

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ธันวาคม 2558

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

ธันวาคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ธันวาคม 2558

วิวัฒน์ กุหลาบซ้อน. (2558). การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทย. ปรินซ์นิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผศ.ดร.วิชากร จารุศิริ.

งานวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี และการลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว โดยวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ความเหมาะสมทางเทคโนโลยี และผลตอบแทนการลงทุนภายใต้สมมติฐานต่าง ๆ และสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ใน 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีฐาน 2) กรณีต้นทุนที่แท้จริง ($IRR = 0$) และ 3) กรณีกำหนดมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้กับผู้ลงทุนในรูป Feed in Tariff (FiT) โดยการคำนวณหาต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) ด้วยดัชนีชี้วัดความคุ้มค่า คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) วิเคราะห์ความอ่อนไหวของความคุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อมีความผันผวนของอัตราเงินเฟ้อตามสถานะเศรษฐกิจ และมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ตามนโยบายของรัฐบาล ผลการศึกษาพบว่าโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีต้นทุนการดำเนินงานเช่นเดียวกับเงินสนับสนุนตามมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 12 และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว มีความเหมาะสมของเทคโนโลยี และสามารถสะสมความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ในชั่วโมงการทำงานที่มากกว่าโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องมีเงินสนับสนุนตามมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน 10.0751 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 12

A FEASIBILITY STUDY OF THE SOLAR THERMAL POWER PLANT
USING MOLTEN SALT TECHNOLOGY IN THAILAND



Presented in Partial Fulfillment of Requirements for the
Master of Engineering degree in Engineering Management
at Srinakharinwirot University

December 2015

Wiwat Kulabsorn. (2015). *A feasibility study of the solar thermal power plant using molten salt technology in Thailand*. Master thesis. M.Eng. (Engineering Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof Dr.Witchakorn Charusiri.

This research had aim to study feasibility of technology and investment cost for solar power plant and solar thermal power plant using molten salt technology under various assumptions and simulation case study three scenarios are 1) base case (electricity tariff at 3.8548 Baht per kilowatt-hour) 2) the electricity tariff rate for actually operating costs (IRR = 0) and 3) the appropriate rate of electricity tariff for supporting from government in kind of Feed in tariff (FiT). The cost benefit analysis was used with a set of key indicators including Net Present Value, Cost Benefit ratio and Financial Internal Rate of Return. Including a sensitivity analysis of the investment cost on the volatility of inflation based and the measures to promote the electric tariff of electricity from renewable energy (FiT) by government policy. Result of the research showed that the solar power plant has operating cost as same as the measures to promote the electric tariff of electricity from renewable energy at 6.6145 Baht per kilowatt-hour when the financial internal rate of return (IRR) is 12%. And the solar thermal power plant using molten salt technology is appropriate technology and this technology can store heat for produce electricity in long time more than solar power plant, the measures to promote the electric tariff of electricity from renewable energy at 10.0751 Baht per kilowatt-hour when the financial internal rate of return (IRR) is 12%.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวในประเทศไทย

ของ
วิวัฒน์ กุหลาบซ้อน

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวិวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.คุญธิ์ โยเหลา)

วันที่ เดือน พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษา ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี สุภสุธิกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษชากร จารุศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนช่วยเหลือ และแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ ทำให้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ ที่กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือในการตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง และเสนอแนะขั้นตอนวิธีการทำปริญญานิพนธ์ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ควบคุม พนักงาน และผู้บริหารของบริษัทผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความสนับสนุนข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว รวมถึงขอบใจความรักจากน้องสาวที่เป็นที่รักยิ่ง ที่คอยสนับสนุนรวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดจน อาจารย์เจ้าหน้าที่ เพื่อนร่วมชั้นปริญญาโท สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ขอบเขตวิจัย	3
วิธีการดำเนินการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579	7
พลังงานแสงอาทิตย์	17
การผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน	22
คุณสมบัติของเกลือหลอมเหลว	46
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว	47
การวิเคราะห์โครงการ และการตัดสินใจเพื่อการลงทุน	50
นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff	53
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	56
3 วิธีดำเนินการวิจัย	59
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	59
เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน จากแสงอาทิตย์	59
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	60
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	61
แบบจำลองเหตุการณ์ที่ใช้ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์	63
การวิเคราะห์ข้อมูล	63

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	65
ประเมินโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar farm)	65
โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 2 MW	65
ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ	67
กรณีศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้ EGAT	69
การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR = 0)	71
การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการสนับสนุนจากภาครัฐที่ทำให้ภาคเอกชนสามารถดำเนินการได้	73
Feed-in Tariff (FIT)	75
การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis)	76
ประเมินโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	82
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ขนาด 11 MW	82
ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ	83
กรณีศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้ EGAT	86
การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR = 0)	88
การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการสนับสนุนจากภาครัฐที่ทำให้ภาคเอกชนสามารถดำเนินการได้	89
Feed-in Tariff (FIT)	91
การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis)	92
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	99
สรุปผลการวิจัย	99
ข้อเสนอแนะ	100
บรรณานุกรม	101

บทที่ 1

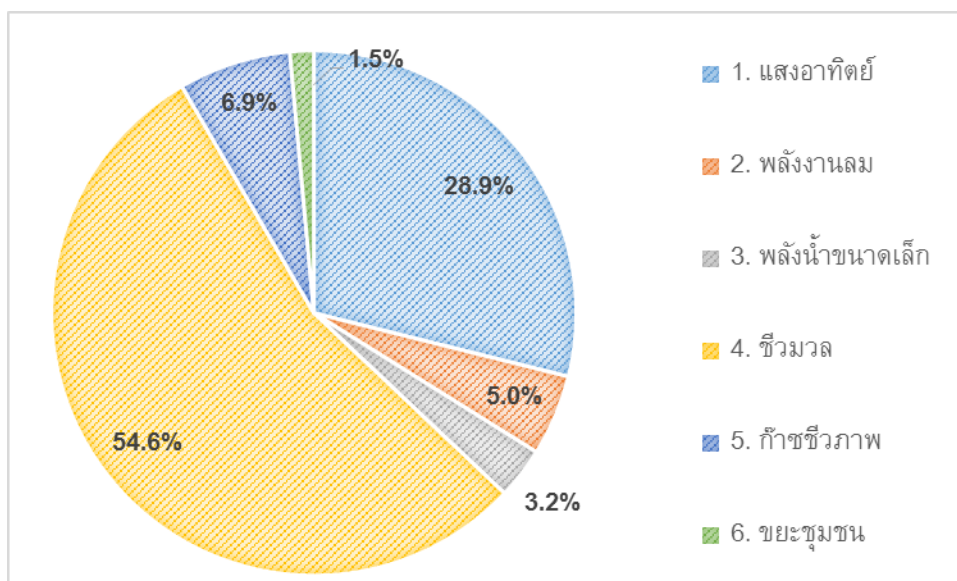
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันสถานการณ์เรื่องพลังงานประเทศไทยยังต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก โดยเฉพาะต้องนำเข้าน้ำมันเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 45 นอกจากนั้นยังต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติบางส่วน ถ่านหิน และพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านรวมเป็นสัดส่วนการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกมากถึงร้อยละ 55 ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกับสถานะความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากราคาพลังงานโดยเฉพาะน้ำมันมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมีความผันผวนรุนแรงมากจากการเก็งกำไรราคาน้ำมันในตลาดโลกที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ ซึ่งเคยปรับตัวสูงขึ้นไปถึง 147 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล เพื่อเสถียรภาพความมั่นคงด้านพลังงานแล้วประเทศต้องลดการนำเข้าพลังงานดังกล่าวให้มากที่สุด เป็นเหตุผลให้เปลี่ยนมาพึ่งพาพลังงานทดแทนมากขึ้น

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์บ้างแล้ว เมื่อเปรียบเทียบการพัฒนาระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะพลังงานแสงอาทิตย์กับประเทศต่าง ๆ ที่พัฒนาแล้วก็ยังถือว่ามีพัฒนาน้อยมาก ซึ่งสวนกับทิศทางของการเจริญเติบโตของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทวีคูณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ยังต้องมีการนำเข้า วัตถุดิบสำหรับผลิตไฟฟ้าอยู่ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น

ปัจจุบันกระทรวงพลังงานมีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan : AEDP2015) โดยให้ความสำคัญกับการส่งเสริมพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ และมุ่งเน้นวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประชาชนในระยะยาว ซึ่งประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำขนาดเล็ก พลังงานชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และพลังงานขยะชุมชน เป็นต้น โดยดูได้จากภาพประกอบที่ 1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนแต่ละเทคโนโลยี



ภาพประกอบ 1 สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนโดยแบ่งตามเทคโนโลยี ปี 2557

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558)

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนฉบับนี้ สรุปว่าประเทศไทยยังมีเสถียรภาพทางด้านพลังงานที่ต่ำอยู่ เนื่องจากยังต้องพึ่งพาพลังงาน และวัตถุดิบในการผลิตพลังงานจากต่างประเทศอยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งมากเพิ่มขึ้นทุกปี นั้นจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ประเทศไทยต้องมุ่งเน้นหาพลังงานทางเลือกอื่นเพื่อลดการพึ่งพาต่างชาติ ซึ่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน โดยพัฒนาภาพจำลองเหตุการณ์จากศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในประเทศไทย ในภาพจำลองเหตุการณ์ต่างๆ เช่นการลงทุนก่อสร้างเองทั้งหมด ขอรับการสนับสนุนจากรัฐบาล และกู้เงินลงทุนก่อสร้างเองทั้งหมด ขอรับการสนับสนุนจากรัฐบาล และกู้เงินลงทุนจากสถาบันการเงิน โดยวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน และหาต้นทุนที่แท้จริงเพื่อใช้เป็นข้อมูลตัดสินใจลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเทคโนโลยีเกลือเหลวขึ้นในประเทศไทย และใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างจากกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย และแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าต่อไป

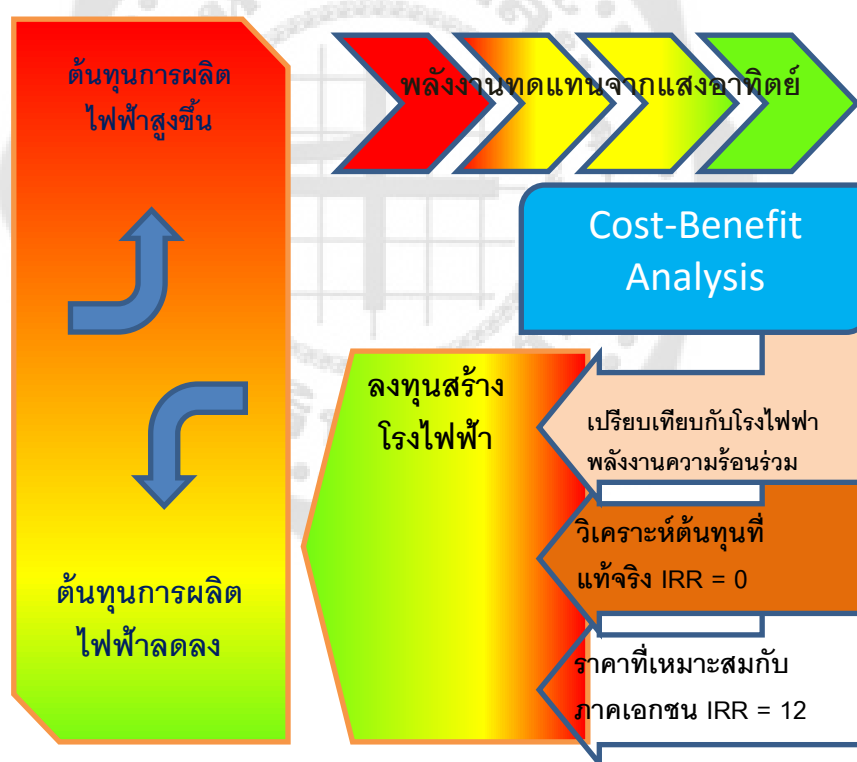
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวโดยพิจารณาจากศักยภาพเชิงพื้นที่ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. สร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (scenario) ในกรณีต่าง ๆ และหาต้นทุนที่แท้จริงของการลงทุน เพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะให้กับภาครัฐในการการสนับสนุนภาคเอกชน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาความเหมาะสมของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน โดยศึกษาความเหมาะสมของผลตอบแทนในการลงทุน



4. ขอบเขตวิจัย

1. ศึกษาการตั้งโรงงานผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวที่จังหวัดนครราชสีมา กำลังการผลิต 11 เมกะวัตต์

2. สร้างภาพจำลองเหตุการณ์ (scenario) ในการตั้งโรงงานผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ใน 3 กรณี คือ 1) ศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง ($IRR = 0$) และ 3) ผลตอบแทนการลงทุนที่จูงใจต่อการลงทุนกับเอกชน ($IRR = 12$)

3. สร้างภาพจำลองเหตุการณ์ (scenario) ในการตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวที่จังหวัดนครราชสีมา กำลังการผลิต 11 เมกะวัตต์ใน 3 กรณี คือ 1) ศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง ($IRR = 0$) และ 3) ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมกับภาคเอกชน ($IRR = 12$)

4. ศึกษาความอ่อนไหว และการเปลี่ยนแปลงต่อแบบจำลองเหตุการณ์ทั้ง 2 เหตุการณ์ คือ 1) การสนับสนุนจากรัฐบาลเพิ่มขึ้น และลดลง 2) อัตราเงินเฟ้อของประเทศเพิ่มขึ้น และลดลง

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนวรรณกรรม (Literature review)

1.1 ศึกษาหลักการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1.3 ข้อมูลด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

2. ศึกษาการสนับสนุนจากรัฐบาลกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) จาก 3 แนวทางคือแบบลงทุนด้วยตัวเอง ลงทุนโดยได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และการลงทุนโดยการกู้เงินจากสถาบันการเงิน

3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)

3.2 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C ratio)

3.3 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

3.4 วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

4. สรุปผลการศึกษาและจัดทำรูปเล่ม

5. เขียนรูปเล่ม และเผยแพร่งานวิจัย

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคำนวณต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนเพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนเชิงพาณิชย์ และใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนสำหรับภาคเอกชน อีกทั้งนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนภาครัฐในการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ในอนาคต



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พลังงานไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศ ทำให้ประเทศไทยต้องเร่งสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานควบคู่ไปกับการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นการพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นแนวทางสำคัญเป็นอย่างยิ่งอีกแนวทางหนึ่ง จากแผนพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 – 2565) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กำหนดปัจจัยที่สำคัญในการผลักดันการพัฒนาพลังงานทดแทนประกอบด้วย

1.1 ความจำเป็นในการจัดหาพลังงานให้เพียงพอความต้องการของประเทศ จากสมมติฐานการขยายตัวของความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศระหว่างปี 2552 – 2554 เท่ากับร้อยละ 2 และตั้งแต่ปี 2555 ถึงปี 2565 เท่ากับร้อยละ 3 ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศในปี 2554 เท่ากับ 70,300 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ปี 2559 เท่ากับ 81,500 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และปี 2565 เท่ากับ 97,300 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานในประเทศระหว่างปี 2552 ถึงปี 2565 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบันมากนัก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนในประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น

1.2 ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งพลังงานทดแทนในประเทศ จากการศึกษาศักยภาพพลังงานทดแทนในประเทศไทย พบว่าประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีศักยภาพทางด้านพลังงานทดแทนอยู่ในระดับสูง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากขณะเดียวกันมีอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรซึ่งล้วนแล้วแต่อำนวยความสะดวกดีมีวัตถุดิบนำมาผลิตพลังงานทั้งชีวมวล ก๊าซชีวภาพ รวมไปถึงไบโอดีเซลและเอทานอล รวมทั้งประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน

1.3 ความมั่นคงทางด้านพลังงาน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศจำนวนมาก โดยตั้งแต่ปี 2531 จนถึงปี 2558 การนำเข้าพลังงานขั้นต้นเชิงพาณิชย์เฉลี่ยร้อยละ 61 ของความต้องการใช้พลังงานขั้นต้นเชิงพาณิชย์ ซึ่งสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันอยู่ในระดับร้อยละ 80 ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมด และพบว่าสัดส่วนการนำเข้าพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณการผลิตพลังงานภายในประเทศไม่สามารถปรับตัวสูงขึ้นได้ตามความต้องการใช้ ดังนั้น หากไม่พัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจัง จะส่งผลให้ประเทศไทยต้องนำเข้า

พลังงานเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระดับร้อยละ 70 ซึ่งสภาวการณ์ ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพด้านพลังงาน และด้านเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก

1.4 ความจำเป็นในการลดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ผลการศึกษาคาดการณ์ แนวโน้มพลังงานของโลกขององค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency) พบว่าจากแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคพลังงานในปัจจุบัน จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ อุณหภูมิโลกสูงถึง 6 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ยในระยะยาว จึงจำเป็นที่ทั่วโลกจะต้องดำเนินมาตรการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเร่งด่วน เพื่อสนองตอบต่อกระแสโลกและหลีกเลี่ยง การกีดกันทางการค้าที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต และเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ ประเทศไทยจำเป็นต้องกำหนดมาตรการและแนวทางที่ชัดเจนเพื่อรองรับปัญหาภาวะโลกร้อน ทั้งนี้การพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทดแทนเป็นแนวทางหนึ่งในการดำเนินการเพื่อลดปริมาณการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อน

2. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan : AEDP 2015) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของ การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย โดยการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าก็มีปริมาณ เพิ่มขึ้นจาก 1,341 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ในปี 2556 เป็น 1,467 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ในปี 2557 แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการดำเนินงานด้านพลังงานทดแทน ปี 2555 – 2557

พลังงานทดแทน	หน่วย	ผลดำเนินงาน		
		2555	2556	2557
ไฟฟ้า*	เมกกะวัตต์	2,786	3,788	4,494
	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,138	1,341	1,467
1. แสงอาทิตย์	เมกกะวัตต์	376.72	823.46	1,298.51
2. พลังงานลม	เมกกะวัตต์	111.73	222.71	224.47
3. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกกะวัตต์	101.75	108.80	142.01
4. ชีวมวล	เมกกะวัตต์	1,959.95	2,320.78	2,451.82

ตาราง 1 (ต่อ)

พลังงานทดแทน	หน่วย	ผลดำเนินงาน		
		2555	2556	2557
5. ก๊าซชีวภาพ	เมกกะวัตต์	193.40	265.23	311.50
6. ชยะชุมชน	เมกกะวัตต์	42.72	47.48	65.72
ความร้อน	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	4,886	5,279	5,775
1. แสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	3.50	4.50	5.10
2. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	4,346.00	4,694.00	5,144.00
3. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	458.00	495.00	528.00
4. พลังงานขยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	78.20	85.00	98.10
เชื้อเพลิงชีวภาพ	ล้านลิตร/วัน	4.20	5.50	6.10
	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,270	1,612	1,783
1. เอทานอล	ล้านลิตร/วัน	1.40	2.60	3.21
2. ไบโอดีเซล	ล้านลิตร/วัน	2.80	2.90	2.89
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		7,294	8,232	9,025
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		73,316	75,214	75,804
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		9.95	10.94	11.91

* รวมการผลิตไฟฟ้านอกกริด (Including off grid power generation) และไม่รวมการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดใหญ่

2.1 สถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

กระทรวงพลังงานมีนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมาตั้งแต่ปี 2532 โดยให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็ก (Small Power Produce: SPP) ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) จากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรโดยนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายเข้าระบบสายส่งเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยแบ่งเบาภาระการลงทุนของภาครัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าด้วย ต่อมาได้ขยายผลสู่การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่นๆ ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชยะ พลังน้ำ พลังงานลม จากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Produce: VSPP) ขนาดไม่เกิน 10 เมกกะวัตต์ เพื่อกระจายโอกาสไปยังพื้นที่ห่างไกลให้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ช่วยลดความสูญเสียในระบบไฟฟ้า และลดการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า โดยสนับสนุนผ่านมาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) ทั้งนี้ อัตราส่วนเพิ่ม และระยะเวลาในการสนับสนุนจะ

แตกต่างกันตามประเภทพลังงานทดแทน โดยมีส่วนเพิ่มอัตราบริโภคไฟฟ้าพิเศษสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา จากมาตรการจูงใจดังกล่าวทำให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีส่วนเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2550 มีสัดส่วนปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่ผลิตได้รวมการผลิตไฟฟ้านอกกริด (Including off grid power generation) ทั้งประเทศร้อยละ 4.3 และเพิ่มเป็นร้อยละ 9.87 ในปี 2557 (ไม่รวมพลังน้ำขนาดใหญ่)



ภาพประกอบ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปี 2550 - 2557

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558).

2.2 เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

กระทรวงพลังงานมีประเด็นการพิจารณาเพื่อกำหนดเป้าหมายการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับศักยภาพของเชื้อเพลิงวัตถุดิบ และความสามารถในการรองรับระบบไฟฟ้า ดังนี้

2.2.1 ศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนคงเหลือของแต่ละเทคโนโลยี

ประเมินจากศักยภาพของเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนที่มีอยู่ทั้งหมด หักด้วยปริมาณเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนส่วนที่นำไปใช้แล้วสำหรับแต่ละประเภทเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน

2.2.2 ความต้องการการใช้ไฟฟ้า

ประเมินจากการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) นำมาปรับค่าให้สอดคล้องกับแผน EEP 2015 ซึ่งมีค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าขั้นสุดท้ายของทั้งประเทศ ณ ปี 2579 เท่ากับ 326,119 ล้านหน่วย

2.2.3 ความสามารถของสายส่งในการรองรับไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทน

ในแผน PDP 2015 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ประเมินศักยภาพสายส่งในการรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนรายสถานีไฟฟ้าและรายปี ตั้งแต่ปี 2558 - 2567 ซึ่งมีข้อจำกัดในการรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน โดยหลังจากปี 2567 เป็นต้นไป ปัญหาข้อจำกัดจะหมดไป ซึ่งจะสามารถวางแผนพัฒนาสายส่งไฟฟ้าให้สอดคล้องกับเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่จะเพิ่มขึ้นได้อย่างเต็มที่

2.2.4 การจัดลำดับเทคโนโลยีตามราคาต้นทุนสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนประเภทต่าง ๆ (Merit Order from Levelized Cost of Electricity: LCOE) และตามนโยบายของรัฐบาลในด้านผลประโยชน์เชิงสังคมและสิ่งแวดล้อมจากโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน (Society Cost)

พิจารณาจาก ต้นทุนค่าก่อสร้าง (Construction Cost) ค่าเดินระบบ (Operation Cost) และค่าบำรุงรักษา (Maintenance Cost) ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน รวมถึงค่าเชื้อเพลิงวัตถุดิบ (Fuel Cost) ในกรณีที่เป็นพลังงานจากชีวมวล พลังงานจากขยะ และพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากพืชพลังงาน ทั้งนี้ ราคาต้นทุนสุทธิในการผลิตไฟฟ้าจากจะคิดเป็นช่วงตลอดอายุโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน และพิจารณาตามลำดับความสำคัญตามนโยบายการส่งเสริมของรัฐบาลจากปริมาณผลกระทบที่จะลดได้ (เทียบเป็นมูลค่าเงิน) จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อนำพลังงานทดแทนมาใช้ผลิตไฟฟ้า รวมถึงมูลค่าการจ้างงานที่จะเกิดขึ้น

2.2.5 การจัดสรรการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนเชิงพื้นที่ (RE Zoning)

เป็นการกำหนดเป้าหมายปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนประเภทต่าง ๆ โดยใช้หลักการ Renewable Energy Supply-Demand Matching โดยนำศักยภาพคงเหลือของแหล่งพลังงานทดแทนมาจัดเรียงตาม Merit Order เชิงนโยบายของเทคโนโลยีพลังงานทดแทนต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ และพิจารณาข้อจำกัดของสายส่งที่รับได้ตามขั้นตอน ดังนี้

(1) จัดทำ Merit Order ตามต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน และมูลค่าผลประโยชน์เชิงสังคมและสิ่งแวดล้อม และปรับลำดับ Merit Order ให้สอดคล้องกับนโยบายการส่งเสริมพลังงานขยะและพลังงานชีวภาพของภาครัฐ เพื่อสร้างประโยชน์ร่วมกับเกษตรกรและชุมชน รวมถึงการเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าของประชาชนในพื้นที่ห่างไกล ได้ลำดับ Merit Order ดังต่อไปนี้คือ

1) ขยะ 2) ชีวมวล 3) ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย/ของเสีย 4) พลังน้ำขนาดเล็ก 5) ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน 6) พลังงานลม 7) พลังงานลม และ 8) พลังงานความร้อนใต้พิภพ

(2) จัดสรรเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าของแต่ละประเภทเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนสำหรับในแต่ละโซนพื้นที่ โดยนำปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนที่มีการติดตั้งแล้ว รวมทั้งที่มีแผนงานจะถูกนำไปใช้ (โครงการที่ผูกพันกับภาครัฐ) มาเป็นฐานในการพิจารณาเพื่อให้ทราบส่วนต่างของปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่จะต้องดำเนินการเพิ่มเติม (โครงการใหม่) ให้เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าในโซนพื้นที่นั้น เพียงพอและสอดคล้องกับข้อจำกัดที่นำมาพิจารณาในทุกข้อ อันประกอบด้วย ข้อจำกัดด้านปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าส่วนเพิ่ม และข้อจำกัดด้านศักยภาพสายส่ง

เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผน AEDP 2015 มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศ ที่ร้อยละ 20 ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) รวมสุทธิ ซึ่งสอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (PDP2015) ที่ระบุว่าให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 20 ภายในปี 2579

ตาราง 2 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557* (เมกกะวัตต์)	เป้าหมายปี 2579 (เมกกะวัตต์)
1. ขยะชุมชน	65.72	500.00
2. ขยะอุตสาหกรรม	-	50.00
3. ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.50	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	142.01	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680.00
7. พลังงานลม	224.47	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	-	2,906.40
รวมเมกกะวัตต์ติดตั้ง (เมกกะวัตต์)	4,494.03	19,684.40

ตาราง 2 (ต่อ)

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557* (เมกกะวัตต์)	เป้าหมายปี 2579 (เมกกะวัตต์)
รวมพลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	17,217.00	65,588.07
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ (ล้านหน่วย)	174,467.00	326,119.00
สัดส่วนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (%)	9.87	20.11

