การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

สารนิพนธ์

ของ

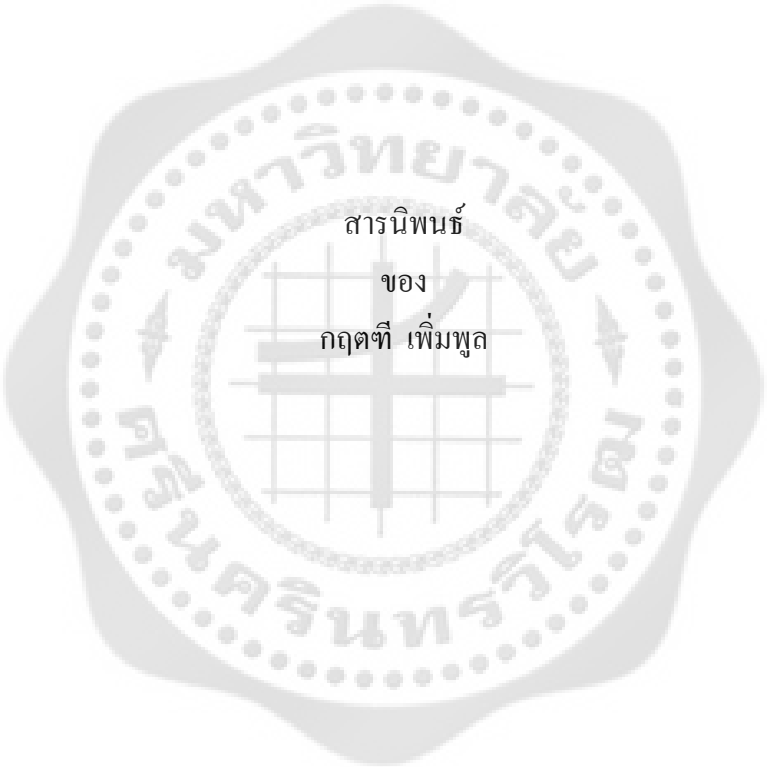
กฤตที เพิ่มพูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2558

การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



สารนิพนธ์

ของ

กฤตฑี เพิ่มพูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

บทคัดย่อ

ของ

กฤตที เพิ่มพูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2558

กฤตฑี เพิ่มพูล. (2558). *การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไทย*. ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผศ.ดร. ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

รายงานการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง ศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง และวิเคราะห์หาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง ซึ่งการการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาวิจัยในเชิงทฤษฎีโดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน โดยศึกษาจากโรงไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้ตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการศึกษา พบว่าศักยภาพราคาต้นทุนการผลิตตัวกลางสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 % จะมีค่าต้นทุนการก่อสร้างและมูลค่าการบำรุงรักษาต่ำที่สุด ส่วนตัวกลางสะสมความร้อนชนิดน้ำมันร้อนจะมีต้นทุนการก่อสร้างและมูลค่าการบำรุงรักษาสูงที่สุด โดยตัวกลางที่มีความเหมาะสมยืดหยุ่นทั้งขนาดพื้นที่ที่ใช้และมูลค่าในการลงทุนคือสารละลายเกลือ แต่เมื่อมีขนาดพื้นที่มากสามารถเลือกที่จะตัดสินใจใช้ตัวกลางเก็บสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตได้เนื่องจากทั้งสองรูปแบบนี้มีค่าผลตอนแทนภายใน (IRR) ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 24.55, 23.31 โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 5 ปี ส่วนตัวกลางเก็บความร้อนชนิดน้ำมันร้อนนั้นควรเลือกใช้เมื่อขนาดพื้นที่มีขนาดจำกัด โดยค่าผลตอนแทนภายใน (IRR) คือร้อยละ 17.93 โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6 ปี เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพราคาต้นทุนต่อผลกำไรที่ได้รับจะพบว่า ตัวกลางสะสมความร้อนชนิดสารละลายเกลือ ให้สัดส่วนผลตอบแทนไม่แตกต่างกับตัวกลางสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 % แต่แตกต่างกับน้ำมันร้อน

ANALYSIS OF ALTERNATIVE MEDIA IN THE CAPACITY HEAT TO SOLAR POWER

AN ABSTRACT

BY

KRITTEE PERMPOOL

Presented in Partial Fulfillment of Requirements for the

Master of Education Degree in Engineering Management

at Srinakharinwirot University

May 2015

Krittee Permpool. (2015). *Analysis of alternative media in the capacity heat to solar power - Local Thai Commercial Bank.* Master thesis. M.Sc.(Engineering Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof . Pathomthat Chiradeja, ph.D

This research aim to analyze the potential of accumulator in the concentrating solar power , to study on economic feasibilities of the concentrating solar power and to analyze the way of reduction in the concentrating solar power cost. This research was conducted with theoretical research by applying with possibilities and economic cost benefit analysis in the prototype concentrating solar power plant.

The result of this study found that the potential of production cost of 1% concrete thermal energy storage medium has lowest cost in term of construction and maintenance, while the cost for oil energy storage is in general higher. Molten salt is as flexible as not only scale of area but also investment value. Moreover, on the greater area, concrete is comparable to molten salt due to both has Internal Rate of Return (IRR) of 24.55 and 23.31 respectively, payback period is equal to 5 years. With the confined area, oil energy storage has been one of the most attractive energy storage alternatives with 17.93 of IRR and 6 years of payback period.

Considering the potential cost per profit that in term of rate of return, the molten salt thermal energy storage is not different from the has its rate of return 1% concrete thermal energy storage, but oil energy storage does.

สารนิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการ

ผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ของ

กฤตฑี เพิ่มพูล

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน พ.ศ.2558

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

…..…… ..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

……..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล)

……..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ธนาธิป สุ่มอิ่ม)

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จรุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำแนะนำในการทำวิจัยนี้ทุกขั้นตอน พร้อมตรวจแก้ไขโดยละเอียด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ ประธานคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล, อาจารย์ ดร.ธนาธิป สุ่มอิ่ม กรรมการสอบสารนิพนธ์ กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรมทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัย จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา และขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโทสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรมทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือเป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกๆ คนในครอบครัว และเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโททุกท่านด้วยความซาบซึ้งยิ่งที่ให้กำลังใจตลอดระยะเวลาของการศึกษาและการทำสารนิพนธ์ คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา ครอบครัวตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤตฑี เพิ่มพูล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	8
ขอบเขตของงานวิจัย	8
ประโยชน์คาดว่าที่จะได้รับ	8
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	10
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า	10
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบความร้อนแบบรวมแสงแบบรางพาราโบลา (Parabolic trough)	19
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงาน	26
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงานความร้อน	34
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการกักเก็บพลังงานความร้อนและวัสดุกักเก็บพลังงานความร้อน	35
แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	49
รูปแบบการวิจัย	49
กลุ่มตัวอย่าง	52
ขั้นตอนการวิจัย	52
4 ผลการดำเนินงานวิจัย	53
ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้า	53
การประมาณรายได้	54
การประมาณค่ารายจ่าย	55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 (ต่อ)

การคำนวณผลตอบแทนการลงทุนของโครงการมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) 57

การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) 64

5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 65

สรุปผลการศึกษาวิจัย..... 65

อภิปรายผล..... 65

บรรณานุกรม..... 68

ภาคผนวก..... 72

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 84

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 สถิติความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2540 – พ.ศ.2553..... 11

2 กำลังผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทของผู้ผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2553 – พ.ศ.2564..... 13

3 ข้อดีข้อเสียของการผลิตกระแสไฟฟ้า..... 17

4 สมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 150 kWe ที่เมือง Coolidge..... 20

5 สมรรถนะของโรงไฟฟ้า SEGS..... 23

6 แสดงรูปแบบและเทคโนโลยีการเก็บสะสมพลังงาน..... 28

7 จุดหลอมเหลว (Melting Point) และค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent Heat of Fusion) ของวัสดุกักเก็บความร้อนที่จากสารอินทรีย์ (Organic PCM)… 41

8 จุดหลอมเหลว (Melting Point) และค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent Heat of Fusion) ของวัสดุกักเก็บความร้อนที่จากสารอนินทรีย์ (Inorganic PCM) 42

9 สูตรคำนวณมูลค่าเงินตามช่วงเวลา..... 51

10 แสดงข้อมูลลักษณะเฉพาะของโรงไฟฟ้าที่ใช้ตัวกลางเก็บสะสมความร้อนที่แตกต่างกัน.. 53

11 ราคารับซื้อไฟฟ้าของรัฐจากภาคเอกชน..... 54

12 แสดงรายจ่ายในการลงทุนเริ่มต้นสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนขนาด 10 MW..... 55

13 แสดงรายจ่ายสำหรับดำเนินงานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนขนาด 10 MW รายปี 56

14 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสารละลายเกลือกรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ… 57

15 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสารละลายเกลือกรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน..... 58

16 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของน้ำมันร้อนกรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ……. 59

17 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของน้ำมันร้อนกรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน... 60

18 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของคอนกรีตกรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ…… 61

19 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของคอนกรีตกรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน…. 62

20 สรุปผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน..... 63

21 สรุปผลการคำนวณมูลค่าอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุน..... 64

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 แสดงผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2564..... 12

2 สัดส่วนกำลังการผลิตแยกตามประเภทผู้ผลิต..... 14

3 ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา..... 19

4 แสดงภาพตัวรับรังสีแบบรางพาราโบลาที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการชลประทาน Coolidge..... 20

5 แผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ IEA-SSPS ขนาด 500 kWe..... 21

6 แสดงภาพโรงไฟฟ้า SEGS ที่ Kramer Junction แคลิฟอร์เนีย..... 22

7 แสดงสนามตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้า SEGS..... 22

8 แสดงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า SEGS VI วัดโดย KJC Operating Company ในเดือนกรกฎาคม ค.ศ.1997..... 23

9 แสดงสนามตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาของโรงไฟฟ้า Nevada-SEGS อยู่ระหว่างการก่อสร้างที่ Eldarado Valley รัฐเนวาดา..... 24

10 แสดงภาพโรงไฟฟ้า Nevada-SEGS..... 25

11 แสดงลักษณะของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้โรงไฟฟ้า Arizona APS 1 MWe..... 25

12 แสดงปริมาณพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน..... 26

13 แสดงไดอะแกรมของระบบการผลิตพลังงาน..... 27

14 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ..... 28

15 แสดงการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ..... 29

16 แสดงการคายประจุของตัวเก็บประจุ..... 30

17 แสดงล้อช่วยแรงในแนวแกนนอน (ซ้าย) และแนวแกนตั้ง (ขวา) 31

18 แสดงระบบ CAES..... 32

19 แสดงระบบสูบน้ำกลับ..... 33

20 แสดงลักษณะของเซลล์ปฐมภูมิ..... 33

21 ลักษณะของเซลล์ทุติยภูมิ..... 34

22 ลักษณะการแข็งตัวของวัสดุ เมื่ออุณหภูมิลดลงตามเวลา..... 36

23 แสดงระบบการกักเก็บความร้อนโดยการใช้วัสดุเปลี่ยนเฟส หรือ PCM..... 38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานความร้อนของโลก ณ ปัจจุบัน หากจะกล่าวถึงความเป็นมาหรือจุดเริ่มต้นแห่งพลังงานความร้อนของโลกอาจสามารถคาดเดาได้ว่า โลกของเรานี้ได้มีการสะสมไว้ซึ่งพลังงานความร้อนราวประมาณเมื่อ 4,500 ล้านปี โดยการสะสมความร้อนของโลกเริ่มขึ้นจากก๊าซและมวลสารต่างๆ รวมถึงมวลสารจากสิ่งมีชีวิต (เกชา ธีระโกเมน, 2550) พลังงาน นับเป็นปัญหาใหญ่ในประเทศ และนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อการพัฒนา ของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที และคงจะต้องหมดไปในอนาคต นอกจากนี้ ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าว ยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก และถึงแม้ว่าจะมีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนก็ตาม แต่ก็มีสัดส่วนที่น้อยมาก รวมทั้งแหล่งน้ำที่สามารถจะพัฒนาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ายังมีน้อยลง และต้องประสบกับปัญหาการคัดค้านขององค์กรกลุ่มต่างๆ อีกด้วย ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ๆ ที่ประหยัด และไม่มีวันหมดสิ้น บางชนิดก็นำมาใช้บ้างแล้ว เช่น น้ำขึ้น-น้ำลง คลื่น (ทะเล) ความร้อนจากมหาสมุทร แสงอาทิตย์ ลม และความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการพัฒนา เช่น มีราคาแพง ใช้เวลาก่อสร้างนาน หรือบางประเทศไม่มีศักยภาพของแหล่งพลังงานดังกล่าวเพียงพอ เป็นต้น ซึ่งพลังงานทดแทน เป็นพลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มากเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้ว สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกรูปแบบใหม่ที่จะช่วยลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งประเทศไทยส่วนใหญ่ล้วนนำเข้าจากต่างประเทศแทบทั้งสิ้น และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), 2558)

ปัจจุบันประเทศไทย เป็นผู้นำเข้าพลังงานสุทธิโดยการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ทั้งน้ำมันดิบ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหมุนเวียน และการนำเข้าไฟฟ้า สะท้อนข้อเท็จจริงว่า ประเทศไม่สามารถพึ่งพาตนเอง ในด้านพลังงาน ประกอบกับการใช้พลังงานในปัจจุบันเพิ่มขึ้นจากอดีตเป็นจำนวนมาก และแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต ขณะที่แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010) กำหนดให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และภาคเอกชนรับผิดชอบการก่อสร้าง

โรงไฟฟ้าเพื่อให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าเพียงพอ สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศอย่างทั่วถึง ตลอดจนดูแลปริมาณสำรองการผลิตไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ปัจจุบันที่สภาพเศรษฐกิจทั่วโลกชะลอตัวอย่างต่อเนื่อง ควบคู่กับการดำเนินการด้านการจัดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ประชาชนใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านการบริหาร อุปสงค์และการบริหารอุปทาน ตลอดจนการพัฒนาพลัง งานทางเลือกอื่นๆ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน (กัญญา ศุภกิจอำนวย, 2555)

ในปี พ.ศ.2554 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) คาดการณ์ว่า สัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจะยังอยู่ในระดับสูงประมาณเกือบ 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ สัดส่วนการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิต ไฟฟ้าในระดับสูงดังกล่าว ย่อมส่งผลต่อเสถียรภาพความมั่นคงในระบบการผลิตไฟฟ้าของประเทศ เนื่องจากปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ไทยผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการทำให้ต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากต่างประเทศในสัดส่วนที่สูงตามไปด้วย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ประเทศไทยจะต้องกระจายสัดส่วนเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกเหนือจากเชื้อเพลิงหลักทั้งจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 69.1 และ 18.6 ตามลำดับ รวมเป็นสัดส่วนร้อยละ 87.7 ซึ่งนับว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดวิกฤติด้านพลังงานและมีความจำเป็นในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบอื่นๆ เพื่อสร้างสมดุลและให้เกิดความมีเสถียรภาพด้านการผลิตไฟฟ้า (กัญญา ศุภกิจอำนวย, 2555)

ในปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดนโยบายด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเริ่มลดสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซธรรมชาติลงและหันไปใช้น้ำมันเตาร่วมถึงพลังงานทางเลือกอื่นๆ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล เป็นต้น พลังงานทดแทน, พลังงานทางเลือกพลังงานที่นำมาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (ดู fossil fuel) สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้ เป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไปหรือพลังงานสิ้นเปลือง (depleted resources) ได้แก่ นิวเคลียร์ และ แร่พลังงานอื่น เช่น ยูเรเนียม พลูโตเนียม เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถผลิตขึ้นใหม่แล้วหมุนเวียนมาใช้ได้อีก (renewable resources) ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล และ น้ำ เป็นต้น การพัฒนาของนโยบายการสนับสนุนของภาครัฐและการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2528 จากการสนับสนุนพลังงานทดแทนของประเทศไทย สามารถจัดลำดับพลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้าและ พบว่า 3 อันดับแรกประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลมีมากที่สุด และพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เป็นอันดับที่ 2 และอันดับที่ 3 คือพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ซึ่งแนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนสอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยจากพื้นฐานเป็นประเทศเกษตรกรรมและพัฒนาขึ้นเป็นอุตสาหกรรมการเกษตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมด้วยเหตุที่ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง และการติดตั้งโรงไฟฟ้าไม่มีความซับซ้อน เป็นการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่ก่อให้เกิดมลพิษ (กระทรวงพลังงาน, 2557)

การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในปี พ.ศ. 2528 – พ.ศ.2556 พบว่า ในปี พ.ศ. 2528-พ.ศ.2549 มีกลไกการส่งเสริมโดย การสาธิตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในชนบท เพื่อการสูบน้ำ การประจุแบตเตอรี่การสื่อสาร และใช้งานในครัวเรือน และระบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายติดตั้งบนหลังคาการผลิตไฟฟ้าโดยบริษัทเอกชน โดยผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (SPP) และ ผู้ผลิตรายเล็กมาก (VSPP) และรัฐบาลมีมาตรการในการจัดซื้อและติดตั้งระบบฯ ให้ทั้งหมดและให้ผู้ผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเดิมต้องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในสัดส่วนที่กำหนด (RPS : อาร์พีเอส) เป้าหมาย 8% ในปี พ.ศ. 2554 ต่อมาในปี พ.ศ. 2550-พ.ศ.2554 แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 – พ.ศ.2565) (REDP : อาร์อีดีพี) เป้าหมายใช้พลังงานทดแทน 20% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายภายในปี พ.ศ. 2565 สำหรับแสงอาทิตย์ 500 เมกะวัตต์ ของกำลังการติดตั้ง และรัฐมีสมาตรการการส่งเสริมโดยการรับซื้อไฟฟ้าราคาพิเศษ ส่วนเพิ่มจากราคาไฟฟ้าปกติ (Adder, Feed in Premium) อัตรารับซื้อ 8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ระยะเวลา 10 ปี ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก (วีเอสพีพี) ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (เอสพีพี) ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และต่อมาในปี พ.ศ.2555-พ.ศ.2557 มีการดำเนินกลไกแผนพัฒนาพลังงาทดแทน 10 ปี (พ.ศ. 2555 – พ.ศ.2564) (AEDP : เออีดีพี) เป้าหมายใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นเป็น 25% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายภายในปีพ.ศ. 2564 สำหรับแสงอาทิตย์ 2,000 เมกะวัตต์ของกำลังการติดตั้ง ต่อมาเพิ่มเป็น 3,000 เมกะวัตต์ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาที่อยู่อาศัย สถานประกอบการ และโรงงานเป้าหมายระยะแรก 200 เมกะวัตต์ของกำลังการติดตั้งในปีพ.ศ.2556การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชุมชนเป้าหมาย 800 เมกะวัตต์ในปีพ.ศ. 2557 และการรับซื้อไฟฟ้าด้วยอัตราคงที่ตลอด 25 ปี (FiT) สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมากขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์อัตราการรับซื้อ 6.16 – 6.96 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นไปตามขนาดกำลังการติดตั้ง การขึ้นทะเบียนบริษัทที่ปรึกษาและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกระทรวงพลังงาน เพื่อสนับสนุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาอาคาร การรับซื้อไฟฟ้าด้วยอัตราคงที่ (FiT) มีระยะเวลาสนับสนุน 25 ปี สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมากซึ่งมีขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ เพื่อสนับสนุนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชุมชนระยะปีที่ 1 – 3 : 9.75 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ระยะปีที่ 4 –10 : 6.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ระยะปีที่ 11 – 25 : 4.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง (กระทรวงพลังงาน, 2557)

การบริโภคพลังงานเป็นตัวชี้วัดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่สำคัญ กลุ่มประเทศพัฒนาที่พัฒนาแล้วให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากแหล่งพลังงานที่มีไม่จำกัด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานคลื่น และความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการยอมรับและนิยมใช้งานอย่างกว้างขวางเพราะข้อได้เปรียบจากโลกได้รับแสงอาทิตย์ทุกๆ วันและความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง และได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจังจากภาครัฐในการลดการ

นำเข้าน้ำมันและหันมาใช้พลังงานทดแทนให้เพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 เรื่อยมาการเติบโตของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยปรากฏชัดเจนเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ผู้ประกอบการด้านผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง ทำให้ประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กว่า 190 แห่งทั่วประเทศซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมากการเติบโตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาได้นำพาให้การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งปลายปี พ.ศ.2556 ภาครัฐเดินหน้าสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา 200 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ข่าวดีที่น่าภาคภูมิใจสำหรับประเทศไทยที่ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกองค์กรด้านพลังงานระดับสากล คือ IEA PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program) สถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้เริ่มจัดทำในรูปแบบของเอกสารตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 โดยกระทรวงพลังงานร่วมกับโซล่าร์คลับ ซึ่งริเริ่มโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และกลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยมีความตั้งใจเผยแพร่กิจกรรมที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยให้รู้จักอย่างกว้างขวาง และรายงานฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 โดยรวบรวมข้อมูลและกิจกรรมของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในปี พ.ศ.2555 – 2556 ทั้งการใช้งานและการผลิตในภาคอุตสาหกรรมรวมถึงนโยบายของภาครัฐที่ให้การสนับสนุนและกิจกรรมส่งเสริมที่มาจากภาคส่วนต่างๆ ในสังคมที่ช่วยในการขับเคลื่อนให้การเติบโตของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น (กระทรวงพลังงาน, 2557)

การเติบโตของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในประเทศไทยเกิดขึ้นได้เนื่องจากแรงขับจากนโยบายของภาครัฐเช่นเดียวกับนานาประเทศ ทั้งนี้ในปี พ.ศ.2535 รัฐบาลเปิดโอกาสให้บริษัทเอกชนผลิตไฟฟ้าโดยเริ่มจากโครงการผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (IPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (SPP) ผลิตไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเพียงผู้เดียว และต่อมาระยะหลังได้สนับสนุนการผลิตไฟฟ้าในรายที่กำลังผลิตไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยเน้นพลังงานทดแทน ที่เรียกว่าผู้ผลิตรายเล็กมาก จึงทำให้เกิดสถานประกอบกิจการโรงไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอย่างแพร่หลาย นโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน(Renewable Portfolio Standard) หรือ RPS ถูกใช้ก่อนที่จะมีแผนพัฒนาพลังงานทดแทน โดยที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ขับดันให้เกิดโครงการสาธิตการใช้พลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้าในหลายๆ รูปแบบรวมถึงการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อระบบจำหน่าย (กระทรวงพลังงาน, 2557)

ช่วงเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้ถูกนำมาใช้งานในหลายรูปแบบ โดยส่วนใหญ่เป็นระบบผลิตไฟฟ้าฯ แบบอิสระที่ใช้งาน ในชนบท ทั้งนี้เดิมได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากภาครัฐและมาตรการลดภาษีนำเข้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงอินเวอร์เตอร์ในช่วงปี พ.ศ.2530 อย่างไรก็ตามในเวลานั้นอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังเป็นเพียง

ความหวังและอาศัยการสาธิตการใช้งานระบบเพื่อหวังให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 การใช้พลังงานทดแทนในประเทศไทยได้รับความสนใจและตื่นตัวชัดเจนขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแรงกระตุ้นด้วยวิธีจูงใจด้วยการรับซื้อไฟฟ้า ราคาพิเศษได้แก่ ADDER (Feed in Premium) โดยเฉพาะผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ปัจจัยหนุนจากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในตลาดโลกลดลงอย่างมาก จึงทำให้มีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นอย่างมากมาย และในปี พ.ศ.2556 ได้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาซึ่งมีมาตรการรับซื้อไฟฟ้าราคาพิเศษแบบ FiT (Feed in Tariff) ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยที่ปริมาณติดตั้งสะสม 823 เมกะวัตต์ (ข้อมูลเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556) ส่วนใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และมีอัตราการเติบโตสูงที่สุดใน 2-3 ปีนี้ขณะเดียวกันการรับซื้อไฟฟ้าโดยที่อัตราการรับซื้อไฟฟ้าได้ปรับจาก 8.00 เป็น 6.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และระยะเวลาการสนับสนุน 10 ปี เพื่อให้เกิดความสมดุลกับปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นในเดือนกันยายน พ.ศ.2556 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้มีมติเห็นชอบให้ดำเนินโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาปริมาณ 200 เมกะวัตต์ อันส่งผลให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจอีกครั้งหนึ่งภายหลังจากที่มีสภาวะคงตัวมานานกว่า 2 ปี อนึ่งการรับซื้อไฟฟ้านี้อยู่ภายใต้โปรแกรมใหม่คือ FiT มีอัตราการรับซื้อไฟฟ้าแบ่งตามขนาดการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งไว้ 3 กลุ่มอยู่ในช่วง 6.16 – 6.96 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และมีระยะเวลาสนับสนุน 25 ปี (กระทรวงพลังงาน, 2557)

สำหรับหลักการทำงานของพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยมีการใช้หรือเทคโนโลยีน้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงในการตากแห้งผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งในต่างประเทศมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านความร้อนในรูปแบบต่างๆ มากมาย เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีหลอดสุญญากาศในอุตสาหกรรมเครื่องทำน้ำร้อน หรือเทคโนโลยีการใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยใช้อุปกรณ์รวมแสง (Concentrating Solar Technology) ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความหลากหลายในการใช้งาน หรือให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาการใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยใช้อุปกรณ์รวมแสงเพื่อการผลิตไฟฟ้า (Concentrating Solar Power Plant) ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้มีการใช้งานใน 3 รูปแบบ คือ การใช้รางพาราโบลิกในการรวมแสงเพื่อผลิตไฟฟ้า (Parabolic Trough) หอคอยรวมแสงเพื่อผลิตไฟฟ้า (Power Tower) และเทคโนโลยีจานรวมแสง (Parabolic Dish Power Plant) ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้จะมุ่งเน้นศึกษาการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการใช้รางพาราโบลิกในการรวมแสง (ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม, 2554)

โดยเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบรางพาราโบลิก (Parabolic Troughs) มักจะใช้แผ่นกระจกหรือวัสดุสะท้อนแสงโค้งหน้าตัดรูปพาราโบลามีลักษณะเป็นรางยาว ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังท่อหรือวัสดุรับแสงยาวขนานกับรางตรงตำแหน่งโฟกัสของรางพาราโบลา เพื่อถ่ายเทพลังงานความร้อน

ให้กับของเหลวซึ่งเป็นสารทำงาน เพื่อทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นและสามารถนำพลังงานความร้อนไปใช้งานได้ ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 โดยการทำความร้อนด้วยวิธีนี้สามารถทำอุณหภูมิสูงถึง 400 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิสูงมากทำให้น้ำในท่อกลายเป็นไอน้ำ ต่อจากนั้นจะถูกส่งไปยังกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ซึ่งแกนต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าไปใช้งานต่อไป (ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม, 2554)

ระบบรางพาราโบลา ประกอบด้วยตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางผิวโค้งคู่ขนาน(Parabolic trough) ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) กังหันไอน้ำ (Steam turbine) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการทำงาน เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบตัวรับรังสีแบบรางพาราโบลา รังสีดวงอาทิตย์ถูกสะท้อนไปรวมกันที่ท่อดูดกลืนรังสีซึ่งอยู่ที่โฟกัสของรางพาราโบลา ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปให้น้ำมันที่มีจุดเดือดสูง น้ำมันดังกล่าวจะไหลไปยังถึงเก็บความร้อน (Thermal storage) เมื่อสารทำงานนั้นไหลเข้าสู่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่สามซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนให้กับไอน้ำที่ได้จากเครื่องกเนิไอน้ำ จนทำให้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam) เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำยิ่งยวด (Superheated stream) ก่อนที่จะเข้าสู่กังหันน้ำไปขับกังหันให้เกิดการหมุนแกนเพลาซึ่งต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สิ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าคือ ถังเก็บสะสมความร้อนซึ่งจะช่วยให้ตัวกลางในการสะสมความร้อนคายความร้อนได้ช้าลง วัสดุที่เป็นที่นิยมและนำมาใช้เป็นตัวกลางเก็บสะสมความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ น้ำมัน เกลือ และคอนกรีต (Jones et al., 2001)

สมบัติทางอุณหภาพของสารที่ใช้สะสมความร้อนภายในระบบแบบรางพาราโบลา (Parabolic trough) ที่ผู้วิจัยได้เน้นศึกษาสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย คอนกรีตเสริมแรง (Reinforced concrete), น้ำมันที่ใช้ถ่ายเทความร้อน (Dowtherm) และ เกลือไนไตรท์ (*Nitrite salts*) ซึ่งเป็นสมบัติทางอุณหภาพของสารที่ใช้สะสมความร้อนภายในระบบแบบรางพาราโบลา (Parabolic trough) ด้วยรังสีดวงอาทิตย์ ถังสะสมความร้อนสำหรับจ่ายน้ำร้อนและอากาศร้อน โดยที่

1) คอนกรีตเสริมแรง (Reinforced concrete) มีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200 -400 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของวัตถุ (Average density) 2,200 kg/m³ มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Average heat capacity) 0.85 kJ/kg และคุณสมบัติในการนำความร้อน (Average heat conductivity) 1.5 W/mK ค่าการนำความร้อนของวัสดุที่มีระดับในการนำความร้อนที่สูงความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านตัววัสดุเองอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นข้อเสียในการกักเก็บความร้อนไว้ซึ่งควรเลือกวัสดุที่มีการนำความร้อนที่น้อย อีกทั้งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะต่อหน่วยปริมาตร (Volume specific heat capacity)เท่ากับ 100 kWht/m³ ซึ่งแสดงถึงปริมาณความร้อนที่ใช้ทำให้สสารมีอุณหภูมิสูงขึ้นภายใต้ปริมาตรคงที่ตามกฎของเทอร์โมไดนามิกส์กล่าวคือ คอนกรีตเสริมเหล็กต้องใช้พลังงานในปริมาณมากในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบซึ่งเป็นข้อเสีย แม้ว่าคอนกรีตจะมีราคาถูกก็ตาม โดยมีราคาต่อหน่วย (Media costs per kWht) 1.0 $/kWht

2) น้ำมันที่ใช้ถ่ายเทความร้อน (Dowtherm) น้ำมันสังเคราะห์ (synthetic oil) มีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 250 -350 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของวัตถุ (Average density) 900 kg/m³ มีความจุความร้อนจำเพาะ (Average heat capacity) 2.36 kJ/kg ซึ่งน้ำมันมีค่าความจุความร้อนจำเพาะมากกว่าวัสดุอื่นซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการสะสมพลังงานความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทให้กับกระบวนการ อีกทั้งคุณสมบัติในการนำความร้อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.11 W/mK ซึ่งมีค่าน้อยกว่า เกลือและคอนกรีต มีค่าความจุความร้อนจำเพาะต่อหน่วยปริมาตร (Volume specific heat capacity)เท่ากับ 57 kWht/m³ ซึ่งภายใต้ระบบที่ปริมาตรสสารคงที่พลังงานความร้อนที่ใช้ทำให้น้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นมีค่าน้อยกว่า เกลือและคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งส่งผลให้น้ำมันมีข้อได้เปรียบ อย่างไรก็ตามน้ำมันมีค่าใช้จ่ายที่สูงโดยมีราคาต่อหน่วย (Media costs per kWht) 43.0 $/kWht

3) เกลือไนไตรท์ (Nitrite salts) มีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 250 -450 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของวัตถุ (Average density) 1,825 kg/m³ มีความจุความร้อนจำเพาะ (Average heat capacity) 1.5 kJ/kg คุณสมบัติในการนำความร้อน (Average heat conductivity) 0.57 W/mK นิยมนำมาใช้เป็นเกลือหลอมเหลว (Malten salt) ตัวกลางที่มีศักยภาพในการถ่ายโอน มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ ต่อหน่วยปริมาตร (Volume specific heat capacity)เท่ากับ 152 kWht/m³ มีราคาต่อหน่วย (Media costs per kWht) 12.0 $/kWht มีราคาถูกกว่าน้ำมัน และมีค่าความหนืดน้อยกว่าน้ำมัน และด้วยคุณสมบัติ ด้านความร้อนแฝงและการนำความร้อนซึ่งสามารถรักษาและให้ความร้อนแก่ระบบได้ดี เกลือจึงเป็นวัสดุที่ได้ความนิยมในการนำไปใช้เป็นตัวเก็บสะสมพลังงานในระบบ (จารุวัฒน์ เจริญจิต และ คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ์, 2556)

อย่างไรก็ตามในการเก็บสะสมพลังงานส่วนเกินจากกระบวนการที่ผลิตได้ แล้วนำมาใช้ในยามจำเป็น เพื่อรักษาสมดุลของการผลิตกับการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้น ทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้ามีเสถียรภาพมากขึ้นดังนั้นผู้ผลิตและผู้ออกแบบควรจะศึกษาและวิเคราะห์ระบบการเก็บสะสมพลังงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกระบบการเก็บสะสมพลังงานที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าโรงนั้นๆ โดยมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง รวมถึงเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของตัวสะสมพลังงานความร้อน และวิเคราะห์หาแนวทางการลดต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง เพื่อทราบถึงความคุ้มค่าและประโยชน์ที่จะได้รับเกี่ยวกับการนำพลังงานความร้อนในส่วนที่เกินมาเก็บสะสมเพื่อนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สภาพอากาศไม่แน่นอน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง

3. เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาศักยภาพของตัวกลางประเภทต่างๆ จากทฤษฎีเพื่อเปรียบเทียบ

2. ศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ จากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3. ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประเมินความคุ้มค่าของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost - Benefit analysis)

1.4 ประโยชน์คาดว่าที่จะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงความคุ้มค่าของตัวสะสมพลังงานความร้อน

2. เพื่อทราบถึงความคุ้มค่าของการเพิ่มแหล่งสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง

3. เพื่อทราบถึงความคุ้มค่าในการนำพลังงานความร้อนในส่วนที่เกินมาเก็บสะสมเพื่อนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สภาพอากาศไม่แน่นอน

1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

การศึกษาความเป็นไปได้ หมายถึง การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจและเพื่อให้แน่ใจว่าโครงการสามารถประสบความสำเร็จ และได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับเงินที่ลงทุนไป

เชื้อเพลิงฟอสซิล หมายถึง เชื้อเพลิงซึ่งเปลี่ยนสภาพมาจากซากของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ในยุคต่างๆ โดยกระบวนการทางธรณีวิทยาและธรณีเคมี หมายรวมถึง ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้เมื่อถูกเผาไหม้แล้วจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง หมายถึง การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา โดยจะรวมแสงอาทิตย์มาที่แนวโฟกัสของแผ่นสะท้อนแสงซึ่งจัดวางท่อที่มีของเหลวส่งผ่านความร้อนไหลผ่านด้านในของท่อ

ระบบเก็บสะสมพลังงาน คือ การเก็บสะสมพลังงานส่วนเกินจากที่ผลิตได้ แล้วนำมาใช้ในยามจำเป็น เพื่อรักษาสมดุลของการผลิตกับการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วก็คล้ายคลึงกับการออมทรัพย์เพื่อเก็บสำรองไว้ใช้เมื่อยามขาดแคลน

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับประเด็นในการศึกษา รวมถึงศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิจัยครั้งนี้ โดยมีประเด็นสำคัญต่อไปนี้

2.1 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า

2.2 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงแบบรางพาราโบลา (Parabolic trough)

2.3 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงาน

2.4 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงานความร้อน

2.5 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการกักเก็บพลังงานความร้อนและวัสดุกักเก็บพลังงานความร้อน

2.6 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า

2.1.1 สถานการณ์พลังงานไฟฟ้า

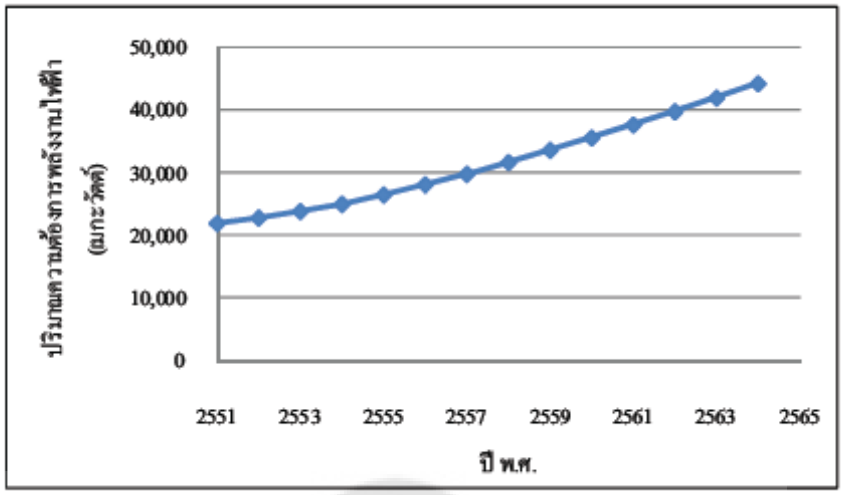
พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญต่อภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม แล้วยังเป็นองค์ประกอบสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในประเทศเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลทางสถิติความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ 2540 - 2553 พบว่า ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ช่วงเหตุการณ์วิกฤตทางเศรษฐกิจในปี พ.ศ.2541 และ พ.ศ.2542 ที่อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจลดลงส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีอัตราลดลงตามไปด้วย จนในปี พ.ศ.2543 เมื่อประเทศกลับเข้าสู่สภาวะปกติทางเศรษฐกิจ อันเป็นผลให้ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 สถิติความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ.2540 – พ.ศ.2553

ปี พ.ศ.	ความต้องการใช้ไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	อัตราการเพิ่ม (ร้อยละ)	ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (เมกะวัตต์)
2540	14,506.30	-	-
2541	14,179.90	-2.25	-326.40
2542	13,712.40	-3.30	-467.50
2543	14,918.30	8.79	1,205.90
2544	16,126.40	8.10	1,208.10
2545	16,681.00	3.44	554.60
2546	18,121.00	8.63	1,440.00
2547	19,325.00	6.64	1,204.00
2548	21,143.00	9.41	1,818.00
2549	22,738.00	7.54	1,595.00
2550	24,344.00	7.06	1,606.00
2551	26,572.00	9.15	2,228.00
2552	28,188.00	6.08	1,616.00
2553	29,871.00	5.97	1,683.00

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2550)

การวางแผนเพื่อจัดหาและการให้บริการไฟฟ้าแก่ประชาชนได้อย่างเพียงพอ จึงมีการพยากรณ์ปริมาณความต้องการไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต การประมาณการความต้องการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 - 2564 ซึ่งคาดว่าในปี พ.ศ.2551 ประเทศไทยจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 23,957 เมกะวัตต์ และในอีก 14 ปี ข้างหน้า คือในปี พ.ศ.2564 ประเทศไทยจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 48,958 เมกะวัตต์ (คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า, 2550) ซึ่งจากการประมาณการนั้นแสดงให้เห็นว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศยังคงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2564

2.1.2 การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

การผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นกิจการสาธารณูปโภคที่ดำเนินการโดยหน่วยงานหลักเพียง 3 ราย ได้แก่ (1) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) (2) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และ (3) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

2.1.2.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าของ กฟผ. และรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชนในประเทศตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ดำเนินงาน และดูแลระบบส่งกระแสไฟฟ้าและขายไฟฟ้าต่อ ให้แก่การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้านครภูมิภาค และผู้ซื้อไฟฟ้ารายใหญ่บางส่วน นอกจากนี้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ยังเป็นผู้การดำเนินการรับซื้อไฟฟ้าจากประเทศมาเลเซียและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) เพื่อเสริมให้เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), 2558)

2.1.2.2 การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นผู้รับผิดชอบในการจ่ายกระแสไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ รวมทั้งรับผิดชอบในการก่อสร้างสิ่งจำเป็นสำหรับการจ่ายไฟฟ้าในพื้นที่ที่รับผิดชอบ อาทิเช่น สถานีส่งไฟฟ้าย่อย เป็นต้น (การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.), 2558)

2.1.2.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นผู้รับผิดชอบในการจ่ายกระแสไฟฟ้าในเขตจังหวัดที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ความรับผิดชอบของ กฟน. และรับผิดชอบในการส่งกระแสไฟฟ้าไปสู่พื้นที่ห่างไกลในชนบท และยังรับผิดชอบในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสู่พื้นที่อุตสาหกรรมที่กำลังเจริญเติบโตและมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเพื่อสนองความต้องการทั้งประเทศอย่างเพียงพอ มีประสิทธิภาพ และในราคาที่เหมาะสม (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.), 2558)

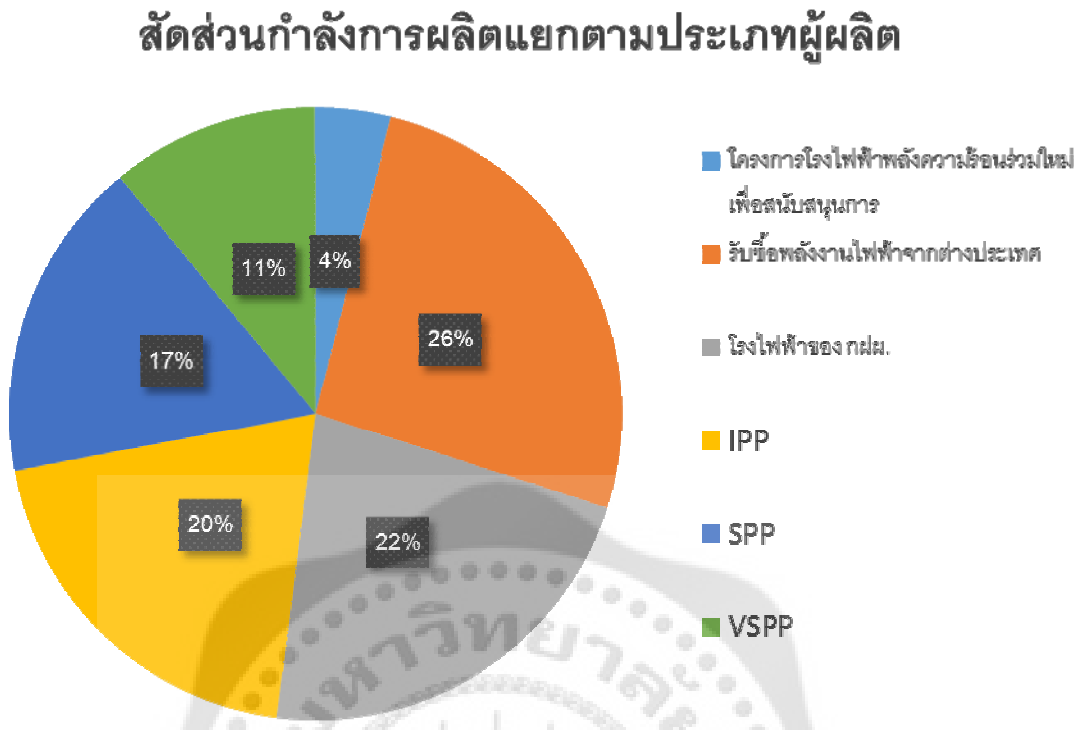
ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 รัฐบาลได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้ามากขึ้นในฐานะของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนในรูปของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมากVery Small Power Producers : VSPPs) ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (Small Power Producers : SPPs) และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent Power Producers : IPPs) ผู้ผลิตไฟฟ้าเพื่อขายในประเทศประกอบด้วย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก และผู้ผลิตไฟฟ้าต่างประเทศ โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดมีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าผ่านทางสัญญาซื้อไฟฟ้าระยะยาวที่ทำกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)และมีผู้ใช้ไฟฟ้าขอซื้อไฟฟ้าโดยตรงจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), 2553)

กระทรวงพลังงานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้มีการวางแผนพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ.2564 ตามตารางที่ 2.2 โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดในประเทศ กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมของประเทศไทยเท่ากับ 21,564 เมกะวัตต์ โดยแบ่งสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.2

ตาราง 2 กำลังผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทของผู้ผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2553 – พ.ศ.2564

หน่วยงาน	กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)
โรงไฟฟ้าของ กฟผ.	4,821
ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (IPP)	4,400
ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (SPP)	3,539
ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก (VSPP)	2,335
โครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมใหม่เพื่อสนับสนุนการผลิต LPG ที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติ อำเภอขนอม	800
รับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศ	5,669
รวม	**21,564**

หมายเหตุ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)



ภาพประกอบ 2 สัดส่วนกำลังการผลิตแยกตามประเภทผู้ผลิต

2.1.3 ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (Small Power Producers : SPPs)

ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก คือ โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration) หรือการผลิตไฟฟ้า โดยใช้พลังงานนอกรูปแบบกากหรือเศษวัสดุเหลือมาเป็นใช้เป็นเชื่อเพลิง โครงการ SPP แต่ละโครงการจะจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ตั้งแต่ 10 – 90 เมกะวัตต์ แต่เนื่องจาก SPP แต่ละแห่งสามารถขายไฟฟ้าให้ผู้บริโภค ที่อยู่ในบริเวณใกล้ เคียงได้โดยตรง กำลังการผลิตของ SPP มักจะอยู่ในระดับ 120 - 150 เมกะวัตต์ โครงการ SPP บางโครงการมีขนาดใกล้เคียงกับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ แต่ใช้รูปแบบการผลิตเป็นระบบ Cogeneration (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2542)

2.1.3.1) ความเป็นมาของ Small Power Producers คณะรัฐมนตรี ได้มีมติเมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ.2535 เห็นชอบร่างระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (SPP) โดยการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง ได้ออกระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ออกประกาศการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP เมื่อวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2535 จำนวน 300 เมกะวัตต์ ให้ผู้สนใจยื่นข้อเสนอต่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ต่อมาได้มีการขยายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยในเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ.2539 คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้ขยายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าเป็น 3,200 เมกะวัตต์ สำหรับการรับซื้อไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2539 - 2543 และให้มีการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานนอกรูปแบบ กากหรือวัสดุเหลือใช้เป็นเชื่อเพลิงต่อมา เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม

พ.ศ.2549 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เปิดซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายเล็ก โดยกำหนดปริมาณรับซื้อจากเดิม 3,200 เมกะวัตต์ เป็น 4,000 เมกะวัตต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

2.1.3.2) ลักษณะการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก

1) การผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานนอกรูปแบบ (Non - Conventional Energy) เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น (ยกเว้นการใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหินและพลังงานนิวเคลียร์)

2) การผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กโดยใช้เชื่อเพลิง ดังต่อไปนี้

2.1) กากและเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร กากจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ขยะมูลฝอย และไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง

2.2) การผลิตไฟฟ้า ด้วยระบบการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกันโดยใช้เชื่อเพลิงใดก็ได้

2.3) รูปแบบสัญญาของ Small Power Producers การไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีการซื้อรับพลังงานไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก โดยมีการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้าแบ่งได้ 2 ประเภท คือ (1) สัญญาประเภท Firm และ (2) สัญญาประเภท Non - Firm โดยที่สัญญาประเภท Firm หมายถึง การทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้าอายุตั้งแต่ 5 ปี ขึ้นไป และมีการจ่ายค่าพลังไฟฟ้า (Capacity Payment) สำหรับสัญญาประเภท Non - Firm หมายถึง การทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้าอายุไม่เกิน 5 ปี และจะได้รับเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment) โครงสร้างของสัญญาการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก

2.1.4 ระบบผลิตไฟฟ้า

ระบบผลิตไฟฟ้าหรือที่เรียกกันว่าโรงไฟฟ้านั้นมีอยู่หลายประเภท โดยสามารถแยกประเภทของโรงไฟฟ้าตามลักษณะการผลิตได้ 6 ประเภท ดังนี้ (สุชาติ จตุรงค์ชัยสถิต, 2543 อ้างถึงใน กิตติญา กฤติยรังสิต, 2554)

2.1.4.1) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยใช้อุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องอัดอากาศ เครื่องกังหันก๊าซ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของเครื่องจักรพลังงานความร้อน (Heat Engine) ซึ่งมีระบบการทำงานเริ่มจาก เครื่องอัดอากาศมีหน้าที่อัดอากาศให้มีความหนาแน่นและความดันเพิ่มขึ้นโดยอากาศที่นำมาอัดจะผ่านเครื่องกรองอากาศ (Air Filter) ก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ จากนั้นอากาศที่ถูกอัดจะถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้กลายเป็นก๊าซร้อนรวมตัวกับอากาศที่ส่งมาจากเครื่องอัดอากาศ ทำให้เกิดการขยายตัวและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แล้วส่งไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการผลิตกระแสไฟฟ้า

2.1.4.2) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่อาศัยการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อนำความร้อนไปต้มน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิที่สูง และส่งไอน้ำดังกล่าวไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ(Steam Turbine) ทำให้กังหันหมุนและแกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมกันหมุนตามไปด้วย ซึ่งจะได้กระแสไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วจะไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อกลั่นตัวเป็นหยดน้ำโดยใช้น้ำจากหน่วยทำความเย็น (Cooling Tower) เป็นตัวดูดความร้อนจากไอน้ำหลังจากไอน้ำกลายเป็นน้ำแล้วจะมีเครื่องสูบน้ำเป็นตัวสูบกลับไปยังหม้อต้มอีกครั้งหนึ่ง

2.1.4.3) โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยนำเอาหลักการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนมาใช้งานร่วมกับระบบโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยการนำไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันก๊าซซึ่งยังคงมีความร้อนสูงและมีปริมาณที่มากพอผ่านเขาไปยังหม้อนำที่เรียกว่า Heat Recovery Steam Generator เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูงพอไปขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ประกอบด้วยเครื่องกังหันก๊าซ 1 - 4 เครื่องร่วมกับกังหันไอน้ำ 1 เครื่อง

2.1.4.3) โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานกลจาก เครื่องยนต์ดีเซลไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าดีเซลเป็นโรงไฟฟ้าสำเร็จรูปติดตั้งได้อย่างรวดเร็วและสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างไม่ยุ่งยาก ปัจจุบันในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะลดการใช้โรงไฟฟ้าระบบนี้ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าดีเซลมีราคาที่ค่อนข้างสูง

