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) พบว่า กรณีที่แหล่งเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา มาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 ทำให้มีต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับร้อยละ 2.35 พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุโครงการ 10 ปี เท่ากับ 45,530.81 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 6.85 มีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 7.02 ปี ซึ่งสอดคล้องกับ สุริยนต์ สมดี (2558) พบว่า การลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาด 5 กิโลวัตต์ โดยใช้เงินลงทุนส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนและให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาล ดังนั้น ธนาคารพาณิชย์และธนาคารเฉพาะกิจของรัฐ อาจจะเข้ามาสนับสนุนสินเชื่อลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

องค์ความรู้ใหม่

จากการศึกษาเรื่อง การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ดังต่อไปนี้

1. ได้ทราบว่าในการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ในกรณีฐาน โดยกำหนดสัดส่วนแหล่งเงินทุนหนี้สินต่อทุน เท่ากับ 50:50 พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนในพื้นที่ภาคกลางโดยเฉลี่ย และอัตราการรับซื้อไฟฟ้าในปัจจุบันไม่สามารถสร้างรายได้ที่เพียงพอเมื่อเทียบกับต้นทุนลงทุนและต้นทุนการดำเนินงาน

2. งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของโครงการ ได้แก่ อัตราการรับซื้อไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และเงินลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา เพื่อให้ทราบค่าความแปรเปลี่ยนของปัจจัยดังกล่าว ที่ทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุน โดยโครงการจะมีความคุ้มค่าทางการเงิน ต่อเมื่ออัตราการรับซื้อไฟฟ้า ตั้งแต่ 3.1927 บาท/หน่วยขึ้นไป ดังนั้นภาครัฐอาจใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณากำหนดอัตราการรับซื้อไฟฟ้าให้เพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันอยู่ที่ 2.20 บาท/หน่วย หรือกรณีแหล่งเงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 หรือไม่มีค่าใช้จ่ายดอกเบี้ยเงินกู้ โดยธนาคารแห่งประเทศไทย อาจจะเข้ามาสนับสนุนสินเชื่อลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยในอัตราพิเศษ เพื่อจูงใจให้ประชาชนเข้าร่วมโครงการโซลาร์ประชาชนมากขึ้น และมีความคุ้มค่าทางการเงินจากการลงทุนดังกล่าว



ภาพที่ 4 องค์ความรู้ใหม่

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ในกรณีฐาน โดยกำหนดสัดส่วนแหล่งเงินทุนหนี้สินต่อทุน เท่ากับ 50:50 พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน

ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน พบว่า อัตราการรับซื้อไฟฟ้า ตั้งแต่ 3.1927 บาทต่อหน่วยขึ้นไป หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อราย ตั้งแต่ 36,420.89 หน่วยต่อปี หรือเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 144,870.64 บาท จึงจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ในกรณีที่แหล่งเงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 พบว่า โครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 ผู้ที่สนใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 5 กิโลวัตต์ และเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) (ผู้ใช้ไฟฟ้าบ้านอยู่อาศัยประเภท 1.1.2) ในพื้นที่ภาคกลาง ที่มีความประสงค์เข้าร่วมโครงการโซลาร์ประชาชนปี 2564 ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า การลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 5 กิโลวัตต์ มีความคุ้มค่าทางการเงินเฉพาะกรณีแหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 หรือไม่มีค่าใช้จ่ายดอกเบี้ยเงินกู้ และกรณีที่ครัวเรือนมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า ตั้งแต่ 36,420.89 หน่วย/ปี หรือ 3,035.074 หน่วย/เดือน ขึ้นไป จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน

1.2 หน่วยงานภาครัฐ จากผลการศึกษาพบว่า โครงการจะมีความคุ้มค่าทางการเงิน ต่อเมื่ออัตราการรับซื้อไฟฟ้า ตั้งแต่ 3.1927 บาท/หน่วยขึ้นไป ดังนั้นภาครัฐอาจใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณากำหนดอัตราการรับซื้อไฟฟ้าให้เพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันอยู่ที่ 2.20 บาท/หน่วย หรือกรณีแหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 หรือไม่มีค่าใช้จ่ายดอกเบี้ยเงินกู้ โดยธนาคารแห่งประเทศไทย อาจเข้ามาสนับสนุนสินเชื่อลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยในอัตราพิเศษ เพื่อจูงใจให้ประชาชนเข้าร่วมโครงการโซลาร์ประชาชนมากขึ้น และมีความคุ้มค่าทางการเงินจากการลงทุนดังกล่าว