* รวมการผลิตไฟฟ้านอกกริด (Including off grid power generation) และไม่รวมการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดใหญ่

** เป็นกำลังการผลิตติดตั้งที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน โดยพลังน้ำขนาดใหญ่ถูกรวมเป็นเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในแผน AEDP2015

2.3 ยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทน

กระทรวงพลังงานกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนในปี 2558 – 2579 ดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีพลังงานทดแทน

เป้าประสงค์ การพัฒนาความสามารถในการผลิต บริหารจัดการวัตถุดิบ ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

กลยุทธ์ 1.1 พัฒนาวัตถุดิบทางเลือกอื่น และพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 1.2 พัฒนาการรูปแบบการบริหารจัดการและการใช้วัตถุดิบพลังงานทดแทนให้มีประสิทธิภาพ

กลยุทธ์ 1.3 ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีให้ที่เหมาะสมกับความสามารถการผลิตและการใช้พลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 1.4 ปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการผลิตการใช้พลังงานทดแทนอย่างเหมาะสม

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มศักยภาพการผลิต การใช้ และตลาดพลังงานทดแทน

เป้าประสงค์ การผลักดันความสามารถในการผลิตและความต้องการพลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 2.1 สนับสนุนครัวเรือน และชุมชนให้มีส่วนร่วมในการผลิตการใช้พลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 2.2 ส่งเสริมให้เกิดการลงทุนด้านพลังงานทดแทนอย่างเหมาะสมแก่ผู้ผลิตและผู้ใช้ทั้งใน และต่างประเทศ

กลยุทธ์ 2.3 ส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพธุรกิจพลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 2.4 พัฒนากฎหมายด้านพลังงานทดแทน พร้อมทั้งเร่งรัดการปรับปรุงแก้ไข

กฎหมายและกฎระเบียบเพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างเหมาะสม

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การสร้างจิตสำนึกและเข้าถึงองค์ความรู้ ข้อเท็จจริงด้านพลังงานทดแทน
เป้าประสงค์ การสร้างความตระหนักและความรู้ความเข้าใจต่อการผลิตการใช้พลังงานทดแทนอย่าง
มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

กลยุทธ์ 3.1 พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการฐานข้อมูลด้านพลังงานทดแทน

กลยุทธ์ 3.2 เผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร องค์ความรู้ และข้อมูลสถิติพลังงาน
ทดแทน

กลยุทธ์ 3.3 พัฒนาศูนย์การเรียนรู้ความเข้าใจด้านพลังงานทดแทน เพื่อสร้าง
ความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

กลยุทธ์ 3.4 พัฒนาเครือข่ายด้านพลังงานทดแทนที่เกี่ยวข้อง และสนับสนุนการมีส่วนร่วม
ของเครือข่ายทั้งในระดับประเทศ และในระดับนานาชาติ

ตาราง 3 ยุทธศาสตร์ที่ 1 การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีพลังงานทดแทน

ยุทธศาสตร์ที่ 1	การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีพลังงานทดแทน การพัฒนาความสามารถในการผลิต บริหารจัดการวัตถุดิบ ด้วยเทคโนโลยีที่ เหมาะสม	
เป้าประสงค์		การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์		
กลยุทธ์ 1.1 พัฒนา วัตถุดิบทางเลือก อื่น และพื้นที่ที่มี ศักยภาพเพื่อผลิต พลังงานทดแทน	- กำหนดพื้นที่ (Zoning) การส่งเสริมการปลูกพืชสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบ พลังงานทดแทน - พัฒนาและส่งเสริมวัตถุดิบอื่นๆ ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์มาใช้เป็นแหล่ง เชื้อเพลิง เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ของเสียจากกระบวนการผลิต ในภาคอุตสาหกรรม โดยบูรณาการร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	
กลยุทธ์ 1.2 พัฒนาการรูปแบบ การบริหารจัดการ และการใช้วัตถุดิบ พลังงานทดแทนให้ มีประสิทธิภาพ	- ส่งเสริมให้มีการบริหารจัดการวัตถุดิบพลังงานทดแทนอย่างเป็นระบบ เช่น ระบบการขนส่ง ระบบการผลิตแบบพันธสัญญา (Contract farming) - พัฒนาและกำหนดมาตรฐาน คุณสมบัติเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนเพื่อการ จำหน่ายเชิงพาณิชย์ เช่น มาตรฐานเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Pellet) น้ำมันไพโรไล ซิส เป็นต้น - ส่งเสริมการแปรรูปพลังงานทดแทนเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน เชื้อเพลิงหลัก หรือเชื้อเพลิงร่วม (Co-firing) เช่น เชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Biomass Pellet) หรือ Bio-coke ในการผลิตพลังงาน	

ตาราง 3 (ต่อ)

กลยุทธ์	การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์ 1.3 ส่งเสริมการพัฒนา เทคโนโลยีให้ที่ เหมาะสมกับ ความสามารถการ ผลิตและการใช้ พลังงานทดแทน	- ส่งเสริมการใช้ชิ้นส่วน อุปกรณ์ หรือเทคโนโลยีที่ผลิตภายในประเทศ (local content) - พัฒนาชิ้นส่วน อุปกรณ์ หรือเทคโนโลยีพลังงานทดแทนใหม่ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ และสามารถต่อยอดได้ในเชิงพาณิชย์ - กำหนดมาตรฐานวัสดุ อุปกรณ์ ระบบติดตั้ง และระบบทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน (Performance) ของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน - วิจัยพัฒนาระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม
กลยุทธ์ 1.4 ปรับปรุงระบบ โครงสร้างพื้นฐาน เพื่อรองรับการผลิต การใช้พลังงาน ทดแทนอย่าง เหมาะสม	- จัดตั้งศูนย์ทดสอบอุปกรณ์ เทคโนโลยี และรับรองอุปกรณ์ผลิตพลังงานทดแทน - ปรับปรุงโครงสร้างระบบสายส่งเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (Smart grid) - ศึกษาแนวทางพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เพื่อรองรับพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่ๆ เช่น เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น

ตาราง 4 ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มศักยภาพการผลิต การใช้ และตลาดพลังงานทดแทน

ยุทธศาสตร์ที่ 2	การเพิ่มศักยภาพการผลิต การใช้ และตลาดพลังงานทดแทน
เป้าประสงค์	การผลักดันความสามารถในการผลิตและความต้องการพลังงานทดแทน
กลยุทธ์	การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์ 2.1 สนับสนุนครัวเรือน และชุมชนให้มีส่วน ร่วมในการผลิตการ ใช้พลังงานทดแทน	- สนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าในชุมชน หรือหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ในพื้นที่ห่างไกล - สนับสนุนการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสีเขียว (Distributed Green Generation: DGG) ให้ผลิตไฟฟ้าโดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในพื้นที่ - ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าใช้เอง ในหน่วยงานภาครัฐ อาคารธุรกิจ หรือบ้านพักอาศัย (Self-consumption) - พัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เช่น พลังงานลมมาใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

ตาราง 4 (ต่อ)

กลยุทธ์	การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์ 2.2 ส่งเสริมให้เกิดการ ลงทุนด้านพลังงาน ทดแทนอย่าง เหมาะสมแก่ผู้ผลิต และผู้ใช้ทั้งใน และ ต่างประเทศ	ส่งเสริมการลงทุนพลังงานทดแทนด้วยมาตรการทางภาษีและมาตรการ สนับสนุนทางการเงินอย่างเหมาะสม - สนับสนุนการซื้อขายไฟฟ้าเข้าระบบสายส่ง ด้วยวิธีประมูลแข่งขัน (Competitive bidding) - สนับสนุนระบบซื้อขายไฟฟ้าแบบวิธีหักลบหน่วย (Net metering) เพื่อ ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าใช้เอง - ทบทวนปรับปรุงอัตราซื้อไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสถานการณ์
กลยุทธ์ 2.3 ส่งเสริมการลด ต้นทุนการผลิต และเพิ่ม ประสิทธิภาพธุรกิจ พลังงานทดแทน	- ส่งเสริมการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์ เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ การผลิตการใช้พลังงาน - สนับสนุนการเพิ่มมูลค่าของเสียจากกระบวนการผลิตและอุตสาหกรรม ต่อเนื่อง
กลยุทธ์ 2.4 พัฒนา กฎหมายด้าน พลังงานทดแทน พร้อมทั้งเร่งรัดการ ปรับปรุงแก้ไข กฎหมายและ กฎระเบียบเพื่อ ส่งเสริมการพัฒนา พลังงานทดแทน อย่างเหมาะสม	- ผลักดันกฎหมายพลังงานทดแทน - ปรับปรุงกฎระเบียบเพื่อสนับสนุนการพัฒนาพลังงานทดแทน และเพื่อความ ปลอดภัยในการผลิต การขนส่ง และการบริโภค

ตาราง 5 ยุทธศาสตร์ที่ 3 การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีพลังงานทดแทน

ยุทธศาสตร์ที่ 3 เป้าประสงค์	การสร้างจิตสำนึก และเข้าถึงองค์ความรู้ ข้อเท็จจริงด้านพลังงานทดแทน การสร้างความตระหนัก และความรู้ความเข้าใจต่อการผลิตการใช้พลังงาน ทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
กลยุทธ์	การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์ 3.1 พัฒนา ระบบสารสนเทศ เพื่อบริหารจัดการ ฐานข้อมูลด้าน พลังงานทดแทน	- พัฒนาระบบฐานข้อมูลพลังงานทดแทนที่ถูกต้อง และทันสมัย เพื่อพร้อม รองรับการเชื่อมต่อกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
กลยุทธ์ 3.2 เผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ ข้อมูลข่าวสาร องค์ ความรู้ และข้อมูล สถิติพลังงาน ทดแทน	- ส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการด้านพลังงานทดแทน เช่น การ ประกวดแข่งขัน - เผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร และองค์ความรู้ ผ่านสื่อต่างๆ เช่น เว็บไซต์ สื่อสิ่งพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น - พัฒนาและปรับปรุงข้อมูลข่าวสาร เอกสารวิชาการ และข้อมูลสถิติให้มีความ ทันสมัย
กลยุทธ์ 3.3 พัฒนา บุคลากรให้มี ความรู้ความเข้าใจ ด้านพลังงาน ทดแทน เพื่อสร้าง ความสามารถใน การใช้ประโยชน์ จากพลังงาน ทดแทนทั้ง ภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติ	- พัฒนาหลักสูตรด้านพลังงานทดแทนในหน่วยงานสถาบันการศึกษาและ สถานประกอบการต่างๆ - ฝึกอบรม ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจด้านพลังงานทดแทนให้กับหน่วยงาน องค์กรอื่นๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้

ตาราง 5 (ต่อ)

กลยุทธ์	การผลิตไฟฟ้า
กลยุทธ์ 3.4 พัฒนา เครือข่ายด้าน พลังงานทดแทนที่ เกี่ยวข้อง และ สนับสนุนการมี ส่วนร่วมของ เครือข่ายทั้งใน ระดับประเทศ และ ในระดับนานาชาติ	- จัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ด้านพลังงานในระดับชุมชน หรือภูมิภาค - สร้างความร่วมมือ หรือสนับสนุนเครือข่ายด้านพลังงานทดแทนในระดับชุมชน เพื่อสร้างการยอมรับ ลดการต่อต้าน - พัฒนาความสัมพันธ์ในระดับนานาชาติให้แน่นแฟ้น เพื่อสร้างความร่วมมือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารด้านพลังงาน

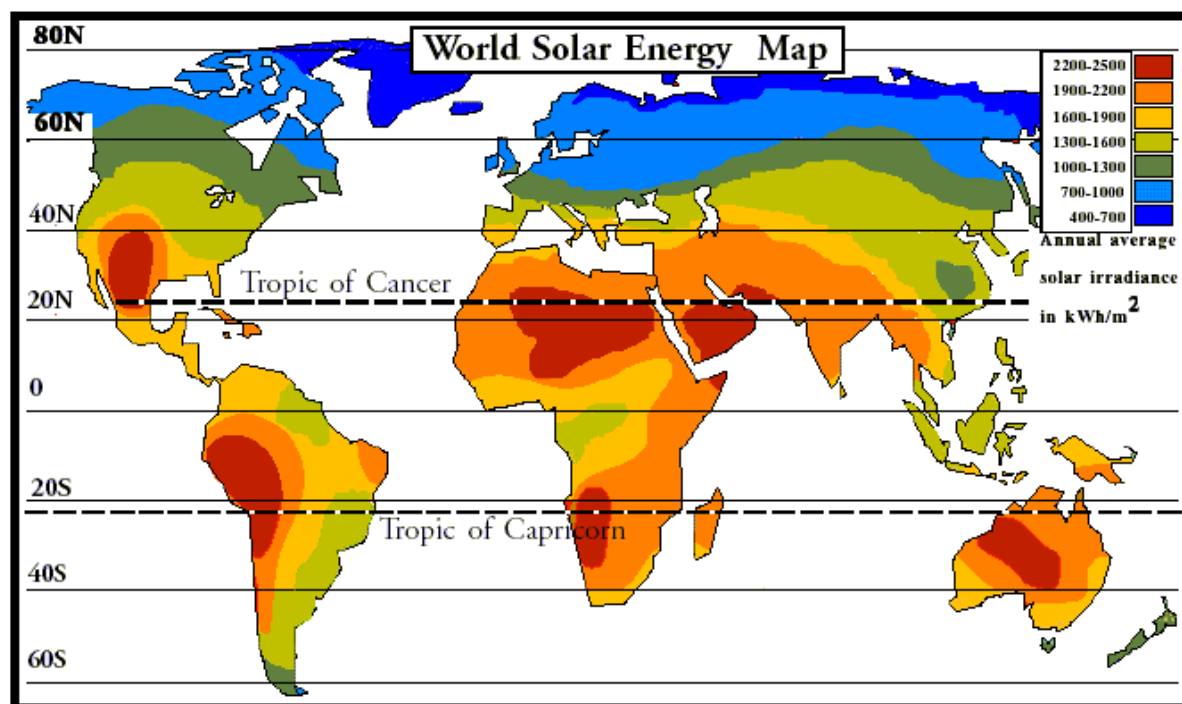
3. พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ พลังงานนี้เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตในโลก ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด และยังเป็นต้นกำเนิดของพลังงานน้ำ (จากการทำให้น้ำกลายเป็นไอและลอยตัวขึ้นสูง พลังงานน้ำที่ตกกลับลงมาถูกนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานเคมีในอาหาร (พืชสังเคราะห์แสง เปลี่ยนแร่ธาตุให้เป็นแป้งและน้ำตาล ซึ่งสามารถให้พลังงานแก่มนุษย์และสัตว์ชนิดต่างๆ) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานลม (ทำให้เกิดความกดอากาศและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ) และยังเป็นต้นกำเนิดพลังงานคลื่น (ทำให้น้ำขึ้น-ลง) นอกจากนี้พลังงานความร้อนใต้พิภพก็ยังถือว่ามีรากฐานมาจากความร้อนจากดวงอาทิตย์อีกด้วย (จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะของเรา ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนอยู่ประมาณร้อยละ 74 โดยมวล ฮีเลียมร้อยละ 25 โดยมวล และธาตุอื่นๆอีกเล็กน้อยดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 5,515 องศาเซลเซียส และปริมาณของพลังงานนี้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เราเรียกว่า ค่าคงตัวสุริยะ (solar constant) บนโลก (หรือระยะ 1 หน่วยดาราศาสตร์จากดวงอาทิตย์) มีค่าคงตัวสุริยะโดยเฉลี่ยที่ 1,370 วัตต์ต่อตารางเมตร ทว่าพลังงานที่โลกได้รับมีค่าน้อยลง ด้วยเพราะบรรยากาศโลกได้สกัดกั้นออกไป จนเหลือเพียง 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่ก็พอเพียงต่อการใช้ประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก

ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

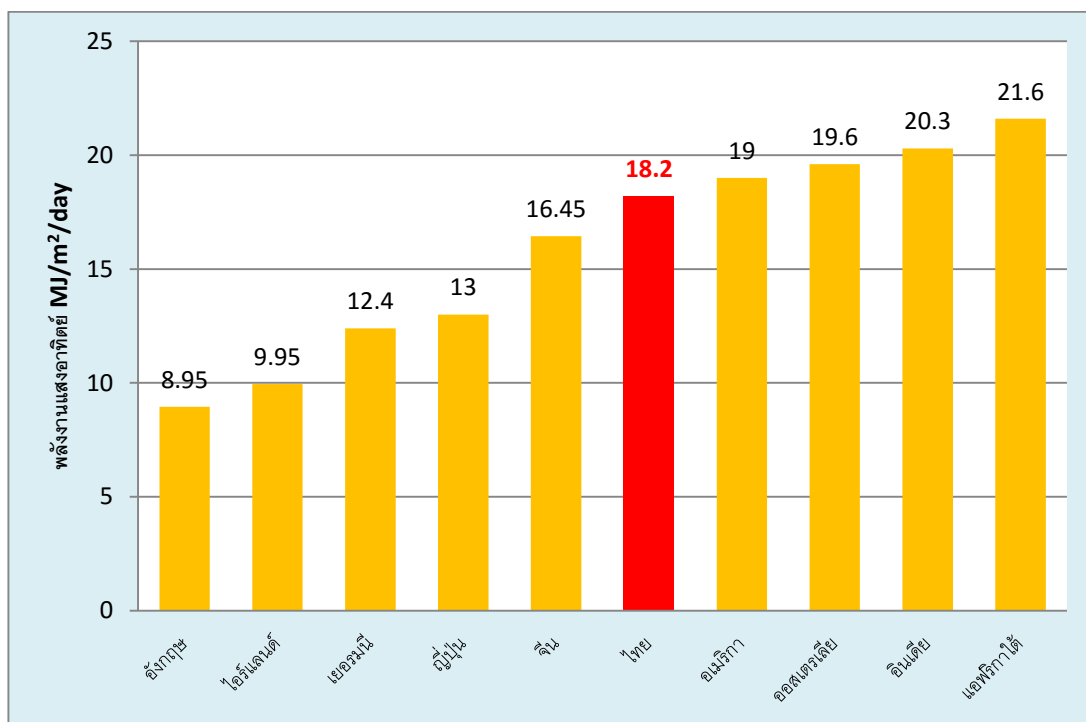
ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพในการรับแสงอาทิตย์ ตามภาพประกอบ 3 ซึ่งถ้าเทียบกับประเทศอื่นๆ ซึ่งจากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่ามีความเท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 5.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน



ภาพประกอบ 3 แผนที่พลังงานจากแสงอาทิตย์ของโลก

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554).

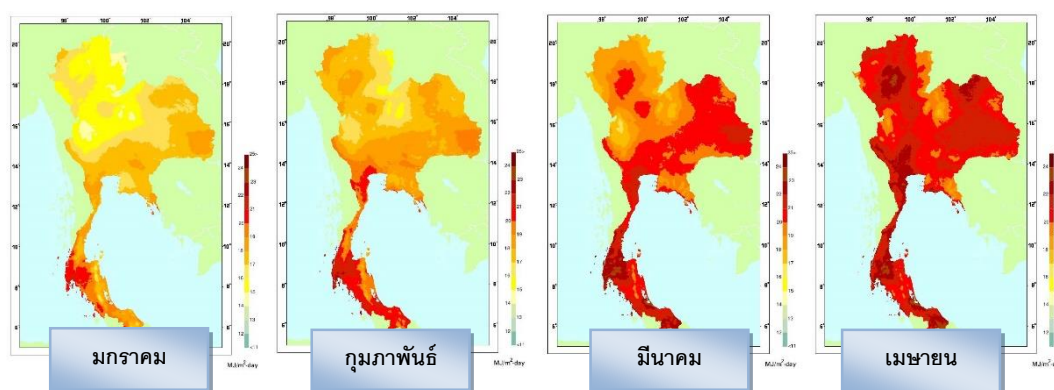
ค่าคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีเทียบกับประเทศอื่นๆ พบว่าประเทศไทยจัดว่าเป็นประเทศที่มีศักยภาพค่อนข้างสูงตามที่แสดงในภาพประกอบ 4

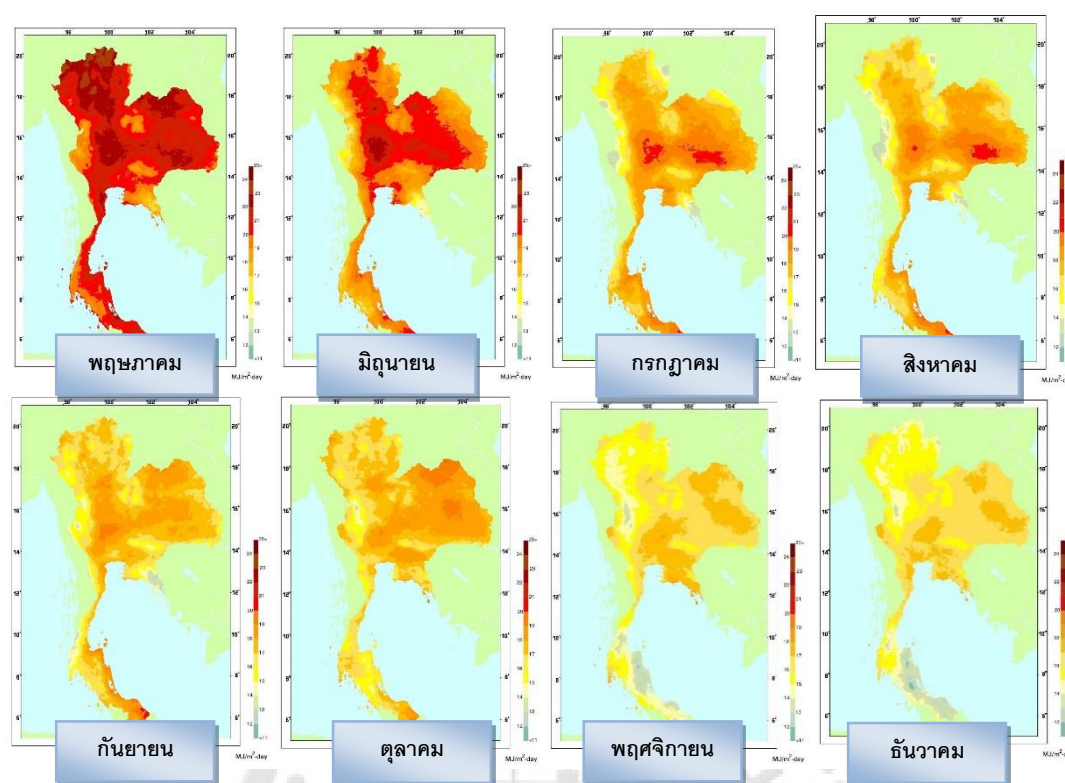


ภาพประกอบ 4 แผนภูมิแสดงพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเทียบกับประเทศต่างๆ

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554).

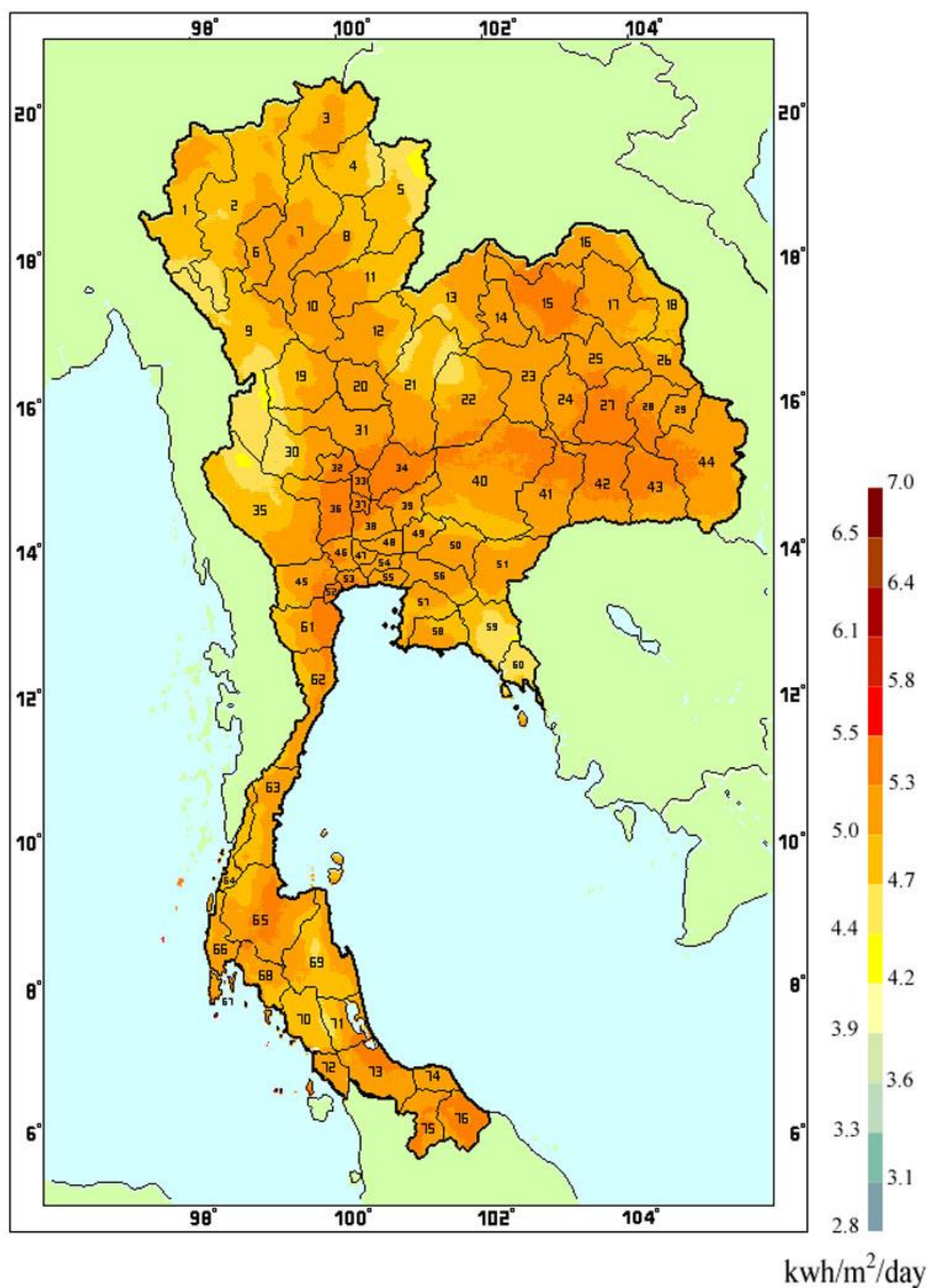
การกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆภายในประเทศ ซึ่งแสดงตามภาพประกอบ 5 พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัด สุพรรณบุรี ชัยนาท อโยธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 19-20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน





ภาพประกอบ 5 แผนที่พลังงานจากแสงอาทิตย์ของประเทศไทยของแต่ละเดือน

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554).