2.1.4.4) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant) หลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้ความร้อนทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำไปหมุนกังหันเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีความแตกต่างกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนอยู่ที่ แหล่งความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์แทนการเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือ ส่วนผลิตความร้อนประกอบด้วย เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ระบบน้ำระบายความร้อน และหม้อน้ำในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะใส่แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ไว้ภายในโครงสร้างปิดสนิท และให้ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาฟิชชั่นไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำส่วนที่สองคือ ส่วนผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นส่วนที่รับไอน้ำจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แล้วส่งไปหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า

2.1.4.5) โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน พลังงานทดแทนในที่นี้ หมายถึง ทรัพยากรหรือพลังงานใดๆ ที่ใช้ไม่หมดเปลือง และนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ยูเรเนียม และอื่นๆ) พลังงานทดแทนภายในประเทศซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น

- พลังงานน้ำหรือโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro-Electric Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำเป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้า กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์เป็น

พลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อน มาใช้หมุนกังหันน้ำ (Hydro Turbine) และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกำลังการผลิตติดตั้งและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าชนิดนี้ จะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันและปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันน้ำการก่อสร้างโรงไฟฟ้าประเภทนี้ ประกอบไปด้วยเขื่อนกั้นน้ำและอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า

- พลังงานลมหรือโรงไฟฟ้า (Wind Turbine Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลม โดยใช้กังหันลมเป็นพลังงานกลทำให้ใบพัดหมุน และต่อแกนเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้สารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นตัวแปรพลังงาน

- พลังงานชีวมวล ประเทศไทยทำการเกษตรอย่างกว้างขวางมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ชานอ้อย กากมะพร้าว เป็นต้น ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ก็ควรจะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งการนำพลังงานชีวมวลมาผลิตไฟฟ้านั้น มีหลายวิธี เช่น การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ และการนำชีวมวลเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

2.1.5 ข้อดีข้อเสียของระบบผลิตไฟฟ้า

การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้พลังงานชนิดต่างๆ เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวมวล ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตาราง 3 ข้อดีข้อเสียของการผลิตกระแสไฟฟ้า

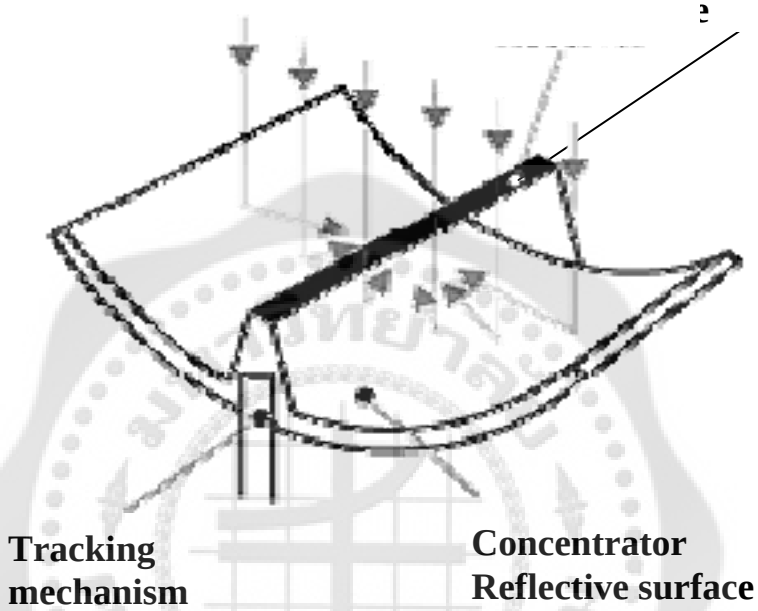
แหล่งพลังงาน	ข้อดี	ข้อเสีย
นิวเคลียร์	- ราคาต่ำ สำหรับกำลังการผลิตสูง - ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก	- เงินลงทุนในการก่อสร้างสูง - ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและจัดการกับแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว

ตาราง 3 (ต่อ)

แหล่งพลังงาน	ข้อดี	ข้อเสีย
ถ่านหิน	- ราคาไม่แพง เหมาะกับการใช้ปริมาณมาก ๆ - มีการจ้างงานจำนวนมาก	- ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ - ทำให้เกิดมลภาวะในอากาศ เนื่องจากการเผาไหม้ เช่น CO2 SO2 และ NOx - เกิดปัญหากับกับสุขภาพกับแหล่งชุมชน - กากของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้เป็น “เถ้า”มีปริมาณมาก
พลังงานน้ำ	- ไม่เกิดมลภาวะ ทางอากาศ - เป็นพลังงานที่ไม่หมด	- มีความจำกัดเรื่องสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ - เป็นการทำลายป่าไม้ทางอ้อม - ใช้พื้นที่มาก - เงินลงทุนในการก่อสร้างสูง
แสงอาทิตย์	- ไม่เกิดมลภาวะ ทางอากาศ	- ใช้พื้นที่มาก ราคาแพง - ต้องมีแหล่งเก็บพลังงาน
เชื้อเพลิงชีวมวล (เผาไหม้)	- เพิ่มรายได้ให้เกษตรกร - ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	- ต้องมีระบบบำบัดมลพิษอากาศ - ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย - มีข้อจำกัดวัตถุดิบไม่ควรมีความร้อนสูง
ชีวมวล (หมักก๊าซชีวภาพ)	- การติดตั้งใช้เวลาน้อย - เครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในการซ่อมบำรุงรักษาทำได้ง่าย - การรื้อถอนเคลื่อนย้ายสะดวก - ไม่มีข้อจำกัดเรื่องวัตถุดิบ - มีผลพลอยได้จากระบบหมักก๊าซชีวภาพ - เพิ่มรายได้ให้เกษตรกร	- เงินลงทุนสูง

2.2 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงแบบรางพาราโบลา (Parabolic trough)

ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ (solar collector) ซึ่งทำงานโดยใช้หลักการรวมรังสีดวงอาทิตย์ด้วยการสะท้อนจากผิวโค้งรูปพาราโบลาที่เป็นรางยาวโดยตัวรับรังสีดังกล่าวประกอบด้วยตัวสะท้อนรังสี (reflector) และท่อรับรังสี (receiver) ภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา

จากรูปเห็นได้ว่าท่อรับรังสีจะเป็นท่อโลหะอยู่ภายในท่อแก้ว โดยช่องว่างระหว่างท่อทั้งสองเป็นสุญญากาศเพื่อลดการสูญเสียความร้อน ของเหลวประเภทน้ำมันจุดเดือดสูงจะไหลในท่อโลหะ เพื่อพาความร้อนไปถ่ายเทให้กับหม้อไอน้ำ(boiler) สำหรับผลิตไอน้ำเพื่อขับเคลื่อนเครื่องยนต์กังหันไอน้ำ ซึ่งทำงานด้วยวัฏจักร Rankine โดยงานเพลาที่ได้จากเครื่องยนต์ดังกล่าว จะนำไปใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์จะใช้พลังงานจากแก๊สช่วยในการกำเนิดไอน้ำ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบนี้มีการพัฒนาขึ้นหลายแห่งที่สำคัญมีดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชลประทาน Coolidge โรงไฟฟ้านี้ตั้งอยู่เมือง Coolidge รัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา (ตามรูปที่ 4) โดยมีกำลังการผลิต 150 kWe ไฟฟ้าที่ได้จะส่งให้เครือข่ายสายส่งสำหรับนำไฟฟ้าไปใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการชลประทานโรงไฟฟ้านี้ทำงานแบบผสม (hybrid mode) กล่าวคือใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สเป็นแหล่งพลังงานเสริมในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ โรงไฟฟ้าดังกล่าวทดลองใช้งานตั้งแต่ ค.ศ.1979 ถึง ค.ศ.1982 ข้อมูลที่ได้จากการทำงานในช่วง 3 ปี แสดงไว้ตารางที่ 4

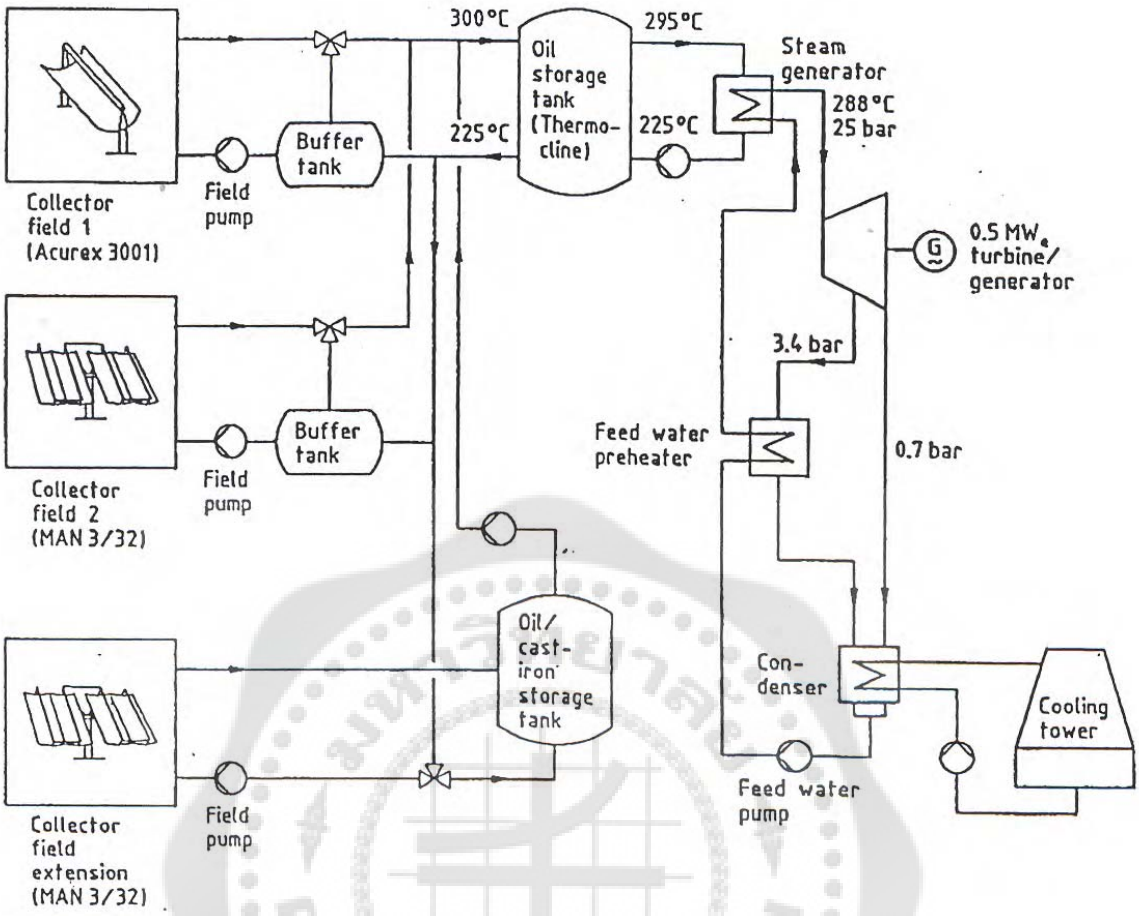
ภาพประกอบ 4 แสดงภาพตัวรับรังสีแบบรางพาราโบลาที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชลประทาน Coolidge

ตาราง 4 สมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 150 kWe ที่เมือง Coolidge

	Jan-Sep 80	Oct-Sep 81	Oct-Sep 82	Total
Solar Output (MWhe)	97.1	133.2	170.0	400.3
Average efficiency (%)	2.45	2.47	3.5	2.9

ที่มา: Grass et al. (1991)

2. โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ IEA –SSPS โรงไฟฟ้านี้อยู่ที่เมือง Almeria ประเทศสเปน โดยออกแบบให้มีกำลังผลิต 500 kWe ที่รังสีตรง 920 W/m2 ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มี 3 กลุ่ม ซึ่งผลิตโดยบริษัทต่างๆ โดยมีระบบขับเคลื่อนตามดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน และ 2 แกน ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ โรงไฟฟ้านี้ทำงานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว โดยมีถังเก็บสะสมพลังงานความร้อน 2 ถัง ซึ่งมีตัวกลางเก็บความร้อนเป็นน้ำมันต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะกัน แผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.5



ภาพประกอบ 5 แผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ IEA-SSPS ขนาด 500 kWe (Grass et al., 1991)

โรงไฟฟ้า IEA-SSPS ถูกทดสอบใช้งาน เพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนเครือข่ายส่งไฟฟ้าในช่วงปี ค.ศ.1982 ถึง ค.ศ.1983 จากผลการทดสอบพบว่า การขับเคลื่อนตัวรับรังสีแบบ 2 แกน มีสมรรถนะไม่ดีไปกว่าแบบแกนเดียว โดยการขับเคลื่อนแบบ 2 แกนจะได้พลังงานเพิ่มขึ้น แต่ก็มีการสูญเสียเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากท่อต่างๆ ที่ยาวขึ้น นอกจากนี้การซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนแกนเดียวยังทำได้ง่ายกว่าแบบ 2 แกนโรงงานไฟฟ้านี้จะเริ่มทำงานได้ที่ค่าความเข้มรังสีตรงสูงกว่า 350 W/m2 จากการศึกษาสมรรถนะของการทำงานในช่วงเวลา 2 ปี พบว่าโรงไฟฟ้าดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 2.5 %

3. โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชุด Solar Electricity Generating System หรือ SEGS โรงไฟฟ้าชุดนี้มี 9 โรง ได้แก่ SEGS I ถึง SEGS IX โรงไฟฟ้าทั้งหมดตั้งอยู่ที่รัฐ แคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ตัวรับรังสีแบบรางพาราโบลาซึ่งผลิตโดยบริษัท Luz ขับเคลื่อนแกนเดียว โรงไฟฟ้าดังกล่าวดำเนินการโดยบริษัทเอกชน โดยทำการผลิตไฟฟ้าป้อนให้กับเครือข่ายสายส่ง เริ่มต้น

โรงแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 และโรงที่ 9 เริ่มต้นใช้งานเมื่อปี ค.ศ. 1991 โรงไฟฟ้าทั้งหมด มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 13.8 MWe จนถึง 80 MWe รวมกำลังการผลิตทั้งหมด 350 MWe โดยเป็นแบบมีพลังงานเสริมจากแก๊ส และยังคงใช้งานจนถึงปัจจุบัน ตัวอย่างภาพตัวรับรังสีที่ใช้แสดงไว้ในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7

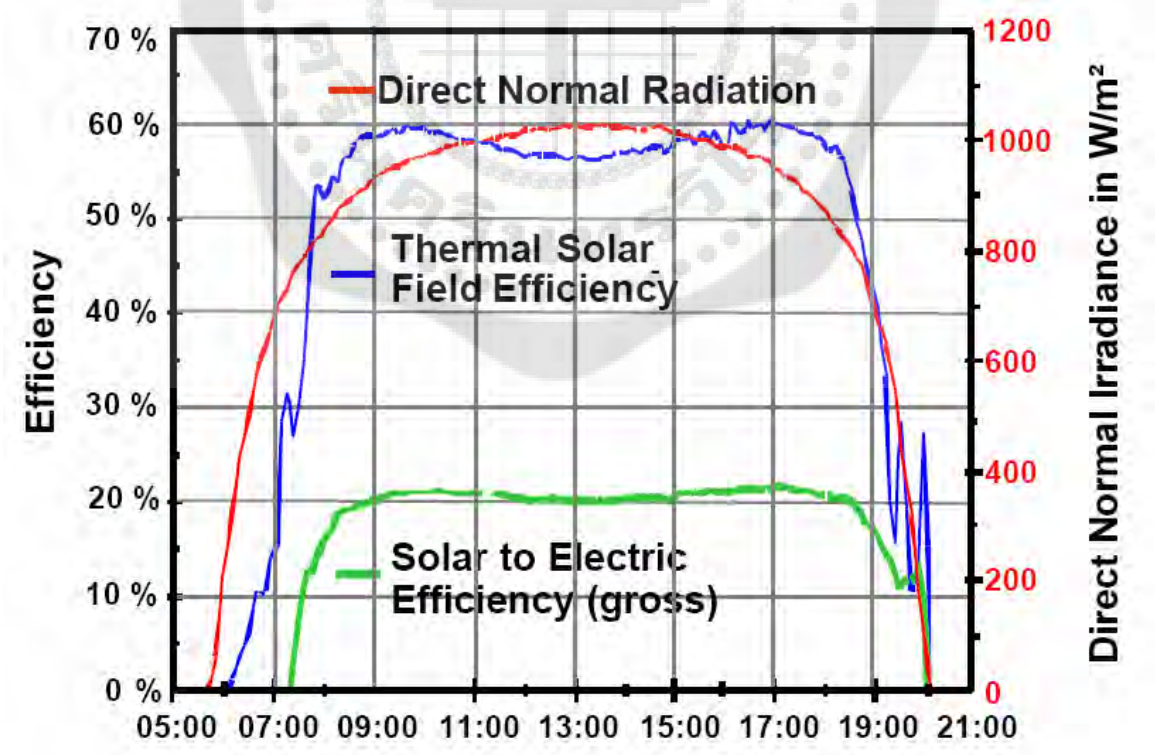
ภาพประกอบ **6** แสดงภาพโรงไฟฟ้า SEGS ที่ Kramer Junction แคลิฟอร์เนีย

ภาพประกอบ **7** แสดงสนามตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้า SEGS

ตาราง 5 สมรรถนะของโรงไฟฟ้า SEGS

SEGS Plant	1st Year of Operation	Net Output (MW_e)	Solar Field Outlet Temp. (°C/°F)	Solar Field ^{2}	Solar Turbine Eff. (%)	Fossil Turbine Eff. (%)	Annual Output (MWh)
I	1985	13.8	307/585	82,960	31.5	-	30,100
II	1986	30	316/601	190,338	29.4	37.3	80,500
III&IV	1987	30	349/660	230,300	30.6	37.4	92,780
V	1988	30	349/660	250,500	30.6	37.4	91,820
VI	1989	30	390/734	188,000	37.5	39.5	90,850
VII	1989	30	390/734	194,280	37.5	39.5	92,646
VIII	1990	80	390/734	464,340	37.6	37.6	252,750
IX	1991	80	390/734	483,960	37.6	37.6	256,125

ที่มา: Grass and Geyer (2000)



ภาพประกอบ 8 แสดงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า SEGS VI วัดโดย KJC Operating Company ในเดือนกรกฎาคม ค.ศ.1997 (Grass and Geyer, 2000)

จากตัวอย่างสมรรถนะของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้า SEGS VI ในรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ในช่วง 9.00–17.00 น. ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์จะแปรค่าในช่วง 56 % - 60 % และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าในการแปลงพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าจะมีค่าสูงถึง 20 %

4. โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ Nevada-SEGS เนื่องจากรัฐเนวาดาใช้พลังงานส่วนใหญ่จากถ่านหินและแก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าซึ่งก่อปัญหามลภาวะค่อนข้างมาก ดังนั้นทางการรัฐจึงได้ร่วมกับบริษัทเอกชนจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงขึ้น ในลักษณะเดียวกับโรงไฟฟ้า SEGS ของรัฐแคลิฟอร์เนียโรงไฟฟ้าดังกล่าวมีกำลังการผลิต 50 MWe โดยตั้งอยู่ที่ Eldorado Valley ใกล้เมือง Boulder City รัฐเนวาดา มีกำหนดเปิดใช้งานในปี ค.ศ.2006 โรงไฟฟ้าดังกล่าวมีพื้นที่รับแสง 10,346 ตารางเมตร

ภาพประกอบ **9** แสดงสนามตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาของโรงไฟฟ้า Nevada-SEGS อยู่ระหว่างการก่อสร้างที่ Eldarado Valley รัฐเนวาดา

ภาพประกอบ 10 แสดงภาพโรงไฟฟ้า Nevada-SEGS

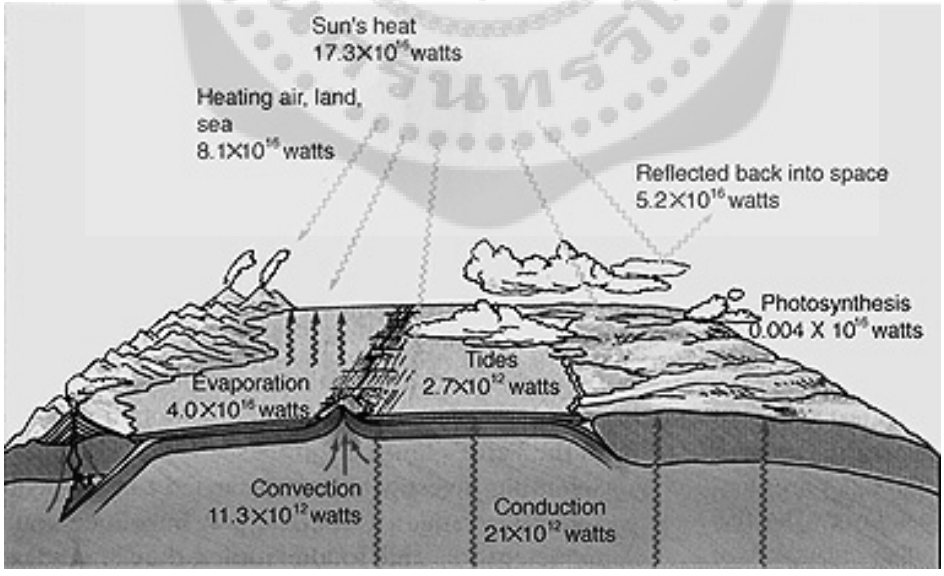
5. โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ Arizona APS 1 MWe รัฐอริโซนา มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นทะเลทราย และได้รับรังสีตรงของดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูงทางการของรัฐจึงได้ร่วมมือกับบริษัท ORMAT และ Solargenix จัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาขนาด 1 MWe ที่ Saguaro ทางตะวันออกของเมือง Phoenix รัฐอริโซนา โดยได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่เดือนมีนาคม ค.ศ. 2004 กำหนดแล้วเสร็จในปี ค.ศ.2006 โรงไฟฟ้าดังกล่าวมีลักษณะเดียวกับโรงไฟฟ้า SEGS ที่รัฐแคลิฟอร์เนีย โรงไฟฟ้านี้สามารถควบคุมการทำงานและติดตามสมรรถนะจากระยะไกลได้ (remote control and monitor)

ภาพประกอบ 11 แสดงลักษณะของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้โรงไฟฟ้า Arizona APS 1 MWe

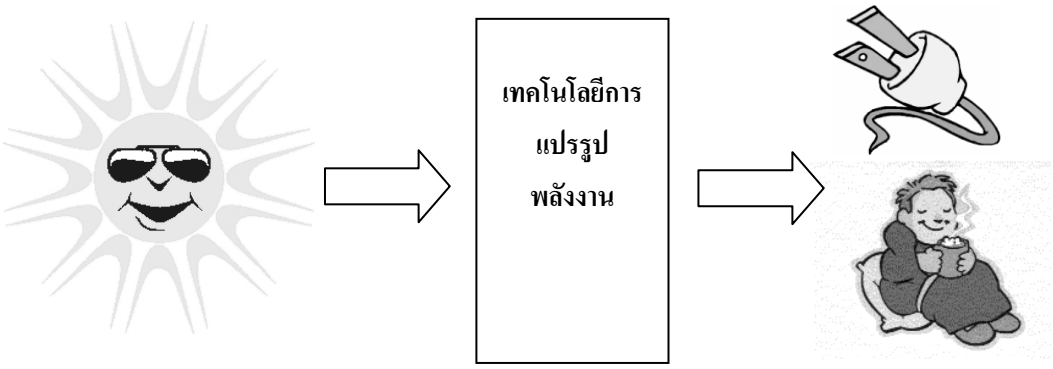
2.3 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงาน

ระบบเก็บสะสมพลังงาน คือ การเก็บสะสมพลังงานส่วนเกินจากที่ผลิตได้ แล้วนำมาใช้ในยามจำเป็น เพื่อรักษาสมดุลของการผลิตกับการบริโภคพลังงานที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วก็คล้ายคลึงกับการออมทรัพย์เพื่อเก็บสำรองไว้ใช้เมื่อยามขาดแคลน แต่แตกต่างกันตรงที่รูปแบบเทคโนโลยีของระบบการเก็บสะสมทางพลังงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานตั้งต้นกับการนำไปประยุกต์ใช้