1.3 บริษัทผู้ให้บริการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา อาจร่วมมือกับสถาบันการเงิน เพื่อทำเรื่องระบบผ่อนชำระค่าติดตั้งให้กับลูกค้ากลุ่มบ้านอยู่อาศัยที่สนใจติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เช่น สามารถผ่อนชำระ 0 % ได้นาน 10 งวด ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกและช่วยแบ่งเบาภาระให้กับลูกค้า โดยเป็นการจูงใจให้ประชาชนหันมาติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะด้านการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลาง ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ โดยมุ่งเน้นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย (มากกว่า 150 หน่วย) (ผู้ใช้ไฟฟ้าบ้านอยู่อาศัยประเภท 1.1.2) ในพื้นที่ภาคกลาง และกำหนดอายุโครงการ 10 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 - 2574) ซึ่งอ้างอิงตามตามระยะเวลารับซื้อไฟฟ้าของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564 ดังนั้นในอนาคตอาจทำการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ในอนาคตอาจทำการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคอื่น ๆ ของประเทศไทย เนื่องจากแต่ละพื้นที่จะมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยจะมีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ และส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการ

2.2 ในอนาคตอาจทำการศึกษาโดยกำหนดให้อายุโครงการเท่ากับอายุการใช้งานแผงโซลาร์เซลล์ (แผงโซลาร์เซลล์มีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ

2.3 ปัจจุบันสำหรับบ้านอยู่อาศัยส่วนใหญ่ติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3 กิโลวัตต์ และ 5 กิโลวัตต์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำร่องทำการศึกษาขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 กิโลวัตต์ กรณีภาครัฐปรับลดอัตราการรับซื้อไฟฟ้าจากเดิม 6.85 บาทต่อหน่วย เหลือ 2.20 บาทต่อหน่วย ดังนั้นในอนาคตอาจทำการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3 กิโลวัตต์เพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

กองพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2560). คู่มือความรู้การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าบนหลังคา. สืบค้น 8 กันยายน 2564. จาก <http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/คู่มือโซลาร์เซลล์%20แบบย่อ.pdf>.

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2561). ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่องการทบทวนอัตราค่าไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าปี 2558. สืบค้น 7 มิถุนายน 2564. จาก https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20Reconsider.pdf?ver=2018-10-01-155123-370.
- คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2564). ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2564. สืบค้น 5 มิถุนายน 2564. จาก [https://www.erc.or.th/web-upload/200xf869baf82be74c18cc110e974eea8d5c/tinymce/ประกาศโซลาร์ประชาชน%202564%20\(1\).pdf](https://www.erc.or.th/web-upload/200xf869baf82be74c18cc110e974eea8d5c/tinymce/ประกาศโซลาร์ประชาชน%202564%20(1).pdf).
- จุฬารัตน์ จำปรัตน์. (2558). การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป ในพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (การค้นคว้าอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- ธนาคารกสิกรไทย. (2564). สินเชื่อโครงการพิเศษรับประกันการประหยัดพลังงาน (Solar rooftop). สืบค้น 11 กันยายน 2564. จาก <https://www.kasikornbank.com/EN/business/sme/loan/special-loan/Pages/k-energy-saving-guarantee-program-solar-rooftop.aspx?TermStoreId=a4c36b1b-fd93-4ca9-b412-06fedcf3153b&TermSetId=119a23c1-b2d8-4e62-b089-a12259530e36&TermId=47d06525-c95e-4bb3-b0a9-eeb637cbdeba>.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2564). พันธบัตรรัฐบาลที่ออกจำหน่ายในปี 2564. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. จาก <https://www.bot.or.th/Thai/DebtSecurities/SalestoIndividuals/GOVBond/Pages/default.aspx>.
- วสุพร ตีวงม. (2558). การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).
- วิภา เล็กกุลวัฒน์. (2559). การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่องการส่งเสริมการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี กรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง. (การค้นคว้าอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).
- ศูนย์ข่าวพลังงาน (Energy News Center-ENC). (2564). ติดตามสถานการณ์การร่วมโครงการโซลาร์ภาคประชาชน. สืบค้น 10 ธันวาคม 2564. จาก <https://www.energynewscenter.com/โซลาร์ภาคประชาชนปี-64-หล/>.
- ศูนย์วิจัย Krungthai COMPASS ธนาคารกรุงไทย. (2564). Solar Rooftop ภาคครัวเรือน. สืบค้น 10 ธันวาคม 2564. จาก https://krungthai.com/Download/economyresources/EconomyResourcesDownload_457Solar_Rooftop_ภาคครัวเรือน_แหล่งรายได้เสริมของผู้พัฒนาพลังงาน_31_03_64.pdf.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2562). การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ. สืบค้น 5 มิถุนายน 2564. จาก <http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-co2>.
- _____. (2562). คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้น 15 สิงหาคม 2564. จาก https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/คู่มือ%20การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์%20BLN_0.pdf.
- _____. (2563). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP 2018). สืบค้น 5 มิถุนายน 2564. จาก http://www.eppo.go.th/images/Infomation_service/public_relations/PDP2018/PDP2018Rev1.pdf.
- _____. (2563). รายงานสถิติพลังงานรายปี 2563. สืบค้น 5 มิถุนายน 2564. จาก <http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/16366-energy-statistics-2563>.
- _____. (2563). สรุปผลการตรวจวัดข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563. สืบค้น 15 สิงหาคม 2564. จาก https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=55493&filename=solar_intensity.

สุริยนต์ ชาติ. (2558). การประเมินการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอยู่อาศัย ในภาคเหนือของประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