ภาพประกอบ 6 แผนที่ศักยภาพภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2542).

4. การผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน

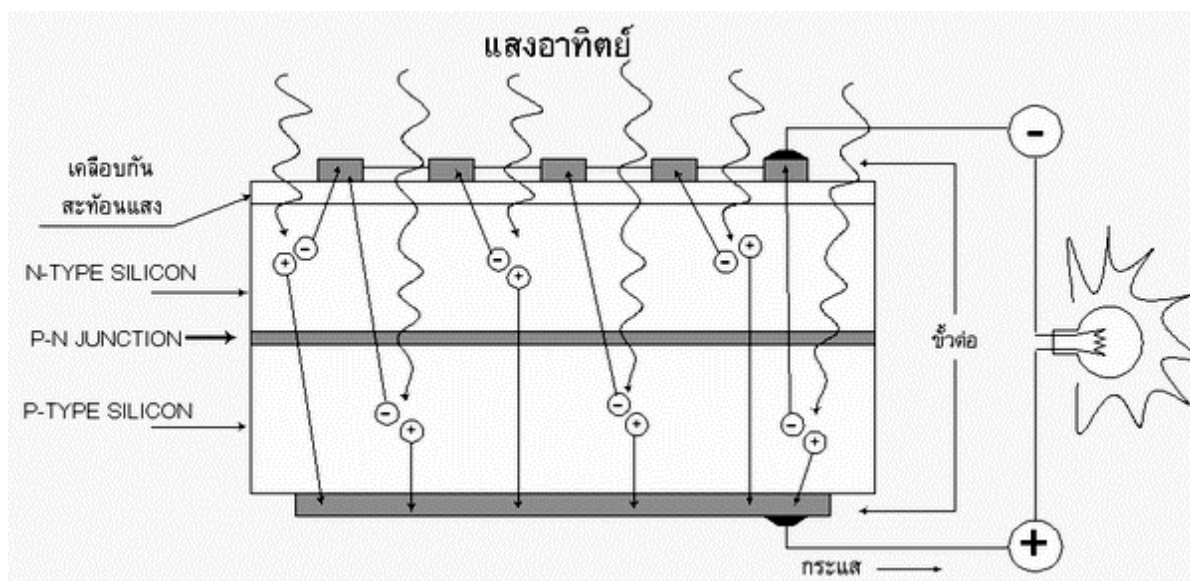
ประเทศไทยได้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ใน 2 รูปแบบได้แก่ (1) ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันทั้งหมดใช้เทคโนโลยีเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (2) ผลิตความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนใช้กับที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ อุตสาหกรรม และการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร

4.1 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

4.1.1 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

ขบวนการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์หลักสำคัญตัวแรกก็คือ “เซลล์แสงอาทิตย์” เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Photon จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ Electron มีการเคลื่อนที่ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

องค์ประกอบหลักของ “เซลล์แสงอาทิตย์” คือ สารกึ่ง ตัวนำ (Semi-Conductors) 2 ชนิด มาต่อกัน ซึ่งเรียกว่า P-N Junction เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะถ่ายพลังงานให้อะตอมของสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนส์และโฮลส์อิสระ ไปรออยู่ที่ขั้วต่อ ดังนั้นเมื่อมีการเชื่อมกับวงจรภายนอก เช่น เอาหลอดไฟมาต่อคร่อมขั้วต่อ ก็เกิดการไหลของอิเล็กตรอนส์/โฮลส์ ที่ให้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงกับวงจรภายนอกได้ และจะให้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือนำไปกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้งานภายหลังได้ ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์

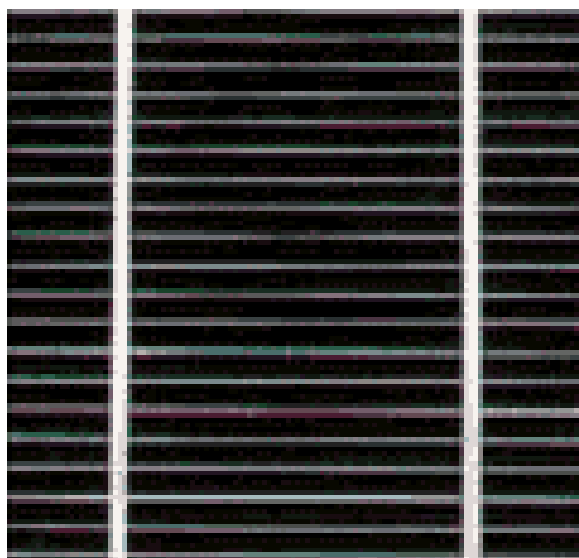
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว

วิธีการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว เริ่มจากการนำเอาซิลิกอน ซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.99 %) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากต้นผลึกด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์

ต่อไปก็จะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็นรอยต่อพีเอ็นขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการแพร่ หลังจากนั้นก็จะเป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าออกมาใช้ และขั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงหรือทำให้สะท้อนแสงน้อยที่สุด

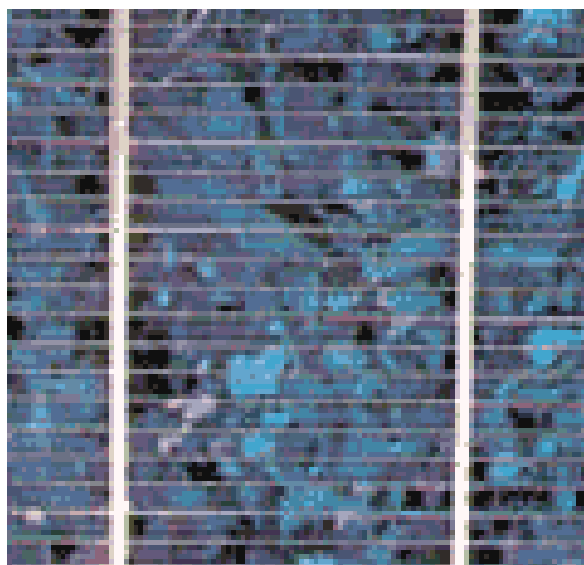


ภาพประกอบ 8 แสดงตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว

ที่มา: <https://sites.google.com>.

2. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน

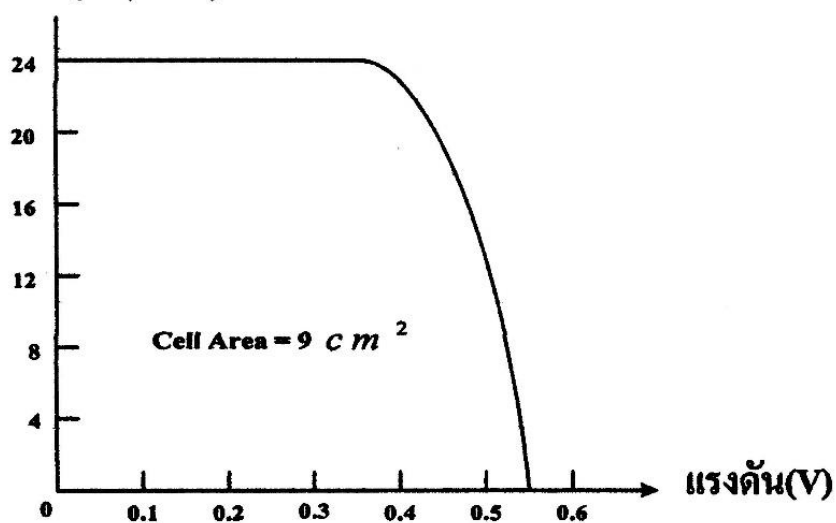
ความน่าสนใจในการใช้ผลึกโพลีซิลิกอน ในรูปแบบของฟิล์มบางเพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ก็เป็นอีกหนึ่งแนวคิดหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการผลิตแบบชนิดผลึกเดี่ยวได้ โดยขั้นตอนการผลิตใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมีของซิลิกอนลงบนฐานวัสดุราคาถูกเช่น แก้วไฟต์, แผ่นอะลูมิเนียม ฯลฯ ฟิล์มบางของซิลิกอนนี้ปลูกได้โดยการแยกสารไซเรน, ซิลิกอนเตตระคลอไรด์ ในอุณหภูมิระหว่าง 300 – 1,000 องศาเซลเซียส แล้วแต่กรณีด้วยอัตราความเร็วในการเกิดชั้นผลึกในชั้น 100 – 1,000° A/นาที่ อัตราความเร็วในการเกิดชั้นผลึกและขนาดผลึกและขนาดของผลึกย่อยจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ ฟิล์มที่หนามากจะให้ขนาดผลึกย่อยที่โตกว่า กรณีใช้ฟิล์มขนาดบาง การเจือจางอาจทำได้ในขณะปลูกชั้นฟิล์มบางโดยการผสมก๊าซบางชนิด เช่น ไดโบรอนเฮกซะไฮโดร, ฟอสเฟต ด้วยปริมาณที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 9 แสดงตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพสิซิลิกอน

ที่มา: <https://sites.google.com>.

ความเข้มแสง (mA/cm^2)



ภาพประกอบ 10 กราฟลักษณะสมบัติกระแสต่อแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง ที่ทำจากผลึกโพสิซิลิกอน

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

3. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน

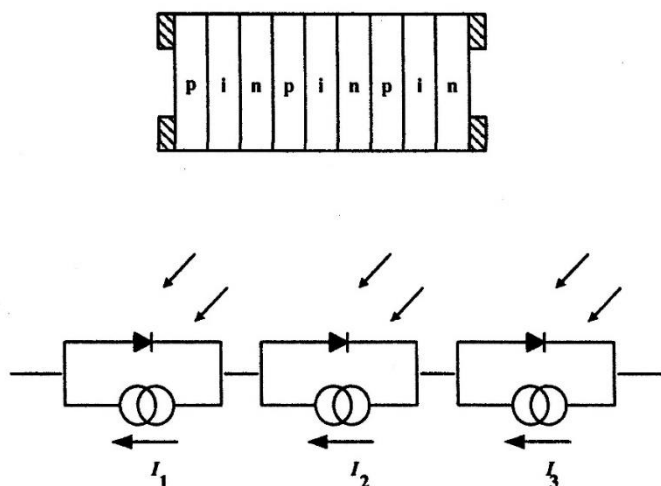
เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากผลึกจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบาง ไม่ใช่เวเฟอร์

เราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิกอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า การตกตะกอนของไอระเหยทางเคมี ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิกอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเรน ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีกระบวนการกระตุ้นโดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ซิลิกอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง โดยส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สแตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200 – 300 องศาเซลเซียส ซิลิกอนจะทับถมสะสมบนแผ่นเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิกอน ในขั้นตอนนี้ หากเราใส่ก๊าซที่มีโบรอน เช่น ไดโบรอนเฮกซะไฮไดรด์เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิกอนชนิดพี และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี ฟอสเฟต เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิกอนชนิดเอ็น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้เราสามารถควบคุมการไหลของก๊าซ เพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิกอนขึ้นได้อย่างง่ายดาย หลังจากได้โครงสร้าง pin แล้วเราก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์



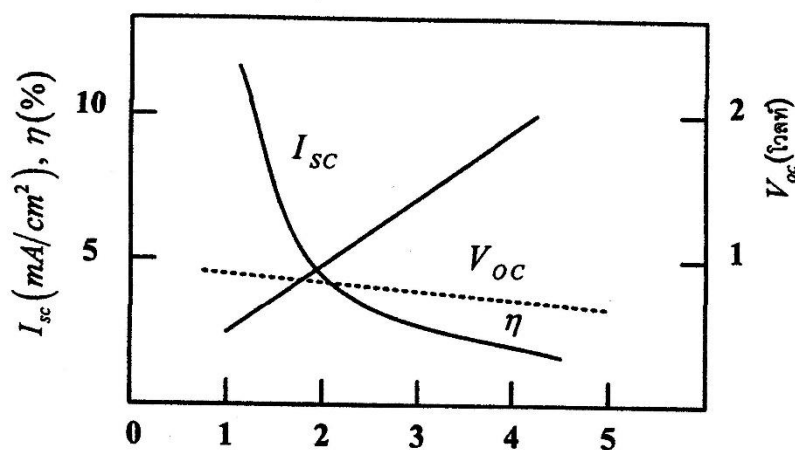
ภาพประกอบ 11 แสดงตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน

ที่มา: <https://sites.google.com>.



ภาพประกอบ 12 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนที่สร้างซ้อนทับกันหลาย ๆ ชั้น เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เช่นเดียวกับการต่ออนุกรม

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).



ภาพประกอบ 12 ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด กระแสไฟฟ้าลัดวงจร และค่าฟิลต์แฟคเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนที่ซ้อนทับกันหลาย ๆ ชั้น

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

เมื่อพิจารณาจากวิธีการเตรียมอะมอร์ฟัสซิลิกอน จะเห็นว่าขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีขนาดตามรูปร่างลักษณะของฐานที่ใช้ ดังนั้นการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำจาก

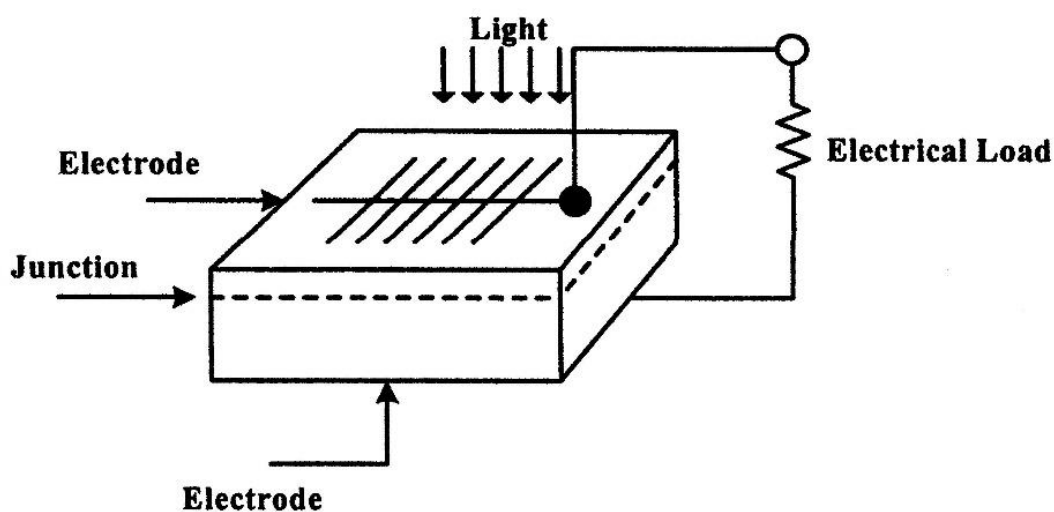
อะมอร์ฟัสซิลิกอนจึงทำให้ง่ายกว่าแบบอื่นมาก ทำให้มีการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนมาใช้งานเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับนาฬิกาข้อมือและเครื่องคิดเลขขนาดเล็ก

4. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเกลเลียมอาร์เซไนด์

เกลเลียมอาร์เซไนด์ เป็นวัสดุที่น่าสนใจในการใช้งานทางด้านเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เพราะเป็นสารที่มีแถบพลังงานต้องห้าม (1.43 อิเล็กตรอน-V) ที่เหมาะสมกับสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีทิศทางแถบช่องว่าง และมีค่าความยาวในการแพร่ซึมของพาหะข้างน้อยสูง (2-3 ไมโครเมตร) จึงคาดว่าเป็นวัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง (> 20%) และสามารถใช้งานได้กับสภาพที่มีอุณหภูมิแวดล้อมสูง เช่น ในกรณีที่แสงมีความเข้มมาก ๆ เนื่องจากเกลเลียมอาร์เซไนด์ เป็นสารที่มีอัตราความเร็วในการรวมตัวที่ผิวสูง จึงจำเป็นต้องมีชั้นที่สาม ทำหน้าที่เป็นหน้าต่างปิดทับชั้นหนึ่งเสียก่อน โดยปกติมักใช้ชั้นของเกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์เซไนด์เพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว และหากชั้นเกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์เซไนด์นี้มีลักษณะของแถบพลังงานต้องห้ามเป็นแบบชั้นแถบช่องว่าง โดยการเปลี่ยนค่าจำนวนอะตอมแล้ว จะทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปอีก ปัญหาที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากเกลเลียมอาร์เซไนด์ ได้แก่ ราคาของวัสดุซึ่งแพงมาก โดยเฉพาะผลึกเกลเลียมอาร์เซไนด์ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ เพื่อจะได้มาซึ่งวัสดุเกลเลียมอาร์เซไนด์ ที่มีราคาถูก เช่น เทคนิคฟิล์มบาง เป็นต้น

โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้งานจริงนั้น จะทำโดยการสร้างรอยต่อพีเอ็น ขึ้นเป็นหน่วยพื้นฐาน เราเรียกหน่วยเล็กสุดนี้ว่า เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์นั้นไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ขนาดไหน จะมีคุณสมบัติให้แรงดันไฟฟ้าในระดับ 0.5 โวลล์ ส่วนกระแสจะแปรผันตามพื้นที่ของเซลล์ในการรับแสง ในกรณีของเซลล์แสงอาทิตย์ของซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว จะให้กระแสในระดับประมาณ 2 แอมป์ ต่อพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร ฉะนั้นในการใช้งานจริง เช่น ทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ไฟที่แรงดันระดับ 1.5 – 2.0 โวลล์ เราก็ต้องนำเซลล์เหล่านี้มาต่อแบบอนุกรมให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ และถ้าหากต้องการกระแสเพิ่มขึ้นอีกเท่าใด ก็เอาหน่วยย่อยเหล่านั้นมาต่อขนานกันเป็นหน่วยใหญ่ขึ้นมาอีก ซึ่งจะเรียกหน่วยนี้ว่า โมดูล เมื่อเอาโมดูลเหล่านี้ประกอบกันเข้าเป็นแผง ในลักษณะที่พร้อมจะไปติดตั้งใช้งานเรียกว่า แผง

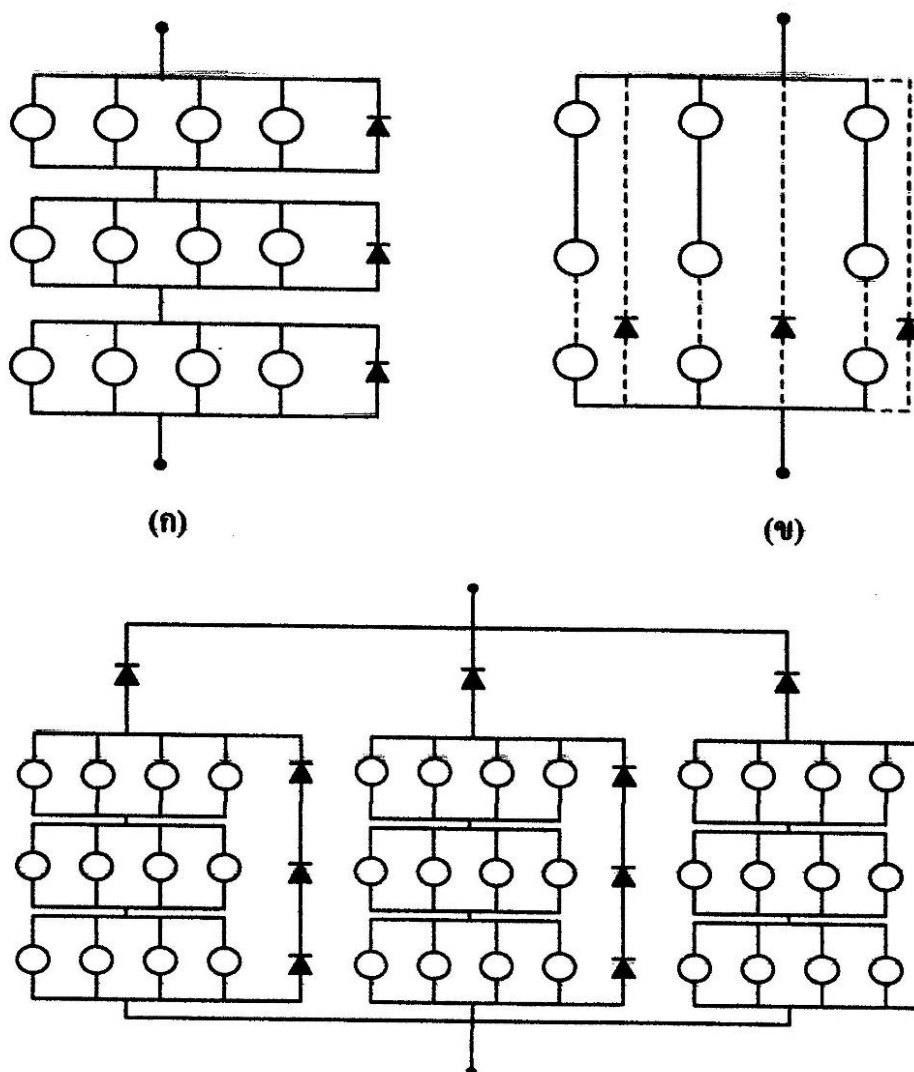


ภาพประกอบ 13 รูปร่างของเซลล์อย่างง่าย

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ (2546)

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์

การนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานที่เหมาะสมกับโหลดนั้น จำเป็นต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามต้องการ และต่อขนานเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าตามต้องการ ทั้งนี้เพราะเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวมีแรงดันไฟฟ้าน้อย ประมาณ 0.5 โวลต์ สำหรับเซลล์ที่ทำจากซิลิกอน ภาพประกอบ 13 แสดงการต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ขนาน และแบบผสม ภาพประกอบ 13 (ก) เป็นการต่อเซลล์แบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ แล้วจึงนำไปต่อขนานเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าตามต้องการแสดงในภาพประกอบ 13 (ข) เป็นการต่อเซลล์แบบขนานก่อนแล้วจึงนำไปต่อแบบอนุกรมทีหลัง ในทางอุดมคติแล้ว การต่อทั้งสองแบบได้ผลลัพธ์เหมือนกัน แต่ถ้ามีเซลล์ใดเซลล์หนึ่งเกิดผิดปกติขึ้น เช่น เกิดลัดวงจรหรือวงจรเปิด การต่อเซลล์ทั้งสองแบบนี้จะทำให้ผลลัพธ์ที่แตกต่าง ถ้าหากว่าต่อเซลล์แบบอนุกรมแล้วต่อขนานแล้วเกิดมีเซลล์ใดเซลล์หนึ่งวงจรเปิดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์ที่ต่อกับเซลล์ตัวนี้จะสูญเสียไป แต่ถ้าเป็นการต่อเซลล์แบบขนานแล้วต่ออนุกรมจะไม่มีผลเท่าใดนัก แต่การต่อเซลล์แบบขนานนั้น เซลล์อื่น ๆ ที่เหลือจะป้องกันกระแสไฟฟ้าแก่เซลล์ที่เกิดลัดวงจรนั้น เพื่อป้องกันการเกิดการผิดพลาดดังกล่าวนี้จึงใช้ไดโอดต่อคร่อมตัวเซลล์ไว้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วนิยมต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมดังแสดงในภาพประกอบ 13 (ค) และมักจะออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นแผงขนาดเล็กที่มีกำลังไฟฟ้าที่แน่นอนหลาย ๆ อันต่อกันไว้โดยที่แต่ละชุดจะมีไดโอดต่อไว้ด้วยเพื่อป้องกันกระแสไฟไหลย้อนกลับเข้าเซลล์แสงอาทิตย์



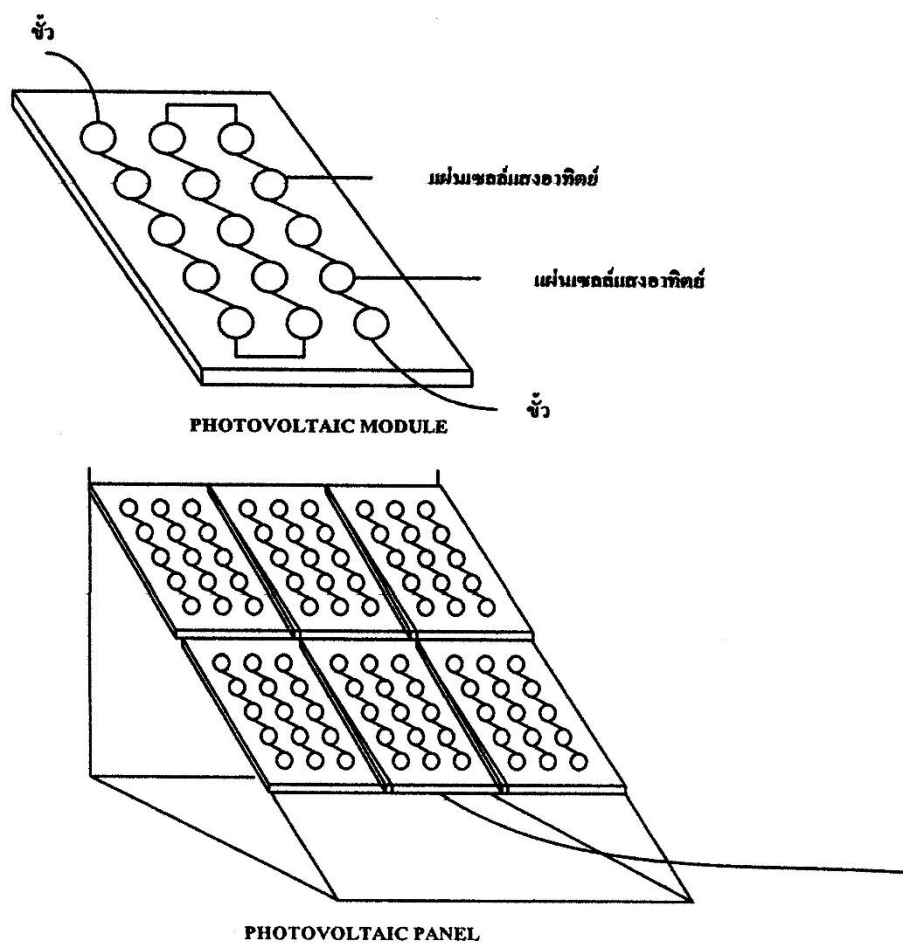
ภาพประกอบ 14 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ (ก) การต่อแบบอนุกรม (ข) การต่อแบบขนาน (ค) การต่อแบบผสม

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเลือกสถานที่ซึ่งไม่เกิดเงาได้ง่าย เพราะจะทำให้เกิดการบังเงาบนตัวเซลล์ ทำให้เกิดจุดความร้อนขึ้นในแผงของเซลล์อื่นเนื่องจากการป้อนกลับของกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ถูกบังเงาต่อเซลล์ที่เกิดการบังเงา การใช้ไดโอดต่อคร่อมตัวเซลล์จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากจุดร้อนได้ เพราะกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ถูกบังเงาจะไหลผ่านไดโอดแทนการไหลผ่านเซลล์ที่ถูกบังนั้น

ในภาพประกอบ 15 ได้แสดงการต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม – ขนาน ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด (W_p) พบว่า

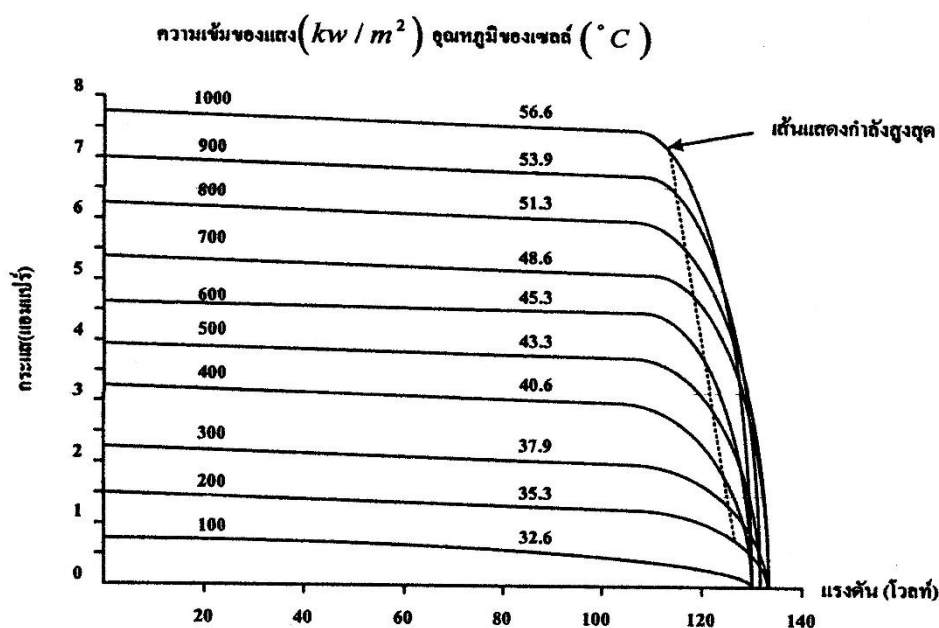
แต่ละเซลล์	แรงดัน = 0.45 โวลต์,	กระแส = 1.5 แอมป์
แต่ละแถวที่ต่ออนุกรม	แรงดัน = 2.25 โวลต์,	กระแส = 1.5 แอมป์
โมดูล	แรงดัน = 2.25 โวลต์,	กระแส = 4.5 แอมป์



ภาพประกอบ 15 แบบลักษณะการต่อเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

ความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ จะบอกเป็นกำลังสูงสุด (W_p) ที่ความเข้มแสง ที่กำหนดเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์ จะมีพื้นที่รับแสงประมาณ 10 ตารางเมตร ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับภาระที่นำมาต่อ ถ้าเราสามารถหาภาระที่เหมาะสมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่จุด W_p แล้วเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในขณะใช้งานสูงสุด ประสิทธิภาพของของเซลล์แสงอาทิตย์ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ประสิทธิภาพของของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นและลดลงประมาณ 0.5 % ต่อองศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 16 กราฟตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเข้มแสงและที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

หลักการเปลี่ยนพลังงาน

เซลล์แสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าได้โดยอาศัยขบวนการต่อไปนี้

1. อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจะดูดกลืนแสงหรือโฟตอนที่มีพลังงานเหมาะสม และอิเล็กตรอนดังกล่าวหลุดจากอะตอมในสารกึ่งตัวนำออกไปเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในเนื้อสาร ถ้าพิจารณาในเทอมของการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนได้แยกระดับพลังงานของตัวเองจากวาเลนซ์แบนด์ (VB) ไปยังคอนดักชันแบนด์ (CB) และกลายเป็นพาหะไฟฟ้าลบ การกระตุ้นอิเล็กตรอนดังกล่าวนอกจากทำให้อิเล็กตรอนอยู่รอบในคอนดักชันแบนด์แล้วยังสร้างพาหะไฟฟ้าบวกคือโฮล ให้เกิดขึ้นในวาเลนซ์แบนด์ด้วยโฟตอนที่มีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานข้ามช่องว่างของสารกึ่งตัวนำเท่านั้นจึงจะถูกดูดกลืน ซึ่งกำหนดได้ดังสมการ

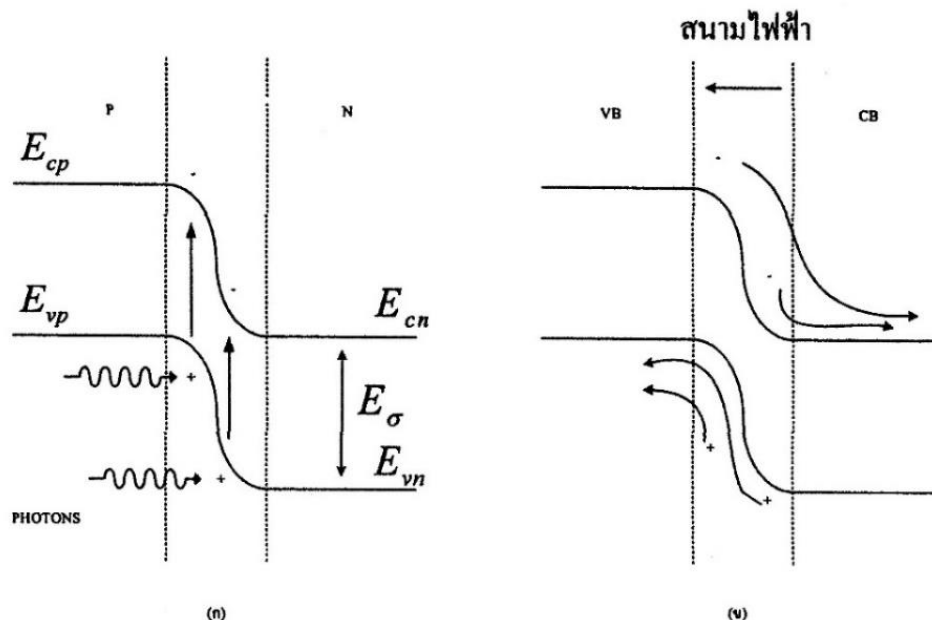
$$h\gamma \geq E_g \quad (2.1)$$

โดยที่ h เป็นค่าคงที่ของพลังค์
 γ เป็นค่าความถี่ของแสง
 E_g เป็นค่าพลังงานข้ามช่องว่างของสารกึ่งตัวนำ

2. พาหะไฟฟ้าทั้งสองชนิดคือ อิเล็กตรอนรอบในคอนดิชันแบนด์ และโฮลในวาเลนซ์แบนด์ถูกแรงจากสนามไฟฟ้าภายในเซลล์บริเวณรอยต่อให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แน่นอน การเคลื่อนที่ของพาหะดังกล่าวเป็นการเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ ในสนามไฟฟ้า

เมื่อพาหะเคลื่อนที่ออกจากรอยต่อเข้าสู่เนื้อของวัตถุของเซลล์ พาหะจะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยการแพร่เนื่องจากไม่มีสนามไฟฟ้าภายนอกบริเวณรอยต่อ (ในกรณีปกติ) จะมีการสูญเสียพาหะไปส่วนหนึ่งเมื่อมีการรวมตัวของพาหะชนิดตรงข้าม และมีการดักจับพาหะผิดพลาดในเนื้อวัตถุ และบริเวณผิว

3. พาหะที่เคลื่อนที่ออกมาจากเซลล์จะไหลผ่านโหลดไฟฟ้าที่ต่ออยู่ภายนอก ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรและนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ได้

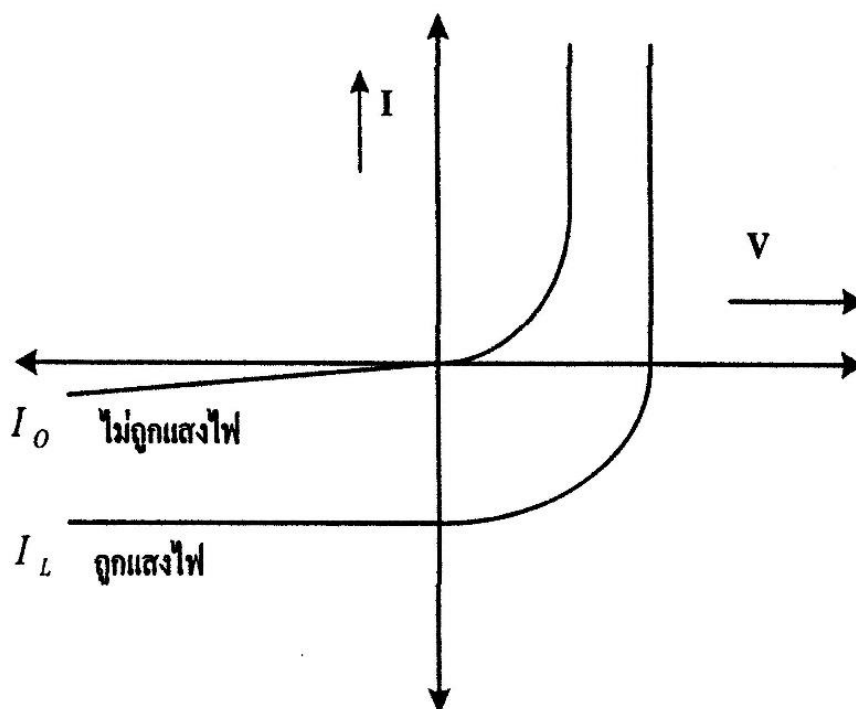


ภาพประกอบ 17 (ก) การกระตุ้นอิเล็กตรอนจาก VB ไป CB เมื่อมีโฟตรอนที่มีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับ E_g มาตรฐาน (ข) การเคลื่อนที่ของพาหะโดยการเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

ลักษณะสมบัติกระแส, แรงดันของเซลล์ไฟฟ้า

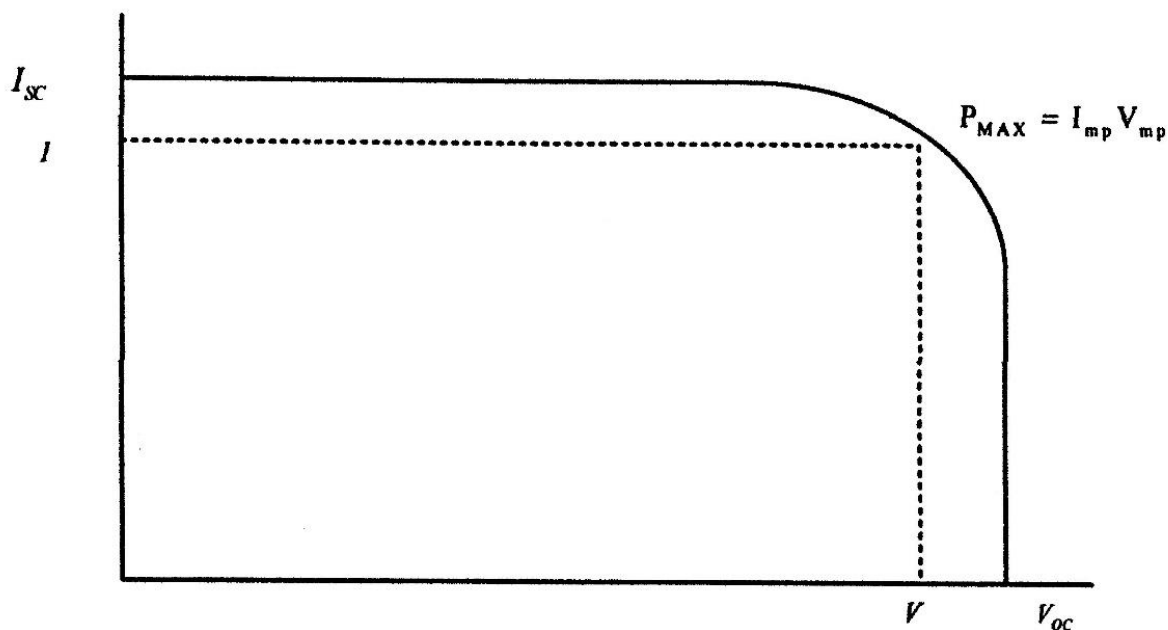
เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแบบรอยต่อพีเอ็น และรอยต่อแบบสารกึ่งตัวนำโลหะ ซึ่งมีลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าคล้ายกับไดโอด ดังนั้นเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ถูกแสงอาทิตย์จึงมีลักษณะสมบัติกระแสแรงดันเช่นเดียวกับไดโอด ดังแสดงในรูปภาพประกอบ 18 และเมื่อแสงตกกระทบบนรอยต่อพีเอ็น เซลล์แสงอาทิตย์จึงมีลักษณะสมบัติกระแส แรงดัน ดังแสดงในภาพประกอบ 18 จุดที่เส้นโค้งตัดแกนกระแส (I) เรียกว่าค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{SC}) และจุดที่เส้นโค้งตัดแกนแรงดันไฟฟ้า (V) เรียกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{OC})



ภาพประกอบ 18 กราฟลักษณะสมบัติกระแสต่อแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

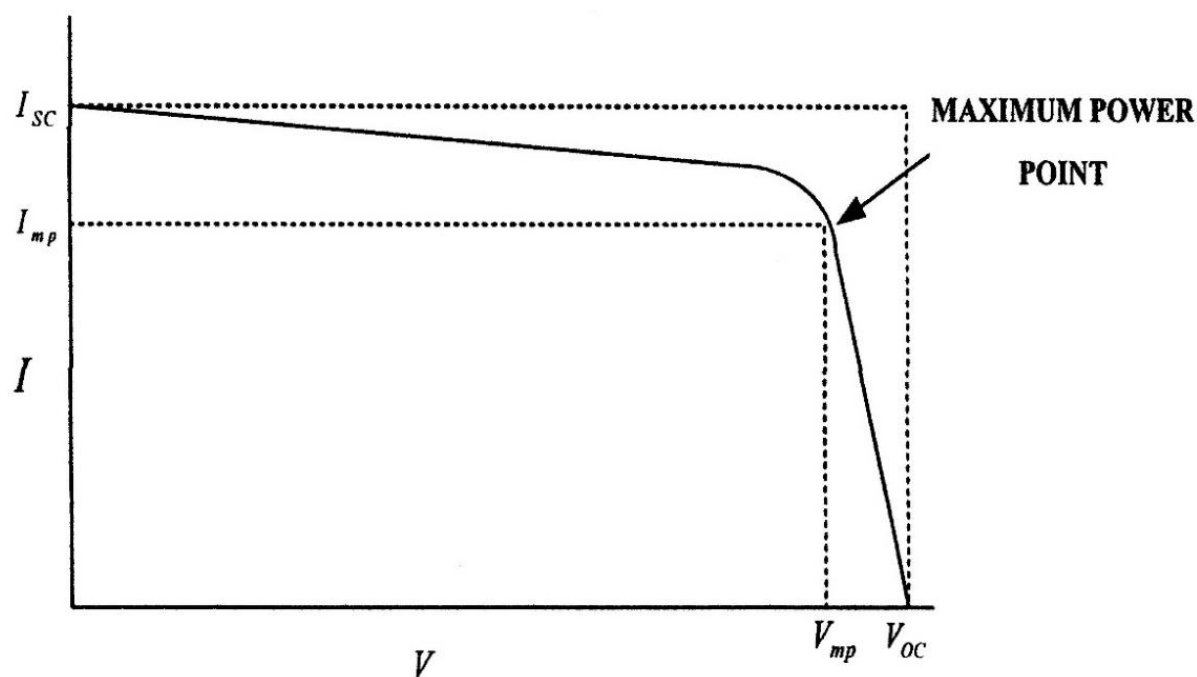
โดยทั่วไปนิยมเขียนลักษณะสมบัติกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ในจุดภาคที่ 1 แสดงในภาพประกอบ 18 จุด P_{max} บนเส้นโค้งเป็นจุดที่ให้พื้นที่ใต้เส้นมีค่ามากที่สุด นั่นคือให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุด



ภาพประกอบ 19 กราฟลักษณะสมบัติกระแสต่อแรงดันของเซลล์ในควอตแดนซ์ที่ 1

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

พารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่มีความสำคัญแก่เซลล์แสงอาทิตย์ คือฟิลล์แฟคเตอร์ซึ่งสามารถหาได้จากลักษณะสมบัติ $I - V$ ของเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งโดยปกติแล้วเหมือนกันเส้นโค้ง $I - V$ ของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติซึ่งมีค่าฟิลล์แฟคเตอร์เท่ากับ 1 ค่าฟิลล์แฟคเตอร์กำหนดได้เป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด และกระแสไฟฟ้าลัดวงจร หรือเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ทั้งสอง ดังแสดงในภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 กราฟลักษณะของค่าฟิลล์แฟคเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

$$F = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.2)$$

ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน, กำหนดได้เป็น

$$\eta = \frac{P_L}{P_{in}} \quad (2.3)$$

โดยที่ η ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์
 P_L กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ให้ออกมา (วัตต์ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่)
 P_{in} พลังงานของแสงอาทิตย์ที่ให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่)
 ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ให้ออกมาพลังงานสูงสุด

$$P_L = V_{mp} \times I_{mp} \quad (2.4)$$

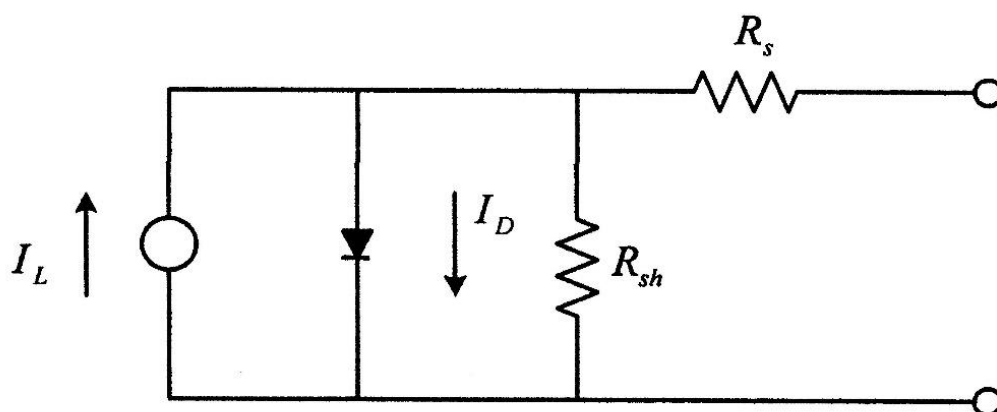
แทนค่าสมการ (2.4) ลงในสมการ (2.3) จะได้

$$\eta = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{P_{in}} \quad (2.5)$$

หรือ

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times F \times 100\%}{P_{in}} \quad (2.6)$$

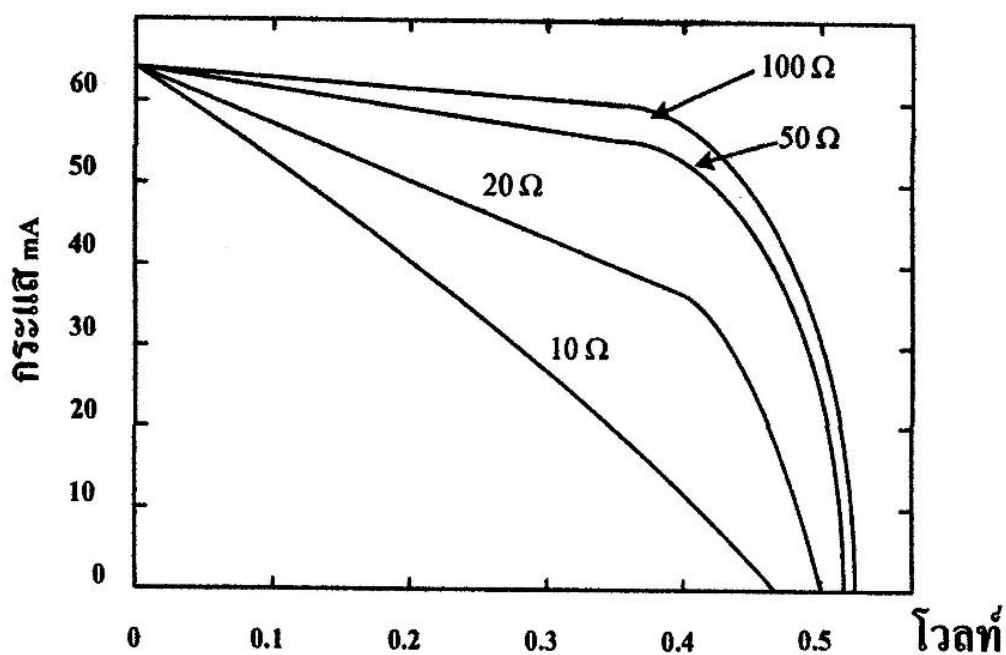
วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพประกอบ 21 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

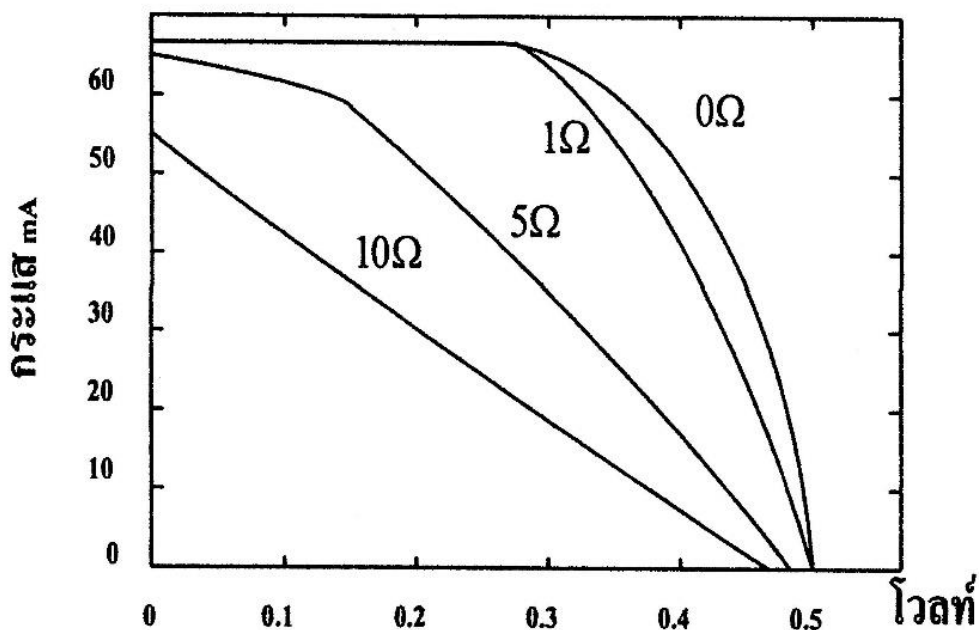
ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

โดยที่ I_L เป็นกระแสโฟโต I_D เป็นกระแสไดโอด R_{sh} คือความต้านทานชั้น ซึ่งเป็นความต้านทานที่เกิดจากสภาพของรอยต่อที่สร้างขึ้น และ R_s คือค่าความต้านอนุกรม ซึ่งเกิดจากความต้านทานของผิวสัมผัสทั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง ตลอดถึงความต้านทานของแผ่นผลึกที่เป็นฐานและชั้นแพร่ซึมของเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคตินี้ควรมีค่า R_{sh} เป็นอนันต์ และ R_s เป็นศูนย์ ผลรวมของความชันและความต้านทานอนุกรมที่ต่อลักษณะสมบัติกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังภาพประกอบ 22 และภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 22 กราฟผลรวมความต้านทานชั้นที่มีต่อลักษณะสมบัติกระแส – แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).



ภาพประกอบ 23 กราฟผลรวมความต้านทานอนุกรมที่มีต่อลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์พิจารณาที่ผิวโลก

จะกล่าวถึงผลของบรรยากาศที่มีต่อการแผ่รังสี ทำให้ปริมาณรังสีเหลือมาถึงผิวโลกมีค่าน้อยอย่างไร เนื่องจากบรรยากาศโลกประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ไอน้ำ ฝุ่น และอนุภาคอื่น ๆ อีกจำนวนมากมายจึงทำให้รังสีที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บางส่วนถูกดูดกลืนกระจายมีทิศทางเบี่ยงเบนไปจึงเหลือรังสีปริมาณหนึ่งเท่านั้นที่มาถึงผิวโลก ดังนั้นการแผ่รังสีมาที่ผิวโลกจึงมีหลายลักษณะเนื่องจากผ่านบรรยากาศโลกพอจะแบ่งได้ดังนี้

- การแผ่รังสีแบบเป็นลำแสง เป็นรังสีที่โลกได้รับโดยตรง รังสีไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง
- การแผ่รังสีแบบแพร่กระจาย ผิวโลกได้รับรังสีนี้หลังจากที่รังสีมันเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิมแล้ว อันเกิดเนื่องจากการสะท้อน และการกระจาย เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์กระทบกับบรรยากาศของโลก

- การแผ่รังสีทั้งหมด คือผลรวมของการแผ่รังสีแบบลำแสงกับการแผ่รังสีแบบแพร่กระจาย

ในการศึกษาผลรวมของบรรยากาศที่มีผลต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้นเราต้องพิจารณาถึงความหนาของบรรยากาศที่ขวางกั้นทางเดินของรังสีด้วย ซึ่งนิยามคำว่า มวลอากาศ (m) คือ ทางเดินของการแผ่รังสีผ่านบรรยากาศ โดยพิจารณาว่า ถ้าแสงมาในแนวตั้งที่ระดับน้ำทะเลถือว่า มีค่าเป็นหนึ่งนั่นคือให้ $m = 1$ ที่ระดับน้ำทะเล เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะเราพอดี หมายถึงทิศตั้ง

ฉากกับแนวระดับหรือมุมซีนิต เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในระดับของขอบฟ้าและ $m = 0$ ถ้าไม่ผ่านบรรยากาศอาจเขียนเป็นสมการทั่วไปได้คือ

$$m = \sec \theta_z \quad (2.7)$$

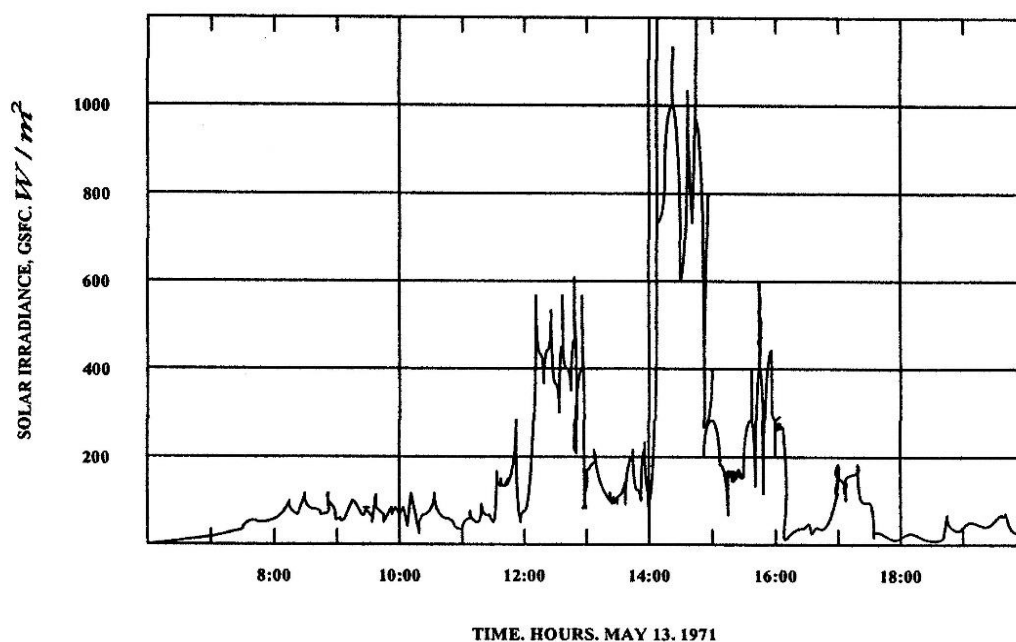
การวัดและการประมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ มีทั้งแบบลำแสง และแบบแพร่กระจาย ถ้ารวมการแผ่รังสีทั้งสองแบบเรียกว่าการแผ่รังสีทั้งหมด การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เราประมาณว่าเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนอุณหภูมิประมาณ 5,762 องศาเคลวิน รังสีส่วนใหญ่จะมีความยาวคลื่นระหว่าง 0.3 ถึง 3.0 ไมโครเมตรถือเป็นส่วนหนึ่งของรังสีความร้อนซึ่งมีช่วงประมาณ 0.1 ถึง 10 ไมโครเมตรดังนั้นการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จึงเป็นพวกคลื่นสั้น ส่วนอีกพวกหนึ่งที่เหลือถือเป็นการแผ่รังสีคลื่นยาวเป็นพวกแหล่งกำเนิดความร้อนอุณหภูมิต่ำ ๆ เช่น การแผ่รังสีแสงอาทิตย์บนท้องฟ้า โดยเฉพาะวันที่มีเมฆมาก ๆ ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม พวกหลังนี้จะให้รังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 3 ไมโครเมตร

ข้อมูลเกี่ยวกับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

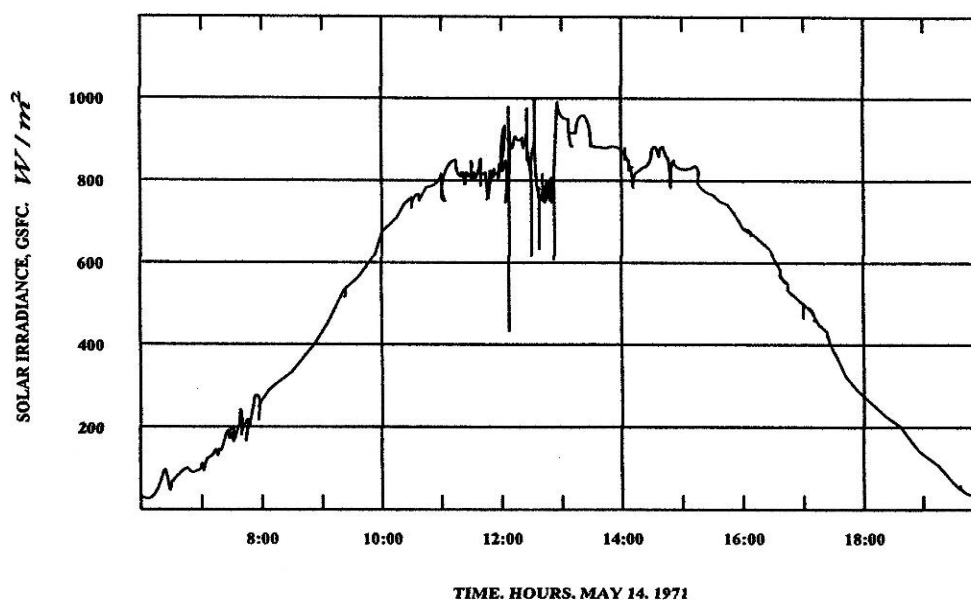
ข้อมูลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีอยู่มากมายซึ่งมักจะรวมสิ่งต่อไปนี้ด้วย คือ

1. ข้อมูลที่ได้จากการวัดแล้วอ่านค่าเลย ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือเป็นค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ชั่วโมง, วัน หรือเดือน
2. เป็นการวัดการแผ่รังสีแบบใด
3. เครื่องมือที่ใช้วัดเป็นแบบใดการวางตัวของผิวหน้าเครื่องวัดวางในแนวใด เช่น แนวระดับหรือเอียงทำมุมกับแนวระนาบ
4. ตำแหน่งที่วัดอยู่ที่ใดของโลก ตัวอย่างเช่น ข้อมูลของปริมาณการแผ่รังสีทั้งหมดเฉพาะวันหนึ่งที่อากาศค่อนข้างจะมีเมฆหมอกมาก โดยเฉพาะช่วงเวลาเช้าและเย็นที่กรีนเบลท์, แมรีแลนด์ ดูปาประกอบ 24 และอีกวันหนึ่งถัดไปที่เดียวกันเป็นวันที่อากาศค่อนข้างสดใสมีเมฆพัดผ่านเล็กน้อย ดูปาประกอบ 25 โดยเฉพาะตอนเที่ยง วัดโดยใช้เครื่องมือวัดการแผ่รังสีที่ติดตั้งบนหลังคาที่ศูนย์การบินอวกาศ Goddard



ภาพประกอบ 24 ปริมาณรังสีทั้งหมดที่วัดได้ในแนวระดับเมื่อเวลาสุริยะต่าง ๆ ของวันที่มีเมฆหมอก

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).



ภาพประกอบ 25 ปริมาณรังสีทั้งหมดที่วัดได้ในแนวระดับเมื่อเวลาสุริยะต่าง ๆ ของวันที่มีท้องฟ้าสดใสมิมีเมฆพัดผ่านเล็กน้อย

ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

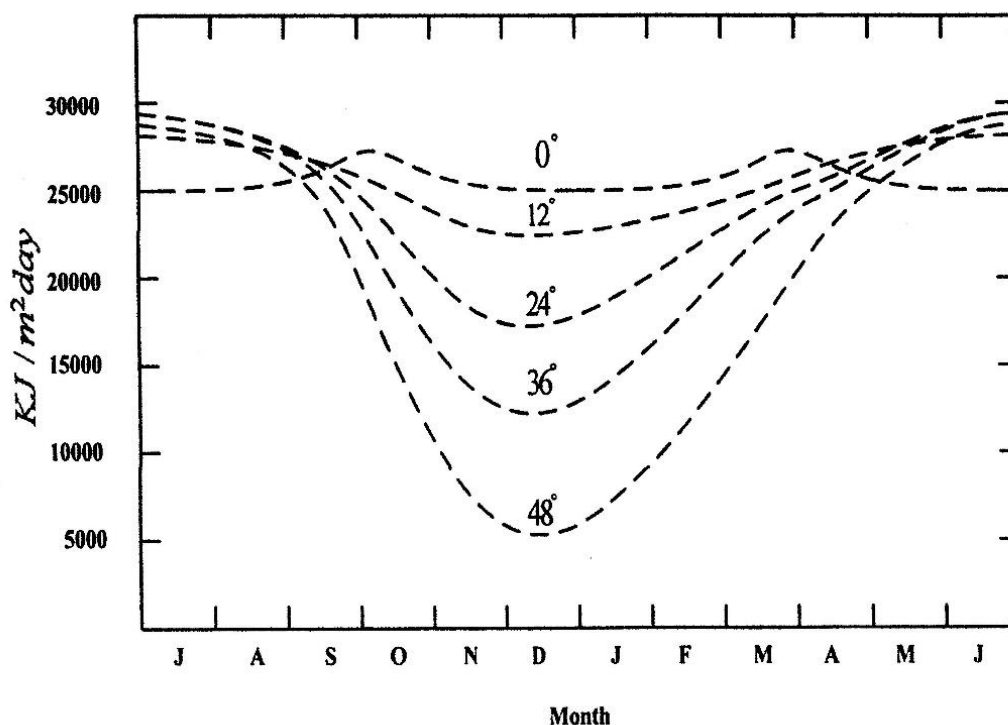
การประมาณค่าการแผ่รังสีโดยเฉลี่ย

ในการหาข้อมูลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ มักอาศัยข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา เช่นข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงเฉลี่ยแต่ละวันของเดือนใดเดือนหนึ่ง หรือเปอร์เซ็นต์ที่จะเป็นไปได้ ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเมฆปกคลุม ข้อมูลบางอย่างเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อใช้ประกอบการคำนวณหาการแผ่รังสี ทั้งนี้เพราะการประมาณค่าการแผ่รังสีจะใช้ความสัมพันธ์ทางทฤษฎีประกอบการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลบางอย่างไม่มีก็อาจใช้วิธีการประมาณ หรือเปรียบเทียบเคียงกับข้อมูลที่ได้จากตำแหน่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ละติจูดคล้ายกัน ภูมิประเทศและภูมิอากาศคล้ายกันก็อาจใช้ข้อมูลของแหล่งนั้น ๆ มาใช้ได้ สมการเริ่มแรกที่นิยมนำมาใช้คำนวณค่าเฉลี่ยของการแผ่รังสีจากปริมาณรังสีในวันอากาศแจ่มใส และสัดส่วนของชั่วโมงที่มีแสงแดดที่จะเป็นไปได้ของที่ใด ๆ คือ

$$H_{av} = H'_0 \left(a' + b' \frac{N_{av}}{N_{max}} \right) \quad (2.8)$$

โดยที่	H_{av}	ปริมาณรังสีในแนวระดับโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง เช่นเดือน (W/m^2)
	H'_0	ปริมาณรังสีในแนวระดับในวันท้องฟ้าแจ่มใสช่วงเวลาเดียวกัน (W/m^2)
	N_{av}	จำนวนชั่วโมง (เฉลี่ย) ที่มีแสงแดดจําในแต่ละวันช่วงเวลาเดียวกัน (ชั่วโมง)
	N_{max}	จำนวนชั่วโมง (สูงสุด) ที่มีแสงแดดจําในแต่ละวันช่วงเวลาเดียวกัน (ชั่วโมง)

เอส.ฟรินซ์ (ค.ศ. 1951) ได้ใช้วิธีการทางสถิติอาศัยข้อมูลที่ทดลองได้หาค่า a' และ b' ได้ 0.35 และ 0.61 ตามลำดับ ส่วนค่า H'_0 ให้ใช้ค่าจากรูปกราฟในภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 ปริมาณรังสีในแนวระดับในวันท้องฟ้าแจ่มใสในเดือน และละติจูดต่าง ๆ

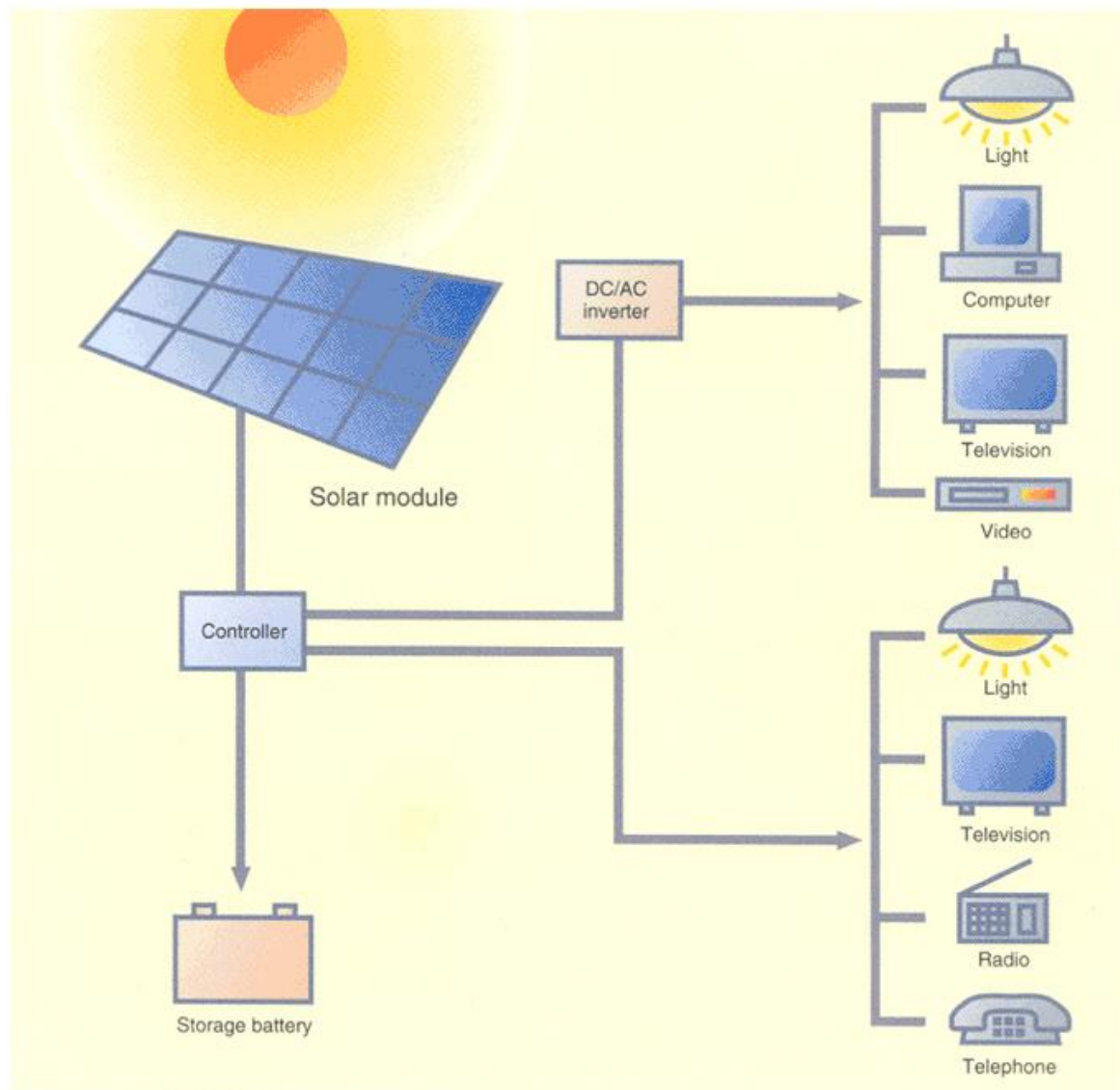
ที่มา: แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. (2546).

ลักษณะการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ข้อมูลจากกระทรวงพลังงานพบว่าตั้งแต่ปี 2526 – 2550 ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากการใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 32.25 เมกะวัตต์ แบ่งเป็นการติดตั้ง (ก) แบบต่อเชื่อมกับระบบจำหน่าย 3.057 เมกะวัตต์ และ (ข) ระบบอิสระ 29.193 เมกะวัตต์ ตามภาพประกอบ 27 และภาพประกอบ 28

(ก) แบบต่อเชื่อมกับระบบอิสระ (PV Standalone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 28

Stand-Alone System

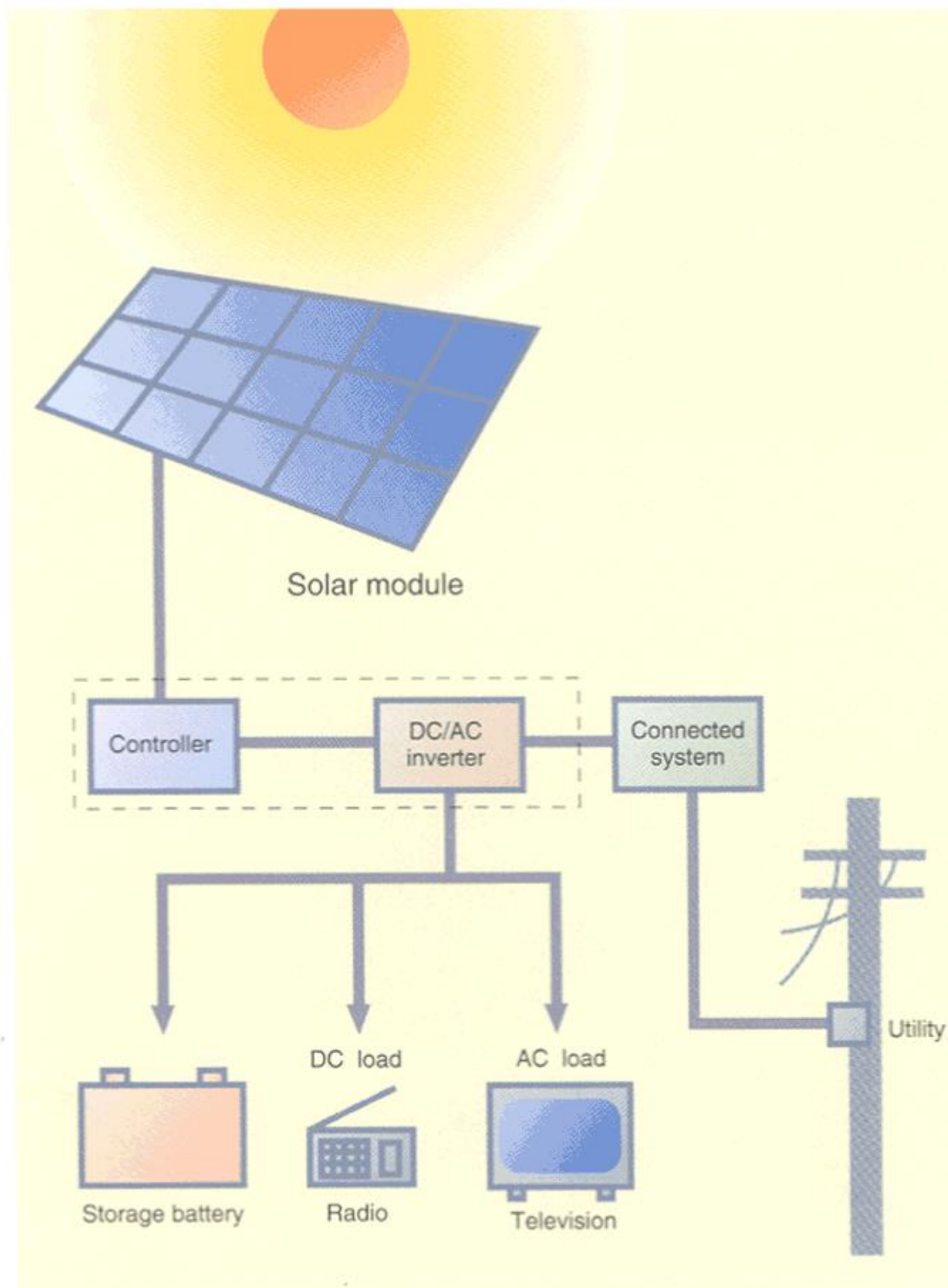


ภาพประกอบ 27 การติดตั้งแบบระบบอิสระ

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

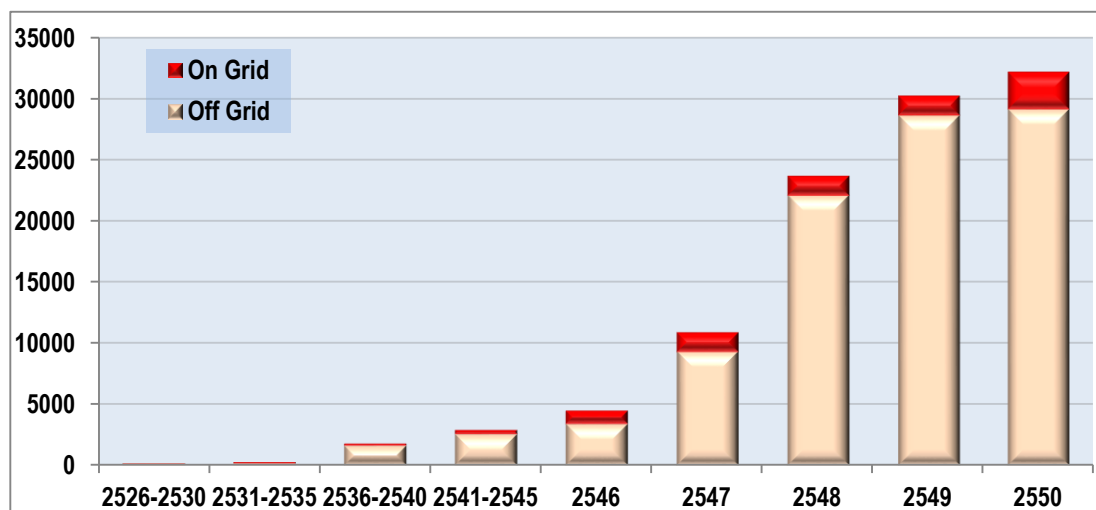
(ข) แบบต่อเชื่อมกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Grid Connected System



ภาพประกอบ 28 การติดตั้งแบบต่อเชื่อมกับระบบจำหน่าย

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.



ภาพประกอบ 29 สถานการณ์การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

5. คุณสมบัติของเกลือหลอมเหลว

เกลือหลอมเหลว (Molten salt) เป็นสารพาความร้อน เกลือหลอมเหลวที่ใช้โดยทั่วไปเป็นส่วนผสมของโซเดียมไนเตรต 60 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมไนเตรต 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารที่ไม่เป็นพิษและยังไม่ใช่ ไวไฟ อีกทั้งความสามารถในการไหลเทียบเท่า น้ำ โดยที่เกลือหลอมเหลวนี้จะทำละลายที่อุณหภูมิ 142 - 148 องศาเซลเซียส

ตาราง 6 คุณสมบัติทั่วไปของเกลือหลอมเหลว

คุณสมบัติ	
จุดหลอมเหลว :	142 - 182 องศาเซลเซียส
จุดเดือด :	680 องศาเซลเซียส
ค่าความร้อนจำเพาะ :	0.34 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส
Thermal expansivity :	4×10^{-4} องศาเซลเซียส
อัตรานำความร้อนเฉลี่ย :	0.317
ช่วงอุณหภูมิใช้งาน :	150 - 550 องศาเซลเซียส
รูปลักษณะ :	ขาวคริสตอล

ที่มา: Weifang Changsheng Nitrate Co.,Ltd.

6. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว

6.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าระบบความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าระบบความร้อนแบบรวมแสงจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 เทคโนโลยีหลัก คือ ระบบจานพาราโบลา ระบบรางพาราโบลา และระบบหอคอย

1) ระบบจานพาราโบลา (Dish Plant) เป็นระบบสามารถใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เหมาะสมขนาดประมาณ 100 กิโลวัตต์ ซึ่งอุปกรณ์สำคัญของระบบนี้ก็คือ กระจกเว้าพาราโบลา (จาน) มุ่งแสงแดด; สามารถเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้สองแกนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง โนโฟกัสเป็นตัวรวมแสงจะสามารถรวมแสงได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 650 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ถูกดูดซับเพื่อที่จะแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบของระบบจานพาราโบลา สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพได้มากกว่า 20% ระบบจานพาราโบลา ต้นแบบระบบได้รับการทดสอบประสบความสำเร็จในหลายประเทศ



ภาพประกอบ 30 จานรวมแสง (Dish Plant)

ที่มา: Yiting Wang 11' Mount Holyoke College.

2) รังรวมแสงรูปพาราโบลิก (Parabolic Troughs) ระบบรังรวมแสงรูปพาราโบลิกเป็นเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ประเภทหนึ่งที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ได้จริง ยกตัวอย่างเช่นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 354 เมกะวัตต์ อุปกรณ์สำคัญของระบบรังรวมแสงรูปพาราโบลิกประกอบด้วยกระจกโค้งขนาดใหญ่ที่มีจุดรวมแสงมีลักษณะเป็นหลอดเพื่อสะสมความร้อนที่สร้างขึ้นและต่อแบบขนาดกันตามที่แสดงในภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 รังรวมแสงรูปพาราโบลิก (Parabolic Troughs)

ที่มา: Yiting Wang 11' Mount Holyoke College.

หลอดสะสมความร้อนจากการรวมแสงนี้สามารถรวมอุณหภูมิได้เกือบ 400 องศาเซลเซียส และนำไปผลิตไอน้ำร้อนยิ่งยวดเพื่อไปขับเคลื่อนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกที

3) หอคอยรวมแสง (Tower Power Plants) ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบหอคอยรวมแสงประกอบด้วยกระจกขนาดใหญ่ที่สามารถหมุนติดตามดวงอาทิตย์ได้ติดตั้งรอบ ๆ อาคารกระจกเหล่านี้มีความโค้งเล็กน้อยที่เรียกว่า heliostats ซึ่งแสดงอยู่ในภาพประกอบ 32 คอมพิวเตอร์จะคำนวณตำแหน่งที่เหมาะสมและปรับมุมการรับแสงจากดวงอาทิตย์ ระบบจะต้องแม่นยำมากเพื่อให้มั่นใจว่าแสงแดดที่ได้รับจะต้องตกกระทบบที่หอคอย ทำให้อุณหภูมิที่ตัวสะสมความร้อนมีค่ามากกว่า 1000 องศาเซลเซียส ทำให้เกลือหลอมละลายถ่ายเทความร้อนแล้วส่งความร้อนไปที่เครื่องกำเนิดไอน้ำ ไอน้ำความร้อนยิ่งยวดที่ผลิตได้จะไปขับเคลื่อนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไฟฟ้า ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หอคอยรวมแสงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพมากกว่า 50 %

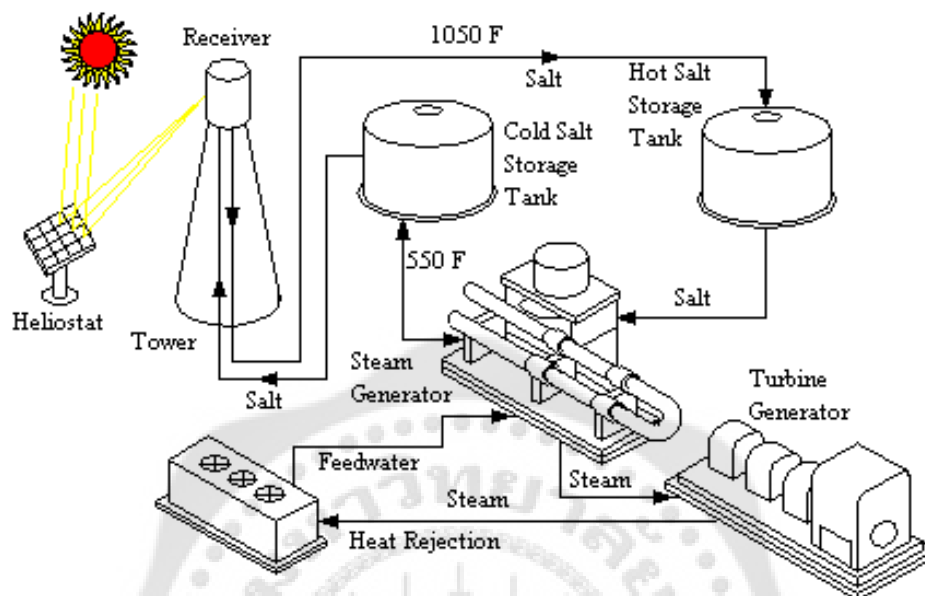


ภาพประกอบ 32 หอคอยรวมแสง (Tower Power Plants)

ที่มา: National [US] Solar Thermal Test Facility.

6.2 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบเกลือหลอมเหลว หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบเกลือหลอมเหลวคือระบบใช้เกลือหลอมเหลวเป็นของไหลที่หมุนเวียนเป็นระบบปิด โดยจะเก็บกักไว้ที่ถังเก็บกักเกลือหลอมเหลวเย็น ก่อนส่งขึ้นไปรับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่จุดแลกเปลี่ยนความร้อน (Receiver) ที่อยู่บนยอดหอคอย ซึ่งรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากกระจกที่อยู่ในลานกระจกสะท้อนแสง (Collector field) เกลือหลอมเหลวได้รับความร้อนที่จุดแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น 1,050 ฟาเรนไฮต์ เพื่อนำพาความร้อนมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่เครื่องสร้างไอน้ำ

น้ำ (Steam Generator) และไอน้ำที่เกิดขึ้นนำไปปั่นกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า (Turbine Generator) โดยไฟฟ้าที่ได้ก็นำไปใช้ หรือส่งเข้าระบบสายส่งต่อไป แสดงอยู่ในภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 การทำงานโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบเกลือหลอมเหลว

ที่มา: National [US] Solar Thermal Test Facility.

7. การวิเคราะห์โครงการ และการตัดสินใจเพื่อการลงทุน

เดช กาญจนางกูร (2541) อธิบาย การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการว่า เป็นการประเมินค่าต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการใดๆ โดยเป็นการเปรียบเทียบผลประโยชน์หรือผลตอบแทน และต้นทุนของโครงการนั้นๆ ซึ่งผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการจะเกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆ กัน ตลอดอายุของโครงการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับค่าของเวลาของโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลประโยชน์ที่ได้รับและต้นทุนที่เสียไปช่วงในระยะเวลาที่ต่างกันให้เป็นค่าของผลประโยชน์และต้นทุนในเวลาเดียวกัน คือเวลาในปัจจุบันเพื่อหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการเสียก่อน จึงจะสามารถทำการเปรียบเทียบกันได้อย่างถูกต้องแน่นอนและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเงินครั้งนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ถึงการหมุนเวียนของกระแสเงินสดต่างๆ ของโครงการ (Cash Flow) อันประกอบด้วย กระแสเงินสดรับกระแสเงินสดจ่าย และกระแสเงินสดสุทธิ เพื่อวิเคราะห์ว่าโครงการที่ทำการศึกษาในครั้งนี้จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ ซึ่งจะอาศัยเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนดังนี้

1. ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ หมายถึง ระยะเวลาการดำเนินงานโครงการที่ทำให้ผลตอบแทนสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนพอดี หรืออาจกล่าวได้ว่าระยะเวลาคืนทุนของโครงการ คือ จำนวนปีในการดำเนินงานซึ่งทำให้ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกันแล้ว มีค่าเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรกระยะเวลาคืนทุน(จำนวนปี) สามารถคำนวณได้ตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.9)$$

2. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการลงทุนใดๆ หมายถึงผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้รับค่าเวลาตลอดอายุของโครงการแล้วซึ่งคำนวณขึ้นเพื่อใช้วัดว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนหรือมีผลกำไรต่อต้นทุนรวมหรือไม่ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับกับกระแสเงินสดจ่ายของโครงการ โดยใช้ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากสถาบันการเงินเป็นอัตราส่วนลด (Discount Rate) โครงการที่เหมาะสมกับการลงทุนนั้นต้องมีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มากกว่า 0 ซึ่งหมายความว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ มากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายของโครงการ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \left[\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0 \right] \quad (2.9)$$

โดยกำหนดให้ :

- B_t = ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t
- C_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เกิดขึ้นในปีที่ t
- C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก
- t = ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ตั้งแต่ปีที่ 1, 2, 3 n
- n = อายุโครงการ
- i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ หมายถึงอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับทั้งหมดเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดจ่ายทั้งหมด หรือหมายถึงอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์พอดีนั่นเอง อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ถือว่าเป็นอัตราร้อยละที่แสดงถึงความสามารถของเงินทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนของโครงการนั้นพอดี

การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ก็คือการคำนวณหาอัตราส่วนลด (Discount Rate : r) ว่ามีเท่าไรจึงจะทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์พอดีนั่นเอง ดังนั้นการคำนวณหาอัตรา IRR (หรือ r) จึงคล้ายคลึงกับการคำนวณหาอัตรา NPV เกือบทุกอย่าง จะแตกต่างกันก็ตรงที่ใช้อัตราดอกเบี้ย (i) ในการหาอัตรา NPV ส่วนการคำนวณหาอัตรา IRR จะเป็นการใช้อัตราส่วนลด (r) ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์พอดีเท่านั้นเอง เมื่อคำนวณได้ค่า IRR (หรือ r) สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (i) ก็แสดงว่าการลงทุนให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับเงินที่ลงทุนที่ต้องจ่ายออกไป

การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ IRR (หรือ r) สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการทดลองซ้ำแล้วซ้ำอีก (Trial and error) เพื่อหาระดับค่าของอัตราส่วนลด (r) จนทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์พอดี ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$IRR = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0 \quad (2.10)$$

โดยกำหนดให้ :

PV_b = ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ

PV_c = ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ

B_t = ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_t = ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_0 = ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้

t = ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ตั้งแต่ปีที่ 1, 2, 3, n

n = อายุของโครงการ

4. อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio หรือ B/C Ratio)

อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใดๆ ก็คือ B/C Ratio จะต้องมียุทธศาสตร์มากกว่าหรืออย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าเท่ากับ 1 ($B/C \geq 1$) ทั้งนี้เนื่องจากถ้า $B/C > 1$ ย่อมหมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี

อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนนี้ในทางธุรกิจเรียกว่า ดัชนีผลกำไร (Profitability Index: PI) ซึ่งมีวิธีการคำนวณโดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\frac{B}{C} [\text{ratio}] = \frac{PV_b}{PV_c} \quad (2.12)$$

หรือ

$$\frac{B}{C} [\text{ratio}] = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0} \quad (2.13)$$

โดยกำหนดให้ :

B_t = ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เกิดขึ้นในปีที่ t

r = อัตราส่วนลด (discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

t = ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ตั้งแต่ปีที่ 1, 2, 3 n

n = อายุโครงการ

8. นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff

ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน Feed-in Tariff หรือ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน (เนื่องจาก การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีต้นทุนค่อนข้างสูง) ซึ่งอัตรา FiT จะอยู่ในรูปแบบ

อัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ (มีการปรับเพิ่มสำหรับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิง) โดยอัตรา FIT จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าไฟฟ้าฐานและค่า Ft ทำให้มีราคาที่ชัดเจนและเกิดความเป็นธรรม

8.1 แนวคิดการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทจะมีความเสี่ยงของการดำเนินงานที่แตกต่างกัน อย่างชัดเจน การผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีกลุ่มพลังงานธรรมชาติ อันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำขนาดเล็ก จะไม่มีต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิง แต่จะมีความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนของ พลังงานจากธรรมชาติ ส่วนการผลิตไฟฟ้าเทคโนโลยีกลุ่มพลังงานชีวภาพ อันได้แก่ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และ ชยะ จะมีความเสี่ยงจากความผันผวนของต้นทุนในการจัดหาเชื้อเพลิง ดังนั้น การกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT ที่เหมาะสม สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FIT fixed: FIT_F) คัดจากต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าดำเนินการ และบำรุงรักษา (O&M) ตลอดอายุการใช้งาน ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนทุกประเภท

2) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FIT variable: FIT_V) คัดจากต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนกลุ่มพลังงานชีวภาพ

นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT พิเศษ (FIT Premium) เพิ่มเติม จากอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT ปกติ สำหรับบางประเภทเทคโนโลยี เพื่อสร้างแรงจูงใจการลงทุนสำหรับ โครงการตามนโยบายรัฐบาล เช่น ชยะ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ และโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานในพื้นที่

8.2 สูตรโครงสร้างอัตรา FIT

สูตรโครงสร้างของอัตรา FIT จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (1) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FIT_F) ซึ่งจะคงที่ตลอดอายุโครงการ (2) อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FIT_V) จะปรับเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core inflation) เฉลี่ยของปีก่อนหน้า ตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์ (3) อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FIT Premium) ตามนโยบายของภาครัฐที่ต้องการสร้างแรงจูงใจการลงทุนบางประเภทเชื้อเพลิง สรุปสูตร โครงสร้างอัตรา FIT ได้ดังนี้

$$FIT_i = FIT_F + FIT_{V,i-1} \times (1 + \text{Core inflation}_{i-1}) + FIT \text{ Premium} \quad (2.7)$$

โดยกำหนดให้ :

FIT_F = อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ ซึ่งจะคงที่ตลอดอายุโครงการ

FIT_V = อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน จะปรับเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราเงินเฟ้อ

FIT Premium = อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ

ซึ่งแสดงโครงสร้างของอัตรา FIT ในตาราง 7 และตาราง 8

ตาราง 7 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2558 : สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานธรรมชาติ

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)	ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)
			สำหรับโครงการในพื้นที่ จังหวัดชายแดนภาคใต้ *(ตลอดอายุโครงการ)
1) พลังงานน้ำ			
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 200 kW	4.90	20 ปี	0.50
2) พลังงานลม			
ทุกขนาด	6.06	20 ปี	0.50
3) พลังงานแสงอาทิตย์			
บนหลังคา 0 - 10 kWp	6.85	25 ปี	0.50
บนหลังคา >10 - 250 kWp	6.40	25 ปี	0.50
บนหลังคา >250 - 1000 kWp	6.01	25 ปี	0.50
บนพื้นดิน ทุกขนาด	5.66	25 ปี	0.50

ตาราง 8 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2558 : สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT _F	FiT _{V,2560}	FiT ⁽¹⁾		สำหรับกลุ่ม เชื้อเพลิง ชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับพื้นที่ จังหวัดชายแดน ภาคใต้ *(ตลอด อายุโครงการ)
1) ขยะแบบผสมผสาน						
ขนาด ≤ 1 MW	3.13	3.21	6.34	20 ปี	0.70	0.50
ขนาด > 1 - 3 MW	2.61	3.21	5.82	20 ปี	0.70	0.50

ตาราง 8 (ต่อ)

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT _F	FiT _{V,2560}	FiT ⁽¹⁾		สำหรับกลุ่ม เชื้อเพลิง ชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับพื้นที่ จังหวัดชายแดน ภาคใต้ *(ตลอด อายุโครงการ)
ขนาด > 3 MW	2.39	2.69	5.08	20 ปี	0.70	0.50
2) ขยะ						
หลุมฝังกลบขยะ	5.60	-	5.60	25 ปี	-	0.50
3) ชีวมวล						
ขนาด ≤ 1 MW	3.13	2.21	5.34	20 ปี	0.50	0.50
ขนาด > 1 - 3 MW	2.61	2.21	4.82	20 ปี	0.40	0.50
ขนาด > 3 MW	2.39	1.85	4.24	20 ปี	0.30	0.50
4) ก๊าซชีวภาพ						
น้ำเสีย/ของเสีย	3.76	-	3.76	20 ปี	0.50	0.50
4) ก๊าซชีวภาพ						
พืชพลังงาน	2.79	2.55	5.34	20 ปี	0.50	0.50

9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eduardo and Luisa (2552) นำเสนอรูปแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ และการจำลองการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมใน Puerto ทางเลือกที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน และ ความซับซ้อนของโปรแกรมซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่ดำเนินการนี้ แต่เครื่องมือนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะดำเนินการประเมินเบื้องต้นของความเป็นไปได้ในความเป็นจริงและทางเทคนิคของประเภทนี้ของระบบในแง่ของอุณหภูมิสะสมที่ผลิตได้ การพิจารณาข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์และสภาพบรรยากาศในท้องถิ่น เช่นเดียวกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมและพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่จะสามารถปรับได้โดยผู้ใช้

Tai Lv and Nam Li (2552) นำเสนอการจำลองรูปแบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในสามรูปแบบที่มีอยู่ในโลกปัจจุบัน และวิเคราะห์เทคโนโลยีที่สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ความร้อน (STPP) ตามความจริงที่ว่า STPP ไม่สามารถทำงานได้เสถียรและต่อเนื่อง จากงานวิจัยนี้ได้แนะนำโครงการทำงาน

ใหม่ที่มีหม้อไอน้ำเข้ามาช่วยหม้อไอน้ำหลัก เพื่อรักษาเสถียรภาพในกระบวนการผลิตไอน้ำที่มีเสถียรภาพ ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อเนื่องและมีเสถียรภาพมากขึ้น

จันทิมา (2554) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินทางเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน ภายใต้ภาพเหตุการณ์ 3 กรณี คือ 1) ขยะที่ไม่มีมูลค่า 2) ขยะที่มีมูลค่าจากการบริหารจัดการภายในของเทศบาล 3) ขยะที่ต้องจัดซื้อจากแหล่งภายนอก วิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ ด้วยดัชนีชี้วัดความคุ้มค่า คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เพื่อคำนวณต้นทุนที่แท้จริงและปริมาณเงินชดเชยหรือเงินสนับสนุนจากภาครัฐที่เหมาะสมเพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุนภายในสมมติฐานของระยะเวลาโครงการ 15 ปี ซึ่งผลการศึกษาพบว่า หากรัฐบาลให้การสนับสนุนด้วยการกำหนดราคารับซื้อน้ำมันที่ผลิตได้ราคาเฉลี่ย 18 บาท โครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันนี้จะมีผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน

ศราพร (2553) ได้ศึกษาเรื่องรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานชุมชน มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพการจัดการพลังงานชุมชนในประเทศไทย 2) เพื่อศึกษาถึงปัญหาและอุปสรรคในการจัดการพลังงานในชุมชนในประเทศไทย 3) เพื่อเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการพลังงานชุมชนในประเทศไทยเพื่อให้ชุมชนสามารถจัดการพลังงานภายในชุมชนตัวเองและเพื่อพาตัวเองได้ในด้านพลังงาน โดยการนำเอาพลังงานทางเลือก พลังงานหมุนเวียน และอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน โดยกล่าวสรุปว่าปัจจุบันการวางแผนพลังงานในประเทศไทยเน้นการวางแผนจากบนสู่ล่าง โดยกลุ่มนักวิชาการเพียงไม่กี่คน ทำให้ไม่ก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการใช้พลังงานหมุนเวียนขั้นสุดท้ายในประเทศไทยรวม 1,041.33 ktoe ทั้งที่ใช้พลังงานรวมขั้นสุดท้ายในประเทศที่มีศักยภาพอยู่ที่ 44,303.41 ktoe ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงด้านเทคโนโลยีด้านพลังงานในมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับชุมชนจึงจะเกิดการใช้พลังงานอย่างพอเพียงและยั่งยืน

Doerte Laing and team (2553) ศึกษาเปรียบเทียบความสูญเสียจากระบบกักเก็บความร้อนโดยใช้โปรแกรมศึกษาความคุ้มค่าเกี่ยวกับการลงทุนและต้นทุนการบำรุงรักษา พบว่าการใช้คอนกรีตแข็งซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดและหาง่าย โดยจำลองกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลขนาด 50 เมกะวัตต์ คอนกรีตที่ต้องใช้เท่ากับ 50,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเท่ากับงบประมาณลงทุนเพิ่มเติมประมาณ 38 ล้านปอนด์ ผลลัพธ์ที่ได้รับโรงไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และมีแผนการที่จะทำการทดลองเพิ่มให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพไปที่ 60 เปอร์เซ็นต์

เดช กาญจนางกูร (2541) การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการว่า เป็นการประเมินค่าต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการใดๆ โดยเป็นการเปรียบเทียบผลประโยชน์หรือผลตอบแทน และต้นทุนของโครงการนั้นๆ ซึ่งผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการจะเกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆ กัน ตลอดอายุของโครงการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับค่าของเวลาของโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลประโยชน์ที่ได้รับและต้นทุนที่เสียไปช่วงในระยะเวลาที่ต่างกันให้เป็นค่าของผลประโยชน์และต้นทุนในเวลาเดียวกัน คือเวลาในปัจจุบันเพื่อหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการเสียก่อน จึงจะสามารถทำการเปรียบเทียบกันได้อย่างถูกต้องแน่นอนและชัดเจนมากยิ่งขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ชนิดเกลื่อหลอมเหลว โดยศึกษาต้นทุนในการตั้งโรงงาน รวมถึงต้นทุนในการดำเนินการ และนำมาวิเคราะห์ผลลัพธ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลตอบแทน $IRR = 0$ และการลงทุนโดยรับการสนับสนุนจากทางรัฐบาล (FIT) เพื่อให้ทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

1. ข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้มาจาก 2 แหล่ง ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และการสัมภาษณ์จากผู้ดูแลระบบ รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากเอกสาร รายงาน และข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานราชการ เอกชน และข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต สำหรับข้อมูลที่ใช้ประกอบการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่
 - 1) ข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย
 - 2) ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
 - 3) ข้อมูลการสนับสนุนจากภาครัฐในการสนับสนุนเงินลงทุนสำหรับการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์
 - 4) ข้อมูลการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน และอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในโครงการ

2. เกณฑ์การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

เกณฑ์การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยวิเคราะห์ความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพของโครงการด้วย 4 ปัจจัยคือ 1) เงินลงทุน (Investment cost) 2) ต้นทุนดำเนินการ (Operation cost) 3) ต้นทุนการบำรุงรักษา (Maintenance cost) และ 4) ประสิทธิภาพของการผลิต (Plant efficiency)

ตาราง 9 เกณฑ์การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

หัวข้อ พื้นที่	ขอบเขต ความยืดหยุ่นของระบบ	ตัวบ่งชี้ ประสิทธิภาพ
1. Solar Farm	- Investment cost	- ต้นทุน
2. Tower Power Plants	- Operation cost	- ค่าดำเนินการบาทต่อวัตต์
	- Maintenance cost	- ค่าซ่อมบำรุงบาทต่อวัตต์
	- Plant efficiency	- พลังงานที่ได้รับเทียบกับต้นทุน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เงินลงทุน คำนวณจากการใช้ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลการออกแบบของโรงไฟฟ้าที่ใช้อ้างอิง และใช้เครื่องมือในเพื่อคำนวณหาต้นทุนการก่อสร้างทั้งหมด คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Simulation Advisor Model และ PVSYST

1. เงินลงทุน คือ ค่าเครื่องจักร ค่าการออกแบบ และค่าการก่อสร้าง
2. ส่วนของทุน คือ อัตราส่วนระหว่างหนี้สินหารด้วยเงินลงทุน
3. เงินคืนระหว่างงวด กำหนดเป็น 10 ปี

3.2 ต้นทุนในการผลิต คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ยกเว้นค่าแรงของผู้รับเหมา และเงินเดือนของพนักงานทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี

1. ค่าที่ดิน : กรณีของอำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา คิดราคา 440,000 บาทต่อไร่
2. ค่าบำรุงรักษา กำหนด 1% ของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องจักรทั้งหมด
3. ค่าจ้างวิศวกรฝ่ายผลิตจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 18,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)
4. ค่าจ้างพนักงานฝ่ายผลิตจำนวนที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 12,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)
5. ค่าจ้างพนักงานประสานงานจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 20,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)
6. ค่าจ้างพนักงานบัญชีจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 15,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)
7. ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัยที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 6,000 บาท

8. ค่าจ้างชาวบ้านทำความสะอาดแ่งสะท้อนแสงอาทิตย์ คำนวนจากจำนวนวันที่ใช้ในการทำความสะอาดทั้งหมด 90 วันต่อปี โดยใช้แรงงานวันละ 5 คนต่อ 1 ไร่ ที่ค่าแรงวันละ 300 บาทต่อคน

3.3 ต้นทุนในการบริหาร

1. เงินเดือนผู้บริหาร 1 คน คำนวนที่เดือนละ 25,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี) และเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี

3.4 รายได้ คือ รายได้ที่เกิดขึ้นรวมทั้งหมด เพิ่มขึ้น 3% ต่อปี

1. การขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) 3.8548 บาทต่อหน่วย เมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี 2557) ช่วงเวลา Peak

2. การขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) ส่วนเพิ่มในกรณีต่าง ๆ

3.5 ดอกเบี้ยเงินกู้ กำหนดเป็นดอกเบี้ย MLR ของลูกค้าชั้นดี โดยคิดเท่ากับ MLR ซึ่งเท่ากับ 8 % (ธนาคารกสิกร 2557) ตลอดอายุโครงการ

3.6 ค่าเสื่อมราคา คิดเฉพาะราคาเครื่องจักรโดยนำมาหารด้วยระยะเวลาโครงการ และไม่คิดค่าที่ได้จากการขายซาก

3.7 ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น กำหนดเป็น 15%

3.8 ภาษีเงินได้นิติบุคคล กำหนดเป็น 30%

3.9 ระยะเวลาโครงการ กำหนดเป็น 25 ปี

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 โปรแกรมสำเร็จรูปอย่างง่ายสำหรับคำนวณ

พัฒนาตารางบันทึกและคำนวณข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel คือ หน้าการบันทึกข้อมูลของตัวแปรจำเป้นดังแสดงในตาราง 10 ในช่องสีฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งตัวแปรสำคัญออกเป็น 7 ตัวดังนี้

1.1 เงินลงทุน

1.2 ส่วนของทุน

1.3 ค่าเสื่อมราคา

- 1.4 รายได้
- 1.5 ต้นทุนการผลิต
- 1.6 ต้นทุนการบริหาร
- 1.7 ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น
- 1.8 ดอกเบี้ย
- 1.9 ต้นทุนเฉลี่ย ไม่ต้องกรอก เพราะดึงข้อมูลมาจากด้านบน
- 1.10 ภาษีเงินได้นิติบุคคล กำหนดเป็น 30%
- ระบุอัตราการเจริญ (%) ต่อปี ในสมุด (Column B)

ตาราง 10 ตารางบันทึกและคำนวณข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

ปีที่		0	1	2	...	...	15
เงินลงทุน	บาท/ปี						
ส่วนของผู้ถือหุ้น	D:E	0.00					
หนี้สิน		0.00					
เงินต้นต้นงวด			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ดอกเบี้ย MLR ลูกค้านี้	8.00%		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินคั่นระหว่างงวด			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินต้นปลายงวด			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gross Assets			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเสื่อม	15 ปี		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Assets			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รายได้			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ขายไฟฟ้า	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่า Adder จากรัฐบาล	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
...	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
...	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต	บาท/ปี		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเช่าที่ดิน	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าวัตถุดิบ	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าน้ำ	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าแรงงานสายการผลิต	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าขนส่งวัตถุดิบ	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าจัดการสถานที่	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
...	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00
...	บาท/ปี			0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 10 (ต่อ)

ต้นทุนการบริหาร		บาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินเดือนผู้บริหาร	3%	บาท/ปี		0.00	0.00	0.00	0.00
เงินเดือนพนักงาน	3%	บาท/ปี		0.00	0.00	0.00	0.00
...	%	บาท/ปี		0.00	0.00	0.00	0.00
...	%	บาท/ปี		0.00	0.00	0.00	0.00
Ke (ผลตอบแทนผู้ถือหุ้น)	15%	1					
Kd (ดอกเบี้ย MLR)	7.125%	0					
WACC ต้นทุนเฉลี่ย)	15.00%						
Tax Rate (ภาษีเงินได้นิติบุคคล)	30%						

5. แบบจำลองเหตุการณ์ที่ใช้ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์

โครงการตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นโครงการขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เงินลงทุนปริมาณมาก ดังนั้นจึงพัฒนาแบบจำลองเหตุการณ์ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

กรณีที่ 1) ศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนรวม

กรณีที่ 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR = 0)

กรณีที่ 3) การกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) จึงควรมีค่ามากกว่าผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ ในกรณีศึกษาจึงกำหนดให้ IRR มีค่าเท่ากับ 12%

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์งานวิจัยครั้งนี้ คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office Excel ที่ผู้วิจัยได้สร้างสูตรขึ้นมาคำนวณข้อมูล ที่ได้จากการเก็บรวบรวมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการ

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้โครงสร้างทางการเงินตามแบบจำลองเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ ดังนี้ ลงทุนโครงการเองทั้งหมด รัฐบาลสนับสนุนบางส่วน กู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน โดยการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Feasibility Study) ช่วยให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการลงทุนในโครงการ โดยวิเคราะห์จากผลตอบแทนจากการลงทุน เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และตัดสินใจทางการเงินประกอบด้วย

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR)
3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)
4. วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

นอกจากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินแล้ว ต้องมีการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่อาจจะมีผลกระทบในอนาคต ที่มีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 อัตราการสนับสนุนเพิ่มจากรัฐบาลสำหรับพลังงานทดแทน มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลง ตามนโยบายรัฐบาลที่อาจจะมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องต่อโครงสร้างพลังงานของประเทศในเวลานั้น

กรณีที่ 2 ผลกระทบจากเศรษฐกิจของประเทศที่ส่งผลให้อัตราเงินเฟ้อของประเทศ มีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้น และลดลง



บทที่ 4

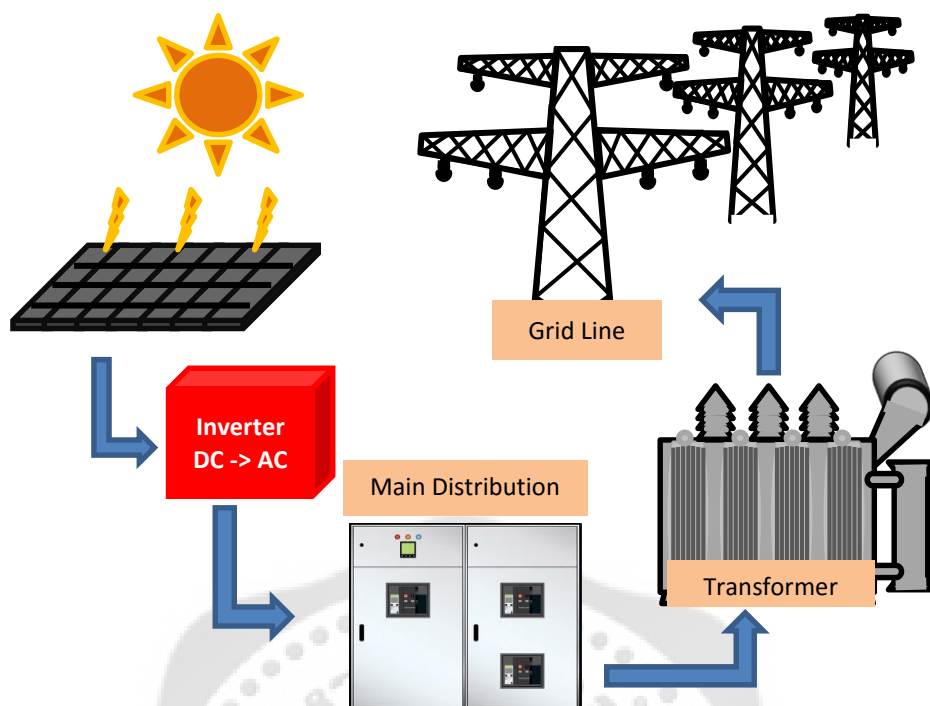
ผลการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้เลือกการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีใช้งานแพร่หลายในยุคปัจจุบันมา 2 เทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีแรกเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างมากในประเทศไทย คือโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่นำมาเปรียบเทียบเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังพัฒนาในหลายๆ ประเทศในยุคปัจจุบัน คือโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว โดยนำมาประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อหาความคุ้มค่า และหาผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ภายใต้การศึกษา 3 ส่วน คือ 1) ศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง ($IRR = 0$) 3) ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมกับสภาพเอกชน ($IRR = 12$)

1. ประเมินโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar farm)

1.1 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 2 MW ใช้กรณีศึกษาจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แห่งหนึ่ง ที่ตำบลด่านช้าง อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็น โดยใช้พื้นที่ 20 ไร่ ที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 6,422 แผง มีกำลังผลิตไฟฟ้า 2 เมกะวัตต์

ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีส่วนประกอบในระบบผลิตด้วยกัน 4 หน่วยด้วยกันคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ระบบแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Invertor) ตู้จ่ายกระแสไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board) และหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) แสดงในภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 ผังกระบวนการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar farm)

ที่มา: บริษัทโซล่าเพาเวอร์ จำกัด.



ภาพประกอบ 35 ผังกระบวนการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar farm)

ที่มา: บริษัทโซล่าเพาเวอร์ จำกัด.

โดยมีหลักการผลิตกระแสไฟฟ้าคือเริ่มที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจะส่งผ่านไปยังระบบแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Invertor) ซึ่งจะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ จากนั้นไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตขึ้นได้จะถูกส่งไปยัง ตู้จ่ายกระแสไฟฟ้าหลัก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติด้านไฟฟ้าแรงต่ำ หลังจากนั้น พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดจะถูกส่งผ่าน หม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันต่ำให้เป็นไฟฟ้าแรงดันสูงระดับ 22,000 โวลต์ เพื่อจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าหลัก (Grid Line) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังแสดงในภาพประกอบ

35

1.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

คำนวณภายใต้ระยะเวลาของโครงการ 25 ปี คำนวณเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้ำชั้นดีร้อยละ 8 (ธนาคารกสิกรไทย, มิถุนายน 2557) โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ยกเว้นต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี ตัวแปรการลงทุนทั้งหมดอ้างอิงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกกะวัตต์แห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี

1. งบลงทุน

- ค่าเครื่องจักรคิดเป็นเงิน 59 ล้านบาท
- ค่าออกแบบคิดที่ร้อยละ 15 ของมูลค่าโครงการเป็นเงิน 18 ล้านบาท
- ค่าติดตั้งคิดที่ร้อยละ 35 ของมูลค่าโครงการเป็นเงิน 42 ล้านบาท

2. ต้นทุนดำเนินงาน อ้างอิงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกกะวัตต์แห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ยกเว้นค่าแรงของผู้รับเหมา และเงินเดือนของพนักงานทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี

- ค่าจ้างวิศวกรฝ่ายผลิตคำนวณที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 18,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานฝ่ายผลิตจำนวนที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 12,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานประสานงานจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 20,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานบัญชีจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 15,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัยที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 6,000 บาท

- ค่าจ้างชาวบ้านทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 135,000 บาท ต่อปี คำนวณจากจำนวนวันที่ใช้ในการทำความสะอาดทั้งหมด 90 วันต่อปี โดยใช้แรงงานวันละ 5 คนต่อ 1 ไร่ ที่ค่าแรงวันละ 300 บาทต่อคน

3. **ต้นทุนบริหาร** เงินเดือนผู้บริหาร 1 คน จำนวนที่เดือนละ 25,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี) และเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี

ตาราง 11 รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

รายการ	มูลค่า
เงินลงทุน	
ค่าเครื่องจักรและติดตั้ง	101,000,000
ค่าออกแบบ	18,000,000
ต้นทุนการผลิต	เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี
ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก)	500,000
ค่าเช่าที่ดิน (20 ไร่ ไร่ละ 2,000 บาทต่อปี)	40,000
ต้นทุนดำเนินงาน	เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี
ค่าจ้างวิศวกรฝ่ายผลิต	306,000
(18,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการ (ต่อ)	มูลค่า
ค่าจ้างพนักงานฝ่ายผลิต (2 คน คนละ 12,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	408,000
ค่าจ้างพนักงานประสานงาน (20,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	340,000
ค่าจ้างพนักงานบัญชี (15,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	255,000
ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัย (2 คน คนละ 6,000 บาทต่อเดือน)	144,000
ค่าจ้างชาวบ้านล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ล้าง 90 วันต่อปี วันละ 5 คน คนละ 300)	135,000
ต้นทุนการบริหาร	
เงินเดือนผู้บริหาร 1 คน (1 คน คนละ 50,000 บาทต่อเดือน)	425,000
ระยะเวลาโครงการ	25 ปี
อัตราเงินกู้ : เงินทุน	1 : 1
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	2,865,256 kWh/Year

1.3 กรณีศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้ EGAT

เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตโดยตรงโดยไม่ได้รับค่าชดเชยจากรัฐบาล ดังนั้นรายได้คิดเทียบเท่าการขายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานร่วม (จากก๊าซธรรมชาติ) ที่ราคา 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แสดงผลการคำนวณในตารางที่ 11 และแสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในตาราง 12

ตาราง 12 ผลการคำนวณการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	119.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		11.04	12.43	14.41	16.71	19.37	22.45
ขายไฟฟ้า EGAT	3.8548	บาท/หน่วย	11.04	12.43	14.41	16.71	19.37	22.45
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	0.54	0.61	0.70	0.82	0.95	1.10
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	0.50	0.56	0.65	0.76	0.88	1.02
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	2.01	2.45	3.12	3.99	5.09	6.49
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	1.61	1.95	2.49	3.18	4.06	5.18
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coordinator	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
Accountant	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	0.14	0.16	0.21	0.27	0.34	0.44
ฝ่ายผลิต	0%	ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	-
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	-57,866,933
B/C	0.73

ตาราง 13 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านี้ดีร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 11,045,000 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิตจากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) พบว่าการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 57,866,933 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.73 ซึ่ง B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ให้ผลตอบแทนน้อยกว่าการลงทุนหรือไม่มีผลกำไรจากการลงทุน นั่นเป็นเหตุผลที่โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ

1.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR =

0)

จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และได้รับผลตอบแทนเป็นการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่เท่ากับ 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 57,866,933 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.73 เมื่อพิจารณาแล้ว B/C น้อยกว่า 1 หมายความว่าไม่สามารถลงทุนได้ด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถลงทุนได้และให้ผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 0 % ซึ่งก็เท่ากับผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนการดำเนินการ จึงต้องได้ผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เท่ากับ 5.3093 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ตามที่แสดงไว้ในตาราง 14

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	119.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		15.21	17.12	19.85	23.01	26.68	30.92
ขายไฟฟ้า EGAT	5.3093	บาท/หน่วย	15.21	17.12	19.85	23.01	26.68	30.92
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	0.54	0.61	0.70	0.82	0.95	1.10
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	0.50	0.56	0.65	0.76	0.88	1.02
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	2.01	2.45	3.12	3.99	5.09	6.49
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	1.61	1.95	2.49	3.18	4.06	5.18
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coordinator	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
Accountant	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	0.14	0.16	0.21	0.27	0.34	0.44
ฝ่ายผลิต	0%	ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 15 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	0
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	0
B/C	1.00
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	5.3093

จากตาราง 15 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจาก มูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงิน กับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้ำขั้นดีร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) เพื่อให้ได้ผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 0 % พบว่าการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ต้องเท่ากับ 5.3093 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 15,212,503 บาทต่อปี

1.5 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการสนับสนุนจากภาครัฐ ที่ทำให้ภาคเอกชนสามารถดำเนินการได้

จากการคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าราคาขายไฟฟ้าต่อหน่วยที่เหมาะสมต่อการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์คือ 5.3093 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แต่เพื่อให้องค์ เอกชนผู้ที่ต้องแสวงหากำไรมีความสนใจในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นจึงตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1. อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้ำขั้นดีร้อยละ 8
2. อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยตลอดโครงการร้อยละ 4

ดังนั้น การกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) จึงควรมีค่ามากกว่าผลรวมของ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ ในกรณีศึกษาจึงกำหนดให้ IRR มีค่าเท่ากับ 12% ตามที่ แสดงไว้ในตาราง 16

ตาราง 16 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	119.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		18.95	21.33	24.73	28.67	33.23	38.53
ขายไฟฟ้า EGAT	6.6145	บาท/หน่วย	18.95	21.33	24.73	28.67	33.23	38.53
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	0.54	0.61	0.70	0.82	0.95	1.10
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	0.50	0.56	0.65	0.76	0.88	1.02
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	2.01	2.45	3.12	3.99	5.09	6.49
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	1.61	1.95	2.49	3.18	4.06	5.18
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coordinator	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
Accountant	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	0.14	0.16	0.21	0.27	0.34	0.44
ฝ่ายผลิต	0%	ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 17 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	12.00
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	51,928,501
B/C	1.25
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	6.6145

จากตาราง 17 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจาก มูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงิน กับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้าขั้นต่ำร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) เพื่อให้มีผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 12 % พบว่าการ ขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ต้องเท่ากับ 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 18,952,235 บาทต่อปี

1.6 Feed-in Tariff (FIT)

จากการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนเพื่อหาราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชน โดยกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) ต้องมีค่ามากกว่าผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ จึงกำหนดให้ IRR ของกรณีศึกษานี้เท่ากับ 12% พบว่าราคารับซื้อไฟฟ้าต้อง เท่ากับ 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และเทียบกับอัตรารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เท่ากับ 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ดังนั้น ส่วนต่างที่ภาคเอกชนต้องการสนับสนุนจากภาครัฐบาลเท่ากับ 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

ตาราง 18 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	กรณีฐาน	กรณี IRR = 0	กรณี IRR = 12
ผลตอบแทน	-	0	12.00
โครงการ IRR [%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	-57,866,933	0	51,928,501
NPV			
B/C	0.73	1.00	1.25
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	3.8548	5.3093	6.6145

1.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการตัดสินใจลงทุนโครงการมากขึ้นโดยมีเงื่อนไขของอัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff คือ 6.6145 บาทต่อหน่วย ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลง โดยมีเงื่อนไขของมูลค่าการติดตั้งเครื่องจักรทั้งหมด เป็นดังนี้

เงื่อนไขของอัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลเป็น 4.6145 บาทต่อหน่วย

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลเป็น 6.6145 บาทต่อหน่วย (กรณีฐาน)

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลเป็น 8.6145 บาทต่อหน่วย

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลเป็น 10.6145 บาทต่อหน่วย

และเงื่อนไขอัตราเงินเพื่อ

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 3 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1)

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 4 (กรณีฐาน)

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 5 (ลดลงร้อยละ 1)

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ดังแสดงในตาราง 19 – 22

ตาราง 19 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กรณีอัตราเงิน
สนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 4.6145 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณี
ฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	-50,184,360.12	-55,808,766.65	-60,729,319.27
B/C	0.74	0.70	0.66

จากตาราง 19 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด
2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจาก
มูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงิน
กับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านำขึ้นด้อยละ 8
โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ
3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท
เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความ
ร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 11,045,000 บาทต่อปี และเงินสนับสนุนจากรัฐบาลหน่วยละ
0.7597 บาท เป็นเงิน 2,176,723 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา
(จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงาน
ทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี คือ
กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3)
และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการ
สนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 4.6145 บาทนั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้าง
โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้าง
โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรน้อยกว่าต้นทุน ซึ่งหมายถึงเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

ตาราง 20 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 6.6145 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	10,407,281.02	21,514.33	-9,075,689.18
B/C	1.05	1.00	0.95

จากตาราง 20 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 50,068,000 บาทต่อปี และเงินสนับสนุนจากรัฐบาลหน่วยละ 2.7597 บาท เป็นเงิน 7,907,235 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สถานะเงินเพื่อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 6.6145 บาทนั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์ ในกรณีที่เงินเพื่อเท่ากับร้อยละ 3 มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.05 และอัตราเงินเพื่อเท่ากับร้อยละ 4 มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.00 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน แต่ที่อัตราเงินเพื่อมากกว่าร้อยละ 5 มีผลกำไร

เมื่อเทียบกับต้นทุน B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรน้อยกว่าต้นทุน ซึ่งหมายถึงเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

ตาราง 21 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 8.6145 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์		
	มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4
ผลตอบแทนโครงการ IRR		11.00	12.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV		70,998,922.16	55,851,795.32
B/C		1.37	1.30

จากตาราง 21 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 11,045,000 บาทต่อปี และเงินสนับสนุนจากรัฐบาลหน่วยละ 4.7597 บาท เป็นเงิน 13,637,747 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 8.6145 บาทภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี นั้นส่งผล

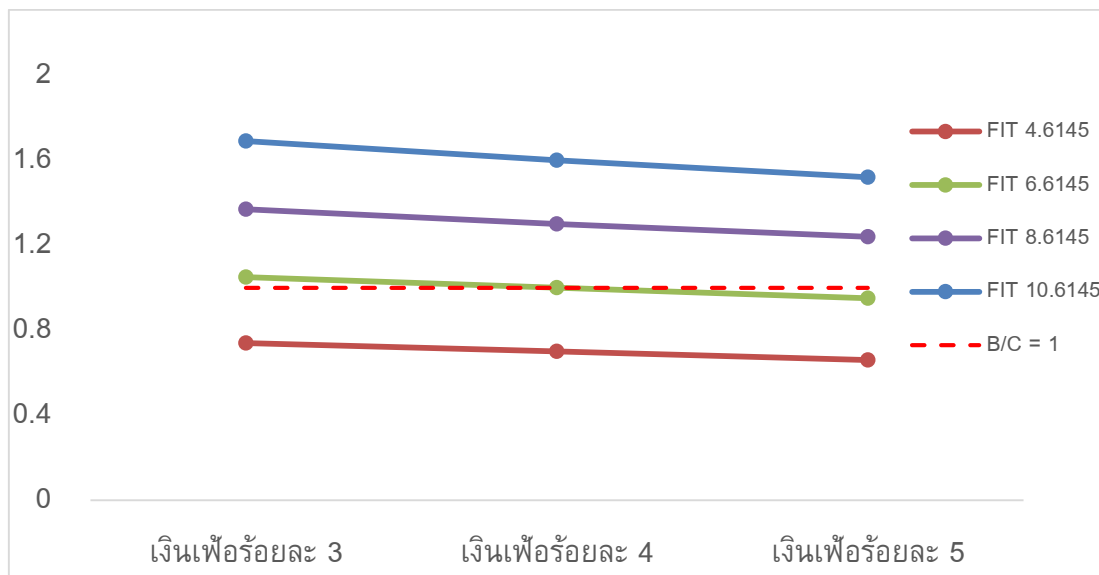
ให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.24 – 1.37 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน

ตาราง 22 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาล FIT เป็น 10.6145 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

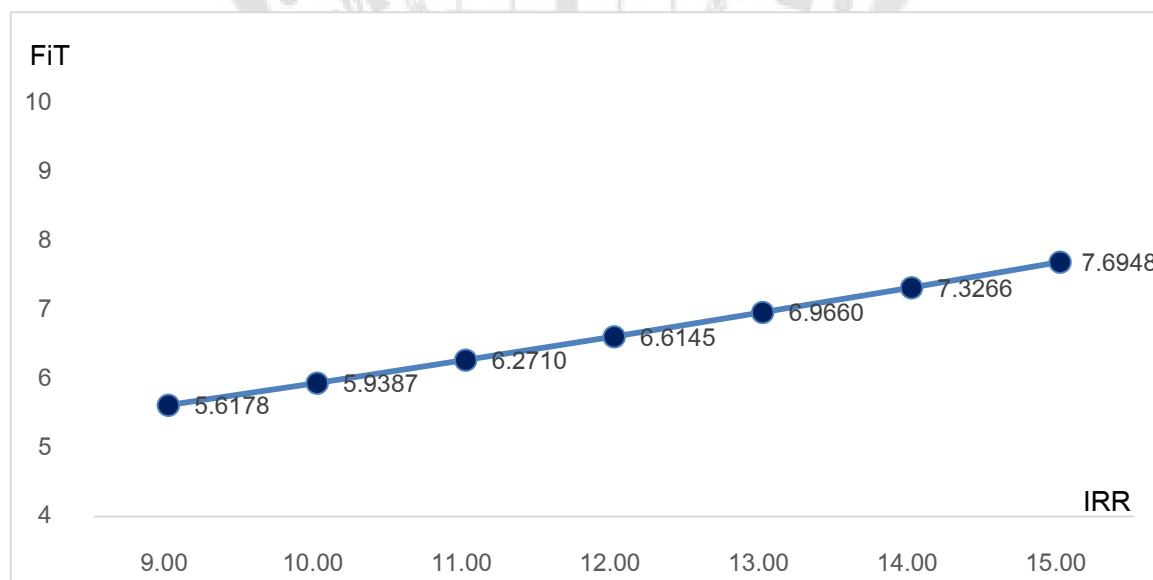
รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	131,590,563.30	111,682,076.30	94,231,570.99
B/C	1.69	1.60	1.52

จากตาราง 22 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 2,865,256 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 20 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 119 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 11,045,000 บาทต่อปี และเงินสนับสนุนจากรัฐบาลหน่วยละ 6.7597 บาท เป็นเงิน 19,368,259 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าเช่าที่ดิน ค่าบำรุงรักษา (จ้างบริษัทภายนอก) เป็นเงิน 540,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 2,013,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 10.6145 บาทภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี นั้น

ส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.52 – 1.69 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน



ภาพประกอบ 36 ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) ของการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพประกอบ 37 อัตราสนับสนุนของการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR)

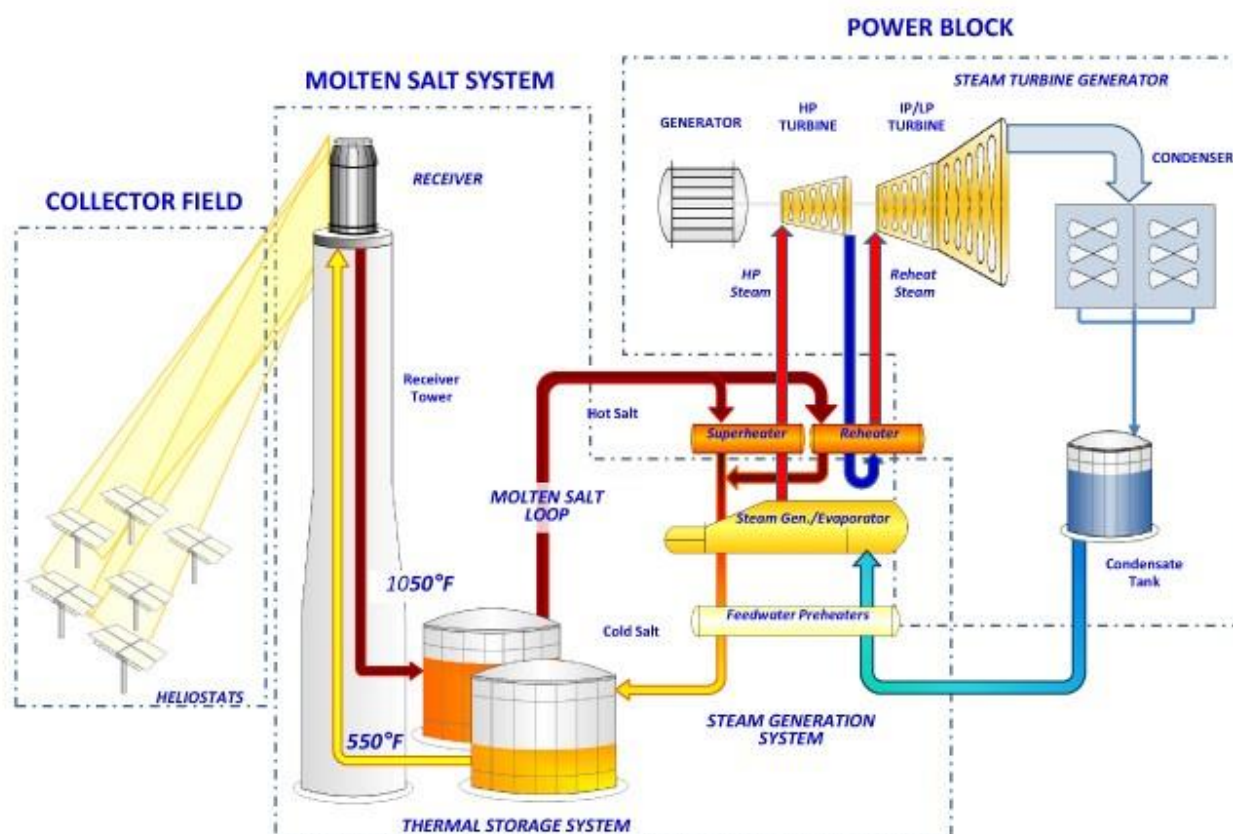
2. ประเมินโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

2.1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ขนาด 11 MW โดยศึกษาตัวอย่างจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ประเทศสเปนภาพประกอบ 36 ที่มีกำลังการผลิตที่ 11 MW หรือสามารถผลิตไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 หน่วย โดยผ่านอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับและสะท้อนแสงขนาดใหญ่แบบสามารถเคลื่อนที่ได้จำนวน 624 ชุด ไปสู่จุดรวมแสงที่อยู่บนหอคอยสูง 115 เมตร เพื่อต้มเกลือหลอมเหลวให้เดือดและส่งไปต้มน้ำจนกลายเป็นไอน้ำเพื่อหมุนกังหันไอน้ำ ดังที่แสดงกระบวนการผลิตไว้ในภาพประกอบ 38



ภาพประกอบ 38 ภาพมุมสูงของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 MW

ที่มา: <https://kitskinny.wordpress.com/2013/09/06/the-solar-power-towers-of-seville-spain/>.



ภาพประกอบ 39 กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา: <https://kitskinny.wordpress.com/2013/09/06/the-solar-power-towers-of-seville-spain/>.

2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

คำนวณภายใต้ระยะเวลาของโครงการ 25 ปี คำนวณเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้ายื่นดีร้อยละ 8 (ธนาคารกสิกรไทย, มิถุนายน 2557) โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ยกเว้นต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี ตัวแปรการลงทุนทั้งหมดอ้างอิงจากรายงานการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาดกำลังงานผลิต 11 เมกกะวัตต์ แห่งหนึ่งในประเทศสเปน และใช้โปรแกรม Simulation Advisor Model เวอร์ชัน 2015 เพื่อคำนวณเงินลงทุนโครงการ ส่วนโครงสร้างต้นทุนดำเนินการ และต้นทุนบริหาร อ้างอิงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกกะวัตต์ แห่งหนึ่งใน

จังหวัดสุพรรณบุรี (อัตราแลกเปลี่ยนเพื่อคำนวณตัวแปรการลงทุน จากดอลลาร์สหรัฐเป็นบาท
 จำนวนที่ 35.8295 บาทต่อดอลลาร์สหรัฐ อ้างอิงจากเว็บไซต์ http://usd.fxexchangerate.com/thb-2015_08_31-exchange-rates-history.html เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2558)

1. งบลงทุน

- ค่าเครื่องจักรและติดตั้งคิดเป็นเงิน 2,741 ล้านบาท

- ค่าออกแบบคิดที่ร้อยละ 11 ของมูลค่าโครงการ อ้างอิงจากรายงานการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิต 11 เมกกะวัตต์แห่งหนึ่งในประเทศสเปน เป็นเงิน 282 ล้านบาท

2. ต้นทุนดำเนินงาน อ้างอิงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2 เมกกะวัตต์แห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี ยกเว้นค่าแรงของผู้รับเหมา และเงินเดือนของพนักงานทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี

- ค่าจ้างวิศวกรฝ่ายผลิตจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 18,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานฝ่ายผลิตจำนวนที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 12,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานประสานงานจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 20,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานบัญชีจำนวนที่ 1 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 15,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี)

- ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัยที่ 2 คน ค่าจ้างต่อคนเดือนละ 6,000 บาท

- ค่าจ้างชาวบ้านทำความสะอาดแผงสะท้อนแสงอาทิตย์ 3,780,000 บาท ต่อปี คำนวณจากจำนวนวันที่ใช้ในการทำความสะอาดทั้งหมด 90 วันต่อปี โดยใช้แรงงานวันละ 5 คนต่อ 1 ไร่ ที่ค่าแรงวันละ 300 บาทต่อคน

3. **ต้นทุนบริหาร** เงินเดือนผู้บริหาร 1 คน คำนวณที่เดือนละ 25,000 บาท พร้อมเงินพิเศษประจำปี (โบนัส 2 เดือน และ 25% ของเงินเดือนทั้งปี) และเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี

ตาราง 23 รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

รายการ	มูลค่า
เงินลงทุน	
ค่าเครื่องจักรและติดตั้ง	2,741,000,000
ค่าออกแบบ	282,000,000
ต้นทุนการผลิต	เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี
ค่าบำรุงรักษา (2,328,917 บาทต่อเมกะวัตต์)	25,000,000
ค่าเช่าที่ดิน (622 ไร่ ไร่ละ 2,000 บาทต่อปี)	1,244,000
ต้นทุนดำเนินงาน	เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี
ค่าจ้างวิศวกรฝ่ายผลิต (18,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	306,000
ค่าจ้างพนักงานฝ่ายผลิต (2 คน คนละ 12,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	408,000
ค่าจ้างพนักงานประสานงาน (20,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	340,000
ค่าจ้างพนักงานบัญชี (15,000 บาทต่อเดือน + เงินพิเศษ)	255,000
ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัย (2 คน คนละ 6,000 บาทต่อเดือน)	144,000
ค่าจ้างชาวบ้านล้างแผลงสะท้อนแสงอาทิตย์ (ล้าง 90 วันต่อปี วันละ 5 คน คนละ 300)	3,780,000
ต้นทุนการบริหาร	
เงินเดือนผู้บริหาร 1 คน (1 คน คนละ 50,000 บาทต่อเดือน)	425,000
ระยะเวลาโครงการ	25 ปี
อัตราเงินกู้ : เงินทุน	1 : 1
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	44,220,000 kWh/Year

2.3 กรณีศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้ EGAT

เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตโดยตรงโดยไม่ได้รับค่าชดเชยจากรัฐบาล ดังนั้น รายได้คิดเทียบเท่าการขายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานร้อมร่วม (จากก๊าซธรรมชาติ) ที่ราคา 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แสดงผลการคำนวณในตารางที่ 4.14 และแสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในตาราง 24

ตาราง 24 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	3,023.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		170.46	191.85	222.41	257.83	298.90	346.51
ขายไฟฟ้า EGAT	3.8548	บาท/หน่วย	170.46	191.85	222.41	257.83	298.90	346.51
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	31.24	35.17	40.77	47.26	54.79	63.51
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	5.00	5.63	6.52	7.56	8.77	10.16
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	25.00	28.14	32.62	37.81	43.84	50.82
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	5.66	6.88	8.78	11.20	14.30	18.25
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	5.25	6.38	8.14	10.39	13.27	16.93
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานธุรการ1	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
พนักงานธุรการ2	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	3.78	4.59	5.86	7.48	9.55	12.19
ฝ่ายผลิต		ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	-
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	-2,476,075,072
B/C	0.49

จากตาราง 25 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,346 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากับตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 170,459,256 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) พบว่าการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 2,476,075,072 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.45 ซึ่ง B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้ผลตอบแทนน้อยกว่าการลงทุน หรือไม่มีผลกำไรจากการลงทุน นั้นเป็นเหตุผลที่โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ

2.4 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR

= 0)

จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ และได้รับผลตอบแทนเป็นการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมที่เท่ากับ 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 2,476,075,072 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.49 ซึ่ง B/C น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าไม่สามารถลงทุนได้ด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถลงทุนได้และให้ผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 0 % ซึ่งก็เท่ากับผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนการดำเนินการ จึงต้องได้ผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เท่ากับ 7.8875 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ตามที่แสดงไว้ในตาราง 26

ตาราง 26 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	3,023.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		348.79	392.56	455.09	527.57	611.60	709.01
ขายไฟฟ้า EGAT	7.8875	บาท/หน่วย	348.79	392.56	455.09	527.57	611.60	709.01
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	31.24	35.17	40.77	47.26	54.79	63.51
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	5.00	5.63	6.52	7.56	8.77	10.16
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	25.00	28.14	32.62	37.81	43.84	50.82
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	5.66	6.88	8.78	11.20	14.30	18.25
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	5.25	6.38	8.14	10.39	13.27	16.93
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานธุรการ1	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
พนักงานธุรการ2	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	3.78	4.59	5.86	7.48	9.55	12.19
ฝ่ายผลิต		ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 27 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	0
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	0
B/C	1.00
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	7.8875

จากตาราง 27 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกโดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) เพื่อทำให้มีผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 0 % พบว่าการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต้องเท่ากับ 7.8875 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 376,555,410 บาทต่อปี

2.5 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการสนับสนุนจากภาครัฐ ที่ทำให้ภาคเอกชนสามารถดำเนินการได้

จากการคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าราคาขายไฟฟ้าต่อหน่วยที่เหมาะสมต่อการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์คือ 7.8875 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แต่เพื่อให้ภาคเอกชนผู้ที่ต้องแสวงหากำไรมีความสนใจในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

1. อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8
2. อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยตลอดโครงการร้อยละ 4

ดังนั้น การกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) จึงควรมีค่ามากกว่าผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ ในกรณีศึกษาจึงกำหนดให้ IRR มีค่าเท่ากับ 12%

ตาราง 28 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ปีที่			1	5	10	15	20	25
เงินลงทุน	3,023.00	ล้านบาท						
รายได้	3%		445.52	501.44	581.30	673.89	781.22	905.65
ขายไฟฟ้า EGAT	10.0751	บาท/หน่วย	445.52	501.44	581.30	673.89	781.22	905.65
ค่า Adder จากรัฐบาล		บาท/หน่วย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการผลิต		ล้านบาท/ปี	31.24	35.17	40.77	47.26	54.79	63.51
ค่าวัตถุดิบ	3%	ล้านบาท/ปี	5.00	5.63	6.52	7.56	8.77	10.16
ค่าอุปกรณ์	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าบำรุงรักษา	3%	ล้านบาท/ปี	25.00	28.14	32.62	37.81	43.84	50.82
ค่าน้ำ	3%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนการบริหาร		ล้านบาท/ปี	5.66	6.88	8.78	11.20	14.30	18.25
ฝ่ายบริหารและธุรการ		ล้านบาท/ปี	5.25	6.38	8.14	10.39	13.27	16.93
บริหาร1	5%	ล้านบาท/ปี	0.43	0.52	0.66	0.84	1.07	1.37
วิศวกร ผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.31	0.37	0.47	0.61	0.77	0.99
วิศวกร ซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานธุรการ1	5%	ล้านบาท/ปี	0.34	0.41	0.53	0.67	0.86	1.10
พนักงานธุรการ2	5%	ล้านบาท/ปี	0.26	0.31	0.40	0.50	0.64	0.82
พนักงานผู้รับเหมา	5%	ล้านบาท/ปี	3.78	4.59	5.86	7.48	9.55	12.19
ฝ่ายผลิต		ล้านบาท/ปี	0.41	0.50	0.63	0.81	1.03	1.32
พนักงานผลิต1	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
พนักงานผลิต2	5%	ล้านบาท/ปี	0.20	0.25	0.32	0.40	0.52	0.66
ฝ่ายซ่อมบำรุง		ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม1	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พนักงานซ่อม2	5%	ล้านบาท/ปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง 29 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผลตอบแทนโครงการ IRR [%]	12.00
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	1,343,271,320
B/C	1.28
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	10.0751

จากตาราง 29 วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกโดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) เพื่อทำให้มีผลตอบแทนโครงการ IRR เท่ากับ 12 % พบว่าการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต้องเท่ากับ 10.0751 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 445,520,922 บาทต่อปี

2.6 Feed-in Tariff (FIT)

จากการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนเพื่อหาราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชน โดยกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) ต้องมีค่ามากกว่าผลรวมอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ จึงกำหนดให้ IRR ของกรณีศึกษานี้เท่ากับ 12% พบว่าราคารับซื้อไฟฟ้าต้องเท่ากับ 10.0751 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และเทียบกับอัตรารับซื้อไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เท่ากับ 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ดังนั้นส่วนต่างที่ภาคเอกชนต้องการสนับสนุนจากภาครัฐบาลเท่ากับ 6.2203 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

ตาราง 30 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

รายการ	กรณีฐาน	กรณี IRR = 0	กรณี IRR = 12
ผลตอบแทน	-	0	12.00
โครงการ IRR [%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	-2,476,075,072	0	1,343,271,320
NPV			
B/C	0.49	1.00	1.28
ราคาขาย [บาทต่อหน่วย]	3.8548	7.8875	10.0751

2.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการตัดสินใจลงทุนโครงการมากขึ้นโดยมีเงื่อนไขของอัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff คือ 10.0751 บาทต่อหน่วย ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลง โดยมีเงื่อนไขของมูลค่าการติดตั้งเครื่องจักรทั้งหมด เป็นดังนี้

เงื่อนไขของอัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff 8.0751 บาทต่อหน่วย

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff 10.0751 บาทต่อหน่วย (กรณีฐาน)

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff 12.0751 บาทต่อหน่วย

อัตราเงินสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff 14.0751 บาทต่อหน่วย

และเงื่อนไขอัตราเงินเพื่อ

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 3 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1)

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 4 (กรณีฐาน)

อัตราเงินเพื่อ เท่ากับร้อยละ 5 (ลดลงร้อยละ 1)

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ดังแสดงในตาราง 31 – 34

ตาราง 31 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 8.0751 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1
เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์		
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	-666,911,036	-861,610,305	-1,031,760,374
B/C	0.85	0.80	0.76

จากตาราง 31 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 170,459,256 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเฟ้อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 8.0751 บาท หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 357,080,922 บาทต่อปี นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีกำไรน้อยกว่าต้นทุน ซึ่งหมายถึงเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

ตาราง 32 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 10.0751 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	268,210,423	28,244	-234,580,812
B/C	1.06	1.00	0.94

จากตาราง 32 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 170,459,256 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สถานะเงินเพื่อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 10.0751 บาท หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 445,520,922 บาทต่อปี นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในกรณีที่เงินเพื่อเท่ากับร้อยละ 3 มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.06 และอัตราเงินเพื่อเท่ากับร้อยละ 4 มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.00 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน แต่ที่อัตรา

เงินเพื่อมากกว่าร้อยละ 5 มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีกำไรน้อยกว่าต้นทุน ซึ่งหมายถึงเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

ตาราง 33 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 12.0751 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	1,203,331,882	861,666,794	562,598,749
B/C	1.27	1.20	1.13

จากตาราง 33 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 170,459,256 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเพื่อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 12.0751 บาท หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 533,960,922 บาทต่อปี นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการ

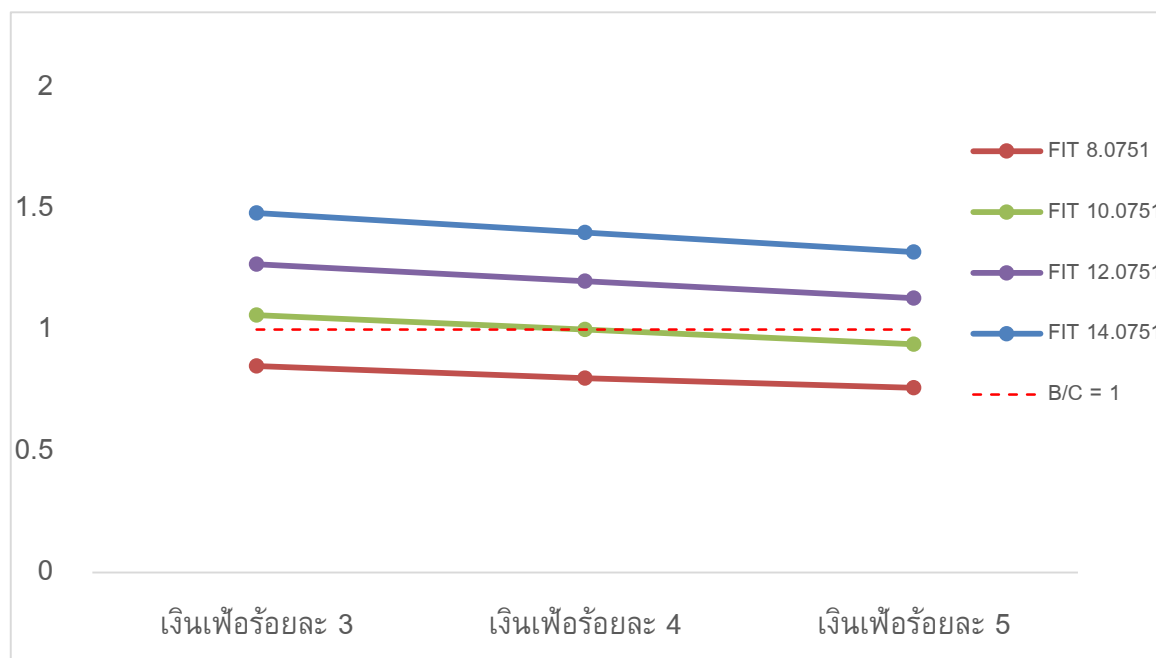
สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.13 – 1.27 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน

ตาราง 34 ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ กรณีอัตราเงินสนับสนุนจากรัฐบาลเป็น 14.0751 บาทต่อหน่วย และอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 เท่ากับกรณีฐาน และ ลดลงร้อยละ 1

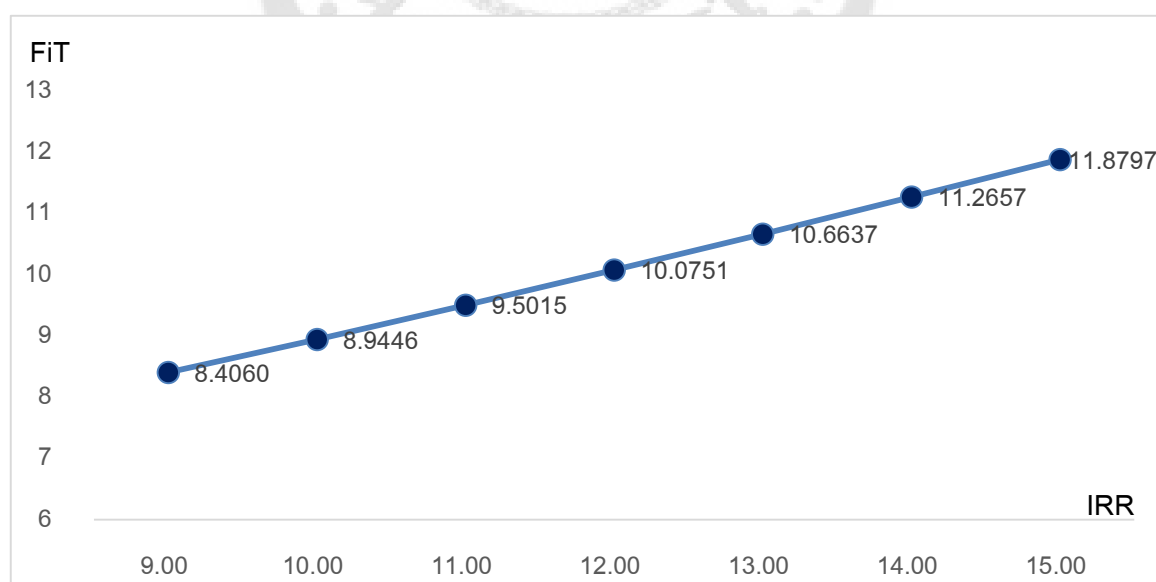
รายการ	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์		
	เงินเพื่อร้อยละ 3	เงินเพื่อร้อยละ 4	เงินเพื่อร้อยละ 5
มูลค่าติดตั้งเครื่องจักร			
ผลตอบแทนโครงการ IRR	11.00	12.00	13.00
[%]			
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	2,138,453,341	1,723,305,344	1,359,778,311
B/C	1.48	1.40	1.32

จากตาราง 34 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ขนาด 11 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าระบบได้ประมาณปีละ 44,220,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ด้วยพื้นที่โครงการประมาณ 622 ไร่ คำนวณภายใต้ระยะเวลาโครงการ 25 ปี ด้วยเงินลงทุนจากมูลค่าเครื่องจักรพร้อมออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด 3,023 ล้านบาท โดยอัตราส่วนการกู้เงินกับธนาคารต่อเงินลงทุนตัวเอง 1 : 1 อัตราดอกเบี้ยกำหนดเป็นดอกเบี้ย MRR ลูกค้านั้นคือร้อยละ 8 โดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดอายุโครงการ และคืนเงินภายใน 7 งวด รายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี จากการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยหน่วยละ 3.8548 บาท เทียบเท่ากับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (โรงไฟฟ้าราชบุรี) เป็นเงิน 170,459,256 บาทต่อปี โดยมีต้นทุนการผลิต จากค่าวัตถุดิบ ค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำ เป็นเงิน 31,244,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ทุกปี) ต้นทุนเงินเดือนพนักงานทั้งหมดเป็นเงิน 5,658,000 บาทต่อปี (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ทุกปี) ภายใต้สภาวะเงินเพื่อทั้ง 3 กรณี คือ กรณีฐาน (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 4) กรณีอัตราเงินเพื่อลดลงจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 3) และกรณีอัตราเงินเพื่อเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 1 (อัตราเงินเพื่อร้อยละ 5) พบว่าด้วยการสนับสนุนของรัฐบาลแบบ Feed in Tariff ที่ 14.0751 บาท หรือคิดเป็นเงิน เป็นเงิน 622,400,922 บาทต่อปี นั้นส่งผลให้การลงทุนในโครงการ

สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 1.32 – 1.48 แสดงว่าโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีกำไรมากกว่าต้นทุน



ภาพประกอบ 40 สรุปความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) ของการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว



ภาพประกอบ 41 อัตราสนับสนุนของการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลวที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR)

ตาราง 35 สรุปผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

รายการ	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์			โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์		
	กรณีฐาน	IRR = 0	IRR = 12	กรณีฐาน	IRR = 0	IRR = 12
กำลังการผลิตต่อปี						
หน่วย/ปี		2,865,256			44,220,000	
รายได้	11,045,000	15,212,503	18,952,235	170,459,256	348,785,250	445,520,922
NPV	-57,866,933	200,874,040	51,928,501	-2,476,075,072	56,014	1,343,271,320
		ข้อเสนอ FIT	6.6145		ข้อเสนอ FIT	10.0751

จากตาราง 35 จากการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชน โดยกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) ต้องมีค่ามากกว่าผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ จึงกำหนดให้ IRR ของกรณีศึกษานี้เท่ากับ 12% พบว่าราคารับซื้อไฟฟ้าต้องเท่ากับ 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และการศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว เพื่อหาราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชน โดยกำหนดผลตอบแทนการลงทุนโครงการ (IRR) ต้องมีค่ามากกว่าผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ จึงกำหนดให้ IRR ของกรณีศึกษานี้เท่ากับ 12% พบว่าราคารับซื้อไฟฟ้าต้องเท่ากับ 10.0751 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้เลือกการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีใช้งานแพร่หลายในยุคปัจจุบันมา 2 เทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีแรกเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างมากในประเทศไทย คือ โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ Solar farm และอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่นำมาเปรียบเทียบเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังพัฒนาในหลายๆ ประเทศในยุคปัจจุบัน คือ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว โดยนำมาประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาความคุ้มค่า และหาผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ภายใต้การศึกษา 3 ส่วน คือ 1) การลงทุนโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 2) การลงทุนโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ 3) ประเมินหาค่าการสนับสนุนที่เหมาะสมต่อโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1. สรุปผลการวิจัย

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลือหลอมเหลว โดยทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel ภายใต้ภาพเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์คือ

- 1) กรณีศึกษาความคุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อเทียบกับการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต
- 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง
- 3) การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการลงทุนที่เหมาะสมจากภาครัฐที่ทำให้

ภาคเอกชนสามารถดำเนินการได้

1.1 การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นภาคเอกชนไม่สามารถดำเนินการลงทุนได้เมื่อมีอัตราซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ราคา 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ได้เพราะส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 57,866,933 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.73 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริง (IRR = 0) พบว่าราคาขายไฟฟ้าต่อหน่วยที่เท่ากับต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริงคือภาครัฐต้องรับซื้อไฟฟ้าที่ราคา 5.3093 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แต่เพื่อความน่าสนใจต่อภาคเอกชนในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการลงทุนที่เหมาะสมจากภาครัฐที่ทำให้เอกชนสามารถดำเนินการได้โดยใช้สมมติฐานให้ผลตอบแทนการลงทุนโครงการเท่ากับผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารและอัตราเงินเฟ้อ ทำให้ได้ราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชนคือภาครัฐต้องรับซื้อไฟฟ้าที่ราคา 6.6145 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

1.2 การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลื้อหลอมเหลว นั้นภาคเอกชนไม่สามารถดำเนินการลงทุนได้เมื่อมีอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังงานร้อนร่วมที่ราคา 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ได้เพราะส่งผลให้การลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลื้อหลอมเหลว มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับติดลบ 2,476,075,072 บาท และผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุน B/C เท่ากับ 0.49 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกรณีต้นทุนดำเนินการที่แท้จริง ($IRR = 0$) พบว่าราคาขายไฟฟ้าต่อหน่วยที่เท่ากับต้นทุนการดำเนินการที่แท้จริงคือภาครัฐต้องรับซื้อไฟฟ้าที่ราคา 7.8875 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) แต่เพื่อความน่าสนใจต่อภาคเอกชนในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีเกลื้อหลอมเหลว นั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาอัตราการสนับสนุนจากภาครัฐที่ทำให้เอกชนสามารถดำเนินการได้โดยใช้สมมติฐานให้ผลตอบแทนการลงทุนโครงการเท่ากับผลรวมของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารและอัตราเงินเฟ้อ ทำให้ได้ราคาที่เหมาะสมกับการลงทุนของภาคเอกชนคือภาครัฐต้องรับซื้อไฟฟ้าที่ราคา 10.0751 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

2. ข้อเสนอแนะ

1. ภาครัฐควรออกนโยบายสนับสนุนด้านพลังงานที่มีความจำเพาะ โดยการแยก Feed-in Tariff สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพิ่มเติม
2. ภาครัฐต้องมีการศึกษาพลังงานทดแทน เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้นแบบชัดเจนและเป็นรูปธรรมกว่านี้ โดยการจัดตั้งหน่วยงานเฉพาะ เพื่อจัดทำโรงไฟฟ้าจำลองเป็นการนำร่องให้เอกชนศึกษาพร้อมทั้งจะง่ายต่อการกำหนดอัตราชดเชยที่จะเพิ่มให้กับภาคเอกชน
3. กระตุ้นภาคเอกชนที่ได้รับสัมปทานในการสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกต่างๆ ให้ดำเนินการอย่างรวดเร็ว โดยการกำหนดขอบเขตระยะเวลาที่ชัดเจน



บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2548). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 – 2565)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- (2553). *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า 20 ปี (พ.ศ. 2553 – 2573)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- (2554). *ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- (2558). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579*. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- กฤตธี เพิ่มพูล. (2558). *การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์*. สารนิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จันทิมา อุทะกะ. (2554). *การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิวัฒน์ กุหลาบซ้อน; และ ศรายุทธ มิกี้. (2546). *แบบจำลองระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์*. โครงการงานวิศวกรรมศาสตร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานนโยบาย และแผนพัฒนาพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2558). *นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff*. กรุงเทพฯ: กระทรวงฯ.
- Bernhard Milow; Dr.Franz Tried. (2000). *Technology Roadmap Solar Thermal Electricity. State of the Art 2000 Solar Thermal Power Stations International Energy Agency*.
- Manuael Romero; Maria J. Marcos; Rafael Osuna; & Valerio Fernandez. (2000, 17-22 Jun). *Design and implementation plan of a 10 MW solar tower plant based on volumetric-air technology in seville (Spain). Proceedings of Solar 2000 Solar Powers Life Share the Energy*.
- Rafael Osuna; Gonzalez Aguilar. (2007, 7 March). *Panel 1 – Central Receivers PS 10 and PS 20 Power Tower in Seville (Spain). NREL CSP Technology Workshop*.

Scott M. Flueckiger; Brian D. Iverson; & Suresh V. Garimella. (2014, February). Economic Optimization of a Concentrating Solar Power Plant with Molten-Salt Thermocline Storage. *Journal of Solar Energy Engineering*. Vol.136.





ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	วิวัฒน์ กุหลาบซ้อน
วันเดือนปีเกิด	26 สิงหาคม 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ ฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	601/118 ถนนประชาอุทิศ แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2546	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2558	วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