แหล่งพลังงานหลักที่ถือเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนโลกของเรา ล้วนมาจากดวงอาทิตย์ ค่าพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เดินทางมาถึงโลกของเรา มีค่าถึง 18×10^{14} วัตต์ โดยที่ 1 วัตต์ เท่ากับ พลังงาน 1 จูล ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในเวลา 1 วินาที ลองคิดดูว่า 10^{14} วัตต์ จะมีปริมาณที่มากมายเพียงใด ซึ่งพลังงานจากดวงอาทิตย์นี้จะมีการเก็บสะสมอยู่ในหลายรูปแบบตามธรรมชาติทั่วไป เช่น พื้นดิน, พื้นน้ำ, อากาศ และ พืช เป็นต้น ดังรูปที่ 2.12 แต่เมื่อจำแนกตามลักษณะรูปแบบของพลังงาน ที่บริโภคกันอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยผ่านองค์ความรู้ของเราในรูปแบบของเทคโนโลยี สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า (Thermal and Electricity) ดังรูปที่ 2.13 สำหรับแหล่งพลังงานที่เรานำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานทั้ง 2 รูปแบบนี้ มาจากแหล่งพลังงานฟอสซิล (Primary Energy Sources) และแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Secondary Energy Sources) โดยระบบเก็บสะสมพลังงานนี้จะมีหน้าที่สำคัญในการเสริมสร้างเสถียรภาพให้แก่ระบบการผลิตพลังงาน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งมีอัตราการบริโภคพลังงานที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



ภาพประกอบ 12 แสดงปริมาณพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน



แหล่งพลังงาน **การบริโภคพลังงาน**

ภาพประกอบ 13 แสดงไดอะแกรมของระบบการผลิตพลังงาน

2.3.1 เทคโนโลยีของระบบเก็บสะสมพลังงาน (Energy Storage Technology)

รูปแบบของพลังงานตั้งต้นที่นำมาเก็บสะสมนี้ สามารถจำแนกได้ตามรูปแบบของพลังงานที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน อันได้แก่ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยรูปแบบของเทคโนโลยีในการเก็บสะสมพลังงานสามารถจำแนกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ โดยเทคโนโลยีของการเก็บสะสมพลังงานที่เก่าแก่นั้นเกิดขึ้นเมื่อ 1 พันล้านปีมาแล้ว ด้วยจุดประสงค์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตร และการป้องกันอาณาเขต โดยเทคโนโลยีที่ใช้นั้นมีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับปัจจุบัน เช่น การกักเก็บน้ำไว้บนที่สูง เพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกให้มากขึ้น หรือการนำก้อนหินไปเก็บรวมกันบนป้อมปราการ เพื่อใช้เป็นอาวุธในสงครามปกป้องอาณาเขต เป็นต้น แต่เมื่อมีการค้นพบพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีความสะดวกสบายในการใช้งาน จึงทำให้เกิดการพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆให้สอดรับกับรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งระบบของการเก็บสะสมพลังงานก็มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงตามตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงรูปแบบและเทคโนโลยีการเก็บสะสมพลังงาน

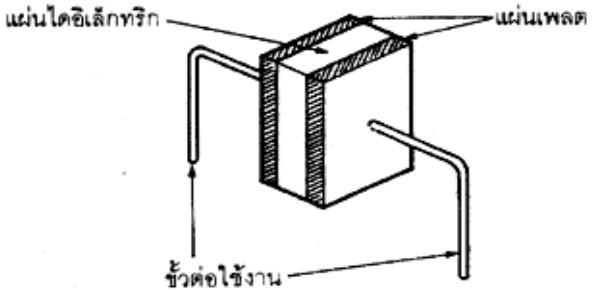
พลังงานตั้งต้น	เทคโนโลยีในการเก็บสะสมพลังงาน				
	ความร้อน (Thermal)	**ไฟฟ้า (Electric)**	**จลนศาสตร์ (Kinetic)**	**ศักย์ (แรงโน้มถ่วงของโลก) (Potential: Gravity)**	**ปฏิกิริยาเคมี (Chemical)**
พลังงานไฟฟ้า		ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	ล้อช่วยแรง (Flywheel) การอัดอากาศ (Compressed air energy storage, CAES)	ระบบสูบน้ำกลับ (Pump Hydro-Electric)	แบตเตอรี่ (Battery)
พลังงานความร้อน	ถังน้ำร้อน-เย็น (Hot –Cold water tank)				

2.3.2 ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้นของเทคโนโลยีการเก็บสะสมพลังงาน

2.3.2.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เก็บ และคายประจุไฟฟ้า ให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในอุปกรณ์ไฟฟ้า

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ

โครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วย แผ่นตัวนำสองแผ่นซึ่งเรียกมันว่า "แผ่น 1 เพลต" และคั่นด้วย "แผ่นไดอิเล็กตริก" ซึ่งทำด้วยฉนวนไฟฟ้า เช่น กระดาษ, ไมก้า , เซรามิก หรือ อากาศ ดังรูปที่ 2.14



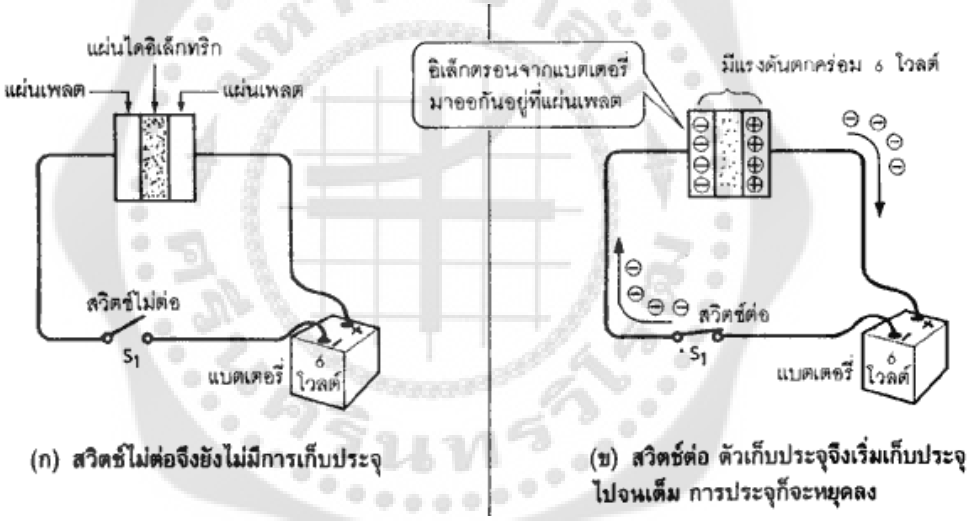
ภาพประกอบ 14 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

2) ทฤษฎีและหลักการทำงาน

ตัวเก็บประจุมีสภาวะการทำงานอยู่ 2 สภาวะ คือ การเก็บประจุ (Charge) และ การคายประจุ (Discharge)

2.1) การเก็บประจุ (Charge)

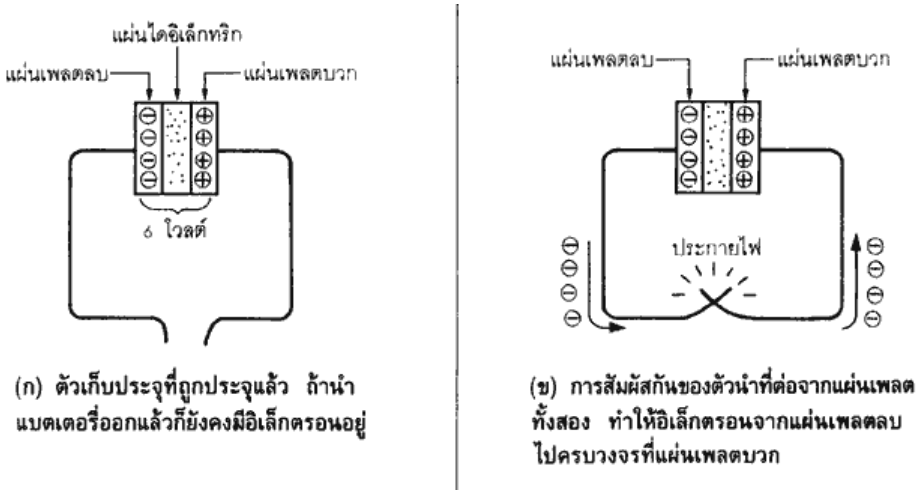
การเก็บประจุ คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุดังในรูปที่ 2.15 เมื่อนำแบตเตอรี่อื่นๆ ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปออกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไป ผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม (เหมือนกับนำแม่เหล็กที่มีขั้ว เหมือนกันมาใกล้กันมันก็จะผลักกัน) ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมี ประจุเป็น + และ - ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น (เมื่อเทียบกับอีกด้าน)



ภาพประกอบ 15 แสดงการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

2.2) การคายประจุ (Discharge)

ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน ดังในรูปที่ 2.16 อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเมื่อไร เล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "การคายประจุ"



(ก) ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้านำแบตเตอรี่ออกแล้วก็ยังคงมีอิเล็กตรอนอยู่

(ข) การสัมผัสกันของตัวนำที่ต่อจากแผ่นเพลตทั้งสอง ทำให้อิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตลบไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวก

ภาพประกอบ 16 แสดงการคายประจุของตัวเก็บประจุ

2.3.2.2 ล้อช่วยแรง (Flywheel) คือ การสะสมพลังงานของจลน์โดยผ่านการหมุนของก้านเพลาทำให้เกิดพลังงานจากแรงหมุนที่คล้ายกับเครื่องยนต์ลูกสูบที่ชักขึ้น-ลง (Reciprocating Engine) ไปหมุนวงล้อเพื่อทำให้เกิดโมเมนตัม

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ

โครงสร้างและส่วนประกอบ ประกอบด้วย แบริ่ง (Bearing), มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor), เจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้า (Electric Generator) และ วงล้อพร้อมชุดก้านเพลา (Fly wheel and Shaft)

2) ทฤษฎีและหลักการทำงาน

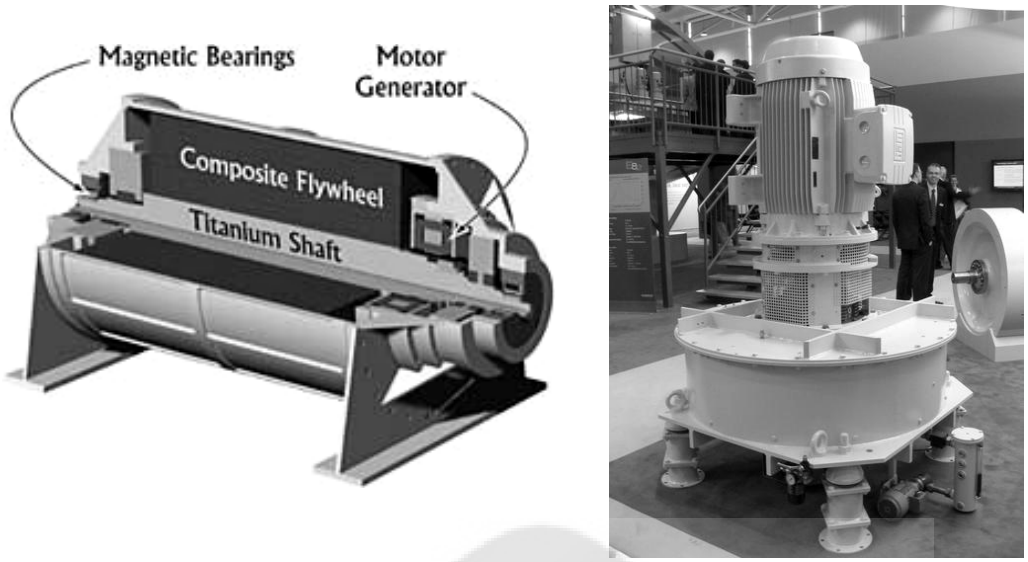
จากสมการของพลังงานจลน์ที่แสดงถึงการหมุนของล้อช่วยแรง ดังสมการที่ 1

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}I\omega^2 \qquad (1)$$

เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยซึ่งแปรผันตามมวลและรัศมีของวงล้อ ส่วน ω คือ ความเร็วเชิงมุมของการหมุนของวงล้อ ดังนั้นหากใช้วงล้อที่ใหญ่และหนักขึ้น ก็จะสร้างพลังงานจลน์ปริมาณมากขึ้น เนื่องจากโมเมนต์ความเฉื่อยที่เพิ่มขึ้น

3) ประเภท/ชนิดของอุปกรณ์

ประเภท/ชนิดของอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามแนวแกนหมุนของเพลาขับวงล้อ คือ แนวแกนตั้ง(Vertical-axis) และแนวแกนนอน (Horizontal-axis) แต่เนื่องจากการหมุนในแนวแกนตั้ง สามารถสร้างปริมาณพลังงานจลน์ได้มากกว่าอีกชนิดหนึ่ง จึงทำให้เกิดการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองความต้องการในการบริโภคพลังงานได้มากกว่า ดังรูปที่ 17



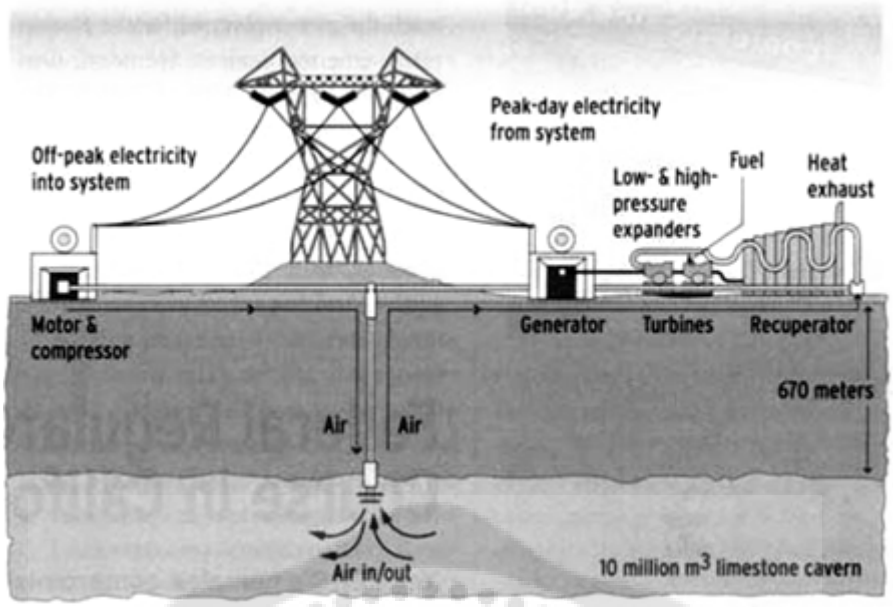
ภาพประกอบ 17 แสดงล้อช่วยแรงในแนวแกนนอน (ซ้าย) และแนวแกนตั้ง (ขวา)

2.3.2.3 การอัดอากาศ (Compressed air energy storage, CAES) คือ เทคโนโลยีของการอัดอากาศลงในถ้ำขนาดใหญ่ใต้พื้นดิน โดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากการบริโภคในแต่ละวัน (off-peak)

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ ได้แก่ ชุดอัดอากาศ (Compressed Train), เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Motor Generator), ชุดกังหัน (Turbine Expander Train), เครื่องกู้สภาพ (Recuperator) และถ้ำขนาดใหญ่ (Underground Cavern)

2) ทฤษฎีและหลักการทำงาน

การนำพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากการบริโภคมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่ออัดอากาศด้วยความดันสูงเข้าสู่ถ้ำใต้พื้นดิน เมื่ออากาศถูกอัดด้วยแรงดันสูงจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อต้องการนำเอาอากาศร้อนที่สะสมอยู่มาใช้ ทำได้โดยการอุ่นอากาศด้วยเครื่อง กู้สภาพและนำขึ้นสู่พื้นดินด้วยเครื่องอัดไอ อากาศร้อนจะถูกนำมาเจือกับน้ำมันหรือแก๊สเพื่อทำให้เกิดการจุดติดไฟที่ง่ายขึ้น ซึ่งความร้อนที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว จะถูกนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการบริโภคพลังงานสูง ดังรูปที่ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงระบบ CAES

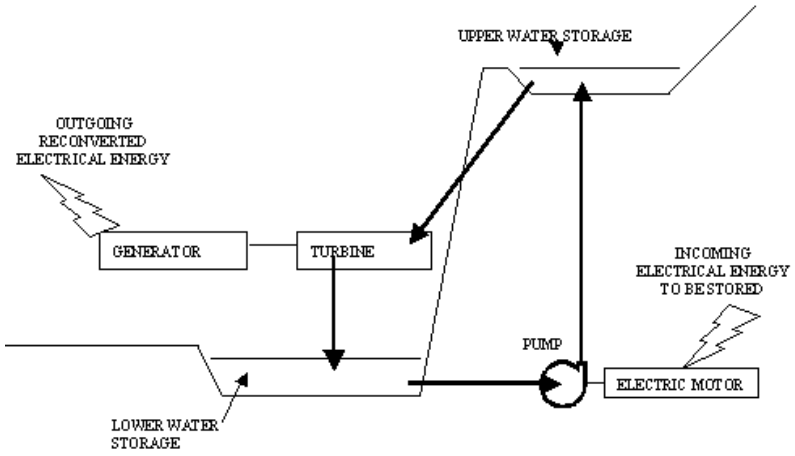
3) ประเภท/ชนิดของอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะการออกแบบคือ แบบปริมาตรคงที่ (Un-compensated) และ แบบความดันคงที่ (Compensated)

2.3.2.4 ระบบสูบน้ำกลับ (Pump Hydro-Electric Storage) คือ การสูบน้ำไปไว้บนที่สูง แล้วนำกลับมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการผลิตพลังงานกับการบริโภคพลังงาน

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ ได้แก่ ปั๊มสูบน้ำ (Water Pump), มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor), กังหัน (Turbine) และ เจนเนอเรเตอร์ (Generator)

2) ทฤษฎีและหลักการทำงาน

การนำพลังงานไฟฟ้าที่เกินจากการผลิต มาใช้ในการทำงานของปั๊มและมอเตอร์ เพื่อ สูบน้ำในเขื่อน/อ่างเก็บไปเก็บไว้บนบริเวณที่สูงกว่า จึงทำให้พลังงานศักย์ของน้ำที่สูบขึ้นไปเก็บไว้เพิ่มขึ้น เมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงเกินกว่าที่จะผลิตได้ จะมีการปล่อยน้ำที่เก็บไว้นั้นลงมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยผ่านกังหันและเจนเนอเรเตอร์ ดังรูปที่ 19



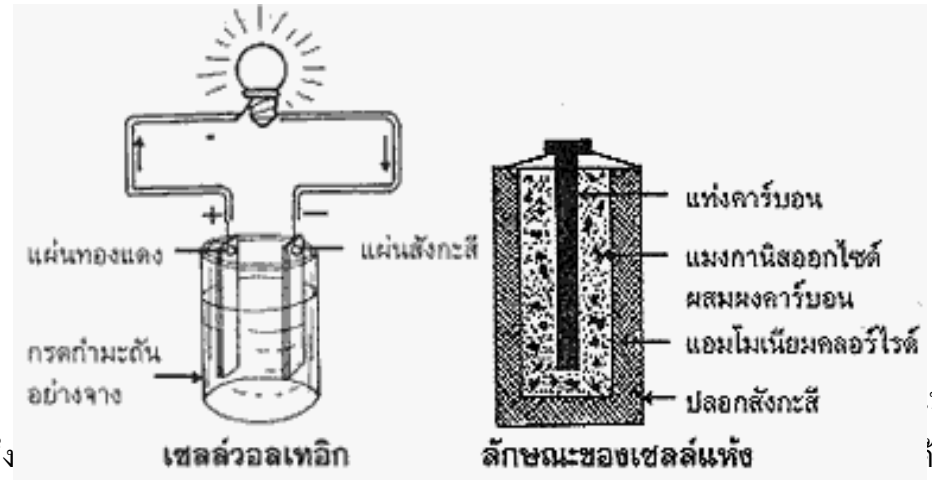
ภาพประกอบ 19 แสดงระบบสูบน้ำกลับ

2.3.2.5 แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บพลังงาน แล้วนำมาใช้ได้ในรูปของไฟฟ้า

1) โครงสร้างและส่วนประกอบ ภายในแบตเตอรี่จะประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี หรือเซลล์เชื้อเพลิง

2) ทฤษฎีและหลักการทำงาน

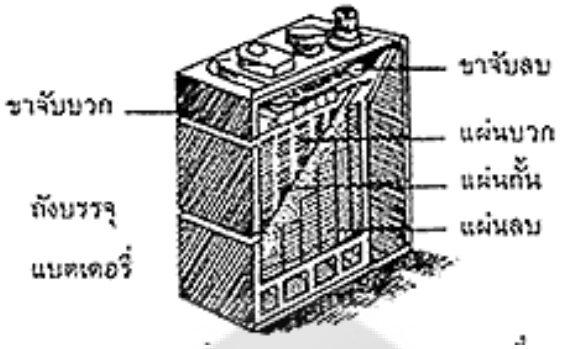
2.1) เซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell) เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ให้กระแสไฟฟ้าตรง โดยใช้แผ่นสังกะสี และแผ่นทองแดงจุ่มลงในสารละลายของกรดกำมะถันอย่างเจือจาง มีแผ่นทองแดง เป็นขั้วบวกแผ่นสังกะสีเป็นขั้วลบ เรียกว่า เซลล์วอลเทอิก เมื่อต่อเซลล์กับวงจรภายนอกก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากแผ่นทองแดงไปยังแผ่นสังกะสี ขณะที่เซลล์วอลเทอิกจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดไฟแผ่นสังกะสี จะค่อยๆ กร่อนไปทีละน้อยซึ่งจะเป็นผลทำให้กำลังในการจ่ายกระแสไฟฟ้าลดลงด้วย และเมื่อใช้ไปจนกระทั่งแผ่นสังกะสีกร่อนมากก็ต้องเปลี่ยนสังกะสีใหม่ จึงจะทำให้การจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ต่อไปเท่าเดิมดังรูปที่ 20



ปประจุไฟเสียก่อนจึง ต้องเปลี่ยน

ภาพประกอบ 20 แสดงลักษณะของเซลล์ปฐมภูมิ

ส่วนประกอบภายในและเพื่อให้มีกระแสไฟฟ้ามากจะต้องใช้เซลล์หลายแผ่นต่อกันแบบขนานแต่ถ้าต้องการให้แรงดันกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นก็ต้องใช้เซลล์หลายๆแผ่นแบบอนุกรม เซลล์ไฟฟ้าแบบนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สตอเรจเซลล์ หรือ สตอเรจแบตเตอรี่ (Storage Battery) ดังรูปที่ 21



ภาพประกอบ 21 ลักษณะของเซลล์ทุติยภูมิ

3) ประเภท/ชนิดของอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ปฐมภูมิ ใช้ได้ครั้งเดียว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีไม่สามารถย้อนกลับได้ และ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกด้วยการอัดกระแสไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดการย้อนกลับของปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อที่จะเป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้

2.3.2.5 ถังน้ำร้อน-เย็น (Hot –Cold water tank) คือ เทคโนโลยีการเก็บสะสมพลังงานความร้อน โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน

2.4 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บสะสมพลังงานความร้อน

การเก็บสะสมพลังงาน ในรูปของพลังงานความร้อนอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การเก็บรักษาพลังงานในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) โดยใช้ตัวกลางที่เป็นของแข็งหรือของเหลว เช่น ก้อนหิน , น้ำ การเก็บรักษาในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) โดยความร้อนที่ถูกสะสมในสารตัวกลางมีการเปลี่ยนสถานะและการเก็บรักษาในรูปของพลังงานเคมี (Chemical Energy) ซึ่งพลังงานความร้อนจะถูกนำมาใช้เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.4.1 การเก็บสะสมพลังงานความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส

พลังงานความร้อนจะถูกสะสมในสารตัวกลาง ในรูปความร้อนสัมผัส อุณหภูมิของสารตัวกลางจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อต้องการใช้พลังงาน พลังงานความร้อนที่สะสมไว้จะถูกจ่ายออก และอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ใช้ในการเก็บสะสมพลังงานจะมีค่าลดลง ในการเลือกสารตัวกลางในรูปความร้อนสัมผัส มักที่จะพิจารณาจากค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) และช่วงอุณหภูมิใช้

งาน ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกขนาดของถังเก็บสะสมความร้อน สารตัวกลางที่นิยมใช้เมื่ออุณหภูมิใช้งานไม่สูงมากนัก ได้แก่ น้ำ และก้อนกรวด เนื่องจากมีราคาถูก หาง่าย

2.4.2 ตัวเก็บสะสมพลังงานในรูปของความร้อนแฝง

การเก็บสะสมพลังงานแบบนี้ จะอยู่ในรูปความร้อนแฝง โดยพลังงานความร้อนจะนำมาให้สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะ ส่วนใหญ่จะอยู่ในลักษณะที่เปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลว และเมื่อต้องการนำพลังงานความร้อนมาใช้งานจะมีของไหลดึงความร้อนจากสารตัวกลาง ซึ่งจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลับคืนเป็นของแข็งอีก ตัวอย่างของชุดเก็บสะสมแบบนี้ ได้แก่ พวกพาราฟินและขี้ผึ้งต่างๆ

2.4.3 การเก็บสะสมพลังงานโดยวิธีการทางเคมี

เหตุที่ให้ความสนใจวิธีการทางเคมีเพื่อที่ใช้เก็บรักษาพลังงานความร้อนทั้งๆที่มีวิธีการที่อาศัยความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสอยู่แล้วก็เพราะว่ากระบวนการทางเคมีมีข้อได้เปรียบจุดที่น่าสนใจอยู่ 3 ข้อ คือ

