

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 8 เมกะวัตต์
ระหว่างการจัดตั้งแบบระบบคงที่กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย
AN ECONOMIC ANALYSIS OF EIGHT MEGAWATTS SOLAR POWER
PLANTS BETWEEN THE FIXED SYSTEM
AND THE SUN TRACKING SYSTEM IN THAILAND

วันรับ: 26 กรกฎาคม 2562
วันแก้ไข: 7 สิงหาคม 2562
วันตอบรับ: 13 พฤศจิกายน 2562

บดินทร์ เสนานนท์^{1*}, กัญญานัฐ ทองเทพ¹,
กมล จิรเสรีอมรกุล², วันจักรี เล่นวารี²,
เสริมสุข บัวเจริญ¹ และ ยิงรักษ์ อรรถเวชกุล¹
Bordin Senanon^{1*}, Kunyanat Thongtep¹,
Kamon Jirasereeamornkul², Wanchak Lenwari²,
Sermasuk Buochareon¹ and Yingrak Auttawaitkul¹
¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

¹School of Renewable Energy; Maejo University

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²Faculty of Engineering; King Mongkut's University
of Technology Thonburi (Bangmod)

*Corresponding author e-mail: bordin@italthaiengineering.com



บทคัดย่อ

อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (GDP) 9 เดือนแรกของปี 2561 ขยายตัว ร้อยละ 4.3 ส่งผลต่อภาพรวมการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.6 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,397,306 ล้านบาท ซึ่งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น การผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก แต่ปริมาณก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยกำลังลดลงเรื่อยๆ รัฐบาลจึงมีการสนับสนุนให้มีการรับซื้อไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ จากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน โดยโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ร้อยละ 25.79 จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนทั้งหมด ได้รับความนิยมนำมาผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลและพลังงานน้ำขนาดใหญ่ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีเทคโนโลยีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ประเภท คือ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบคงที่ (Fixed) กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์

(Tracking) ซึ่งแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าแบบระบบคงที่ คิดเป็นร้อยละ 2.51

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ พิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่อัตราคิดลดร้อยละ 3 พบว่า ทั้งสองแบบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่เป็นบวก แสดงว่ามีความคุ้มค่าที่จะลงทุน และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) กับอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) พบว่า โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่เทียบกับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าเล็กน้อย โดยมีอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 5.63 และ 5.58 อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ ร้อยละ 31.77 และ 31.39 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้งกรณีต้นทุน การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, ติดตั้งแผงแบบระบบคงที่, ติดตั้งแผงแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์, การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์



Abstract

The economic growth rate of Thailand in the first 9 months in 2018 expanded for 4.3 percent. This influenced the final power use which increased to 3.6 percent or 1,397,306 million baht. This economic growth in the country results in increased use of electrical power. Electrical generating in Thailand mainly uses natural gas but an amount of natural gas in the gulf siam decreases successively. Thus, the government has to support on the purchase of renewable energy such as sunlight, wind, water biomass, and garbage from private electrical generating companies. The solar power plant can generate electricity for 25.79 percent from the whole electrical generating by renewable energy. This is popular second behind biomass and waterpower. The solar power plant has 2 systems of technology in panel installation: fixed and tracking systems. The latter can generate electricity for more than the former for 2.51 percent.

The economic analysis of both systems of the solar power plant in this study is based on net present value (NPV) which the rate decreases for 3 percent. It is found that both systems have a positive net present value. This implies that it is worthwhile for the investment. For the benefit-cost ratio (B/C ratio) and the

internal rate of returns (IRR), it is found that the fixed system is a little more worthwhile than the tracking system. That is, benefit-cost ratio are 5.63 and 5.58 and the internal rate of returns are 31.77 and 31.39 percent, respectively. Regarding the sensitivity of both costs and investment of the fixed system, it is found to be more worthwhile for the investment.

Keywords: Solar Power Plant, Fixed System Installation, Tracking System Installation, An Economic Analysis



บทนำ

อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (GDP) 9 เดือนแรกของปี 2561 ขยายตัวร้อยละ 4.3 ส่งผลต่อภาพรวมการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,397,306 ล้านบาท ซึ่งการใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยน้ำมันสำเร็จรูปเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 49.4 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนถ่านหิน/ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 20.1, 9.2, 8.2, 6.9 และ 6.2 ตามลำดับ จากการที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น พบว่าในช่วงปี 2561 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.8 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2019) โดยการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล มีปริมาณมากเป็นอันดับหนึ่งจากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน เท่ากับ 3,197.68 เมกะวัตต์ รองลงมาได้แก่พลังงานน้ำขนาดใหญ่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก๊าซชีวภาพ ชยะ และพลังงานน้ำขนาดเล็ก เท่ากับ 2,906.40, 2,697.27, 695.32, 483.24, 291.47 และ 187.66 เมกะวัตต์ ตามลำดับ (กระทรวงพลังงาน, 2561) โดยโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ด้วยราคาเทคโนโลยีและค่าติดตั้งที่มีราคาถูกลงกว่าเดิมมาก อีกทั้งประเทศไทยยังมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากตั้งอยู่บริเวณภูมิอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร (Tropical moist climate) และในปี 2560 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศเท่ากับ 17.6 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนด้านพลังงานทดแทน จากภาครัฐในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกปี 2558-2579 (AEDP 2015) ที่มีนโยบายส่งเสริมการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เพื่อให้ปี พ.ศ. 2579 มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 6,000 เมกะวัตต์

เทคโนโลยีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบคงที่ (Fixed) กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) หลักการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับประเทศไทยคือหันหน้าแผงไปทางทิศใต้ และความลาดเอียงของแผงทำมุมตามละติจูดของสถานที่ติดตั้ง

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะยึดติดกับโครงสร้างไม่มีการหมุนเปลี่ยนทิศตามการเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ต่างกับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) ที่แผงจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งหน้าแผงเพื่อรับแสงอาทิตย์ตามช่วงเวลาที่ยังดวงอาทิตย์เปลี่ยนตำแหน่งในแต่ละครั้ง

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถแบ่งได้อีก 2 ประเภท ดังนี้

1. ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (Single axis tracking system) สามารถหมุนปรับตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ได้เพียงแกนเดียว (ทิศเหนือ-ใต้ หรือทิศตะวันออก-ตะวันตก) ซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าแบบคงที่ แต่การลงทุนในการติดตั้งจะมีราคาสูงกว่าเนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์ในการติดตั้งระบบควบคุมที่มากกว่า อีกทั้งค่าใช้จ่ายและบำรุงรักษาสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบคงที่

2. ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกน (Double-axis tracking system) สามารถติดตามดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตก และแนวเหนือ-ใต้ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้จะผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดในการติดตั้งทั้งสามแบบและยังเป็นแบบที่มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและค่าบำรุงรักษาสูงสุดด้วย (Hyuna Kang, Taehoon Hong, Seunghoon Jung, & Minhyun Lee, 2019)

การลงทุนระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองระบบมีความแตกต่างกัน เนื่องจากหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบติดตามดวงอาทิตย์มีความซับซ้อนมากกว่าระบบแบบคงที่ ราคาจึงสูงกว่า ทำให้โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบคงที่เป็นที่นิยมในประเทศไทย รวมถึงการดูแลรักษาที่ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า แม้ในด้านการลงทุนแล้วระบบคงที่จะมีราคาที่น้อยกว่า แต่จากงานวิจัยของบดินทร์ เสนานนท์, กัญญานัฐ ทองเทพ, กมล จิรเสรีอมรกุล, วันจักรี เล่นวารี, เสริมสุข บัวเจริญ, และ ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (2561) ได้ทำการศึกษาข้อมูลโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบมุมรับแสงคงที่ จังหวัดลพบุรี และแบบติดตามดวงอาทิตย์ จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย เก็บข้อมูลการขายไฟฟ้ารายปี ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 พบว่าแบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีกว่าแบบมุมรับแสงคงที่ คิดเป็น ร้อยละ 2.51 ค่านี้เป็นค่าตัวเลขจริงที่ชี้ให้เห็นว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่าระบบคงที่ โดยญาณยุทธ พลชูสกุลวง, ศักดิ์ชาย รักการ, ปพน สีหอมชัย, และ อนัญญา จินดาวัฒนะ (2557) ทำการศึกษาความเป็นไปได้

ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีดัชนีชี้วัดความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) พบว่าโครงการมีค่า NPV เป็นบวก และค่า IRR มากกว่าอัตราส่วนลดจึงมีความเหมาะสมแก่การลงทุน สุรกิจ ทองสุก และ อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล (2561) ศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา กำลังการผลิต 20 กิโลวัตต์ มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 60,000-70,000 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าติดตั้งรวมทั้งระบบ 1,121,500 บาท พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้มีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 3 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน ร้อยละ 17.73 เหมาะสมสำหรับการลงทุน Talavera, Munoz-Ceron, Ferrer-Rodríguez, & Perez-Higueras (2019) ทำการศึกษาด้านทุนและกำไรสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบคงที่และแบบติดตามดวงอาทิตย์ ชนิดละ 5 โรงไฟฟ้า ที่ติดตั้งในประเทศสเปน จากข้อมูลทางการเงินและเศรษฐกิจพบว่าความแตกต่างของต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (ตั้งแต่ค่าติดตั้งระบบ ค่าเช่าที่ดิน ตลอดจนค่าดูแลรักษาโรงไฟฟ้า) ของแบบคงที่ที่มีความแตกต่างกัน ร้อยละ 15 ส่วนแบบติดตามดวงอาทิตย์มีความแตกต่าง ร้อยละ 19.5 อีกทั้งต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นต่อกิโลวัตต์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบคงที่มีค่า 1,388 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ ในขณะที่แบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่า 1,794 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ คิดเป็นความต่างของต้นทุนการลงทุน ร้อยละ 29.25

งานวิจัยนี้ศึกษาด้านการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 8 เมกะวัตต์ ระหว่างการติดตั้งแบบระบบคงที่กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยจะพิจารณาดัชนีหลักทางเศรษฐกิจ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) คือการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุน มีการนำค่าเงินตามเวลามาร่วมพิจารณา และคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการด้วย อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) แสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) แสดงค่าร้อยละของอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีต้นทุนในการก่อสร้างและกรณีค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและลดลง เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนหรือผลตอบแทน หรือมีการเปลี่ยนแปลงทั้งต้นทุนและผลตอบแทน โครงการยังจะมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนอยู่หรือไม่ จากผลของความแตกต่างการผลิตไฟฟ้ารายปีที่ผลิตได้จริงได้กับมูลค่าการลงทุนที่แตกต่างกันของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ เมื่อพิจารณาดัชนีหลักทางเศรษฐกิจแล้วระบบใดมีความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจ สามารถใช้ข้อมูลนี้เป็นแหล่งอ้างอิงในการตัดสินใจสำหรับลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยและเลือกการติดตั้งในระบบที่เหมาะสมได้