1) สามารถเก็บรักษาพลังงานไว้นาน โดยไม่จำเป็นต้องใช้ฉนวนหรือมีการสูญเสียความร้อน

2) สามารถเก็บรักษาพลังงานความร้อนได้มากในเนื้อที่จำกัด (High Energy Density)

3) สามารถนำความร้อนไปใช้ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิความร้อนที่ให้ในตอนแรกเมื่อตอนนำเข้ามาเก็บหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ก็คือ วิธีการทางเคมีอาจนำมาใช้ในลักษณะของปั๊มความร้อนได้

2.5 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการกักเก็บพลังงานความร้อนและวัสดุกักเก็บพลังงานความร้อน

ข้อดีของระบบการกักเก็บความร้อนโดยการใช้วัสดุเปลี่ยนเฟส หรือ PCM นั้น ถือได้ว่าเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บพลังงาน เราสามารถใช้ PCM ในการจัดเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือความร้อนที่สามารถหาได้จากแหล่งอื่นๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และข้อดีอีกประการ คือ สามารถกักเก็บความร้อนได้ในปริมาณมาก

2.5.1 ทฤษฎีการกักเก็บความร้อน

ในธรรมชาติเมื่อวัสดุได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในหรือมีการเปลี่ยนเฟส เช่น เมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว เป็นต้น เมื่อวัสดุได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางความร้อน (Thermal Energy) แล้วกักเก็บพลังงานความร้อนไว้ในรูปของความร้อนแฝง (Latent heat) แต่เมื่ออุณหภูมิภายนอกวัสดุหรืออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป วัสดุจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางความร้อน เมื่อวัสดุได้รับความร้อน วัสดุนั้นจะค่อยๆ ดูดหรือกักเก็บพลังงานงานความร้อนนั้นไว้ โดยการเปลี่ยนเฟส จากนั้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลง วัสดุจะค่อยๆ คายความร้อนหรือพลังงานออกมาจนกระทั่งระบบเข้าสู่

สมดุลกับสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิของวัสดุเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม) และมีการเปลี่ยนแปลงตามสมการดังต่อไปนี้

$$Q = \int_{T_t}^{T_f} mC_p dT = mC_p\left(T_f - T_t\right)$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่วัสดุถ่ายเท (จูล)

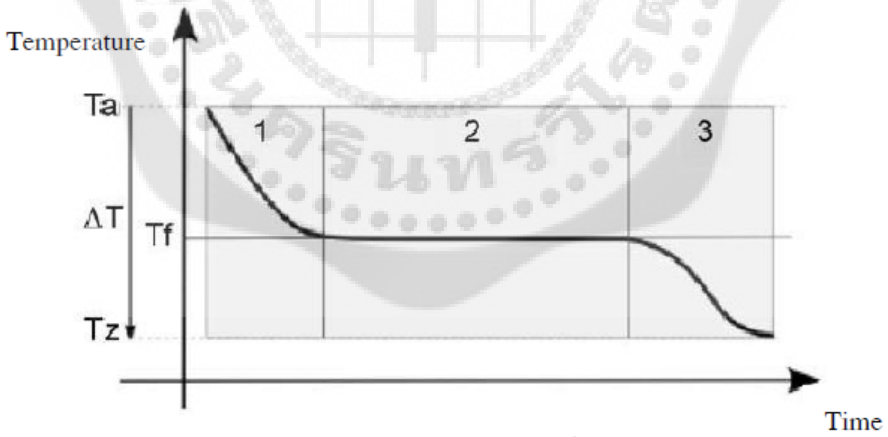
m = มวลของวัสดุ (กิโลกรัม)

Cp = ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (จูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

Tf = อุณหภูมิของวัสดุกักเก็บความร้อน (องศาเซลเซียส)

Tt = อุณหภูมิของอากาศภายในขอบเขตที่กำหนด โดยเทียบกับสภาวะที่ไม่มี PCM (องศาเซลเซียส)

ซึ่งช่วงการแข็งตัวของวัสดุ จะแบ่งออกเป็นสามช่วง คือช่วงที่ 1 การเย็นตัวลงจากของเหลวจะค่อยๆคายความร้อนจากอุณหภูมิสูงสุด (Ta) ลดลงไปจนถึงอุณหภูมิหลอมเหลว (Tf) ส่วนช่วงที่ 2 การเปลี่ยนสถานะของวัสดุจากของเหลวไปเป็นของแข็งซึ่งอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วง และช่วงที่ 3 การเย็นตัวลงจากของแข็ง จะค่อยๆ คายความร้อน จนกว่าอุณหภูมิขอวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (Tz) ดังรูปที่ 22



ภาพประกอบ 22 ลักษณะการแข็งตัวของวัสดุ เมื่ออุณหภูมิลดลงตามเวลา

Latent heat storage มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเฟสของวัสดุสำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงเฟสที่เกิดขึ้นนั้นมีทั้ง การเปลี่ยนแปลงจากเฟสของแข็งไปเป็นของเหลว จากของเหลวไปเป็นแก๊ส จากของแข็งไปเป็นแก๊ส หรือแม้กระทั่งจากของแข็งในลักษณะโครงสร้างหนึ่งไปเป็นของแข็งเช่นกันแต่เปลี่ยนไปเป็นอีกโครงสร้างหนึ่ง แต่การเปลี่ยนเฟสที่ได้รับความสนใจหรือสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ได้ดี คือ การเปลี่ยนเฟสจากของแข็งเป็นของเหลว และการเปลี่ยนเฟส จากของแข็งไปเป็น

ของแข็งโดยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างภายใน แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเฟสจากของแข็งไปเป็นแก๊สนั้น พบว่า จะมีค่าความร้อนสะสม (Latent heat of fusion) สูงมากและการเปลี่ยนแปลงเฟสในลักษณะนี้ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไปจากเดิมมาก จึงทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการออกแบบวัสดุที่จะนามาใช้ในการจัดเก็บ PCM เหล่านี้ การเปลี่ยนเฟสจากของแข็งไปเป็นไปเป็นของแข็งคนละโครงสร้างนั้น การกักเก็บความร้อนนั้นสามารถกักเก็บไว้ได้โดยการดูดเอาความร้อนหรือพลังงานเข้ามาช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้าง จากลักษณะการจัดเรียงผลึกแบบหนึ่งไปเป็นการจัดเรียงผลึกอีกแบบที่มีความเสถียร ณ อุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งค่าความร้อน (Latent heat) ที่ได้จากกรณีนี้ ยังเป็นพลังงานที่น้อยกว่าพลังงานจากการเปลี่ยนเฟสจากของแข็งไปเป็นของเหลว แต่สาหรับกรณีของการเปลี่ยนแปลงจากของแข็งไปเป็นของแข็งนั้นมีการออกแบบวัสดุที่ใช้ในการจัดเก็บง่ายกว่า

2.5.2 คุณสมบัติพื้นฐานของ PCM ที่จำเป็นต่อการกักเก็บพลังงาน

2.5.2.1 คุณสมบัติทางความร้อน (Thermal Properties)

ก. อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะหรือจุดหลอมเหลว (Phase Change Temperature of Melting Point) ควรเหมาะสมกับการใช้งาน

ข. มีค่าความร้อนแฝงสูงเพื่อให้เพียงพอต่อการเก็บสะสมพลังงานความร้อน

ค. นำความร้อนได้ดีทั้งในสถานะของแข็งและของเหลวเพื่อที่จะสามารถดูดพลังงานความร้อน และคายพลังงานความร้อนได้อย่างสมบูรณ์

ง. มีค่าความจุความร้อนสูงเพื่อที่จะได้เพิ่มความสามารถในการเก็บสะสมพลังงานความร้อนแบบSensible Heat

2.5.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ก. มีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นระหว่างการเปลี่ยนสถานะต่ำ ในกรณีที่ PCM ถูกใช้ในระบบปิด เช่น มีการบรรจุในภาชนะหรือแคปซูลก่อนที่จะนำไปใช้งาน การเปลี่ยนความหนาแน่นวัสดุเปลี่ยนสถานะจะมีความสำคัญมาก เพราะจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของวัสดุ ซึ่งหากปริมาตรมากรขยายเพิ่มขึ้นอาจทำให้ภาชนะหรือแคปซูลเกิดความเสียหายได้

ข. มีความหนาแน่นสูง

ค. ไม่เกิดปัญหา Supercooling หรือ Undercooling ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็งเพราะการเกิด Supercooling จะทำให้ PCM เปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งทำให้ไม่สามารถนำความร้อนที่ PCM สะสมไว้มาใช้ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการได้

2.5.2.3. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

ก. มีความเสถียรภาพ (Stability)

ข. ไม่เกิด Phase Separation

ค. ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อน (Corrosiveness)

ง. ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด

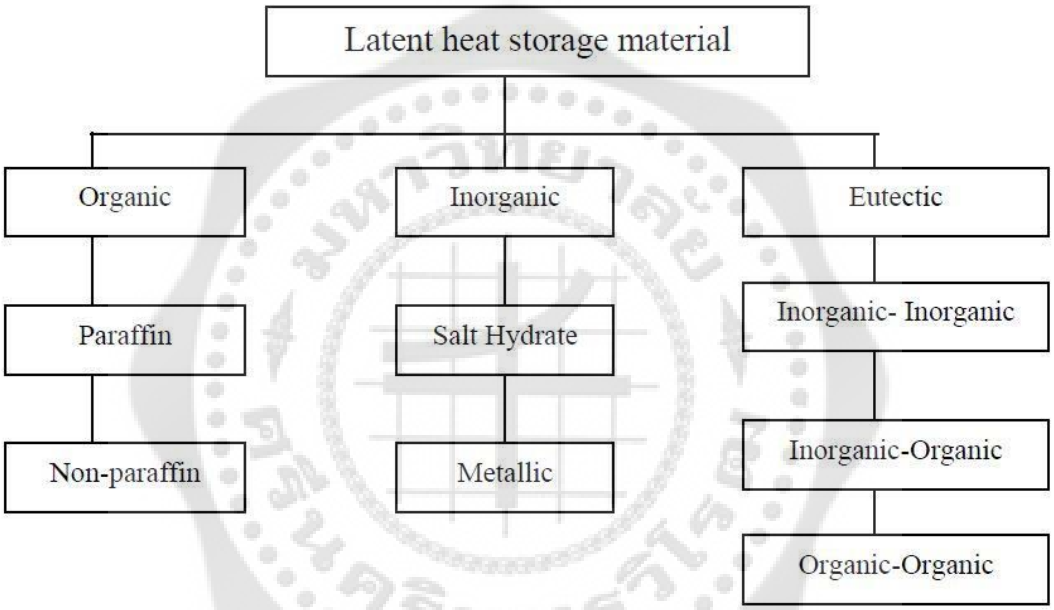
2.5.2.4 คุณสมบัติทางการค้า

ก. ราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

ข. รีไซเคิล และเก็บรักษาง่าย

2.5.3 การจำแนกประเภทของ PCM

PCM สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ สารอินทรีย์ (Organic) สารอนินทรีย์ (Inorganic) และสารยูเทกติก (Eutectic) หรือสารหลายองค์ประกอบชนิดอื่น ดังรูปที่ 23



ภาพประกอบ 23 แสดงระบบการกักเก็บความร้อนโดยการใช้วัสดุเปลี่ยนเฟส (PCM)

ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเรื่อง PCM จำนวนมากเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายๆด้าน แต่ปัจจัยหลักที่ควรมีการศึกษาคือ ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวของ PCM เพื่อจะได้นำมาใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการใช้ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะขออธิบาย ในรายละเอียดของ PCM เพียงบางชนิดที่เป็นที่รู้จักและมีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย

2.5.3.1 พาราฟิน (Paraffin)

พาราฟินเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุล C_nH_{2n+2} เช่น n - Triacontane n - Octadecane และ Paraffin wax เป็นต้น โดยพาราฟินที่มี C5-C15 จะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ถ้าจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่า 15 จะมีเฟสเป็นของแข็ง (wax)

พาราฟินเป็น PCM ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน พาราฟินมีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 23-67 องศาเซลเซียส เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม

2.5.3.2 เกลือไฮเดรต (Salt Hydrate)

เกลือไฮเดรตเป็น PCM ชนิดแรกที่ได้มีการศึกษาทดลองเพื่อนำ มาใช้งานด้านการกักเก็บความร้อน เกลือไฮเดรตประกอบด้วย โมเลกุลของเกลือกับน้ำในโครงสร้างผลึก เช่น Na2SO4.10H2O, LiClO3.3H2O และ CaCl2.6H2O เป็นต้น เกลือไฮเดรตสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาถูก และมีช่วงของจุดหลอมเหลวชัดเจน (sharp) และมีค่าการนำ ความร้อนสูงเมื่อเทียบกับ PCM ชนิดอื่น ซึ่งคุณสมบัตินี้ช่วยให้การกระจายตัวหรือการถ่ายเทความร้อนในระบบให้ดีขึ้น มีค่าความร้อนของการหลอมเหลวสูงซึ่งทา ให้มีการใช้ PCM ในปริมาณที่น้อยลง เมื่อเกลือไฮเดรตมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีปริมาตรเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยซึ่งทำให้ง่ายต่อการออกแบบวัสดุจัดเก็บในระบบ แต่ในขณะเดียวกันเนื่องจากว่าเกลือไฮเดรตนั้นประกอบไปด้วยเกลือและน้ำในโมเลกุล ทำให้เกิดความไม่เสถียรทางเคมี เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการลดสมรรถนะ (degradation) เนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล อีกทั้งยังมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา คุณสมบัติทางความร้อน

2.5.3.3 ยูเทกติก (Eutectics)

สารประกอบยูเทกติก นั้นประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น LiClO3.3H2O, NH4Cl.Na2SO4.10H2O และNaCl.Na2SO4.10H2O เป็นต้น โดยกระบวนการสังเคราะห์วัสดุชนิดนี้ทำได้โดยการนำ เอาสารองค์ประกอบมาผสมกันแล้วทำการตกผลึกร่วมกัน สารประกอบยูเทกติก เมื่อมีการนำมาใช้งานโดยการหลอมเหลวแล้วทำ ให้แข็งตัววัสดุองค์ประกอบก็ไม่แยกจากกัน เนื่องจากผลึกนั้นมีการเกาะกันอย่างเหนียวแน่นซึ่งยากที่จะแยกออกจากกันได้ นอกจากการประยุกต์ใช้สารประกอบยูเทกติกในเรื่องการกักเก็บความร้อนแล้ว เราก็สามารถอาศัยคุณสมบัติเดียวกันนี้ในการกักเก็บความเย็นด้วย เช่น ใช้ในรถขนอาหารสด ไอศกรีม หรือวัคซีน เป็นต้น

2.5.3.4 ครอสลิงค์โพลีเอทธิลีน (Cross-linked polyethylene)

ครอสลิงค์โพลีเอทธิลีนนั้นคล้ายกันกับโพลีเอทธิลีนที่ใช้ทา ขวดพลาสติกทั่วๆไป เนื่องจากมี ครอสลิงค์เพื่อป้องกันการหลอมกลายเป็นของเหลวเมื่อได้รับความร้อน เมื่อครอสลิงค์โพลีเอทธิลีน ได้รับความร้อนหรือสูญเสียความร้อน จะมีการสลายหรือเปลี่ยนโครงสร้างผลึกของตัวมันเอง ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบวัสดุจัดเก็บ ครอสลิงค์โพลีเอทธิลีน นั้นมีความเสถียรมากกว่า liquid - solid PCM และสามารถใช้งานได้โดยที่ไม่ต้องมีการใส่ในภาชนะบรรจุหรือวัสดุจัดเก็บ ครอสลิงค์โพลีเอทธิลีน มีราคาแพงกว่า PCM ชนิดอื่น และการใช้งานนั้นจะต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูงประมาณ 110-140 องศาเซลเซียส ซึ่งยากต่อการนำไปประยุกต์ใช้ จึงส่งผลให้ปัจจุบันไม่ค่อยมีการนำวัสดุชนิดนี้มาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

2.5.3.5 โพลีแอลกอฮอล์ (Poly alcohol)

โพลีแอลกอฮอล์นั้นสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนได้โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากHeterogeneous state ที่เป็นสภาพที่อุณหภูมิต่ำเป็น face-center cubic สารประกอบชนิดนี้สามารถใช้ในการกักเก็บพลังงานได้โดยที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเพียงเล็กน้อย ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ ซึ่งข้อดีเหล่านี้ก็มาพร้อมกับข้อเสีย คือ มีสภาพการนำความร้อนต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่อนข้างสูงและราคาแพง

2.5.3.6 PCM ในเชิงการค้า (Commercial PCM)

ปัจจุบันมีหลายบริษัทที่ได้ทา การศึกษาและพัฒนา PCM ในเชิงพาณิชย์ได้แก่ บริษัท Cristopia (ประเทศฝรั่งเศส) บริษัท TEAP Energy (ประเทศออสเตรเลีย) บริษัท EPS (ประเทศอังกฤษ) PCM Thermal Solutions (ประเทศสหรัฐอเมริกา) และ Mitsubishi Chemical (ประเทศญี่ปุ่น) เป็นต้น โดยมีศึกษาวัสดุ ทั้งที่เป็นวัสดุที่มีการบรรจุเป็นเม็ด แคปซูล แบบหลอด หรือแบบอื่นๆเพื่อที่จะสามารถนำ ไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ

ตางราง 7 จุดหลอมเหลว (Melting Point) และค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent Heat of Fusion) ของวัสดุกักเก็บความร้อนที่จากสารอินทรีย์ (Organic PCM)

Material	Melting Point (°C)	Latent Heat (kJI kg)	Material	Melting Point (°C)	Latent Heat (kJI kg)
N-Tetradecane	5.5	226	N-Pentaco sane	53.7	164
Formic acid	7.8	247	Myristic acid	54	199
N-Pentadecane	10	205	Oxalate	54.3	178
Acetic acid	16.7	273	Tristearin	54.5	191
N-Hexadecane	16.7	237	O-Xylene dichloride	55	121
Caprilone	40	260	Chloroacetic acid	56	147
Docasyle bromide	40	201	N-Hexacosane	56.3	255
N-Henicosane	40.5	161	Nitro naphthalene	56.7	103
Phenol	41	120	a Chloroacetic acid	61.2	130
N-Lauric acid	43	183	N- Octacosane	61.4	134
P-Joluidine	43.3	167	Palmitic acid	61.8	164
Cynamide	44	209	Bees wax	61.8	177
N-Docosane	44.5	157	Glyolic acid	63	109
N-Tricosane	47.6	130	P-Bromophenol	63.5	86
Hydrocinnamic	48	118	Azobenzene	67.1	121
Cetyl alcohol	49.3	141	Acrylic Acid	68	115
0-Nitroaniline	50	93	Dintro toluene	70	111
Camphene	50	239	Phenylacetic acid	76.7	102
Diphenyl amine	52.9	107	Thiosinamine	77	140
P-Dichlorobenzene	53.1	121	Benzy lamine	78	174

ตางราง 8 จุดหลอมเหลว (Melting Point) และค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent Heat of Fusion) ของวัสดุกักเก็บความร้อนที่จากสารอนินทรีย์ (Inorganic PCM)

Name	Melting Point (°C)	Latent Heat (kJ/ kg)	Name	Melting Point (°C)	Latent Heat (kJ/ kg)
H_2O	0.0	333	BI_3	31.8	10
$POCl_3$	1.0	85	SO_2 (β)	32.3	151
D_2O	3.0	318	$TiBr_4$	38.2	23
$SbCl_5$	4.0	33	$H_4P_2O_6$	55.0	213
H_2SO_4	10.4	100	SO_2 (γ)	62.1	331
IC l (β)	13.9	56	$SbCl_3$	73.4	25
MOF_6	17.0	50	$NaNO_3$	307	199
SO_2(α)	17.0	108	KNO_3	380	266
IC l (α)	17.2	69	KOH	380	149
P_4O_6	23.7	64	$MgCl_2$	800	492
H_3PO_4	26.0	147	NaCl	802	492
Cs	28.3	15	Na_2CO_3	854	275
Ga	30.0	80	KF	857	452
$AsBr_3$	30.0	38	K_2CO_3	897	235
$SnBr_4$	30.0	28			

2.6 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

สำหรับในประเทศไทยปัจจุบันมีการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงหลายประเภทโดยมีค่าใช้จ่ายและต้นทุนการผลิตที่แต่ต่างกัน ดังนี้

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ จากแนวคิดการใช้ทรัพยากรภายในประเทศเป็นแนวคิดที่ใช้วัดความได้เปรียบ โดยเปรียบเทียบของอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการจัดสรรทรัพยากรของอุตสาหกรรมนั้นๆ โดยการพิจารณาจากสัดส่วนระหว่างมูลค่าทางเศรษฐกิจของปัจจัยการผลิต

ภายในประเทศกับมูลค่าทางเศรษฐกิจของปัจจัยการผลิตที่นำเข้าจากต่างประเทศที่เรียกว่า Domestic Resource Cost (DRC) โดยค่า DRC ที่ได้จะเป็นการวัดการใช้ทรัพยากรภายในประเทศเพื่อให้ได้มาซึ่งเงินตราต่างประเทศสุทธิ 1 หน่วย และสามารถวัดระดับความได้เปรียบ โดยเปรียบเทียบของอุตสาหกรรมจากค่า DRC ซึ่งเป็นการนำค่า DRC เปรียบเทียบกับอัตราแลกเปลี่ยนของเงินตราต่างประเทศ ซึ่งเป็นอัตราแลกเปลี่ยนที่สะท้อนถึงการบริโภคการใช้จ่ายเงินตราต่างประเทศ 1 หน่วยในรูปของเงินตราภายในประเทศได้อย่างถูกต้อง โดยอุตสาหกรรมใดจะมีความได้เปรียบ โดยเปรียบเทียบก็ต่อเมื่อค่า DRC ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อประเทศใดประเทศหนึ่งผลิตสินค้าชนิดหนึ่งขึ้นเองภายในประเทศ จะมีต้นทุนการผลิตสินค้าชนิดนั้นถูกกว่าต้นทุนที่ประเทศนั้นจะต้องจ่ายออกไป เพื่อการซื้อสินค้าชนิดนั้นจากต่างประเทศ

กรณีศึกษาการผลิตไฟฟ้าโดยโรงไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลจากการผลิตไฟฟ้าด้วย โรงไฟฟ้าพลังน้ำจำนวน 4 แห่ง ได้แก่ (1) โรงไฟฟ้าเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น (2) โรงไฟฟ้าเขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ (3) โรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี และ (4) โรงไฟฟ้าเขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี สำหรับต้นทุนการใช้ทรัพยากรภายในประเทศเมื่อคำนวณแล้วพบว่าโรงไฟฟ้าเขื่อนจุฬาภรณ์ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมน้ำพอง โรงไฟฟ้าเขื่อนสิรินธรโรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล และโรงไฟฟ้าเขื่อนอุบลรัตน์ พบว่าค่า DRC ของทุกโรงไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าหนึ่งโดยมีค่าเท่ากับ 0.38 0.58 0.726 0.728 และ 0.74 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยโรงไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้น ยังมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการผลิต ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ปัจจัยการผลิตที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จัดหาได้ภายในประเทศ โดยมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้า การหาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ โครงสร้างต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายในการผลิต แบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ (1) ค่าเชื้อเพลิง (กรณีโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงในการผลิต) (2) ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (3) ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ และ (4) ค่าเสื่อมราคาของทุน ซึ่งในปีงบประมาณ 2546 (ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2545 ถึง วันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2546) โรงไฟฟ้าเขื่อนอุบลรัตน์ โรงไฟฟ้าเขื่อนจุฬาภรณ์ โรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล และโรงไฟฟ้าเขื่อนสิรินธร มีต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.7122 บาท / kWh 0.8895 บาท / kWh 1.7962 บาท / kWh 1.6964 บาท / kWh ตามลำดับ (วีรนันท์ พรหมายนง, 2548)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จารุวัฒน์ เจริญจิต และ คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ์ (2556) ได้ทำการศึกษาทิศทางงานวิจัยด้านระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรมพลังงาน ซึ่งการใช้รังสีอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน (solar thermal) ในแนวทางการประยุกต์ใช้ในการเป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลัก หรือเสริมการใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆ ในภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือก ภาคการผลิตกำลัง และภาคการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญในอนาคต พบว่าการใช้รังสีอาทิตย์ผ่านระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ สำหรับการผลิตอุณหภูมิที่ต้องการในกระบวนการทางความร้อน ร่วมกับระบบสะสมความร้อนและการทำงานผสมผสานกับแหล่งความร้อนอื่น เพื่อเพิ่มความเสถียรของระบบ เป็นแนวทางที่เหมาะสม และมีศักยภาพเพียงพอ ในการอนุรักษ์พลังงาน การส่งเสริมการผลิตพลังงานทางเลือก นำไปสู่การแปรรูปพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เป็นพลังงานรูปแบบอื่น (กำลัง ปฏิกิริยาเคมี ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ความร้อน) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางโดยตรง หรือโดยอ้อมในปัจจุบัน และอนาคต

สุธาธิตย์ เสียงเลิศ (2555) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนเฟสสาหรับประยุกต์ใช้ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ซึ่งและน้ามันก๊าด ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ถูกเลือกให้เป็นวัสดุกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานถูกกักเก็บอยู่ในรูปความร้อนแฝงในช่วงเวลากลางวัน โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะ ในการทดลอง เลือกใช้พาราฟินและน้ามันก๊าด เพื่อนำมาปรับอัตราส่วนของปริมาตรวัสดุกักเก็บความร้อนต่อพื้นที่รับความร้อน ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก เพื่อทดสอบหาอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะของวัสดุกักเก็บ ความร้อนในช่วง 0.00765 - 0.2000 จากผลการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของวัสดุ กักเก็บความร้อนที่ใช้ต่อปริมาตรของพื้นที่รับความร้อน มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นกับเวลาในการรักษาอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนปริมาตรของวัสดุกักเก็บความร้อนที่ใช้ต่อปริมาตรของพื้นที่รับความร้อน ไม่ได้เพิ่มเวลาในการรักษาอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะเสมอไป เนื่องจากในการทดลองจาเป็นต้อง ควบคุมตัวแปร คือเวลาของการให้ความร้อนโดยหลักการแผ่รังสีของแสง จากหลอดไฟขนาด 200 วัตต์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมงซึ่งไม่เพียงพอต่อปริมาณความร้อน ที่ทาให้วัสดุกักเก็บความร้อนที่มีปริมาตรมาก เปลี่ยนสถานะได้อย่างสมบูรณ์ กล่าวคือ ไม่สามารถทาให้วัสดุกักเก็บความร้อนสามารถหลอมเหลวได้ทั้งหมด จึงนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะของวัสดุกักเก็บความร้อน

กิตติญา กฤติยรังสิต (2554) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของการนำพืชผลทางการเกษตรมาผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นศึกษาโรงไฟฟ้าที่ใช้วัสดุทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศมาแปลงเป็นวัตถุดิบ สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในรูปแบบของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพขนาด 100 – 1,000 กิโลวัตต์ การวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่ง

ออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันโดย ส่วนที่ 1 ได้แก่ การออกแบบเบื้องต้นโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพเพื่อจำแนกรายการต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ส่วนที่ 2 ได้แก่ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับโรงไฟฟ้าแต่ละขนาด ผลการวิจัยพบว่า สำหรับการสนับสนุนการรับซื้อไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ปัจจุบันภาครัฐกำหนดค่าอัตราส่วนการรับซื้อไฟฟ้าอยู่ที่ 0.5 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง นั้น โรงไฟฟ้าก๊าซ ชีวภาพมีความน่าสนใจในการลงทุนแตกต่างกัน โดยที่กำลังการผลิต 200 กิโลวัตต์ มีความคุ้มทุนที่อัตราการให้ก๊าซมีเทน 0.4 - 0.6 ลบ.ม.CH4 / กก. และมีค่าใช้จ่ายการจัดซื้อวัตถุดิบไม่เกิน 0.2 บาท / กก. ในขณะที่กำลังการผลิต 500 กิโลวัตต์ มีความตุ้มทุนที่อัตราการให้ก๊าซมีเทน 0.1 - 0.6 ลบ.ม.CH4 / กก. และค่าใช้จ่ายการจัดซื้อวัตถุดิบไม่เกิน 0.5 บาท / กก. และที่กำลังการผลิต 1,000 กิโลวัตต์ มีความคุ้มทุนที่อัตราการให้ก๊าซมีเทน 0.1 - 0.6 ลบ.ม.CH4 / กก. และมีค่าใช้จ่ายการจัดซื้อวัตถุดิบไม่เกิน 0.6 บาท / กก. และสามารถสรุปได้ว่าหากต้องการมีความคุ้มค่าในการลงทุนสูงก็ควรให้ความสำคัญในด้านเทคนิคการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพ และนอกจากนั้นหากภาครัฐให้การสนับสนุนด้านอัตราส่วนการรับซื้อไฟฟ้า เพิ่มขึ้นก็จะทำให้นักลงทุน
ให้ความสนใจในการลงทุนสำหรับโครงการผลิตพลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้น

วรธนพลฐ์ ศิริสังวรณ์ (2553) ได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานอาทิตย์ในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพทั่วไปของการผลิตและการตลาดของพลังงานไฟฟ้า 2) เทคโนโลยีของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 3) ความเป็นไปได้ในทางด้านการเงินในการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี การศึกษาใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์บุคคลผู้มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้โดยเฉพาะ ส่วนข้อมูลทุติยภูมิได้จากเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนถูกนำมาใช้วิเคราะห์เชิงพรรณนาและเชิงปริมาณเกี่ยวกับด้านต้นทุนและผลตอบแทน โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการทั้งก่อนและหลังปรับค่าแล้ว อัตราส่วนผลตอบแทนสุทธิต่อการลงทุน และตรวจสอบความเสี่ยงจากความไม่นอนของโครงการด้วยวิธีการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนผลการศึกษาพบว่า ลักษณะที่ตั้งของโครงการมีพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสมในการทำโครงการเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เทคโนโลยีที่ควรนำมาใช้ได้แก่ ระบบการรวมแสงแบบรางผิวโค้งคู่ขนานอย่างเช่นที่ใช้อยู่ในประเทศสเปน ให้กำลังการผลิตที่ 10 เมกะวัตต์ ที่ระยะเวลาการรับแสงวันละ 6 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาโครงการ 26 ปี ผลการวิเคราะห์ทางด้านการเงินปรากฏว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 454,928,610.84 บาท อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 19.86 ต่อปี เมื่อทำการปรับค่าแล้วได้เท่ากับร้อยละ 10.98 ต่อปี และ อัตราส่วนผลตอบแทนสุทธิต่อการลงทุนเท่ากับ 1.5 เท่า ส่วนการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนปรากฏผลว่า ผลตอบแทนของโครงการสามารถลดลงได้ร้อยละ 27.10 หรือต้อนทุนรวมของโครงการสามารพเพิ่มขึ้นได้ร้อยละ 37.17

ก่อนที่จะทำให้โครงการขาดทุน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า โครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุน และความเสี่ยงของโครงการค่อนข้างต่ำ

ชมพูนุท พรรษา (2552) ได้ทำการศึกษาและทดสอบสมรรถนะตัวรวมรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลา โดยใช้แสงอาทิตย์จำลอง และแสงอาทิตย์จริงได้ จึงได้ออกแบบและสร้างตัวรวมรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลา ตัวดูดซับรับรังสีอาทิตย์แบบแท่งอลูมิเนียมตัน และแคลอรีมิเตอร์แบบน้ำไหลผ่านต่อเนื่อง วัสดุพื้นผิวที่ใช้สะท้อนรังสีอาทิตย์ คือ แผ่นอลูมิเนียม และอลูมิเนียม ฟลอยล์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการรับและสะท้อนรังสีอาทิตย์อุณหภูมิได้จากตัวดูดซับรับรังสีอาทิตย์พลังงานความร้อน และความเข้มรังสีอาทิตย์ของตัวรวมรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลา ผลจากการทดลองพบว่า ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแคลอรีมิเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดได้ใกล้เคียงกับค่า ที่วัดได้จากไพรานอมิเตอร์ พื้นผิวรับและสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดอลูมิเนียม ฟลอยล์สามารถให้พลังงานความร้อนได้มากกว่าพื้นผิวรับและสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นอลูมิเนียม และพลังงานที่ตัวดูดซับรังสีเมื่อใช้แผ่นสะท้อนรังสีเป็นอลูมิเนียมฟลอยล์ มีค่าเป็น 2.7 เท่าของพลังงานที่ตัวดูดซับรับได้เมื่อไม่มีพื้นผิวสะท้อนรังสีอาทิตย์

ศิรส สาตราภัย และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่องโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยอุปกรณ์ Solar Parabolic Trough บริษัท Thai Solar Energy จำกัด ซึ่งเป็นโครงการทางธุรกิจสำหรับนักศึกษาปริญญาโทประเภทแผนธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนด้วยเทคโนโลยีรางพาราโบลา พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เกิดการค้นคว้าวิจัยถึงการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ทั่วโลก หนึ่งในนั้นคือการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งกำลังจะหมดไป อีกทั้งยังก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม อันนำไปสู่ปัญหาเรื่องโลกร้อน (Global Warming) ที่ทั่วโลกกำลังตื่นตัว ประเทศมีนโยบายจากทางกระทรวงพลังงานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในการที่จะส่งเสริมโดยการให้การสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทน อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล และขยะ เป็นต้น โดยให้การสนับสนุนในรูปแบบของเงินอุดหนุน การยกเว้นภาษี รวมทั้งการให้เงินส่วนเพิ่มต่อหน่วยในการรับซื้อไฟฟ้า ด้วยโอกาสทางธุรกิจ และผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง และจากการวิจัยพบว่าเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนที่เหมาะสมกับประเทศไทย คือ ระบบรางพาลาโบลา (Parabolic Trough) โดยให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยที่ต่ำที่สุด ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าดีกว่าการใช้โซลาร์เซลล์ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์มากกว่า และจากเหตุผลดังกล่าวได้นำไปสู่การศึกษาการลงทุนในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อน ด้วยระบบรางพาลาโบลา (Parabolic Trough) โดยมีกำลังการผลิตที่ 10 เมกกะวัตต์ ซึ่งจัดอยู่ในประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก หรือ VSPP (Very Small Power Producer) ซึ่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีนโยบายที่จะรับซื้อและให้เงินส่วนเพิ่ม (Adder) ในราคา 8 บาทต่อหน่วย

โดยบริษัทได้พิจารณาที่ดินในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ จ.อุบลราชธานี เนื่องจากมีปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยสูงที่สุดในประเทศและมีราคาที่ดินไม่สูง โดยจะใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง 158 ไร่ ต้องการเงินลงทุนเริ่มต้นเป็นจำนวน 927 ล้านบาท มีต้นทุนของเงินทุน (WACC) อยู่ที่ร้อยละ 12.01 โดยคิดที่อัตราส่วนหนี้ต่อทุนเท่ากับ 65:35 และคาดการณ์ดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาวที่ร้อยละ 8 จากการวิเคราะห์ทางการเงิน โครงการจะมี IRR ร้อยละ 16.02 และ NPV เป็นบวกที่ 123.6 ล้านบาท โดยคิดที่ระยะเวลาโครงการ 24 ปี มีระยะเวลาการคืนทุนโดยวิธีคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Payback Period) ที่ 8.7 ต่อปี และสำหรับนักลงทุนที่ทำ exit plan ณ สิ้นปีที่ 7 จะได้รับอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่ร้อยละ 18.62

ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการใช้สารเปลี่ยนสถานะขนาดไมโครเพื่อปรับปรุงพฤติกรรมทางความร้อนให้แก่ของเหลวระบายความร้อน ซึ่งงานวิจัยได้ศึกษาถึงการใช้ micro-encapsulated phase-change material (MEPCM) เพื่อการปรับปรุงพฤติกรรมทางความร้อนให้แก่ของเหลวระบายความร้อน อันเนื่องมา จากอิทธิพลของ การเปลี่ยนสถานะระหว่างสภาพของแข็งและของเหลว MEPCM ที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-30 μm ถูกผสมเข้ากับของเหลวซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่าง Ethylene Glycol และ น้ำ จนมีลักษณะเป็น “slurry fluid” การทดลองถูกออกแบบให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานระบบระบายความร้อนสำหรับอุปกรณ์อิเลคโทรนิก โดยสารเปลี่ยนสถานะที่เลือกใช้ใน MEPCM คือ Octacosane เนื่องจากมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะที่ประมาณ 60°C ซึ่งเหมาะสมสำหรับอุณหภูมิควบคุมของอุปกรณ์อิเลคโทรนิคทั่วไป การทดลองดำเนินโดยการใช้ชุดทดลอง วงจรการไหล (flow-loop) ซึ่งประกอบด้วย แหล่งให้ความร้อน, แหล่งระบายความร้อน, เครื่องมือวัดอัตราการไหลของมวลแบบ coriolis, ปั๊มแบบ magnetic-coupling, และ ชุดเก็บประมวลผลข้อมูล ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ MEPCM ในของเหลวระบายความร้อนสามารถเพิ่มค่าความจุความร้อนให้แก่ของเหลวได้ถึง 5 เท่าตัว และสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนได้มากถึง 20%

ปริญญา ศรีสวัสดิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง กรณีศึกษาสำหรับจังหวัดร้อยเอ็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าระบบความร้อนแบบรวมแสง (concentrating solar power technology, CSP) โดยเป็นกรณีศึกษาของจังหวัดร้อยเอ็ด ทั้งนี้เพราะจังหวัดร้อยเอ็ดอยู่ในบริเวณที่ได้รับรังสีตรงค่อนข้างสูง และมีการวัดความเข้มรังสีตรงที่ใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้า โดยได้ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10 MW 3 ระบบ ได้แก่ ระบบรางพาราโบลา ระบบหอคอย และระบบจานพาราโบลาร่วมกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับจำลองการทำงานระบบด้วยซอฟแวร์ TRNSYS ร่วมกับ STEC Library และใช้ข้อมูลความเข้มรังสีตรงราย 10 นาทีที่จังหวัดร้อยเอ็ดระหว่างวันที่ 1 พ.ค. ค.ศ. 2006 ถึง 30 เม.ย. ค.ศ.2007 ผลการจำลองการทำงานของระบบพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าแบบพาราโบลา แบบหอคอย และแบบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถผลิตไฟฟ้าต่อปีได้ เท่ากับ 18.4, 25.4 และ 11.2 GWh/yr ตามลำดับ จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบ

ผลิตไฟฟ้าทั้ง 3 ระบบ โดยใช้ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และข้อมูลต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในรูปของ levelized electricity cost (LEC) ของแต่ละระบบ ผลการเปรียบเทียบพบว่าระบบรางพาราโบลามีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.53 บาท/kWh

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการวิเคราะห์ทางเลือกตัวกลางสะสมความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในบทนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกตัวสะสมพลังงานความร้อนของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์มาใช้ซึ่งมีอยู่ 3 ด้าน คือ

3.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค เป็นการวิเคราะห์เรื่องที่เกี่ยวกับศักยภาพของตัวกลางประเภทต่าง ๆ ที่สะสมความร้อนในการการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งการใช้ตัวกลางและไม่ใช้ตัวกลางในการผลิต โดยการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคเป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางเทคนิคในแง่มุมต่างๆ

3.1.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเป็นการศึกษาจากตัวอย่างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีอยู่ถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้จริง

3.1.3 ศึกษาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประเมินความคุ้มค่าของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost - Benefit analysis) เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการ หรือ ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนลบด้วยผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิอาจมีค่าเป็นบวกลบ หรือศูนย์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (Present Value Benefit : PVB) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Present Value Cost : PVC) เกณฑ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่ามากกว่าศูนย์ หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนซึ่งแสดงถึง การลงทุนคุ้มค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (3.1) และ (3.2)

$$NPV = PVB - PVC \quad (3.1)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} [(Bt - Ct / (1+ r)t] \quad (3.2)$$

เมื่อ Bt = ผลประโยชน์หรือผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

R = อัตราคิดลดที่เหมาะสม (Discount Rate)

t = ปีของโครงการ คือปีที่ 1,2,3,… n

n = จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ

2) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio : BCR) คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดอายุของโครงการ เกณฑ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการ คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน ต้องมีค่ามากกว่าหนึ่ง ทั้งนี้เพราะเมื่ออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มีค่า +1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการจะมีมากกว่าต้นทุนที่เสียไปในโครงการ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณได้ดังสมการที่ (3.3) และ (3.4)

$$BCR = PVB/PVC \quad (3.3)$$

$$BCR = \sum_{t=1}^{n} [Bt / (1+ r)t] / \sum_{t=1}^{n} [Ct / (1+r)t] \quad (3.4)$$

เมื่อ Bt = ผลประโยชน์หรือผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

R = อัตราคิดลดที่เหมาะสม (Discount Rate)

t = ปีของโครงการ คือปีที่ 1,2,3,… n

n = จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ

3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุน หรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยใดก็ตามที่ใช้เป็นอัตราคิดลดซึ่งมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ เกณฑ์การตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการ คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (3.5)

$$IRR = \sum_{t=1}^{n} [(Bt - Ct) / (1+r)t] = 0 \qquad (3.5)$$

เมื่อ Bt = ผลประโยชน์หรือผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

R = อัตราคิดลดที่เหมาะสม (Discount Rate)

t = ปีของโครงการ คือปีที่ 1,2,3,… n

n = จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ

สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจว่าโครงการดีหรือไม่ดีนั้นทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้การตัดสินใจมีอยู่ 2 แบบ คือ เกณฑ์การตัดสินใจแบบไม่ต้องปรับค่าเวลา และเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าเวลา ค่าของเงินตามช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ย ซึ่งการคิดมูลค่าเงินตามช่วงเวลา มีสูตรดังตารางที่ 9

ตาราง 9 สูตรคำนวณมูลค่าเงินตามช่วงเวลา

หาค่า	ทราบค่า	สมการ
P	F	$P = F/(1+i)^n$
P	A	$P = A[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}]$
F	P	$F = P(1+i)^n$
F	A	$F = A[\frac{(1+i)^n - 1}{i}]$
A	P	$A = P[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}]$
A	F	$A = F[\frac{i}{(1+i)^n - 1}]$

หมายเหตุ : ไพบูลย์ แย้มเพื่อน (2546)

เมื่อ n = ระยะเวลาหรือช่วงเวลา

I = อัตราดอกเบี้ย

P = จำนวนเงินมีมูลค่าเริ่มต้นหรือปัจจุบัน

F = จำนวนเงินมีมูลค่าสุดท้ายหรืออนาคต

A = จำนวนเงินที่รับหรือจ่ายเท่าๆ กันทุกช่วงเวลา

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงานความร้อน มีดังนี้

3.2.1 ใช้ตัวกลาง

3.2.2 ไม่ใช้ตัวกลาง

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีการศึกษาความเป็นไปได้ของตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงานความร้อน

3.3.2 วิเคราะห์ศักยภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลทางด้านเทคนิคในการศึกษาความเป็นไปได้ของตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงานความร้อน

3.3.3 วิเคราะห์ผลที่เป็นปัจจัยทั้งหมดทั้งทางบวกและทางลบเพื่อเปรียบเทียบตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงาน

3.3.4 ใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิเคราะห์เพื่อหาต้นทุนและจุดคุ้มทุนของตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงานความร้อน

3.3.5 ทำการตัดสินใจเลือกตัวกลางที่ใช้ในการสะสมพลังงานความร้อนที่มีต้นทุนต่ำที่สุดและจุดคุ้มทุนมากที่สุด

3.3.6 สรุปผลงานวิจัย

3.3.7 นำเสนอข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาวิจัยทดลอง โดยใช้ทฤษฎีและสูตรคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อการตัดสินใจลงทุน โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้า

4.2 การประมาณรายได้

4.3 การประมาณค่ารายจ่าย

4.4 การคำนวณผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

4.5 การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้า

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ทำให้สามารถสรุปข้อมูลสำคัญของโรงไฟฟ้า ขนาด 10 MW เมื่อใช้ตัวถังสะสมพลังงานความที่มีตัวเก็บความร้อนแตกต่างกันได้ดังนี้

ตาราง 10 แสดงข้อมูลลักษณะเฉพาะของโรงไฟฟ้าที่ใช้ตัวกลางเก็บสะสมความร้อนที่แตกต่างกัน

ตัวกลางสะสมความร้อน	สารละลายเกลือ		น้ำมันร้อน		คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%	
ซย ฝ่ พลัง ศศ์ (MW)	50 MW	10 MW	NA	10 MW	NA	10 MW
ซย ฝ (m^3)	5538.96	1107.79	5538.96	604.79	50,000.00	9,181.82 450 (ฟ่
- ำ ฐ(m)	36.00		36.00		4.00	
- ้ำ ย์ล้ ย ไพษฮ ฐ (m)	14.00		14.00			
ณะ สฑ(T)	28,000.00	5,600.00	11,813.70	1,289.93		
ณะ สฑ(Kg)	28,000,000.00	5,600,000.00	11,813,698.63	1,289,928.17		21,577,272.73
วฮฐฐ ย ณะ สพี่ ย ำ ำ ส (MWht)	1,010.00	202.00	1,850.00	202.00	1,100.00	202.00
พ ญ ่ พลัง ศศ์ (M-Euro)	200.00	40.00	200.00	40.00	200.00	40.00
พ ญ ฟ่ฐำ ำ สวฮฐฐ ย (M-Euro)	100.00	20.00	70.00	14.00	80.00	16.00
พ ญ ่ พลัง ศศ์ (M-Bath)		1400		1400		1400
พ ญ ฟ่ฐำ ำ สวฮฐฐ ย (M-Bath)		700		448		560

จากตารางเห็นได้ว่าขนาดของถังเก็บพลังงานความร้อนชนิดตัวกลางคอนกรีตเสริมเหล็ก 1% มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยใช้พื้นที่ประมาณ 450 ไร่ ซึ่งแตกต่างจากถังเก็บความร้อนของโรงงานอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาถึงราคาถังเก็บความร้อนถังเก็บความร้อนชนิดตัวกลางเกลือจะมีราคาสูงที่สุด รองลงมาคือคอนกรีตเสริมเหล็ก และน้ำมันร้อน ตามลำดับ

4.2 การประมาณรายได้

การประมาณรายได้ของการผลิตพลังงานที่ไร้มลภาวะหรือพลังงานสะอาด พิจารณาโดยใช้ข้อมูลราคาการรับซื้อไฟฟ้าของประเทศไทยจากภาคเอกชน ซึ่งประเทศไทยมิได้ระบุการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนเอาไว้ ระบุแต่เพียงราคาการรับซื้อพลังงานสะอาดที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น (กระทรวงพลังงาน, 2549) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกราคารับซื้อจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวคำนวณรายได้เนื่องจากมีลักษณะการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกับพลังงานความร้อนคือเป็นพลังงานที่ไร้มลภาวะ โดยราคาการรับซื้อไฟฟ้าจากวิธีการผลิตต่างๆ รายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตาราง 11 ราคารับซื้อไฟฟ้าของรัฐจากภาคเอกชน

เชื่อเพลิง/เทคโนโลยี	Adder (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ชีวมวล	0.3
พลังน้ำขนาดเล็ก (50-200 กิโลวัตต์)	0.4
พลังน้ำขนาดเล็ก (<50กิโลวัตต์)	0.8
ขยะ	2.5
พลังงานลม	2.5
พลังงานแสงอาทิตย์	8

4.3 การประมาณการค่ารายจ่าย

การประมาณการค่ารายจ่ายในการดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ทำการประมาณการค่ารายจ่ายจำแนกการลงทุนดังนี้

4.3.1 เงินลงทุน

ในงานวิจัยครั้งนี้เงินที่ใช้ในการลงทุนกำหนดให้เป็นทรัพย์สินที่มีอยู่ ไม่ได้เกิดจากการกู้ยืมเงินจากแหล่งการเงินอื่น ทำให้ไม่เกิดรายจ่ายจากดอกเบี้ยในการกู้ยืม

- เงินทุนในการลงทุนเริ่มต้น

ค่ารายจ่ายในการลงทุนเริ่มต้นนั้นจะเป็นส่วนที่จ่ายเพียงครั้งแรกในการลงทุนเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว ค่ารายจ่ายมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 12 แสดงรายจ่ายในการลงทุนเริ่มต้นสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนขนาด 10 MW

รายการ	จำนวนเงิน (ล้านบาท)
ตัวสะสมความร้อน : สารละลายเกลือ	
- ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า	1,400
- ระบบถังเก็บความร้อน	700
- สารละลายเกลือ	84
ตัวสะสมความร้อน : น้ำมันร้อน	
- ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า	1,400
- ระบบถังเก็บความร้อน	448
- น้ำมันร้อน	193.5
ตัวสะสมความร้อน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%	
- ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า	1,400
- พื้นที่ 450 ไร่	22.5
- ระบบถังเก็บความร้อน	560
- คอนกรีตเสริมเหล็ก	25.9

4.3.2 ค่ารายจ่ายสำหรับดำเนินงาน

ค่ารายจ่ายสำหรับดำเนินงานเป็นรายจ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานแต่ละปี ซึ่งสามารถประมาณการค่าใช้จ่ายรายปี ดังต่อไปนี้

ตาราง 13 แสดงรายจ่ายสำหรับดำเนินงานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนขนาด 10 MW รายปี

รายการ	จำนวนเงิน (ล้านบาท)
ตัวสะสมความร้อน : สารละลายเกลือ	
- ค่าจ้างพนักงาน (ตัวโรงงาน)	28
- ค่าจ้างพนักงาน (ถังเก็บความร้อน)	14
- ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์*	84
- ค่าบำรุงรักษาถังเก็บความร้อน	42
- ค่าบำรุงรักษาตัวกลางสะสมความร้อน	8.4
ตัวสะสมความร้อน : น้ำมันร้อน	
- ค่าจ้างพนักงาน (ตัวโรงงาน)	28
- ค่าจ้างพนักงาน (ถังเก็บความร้อน)	8.96
- ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์	84
- ค่าบำรุงรักษาถังเก็บความร้อน	26.88
- ค่าบำรุงรักษาตัวกลางสะสมความร้อน	96.74
ตัวสะสมความร้อน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%	
- ค่าจ้างพนักงาน (ตัวโรงงาน)	28
- ค่าจ้างพนักงาน (ถังเก็บความร้อน)	11.2
- ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์	84
- ค่าบำรุงรักษาถังเก็บความร้อน	33.6
- ค่าบำรุงรักษาพื้นที่	1.35