บทสรุปที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 8 เมกะวัตต์ ในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ คือ แบบระบบคงที่กับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ จะพิจารณาจากมูลค่าผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการเปรียบเทียบกับมูลค่าการลงทุนตลอดระยะเวลาในการดำเนินโครงการ โดยจะคำนวณในรูปแบบดัชนีหลักทางเศรษฐกิจ คือ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนกับผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาการดำเนินโครงการ โดยใช้อัตราส่วนลด (Discount rate) เป็นมูลค่าปัจจุบัน (ดาร์ตัน บุญมะ, 2549) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$NPV = -C_0 + \sum_{(i=1)}^T \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i}$$

- กำหนดให้ C_0 คือ เงินลงทุนเริ่มแรก
 B คือ ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
 C คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
 r คือ อัตราคิดลด (Discount rate)
 T คือ ระยะเวลา หรืออายุโครงการ

อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost ratio: B/C ratio) แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนโครงการ โดยหากมีค่ามากกว่าหนึ่ง แสดงว่าโครงการจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่จะลงทุน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{\sum_{(i=1)}^T \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{(i=1)}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}}$$

- กำหนดให้ B คือ ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
 C คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละปี
 r คือ อัตราคิดลด (Discount rate)
 T คือ ระยะเวลา หรืออายุโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ และอัตราส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่จะได้รับการลงทุนว่ามีผลตอบแทนเป็นร้อยละเท่าใด

ผลการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นว่าในกรณีที่การลงทุนเป็นการลงทุนระยะยาว จะมีส่วนของต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วจะมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่ หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าศูนย์แสดงว่าการลงทุนนั้นมีกำไร และในทางกลับกันหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าการลงทุนนั้นขาดทุน (ญาณยุทธ์ พลชูสกุลวง, ศักดิ์ชาย รักการ, ปพน สีหอมชัย, และ อนัญญา จินดาวัฒนะ, 2557) และนอกจากนี้ผลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนจะแสดงให้เห็นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจลงทุนในโครงการที่กำลังพิจารณาหรือหากมีทางเลือกในการลงทุนหลายโครงการ ผู้ลงทุนจะสามารถตัดสินใจเลือกโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงที่สุด การวิเคราะห์โครงการด้านการเงินในครั้งนี้จะแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์กรณีหลักหรือกรณีที่เป็นสถานการณ์การลงทุนที่เกิดขึ้นจริง และส่วนที่สองจะเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของกรณีหลักในกรณีที่ต้นทุนในการก่อสร้างและค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even Point Analysis) คือ การวิเคราะห์หาจำนวนหน่วยของผลผลิต ณ จุดที่รายรับเท่ากับรายจ่ายพอดี หรือ ณ จุดที่มีกำไรเท่ากับศูนย์ โดยหาได้จากสมการ

$$N^* = \frac{F}{P - V}$$

กำหนดให้ N^* คือ จำนวนหน่วยของผลผลิต ณ จุดคุ้มทุน

F คือ ต้นทุนคงที่รวม

P คือ ราคาขายต่อหน่วย

V คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ การพิจารณาการลงทุนในโครงการจากเงินลงทุนที่เสียไปกับระยะเวลาที่จะได้รับประโยชน์จากเงินลงทุนนั้นคืน คำนวณได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{เงินสดเข้าสุทธิต่อปี}}$$

และในกรณีที่ผลตอบแทนจากการลงทุนไม่เท่ากันทุกปี จะคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจากการพิจารณาเงินลงทุนเริ่มแรกกับกระแสเงินสดเข้าสู่ธุรกิจสะสมรายปี

ข้อมูลโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้ศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2 แห่ง ได้แก่ โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบมุมรับแสงคงที่ลพบุรี พิกัดติดตั้ง 15.05296°N $100.88876^{\circ}\text{E}$ และโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์สระบุรี 2 พิกัด 14.81771°N $100.99942^{\circ}\text{E}$ มีระยะห่างระหว่างสองโครงการ 23.02 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งสองโรงไฟฟ้าติดตั้งบริเวณพิกัดใกล้เคียงกัน ในการคำนวณ ผู้วิจัยถือว่าได้รับแสงอาทิตย์เท่ากัน โดยค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายปี 2560 เท่ากับ 914.13 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 1 ระยะทางระหว่างโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษา

1. โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบมุมรับแสงคงที่ ลพบุรี

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ลพบุรี เป็นระบบแบบมุมรับแสงคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) โรงไฟฟ้าประเภทขนาดเล็กมาก (Very Small Power Plant: VSPP) ตั้งอยู่อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี พิกัดตำแหน่งติดตั้ง 15.05296°N $100.88876^{\circ}\text{E}$ กำลังการผลิตติดตั้ง 9.506 เมกะวัตต์ จ่ายไฟแก่ระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 8 เมกะวัตต์

อุปกรณ์หลักสำหรับผลิตไฟฟ้าในโครงการนี้ ได้แก่

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin film) กำลังการผลิตต่อแผง 135 วัตต์ จำนวน 70,415 แผง

2) อินเวอร์เตอร์ ขนาด 1,663 กิโลวัตต์ จำนวน 5 ชุด

3) หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2,000 กิโลโวลต์แอมป์ จำนวน 5 ชุด

2. โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์สระบุรี 2

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สระบุรี 2 เป็นระบบแบบติดตามดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ข) โรงไฟฟ้าประเภทขนาดเล็กมาก (VSPP) ตั้งอยู่ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี พิกัดตำแหน่งติดตั้ง 14.81771°N 100.99942°E กำลังการผลิตติดตั้ง 8.217 เมกะวัตต์ จ่ายไฟแก่ระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 8 เมกะวัตต์

อุปกรณ์หลักสำหรับผลิตไฟฟ้าในโครงการนี้ ได้แก่

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) กำลังการผลิตต่อแผง 280 วัตต์ จำนวน 29,347 แผง

2) อินเวอร์เตอร์ ขนาด 500 กิโลวัตต์ จำนวน 16 ชุด

3) หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 กิโลโวลต์แอมป์ จำนวน 8 ชุด

โดยมีค่าใช้จ่ายของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

โรงไฟฟ้า พลังงาน แสงอาทิตย์	ค่าก่อสร้าง (บาท)	ค่าดูแลรักษา (บาทต่อปี)	ค่าเช่าที่ดิน (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายเงินกู้ ธนาคาร (บาทต่อปี)
มุมรับแสงคงที่	326,805,000	3,570,000	4,800,000	38,311,516
ติดตามดวงอาทิตย์	371,665,000	3,570,000	4,800,000	43,570,476



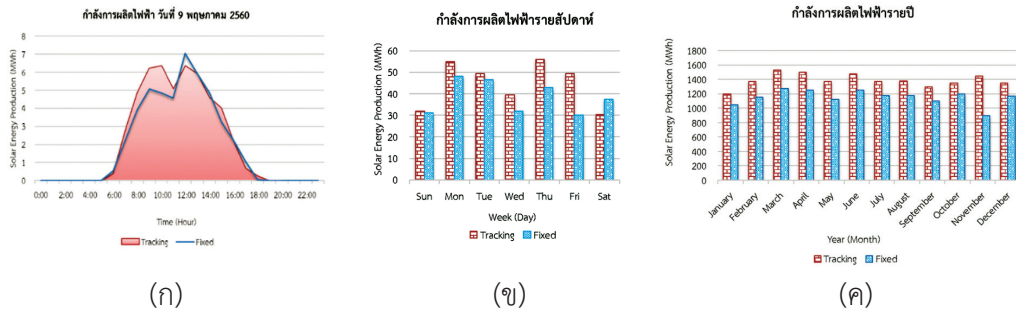
(ก)



(ข)

รูปที่ 2 โรงไฟฟ้า (ก) แบบมุมรับแสงคงที่ และ (ข) แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์

3. กำลังการผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3 กำลังการผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่และ
แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ (ก) รายวัน (ข) รายสัปดาห์ และ (ค) รายปี

ลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานที่มีการติดตั้งแผงแบบระบบคงที่และแบบ
ระบบติดตามดวงอาทิตย์ พบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ
คงที่ รูปที่ 3 แสดงการผลิตไฟฟ้ารายวัน รายสัปดาห์ และรายปี ของระบบคงที่และระบบติดตาม
ดวงอาทิตย์ โดยแกน x เป็นแกนเวลาของการรับแสงอาทิตย์ แกน y เป็นความสามารถ
ในการผลิตไฟฟ้า จากผลการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 ของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงาน
ที่มีการติดตั้งแผงแบบระบบคงที่และแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์พบว่าระบบสามารถผลิต
ไฟฟ้าได้ 13,915,384 และ 15,601,440 หน่วยต่อปี ตามลำดับ

การวิเคราะห์โครงการด้านการเงินของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กรณีหลัก

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ
สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบซึ่งมีระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 25 ปี
ประกอบด้วยส่วนของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุน และผลตอบแทนจากโครงการ

ค่าใช้จ่ายโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ค่าใช้จ่ายของโครงการโรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่และโครงการโรงไฟฟ้าแบบระบบติดตาม
ดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย ค่าก่อสร้าง ค่าดูแลรักษา ค่าเช่าที่ดิน และค่าใช้คืนเงินกู้ธนาคาร
ซึ่งมีรายละเอียดคือ ค่าก่อสร้างหรือเงินลงทุนเริ่มแรกซึ่งมาจากการกู้ธนาคารทั้งหมด โดย
โรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่มีค่าก่อสร้าง 326,805,000 บาท ส่วนแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์
มีค่าก่อสร้าง 371,665,000 บาท ค่าดูแลรักษาและค่าเช่าที่ดินของโรงไฟฟ้าทั้งสองแบบ
มีค่าเท่ากัน คือ ค่าดูแลรักษา เท่ากับ 3,570,000 บาทต่อปี และเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ในทุก
สองปี และค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ดิน เท่ากับ 4,800,000 บาทต่อปี ส่วนค่าใช้คืนเงินกู้ธนาคาร

(อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี) เป็นระยะเวลา 10 ปี ของโรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่ เท่ากับ 38,311,516 บาทต่อปี และแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ เท่ากับ 43,570,476 บาทต่อปี



ผลการวิจัย

ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลประโยชน์ที่ได้รับ คือรายได้จากการขายไฟฟ้า จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่ผลิตไฟฟ้าได้เริ่มต้นที่ 13,915,384 หน่วยต่อปี และแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้าได้เริ่มต้นที่ 15,601,440 หน่วยต่อปี และกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าทั้งสองแบบจะลดลงร้อยละ 1.5 ต่อปี ซึ่งโรงไฟฟ้าทั้งสองแบบขายไฟฟ้าในราคา 11.15 บาทต่อหน่วย ทำให้โรงงานไฟฟ้าแบบระบบคงที่ เท่ากับ 155,156,526 บาทต่อปี และแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์มีรายได้เริ่มต้น เท่ากับ 173,956,056 บาทต่อปี

ผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิกรณีหลัก ใช้อัตราคิดลดร้อยละ 3 เท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคาร โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 1,513,132,114 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 5.63 และอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ ร้อยละ 31.77 ส่วนแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 1,700,984,186 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ 5.58 และอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ ร้อยละ 31.39 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว โรงไฟฟ้าทั้งสองแบบให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนและโรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่า

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่มีเงินลงทุนเริ่มแรก เท่ากับ 326,805,000 บาท มีต้นทุนผันแปรรวมตลอดระยะเวลาโครงการ เท่ากับ 604,468,545.14 บาท และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 291,908,103.55 หน่วย โดยขายพลังงานไฟฟ้าในราคา หน่วยละ 11.15 บาท จำนวนหน่วยของพลังงานไฟฟ้า ณ จุดคุ้มทุน (N^*) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} N^* &= \frac{326,805,000}{11.15 - \left(\frac{604,468,545.14}{291,908,103.55} \right)} \\ &= 35,994,711.04 \end{aligned}$$

ส่วนโครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์มีเงินลงทุนเริ่มแรก เท่ากับ 371,665,000 บาท มีต้นทุนผันแปรรวมตลอดระยะเวลาโครงการ เท่ากับ 662,125,819.81 บาท และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 327,277,128.97 หน่วย โดยขายพลังงานไฟฟ้าในราคาหน่วยละ 11.15 บาท จำนวนหน่วยของพลังงานไฟฟ้า ณ จุดคุ้มทุน (N^*) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$N^* = \frac{371,665,000}{11.15 - \left(\frac{662,125,819.81}{327,277,128.97} \right)}$$

$$= 40,722,088.11$$

จากผลการคำนวณจุดคุ้มทุน โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่และระบบติดตามดวงอาทิตย์มีจำนวนหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ต้องผลิต ณ จุดคุ้มทุน เท่ากับ 35,994,711.04 หน่วย และ 40,722,088.11 หน่วย ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่

ปีที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)					ผลประโยชน์ที่ได้รับ		
	ค่าก่อสร้าง	ค่าดูแลรักษา	ค่าเช่าที่ดิน	ใช้คืนเงินผู้ธนาคาร	รวม	พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับ (หน่วย)	รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ
0	326,805,000	-	-	-	326,805,000	-	-	-326,805,000
1		3,400,000	4,800,000	38,311,516	46,511,516	13,915,384	155,156,526	108,645,010
2		3,400,000	4,800,000	38,311,516	46,511,516	13,706,653	152,829,178	106,317,663
3		3,502,000	4,800,000	38,311,516	46,613,516	13,501,053	150,536,741	103,923,225
4		3,502,000	4,800,000	38,311,516	46,613,516	13,298,537	148,278,689	101,665,174
5		3,607,060	4,800,000	38,311,516	46,718,576	13,099,059	146,054,509	99,335,933
6		3,607,060	4,800,000	38,311,516	46,718,576	12,902,573	143,863,691	97,145,116
7		3,715,272	4,800,000	38,311,516	46,826,788	12,709,035	141,705,736	94,878,949
8		3,715,272	4,800,000	38,311,516	46,826,788	12,518,399	139,580,150	92,753,363
9		3,826,730	4,800,000	38,311,516	46,938,246	12,330,623	137,486,448	90,548,202
10		3,826,730	4,800,000	38,311,516	46,938,246	12,145,664	135,424,151	88,485,905
11		3,941,532	4,800,000	-	8,741,532	11,963,479	133,392,789	124,651,257
12		3,941,532	4,800,000	-	8,741,532	11,784,027	131,391,897	122,650,365
13		4,059,778	4,800,000	-	8,859,778	11,607,266	129,421,019	120,561,241

ปีที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				ผลประโยชน์ที่ได้รับ			
	ค่าก่อสร้าง	ค่าดูแลรักษา	ค่าเช่าที่ดิน	ใช้คืนเงินกู้ธนาคาร	รวม	พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับ (หน่วย)	รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ
14		4,059,778	4,800,000	-	8,859,778	11,433,157	127,479,703	118,619,925
15		4,181,571	4,800,000	-	8,981,571	11,261,660	125,567,508	116,585,937
16		4,181,571	4,800,000	-	8,981,571	11,092,735	123,683,995	114,702,424
17		4,307,018	4,800,000	-	9,107,018	10,926,344	121,828,735	112,721,717
18		4,307,018	4,800,000	-	9,107,018	10,762,449	120,001,304	110,894,286
19		4,436,229	4,800,000	-	9,236,229	10,601,012	118,201,285	108,965,056
20		4,436,229	4,800,000	-	9,236,229	10,441,997	116,428,265	107,192,036
21		4,569,316	4,800,000	-	9,369,316	10,285,367	114,681,841	105,312,526
22		4,569,316	4,800,000	-	9,369,316	10,131,086	112,961,614	103,592,298
23		4,706,395	4,800,000	-	9,506,395	9,979,120	111,267,189	101,760,794
24		4,706,395	4,800,000	-	9,506,395	9,829,433	109,598,182	100,091,786
25		4,847,587	4,800,000	-	9,647,587	9,681,992	107,954,209	98,306,622
รวม	326,805,000	101,353,388	120,000,000	383,115,157	931,273,545	291,908,104	3,254,775,355	2,323,501,809
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)								1,513,132,114
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C-ratio)								5.63
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ								31.77

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์

ปีที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				ผลประโยชน์ที่ได้รับ			
	ค่าก่อสร้าง	ค่าดูแลรักษา	ค่าเช่าที่ดิน	ใช้คืนเงินกู้ ธนาคาร	รวม	พลังงานไฟฟ้า ที่ได้รับ (หน่วย)	รายได้จากการ ขายไฟฟ้า (บาท)	ผลประโยชน์ สุทธิ
-	371,665,000	-	-	-	371,665,000	-	-	-371,665,000
1		3,570,000	4,800,000	43,570,476	51,940,476	15,601,440	173,956,056	122,015,580
2		3,570,000	4,800,000	43,570,476	51,940,476	15,367,418	171,346,715	119,406,239
3		3,677,100	4,800,000	43,570,476	52,047,576	15,136,907	168,776,514	116,728,938
4		3,677,100	4,800,000	43,570,476	52,047,576	14,909,854	166,244,867	114,197,290
5		3,787,413	4,800,000	43,570,476	52,157,889	14,686,206	163,751,194	111,593,304
6		3,787,413	4,800,000	43,570,476	52,157,889	14,465,913	161,294,926	109,137,037
7		3,901,035	4,800,000	43,570,476	52,271,512	14,248,924	158,875,502	106,603,990
8		3,901,035	4,800,000	43,570,476	52,271,512	14,035,190	156,492,369	104,220,858
9		4,018,066	4,800,000	43,570,476	52,388,543	13,824,662	154,144,984	101,756,441
10		4,018,066	4,800,000	43,570,476	52,388,543	13,617,292	151,832,809	99,444,266
11		4,138,608	4,800,000	-	8,938,608	13,413,033	149,555,317	140,616,709
12		4,138,608	4,800,000	-	8,938,608	13,211,837	147,311,987	138,373,379
13		4,262,767	4,800,000	-	9,062,767	13,013,660	145,102,307	136,039,541

ปีที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				ผลประโยชน์ที่ได้รับ			
	ค่าก่อสร้าง	ค่าดูแลรักษา	ค่าเช่าที่ดิน	ใช้คืนเงินกู้ธนาคาร	รวม	พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับ (หน่วย)	รายได้จากการขายไฟฟ้า (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ
14		4,262,767	4,800,000	-	9,062,767	12,818,455	142,925,773	133,863,006
15		4,390,650	4,800,000	-	9,190,650	12,626,178	140,781,886	131,591,236
16		4,390,650	4,800,000	-	9,190,650	12,436,785	138,670,158	129,479,508
17		4,522,369	4,800,000	-	9,322,369	12,250,234	136,590,106	127,267,736
18		4,522,369	4,800,000	-	9,322,369	12,066,480	134,541,254	125,218,885
19		4,658,040	4,800,000	-	9,458,040	11,885,483	132,523,135	123,065,095
20		4,658,040	4,800,000	-	9,458,040	11,707,201	130,535,288	121,077,248
21		4,797,781	4,800,000	-	9,597,781	11,531,593	128,577,259	118,979,477
22		4,797,781	4,800,000	-	9,597,781	11,358,619	126,648,600	117,050,818
23		4,941,715	4,800,000	-	9,741,715	11,188,240	124,748,871	115,007,156
24		4,941,715	4,800,000	-	9,741,715	11,020,416	122,877,638	113,135,923
25		5,089,966	4,800,000	-	9,889,966	10,855,110	121,034,473	111,144,507
รวม	371,665,000	106,421,057	120,000,000	435,704,762	1,033,790,820	327,277,129	3,649,139,988	2,615,349,168
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)								1,700,984,186
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C-ratio)								5.58
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ								31.39

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่และติดตามดวงอาทิตย์ มีเงินลงทุนเริ่มแรก เท่ากับ 326,805,000 บาท และ 371,665,000 บาท ตามลำดับ ส่วนมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด (อัตราคิดลดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3) ของทั้งสองโครงการแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ ดังนี้

โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่ มีระยะเวลาคืนทุน คือ

$$= 1 + \left(\frac{326,805,000 - 168,667,374.76}{161,510,712.75} \right)$$

$$= 2.23 \text{ ปี}$$

โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีระยะเวลาคืนทุน คือ

$$= 2 + \left(\frac{371,665,000 - 330,400,087.51}{154,454,419.48} \right)$$

$$= 2.27 \text{ ปี}$$

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว พบว่า ระยะเวลาคืนทุนของทั้งสองโครงการนั้นไม่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 3 เดือน

ตารางที่ 4 มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้ารายปีและกระแสเงินสดเข้าสะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ปีที่	โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบระบบคงที่		โครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์	
	มูลค่าปัจจุบันของ กระแสเงินสดเข้ารายปี	กระแสเงินสด เข้าสะสม	มูลค่าปัจจุบันของ กระแสเงินสดเข้ารายปี	กระแสเงินสด เข้าสะสม
1	150,637,404.00	150,637,404.00	168,889,374.76	168,889,374.76
2	144,056,158.19	294,693,562.19	161,510,712.75	330,400,087.51
3	137,762,442.54	432,456,004.73	154,454,419.48	484,854,506.99
4	131,743,695.05	564,199,699.78	147,706,410.86	632,560,917.85
5	125,987,902.55	690,187,602.33	141,253,218.15	773,814,136.00
6	120,483,576.71	810,671,179.04	135,081,961.05	908,896,097.05
7	115,219,731.12	925,890,910.16	129,180,321.97	1,038,076,419.02
8	110,185,859.38	1,036,076,769.54	123,536,521.50	1,161,612,940.52
9	105,371,914.06	1,141,448,683.60	118,139,294.83	1,279,752,235.35
10	100,768,286.75	1,242,216,970.35	112,977,869.33	1,392,730,104.68
11	96,365,788.79	1,338,582,759.14	108,041,943.00	1,500,772,047.68
12	92,155,632.97	1,430,738,392.10	103,321,663.94	1,604,093,711.62
13	88,129,415.99	1,518,867,808.09	98,807,610.66	1,702,901,322.28
14	84,279,101.70	1,603,146,909.79	94,490,773.30	1,797,392,095.57
15	80,597,005.02	1,683,743,914.82	90,362,535.63	1,887,754,631.20
16	77,075,776.65	1,760,819,691.47	86,414,657.86	1,974,169,289.06
17	73,708,388.35	1,834,528,079.82	82,639,260.19	2,056,808,549.25
18	70,488,118.95	1,905,016,198.77	79,028,807.07	2,135,837,356.32
19	67,408,540.94	1,972,424,739.71	75,576,092.20	2,211,413,448.52
20	64,463,507.60	2,036,888,247.31	72,274,224.09	2,283,687,672.62
21	61,647,140.76	2,098,535,388.08	69,116,612.36	2,352,804,284.98
22	58,953,819.08	2,157,489,207.16	66,096,954.54	2,418,901,239.52
23	56,378,166.79	2,213,867,373.95	63,209,223.52	2,482,110,463.03
24	53,915,043.00	2,267,782,416.94	60,447,655.50	2,542,558,118.53
25	51,559,531.41	2,319,341,948.35	57,806,738.51	2,600,364,857.04

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการด้านการเงินของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวหรือความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการทั้งในด้านต้นทุนและผลตอบแทนเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนหรือผลตอบแทน หรือทั้งต้นทุนและผลตอบแทน โครงการยังจะมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนอยู่หรือไม่ โดยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในที่เปลี่ยนแปลงไป (Abol Ardalan, 1999) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการสร้างโรงไฟฟ้าทั้งสองแบบเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านต้นทุน โดยสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ ต้นทุนค่าก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลง ต้นทุนค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลง และกรณีต้นทุนค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลง โดยในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแต่ละกรณีจะสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงและเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3 ร้อยละ 5 และร้อยละ 7 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้ง 3 กรณี พบว่า เมื่อสมมติให้ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลงทั้งลดลงและเพิ่มขึ้น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน ของทั้งสองโครงการนั้นยังคงคุ้มค่ากับการลงทุนและแบบระบบคงที่ ยังคงให้อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนและอัตราผลตอบแทนภายในที่สูงกว่าแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

รายการวิเคราะห์ความอ่อนไหว	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)		อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio)		อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (ร้อยละ)	
	a	b	a	b	a	b
กรณีต้นทุนค่าก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลง						
ลดลง ร้อยละ 3	1,532,740,414.04	1,723,284,086.46	5.84	5.78	33.12	32.72
ลดลง ร้อยละ 5	1,545,812,614.04	1,738,150,686.46	5.98	5.92	34.07	33.66
ลดลง ร้อยละ 7	1,558,884,814.04	1,753,017,286.46	6.13	6.07	35.06	34.64
ลดลง ร้อยละ 3	1,493,523,814.04	1,678,684,286.46	5.44	5.39	30.51	30.14
ลดลง ร้อยละ 5	1,480,451,614.04	1,663,817,686.46	5.31	5.26	29.71	29.35
ลดลง ร้อยละ 7	1,467,379,414.04	1,648,951,086.46	5.20	5.15	28.95	28.59

รายการ วิเคราะห์ ความอ่อนไหว	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)		อัตราส่วน ผลตอบแทนต่อ ต้นทุน (B/C ratio)		อัตราผลตอบแทน ภายใน (IRR) (ร้อยละ)	
	a	b	a	b	a	b
กรณีค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลง						
ลดลง ร้อยละ 3	1,515,202,615.80	1,703,158,213.31	5.64	5.58	31.81	31.42
ลดลง ร้อยละ 5	1,516,582,950.31	1,704,607,564.55	5.64	5.59	31.83	31.44
ลดลง ร้อยละ 7	1,517,963,284.82	1,706,056,915.78	5.64	5.59	31.85	31.46
ลดลง ร้อยละ 3	1,511,061,612.28	1,698,810,159.61	5.62	5.57	31.74	31.36
ลดลง ร้อยละ 5	1,509,681,277.77	1,697,360,808.38	5.62	5.57	31.72	31.34
ลดลง ร้อยละ 7	1,508,300,943.26	1,695,911,457.15	5.62	5.56	31.70	31.32
กรณีค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษามีการเปลี่ยนแปลง						
ลดลง ร้อยละ 3	1,534,810,915.80	1,725,458,113.31	5.84	5.79	33.15	32.75
ลดลง ร้อยละ 5	1,549,263,450.31	1,741,774,064.55	5.99	5.93	34.12	33.71
ลดลง ร้อยละ 7	1,563,715,984.82	1,758,090,015.78	6.15	6.09	35.14	34.71
ลดลง ร้อยละ 3	1,491,453,312.28	1,676,510,259.61	5.43	5.38	30.48	30.11
ลดลง ร้อยละ 5	1,477,000,777.77	1,660,194,308.38	5.30	5.25	29.66	29.30
ลดลง ร้อยละ 7	1,462,548,243.26	1,643,878,357.15	5.18	5.13	28.88	28.52

เมื่อ a คือ โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่

b คือ โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบติดตามดวงอาทิตย์



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบคงที่และแบบติดตามดวงอาทิตย์ จากการพิจารณาดัชนีหลักทางเศรษฐกิจ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน พบว่า โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบคงที่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนกว่าโรงไฟฟ้าแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนั้น ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลตอบแทนจากโรงไฟฟ้าทั้งสองแบบลดลงแต่ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ และทั้งกรณีต้นทุนเพิ่มและลดการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าแบบระบบคงที่ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

จากผลการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของการผลิตไฟฟ้าที่หมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปรับแสงแบบตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ตลอดเวลา แต่เมื่อนำผลวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์มาเปรียบเทียบปรากฏว่าแบบระบบคงที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า แสดงว่าในการวิเคราะห์ระบบการผลิตไฟฟ้า

จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เทคโนโลยีมีประสิทธิภาพสูง จะต้องคำนึงถึงการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย แนวทางวิจัยนี้จึงสามารถเป็นแนวทางของการลงทุนในโครงการอื่นๆ ที่มีลักษณะเดียวกันได้



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์บริการวิชาการที่ 7 กระทรวงพลังงาน จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณบริษัท อีตลไทยวิศวกรรม จำกัด โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ลพบุรี และโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สระบุรี 2 ที่สนับสนุนข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. (2561). *โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย (ปี 2560)*. สืบค้น 28 มีนาคม 2562, จาก http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47941&filename=solar_energy, _____ . (2562). *สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม-ธันวาคม 2561*. สืบค้น 18 พฤษภาคม 2562, จาก http://www.dede.go.th/download/stat62/sit_2_61_dec.pdf
- กระทรวงพลังงาน. (2561). *สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน (Percentage of Alternative Energy Consumption)*. สืบค้น 18 พฤษภาคม 2562, จาก http://www.dede.go.th/download/state_61/1_Energy_Consumption_Jan-May_2561.pdf
- ญาณยุทธ พลชูสกุลลง, ศักดิ์ชาย รักการ, ปพน สีหอมชัย, และ อนัญญา จินดาวัฒน์. (2557). การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา: อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 4(1), 41-57.
- ดาร์ตัน บุญมะ. (2549). *การวิเคราะห์การลงทุนในการพัฒนาและการจัดการทรัพยากรมนุษย์ในองค์กร กรณีศึกษา: องค์กร Clinical Research Organization*. วิทยาศาสตร์-มหาบัณฑิต วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บดินทร์ เสนานนท์, ภัฏญานัฐ ทองเทพ, กมล จิรเสรีอมรกุล, วันจักรี เล่นวารี, เสริมสุข บัวเจริญ, และ ยี่รักษ์ อรรถเวชกุล. (2561). การเปรียบเทียบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 8 เมกะวัตต์ ที่ติดตั้งแบบระบบคงที่และระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14*, (น. 1,117-1,121). ระวัง.

สุรกิจ ทองสุก และ อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 10(9), 157-169.

Abol Ardalan. (1999). *Economic and Financial Analysis for Engineering and Project Management*. Boca Raton: CRC Press.

D. L., Talavera, E., Munoz-Ceron, J. P., Ferrer-Rodríguez, & P. J., Perez-Higueras. (2019). Assessment of cost-competitiveness and profitability of fixed and tracking photovoltaic systems: The case of five specific sites. *Renewable Energy*, 134(2019), 902-913.

Hyuna Kang, Taehoon Hong, Seunghoon Jung, & Minhyun Lee. (2019). Techno-economic performance analysis of the smart solar photovoltaic blinds considering the photovoltaic panel type and the solar tracking method. *Energy & Buildings*, 193(2019), 1-14.