*ค่าบำรุงรักษาใช้สัดส่วนร้อยละ 6 ของการซื้ออุปกรณ์ทดแทน (PlantWeb, 2003: 2)

4.4 การคำนวณผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

จากข้อมูลประมาณการรายได้และรายจ่ายของโครงการในหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้สามารถนำมาคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุนของโครงการโดยการใช้ตัวสะสมความร้อนที่แตกต่างกัน ได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 ตัวสะสมความร้อน : สารละลายเกลือ

1) กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงานถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตั้งแต่เริ่มสร้างตัวโรงไฟฟ้ารวมกับถังสะสมพลังงานความร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 14 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ 849.37 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 12

ตาราง 14 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสารละลายเกลือ กรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-2,100.00	0.00	-2,100.00	-2,100.00	-2,100.00	-2,100.00
1	-168.00	446.40	278.40	-1,821.60	260.19	-1,839.81
2	-168.00	446.40	278.40	-1,543.20	243.17	-1,596.65
3	-168.00	446.40	278.40	-1,264.80	227.26	-1,369.39
4	-168.00	446.40	278.40	-986.40	212.39	-1,157.00
5	-168.00	446.40	278.40	-708.00	198.50	-958.51
6	-168.00	446.40	278.40	-429.60	185.51	-773.00
7	-168.00	446.40	278.40	-151.20	173.37	-599.62
8	-168.00	446.40	278.40	127.20	162.03	-437.59
9	-168.00	446.40	278.40	405.60	151.43	-286.16
10	-168.00	446.40	278.40	684.00	141.52	-144.63
11	-168.00	446.40	278.40	962.40	132.27	-12.37
12	-168.00	446.40	278.40	1,240.80	123.61	111.24
13	-168.00	446.40	278.40	1,519.20	115.53	226.77
14	-168.00	446.40	278.40	1,797.60	107.97	334.74
15	-168.00	446.40	278.40	2,076.00	100.90	435.64
16	-168.00	446.40	278.40	2,354.40	94.30	529.95
17	-168.00	446.40	278.40	2,632.80	88.13	618.08
18	-168.00	446.40	278.40	2,911.20	82.37	700.45
19	-168.00	446.40	278.40	3,189.60	76.98	777.43
20	-168.00	446.40	278.40	3,468.00	71.94	849.37

2) กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน ถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เฉพาะส่วนของถังสะสมความพลังงานร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 15 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ 1,143.36 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 5

ตาราง 15 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสารละลายเกลือ กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-700.00	0.00	-700.00	-700.00	-700.00	-700.00
1	-42.00	216.00	174.00	-526.00	162.62	-537.38
2	-42.00	216.00	174.00	-352.00	151.98	-385.40
3	-42.00	216.00	174.00	-178.00	142.04	-243.37
4	-42.00	216.00	174.00	-4.00	132.74	-110.63
5	-42.00	216.00	174.00	170.00	124.06	13.43
6	-42.00	216.00	174.00	344.00	115.94	129.38
7	-42.00	216.00	174.00	518.00	108.36	237.74
8	-42.00	216.00	174.00	692.00	101.27	339.01
9	-42.00	216.00	174.00	866.00	94.64	433.65
10	-42.00	216.00	174.00	1,040.00	88.45	522.10
11	-42.00	216.00	174.00	1,214.00	82.67	604.77
12	-42.00	216.00	174.00	1,388.00	77.26	682.03
13	-42.00	216.00	174.00	1,562.00	72.20	754.23
14	-42.00	216.00	174.00	1,736.00	67.48	821.71
15	-42.00	216.00	174.00	1,910.00	63.07	884.78
16	-42.00	216.00	174.00	2,084.00	58.94	943.72
17	-42.00	216.00	174.00	2,258.00	55.08	998.80
18	-42.00	216.00	174.00	2,432.00	51.48	1,050.28
19	-42.00	216.00	174.00	2,606.00	48.11	1,098.39
20	-42.00	216.00	174.00	2,780.00	44.96	1,143.36

4.3.2 ตัวสะสมความร้อน :น้ำมันร้อน

1) กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน ถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตั้งแต่เริ่มสร้างตัวโรงไฟฟ้ารวมกับถังสะสมพลังงานความร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 16 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ 290.04 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 16

ตาราง 16 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของน้ำมันร้อน กรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-1,848.00	0.00	-1,848.00	-1,848.00	-1,848.00	-1,848.00
1	-244.58	446.40	201.82	-1,646.18	188.61	-1,659.39
2	-244.58	446.40	201.82	-1,444.37	176.27	-1,483.11
3	-244.58	446.40	201.82	-1,242.55	164.74	-1,318.37
4	-244.58	446.40	201.82	-1,040.74	153.96	-1,164.41
5	-244.58	446.40	201.82	-838.92	143.89	-1,020.52
6	-244.58	446.40	201.82	-637.11	134.48	-886.04
7	-244.58	446.40	201.82	-435.29	125.68	-760.36
8	-244.58	446.40	201.82	-233.48	117.46	-642.90
9	-244.58	446.40	201.82	-31.66	109.77	-533.13
10	-244.58	446.40	201.82	170.15	102.59	-430.53
11	-244.58	446.40	201.82	371.97	95.88	-334.65
12	-244.58	446.40	201.82	573.78	89.61	-245.04
13	-244.58	446.40	201.82	775.60	83.75	-161.30
14	-244.58	446.40	201.82	977.42	78.27	-83.03
15	-244.58	446.40	201.82	1,179.23	73.15	-9.88
16	-244.58	446.40	201.82	1,381.05	68.36	58.48
17	-244.58	446.40	201.82	1,582.86	63.89	122.37
18	-244.58	446.40	201.82	1,784.68	59.71	182.08
19	-244.58	446.40	201.82	1,986.49	55.80	237.88
20	-244.58	446.40	201.82	2,188.31	52.15	290.04

2) กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน ถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เฉพาะส่วนของถังสะสมความพลังงานร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 17 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ 435.70 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 7

ตาราง 17 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของน้ำมันร้อน กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-448.00	0.00	-448.00	-448.00	-448.00	-448.00
1	-132.58	216.00	83.42	-364.58	77.96	-370.04
2	-132.58	216.00	83.42	-281.17	72.86	-297.18
3	-132.58	216.00	83.42	-197.75	68.09	-229.09
4	-132.58	216.00	83.42	-114.34	63.64	-165.45
5	-132.58	216.00	83.42	-30.92	59.47	-105.98
6	-132.58	216.00	83.42	52.49	55.58	-50.40
7	-132.58	216.00	83.42	135.91	51.95	1.55
8	-132.58	216.00	83.42	219.32	48.55	50.10
9	-132.58	216.00	83.42	302.74	45.37	95.47
10	-132.58	216.00	83.42	386.15	42.40	137.87
11	-132.58	216.00	83.42	469.57	39.63	177.50
12	-132.58	216.00	83.42	552.98	37.04	214.54
13	-132.58	216.00	83.42	636.40	34.61	249.16
14	-132.58	216.00	83.42	719.82	32.35	281.51
15	-132.58	216.00	83.42	803.23	30.23	311.74
16	-132.58	216.00	83.42	886.65	28.26	340.00
17	-132.58	216.00	83.42	970.06	26.41	366.40
18	-132.58	216.00	83.42	1,053.48	24.68	391.08
19	-132.58	216.00	83.42	1,136.89	23.07	414.15
20	-132.58	216.00	83.42	1,220.31	21.56	435.70

4.3.3 ตัวสะสมความร้อน :คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

1) กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน ถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตั้งแต่เริ่มสร้างตัวโรงไฟฟ้ารวมกับถังสะสมพลังงานความร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 18 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ613.56 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 13

ตาราง 18 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของคอนกรีต กรณีสร้างโรงไฟฟ้าทั้งระบบ

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-1,982.50	0.00	-1,982.50	-1,982.50	-1,982.50	-1,982.50
1	-158.15	403.20	245.05	-1,737.45	229.02	-1,753.48
2	-158.15	403.20	245.05	-1,492.40	214.04	-1,539.45
3	-158.15	403.20	245.05	-1,247.35	200.03	-1,339.41
4	-158.15	403.20	245.05	-1,002.30	186.95	-1,152.46
5	-158.15	403.20	245.05	-757.25	174.72	-977.75
6	-158.15	403.20	245.05	-512.20	163.29	-814.46
7	-158.15	403.20	245.05	-267.15	152.60	-661.85
8	-158.15	403.20	245.05	-22.10	142.62	-519.23
9	-158.15	403.20	245.05	222.95	133.29	-385.94
10	-158.15	403.20	245.05	468.00	124.57	-261.37
11	-158.15	403.20	245.05	713.05	116.42	-144.95
12	-158.15	403.20	245.05	958.10	108.81	-36.14
13	-158.15	403.20	245.05	1,203.15	101.69	65.54
14	-158.15	403.20	245.05	1,448.20	95.03	160.58
15	-158.15	403.20	245.05	1,693.25	88.82	249.39
16	-158.15	403.20	245.05	1,938.30	83.01	332.40
17	-158.15	403.20	245.05	2,183.35	77.58	409.98
18	-158.15	403.20	245.05	2,428.40	72.50	482.48
19	-158.15	403.20	245.05	2,673.45	67.76	550.24
20	-158.15	403.20	245.05	2,918.50	63.33	613.56

2) กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน ถ้าวางแผนลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เฉพาะส่วนของถังสะสมความพลังงานร้อน ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 19 โดยมีค่าผลตอนแทนการลงทุนเท่ากับ 759.23 ล้านบาท ในปีที่ 20 โดยมีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 6

ตาราง 19 แสดงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของคอนกรีต กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมความร้อน

(หน่วย: ล้านบาท,Discount rate 7%)

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม
0	-582.50	0.00	-582.50	-582.50	-582.50	-582.50
1	-46.15	172.80	126.65	-455.85	118.36	-464.14
2	-46.15	172.80	126.65	-329.20	110.62	-353.51
3	-46.15	172.80	126.65	-202.55	103.38	-250.13
4	-46.15	172.80	126.65	-75.90	96.62	-153.51
5	-46.15	172.80	126.65	50.75	90.30	-63.21
6	-46.15	172.80	126.65	177.40	84.39	21.18
7	-46.15	172.80	126.65	304.05	78.87	100.05
8	-46.15	172.80	126.65	430.70	73.71	173.76
9	-46.15	172.80	126.65	557.35	68.89	242.65
10	-46.15	172.80	126.65	684.00	64.38	307.04
11	-46.15	172.80	126.65	810.65	60.17	367.21
12	-46.15	172.80	126.65	937.30	56.23	423.44
13	-46.15	172.80	126.65	1,063.95	52.56	476.00
14	-46.15	172.80	126.65	1,190.60	49.12	525.11
15	-46.15	172.80	126.65	1,317.25	45.90	571.02
16	-46.15	172.80	126.65	1,443.90	42.90	613.92
17	-46.15	172.80	126.65	1,570.55	40.09	654.01
18	-46.15	172.80	126.65	1,697.20	37.47	691.48
19	-46.15	172.80	126.65	1,823.85	35.02	726.50
20	-46.15	172.80	126.65	1,950.50	32.73	759.23

ผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนสามารถนำมาสรุปแยกตามชนิดของตัวกลางสะสมความร้อนและกรณีการลงทุนเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 20 สรุปผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน

ชนิดตัวกลางสะสมความร้อน	NPV (ล้านบาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปีที่)
สารละลายเกลือ		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	849.37	12
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	1,143.36	5
น้ำมันร้อน		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	290.04	16
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	435.70	7
คอนกรีตผสมเหล็ก 1%		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	613.56	13
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	759.23	6

จากตารางคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน พบว่าในกรณีของการลงทุนสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงานความร้อนให้ค่า NPV มากกว่าการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ทั้งระบบ ในทุกชนิดของตัวกลางสะสมความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันร้อนมีระยะเวลาคืนทุนที่สูงที่สุดในทั้งสองกรณีของการลงทุน

4.5 การคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

จากข้อมูลประมาณการรายได้และรายจ่ายของโครงการ สามารถคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) โดยใช้ฟังก์ชั่นในโปรแกรม Microsoft Excel ได้ค่าผลตอบแทนภายในแต่ละโครงการดังตาราง

ตาราง 21 สรุปผลการคำนวณมูลค่าอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุน

ชนิดตัวกลางสะสมความร้อน	IRR (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปีที่)
สารละลายเกลือ		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	11.36	8
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	24.55	5
น้ำมันร้อน		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	8.96	10
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	17.93	6
คอนกรีตผสมเหล็ก 1%		
- กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน	10.76	9
- กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน	23.31	5

จากตารางคำนวณมูลค่าอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุน พบว่าในกรณีของการลงทุนสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงานความร้อนให้ค่า IRR มากกว่าการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ทั้งระบบมากกว่าเท่าตัว ในทุกชนิดของตัวกลางสะสมความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันร้อนมีระยะเวลาคืนทุนที่สูงที่สุดในทั้งสองกรณีของการลงทุนเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ NPV

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาเรื่องตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงครั้งนี้ สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ว่า การสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนพร้อมตัวถังเก็บสะสมพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง ไม่ว่าจะใช้ตัวกลางสะสมความร้อนชนิดใดก็ตามต่างก็คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากการศึกษาวิจัยพบว่าตัวกลางสะสมความร้อนสารละลายเกลือ คอนกรีต และน้ำมันร้อน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) เท่ากับ 849.37, 613.56 และ 290.04 ล้านบาท ตามลำดับ โดยตัวกลางสะสมความร้อนทั้งสามชนิดมีระยะเวลาคืนทุน 12, 13, 16 ปี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุ้มค่าต่อการลงทุนด้วยวิธีการคำนวณค่าผลตอนแทนภายใน (IRR) พบว่าค่าผลตอนแทนภายในของตัวกลางสะสมความร้อนทั้งสามชนิด มีค่า IRR เท่ากับร้อยละ 11.36, 10.76 และ 8.96 ตามลำดับ ซึ่งมีระยะเวลาคือทุนคือ 8, 9 และ 10 ปี ตามลำดับ

ในการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพของตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงนั้น พบว่าในเรื่องของศักยภาพราคาต้นทุนการผลิตตัวกลางสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 % จะมีค่าต้นทุนการก่อสร้างและมูลค่าการบำรุงรักษาต่ำที่สุด ส่วนตัวกลางสะสมความร้อนชนิดน้ำมันร้อนจะมีต้นทุนการก่อสร้างและมูลค่าการบำรุงรักษาสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพราคาต้นทุนต่อผลกำไรที่ได้รับจะพบว่า ตัวกลางสะสมความร้อนชนิดสารละลายเกลือ ให้สัดส่วนผลตอบแทนไม่แตกต่างตัวกลางสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 % แต่แตกต่างกับน้ำมันร้อน โดยคำนวณค่าผลตอนแทนภายใน (IRR) เฉพาะของส่วนตัวถังสะสมความร้อนได้เท่ากับร้อยละ 24.55, 23.31 และ 17.93 ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

การศึกษาเรื่องตัวสะสมพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลเกี่ยวกับข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างถังเก็บสะสมพลังงานความร้อนตัวกลางสะสมความชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1) สารละลายเกลือ : ข้อดีของการใช้สารละลายเกลือเป็นตัวกลางในการเก็บสะสมความร้อนคือขนาดของถังเก็บพลังงานความร้อนของตัวกลางสารละลายเกลือของโรงไฟฟ้าขนาด 10 MW มีขนาดประมาณ 1,100 ลบม. ซึ่งเมื่อคำนวณขนาดถังทรงกระบอก 2 ถังจะได้ขนาดประมาณ $\frac{1,100}{2} = \pi r^2 h$ ต่อถังหรือประมาณความสูง 16 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตรตามการเปรียบเทียบสัดส่วนกับโรงไฟฟ้าตัวอย่าง ซึ่งเป็นขนาดที่ไม่ใหญ่มาก และละลายเกลือไนเตรทนั้นค่อนค้างมีราคาถูกคือ 1.5 บาท ต่อกิโลกรัมจึงส่งผลให้ค่าการบำรุงรักษารายปีหรือการเปลี่ยนถ่ายสารละลายในส่วนของตัวกลางสะสมความร้อนถูกลง แต่การใช้ตัวกลางชนิดนี้ก็มีข้อเสียอย่างได้แก่ ระบบถังสะสมพลังงานความร้อนของตัวกลางสารละลายเกลือจะมีความสลับซับซ้อนมากที่สุด และต้องใช้ระบบถังพลังงาน 2 ถัง คือถังร้อนและถังเย็นผนวกกับปริมาณสารละลายจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางชนิดน้ำมันร้อนส่งผลให้ในระบบต้องการเครื่องปั๊มเป็นจำนวนมากซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้บางส่วนจะต้องนำมาสูญเสียให้กับการใช้ไฟฟ้าในระบบ โดยระบบนี้เป็นระบบที่สูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบสูงที่สุด นอกจากนี้การที่อุปกรณ์เครื่องมือต้องสัมผัสกับเกลือโดยตรงจึงต้องใช้วัสดุและเทคโนโลยีที่ป้องกันการกัดกร่อนของเกลือทำให้ราคาต้นทุนของถังสะสมพลังงานความร้อนด้วยเกลือมีมูลค่าสูงขึ้น

2) น้ำมันร้อน : ข้อดีของการใช้น้ำมันร้อนเป็นตัวกลางในการเก็บสะสมความร้อนคือขนาดของถังเก็บพลังงานความร้อนที่มีขนาดเล็กที่สุด มีขนาดเพียงประมาณครึ่งเท่าของระบบที่ใช้ตัวกลางสารละลายเกลือแต่ยังคงให้พลังงานไฟฟ้าเท่ากันกับตัวกลางชนิดแรก ข้อเสียของระบบนี้คือ ระบบยังคงมีความซับซ้อนอยู่แต่ไม่ซับซ้อนเท่ากับตัวกลางสารละลายเกลือ แต่มีความเสี่ยงในการรั่วไหลของน้ำมันเพราะน้ำมันมีจุดเดือดที่ต่ำกว่าเกลือ คือประมาณ 400 องศาเซลเซียส แตกต่างจากเกลือที่มีจุดเดือดที่ 600 องศาเซลเซียล ทำให้ค่าความดันในระบบนี้สูงกว่าระบบเกลือ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าต้นทุนการสร้างถังเก็บความร้อนรูปแบบนี้สูงขึ้น เพราะต้องใช้ระบบที่มีความคงทนและแข็งแรงมากยิ่งกว่าตัวกลางชนิดอื่นๆ รวมถึงค่าการบำรุงรักษาระบบที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากตัวน้ำมันนั้นมีราคาสูง ประมาณ 150 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการกำจัดน้ำมันที่หมดประสิทธิภาพทิ้ง โดยต้องมีขั้นตอนการขนย้ายที่ถูกวิธีและมีแหล่งกำจัดที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดรายจ่ายเพิ่มขึ้น เช่น ในประเทศสหรัฐนั้นจะมีการนำรถบรรทุกน้ำมันมารับน้ำมันไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นต่อเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งวิธีนี้อาจจะยังไม่ค่อยมีความเหมาะสมกับประเทศไทยมากนัก

3) คอนกรีตเสริมเหล็ก 1% : ข้อดีของการใช้น้ำมันร้อนเป็นตัวกลางในการเก็บสะสมความร้อนคือค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุด โดยโรงไฟฟ้าขนาด 10 MW นั้นต้องการขนาดคอนกรีต ประมาณ 9,200 ลบม. ในการเก็บสะสมพลังงานความร้อน โดยคอนกรีตเสริมเหล็ก 1% 1 ลบม. มีน้ำหนักประมาณ 2,350 กิโลกรัม (บริษัทว.อมรชัยวิศวกรรม, [Online]) หรือคิดเป็นน้ำหนักประมาณ 21.5 ล้านตัน ซึ่งราคาคอนกรีตผสมเหล็ก 1 % 1 กิโลกรัม นั้นมีราคาเพียง 1.2 บาท สรุปได้ว่ามีต้นทุนตัวกลางในการเก็บความ

ร้อนเพียงประมาณ 25.8 ล้านบาท นอกจากนี้ข้อดีของตัวกลางชนิดนี้คือมีค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นเพียงคอนกรีตจึงไม่ต้องบำรุงรักษาด้วยวิธีการพิเศษอื่นๆ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แต่ข้อเสียที่สำคัญที่สุดของตัวกลางคอนกรีตเสริมเหล็กก็คือพื้นที่ที่ใช้ในเป็นถังเก็บสะสมความร้อน โดยถังเก็บความร้อนของคอนกรีต 1 ยูนิตนั้นมีขนาด สูง 4 เมตร กว้าง 2.6 เมตร และยาว 18 เมตร เมื่อนำมาคำนวณหาพื้นที่สำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก 1% 9,200 ลบม. โดยจำกัดความสูงไว้ที่ 4 เมตร จะต้องใช้พื้นที่ประมาณ 380 ไร่ โดยต้องรวมถึงพื้นที่ใช้สายในการเดินซ่อมบำรุงและการติดตั้งระบบอื่นๆ อีกประมาณ 20% ทำให้โรงไฟฟ้า 10 MW ต้องใช้พื้นที่รวมประมาณ 450 ต่อ สิ่งนี้ถือเป็นข้อจำกัดสำคัญของตัวกลางการเก็บพลังงานความร้อนชนิดนี้ นอกจากนี้เทคโนโลยีในปัจจุบัน 1 ยูนิต ของถังเก็บความร้อนตัวกลางคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถเก็บสะสมความร้อนได้เพียง 6 ชั่วโมง

สรุปได้ว่าข้อดีข้อเสียของตัวกลางเก็บความร้อนชนิดต่างๆ ค่อนข้างจะมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะรูปแบบ โดยตัวกลางที่มีความเหมาะสมยืดหยุ่นทั้งขนาดพื้นที่ที่ใช้ และมูลค่าในการลงทุนคือตัวกลางชนิดสารละลายเกลือ แต่เมื่อมีขนาดพื้นที่มากสามารถเลือกที่จะตัดสินใจใช้ตัวกลางเก็บสะสมความร้อนชนิดคอนกรีตได้เนื่องจากทั้งสองรูปแบบนี้มีค่าผลตอนแทนภายใน (IRR) เฉพาะของส่วนตัวถังสะสมความร้อนใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 24.55, 23.31 โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 5 ปี ส่วนตัวกลางเก็บความร้อนชนิดน้ำมันร้อนนั้นควรเลือกใช้เมื่อขนาดพื้นที่มีขนาดจำกัด หรือรอการพัฒนาเทคโนโลยีการสังเคราะห์น้ำมัน (Synthesis Oil) ที่เหมาะสมขึ้นมาใช้ในระบบก่อน เนื่องจากค่าผลตอนแทนภายใน (IRR)เฉพาะของส่วนตัวถังสะสมความร้อนต่ำกว่ารูปแบบอื่นอย่างเห็นได้ชัด คือร้อยละ 17.93 โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6 ปี

บรรณานุกรม

บรรณานุกรรม

กระทรวงพลังงาน. (2557). **รายงานสถานภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ.2555-2556**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). (2550). **ข้อมูลและสถิติ**. รายงานประจำปี 2550: นนทบุรี.

-------. (2553). **สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553-2573**. ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

-------. (2558). **เกี่ยวกับ กฟผ.**วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ.2558 จาก http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=140&Itemid=178.

-------. (2558). **พลังงานทดแทน.** วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ.2558 จาก http://www3.egat.co.th/re.

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) (2558). **ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร กฟน.** วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ.2558 จาก http://www.mea.or.th/home.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). (2558). **แนะนำองค์กร กฟภ.** วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ.2558 จาก https://www.pea.co.th/SitePages/home.aspx.

กิตติญา กฤติยรังสิต. (2554). **การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโรงงานไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เกชา ธีระโกเมน. (2550). **วิธีการสะสมพลังงานความร้อน THERMAL ENERGY. STORAGE – TES.** บทความวิชาการ วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.255.วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ.2558 จาก http://www.eec-academy.com/academy_article.html.

คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. (2550). รายงานการพยากรณ์ไฟฟ้าความต้องการ : กรุงเทพฯ.

จารุวัฒน์ เจริญจิต และ คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ์. (2556). **ทิศทางงานวิจัยด้านระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรมพลังงาน**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 หน้า 80-99.

ชมพูนุท พรรยา. (2552). **การศึกษาและทดสอบสมรรถนะตัวรวมรังสีอาทิตย์แบบรางพาราโบลา**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา).กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล, ฉัตรชัย เปล่งสะอาด และ เกียรติศักดิ์ สกุลพันธุ์. (2549). **การใช้สารเปลี่ยนสถานะขนาดไมโครเพื่อปรับปรุงพฤติกรรมทางความร้อนให้แก่ของเหลวระบายความร้อน**. เอกสารงานวิจัยประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20 วันที่ 18-20 ตุลาคม พ.ศ.2549 จังหวัดนครราชสีมา.

ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม. (2554). **การผลิตไฟฟ้าแลการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยียางพาราโบลิก**. บทความ: ออนไลน์ วันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ.2554. วันที่สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ. 2558 จาก http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=14420&section=9.

ไพบูลย์แย้มเพื่อน. (2546).**เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปริญญา ศรีสวัสดิ์. (2549). **ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสง กรณีศึกษาสำหรับจังหวัดร้อยเอ็ด**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาขาวิชาฟิสิกส์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรธนพลฐ์ ศิริสังวร. (2553). **การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานอาทิตย์ในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี**. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรนันท์ พรหมายนง. (2548). **การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้ทรัพยากรภายในประเทศในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยและต้นทุนการรับซื้อไฟฟ้าจาก สปป. ลาว**. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิรส สาตราภัย, ปิ่นกาญจน์ ปานบ้านแพ้ว และ นันทวัน วรพลาวุฒิ. (2551). **โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยอุปกรณ์ Solar Parabolic Trough บริษัท Thai Solar Energy จำกัด**. โครงการทางธุรกิจสำหรับนักศึกษาปริญญาโทประเภทแผนธุรกิจ. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุกัญญา ศุภกิจอำนวย. (2555). **สมดุลพลังงาน เพื่อความยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคมไทย**. กรุงเทพฯ : กรุงเทพธุรกิจ มีเดีย

สุธาธิตย์ เสียงเลิศ. (2555). **การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนเฟสสำหรับประยุกต์ใช้ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก**. รายงานวิจัยตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2550). **สถิติการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย**. แหล่งที่มาของข้อมูล. http://service.nso.go.th/nso/nso _center/project /search_center/ 23project-th.htm. วันที่เข้าถึงแหล่งข้อมูล 27 มีนาคม พ.ศ.2558

Grass, W., Geyer, M., (2000). Solar Power and Chemical Enrgy System, Solar PACES Annual Report, Internationl Energy Agency (IEA)

Grass, W., Hertlein, H.P., Winter, C.J., Sizmann, R.L., Vant Hull (ed) L.L., (1991). Solar Power Plants, Springer-verlag, Berlin.

Jones, S., Pitz-Paal, R., Schwarzboezl, B., Blair, N and Cable, R. (2001). **TRNSYS Modelling of the SEGS VI parabolic trough solar electric generating system**, Proceedings of Solar Forum. 21-25 April 2001.

ภาคผนวก

ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าขนาดต่างๆ

ตัวกลาง	เกลือ		น้ำมัน		คอนกรีตเสริมเหล็ก	
ขนาดโรงไฟฟ้า (MW)	50 MW (Andasal)	10 MW	NA	10 MW	NA	10 MW
Size (m^3)	5538.96	1107.79		604.79	50,000.00	9,181.82
- Height (m)	36.00					
- Diameter (m)	14.00					
- Width						
- Length						
Mass (T)	28,000.00	5,600.00	11,813.70	1,289.93		
Mass (Kg)	28,000,000.00	5,600,000.00	11,813,698.63	1,289,928.17		21,577,272.73
Thermal E Store (MWht)	1,010.00	202.00	1,850.00	202.00	1,100.00	202.00
Cost Base (M-Euro)	200.00	40.00	200.00	40.00	200.00	40.00
Cost Storage (M-Euro)	100.00	20.00	70.00	14.00	80.00	16.00
Cost Base (M-Bath)		1400		1400		1400
Cost Storage (M-Bath)		700		448		560

ตาราง การเงินรายปีของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตัวกลาง: สารละลายเกลือ

ปีที่	ต้นทุนการติดตั้ง		ค่าดำเนินการ (ค่าจ้างพนักงาน)***		ค่าบำรุงรักษา			กระแสไฟที่ผลิต (ต่อวัน)		ผลกำไร (ต่อปี)**	
	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	อุปกรณ์ทั่วไป*			โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน
					โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	สารละลายเกลือ	(8 Hr.)	(7.5 Hr.)		
0	-1,400.00	-700.00									
1			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
2			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
3			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
4			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
5			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
6			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
7			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
8			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
9			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
10			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
11			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
12			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
13			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
14			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
15			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
16			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
17			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
18			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
19			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00
20			-28.00	-14.00	-84.00	-42.00	-8.40	80.00	75.00	230.40	216.00

ตาราง การเงินรายปีของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตัวกลาง: น้ำมันร้อน

ปีที่	ต้นทุนการติดตั้ง		ค่าดำเนินการ (ค่าจ้างพนักงาน)***		ค่าบำรุงรักษา			กระแสไฟที่ผลิต (ต่อวัน)		ผลกำไร (ต่อปี)**	
	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	อุปกรณ์ทั่วไป*			โรงไฟฟ้า (8 Hr.)	ระบบถังเก็บความร้อน (7.5 Hr.)	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน
					โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	เปลี่ยนถ่ายน้ำมัน				
0	-1,400.00	-448.00					0				
1			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
2			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
3			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
4			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
5			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
6			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
7			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
8			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
9			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
10			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
11			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
12			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
13			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
14			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
15			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
16			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
17			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
18			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
19			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00
20			-28.00	-8.96	-84.00	-26.88	-96.74	80.00	75.00	230.40	216.00

ตาราง การเงินรายปีของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตัวกลาง: คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

ปีที่	ต้นทุนการติดตั้ง		ค่าดำเนินการ (ค่าจ้างพนักงาน)***		ค่าบำรุงรักษา			กระแสไฟที่ผลิต (ต่อวัน)		ผลกำไร (ต่อปี)**	
	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	อุปกรณ์ทั่วไป*			โรงไฟฟ้า (8 Hr.)	ระบบถังเก็บความร้อน (7.5 Hr.)	โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน
					โรงไฟฟ้า	ระบบถังเก็บความร้อน	พื้นที่ดิน				
0	-1,400.00	-560.00					-22.50				
1			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
2			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
3			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
4			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
5			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
6			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
7			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
8			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
9			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
10			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
11			-28.00	11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
12			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
13			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
14			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
15			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
16			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
17			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
18			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
19			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80
20			-28.00	-11.20	-84.00	-33.60	-1.35	80.00	60.00	230.40	172.80

ตาราง NPV กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : สารละลายเกลือ

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV (Manual)	Discount Rate = 7%	ผลรวมสะสม
0	-2,100.00	0.00	-2,100.00	-2,100.00	-2,100.00	1	-2,100.00
1	-168.00	446.40	278.40	-1,821.60	260.19	1.07	-1,839.81
2	-168.00	446.40	278.40	-1,543.20	243.17	1.1449	-1,596.65
3	-168.00	446.40	278.40	-1,264.80	227.26	1.225043	-1,369.39
4	-168.00	446.40	278.40	-986.40	212.39	1.31079601	-1,157.00
5	-168.00	446.40	278.40	-708.00	198.50	1.402551731	-958.51
6	-168.00	446.40	278.40	-429.60	185.51	1.500730352	-773.00
7	-168.00	446.40	278.40	-151.20	173.37	1.605781476	-599.62
8	-168.00	446.40	278.40	127.20	162.03	1.71818618	-437.59
9	-168.00	446.40	278.40	405.60	151.43	1.838459212	-286.16
10	-168.00	446.40	278.40	684.00	141.52	1.967151357	-144.63
11	-168.00	446.40	278.40	962.40	132.27	2.104851952	-12.37
12	-168.00	446.40	278.40	1,240.80	123.61	2.252191589	111.24
13	-168.00	446.40	278.40	1,519.20	115.53	2.409845	226.77
14	-168.00	446.40	278.40	1,797.60	107.97	2.57853415	334.74
15	-168.00	446.40	278.40	2,076.00	100.90	2.759031541	435.64
16	-168.00	446.40	278.40	2,354.40	94.30	2.952163749	529.95
17	-168.00	446.40	278.40	2,632.80	88.13	3.158815211	618.08
18	-168.00	446.40	278.40	2,911.20	82.37	3.379932276	700.45
19	-168.00	446.40	278.40	3,189.60	76.98	3.616527535	777.43
20	-168.00	446.40	278.40	3,468.00	71.94	3.869684462	849.37
sum	-5,460.00	8,928.00	3,468.00		849.37		

Excel	
Cost	-2,100.00
Revenue	2,949.37
Total	849.37

ตาราง NPV กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : สารละลายเกลือ

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV (Manual)	Discount Rate = 10%	ผลรวมสะสม
0	-700.00	0.00	-700.00	-700.00	-700.00	1	-700.00
1	-42.00	216.00	174.00	-526.00	162.62	1.07	-537.38
2	-42.00	216.00	174.00	-352.00	151.98	1.1449	-385.40
3	-42.00	216.00	174.00	-178.00	142.04	1.225043	-243.37
4	-42.00	216.00	174.00	-4.00	132.74	1.31079601	-110.63
5	-42.00	216.00	174.00	170.00	124.06	1.402551731	13.43
6	-42.00	216.00	174.00	344.00	115.94	1.500730352	129.38
7	-42.00	216.00	174.00	518.00	108.36	1.605781476	237.74
8	-42.00	216.00	174.00	692.00	101.27	1.71818618	339.01
9	-42.00	216.00	174.00	866.00	94.64	1.838459212	433.65
10	-42.00	216.00	174.00	1,040.00	88.45	1.967151357	522.10
11	-42.00	216.00	174.00	1,214.00	82.67	2.104851952	604.77
12	-42.00	216.00	174.00	1,388.00	77.26	2.252191589	682.03
13	-42.00	216.00	174.00	1,562.00	72.20	2.409845	754.23
14	-42.00	216.00	174.00	1,736.00	67.48	2.57853415	821.71
15	-42.00	216.00	174.00	1,910.00	63.07	2.759031541	884.78
16	-42.00	216.00	174.00	2,084.00	58.94	2.952163749	943.72
17	-42.00	216.00	174.00	2,258.00	55.08	3.158815211	998.80
18	-42.00	216.00	174.00	2,432.00	51.48	3.379932276	1,050.28
19	-42.00	216.00	174.00	2,606.00	48.11	3.616527535	1,098.39
20	-42.00	216.00	174.00	2,780.00	44.96	3.869684462	1,143.36
sum	-1,540.00	4,320.00	2,780.00		1,143.36		

	Excel
Cost	-700.00
Revenue	1,843.36
Total	1,143.36

ตาราง NPV กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : น้ำมันร้อน

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม		Excel
					-			-
0	-1,848.00	0.00	-1,848.00	-1,848.00	1,848.00	-1,848.00	Cost	1,848.00
1	-244.58	446.40	201.82	-1,646.18	188.61	-1,659.39	Revenue	2,138.04
2	-244.58	446.40	201.82	-1,444.37	176.27	-1,483.11	Total	290.04
3	-244.58	446.40	201.82	-1,242.55	164.74	-1,318.37		
4	-244.58	446.40	201.82	-1,040.74	153.96	-1,164.41		
5	-244.58	446.40	201.82	-838.92	143.89	-1,020.52		
6	-244.58	446.40	201.82	-637.11	134.48	-886.04		
7	-244.58	446.40	201.82	-435.29	125.68	-760.36		
8	-244.58	446.40	201.82	-233.48	117.46	-642.90		
9	-244.58	446.40	201.82	-31.66	109.77	-533.13		
10	-244.58	446.40	201.82	170.15	102.59	-430.53		
11	-244.58	446.40	201.82	371.97	95.88	-334.65		
12	-244.58	446.40	201.82	573.78	89.61	-245.04		
13	-244.58	446.40	201.82	775.60	83.75	-161.30		
14	-244.58	446.40	201.82	977.42	78.27	-83.03		
15	-244.58	446.40	201.82	1,179.23	73.15	-9.88		
16	-244.58	446.40	201.82	1,381.05	68.36	58.48		
17	-244.58	446.40	201.82	1,582.86	63.89	122.37		
18	-244.58	446.40	201.82	1,784.68	59.71	182.08		
19	-244.58	446.40	201.82	1,986.49	55.80	237.88		
20	-244.58	446.40	201.82	2,188.31	52.15	290.04		
sum	-6,739.69		2,188.31		290.04			

ตาราง NPV กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : น้ำมันร้อน

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม		Excel
0	-448.00	0.00	-448.00	-448.00	-448.00	-448.00	Cost	-448.00
1	-132.58	216.00	83.42	-364.58	77.96	-370.04	Revenue	883.70
2	-132.58	216.00	83.42	-281.17	72.86	-297.18	Total	435.70
3	-132.58	216.00	83.42	-197.75	68.09	-229.09		
4	-132.58	216.00	83.42	-114.34	63.64	-165.45		
5	-132.58	216.00	83.42	-30.92	59.47	-105.98		
6	-132.58	216.00	83.42	52.49	55.58	-50.40		
7	-132.58	216.00	83.42	135.91	51.95	1.55		
8	-132.58	216.00	83.42	219.32	48.55	50.10		
9	-132.58	216.00	83.42	302.74	45.37	95.47		
10	-132.58	216.00	83.42	386.15	42.40	137.87		
11	-132.58	216.00	83.42	469.57	39.63	177.50		
12	-132.58	216.00	83.42	552.98	37.04	214.54		
13	-132.58	216.00	83.42	636.40	34.61	249.16		
14	-132.58	216.00	83.42	719.82	32.35	281.51		
15	-132.58	216.00	83.42	803.23	30.23	311.74		
16	-132.58	216.00	83.42	886.65	28.26	340.00		
17	-132.58	216.00	83.42	970.06	26.41	366.40		
18	-132.58	216.00	83.42	1,053.48	24.68	391.08		
19	-132.58	216.00	83.42	1,136.89	23.07	414.15		
20	-132.58	216.00	83.42	1,220.31	21.56	435.70		
sum	-3,099.69		1,220.31		435.70			

ตาราง NPV กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม		Excel
0	-1,982.50	0.00	-1,982.50	-1,982.50	-1,982.50	-1,982.50	Cost	-1,982.50
1	-158.15	403.20	245.05	-1,737.45	229.02	-1,753.48	Revenue	2,596.06
2	-158.15	403.20	245.05	-1,492.40	214.04	-1,539.45	Total	613.56
3	-158.15	403.20	245.05	-1,247.35	200.03	-1,339.41		
4	-158.15	403.20	245.05	-1,002.30	186.95	-1,152.46		
5	-158.15	403.20	245.05	-757.25	174.72	-977.75		
6	-158.15	403.20	245.05	-512.20	163.29	-814.46		
7	-158.15	403.20	245.05	-267.15	152.60	-661.85		
8	-158.15	403.20	245.05	-22.10	142.62	-519.23		
9	-158.15	403.20	245.05	222.95	133.29	-385.94		
10	-158.15	403.20	245.05	468.00	124.57	-261.37		
11	-158.15	403.20	245.05	713.05	116.42	-144.95		
12	-158.15	403.20	245.05	958.10	108.81	-36.14		
13	-158.15	403.20	245.05	1,203.15	101.69	65.54		
14	-158.15	403.20	245.05	1,448.20	95.03	160.58		
15	-158.15	403.20	245.05	1,693.25	88.82	249.39		
16	-158.15	403.20	245.05	1,938.30	83.01	332.40		
17	-158.15	403.20	245.05	2,183.35	77.58	409.98		
18	-158.15	403.20	245.05	2,428.40	72.50	482.48		
19	-158.15	403.20	245.05	2,673.45	67.76	550.24		
20	-158.15	403.20	245.05	2,918.50	63.33	613.56		
sum	-5,145.50		2,918.50		613.56			

ตาราง NPV กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม	NPV	ผลรวมสะสม		Excel
0	-582.50	0.00	-582.50	-582.50	-582.50	-582.50	Cost	-582.50
1	-46.15	172.80	126.65	-455.85	118.36	-464.14	Revenue	1,341.73
2	-46.15	172.80	126.65	-329.20	110.62	-353.51	Total	759.23
3	-46.15	172.80	126.65	-202.55	103.38	-250.13		
4	-46.15	172.80	126.65	-75.90	96.62	-153.51		
5	-46.15	172.80	126.65	50.75	90.30	-63.21		
6	-46.15	172.80	126.65	177.40	84.39	21.18		
7	-46.15	172.80	126.65	304.05	78.87	100.05		
8	-46.15	172.80	126.65	430.70	73.71	173.76		
9	-46.15	172.80	126.65	557.35	68.89	242.65		
10	-46.15	172.80	126.65	684.00	64.38	307.04		
11	-46.15	172.80	126.65	810.65	60.17	367.21		
12	-46.15	172.80	126.65	937.30	56.23	423.44		
13	-46.15	172.80	126.65	1,063.95	52.56	476.00		
14	-46.15	172.80	126.65	1,190.60	49.12	525.11		
15	-46.15	172.80	126.65	1,317.25	45.90	571.02		
16	-46.15	172.80	126.65	1,443.90	42.90	613.92		
17	-46.15	172.80	126.65	1,570.55	40.09	654.01		
18	-46.15	172.80	126.65	1,697.20	37.47	691.48		
19	-46.15	172.80	126.65	1,823.85	35.02	726.50		
20	-46.15	172.80	126.65	1,950.50	32.73	759.23		
sum	-1,505.50		1,950.50		759.23			

ตาราง IRR กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : สารละลายเกลือ

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-2,100.00	0.00	-2,100.00	-2,100.00
1	-176.40	446.40	270.00	-1,830.00
2	-176.40	446.40	270.00	-1,560.00
3	-176.40	446.40	270.00	-1,290.00
4	-176.40	446.40	270.00	-1,020.00
5	-176.40	446.40	270.00	-750.00
6	-176.40	446.40	270.00	-480.00
7	-176.40	446.40	270.00	-210.00
8	-176.40	446.40	270.00	60.00
9	-176.40	446.40	270.00	330.00
10	-176.40	446.40	270.00	600.00
11	-176.40	446.40	270.00	870.00
12	-176.40	446.40	270.00	1,140.00
13	-176.40	446.40	270.00	1,410.00
14	-176.40	446.40	270.00	1,680.00
15	-176.40	446.40	270.00	1,950.00
16	-176.40	446.40	270.00	2,220.00
17	-176.40	446.40	270.00	2,490.00
18	-176.40	446.40	270.00	2,760.00
19	-176.40	446.40	270.00	3,030.00
20	-176.40	446.40	270.00	3,300.00
sum	-5,628.00	8,928.00	3,300.00	

IRR 11.36%
คืนทุนในปีที่ 8

ตาราง IRR กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : สารละลายเกลือ

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-700.00	0.00	-700.00	-700.00
1	-42.00	216.00	174.00	-526.00
2	-42.00	216.00	174.00	-352.00
3	-42.00	216.00	174.00	-178.00
4	-42.00	216.00	174.00	-4.00
5	-42.00	216.00	174.00	170.00
6	-42.00	216.00	174.00	344.00
7	-42.00	216.00	174.00	518.00
8	-42.00	216.00	174.00	692.00
9	-42.00	216.00	174.00	866.00
10	-42.00	216.00	174.00	1,040.00
11	-42.00	216.00	174.00	1,214.00
12	-42.00	216.00	174.00	1,388.00
13	-42.00	216.00	174.00	1,562.00
14	-42.00	216.00	174.00	1,736.00
15	-42.00	216.00	174.00	1,910.00
16	-42.00	216.00	174.00	2,084.00
17	-42.00	216.00	174.00	2,258.00
18	-42.00	216.00	174.00	2,432.00
19	-42.00	216.00	174.00	2,606.00
20	-42.00	216.00	174.00	2,780.00
sum	-1,540.00	4,320.00	2,780.00	

IRR 24.55%
คืนทุนในปีที่ 5

ตาราง IRR กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : น้ำมันร้อน

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-1,848.00	0.00	-1,848.00	-1,848.00
1	-244.58	446.40	201.82	-1,646.18
2	-244.58	446.40	201.82	-1,444.37
3	-244.58	446.40	201.82	-1,242.55
4	-244.58	446.40	201.82	-1,040.74
5	-244.58	446.40	201.82	-838.92
6	-244.58	446.40	201.82	-637.11
7	-244.58	446.40	201.82	-435.29
8	-244.58	446.40	201.82	-233.48
9	-244.58	446.40	201.82	-31.66
10	-244.58	446.40	201.82	170.15
11	-244.58	446.40	201.82	371.97
12	-244.58	446.40	201.82	573.78
13	-244.58	446.40	201.82	775.60
14	-244.58	446.40	201.82	977.42
15	-244.58	446.40	201.82	1,179.23
16	-244.58	446.40	201.82	1,381.05
17	-244.58	446.40	201.82	1,582.86
18	-244.58	446.40	201.82	1,784.68
19	-244.58	446.40	201.82	1,986.49
20	-244.58	446.40	201.82	2,188.31
sum	-6,739.69	8,928.00	2,188.31	

IRR	8.96%
คืนทุนในปีที่	10

ตาราง IRR กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : น้ำมันร้อน

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-448.00	0.00	-448.00	-448.00
1	-132.58	216.00	83.42	-364.58
2	-132.58	216.00	83.42	-281.17
3	-132.58	216.00	83.42	-197.75
4	-132.58	216.00	83.42	-114.34
5	-132.58	216.00	83.42	-30.92
6	-132.58	216.00	83.42	52.49
7	-132.58	216.00	83.42	135.91
8	-132.58	216.00	83.42	219.32
9	-132.58	216.00	83.42	302.74
10	-132.58	216.00	83.42	386.15
11	-132.58	216.00	83.42	469.57
12	-132.58	216.00	83.42	552.98
13	-132.58	216.00	83.42	636.40
14	-132.58	216.00	83.42	719.82
15	-132.58	216.00	83.42	803.23
16	-132.58	216.00	83.42	886.65
17	-132.58	216.00	83.42	970.06
18	-132.58	216.00	83.42	1,053.48
19	-132.58	216.00	83.42	1,136.89
20	-132.58	216.00	83.42	1,220.31
sum	-3,099.69	4,320.00	1,220.31	

IRR	17.93%
คืนทุนในปีที่	6

ตาราง IRR กรณีสร้างโรงไฟฟ้าใหม่พร้อมถังสะสมพลังงาน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-1,982.50	0.00	-1,982.50	-1,982.50
1	-158.15	403.20	245.05	-1,737.45
2	-158.15	403.20	245.05	-1,492.40
3	-158.15	403.20	245.05	-1,247.35
4	-158.15	403.20	245.05	-1,002.30
5	-158.15	403.20	245.05	-757.25
6	-158.15	403.20	245.05	-512.20
7	-158.15	403.20	245.05	-267.15
8	-158.15	403.20	245.05	-22.10
9	-158.15	403.20	245.05	222.95
10	-158.15	403.20	245.05	468.00
11	-158.15	403.20	245.05	713.05
12	-158.15	403.20	245.05	958.10
13	-158.15	403.20	245.05	1,203.15
14	-158.15	403.20	245.05	1,448.20
15	-158.15	403.20	245.05	1,693.25
16	-158.15	403.20	245.05	1,938.30
17	-158.15	403.20	245.05	2,183.35
18	-158.15	403.20	245.05	2,428.40
19	-158.15	403.20	245.05	2,673.45
20	-158.15	403.20	245.05	2,918.50
sum	-5,145.50	8,064.00	2,918.50	

IRR 10.76%
คืนทุนในปีที่ 9

ตาราง IRR กรณีสร้างเฉพาะถังสะสมพลังงาน : คอนกรีตเสริมเหล็ก 1%

ปี	รายจ่าย	รายรับ	ผลรวม	ผลรวมสะสม
0	-582.50	0.00	-582.50	-582.50
1	-34.95	172.80	137.85	-444.65
2	-34.95	172.80	137.85	-306.80
3	-34.95	172.80	137.85	-168.95
4	-34.95	172.80	137.85	-31.10
5	-34.95	172.80	137.85	106.75
6	-34.95	172.80	137.85	244.60
7	-34.95	172.80	137.85	382.45
8	-34.95	172.80	137.85	520.30
9	-34.95	172.80	137.85	658.15
10	-34.95	172.80	137.85	796.00
11	-34.95	172.80	137.85	933.85
12	-34.95	172.80	137.85	1,071.70
13	-34.95	172.80	137.85	1,209.55
14	-34.95	172.80	137.85	1,347.40
15	-34.95	172.80	137.85	1,485.25
16	-34.95	172.80	137.85	1,623.10
17	-34.95	172.80	137.85	1,760.95
18	-34.95	172.80	137.85	1,898.80
19	-34.95	172.80	137.85	2,036.65
20	-34.95	172.80	137.85	2,174.50
sum	-1,281.50	3,456.00	2,174.50	

IRR 23.31%
คืนทุนในปีที่ 5

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายกฤตที เพิ่มพูล
วันเดือนปีเกิด	26 มิถุนายน 2524
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.สมุทรปราการ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	80/749 ซอย 53 หมู่บ้านทิพวัล 1 ถนนเทพารักษ์ ต.บางเมืองใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ โทร. 081-321-3067
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรโครงการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท โตนานเอเชีย จำกัด เลขที่ 19 ชั้น 3 ซอยบางนา-ตราด 25 ถ.บางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2547	วิศวกรรมศาสตร์ (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จาก มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม
พ.ศ. 2558	วิศวกรรมมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร