กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2

พลังงาน

แสงอาทิตย์

คู่มือการพัฒนาและการลงทุน
ผลิตพลังงานทดแทน
ชุดที่ 2

พลังงาน
แสงอาทิตย์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คำนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น โดยการแปรรูป ชานอ้อย ใยและกะลาปาล์ม แกลบ และซังข้าวโพด เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อนสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม ส่วนกากน้ำตาล น้ำอ้อย และมันสำปะหลังใช้ผลิตเอทานอล และน้ำมันปาล์ม และสเตรินใช้ผลิตไบโอดีเซล เป็นต้น กระทรวงพลังงานจึงมียุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนจากพืชพลังงานเหล่านี้ เพื่อจะได้เป็นตลาดทางเลือกสำหรับผลิตผลการเกษตรไทย ซึ่งจะสามารถช่วยดูดซับผลผลิตทางการเกษตรและช่วยทำให้ราคาผลผลิตการเกษตรมีเสถียรภาพ และภาครัฐไม่ต้องจัดสรรงบประมาณมาประกันราคาพืชผลผลิตดังกล่าว ประกอบกับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากพืชพลังงานเป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจหรือเกือบคุ้มทุนหากได้รับการสนับสนุนอีกเพียงเล็กน้อยจากภาครัฐบาล นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีแหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน เช่น ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก พลังลม และพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถใช้ผลิตพลังงานทดแทนได้

กระทรวงพลังงาน (พน.) ได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี โดยมอบหมายให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักประสานงานกับส่วนผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ ให้ดำเนินการจัดทำแผนปฏิบัติการตามกรอบแผนพัฒนาพลังงานทดแทน เพื่อให้สามารถดำเนินการพัฒนาพลังงานทดแทนด้านต่างๆ ให้สามารถผลิตไฟฟ้ารวมสะสมถึงปี 2565 จำนวน 5,604 เมกะวัตต์ ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 500 เมกะวัตต์ พลังงานลม 800 เมกะวัตต์ พลังน้ำ 324 เมกะวัตต์ พลังงานชีวมวล 3,700 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพ 120 เมกะวัตต์ ขยะ 160 เมกะวัตต์ นอกจากนั้นยังให้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ เอทานอลและไบโอดีเซล รวมทั้งพลังงานความร้อนและก๊าซ NGV ซึ่งก่อให้เกิดสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนได้ 20% ของปริมาณการใช้บริโภคของประเทศในปี 2565 การตั้งเป้าหมายสู่ความสำเร็จของการผลิตพลังงานทดแทนให้ได้ปริมาณดังกล่าว จำเป็นต้องสร้างแนวทางแผนพัฒนาในแต่ละเทคโนโลยีโดยเฉพาะกับภาคเอกชน ซึ่งเป็นแนวทางหลักที่สำคัญในการขับเคลื่อนสู่ความสำเร็จได้ ต้องมีความเด่นชัดในนโยบายเพื่อให้ปรากฏต่อการลงทุนจากภาคเอกชนและสร้างผลประโยชน์ต่อการดำเนินการ

สำหรับคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะเป็นคู่มือที่จะช่วยให้ผู้สนใจทราบถึงเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน รวมทั้งมีความเข้าใจในแนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทน มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล อาทิ การพิจารณาถึงศักยภาพ โอกาสและความสามารถในการจัดหาแหล่งพลังงานหรือวัตถุดิบ ลักษณะการทำงานทางเทคนิค และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่โดยทั่วไป ข้อดีและข้อเสียเฉพาะของแต่ละเทคโนโลยี การจัดหาแหล่งเงินทุน กฎระเบียบและมาตรการ

ส่งเสริมสนับสนุนต่างๆ ของภาครัฐ ขั้นตอนปฏิบัติในการติดต่อหน่วยงานต่างๆซึ่งจะเป็นเอกสารที่จะช่วยสร้างความเข้าใจในลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆ ทั้งการผลิตไฟฟ้า ความร้อนและเชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายตามความต้องการของกระทรวงพลังงานต่อไป

คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนที่จัดทำขึ้นนี้ จะแบ่งออกเป็น 8 ชุด ได้แก่ ลม แสงอาทิตย์ น้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ เอทานอล ไบโอดีเซลโดยฉบับนี้จะเป็น**ชุดที่ 2 เรื่องคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์)** ซึ่ง พพ. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะช่วยให้ผู้สนใจมีความเข้าใจในแนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทนมาใช้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ สร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ รวมทั้งลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งจะส่งผลดีต่อประเทศชาติโดยรวม อย่างยั่งยืนต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 1

1.2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 7

1.3 ประเภทของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ 8

1.3.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 8

1.3.2 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน 9

บทที่ 2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 11

2.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) 11

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) 12

2.1.2 Charge controller 17

2.1.3 แบตเตอรี่ (Battery) 18

2.1.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) 18

2.2 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal) 19

2.2.1 Parabolic dish 20

2.2.2 Parabolic Trough 20

2.2.3 Solar Thermal Tower 21

2.2.4 Solar Chimney Tower 21

บทที่ 3 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ 23

3.1 เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ 23

3.1.1 แผงรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ 23

3.1.2 ระบบผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 25

3.2 เทคโนโลยีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 29

3.2.1 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Active System 30

3.2.2 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Passive System 31

3.2.3 โครงการพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ 36

4.1 การวิเคราะห์ผลการตอบแทนการลงทุน 36

4.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) 36

4.1.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR) 37

4.1.3 ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio, B/C) 37

4.1.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of Energy) 37

4.1.5 ระยะเวลาการลงทุน (Payback Period) 38

4.1.6 งบกระแสเงินสด (Cash Flow) 38

4.2 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุนที่ถูกต้อง 38

4.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 39

4.3.1 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย 39

4.3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย 44

4.3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ 46

4.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ 50

4.4.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนก่อสร้างโซลาร์ฟาร์มสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย 50

4.4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย 51

4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 53

4.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 59

บทที่ 5 การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 60

5.1 มาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Adder Cost) 60

5.2 โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน 62

5.3 โครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน (ESCO FUND) 64

5.4 กลไกลการพัฒนาที่สะอาด (CDM) 67

5.5 โครงการส่งเสริมการลงทุน โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) 70

บทที่ 6 ขั้นตอนการขอใบอนุญาตต่างๆ 73

สารบัญ (ต่อ)

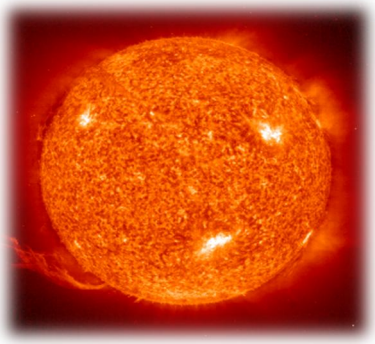
หน้า

ภาคผนวก

1. รายชื่อและที่อยู่ของบริษัทผู้ผลิต ผู้ประกอบและจำหน่ายอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย 83
2. รายชื่อและที่อยู่ของบริษัทผู้ผลิต ประกอบและจำหน่ายอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย 85

เอกสารอ้างอิง 90

บทที่ 1
บทนำ



ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพมหาศาล ไม่มีวันหมด เป็นพลังงานสะอาด ปราศจากอันตรายและมลพิษ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทุกพื้นที่ พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดจากกระบวนการนิวเคลียร์ที่เรียกว่า นิวเคลียร์ฟิวชั่น ซึ่งกระบวนการเกิดพลังงานบนดวงอาทิตย์เป็นผลจากการรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมฮีเลี่ยม และจะมีมวลอะตอมไฮโดรเจนส่วนหนึ่ง เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานในรูปแบบคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกไปรอบดวงอาทิตย์ โดยพลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นมีค่าประมาณ 3.8×10^{23} กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากระยะห่างจากโลกถึง 93 ล้านไมล์ ทำให้พลังงานที่ส่งมายังโลกเหลือประมาณ 1.8×10^{14} กิโลวัตต์ เมื่อถูกดูดซับจากชั้นบรรยากาศจะตกลงบนพื้นโลกประมาณ 1.25×10^{14} กิโลวัตต์ หรือมีค่าประมาณ 961-1,191 วัตต์ต่อตารางเมตร คิดเป็นพลังงานประมาณ 2,000-2,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี โดยปริมาณความร้อนที่ดวงอาทิตย์ถ่ายเทมาสู่โลกทั้งหมดนั้น กว่า 31.8% ได้ถูกสะท้อนกลับในลักษณะคลื่นสั้นสู่ชั้นบรรยากาศ (โลกไม่ได้ใช้งานใดๆ) และมีเพียง 68.2% ที่เหลือเท่านั้นที่ผิวโลกสามารถรับความร้อนได้ ซึ่งโลกได้นำพลังงานที่ได้รับนี้ไปก่อให้เกิดความร้อนในโลกรวม 43.5% นำพลังงานความร้อนไปก่อให้เกิดการระเหยของน้ำและของเหลวบนโลกรวมถึงการเกิดฝนตกต่างๆ รวม 22.7%, นำพลังงานนี้ไปก่อกำเนิดคลื่นและลมต่างๆ บนโลกอีก 1.9%, และเหลือเป็นพลังงานไปใช้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก รวมทั้งมนุษย์ สัตว์ และการเจริญเติบโตของพืช อีกเพียง 0.1% เท่านั้น และหากเทียบกับการใช้พลังงานในโลก พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ ตกกระทบผิวโลก 1 เดือนหากมนุษย์สามารถมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดจะสามารถทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินได้ แปดล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดกันว่ามีเหลืออยู่ในโลกทั้งหมด

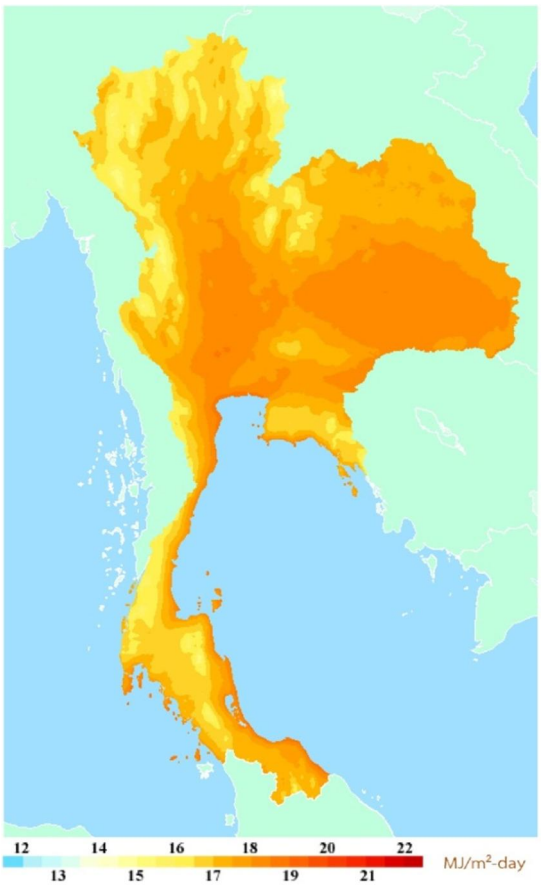
1.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคพื้นดิน พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 23 MJ/m^2-day และเมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ดยโสธร อุบลราชธานี อุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาทอยุธยา และจังหวัดลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีที่19 ถึง 20 MJ/m^2-day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 11.0% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 35.6% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 18-19 MJ/m^2-day จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m^2-day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและได้จัดทำเป็นแผนที่ เรียกแผนที่ดังกล่าวว่า “แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย” ในแผนที่จะแสดงความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่บริเวณต่างๆ ของประเทศไทยได้รับในรูปของค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีในหน่วย MJ/m^2-day และภายหลังนำผลที่วิเคราะห์ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมไปตรวจสอบกับสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของ พพ. ที่ได้จัดตั้งไว้ 38 แห่ง และสถานีวัดของมหาวิทยาลัยศิลปากร 4 แห่ง

จากผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าที่ได้จากแผนที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัด โดยมีความแตกต่างในรูปของ root mean square difference RMSD = 7.3% ซึ่งถือว่าความละเอียดถูกต้องของแผนที่ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ดี ดังปรากฏตารางที่ 1-1

จากแผนที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ จะทำให้ทราบศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงแผ่เป็นบริเวณกว้างตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุดรธานี นอกจากนี้ยังมีบริเวณที่มีศักยภาพสูงในพื้นที่บางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี สำหรับเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของประเทศที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในระดับต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 1-2 และแสดงความเข้มรังสีรวมของประเทศเปรียบเทียบกับของประเทศอื่นๆ ตารางที่ 1-3 จะเห็นได้ว่าครึ่งหนึ่งพื้นที่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่า 17 MJ/m^2-day ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง



แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย
ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ราวันต่อปี*

**ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554*

ตารางที่ 1-1 แสดงผลการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากแผนที่ฯ กับค่าที่ได้จากสถานีวัด

สถานี	จังหวัด	H (map) MJ/m^2	H (measurement) MJ/m^2	Difference (%)
1	กรุงเทพมหานคร	17.9	17.5	2.2
2	กาญจนบุรี (กรมอุตุนิยมวิทยา)	18.0	18.4	2.0
3	กาญจนบุรี (ทองผาภูมิ)	17.1	17.3	0.8
4	ขอนแก่น	17.9	18.5	3.0
5	ชลบุรี	17.3	17.9	3.2
6	ชุมพร	17.5	17.5	0.1
7	เชียงราย	17.0	17.1	0.6
8	เชียงใหม่	17.2	18.0	4.8
9	ดอยอินทนนท์ (แม่กลาง)	17.0	16.8	0.8
10	ดอยอินทนนท์ (เรดาร์)	17.0	16.1	5.3
11	ดอยอินทนนท์ (สำนักงาน)	17.0	15.4	9.1
12	ตรัง	16.9	17.9	5.8
13	ตราด	17.2	17.1	0.3
14	ตาก	16.7	16.5	1.3
15	นครพนม	17.4	17.4	0.5
16	นครราชสีมา	18.1	18.1	0.1
17	นครสวรรค์	18.3	17.9	2.2
18	นราธิวาส	18.8	18.6	1.0
19	น่าน	17.2	17.3	0.3
20	ประจวบคีรีขันธ์	18.7	18.5	1.1
21	ปราจีนบุรี	17.9	17.6	1.7
22	พิษณุโลก	17.9	18.2	1.8
23	เพชรบูรณ์	17.6	17.8	1.1
24	แพร่	17.1	17.6	2.9
25	ภูเก็ต	17.9	19.1	6.7
26	แม่สะเรียง	16.8	16.8	0.0
27	แม่ฮ่องสอน	17.0	16.3	4.5
28	ร้อยเอ็ด	18.1	18.9	4.3
29	ระนอง	15.8	16.0	1.0
30	ลพบุรี	17.9	18.4	2.7
31	เลย	17.1	16.8	1.6
32	สงขลา	17.1	17.7	3.3
33	สระแก้ว	18.2	16.8	7.5
34	สุราษฎร์ธานี (เกาะสมุย)	18.2	18.7	2.8

สถานี	จังหวัด	H (map) MJ/m^2	H (measurement) MJ/m^2	Difference (%)
35	สุราษฎร์ธานี (พุนพิน)	17.4	17.7	1.6
36	สุรินทร์	18.5	18.0	2.5
37	หนองคาย	17.5	18.5	5.7
38	อุบลราชธานี	18.1	18.2	0.4
RMSE (%)		7.3%		

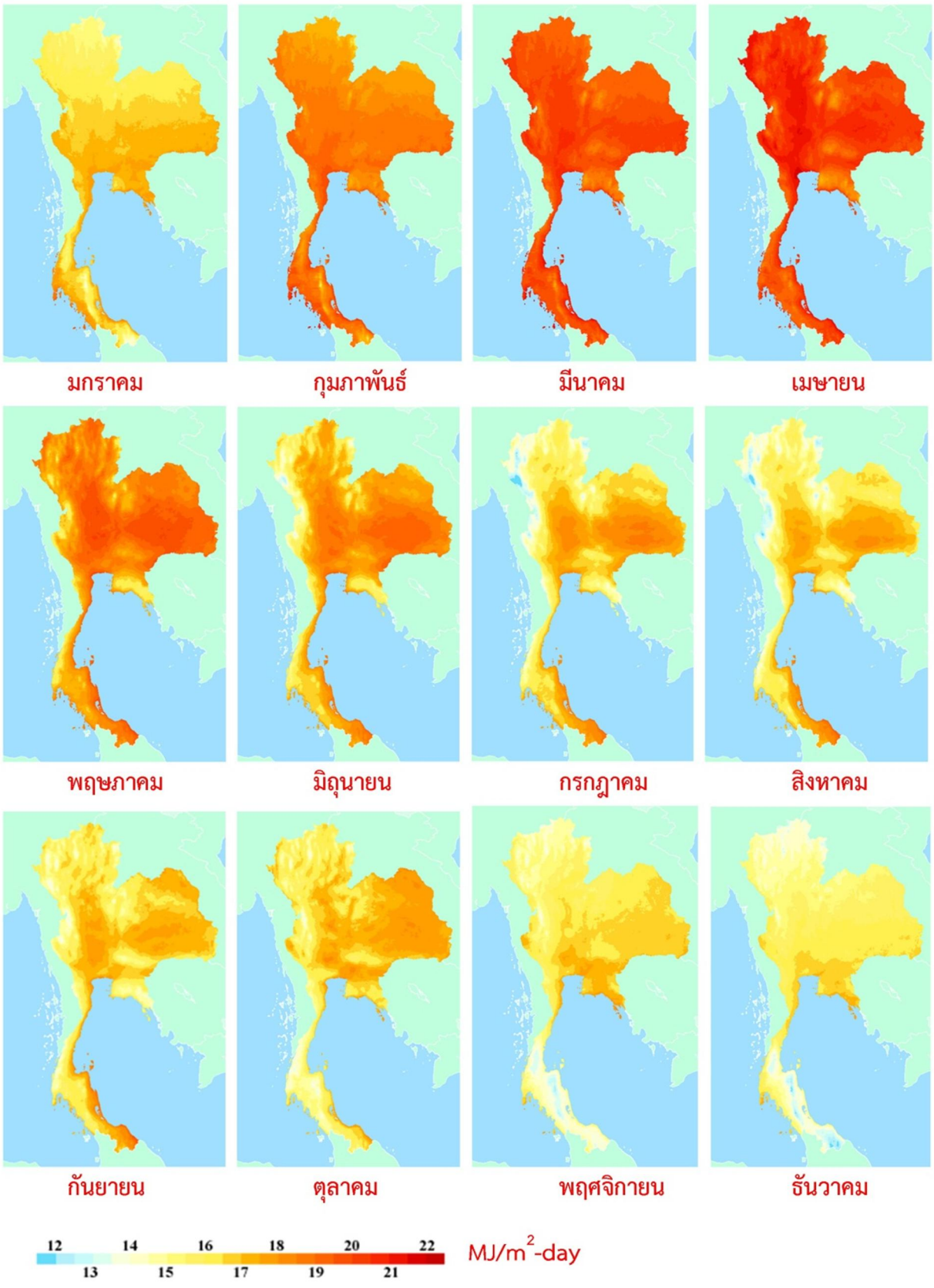
ตารางที่ 1-2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในระดับต่างๆ

ช่วงความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี (MJ/m^2-day)	ร้อยละของพื้นที่เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ
15 – 16	0.4
16 - 17	13.2
17 - 18	39.8
18 - 19	35.6
19 – 20	11.0

ตารางที่ 1-3 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มรังสีรวมของประเทศไทยกับของประเทศอื่นๆ

ประเทศ	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปี (MJ/m^2-day)
อังกฤษ	8.95
ไอร์แลนด์	9.95
ญี่ปุ่น	13.0
สหรัฐอเมริกา	19.0
ออสเตรเลีย	19.6
อินเดีย	20.3
ไทย	18.0

รังสีดวงอาทิตย์นอกจากจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์ตามเวลาในรอบปีแล้ว ยังขึ้นอยู่กับภูมิประเทศด้วย ดังปรากฏตามแผนที่ความเข้มรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือนของเดือนต่างๆ จะเห็นว่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ทั่วประเทศมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และตามฤดูกาลในรอบปี โดยในช่วงเดือน ม.ค.-ก.พ. ภาคใต้ฝั่งตะวันตกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกยังคงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ท้องฟ้ามีเมฆและฝน รังสีดวงอาทิตย์ที่รับจึงมีค่าต่ำกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก สำหรับในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถึงแม้ท้องฟ้าส่วนใหญ่จะแจ่มใส (clear sky)

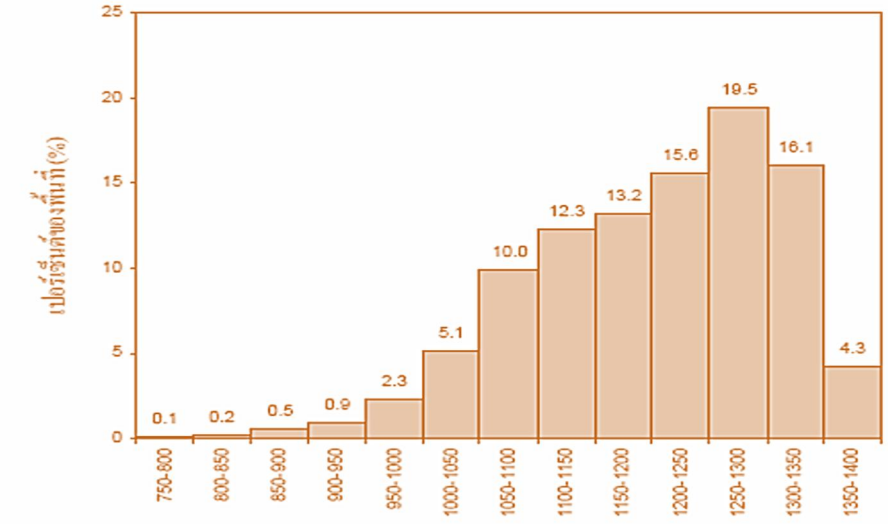


แผนที่แสดงความเข้มรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือนของเดือนต่างๆ

** ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554*

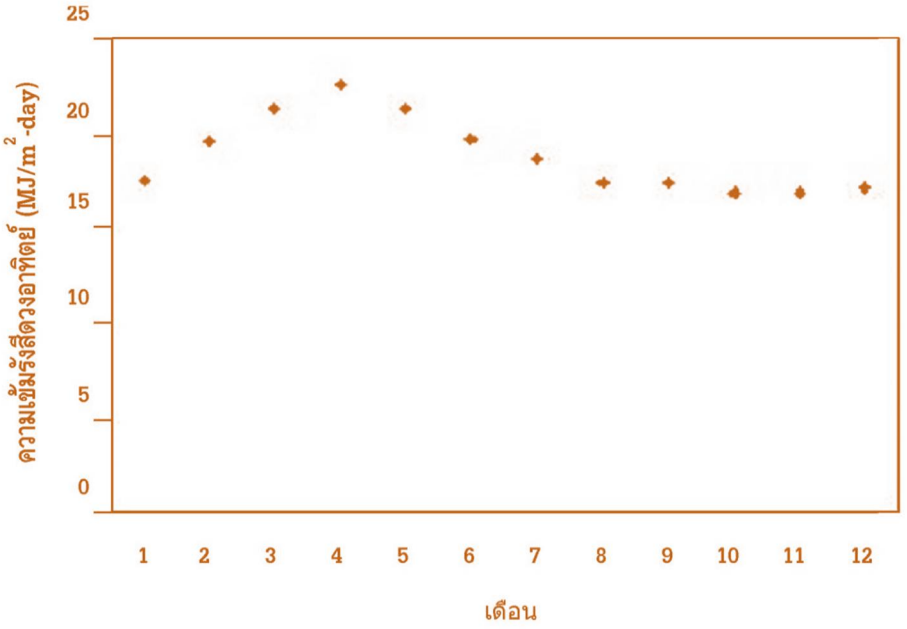
แต่ทางเดินของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนดังกล่าวจะดูได้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (celestial senator) ทำให้มุมรังสีตกกระทบในภาคดังกล่าวมีค่ามาก รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในพื้นที่ส่วนใหญ่จึงต่ำกว่าในภาคใต้ นอกจากนี้ ในเขตภูเขาทางภาคเหนือยังได้รับอิทธิพลจากหมอกที่ปกคลุมทำให้ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ ในเดือนมีนาคมและเมษายนทางเดินปรากฏ (apparent path) ของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนจากซีกฟ้าใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปสู่ซีกฟ้าเหนือ ประกอบกับท้องฟ้าส่วนใหญ่ยังมีเมฆปกคลุมน้อยทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับมีค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปถึงเดือนตุลาคม พื้นที่ทั่วประเทศจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยจะเริ่มมีอิทธิพลจากด้านตะวันตกของประเทศทำให้รังสีดวงอาทิตย์ค่อยๆ ลดลงทั่วประเทศ ถึงแม้ว่าหลังจากเดือนตุลาคมจะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านประเทศไทย ซึ่งทำให้ท้องฟ้าในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือแจ่มใส แต่ทางเดินของดวงอาทิตย์ในช่วงดังกล่าวอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับมีค่าค่อนข้างต่ำ สำหรับในภาคใต้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดเมฆและฝน ทางด้านภาคใต้ฝั่งตะวันออก รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในบริเวณดังกล่าว จึงมีค่าค่อนข้างต่ำ

รังสีรวม ซึ่งประกอบด้วยรังสีกระจายและรังสีตรง อัตราส่วนระหว่างรังสีกระจายต่อรังสีรวมเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ เพราะเป็นตัวบอกคุณภาพของรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากการวัดรังสีกระจายทำได้ยากกว่ารังสีรวม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีค่าอัตราส่วนระหว่างรังสีกระจายต่อรังสีรวม ซึ่งจากการศึกษาโดย พพ. พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมของพื้นที่ทั่วประเทศ มีค่าเท่ากับ 0.42 ซึ่งแสดงว่าประเทศไทยได้รับรังสีกระจายเป็นสัดส่วนค่อนข้างสูงและจากข้อมูลการแจกแจงระดับของรังสีตรงในช่วงต่างๆ โดยหาว่ารังสีตรงในระดับนั้นๆ ครอบคลุมพื้นที่กี่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด พบว่าการแจกแจงดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร โดยเน้นไปทางค่ารังสีตรงที่มีค่ามากและบริเวณที่มีความเข้มรังสีตรงสูงสุด (1,350 – 1,400 kWh/m^2-yr) ครอบคลุมพื้นที่ 4.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่บางส่วนของภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง



รูปแสดงการแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่

ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะแปรค่าในรอบปีอยู่ในระหว่าง 16-22 MJ/m^2-day โดยมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและสูงสุดในเดือนเมษายน แล้วค่อยลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคม การเปลี่ยนแปลงนี้ถือว่ามีไม่มากนักซึ่งเป็นผลดีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ อุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์บางชนิด เช่น การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบรวมแสง (concentrator) จะใช้ประโยชน์จากรังสีตรงดวงอาทิตย์เท่านั้น โดยไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีกระจายได้ จากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีตรงค่อนข้างสูง (1,350 – 1,400 kWh/m^2-yr) ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง (dry season) ท้องฟ้าส่วนใหญ่แจ่มใสปราศจากเมฆรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จึงเป็นรังสีตรง และตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป รังสีตรงจะค่อยๆ ลดลง อย่างไรก็ตามค่ารังสีตรงดังกล่าวสำหรับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบรวมแสงในปัจจุบันถือว่าค่อนข้างต่ำ โดยทั่วไปโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทรวมแสงจะจัดตั้งในบริเวณที่มีค่ารังสีตรงมากกว่า 2,000 kWh/m^2-yr



รูปแสดงการแปรค่าความเข้มแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

1.2 การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดทั้งปีซึ่งความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m^2/day หรือ 5.0 kWh/m^2/day จัดอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลายๆ ประเทศ ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการพัฒนาและใช้ประโยชน์ ซึ่งประเทศไทยได้รู้จักการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานาน เริ่มจากการใช้ประโยชน์เพื่อการถนอมอาหาร โดยการตากแห้งและอบแห้งอาหารและผลผลิตทางเกษตรต่างๆ ตลอดจนการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อการปรุงอาหาร และกิจการอื่นๆ เช่น เพื่อการตากผ้า และการทำนาเกลือ เป็นต้น

ในปัจจุบันประเทศไทย ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีในการนำเอาความร้อนของแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ เช่น การใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงพยาบาล โรงแรม การทำเครื่องต้มน้ำจากแสงอาทิตย์ การทำเตาแสงอาทิตย์ การทำเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ การทำเครื่องอบแห้งผลิตผลเกษตรกรรม และอื่นๆ อีกมากมายซึ่งเป็นการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรงที่มิต้องอาศัยเทคโนโลยีสูงหรือสลับซับซ้อนนัก และการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ทำได้ 2 วิธีคือ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์หรือโซล่าร์เซลล์ (Solar Cell) ซึ่งอาศัยวัสดุสำคัญประเภทสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน หรือสารประกอบกึ่งตัวนำ เช่น กอลเลียมอาร์เซไนด์

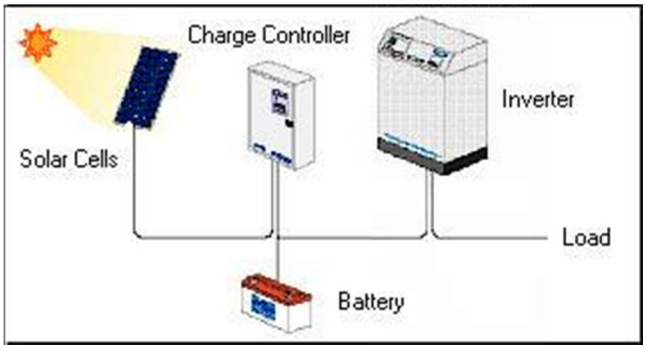
ส่วนอีกวิธีหนึ่งของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ก็คือ ใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์ไปต้มน้ำหรือทำให้ก๊าซร้อน แล้วใช้ไอน้ำร้อนหรือก๊าซร้อนไปทำให้เทอร์ไบน์หรือกังหันใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนอีกต่อหนึ่ง โดยสรุปแล้วถ้าจะผลิตไฟฟ้าในระดับใหญ่ถึงขั้นเป็นโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์แล้วก็ทำได้ 2 วิธี คือ ใช้เซลล์สุริยะจำนวนมากหรือ ใช้แสงอาทิตย์เป็นปริมาณมากไปต้มน้ำหรือทำให้ก๊าซร้อน แล้วไปทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอีกต่อหนึ่ง ซึ่งในการนี้จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง สลับซับซ้อนและราคาการลงทุนชั้นแรกสูงมาก

1.3 ประเภทของเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

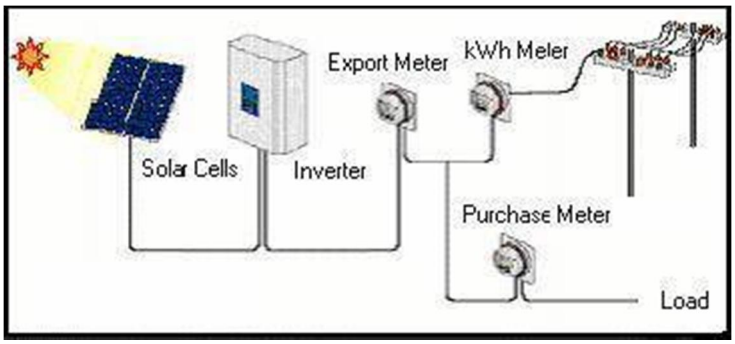
พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความเย็น สำหรับเอกสารฉบับนี้จะนำเสนอเฉพาะเทคโนโลยีที่มีการใช้งานในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย และมีความคุ้มค่าในปัจจุบัน ได้แก่ เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และความร้อน ในรูปแบบของการผลิตน้ำร้อนและการอบแห้งดังนี้

1.3.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

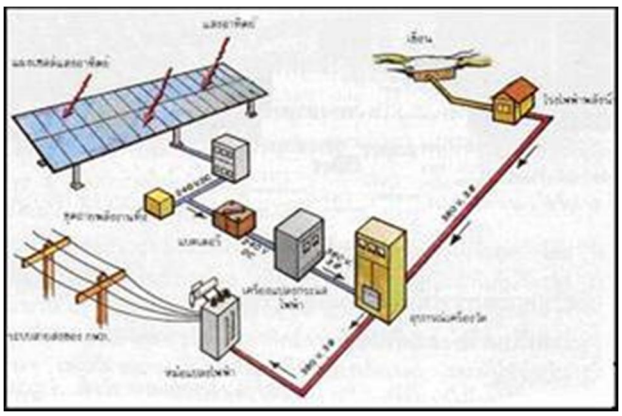
- ***เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ*** (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



- ***เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย*** (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



- ***เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน*** (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ



1.3.2 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ได้แก่ การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

- **การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์**แบ่งออกเป็น 3 ชนิด
  - *การผลิตน้ำร้อนชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ* เป็นการผลิตน้ำร้อนชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ ใช้หลักการหมุนเวียนตามธรรมชาติ
  - *การผลิตน้ำร้อนชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน* เหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนจำนวนมาก และมีการใช้อย่างต่อเนื่อง
  - *การผลิตน้ำร้อนชนิดผสมผสาน* เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้งจากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น หรือเครื่องปรับอากาศ โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

- **การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์** ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ
  - *การอบแห้งระบบ Passive* เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน
  - *การอบแห้งระบบ Active* เป็นระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ
  - *การอบแห้งระบบ Hybrid* เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น

บทที่ 2

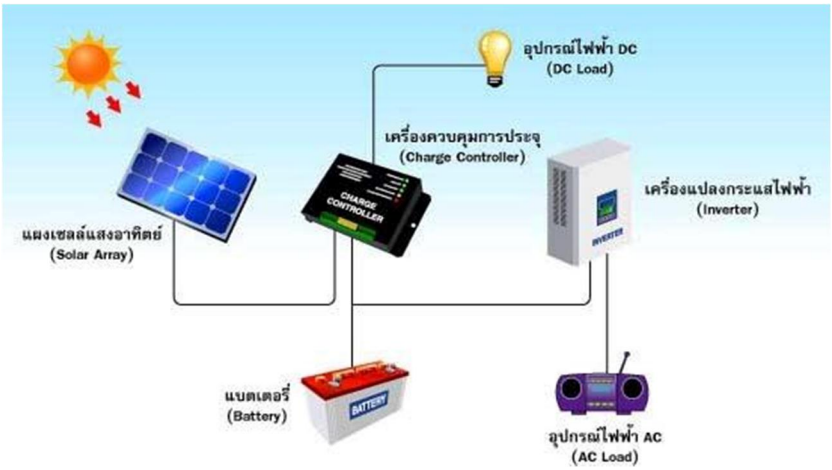
การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วย**เซลล์แสงอาทิตย์** และระบบผลิตไฟฟ้าด้วย**ความร้อนแสงอาทิตย์**

2.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic)

ประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ.2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุขและมูลนิธิแพทย์อาสาฯ มีประมาณ 300 แผง แต่ละแผงมีขนาด 15/30 วัตต์ และได้มีนโยบายและแผนด้าน เซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงใน แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ติดตั้ง ใช้งาน อย่างเป็นรูปธรรมในช่วงท้ายของ แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) โดยมีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน) กรมโยธาธิการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เป็นหน่วยงานหลัก ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้งานในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่องสูบน้ำ

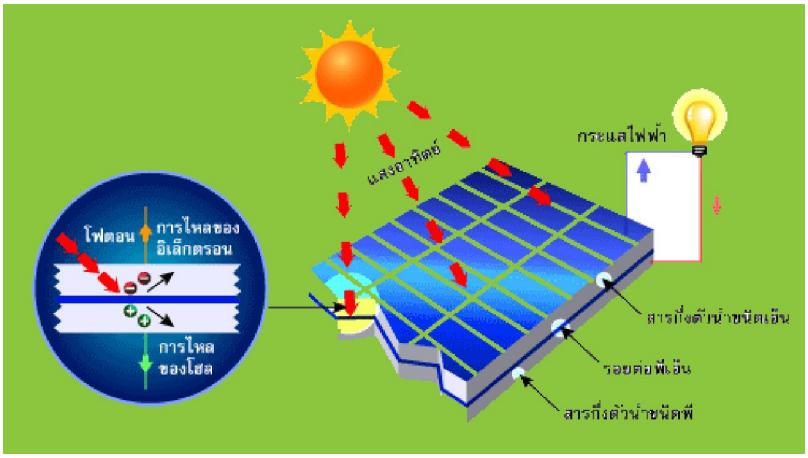
การใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์โดยตรง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เครื่องเปลี่ยนระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องมีการออกแบบเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในบ้านพักอาศัย ซึ่งในการออกแบบระบบจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ต่างๆเพื่อสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่สุดในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้



2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปีค.ศ. 1954 โดยแซปปิน(Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) ซึ่งได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอนจนได้เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลกซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% โดยในระยะเวลาต่อมามีการวิจัยและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงกว่า 15 % โดยในระยะเริ่มต้น ได้นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศดาวเทียมระบบสื่อสารต่างๆจนในปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากความต้องการการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีสะอาดที่เพิ่มสูงขึ้นและการพัฒนาเทคโนโลยีส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น

Solar Cell

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิคอนซึ่งเป็นวัสดุเช่นเดียวกับ Transistors และวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) โดยการเติมธาตุในกลุ่ม 3 และ 5 ของตารางธาตุ ซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอน (P-Type และ N-type) ที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าตามลำดับ เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสภาวะที่เป็นกลาง (Depletion Region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง (Layer) เมื่อมีแสงซึ่งมีอนุภาคโฟตอน (Photon) มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอน อิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจะเกิดการไหลความไม่สมดุลของประจุระหว่างชั้นเซลล์เมื่อมีการต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดการความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้นเมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้วเกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้

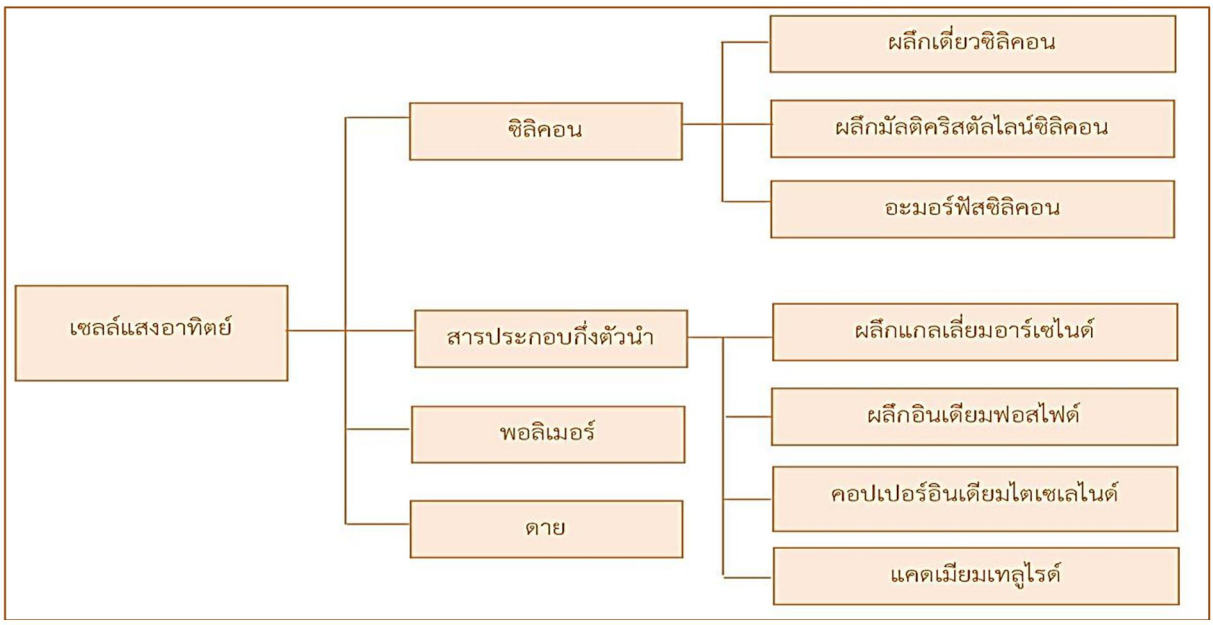


โครงสร้าง Solar Cell

สถานภาพของอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนกับการผลิตจากสารประกอบชนิดอื่นๆเช่นแกลเลี่ยมอาเซไน (GaAs) แคดเมียมเทลูไลด์ (CdTe) เป็นต้น กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนจะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นเป็น 2 แบบได้แก่แบบที่อยู่ในรูปของผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึกยังสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ชนิดคือชนิดเป็นก้อนผลึก (Bulk) และชนิดฟิล์มบาง (Thin film) เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดก้อนผลึก ยังแบ่งออกเป็นชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน

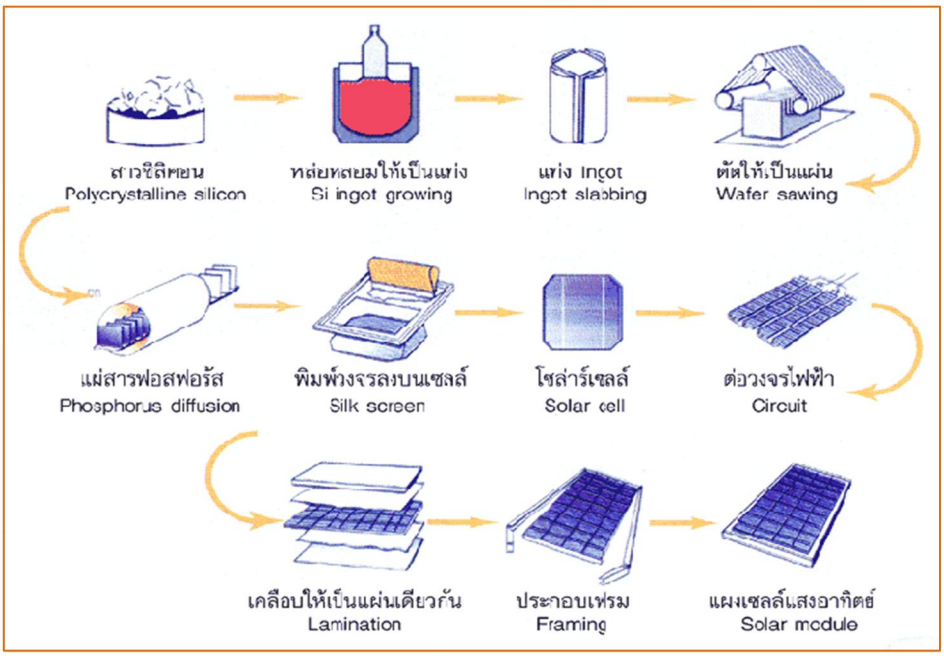
(Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell)



ที่มา : เอกสารการลงทุนจัดตั้งอุตสาหกรรมผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย 2548 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

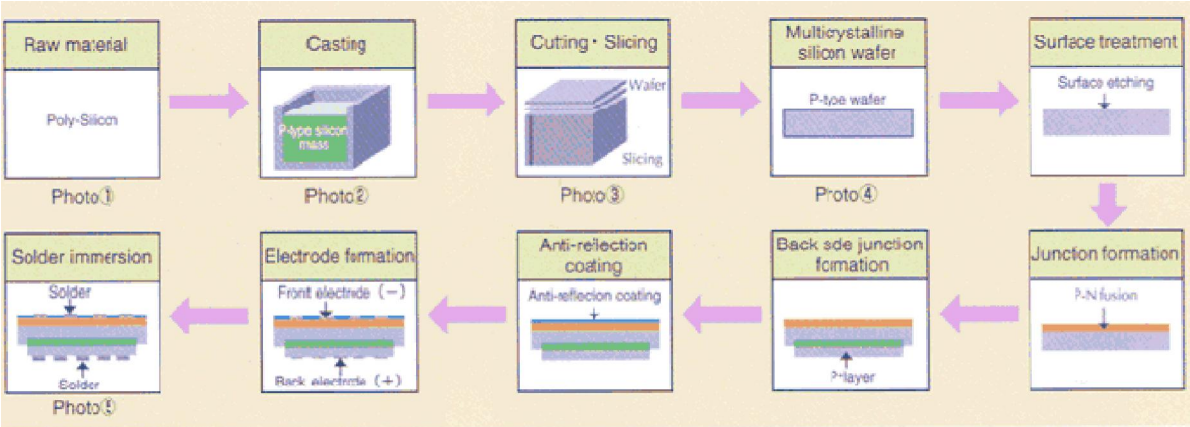
ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

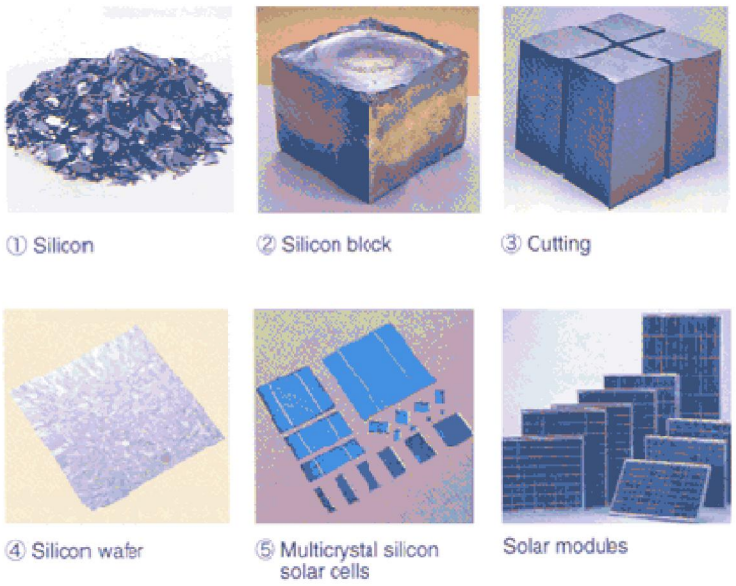
- **การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว** ขบวนการผลิตเริ่มจากการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.9999%) ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 °C เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากต้นผลึก (seed crystal) ด้วยการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปก็จะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000°C หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำ



ที่มา : http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.html

กระแสไฟออกใช้ จากนั้นเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ในขั้นตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน แต่เนื่องจากในการใช้งานจริง เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) ช่วยป้องกันความชื้น





ที่มา : http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.html

- **การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม** เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของแบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบผลึกรวมก็คือการนำเอา ซิลิคอนบริสุทธิ์ รวมถึงซิลิคอนที่เหลือทิ้งจากการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวมาหลอมในเบ้าให้เป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้า ๆหลังจากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตรแล้วนำไปทำ p-n junction ต่อไป

- **การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส** เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิงโดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบาง ไม่ใช่เวเฟอร์ โดยจะสร้างแผ่นฟิล์ม

บางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่ใช้ในการผลิตมีหลายเทคนิค ที่นิยมใช้กันมากคือ เทคนิคที่มีชื่อเรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมี ระบบนำก๊าซที่เป็นสารประกอบประเภทซิลิคอน เช่นก๊าซไซเลน (SiH_4) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ ก๊าซจะถูกทำการกระตุ้นด้วยวิธีต่างๆเช่น โดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ก๊าซสารประกอบซิลิคอนแยกตัวและซิลิคอนเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรองที่ถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 200-300 °C โดยแผ่นฐานรองส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สเตนเลส หรือพลาสติกซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน ซิลิคอนจะทับถม สะสมบนแผ่น ด้วยอุณหภูมิการผลิตที่ไม่สูงมากซิลิคอนที่เกิดจึงเป็นแบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากเราใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B_2H_6เข้าไปด้วยเราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphorus เช่น PH_3 เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้จะสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างง่าย หลังจากได้ โครงสร้าง pin แล้วก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้า ให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลแสงอาทิตย์แต่ละชนิด

ชนิด	ประเภทวัสดุ	ประสิทธิภาพ (%)
Thin Film	Amorphous Silicon (a-Si)	4-9
	Cadmiumtelluride (CdTe)	6-9
	Copper indium gallium selenide (Cis or CIGS)	9-10.5
	Organic cells	3-4
Mono-crystalline Si	Sc-Si	10-16
Multi-crystalline Si	mc-Si	10-14.5

ที่มา : System integration for optimal production output of solar farms, Schneider Electric Thailand, 2553

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในประเทศไทยได้แก่

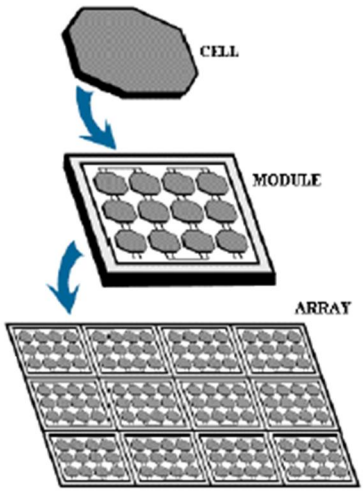
- ***เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous*** เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไวแสงมากที่สุดสามารถรับแสงที่อ่อนๆได้รวมทั้งแสงจากหลอดไฟฟ้าต่างๆจึงทำงานได้ในพื้นที่ที่มีเมฆหมอกฝุ่นละอองมีฝนตกชุก สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงได้ดี แต่ก็มีผลเสีย คือ ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ต้องใช้พื้นที่มากแผง นิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่นเครื่องคิดเลขนาฬิกาหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กๆ เป็นต้น
- **เซลล์แสงอาทิตย์ Crystalline** เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของผลึกที่ทำให้เป็นแผนฟิล์มชั้นบางๆสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบ Mono crystalline หรือแผงชนิดผลึก

เดี่ยวและแบบ Poly crystalline หรือผลึกผสมหรืออาจมีชื่อเป็นอย่างอื่นเช่น Single Crystalline และ Multi Crystalline เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานมากที่สุดแผงแบบ Mono crystalline จะมีประสิทธิภาพดีกว่าและราคาแพงกว่าแบบPoly crystalline เล็กน้อย

(ก) (ข) (ค)

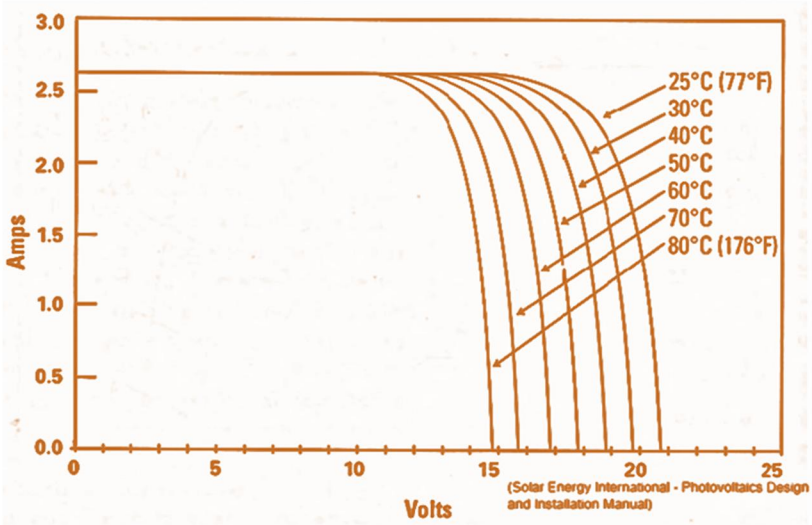
(ก) แบบ Mono crystalline (ข) แบบ Poly crystalline (ค) แบบ Amorphous

รูปแสดงแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ



ขนาดของ Solar

ทั้งสองชนิดมีข้อดีคือหาอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ง่ายมีราคาถูกอายุการใช้งานยาวนานกว่า 20 ปี ทนทานใช้พื้นที่น้อยกว่ามีนำหนักเบาแต่มีข้อจำกัดคือประสิทธิภาพการทำงานลดลงอย่างมาก เมื่อทำงานในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง

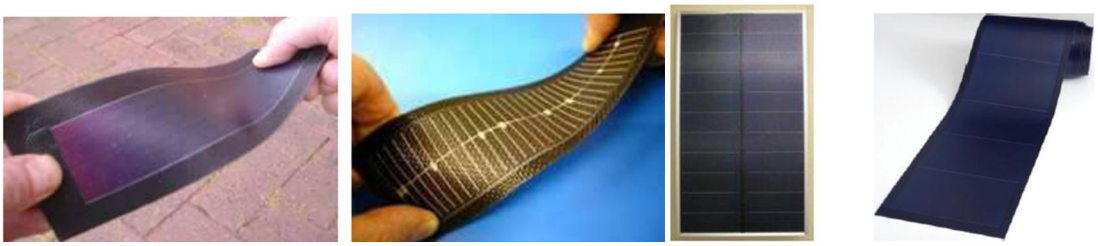


ที่มา : คู่มือฝึกสอน ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์, กรีน เอ็มเพาเวอร์เมนท์ และ พลังไท

รูปแสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพ

- ***เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous*** หรืออาจเรียกว่าเป็นแบบ Amorphous Triple Junction แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะรวมเอาข้อดีของทั้ง Amorphous และ Crystalline มาไว้ด้วยกันโดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Amorphous และสามารถใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับแบบ Crystalline บางชนิดยังมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถบิดตัวม้วนได้ เนื่องจากการปลูกเซลล์ทำบนฐานรองประเภทพลาสติก ทำให้มีน้ำหนักเบาการขนส่งสะดวกสามารถติดตั้งตามพื้นผิวของ

วัสดุต่างๆได้หลากหลายแต่มีข้อเสียคือมีราคาแพงกว่าชนิดอื่นๆ 30-40 % ในอนาคตเมื่อมีการแข่งขันทางตลาดที่สูงขึ้น ราคาจะถูกลงก็จะได้รับความนิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายต่อไป



แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Super amorphous

ส่วนกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่ทำมาจากซิลิคอนรวมถึงประเภทซิลิคอนแบบฟิล์มบางซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปซึ่งปัจจุบันยังคงมีราคาแพงจึงไม่นิยมนำมาใช้ทั่วไปบนพื้นโลก เซลล์ประเภทดังกล่าวจึงเหมาะสำหรับใช้งานบนดาวเทียมหรืออวกาศ บนการติดตั้งบนพื้นที่ที่จำกัดมากๆ และมีข้อจำกัดเรื่องน้ำหนักการติดตั้ง ปัจจุบันมีการพัฒนาด้วยกระบวนการผลิตที่ทันสมัยเพื่อทำให้มีราคาถูกลงและคาดว่าจะมีการนำมาใช้งานมากขึ้นในอนาคต

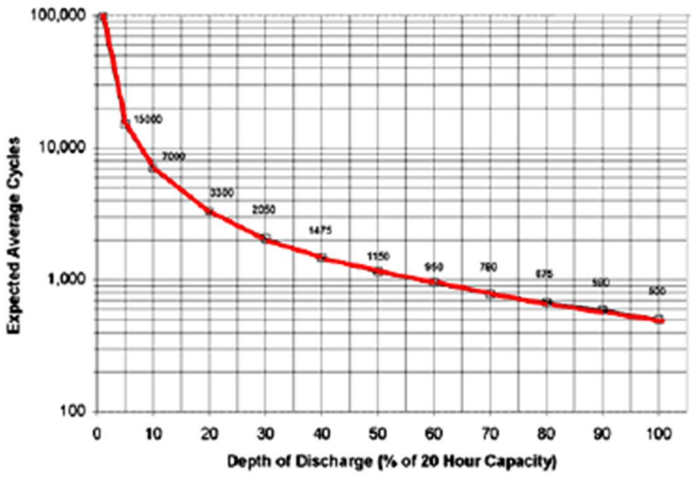
2.1.2 Charge controller เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่ซึ่งการประจุนี้จะต้องไม่ให้มีการประจุมากเกินไป (Over charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดทำให้เสื่อมสภาพเร็วและเมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วก็จะต้องตัดการชาร์จทันที กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นพัลส์ (Pulse) และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15-20% เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่มาเกี่ยวข้องในกระบวนการชาร์จแบตอรี่ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆเช่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากกังหันลมหรืออื่นๆจึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) มาทำการประมวลผลและควบคุมการทำงานวงจรชาร์จประจุและใช้วงจร PWM (Pulse Width Modulation) มาสร้างรูปสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Charge controller

2.1.3 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า มีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน โดยจะออกแบบให้สามารถจัดเก็บประจุได้มากๆและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานๆ ยิ่งขึ้นที่เรียกว่าเป็นแบบ Deep cycle โดยการออกแบบให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษเป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูงสามารถจัดเก็บประจุไฟฟ้าได้สูง แต่จะจ่ายกระแสออกมาได้ไม่สูงมากนักซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงๆในระยะเวลาสั้นๆ เช่นการใช้กับรถยนต์ แบตเตอรี่แบบ Deep cycle จะเหมาะสำหรับรถไฟฟ้ารถยกของ (Flock lift) เครื่องสำรองไฟ (Uninterruptible Power Supply: UPS) หรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆรวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วย แบตเตอรี่แบบ Deep cycle นี้จะมีราคาขนาดและน้ำหนักที่ต่างกันกับแบตเตอรี่รถยนต์ (Verhicle battery) มาก ถึงแม้ว่ากำลังวัตต์ต่อชั่งโมง (Watt Hour :WH) หรือความจุของกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันก็ตาม ในการใช้งานแบตเตอรี่ต่างๆให้ทนทานจะต้องทราบข้อจำกัดทางด้านอุณหภูมิและระดับความลึกในการคายประจุ (Depth of Discharge: DOD) ในระหว่างการทำงานด้วยซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่การใช้งานจนพลังงานไฟฟ้าหมดจะเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงอย่างมากๆดังนั้นการใช้งานจึงไม่ควรใช้ประจุไฟฟ้าที่ต่ำกว่าระดับ 60 เปอร์เซ็นต์และแบตเตอรี่ควรเก็บไว้ในที่อากาศเย็นปกติอุณหภูมิไม่เกิน 25 °C ในส่วนการประจุไฟฟ้าจะต้องไม่ประจุกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดทำให้เสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น

แบตเตอรี่แบบต่างๆ



กราฟแสดงจำนวนครั้งการประจุกับค่า DOD

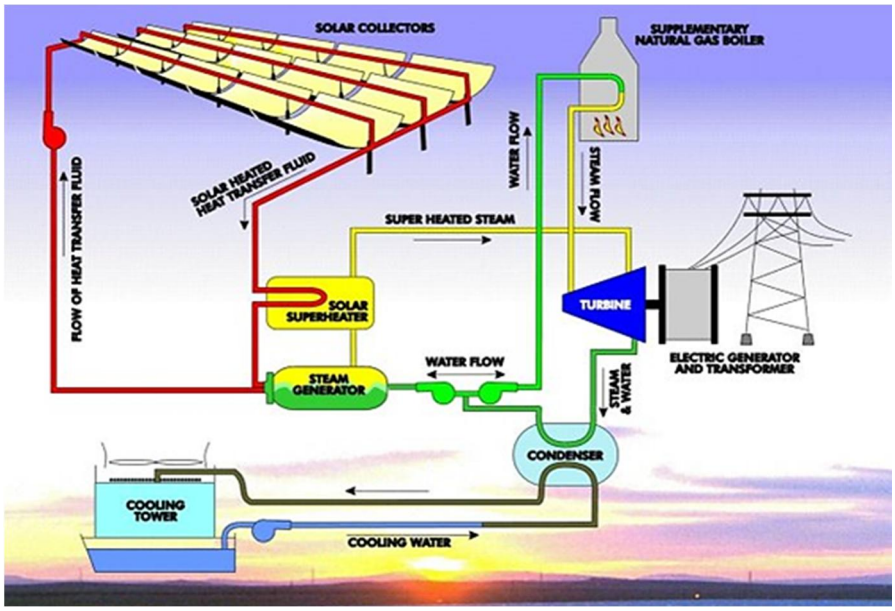
2.1.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V สำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์จะออกแบบวงจรภายในโดยใช้วงจร Switching แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีสัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 Hz ในระบบที่มีขนาดเล็กๆผู้ผลิตอาจจะรวมวงจรอินเวอร์เตอร์เข้าเป็นชุดเดียวกับวงจรควบคุมการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Charger and Inverter) ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลัง

วัตต์ที่ใช้งาน 15-20 % ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85 % เช่นกำลังวัตต์ที่ต้องการใช้งาน 800 วัตต์ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์เป็นต้น

อินเวอร์เตอร์

2.2 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal)

เป็นเทคโนโลยีที่แบบรวมแสงอาทิตย์ไว้ที่ตัวรับแสง โดยการใช้กระจก หรือวัสดุสะท้อนแสงที่หมุนตามดวงอาทิตย์ได้ เพื่อสะท้อนและส่งแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับแสงซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงกับชุดเครื่องยนต์ (Cycle Heat Engine) ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวรับแสง หรือนำความร้อนที่ได้ไปทำให้ของเหลวร้อนก่อนแล้วนำไปใช้กับเครื่องยนต์ (Central Engine)



ที่มา : http://montaraventures.com/blog/2007/03/19/wanna-learn-about-solar-thermal-power/

รูปแสดงเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

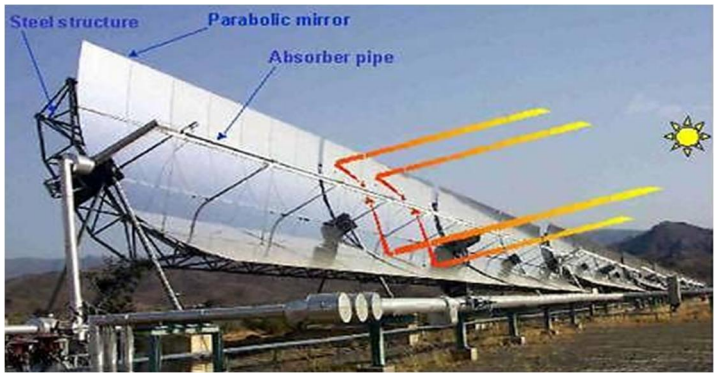
การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีการใช้งานในปัจจุบันใช้ทั้งวิธีการสะท้อนแสงอาทิตย์มาใช้งานโดยตรงและการใช้โดยอ้อมโดยการใช้ไอน้ำหรือการใช้ลมร้อนเพื่อหมุนเจเนอเรเตอร์ (Generator) มีลักษณะต่างๆกันดังนี้

2.2.1 Parabolic dish

Solar Concentration Dish

เป็นระบบรวมแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ความร้อนที่มากเพียงพอสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ การเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับจุดศูนย์รวมของแสงทำโดยการใช้แผ่นสะท้อนแสงด้วยจานสะท้อนแสงรูปพาราโบลิกตามรูปเรียกว่าระบบ Solar parabolic dish ซึ่งจะได้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงมากตรงบริเวณจุดโฟกัสของแสงแผ่นจานสะท้อนแสงจะทำการหมุนรับแสงตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลา การนำความร้อนมาใช้งานวิธีการที่สะดวกและนิยมใช้คือการใช้เครื่องยนต์ความร้อน (Sterling Engine) หมุนเจเนอเรเตอร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่คงที่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน(thermal shock) ของอุปกรณ์แต่ละชนิด และมักจะเกิดปัญหาในระบบตามมา เหตุนี้จึงทำให้ระบบการผลิตไม่เสถียร ทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าวิธีการไม่ต่อเนื่องจึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก แนวทางการแก้ไขทางหนึ่งคือการใช้เป็นระบบผสมผสาน (Hybrid) กับระบบผลิตพลังงานอื่นๆ

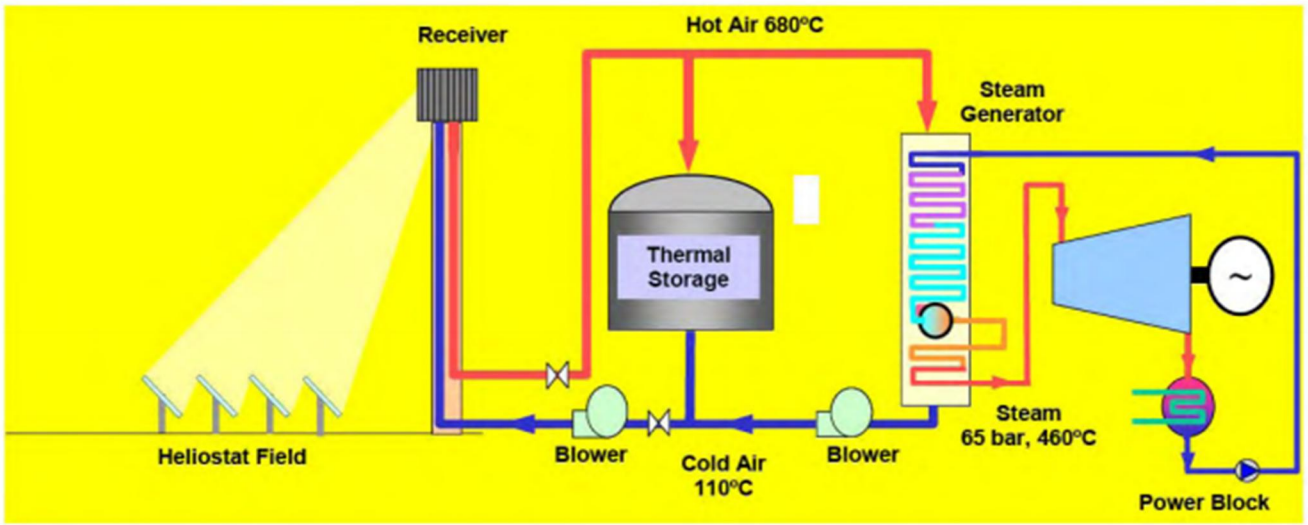
2.2.2 Parabolic Trough



Parabolic trough

เป็นวิธีการรวมแสงอาทิตย์รูปแบบคล้ายจานพาราโบลิคเช่นกัน แต่จะออกแบบจะให้จานสะท้อนแสงวางยาวเป็นราง การควบคุมการหมุนรางตามแสงอาทิตย์ทำได้สะดวกขึ้นมีการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนรางสะท้อนแสงต่ำกว่า เนื่องจากเป็นระบบขับเคลื่อนแบบ 1 แกน การนำพลังงานความร้อนออกมาใช้ก็สะดวกโดยการวางท่อน้ำร้อนไปตามแนวจุดโฟกัสของจาน ความร้อนที่ได้มีค่าความร้อนสูงมากจนน้ำร้อนกลายเป็นไอน้ำ (Stream) และมีความดันที่สูงมากสามารถนำไปหมุนสตรีมเทอร์ไบน์และหมุนเจอเนอเรเตอร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ไอน้ำที่ผ่านเทอร์ไบน์แล้วอุณหภูมิก็จะลดลงกลั่นตัวเป็นน้ำร้อนที่สามารถปั้มหมุนวนไปรับพลังงานความร้อนที่จานได้อีกทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นพลังงานที่ได้จากระบบนี้จึงนิยมใช้งานมากขึ้น ปัญหาที่พบสำหรับวิธีการรวมแสงนี้คล้ายกับระบบจานพาราโบลิค คือด้วยประสิทธิภาพการรวมแสงที่สูงมาก การพาดผ่านของเมฆบนท้องฟ้า แม้เพียงเล็กน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน (thermal shock) ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ ด้วยเหตุนี้วิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ จึงได้รับการแนะนำให้จัดตั้งในเขตพื้นที่ที่มีความชื้นน้อย เช่นในเขตทะเลทราย

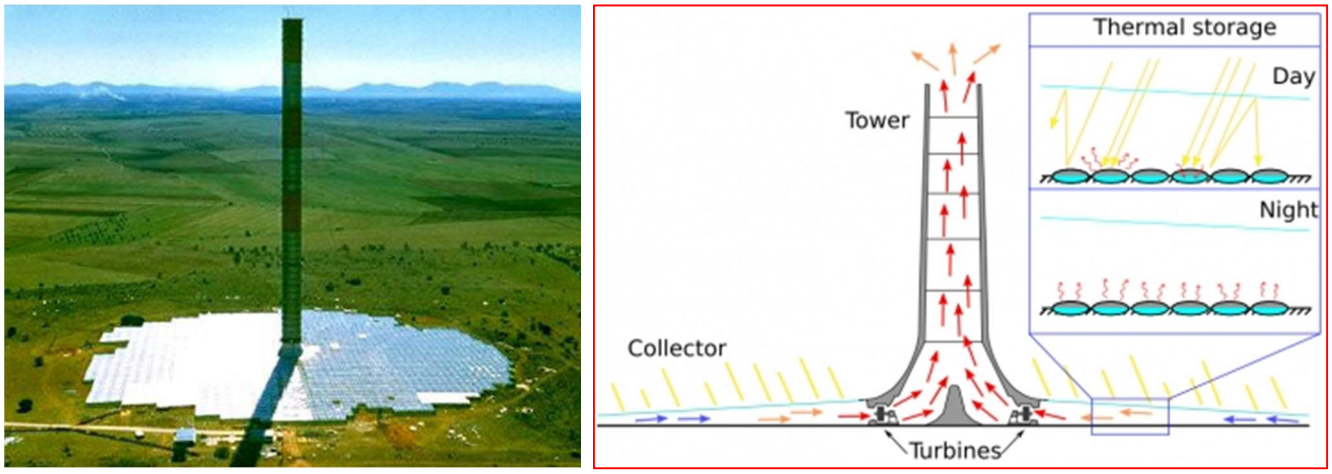
2.2.3 Solar Thermal Tower เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วิธีรวมแสงอาทิตย์ความร้อนที่ได้จากการสะท้อนของแผ่นสะท้อนแสง (Heliostat) หลายๆ แผ่นมารวมกันที่จุดรับแสงบนหอสูง (Tower) แผ่นสะท้อนแสงแต่ละแผ่นก็จะถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ทำมุมกับดวงอาทิตย์โดยให้มีการสะท้อนแสงมาตกกระทบกับจุดรับแสงบนหอสูงตลอดเวลาซึ่งภายในหอสูงจะมีท่อน้ำร้อนซึ่งเมื่อน้ำได้รับความร้อนก็จะเดือดกลายเป็นไอ (Stream) ที่มีความดันสูงมาก ไอน้ำนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อไปหมุนสตรีมเทอร์ไบน์และเจนเนอเรเตอร์ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ วิธีนี้ต้องมีการสร้างเป็นโครงการขนาดใหญ่มีปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ตรงมากๆ



Solar Tower

2.2.4 Solar Chimney Tower เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการหมุนของเทอร์ไบน์ที่ติดตั้งอยู่ในปล่องท่อที่มีลมร้อนไหลผ่านตามหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศ เมื่ออากาศได้รับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ที่อยู่รอบๆของฐานปล่องแล้วอากาศร้อนจะไหลสูงขึ้นที่สูง เมื่อมีพื้นที่รับแสงมากปริมาณอากาศที่ไหลเวียนก็จะมากขึ้นก็จะเกิดแรงดูดอากาศที่เย็นกว่าเข้ามาที่ฐานอากาศที่ร้อนก็จะไหลรวมกันเข้าไปในปล่องภายในจะมีการออกแบบให้กระแสลมเร่งความเร็วสูงขึ้นโดยใช้จมูกรีดลม (Nuzzle) ทำให้ได้พลังงานมากขึ้นหมุนใบพัดกังหันลมภายในท่อซึ่งติดตั้งเจเนอเรเตอร์เพื่อทำการผลิตไฟฟ้า

ออกมาได้วิธีการผลิตไฟฟ้าวิธีนี้เพื่อให้ได้พลังงานมากๆจึงต้องสร้างเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่มากๆ ทำให้มีการลงทุนสูงและมีการใช้พื้นที่ๆในบริเวณที่กว้างมากจึงเหมาะสมกับประเทศที่มีแสงแดดมากมีพื้นที่กว้างขวางเช่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกาหรือประเทศแถบตะวันออกกลางเป็นต้น



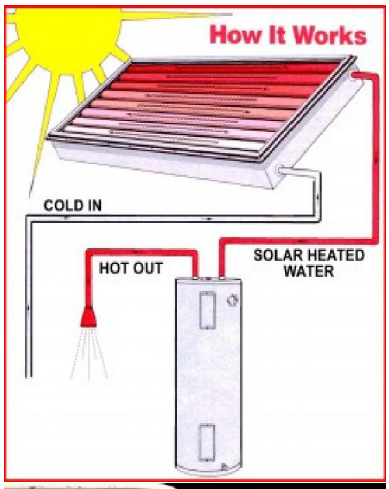
Solar Chimney

ระบบรวมแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิค (Parabolic Dishes) มีประสิทธิภาพการแปลงเป็นความร้อนสูงกว่าชนิดตัวรวมแบบรางพาราโบลิค (Parabolic Troughs) เนื่องจากสามารถรวมแสงได้ในพื้นที่ที่เล็กกว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ในประเทศไทย จากการศึกษาเบื้องต้นโดย พพ. พบว่า ความเข้มรังสีตรงของประเทศไทยมีค่าในช่วง 1,350-1,400 kWh/m^2-yr ต่ำกว่าค่า เมื่อเทียบกับบริเวณที่มีการจัดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ในต่างประเทศ ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในบริเวณที่มีความเข้มรังสีตรงมากกว่า 2,000 kWh/m^2-yr อย่างไรก็ตาม หากมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในอนาคตโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ก็อาจสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้

บทที่ 3
เทคโนโลยีการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

ประเทศไทยใช้เทคโนโลยีการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นระยะเวลายาวนาน ทั้งในรูปแบบ การผลิตน้ำร้อน การอบแห้ง การผลิตความเย็น และการสูบน้ำ ปัจจุบันมีกิจกรรมหลายประเภทที่จำเป็นต้องใช้น้ำร้อน เช่น โรงพยาบาล โรงแรม ร้านอาหาร ร้านเสริมสวย เป็นต้น สำหรับการผลิตน้ำร้อนได้มีการใช้พลังงานหลายรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการต้มโดยใช้พลังงานจากก๊าซ และไฟฟ้า หรือหากเป็นกิจกรรมขนาดใหญ่จะใช้หม้อต้ม (Boiler) ที่ใช้น้ำมันเตา หรือ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงถึงแม้ว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ทั้งนี้การติดตั้งจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในด้านเทคนิค เพื่อให้การใช้งานระบบฯ สามารถใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

3.1 เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

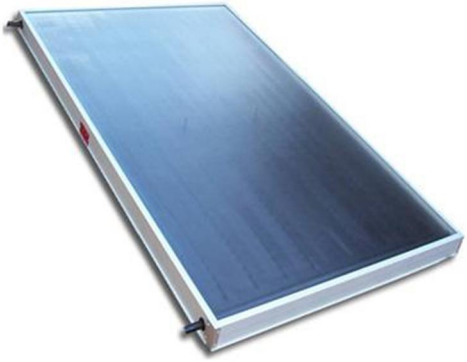


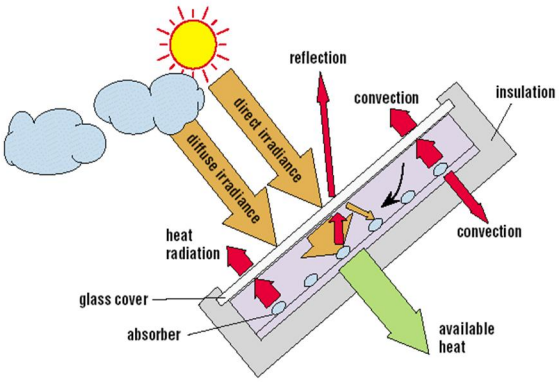
การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Water Heating) เป็นเทคโนโลยีการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ที่ใช้กันมาอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะประเทศเมืองหนาวที่มีความต้องการใช้น้ำร้อนในแต่ละวันในปริมาณที่สูง ในขณะที่ประเทศไทยเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์เป็นการใช้พลังงานในรูปความร้อน โดยตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) เป็นตัวดูดเก็บพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำ ทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำเป็นน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 40-70°C ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการอาบน้ำ การซักล้าง ซึ่งเป็นการทำน้ำร้อนเพื่อรองรับการใช้งานทั้งในบ้านพักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาลหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่วนใหญ่ยังใช้ไฟฟ้า แก๊ส เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากความสะดวกสบายในการใช้งานและมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก แต่ทั้งนี้ภายใต้สถานการณ์ราคาพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน รวมไปถึงราคาเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มถูกลง การทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อนำมาทดแทนพลังงานเชิงพาณิชย์

3.1.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

มีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ตัวรับแสงอาทิตย์ และถังเก็บน้ำร้อน ซึ่งการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ความต้องการของผู้ใช้ โดยทั่วไปแผงรับแสงอาทิตย์ สามารถจำแนกได้ ดังนี้

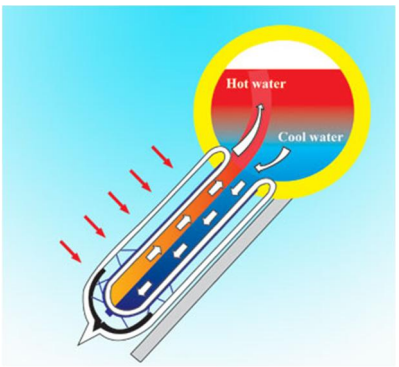
1. **แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector)**เป็นแบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำ แผ่นรับแสงแบบนี้จะไม่มีอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ (Non-tracking solar collector) ได้แก่ แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดที่แผ่นปิดใส (single glazed) และแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดไม่มีแผ่นปิด (unglazed) เป็นต้น





แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plat Solar Collector)

2. **แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector)** เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนอีกรูปแบบหนึ่ง มีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้น ระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ ภายในเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสี มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำร้อนอุณหภูมิสูง



แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ

ตารางที่ 3-1 ระดับอุณหภูมิที่ทำได้ของแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ

แบบแผ่นรับแสง	**ระดับอุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณ (องศาเซลเซียส)**
1. แผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส(single glazed)	40 – 90
2. แผ่นเรียบชนิดไม่มีแผ่นปิด (unglazed)	< 40
3. ท่อน้ำสุญญากาศ (evacuated tubular collector)	100 – 200

ที่มา : โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำร้อนในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้

3. **สระแสงอาทิตย์ (Solar Pond)** เป็นแบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำและไม่มีอุปกรณ์บังคับให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้แก่ ชนิดตื้น (shallow solar pond) และชนิดลึก (deep or salt gradient solar pond) เป็นต้น แผ่นรับแสงแบบนี้จะสามารถผลิตความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่ำดังแสงในตารางที่ 3-2

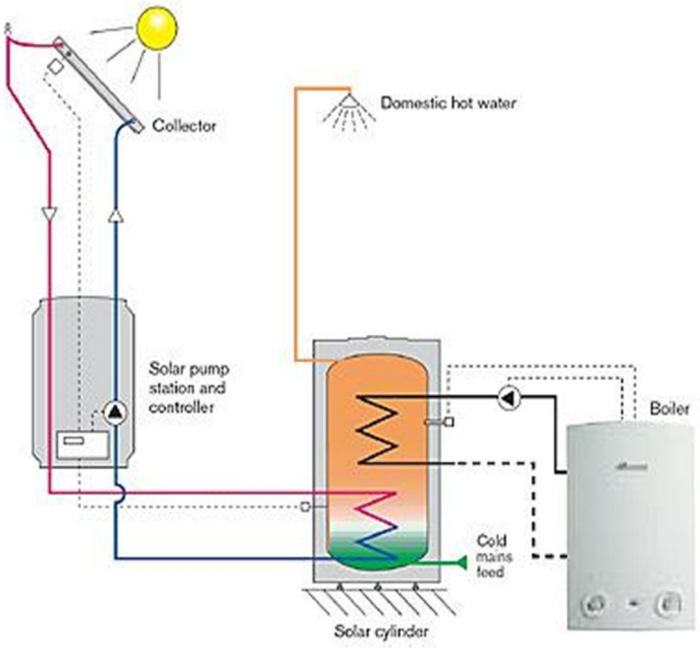
ตารางที่ 3-2 ระดับอุณหภูมิที่ทำได้ของสระแสงอาทิตย์

แบบแผ่นรับแสง	ระดับอุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณ (องศาเซลเซียส)
1. สระแสงอาทิตย์ชนิดตื้น (shallow solar pond)	40 – 60
2. สระแสงอาทิตย์ชนิดลึก (deep or salt gradient solar pond)	40 – 90

ที่มา : โครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำร้อนในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้

**** ในการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้สอยในโรงพยาบาลและโรงแรมจะมีจุดประสงค์หลักเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้แก่ อาบน้ำชำระร่างกาย ซักล้าง ล้างแผล ปรุงอาหารเป็นต้น ซึ่งน้ำร้อนที่ใช้จะเป็นน้ำร้อนอุณหภูมิต่ำประมาณ 40 – 60 องศาเซลเซียส หากจะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตน้ำร้อนใช้เพื่อจุดประสงค์ดังกล่าวแล้ว เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดก็คือเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนใช้แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส ซึ่งอุปกรณ์ระบบจะมีราคาถูกกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบหลอดแก้วสุญญากาศ และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่าแบบสระแสงอาทิตย์*

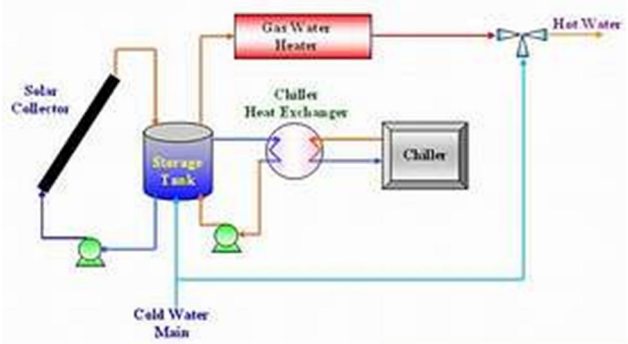
3.1.2 ระบบผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง เช่น จากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ จากหม้อต้มไอน้ำ จากปล่องไอเสีย เป็นต้น โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อลดขนาดพื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

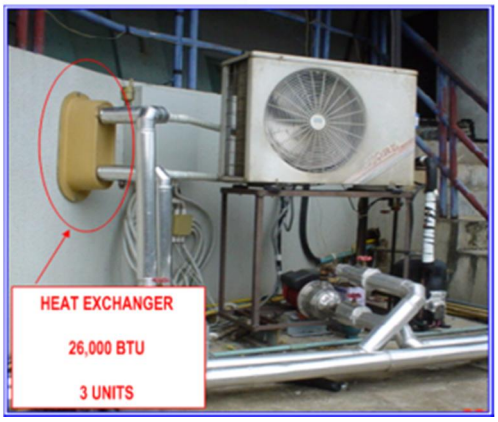


ในกิจการของโรงงาน โรงพยาบาลและโรงแรม หรือกิจกรรมอื่นๆ ทั่วไปจะมีความร้อนเหลือทิ้งจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ หม้อไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ในการนำความร้อนเหลือทิ้งเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถผลิตน้ำร้อนได้ โดยหลักการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็น คือ จะมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างความร้อนจากคอนเดนเซอร์ แลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำ ส่งผลให้น้ำเมื่อผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยจะใช้พลังงานในการสูบน้ำเท่านั้น ในขณะเดียวกันการระบายความร้อนด้วยน้ำจะส่งผลให้ระบบปรับอากาศหรือตู้แช่เย็นมีการระบายความร้อนได้ดี ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและตู้แช่เย็นจะดีขึ้นส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานมากขึ้นด้วย โดยจะมีจะมีคุณลักษณะเชิงเทคนิค ดังนี้

- **การผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศและตู้แช่เย็น**

เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นที่สามารถนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ผลิตน้ำร้อนควรเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศแบบวัฏจักรอัดไอ ที่มีชุดคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์อัดไอสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นจะนำความร้อนที่ได้จากวัฏจักรทำความเย็นออกจากห้องที่ต้องการทำความเย็นไประบายทิ้งที่ชุดควบแน่น เพื่อทำให้สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลวไปตามวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ





ระบบวงจรของเครื่องทำน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นและตัวอย่างการนำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาใช้ผลิตน้ำร้อน

ความร้อนที่ระบายทิ้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับผลิตน้ำร้อนได้ โดยสารทำความเย็นที่ไหลออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิระหว่าง 70-80 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสูงพอที่จะผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง 60 องศาเซลเซียสได้ โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

หลักการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็นนั้น จะทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลังคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นด้านที่สารทำความเย็นไหลออก และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเมื่อไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบและประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศและตู้แช่เย็นกลับมาใช้จะได้น้ำร้อนโดยสิ้นเปลืองพลังงานเพียงเล็กน้อยสำหรับเดิมปั๊ม ในขณะเดียวกันการระบายความร้อนด้วยน้ำจะทำให้ระบบมีการระบายความร้อนได้ดี ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและตู้แช่เย็นจะดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม การผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นจะมีปัญหาบ้างในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากในประเทศไทยจะเปิดเครื่องปรับอากาศน้อย ถึงแม้จะมีการใช้งานแต่ปริมาณความร้อนที่ระบายทิ้งก็จะน้อยมาก

- **การผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของหม้อไอน้ำ**

แก๊สไอเสียจากปล่องหม้อไอน้ำหรือเตาอบ ในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในโรงงานหรือการอบเครื่องสุขภัณฑ์ ที่ผ่านการใช้งานโดยการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำให้กลายเป็นไอ หรือถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศเพื่อใช้ในการอบพวกเครื่องสุขภัณฑ์ แก๊สร้อนเหล่านี้จะถูกปล่อยออกไปตามปล่อง ซึ่งแก๊สเหล่านี้จะยังมีอุณหภูมิสูงและปริมาณมากพอ คือมีปริมาณความร้อนทิ้งประมาณ 15% ของพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งสามารถนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ในการผลิตน้ำร้อนได้โดยการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยในการนำความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียมาใช้ต้องใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใน 2 ลักษณะคือ

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการนำความร้อนจากผิวปล่องไอเสียมาใช้ เช่น แบบเจ๊กเก๊ตและแบบท่อทองแดงพันรอบปล่องภายนอกคล้าย Spiral tube heat exchanger ลักษณะนี้จะได้ความร้อนไม่สูงมาก
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการใช้ความร้อนจากแก๊สร้อนเผาท่อ heat exchanger โดยตรง ซึ่งลักษณะนี้จะได้รับปริมาณความร้อนสูงแต่อายุการใช้งานจะไม่สูงมาก คือประมาณ 3 ปี

ตัวอย่างอุปกรณ์ทำน้ำร้อนจากปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำแบบไอเสียสัมผัสโดยตรง

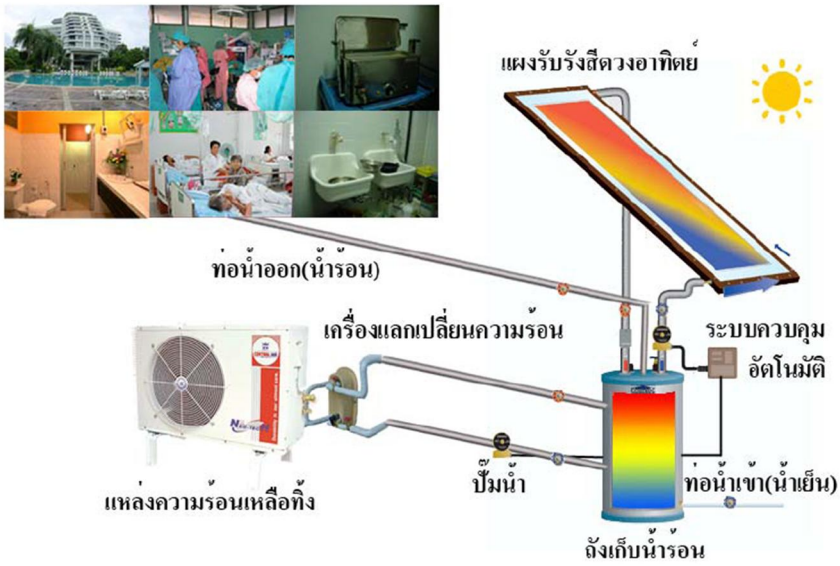
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทำน้ำร้อนที่ปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ

➢ **ความเหมาะสมด้านเทคนิคของเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน**

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อนจะสามารถผลิตได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่ท้องฟ้าโปร่งเท่านั้น นั่นคือในช่วงฤดูฝนการผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์จะไม่สามารถผลิตได้เต็มความสามารถจำเป็นต้องใช้พลังงานเสริม ส่วนการใช้พลังงานจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศผลิตน้ำร้อนจะสามารถผลิตได้ตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน ซึ่งโดยปกติจะทำงานได้ดีในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน แต่จะมีปัญหาในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอากาศเย็นทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง จำเป็นต้องใช้พลังงานเสริม

ดังนั้นหากใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศจะสามารถตัดปัญหาที่จะใช้พลังงานเสริมออกไปตลอดจนสามารถลดขนาดของระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ลงได้อีก หากเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอด 24 ชั่วโมงหรือเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ทำงานในช่วงบ่ายและกลางคืนซึ่งสถานประกอบการที่มีความต้องการที่จะติดตั้ง ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน ควรที่จะคำนึงถึงประเด็นต่างๆ ดัง ต่อไปนี้

- สถานประกอบการต้องมีพื้นที่ว่างเปล่าไม่ได้ใช้ประโยชน์
- สถานประกอบการต้องมีแหล่งความร้อนเหลือทิ้งที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำร้อน
- สถานประกอบการต้องมีศักยภาพความต้องการใช้น้ำร้อนมากกว่าวันละ 2,000 ลิตร
- สถานประกอบการต้องมีบุคลากรบำรุงรักษา

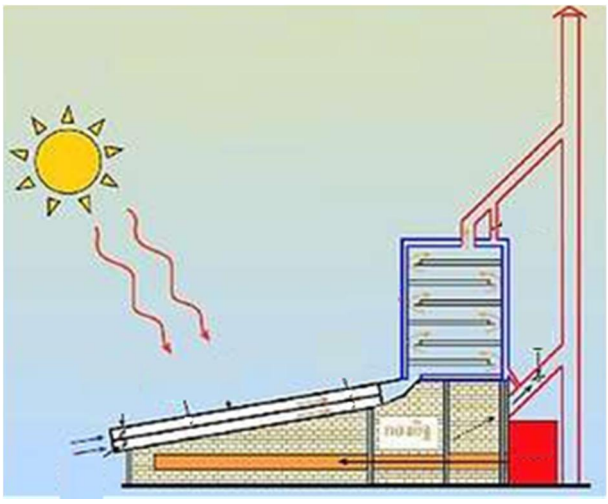


ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

3.2 เทคโนโลยีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การทำให้แห้ง (Drying) เป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหารที่มนุษย์ใช้กันมาเป็นระยะเวลายาวนาน การตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง อาจมีสิ่งเจือปนติดมากับอากาศ แต่ด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับแสงแดดในปริมาณมาก จึงเหมาะที่จะถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแห้ง เพราะสะดวก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่ยากที่จะควบคุมคุณภาพอาหารให้ถูกสุขลักษณะ ปราศจากสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่น หรือการรบกวนจากสัตว์ เช่น แมลงวัน เป็นต้น

การอบแห้ง คือ การไล่ความชื้นออกจากวัสดุ โดยการถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุด้วยวิธีการพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุจนมีผลให้ความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปทำให้ความชื้นโดยรวมของวัสดุลดลง



การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรมทางการเกษตรขนาดเล็ก เนื่องจากมีความสะดวกและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำ โดยวิธีการที่สะดวกที่สุดคือการกระจายวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ลงบนพื้นผิวที่แสงอาทิตย์ส่องถึง และพลิกวัสดุเป็นครั้งคราวเพื่อให้วัสดุแห้งอย่างทั่วถึง โดยทั่วไปการอบแห้งจะเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่อากาศร้อนและแห้ง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการอบแห้งด้วย

แสงอาทิตย์จะมีข้อดีที่สำคัญ คือ ต้องการการลงทุน ความชำนาญในการใช้งานและดูแลรักษาที่ต่ำ แต่ข้อจำกัดบางประการ เช่น การควบคุมคุณภาพในการอบแห้งวัสดุบางชนิดภายใต้บรรยากาศ การปนเปื้อนหรือแมลงรบกวน สภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยในฤดูฝน รวมไปถึงความต้องการบริเวณที่กว้างในการอบแห้งยังคงเป็นอุปสรรคในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งสำหรับบางพื้นที่ หรือบางฤดูกาล ทำให้การใช้งานความร้อนจากแสงอาทิตย์ยังไม่สามารถทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น การออกแบบระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีรูปแบบเหมาะสม โดยการใช้งานพัดลมเพื่อหมุนเวียนอากาศให้นำพาความชื้นออกจากวัสดุ หรือการใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ เสริมในการทำความร้อน เช่น ไฟฟ้า ถ่านไม้ในยามที่แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ จึงเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อการส่งเสริมกิจกรรมทางการเกษตร ในแง่ของการอำนวยความสะดวก ลดระยะเวลาการทำงานรวมไปถึงทดแทนการใช้พลังงานฟอสซิลอื่นๆ ลงได้ในตัว

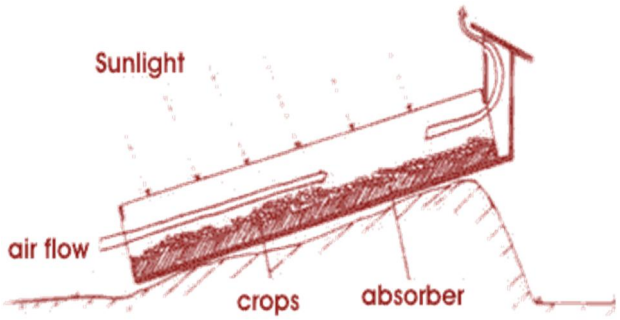
การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การอบแห้งแบบหมุนเวียนด้วยธรรมชาติ (Passive System) และแบบหมุนเวียนด้วยการบังคับ (Active System) โดยมีรูปแบบการทำงานและข้อดีข้อด้อย แต่ละรูปแบบ ดังนี้

3.2.1 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Active System

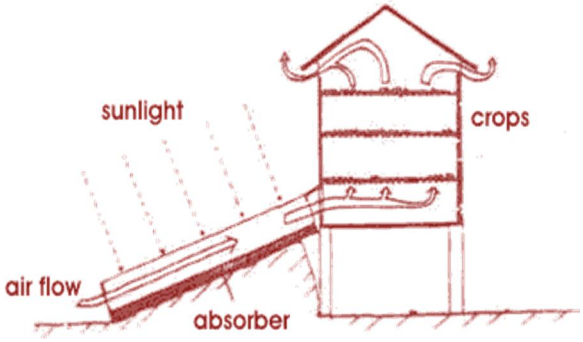
เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Active System เป็นการอบแห้งที่มีอุปกรณ์ช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น พัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับการไหลของอากาศภายในตู้อบ โดยพัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ ให้อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงนำพาความร้อนชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

- **แบบ Direct Solar Dryers** มีลักษณะเป็นตู้อบโปร่งใสที่มีพัดลมดูดหรือเป่าอากาศติดตั้งอยู่ภายใน โดยการรับแสงอาทิตย์จะผ่านวัสดุคลุมที่โปร่งใส เพื่อให้ความร้อนแก่อากาศภายในตู้อบ และมีพัดลมดูดอากาศช่วยในการหมุนเวียนอากาศให้ผ่าน แล้วนำพาความชื้นออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง
- **แบบ Indirect Solar Dryers** เป็นระบบอบแห้งที่ให้ความร้อนแก่อากาศในแผงรับรังสีอาทิตย์ แล้วส่งอากาศร้อนผ่านท่อลมไปยังตู้อบแห้ง โดยเป็นลักษณะของการจ่ายลมร้อนจากด้านล่างของตู้อบแห้ง เพื่อให้ลอยขึ้นแล้วถูกปล่อยทิ้งไปทางด้านบนของตู้อบแห้ง หรืออาจจ่ายลมร้อนเข้าทางด้านหนึ่งของตู้อบแห้ง ผ่านวัสดุที่ต้องการอบแห้งซึ่งบรรจุในรางแขวนเพื่อเพิ่มพื้นที่การสัมผัสกับลมร้อนก่อนถูกดูดทิ้งออกอีกด้านตรงข้ามของตู้อบแห้ง

- **แบบ Mixed-Type**เป็นการวางลักษณะของเตาอบแห้งคล้ายแบบ Passive System แต่มีการใช้งานพัดลมดูดอากาศช่วยในการหมุนเวียนลมร้อน

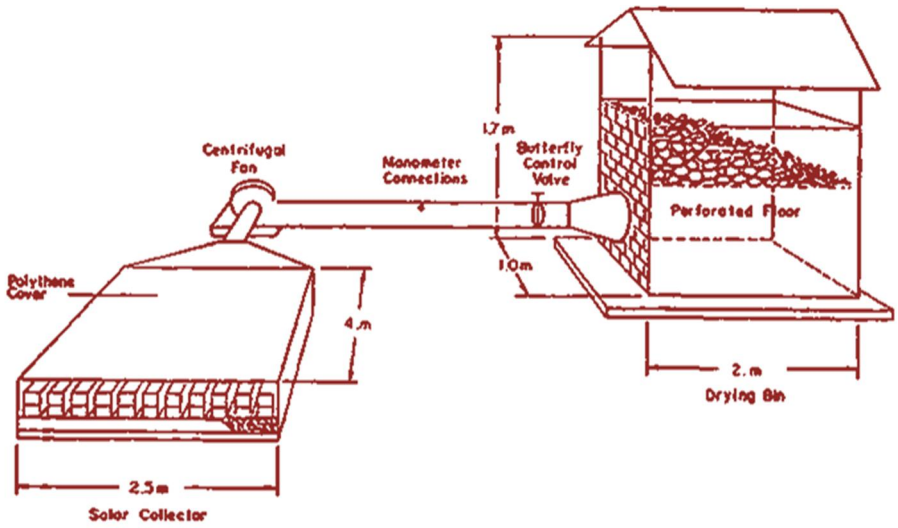


เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ Direct Solar Dryers



เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ Indirect Solar Dryers

ที่มา : http://www.wot.utwente.nl/information/tour/solardryer.html



เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ Mixed-Type

ที่มา : http://www.wot.utwente.nl/information/tour/solardryer.html

3.2.2 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Passive System

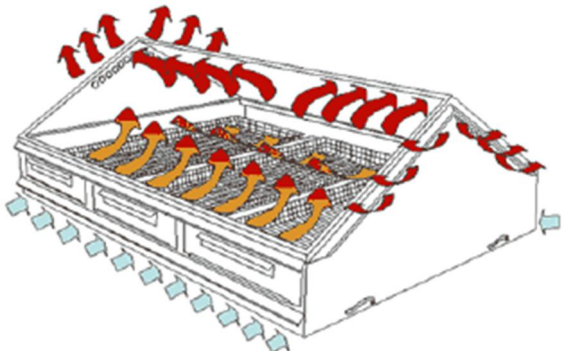
การอบแห้งระบบ Passive คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่เกิดตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

- การอบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งวัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

- การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อนจากสองทาง ทั้งทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแหล่งอื่น ๆ ที่ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะส่งผ่านวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

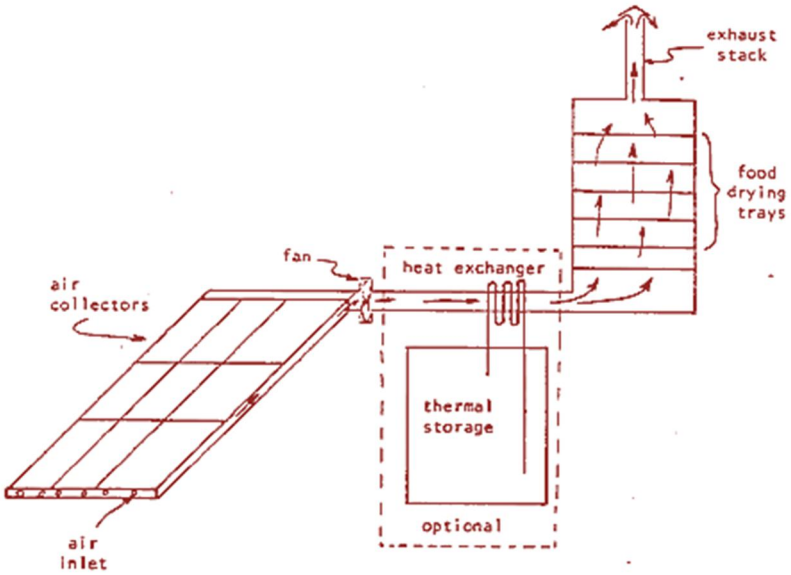
เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ชนิด Passive System มีรูปแบบที่ใช้งาน ดังนี้

- **แบบ Cabinet Type Dryer** มีลักษณะเป็นตู้อบแห้งทรงกล่องสี่เหลี่ยมที่มีวัสดุที่ต้องการอบแห้งเรียงอยู่ภายใน ซึ่งตู้อบแห้งประกอบด้วยวัสดุฐานของกล่องที่ทาสีดำเพื่อเป็นตัวดูดรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีวัสดุโปร่งใสคลุมเพื่อปล่อยให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านไปให้ความร้อนแก่อากาศภายในตู้อบได้และในขณะเดียวกันก็ป้องกันความร้อนที่สูญเสียออกจากตู้อบ โดยมีการเจาะรูที่ฐานและที่ด้านบนของตู้อบเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในเพื่อนำพาความชื้นออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้ เหมาะสมกับการใช้งานในเขตที่อากาศร้อนและค่อนข้างแห้ง โดยที่สามารถก่อสร้างและใช้งานได้ง่าย



เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ Cabinet Type Dryer

- **แบบ Cabinet Dryers Fitted with Chimney** เป็นตู้อบแห้งที่มีการหมุนเวียนคล้ายแบบ Cabinet Type Dryer ที่มีการใช้ปล่องเพื่อระบายอากาศที่นำพาความชื้นออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้ง โดยอาศัยปรากฏการณ์ Chimney Effect หรือการเคลื่อนตัวของอากาศเนื่องจากความดันที่แตกต่าง
- **แบบ Cabinet Dryers Fitted with Chimney and Heat Storage** เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในลักษณะคล้ายแบบ Cabinet Dryers Fitted with Chimney แต่อาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานชีวภาพ

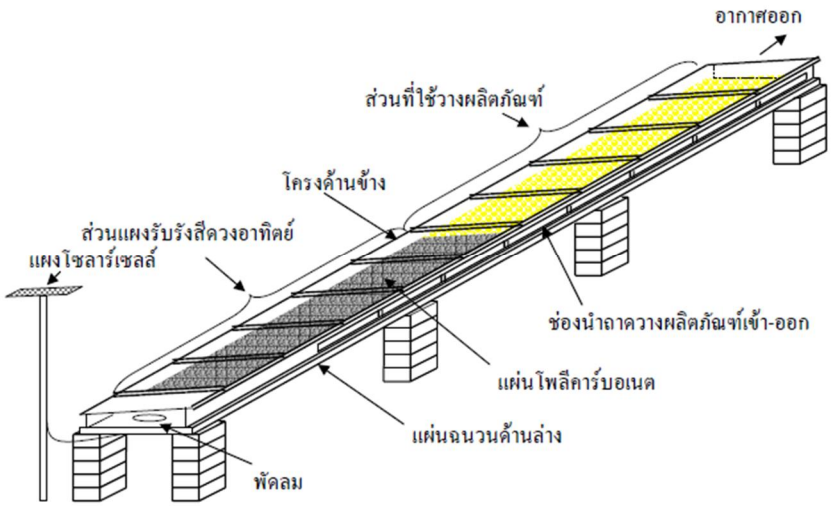


เครื่องอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ Cabinet Dryers Fitted with Chimney and Heat Storage

3.2.3 โครงการพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

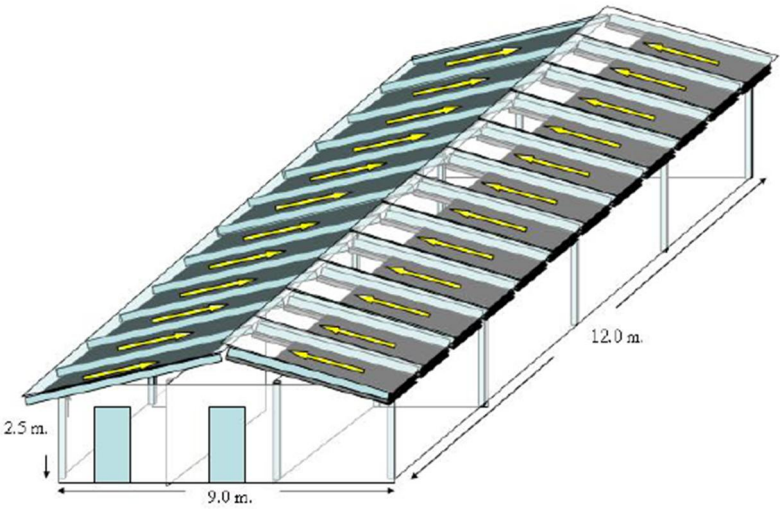
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดำเนินโครงการพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 3 แบบ ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจก และเครื่องอบแห้งแบบตู้ที่ใช้ความร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จากหลังคาโรงอบแห้ง เครื่องอบแห้งต้นแบบดังกล่าวปัจจุบันติดตั้งใช้งานที่โครงการอุทยานธรรมชาติวิทยาในพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารีอำเภอสวนผึ้งจังหวัดราชบุรีและที่ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากรจังหวัดนครปฐมโดยผู้สนใจสามารถติดต่อเข้าเยี่ยมชมเครื่องอบแห้งณสถานที่ดังกล่าวได้

1. **เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม** เป็นเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมกับการอบแห้งผลไม้เช่น กล้วย มะม่วง ขนุน เป็นต้น เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีขนาดกว้าง 1.2 เมตรยาว 14 เมตรด้านบนปิดด้วยกระจกสามารถนำผลิตภัณฑ์เข้าออกทางด้านข้างและมีพัดลมระบายอากาศซึ่งทำงานด้วยโซล่าร์เซลล์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเครื่องอบจะได้รับความร้อนทั้งจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรงและความร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วและไม่ถูกรบกวนจากแมลงหรือเปียกฝน



เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม

2. **เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้อากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นหลังคาโรงเรือน** เครื่องอบแห้งแบบนี้มีลักษณะเป็นตู้มีความจุ 2.4 ลูกบาศก์เมตรมีพัดลมไฟฟ้าดูดอากาศจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ออกแบบให้ใช้เป็นหลังคาของโรงอบโดยภายในโรงอบจะมีพื้นที่สำหรับใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์และที่เก็บผลิตภัณฑ์แห้ง ซึ่งถูกสุขอนามัยเครื่องอบแห้งดังกล่าวเหมาะสมกับการอบแห้งเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น พริก ดอกกระเจี๊ยบ และดอกคำฝอยเป็นต้น



เครื่องอบแห้งที่ติดตั้งในโรงอบแห้ง

3. **เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก** เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกใช้หลักการของปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) กล่าวคือเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายในจะถูกผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบต่างๆภายในเรือนกระจกดูดกลืนรังสีแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนวัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาแต่ไม่สามารถผ่านกระจกออกมาภายนอกได้

ทำให้อุณหภูมิในเรือนกระจกสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมาได้เร็วกว่าการตากแห้งแบบธรรมดา อีกทั้งจะมีสีสวย ไม่คล้ำเนื่องจากไม่ได้รับรังสีไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแทนกระจกเนื่องจากสามารถดัดโค้งได้ง่ายน้ำหนักเบาและแสงอาทิตย์ผ่านได้ดีเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีขนาดพื้นที่ฐาน 5 x 8 ตารางเมตร มีพัดลมระบายอากาศซึ่งทำงานด้วยโซลาร์เซลล์ เครื่องอบแบบนี้เหมาะสมกับการอบแห้งเครื่องเทศตัวอย่างเช่นพริกและใบมะกรูด นอกจากนี้ยังสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ด้วย เช่น กล้วย และอาหารทะเล เป็นต้น

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

บทที่ 4

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์

ความสำเร็จของการพัฒนาโครงการพลังงานในเชิงพาณิชย์จะเกิดขึ้นได้เมื่อการลงทุนพัฒนาโครงการนั้นๆ มีผลตอบแทนต่อการลงทุนในอัตราที่สูงเพียงพอที่จะสร้างแรงจูงใจแก่นักลงทุน ตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นแก่สถาบันการเงินในการให้การสนับสนุนด้านสินเชื่อ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงจะเป็นการนำประเด็นสำคัญต่างๆ ในด้านการเงินและการลงทุนมาสรุปเบื้องต้นอย่างง่ายๆ ไว้เพื่อให้นักลงทุนที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินได้ทราบและนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจลงทุน

4.1 การวิเคราะห์ผลการตอบแทนการลงทุน

โดยทั่วไปผลตอบแทนการลงทุน มี 2 รูปแบบ คือ ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ และผลตอบแทนทางการเงิน ซึ่งโดยทั่วไปภาคเอกชนจะใช้เกณฑ์ผลการตอบแทนด้านการเงินเป็นหลักในการตัดสินใจลงทุน เนื่องจากเป็นการประกอบธุรกิจเชิงพาณิชย์ ส่วนภาครัฐจะใช้ทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และการเงินประกอบกัน เนื่องจากบางโครงการที่รัฐลงทุน ผลตอบแทนทางการเงินอาจไม่สูงในระดับจูงใจ แต่ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการที่นำเอาผลประโยชน์ทางอ้อมที่มิใช่เป็นเม็ดเงินโดยตรงมาประเมินร่วมด้วย จะทำให้โครงการนั้นมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนตามพันธกิจของภาครัฐที่มิใช่เชิงพาณิชย์ โดยที่ผู้ลงทุนพัฒนาอาจเป็นไปได้ทั้งภาคเอกชนที่มุ่งหวังผลประโยชน์เชิงพาณิชย์ และภาครัฐหรือหน่วยงานที่ไม่แสวงหาผลกำไร ดังนั้นจึงจะนำเสนอทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อให้เห็นภาพทั้งหมด

การวิเคราะห์ด้านการเงินและการลงทุนของโครงการพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ทำการวิเคราะห์หาผลตอบแทนด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ (Cost-Benefit Analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กับต้นทุนของเงินทุนที่นำไปใช้ในการติดตั้งระบบนี้ **การศึกษาและประเมินผลตอบแทนทางการเงินและการลงทุน** มีพารามิเตอร์หลักที่นิยมใช้ในการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการลงทุน ดังนี้

4.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการคือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือหากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ≥0 แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบ ณ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่ายแต่ในทางตรงกันข้าม

หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าจะลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบณปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

4.1.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการคืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าว ในทางตรงกันข้ามหากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยิ่งต่ำกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไรแสดงเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

4.1.3 ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio, B/C)

ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนคืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการ ได้แก่ ค่าเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

4.1.4 ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย (Cost of Energy)

การพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินและการลงทุนที่สำคัญอีกตัวชี้วัดหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้าซึ่งวิเคราะห์จากต้นทุนการผลิตตลอดอายุโครงการ สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรายปีตลอดอายุโครงการที่ทำการผลิตไฟฟ้าแล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปีที่เท่ากัน (Equivalent annual costs, EAC) ซึ่งได้คำนึงถึงการปรับค่าของเวลา และการเลือกค่าเสียโอกาสของทุนที่เหมาะสมเข้าไว้ด้วยแล้วและคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยโดยหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยสามารถใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับราคาไฟฟ้าที่การไฟฟ้าภูมิภาครับซื้อ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมีการวิเคราะห์ผลกรณีที่ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

4.1.5 ระยะเวลาการลงทุน (Payback Period)

คือ ระยะเวลาที่รายได้หลังจากหักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสามารถนำไปชำระเงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการได้ครบถ้วน โดยส่วนใหญ่ใช้นับเป็นจำนวนปี โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะคืนทุนยาว โดยทฤษฎีระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ แต่ในภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่จะยอมรับกันที่ 7-10 ปี

4.1.6 งบกระแสเงินสด (Cash Flow)

เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและรายได้ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีในช่วงอายุที่โครงการยังก่อให้เกิดรายได้ว่า รายได้ที่ได้รับจะเพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีนั้นๆ หรือไม่ ทั้งนี้ เพื่อให้นักลงทุนจะได้ตระหนักและหาทางแก้ไขล่วงหน้าเพื่อมิให้เกิดสถานการณ์เงินขาดมือในช่วงใดช่วงหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลให้โครงการสะดุด ซึ่งในกรณีการกู้เงิน สถาบันการเงินจะให้ความสำคัญกับงบกระแสเงินสดมาก

4.2 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุนที่ถูกต้อง มีดังนี้

- **รายจ่าย (Cost)** ประกอบด้วย ต้นทุนการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

  - ❖ **ต้นทุน** ได้แก่ เงินที่ใช้ลงทุนในการพัฒนาโครงการ เช่น การซื้อที่ดิน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ฯลฯ ตลอดจนค่าติดตั้ง ดำเนินการทดสอบ ในการดำเนินการพัฒนาโครงการ
  - ❖ **ค่าใช้จ่าย ได้แก่** ค่าดำเนินการในการเดินเครื่องหลังจากการพัฒนาโครงการแล้วเสร็จ เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าซ่อมแซม ดอกเบี้ยเงินกู้ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ภาษี ฯลฯ แต่ละเทคโนโลยีจะมีค่าใช้จ่ายเหล่านี้อาจไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและขนาด และมาตรการส่งเสริมการลงทุนของรัฐ

- **ประโยชน์หรือรายรับ (Benefit)** รายรับที่ได้รับจากโครงการ แยกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ประโยชน์โดยตรงทางการเงิน อันได้แก่ รายได้จากการขายพลังงานในกรณีที่ขายให้แก่ภายนอก หรือการลดค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้อยู่เดิม การขายวัสดุที่เหลือจากการผลิตพลังงาน รายได้จาก CDM กับประโยชน์ทางอ้อมที่มิใช่เป็นเม็ดเงินโดยตรงแต่สามารถประเมินเป็นรูปเงินได้ เช่น การลดการกำจัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ซึ่งในการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ จะใช้ประโยชน์ที่เกิดจากทั้งทางตรงและทางอ้อม ผู้ประกอบการจะต้องหาข้อมูลให้ถูกต้องและถี่ถ้วนถึงราคาพลังงานที่จะขายได้หรือสามารถทดแทนได้ตลอดจนมาตรการ

สนับสนุนของรัฐที่มีผลต่อรายรับในด้านราคาของพลังงานที่ขาย เช่น adder ระยะเวลาที่ให้การสนับสนุน เพื่อนำมาใช้ประเมินผลตอบแทนโครงการ

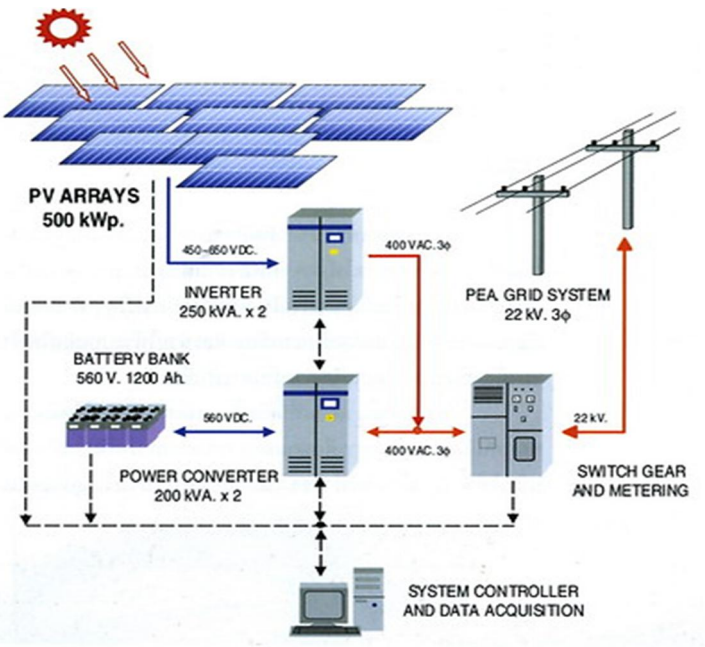
- **ข้อเสนอแนะ**

ข้อมูลข้างต้นเป็นการให้ความรู้พื้นฐานเบื้องต้นแก่ผู้ประกอบการ เพื่อความเข้าใจและนำไปใช้ประกอบการพิจารณาประเมินผลเบื้องต้น แต่ไม่แนะนำว่าหากจะได้ผลอย่างสมบูรณ์ที่ให้ความเชื่อมั่นอย่างแท้จริงแก่ผู้ประกอบการและสถาบันการเงินควรให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินเป็นผู้ดำเนินการวิเคราะห์

4.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การพิจารณาและตัดสินใจในการหาพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาถึงศักยภาพความเข้มรังสีรวม พื้นที่ ระยะห่างของสายส่ง ปริมาณไฟฟ้าที่สายส่งรับได้ เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตได้ โดยไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และสามารถผลิตได้ในช่วงเวลากลางวันในขณะที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น ถ้าหากต้องการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องมีอุปกรณ์แปลงจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (อินเวอร์เตอร์) และหากต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคือจำเป็นจะต้องใช้แบตเตอรี่เก็บสะสมไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันเพื่อจ่ายในช่วงเวลากลางคืนอีกด้วย โดยสามารถแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

4.3.1 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าร์เซลล์ (Solar Cell) เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าที่ได้เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ



แนวทางการศึกษาความเป็นได้ของการจัดทำโครงการโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย(Solar Farm) มีลำดับขั้นตอนดังนี้คือ

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study)
   - สำรวจหาพื้นตั้งโครงการเบื้องต้นที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์
   - สำรวจพื้นตั้งโครงการโดยละเอียด โดยการเก็บข้อมูลโดยลงพื้นที่จริง เพื่อประเมินศักยภาพสภาพแวดล้อมโดยรอบพื้นที่
     - สำรวจสถานที่ก่อสร้างจัดทำแผนผังโรงไฟฟ้า โดยผู้ลงทุนจัดหาสถานที่ก่อสร้างที่มีความยั่งยืน ประหยัดค่าใช้จ่าย และให้ผลตอบแทนสูงสุด เช่น
       - สถานที่ตั้งต้องอยู่ในที่โล่งแจ้งไม่มีร่มเงา เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอย่างเต็มที่ไม่มีสิ่งกีดขวางแสงอาทิตย์ เช่น ภูเขา ต้นไม้ใหญ่ อาคารเป็นพื้นที่ที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์มาก โดยควรได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 18 MJ/ตารางเมตร-วัน

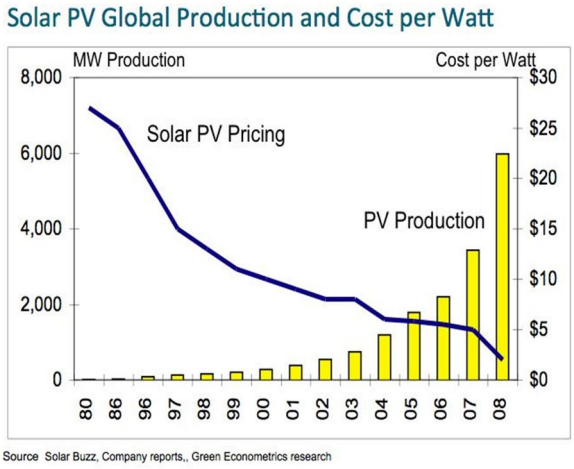
         หมายเหตุ *สามารถจัดแบ่งพื้นที่ศักยภาพเพื่อการลงทุนผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย ออกได้เป็น 3 กลุ่ม*
         - พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 19-20 MJ/ตารางเมตร-วัน หรือ 5.28 – 5.65 kWhต่อวัน ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 14.3
         - พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ต่ำกว่า 18-19MJ/ตารางเมตร-วัน หรือ 5 – 5.28 kWhต่อวัน ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 50.3
         - พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำกว่า 18MJ/ตารางเมตร-วัน หรือต่ำกว่า 5 kWhต่อวันครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 35.5
       - เป็นที่ราบ ไม่ต้องถมหรือต้องปรับพื้นที่มากนัก ไม่ต้องโค่นต้นไม้ขนาดใหญ่หากเป็นที่ลาด ควรลาดลงไปทางทิศใต้ไม่มีน้ำท่วมขัง ไม่เป็นที่น้ำไหลผ่านในฤดูน้ำหลาก หรือหากเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมถึง ควรมีการปรับแต่งพื้นที่หรือติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงพ้นระดับน้ำ
     - อยู่ใกล้กับระบบสายจำหน่ายมากที่สุด เช่น 50 เมตร -1 กิโลเมตร เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสายส่งรวมทั้งเกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า
     - เป็นพื้นที่ที่ไม่มีความขัดแย้งของการใช้ที่ดิน ซื้อหรือเช่าหากเช่าต้องมีสัญญาเช่าระยะยาว

ในการจัดตั้ง Solar Farm จะมีการใช้พื้นที่จำนวนมาก สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 MW ปริมาณการใช้พื้นที่จะอยู่ระหว่าง 8-10 ไร่ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก (Crystalline PV) และ 16-20 ไร่ สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส (Amorphous PV) นอกจากนั้นองศามุมที่วางแผง Solar Cell ก็มีความสำคัญโดยต้องวางให้แผงได้รับแสงอาทิตย์ในแต่ละวันนานที่สุด และควรเป็นมุมที่รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบตั้งฉากกับแผง

- ออกแบบเบื้องต้นออกแบบรายละเอียดจัดทำรายการต้นทุนการผลิตไฟฟ้า
  - เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถจำแนกเป็น 2 แบบ คือ
    - เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยมากเนื่องจากราคาต้นทุนที่ยังต่ำกว่าเมื่อเทียบกับระบบรวมแสงอาทิตย์ (CSP)
    - เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีเมฆน้อยและได้รับรังสีตรงมาก กล่าวคือ ได้รับพลังงานจากรังสีตรงมากกว่า 1,900 kWh/ตารางเมตร-ปี ในขณะที่ค่าพลังงานจากรังสีตรงสูงสุดที่ประเทศไทยได้รับอยู่ที่ 1,400 kWh/ตารางเมตร-ปี
  - ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยงบประมาณของการลงทุนขึ้นกับปัจจัยต่างๆ อาทิ
    - กำลังการผลิตติดตั้ง
    - ยี่ห้อของเทคโนโลยี
    - แหล่งที่ตั้งของ Solar Cell Farm
    - เบี้ยประกันอุบัติเหตุ
    - ประเภทของเทคโนโลยี
    - บริษัทเอกชนที่รับงาน
    - ต้นทุนทางการเงิน

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย

- ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าด้วย**เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)** จะมีต้นทุนการก่อสร้างประมาณ 110-120 บาทต่อวัตต์ ขณะที่**เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์** จะมีต้นทุนการก่อสร้างประมาณ 200-250 บาทต่อวัตต์ รวมทั้งแนวโน้มต้นทุนจะลดลงเนื่องจากเทคโนโลยีการผลิต PV Module ที่ดีขึ้น ปัจจุบันราคาแผง PV ลดลงเหลือประมาณ 2-3 USD/watt



ตัวอย่างเงินลงทุนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 MW

ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	เงินลงทุน (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)	ที่ดิน
ผลึกซิลิคอน	110-120 ล้านบาท	8-10 ไร่
ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน	90-110 ล้านบาท	16-20 ไร่

หมายเหตุ *1) ราคาข้างต้น ไม่รวม ค่าซื้อที่ดิน ค่าเช่าที่ดิน ค่าปรับถมที่ดิน ค่ารั้วรอบโรงไฟฟ้า ภาษีนำเข้าชุดอินเวอร์เตอร์*

2) ราคาข้างต้นเป็นกรณีผู้ลงทุนได้รับการส่งเสริมการลงทุน (โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน) จาก BOI ซึ่งผู้ลงทุนจะได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลจากการจำหน่ายไฟฟ้าตามระเบียบของ BOI

- *ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษา (Operating and Maintenance Cost) การผลิตไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนไหว จึงมีการสึกหรอน้อย ส่วนใหญ่การซ่อมบำรุงจะตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ซึ่งมีอายุการใช้งานที่นาน อาทิ เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จะมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปีหรืออาจจะมากกว่านั้นขึ้นกับการบำรุงรักษา*
- *ต้นทุนทางการเงิน (Cost of Fund)ต้นทุนทางการเงินคือต้นทุนในการกู้ยืมเงินจากแหล่งเงินทุนอื่น อาทิเช่น หน่วยงานของรัฐบาล ธนาคารพาณิชย์ เพื่อใช้เป็นทุนสร้างโรงงานหรือใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียน ซึ่งต้นทุนดังกล่าวจะแปรผันตรงกับจำนวนเงินที่นำมาและผันตรงกับอัตราดอกเบี้ย ณ เวลานั้น (โดยปกติยิ่งระยะเวลากู้ยาวอัตราดอกเบี้ยจะยิ่งสูงตาม)*
- *ค่าประกันภัยผู้ประกอบการควรจะทำประกันภัยโรงไฟฟ้า โดยประกันภัยควรประกอบด้วย*

  1. All Risk Insurance (รวมความเสี่ยงทั้งหมด)

  2. Solar Cell Insurance (ประกันแผงเซลแสงอาทิตย์)

  3. BI (Business Interruption) ประกันภัยจากการหยุดชะงักของธุรกิจ

- ความสามารถในการทำกำไรและระยะเวลาคืนทุน

  เพื่อที่จะพิจารณาว่าโครงการดังกล่าวคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ และเป็นส่วนที่จะให้ความมั่นใจกับผู้สนับสนุนโครงการ (หน่วยงานรัฐบาล, ธนาคารพาณิชย์, นักลงทุน) โดยผู้ประกอบการต้องวิเคราะห์หลักๆ 2 ส่วนได้แก่

  ส่วนแรก ต้นทุนและรายจ่าย แบ่งเป็น

  1. ต้นทุนในการก่อสร้าง
  2. ค่าใช้จ่ายในการบริหารและซ่อมบำรุงระบบ
  3. ต้นทุนทางการเงิน

  ส่วนที่สองรายได้จากการดำเนินกิจการ

  1. รายได้จากการขายไฟ

     รายได้จากการขายไฟฟ้าที่ผลิตด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณได้ดังนี้

     = (ก) ค่าไฟฟ้าฐานที่จ่ายโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือการไฟฟ้านครหลวงโดยเฉลี่ยประมาณ 3 บาทต่อหน่วย (Baht/kWh) และสูงขึ้นตามอัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) จำนวนปีไม่จำกัด

     (ข) ค่าไฟฟ้าพิเศษ Adder ที่จ่ายโดยกระทรวงพลังงาน เป็นระยะเวลาตามที่กำหนดนับจากวันที่เริ่มขายไฟฟ้า

  2. รายได้อื่นๆ อาทิ รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (CERs)

2. <u>ยื่นแบบขอจำหน่ายไฟฟ้าและเอกสารที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง</u>

รายการหน่วยงานต่างๆที่ Solar Farm ต้องยื่นขออนุมัติเพื่อขายไฟฟ้า VSPP[1]

VSPP (kW)	กฟภ.	กฟน.	กฟผ.	สกพ.	กรมโรงงานอุตสาหกรรม	อบต	BOI	ESA[1]	EIA[2]
1-3.6	ขอ	ขอ	-	แจ้งเพื่อทราบ	-	-	-	-	-
3.7-1,000	ขอ	ขอ	-	แจ้งเพื่อทราบ	ขอ	ขอ	ให้	-	-
>1,000-6,000	ขอ	ขอ	-	ขอ	ขอ	ขอ	ให้	> 5,000 kW	-
>6,000-10,000	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ให้	ทำ	
>10,000	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ขอ	ให้	ทำ	ทำ

1) ESA = Environmental Safety Assessment

2) EIA = Environmental Impact Assessment

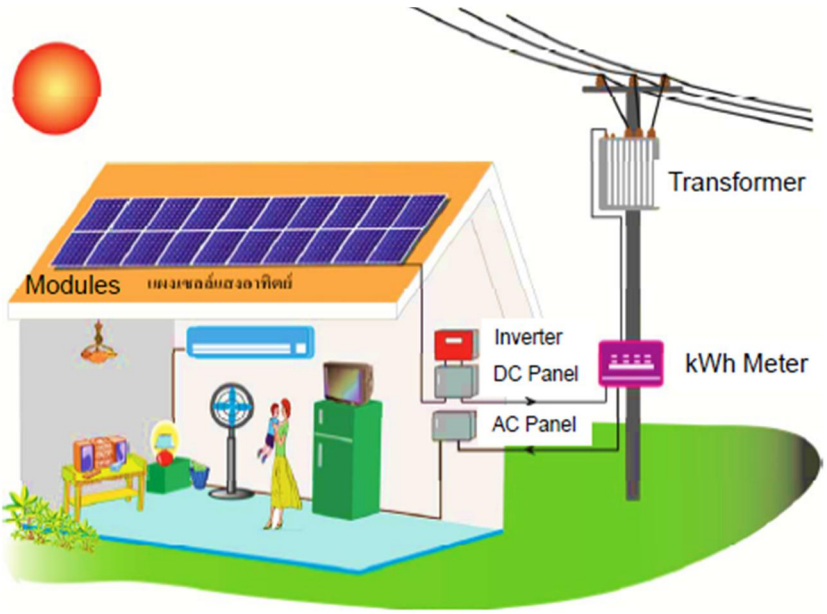
3) ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 6 ขั้นตอนการขอใบอนุญาตต่างๆ

[1]ที่มา : ข้อเสนอรับเหมา ออกแบบก่อสร้างโซลาร์ฟาร์มขนาดเมกะวัตต์ โดย บริษัท ไทยโซลาร์ฟิวเจอร์ จำกัด

3. จัดหาวัสดุอุปกรณ์
4. ก่อสร้างติดตั้งระบบจนสามารถผลิตไฟฟ้าได้
5. เดินเครื่องโรงไฟฟ้าเก็บบันทึกข้อมูล
6. บำรุงรักษา

4.3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย (Solar Roof Top)[2]

มีลักษณะการทำงานโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์อยู่บนหลังคาบ้านหรือบางกรณีสามารถติดตั้งบนพื้นดินบนหลังคาโรงจอดรถ ฯลฯ ซึ่งในเวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะไหลไปสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Grid- Connected Type Inverter) ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในบ้าน เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC, 220 โวลต์ความถี่ 50 เฮิร์ต) ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จะไหลไปสู่มิเตอร์ขายไฟฟ้า (kilowatt meter selling meter) ที่ติดตั้งอยู่ที่เสาไฟฟ้าหน้าบ้านอย่างอัตโนมัติ และในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือถ้ามีก็น้อยมากจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกมาจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ในขณะเดียวกันก็จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนจากเสาไฟฟ้าเข้ามาสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้กระแสไฟฟ้าสลับของการไฟฟ้าจะหยุดค้างอยู่ที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ต่อมาในวันรุ่งขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์เพียงพอแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะเริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกครั้งและระบบก็จะเริ่มทำงานเองโดยอัตโนมัติ



ดังนั้นระบบฯนี้ได้รับการออกแบบโดยกำหนดให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ถูกใช้เองภายในบ้านแต่ไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้จะไหลขึ้นไปสู่เสาไฟฟ้าหน้าบ้าน กล่าวคือเป็นระบบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดให้กับการฟ้านั่นเอง ซึ่ง กพช. มีมติจากการประชุมเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2553 .ให้คณะอนุกรรมการฯ พิจารณาอัตราสนับสนุนในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบน

[2] ที่มา : โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเพื่อขายไฟฟ้า โดยบริษัท ไทยโซลาร์ฟิวเจอร์ จำกัด

หลังคาที่อยู่อาศัย และอาคารพาณิชย์ พร้อมทั้งรายละเอียดการสนับสนุน และปริมาณที่จะส่งเสริม ซึ่งสามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

แนวทางการศึกษาความเป็นได้ของการจัดทำโครงการโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบต่อเข้ากับระบบจำหน่าย มีลำดับขั้นตอนดังนี้คือ

1. สำรวจศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์
2. พิจารณาลักษณะของหลังคาบ้านและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
   - แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งได้ทั้งบนหลังคาบ้านบนหลังโรงจอดรถและบนพื้นดิน ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีตลอดทั้งวันตลอดทั้งปีต้องไม่มีสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งของอื่นใดมาบังแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน (เช่น ต้นไม้สิ่งปลูกสร้างอื่นๆภูเขาเสาอากาศจานดาวเทียมฯลฯ) ไม่ควรเป็นสถานที่ที่มีฝุ่นหรือไอระเหยจากน้ำมันมากเกินไป
   - การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยที่ได้มาตรฐานโดยทั่วไปจะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้และแผงเซลล์เอียงเป็นมุมประมาณ 10-15 องศากับพื้นโลก
   - ชนิดของหลังคาบ้านที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีทั้งชนิดหลังคาหน้าจั่วหลังคาดาดฟ้าพื้นคอนกรีตหลังคากระเบื้องหลังคาเมทัลชีตหลังคาไม้
3. ความสามารถในการทำกำไรและระยะเวลาคืนทุน แบ่งออกเป็น

   ส่วนแรก ต้นทุนและรายจ่าย แบ่งเป็น

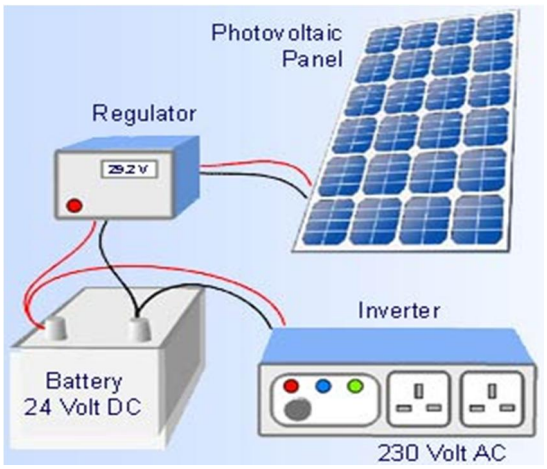
   1. ต้นทุนในการก่อสร้าง
   2. ค่าใช้จ่ายในการบริหารและซ่อมบำรุงระบบ

   ส่วนที่สอง รายได้จากการดำเนินกิจการ คือ รายได้จากการขายไฟฟ้าที่ผลิตด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่ง *กพช. มีมติจากการประชุมเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2553 ให้คณะอนุกรรมการฯ พิจารณาอัตราสนับสนุนในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาที่อยู่อาศัย และอาคารพาณิชย์ พร้อมทั้งรายละเอียดการสนับสนุน และปริมาณที่จะส่งเสริม สามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน*
4. ยื่นแบบขอจำหน่ายไฟฟ้าและเอกสารที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง

   การลงทุนติดตั้งโซลาร์บนหลังคา จะต้องขออนุญาตจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งการที่จะก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และขายไฟฟ้านั้น ต้องปฏิบัติการกฎหมาย และระเบียบของหน่วยงานต่างๆ ได้แก่

- ❖ *การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามหลังคาหรือกระจกบนอาคารสำนักงานหรือบ้านพักอาศัยที่มีขนาดเกิน 5 แรงม้า (3.7 kW) ขึ้นไปถือเป็นการจัดตั้งโรงงานดังนั้นเจ้าของบ้านหรือผู้ลงทุนจึงต้องยื่นขออนุญาตการก่อสร้างต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อขอเอกสาร รง. 4*
- ❖ *การติดตั้งแผงโซล่าร์เซลล์บนหลังคาของบ้านพักอาศัยหรืออาคารสำนักงาน ต้องขออนุญาตการติดตั้งต่อโยธาเขตหรือโยธาจังหวัดกรณีที่มีน้ำหนักเพิ่มเกินร้อยละ 10 หรือมีพื้นที่ขยายเพิ่มหรือลดเกิน 5 ตรม.*

4.3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



แนวทางการคัดเลือกระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องเลือกระบบตามวัตถุประสงค์การใช้งานจากนั้นจึงหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจึงเลือกส่วนประกอบที่เหมาะสมซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้คือ

1) หาค่ากำลังวัตต์สูงสุดที่ต้องการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยประมาณการคำนวณมาจากภาระงานกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทุกๆชนิดรวมกันหรือปริมาณที่ต้องการเชื่อมต่อกับสายส่งเพื่อให้ได้ค่าเป็นกำลังวัตต์ ชั่วโมงใช้งานต่อวัน (Wh/d) หาค่าเป็นกำลังวัตต์ต่อวัน (W/d) เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้หาค่าอื่นๆต่อไปเช่นอินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ตลอดจนแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือหาค่ากำลังวัตต์ต่อเดือน (W/m) ในกรณีต้องการหาค่าใช้จ่ายค่าพลังงานต่อเดือนเพื่อเปรียบเทียบราคาค่าหน่วยกับระบบไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าในการหาค่ากำลังวัตต์สูงสุดนี้ต้องเป็นระบบไฟฟ้าชนิดเดียวกันการออกแบบระบบไฟฟ้าใช้งานสามารถเลือกระบบได้ 2 แบบคือ
   - ➢ การเลือกใช้ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งปัจจุบันนิยมใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 V ซึ่งมีอุปกรณ์ใช้งานได้มากแต่ก็อาจจะออกแบบให้ใช้ระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามที่ต้องการได้เช่นขนาด 24 V หรือ 48 V ก็ได้

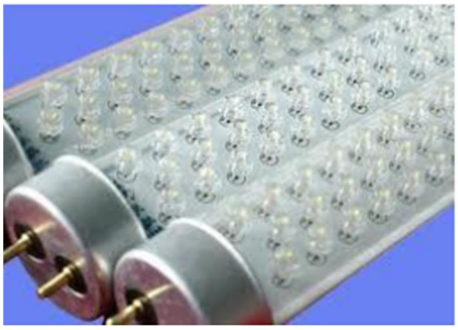
- การใช้ไฟฟ้ากระแสสลับประเทศไทยใช้ระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาตรฐาน 220 V 50 Hz ซึ่งมีความเหมาะสมและสะดวกสามารถหาอุปกรณ์สนับสนุนได้ง่ายหรือสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆไปได้

การออกแบบและการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เล็กสำหรับติดตั้งบนหลังคาบ้านเพื่อใช้ในครัวเรือน

ผู้ออกแบบต้องพิจารณาใช้เซลล์แสงอาทิตย์ให้มีปริมาณกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าในบ้าน แต่ต้องไม่มากเกินกว่าความจำเป็นเนื่องจากจะทำให้ระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์แพงเกินกว่าความเป็นจริง

การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับใช้ในบ้านที่ติดตั้ง Solar cell

การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์มีข้อจำกัดการใช้งานเนื่องจากระบบการผลิตจะได้รับพลังงานในตอนกลางวันเท่านั้นจึงต้องมีอุปกรณ์การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้งานในตอนกลางคืนหรืออย่างต่อเนื่องโดยใช้แบตเตอรี่ระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ยิ่งมีระบบซับซ้อนหรือมีอุปกรณ์ต่อพวงมากขั้นตอนก็จะทำให้มีการสูญเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเช่นหากต้องการใช้ไฟฟ้าแรงเคลื่อน 220 โวลต์ก็จะต้องใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์แปลงระบบไฟฟ้าเสียก่อนจึงจะใช้งานได้และอุปกรณ์ก็จะมีค่าสูญเสียภายใน 10-15% ซึ่งถือได้ว่ามีค่ามากสำหรับระบบการผลิตขนาดเล็กวิธีการที่ดีและประหยัดคือการเลือกใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรงและการใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟได้แก่หลอดไฟฟ้าประหยัดไฟแบบ LED บัลลาสอิเล็กทรอนิกส์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้น



หลอดไฟฟ้า LED

ปั๊มไฟฟ้ากระแสตรง

การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยการใช้แผงโซล่าเซลล์ u3602 u3627 จากมีการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักจะมีข้อจำกัดทางด้านพลังงานที่ได้รับอาจไม่คงที่หรือมีความเสถียรต่ำการรับแสงอาทิตย์จะไม่คงที่แน่นอนในวันที่มีฝนตกมีเมฆหมอกมากซึ่งจะทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าปกตินอกจากนี้การรับแสงอาทิตย์ก็รับได้เพียงตอนกลางวันเท่านั้นหากต้องการความเสถียรของระบบก็จะต้องต่อเชื่อมกับระบบอื่นๆเป็นระบบไฮบริดจ์ (Hydride System)โดยใช้เป็นผลิตพลังงานร่วมกับระบบอื่นๆเช่นพลังงานน้ำพลังงานลมหรือกับเครื่องยนต์ต่างๆเป็นต้นในส่วนต้นทุนการผลิตของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ถึงแม้ว่าพลังงานที่ได้รับจะเป็นพลังงานที่ฟรีจากดวงอาทิตย์แต่ก็มีปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องได้แก่การลงทุนทางด้านอุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีราคาแพงถึงกว่า 100 บาทต่อวัตต์ อุปกรณ์การติดตั้งต่างๆรวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบการทำงานชาร์จคอนโทรลและอินเวอร์เตอร์ต่างๆนอกจากนี้อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่แบตเตอรี่ซึ่งอุปกรณ์ทุกๆชนิดดังที่กล่าวแล้วล้วนมีอายุการใช้งานที่ต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาทั้งสิ้นจึงเป็นภาระค่าใช้จ่ายที่ต้องนำมาคำนวณเป็นต้นทุนของระบบในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าความคุ้มทุนต่างๆ

ดังนั้นการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยการใช้แผงโซลาเซลล์จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในสถานที่ที่มีความจำเป็นหรือการแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าเฉพาะจุดเท่านั้นตามจุดต่างๆที่ต้องการการใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากนักหรือเป็นการลดการใช้สายส่งระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ต่างๆจึงนิยมนำไปใช้งานในที่ต่างๆ เช่นไฟฟ้าระบบจราจรไฟประดับสวนไฟประภาคารหรือทุ่นลอยนำต่างๆเป็นต้น ซึ่งเมื่อทำการคำนวณต้นทุนการผลิตที่คุ้มค่าแล้วจึงจะเหมาะสมในการใช้งาน

การประยุกต์ใช้งานไฟถนนไฟฟ้าประดับสวน

การประยุกต์ใช้งานไฟจราจร

2) การเลือกใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดกระแสสลับกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านจะต้องให้ค่ากำลังวัตต์ของอินเวอร์เตอร์สูงกว่าค่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานจริงเสมอรวมทั้งต้องออกแบบสำหรับการสูญเสียกำลังภายในอินเวอร์เตอร์ซึ่งจะมีค่าประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์เช่นมีหลอดไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้ารวม 80 วัตต์จะต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 100 วัตต์ในปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่โดยตรงมากขึ้นเพื่อลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในอินเวอร์เตอร์ลงได้มากถ้าหากมีความจำเป็นต้องใช้ก็อาจจะเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาดเล็กๆใช้งานเฉพาะจุดที่ต้องการทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและลดความสูญเสียกำลังงานได้มากสิ่งที่ต้องคำนึงสิ่งหนึ่งคือวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ดีต้องมีการป้องกันการใช้กำลังงานของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปหรือ DOD (Dept of Discharge) ซึ่งจะเป็นผลทำให้อายุแบตเตอรี่สั้นลงโดยปกติจะใช้แบตเตอรี่ที่ค่า DOD ไม่เกินกว่า 60 %

3) การเลือกใช้ Charge controller เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงการออกแบบวงจรการจัดเก็บประจุแบตเตอรี่ต้องใช้อุปกรณ์สำหรับควบคุมการประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ซึ่งมีการออกแบบให้ทำการชาร์จประจุที่มีลักษณะเป็นลูกพัลส์ที่สามารถปรับเปลี่ยนคาบเวลาและขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ย่านกว้างเพื่อให้การประจุได้ประสิทธิภาพสูงสุดตามปริมาณการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์จึงมีการใช้วงจรควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมข้อที่ควรพิจารณาการเลือกใช้งานได้แก่เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงมีการสูญเสียต่ำและค่าพลังงานที่กำหนดต้องมีค่ากำลังวัตต์ที่ไม่ต่ำกว่าค่าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่โดยส่วนใหญ่การบอกค่าของเซลล์แสงอาทิตย์จะบอกค่าเป็นกำลังวัตต์แต่การบอกขนาดของเครื่องชาร์จจะบอกพิกัดกำลังโวลต์และค่ากระแสจากตัวอย่างเช่นถ้าเครื่องชาร์จประจุแรงเคลื่อนขนาด 12 โวลต์กระแส 10 แอมแปร์ก็จะสามารถใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดไม่เกิน 120 วัตต์แต่หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังไฟฟ้าต่ำเกินไปก็จะเกิดการสูญเสียภายในและมีราคาแพงกว่าในการเลือกใช้งานต้องเลือกให้มีความเหมาะสม

4) การเลือกใช้แบตเตอรี่สำหรับจัดเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าซึ่งหากต้องการเชื่อมโยงกับระบบสายส่งไฟฟ้าเพื่อขายไฟฟ้า ก็ไม่ควรที่จะมีระบบแบตเตอรี่เนื่องจากเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายและต้นทุนของไฟฟ้าอีกทั้งยังมีอายุการใช้งานที่ไม่มากนักส่งผลให้ต้องเพื่อค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อยและมีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป โดยแบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบ Deep Cycle ซึ่งจะมีลักษณะที่ต่างจากแบตเตอรี่รถยนต์แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์จะมีแผ่นตะกั่วที่บางกว่าทำให้ค่าความต้านทานภายในต่ำจึงสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงในระยะสั้นๆใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์แต่แบตเตอรี่สำหรับใช้งานกับพลังงานแสงอาทิตย์แผ่นตะกั่ว

ภายในจะมีขนาดที่หนาทำให้ความต้านทานภายในสูง จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไม่สูง แต่จะจ่ายได้ในระยะเวลาที่นานกว่า ราคาสูงกว่าแบตเตอรี่รถยนต์ 3-4 เท่าในขนาดเดียวกัน และเนื่องจากการใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้ในลักษณะจัดเก็บประจุไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ในตอนกลางวันแล้วนำมาใช้งานในตอนกลางคืนการเลือกใช้ขนาดแบตเตอรี่ต้องมีความเหมาะสมกับขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งขนาดที่เหมาะสมคือประมาณ 6-8 เท่า ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ตามชั่วโมงการรับแสงดังตัวอย่างเช่นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 วัตต์ จะใช้แบตเตอรี่ขนาด 60 - 80 แอมแปร์/ชั่วโมงแต่แบตเตอรี่ที่จำหน่ายจะมีค่าที่คงที่ตายตัวจึงควรเลือกใช้ขนาดที่สูงกว่าคือ 100 แอมแปร์/ชั่วโมงการใช้ขนาดแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กเกินไปนอกจากทำให้เก็บประจุได้น้อยแล้วยังทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่ไม่สามารถประจุไฟฟ้าเก็บไว้ใช้ได้

4.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการพลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อพิจารณาจากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีพบว่าพื้นที่ที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดแผ่เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ จังหวัดอุดรธานีรวมทั้งบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาทอยุธยา และลพบุรี โดยได้รับพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 19-20 MJ/m^2– day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมด ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วง 18-19 MJ/m^2–day และมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่า 16 MJ/m^2 – day โดยค่าเฉลี่ยของรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อปีทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ18.2 MJ/m^2–day ซึ่งถือได้ว่ามีศักยภาพค่อนข้างสูง

4.4.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนก่อสร้างโซลาร์ฟาร์มสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย[3]

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโซลาร์ฟาร์มสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายขนาด 1 MW กรณีลงทุนโดยบริษัทที่ก่อตั้งใหม่

สมมติฐานการคำนวณ

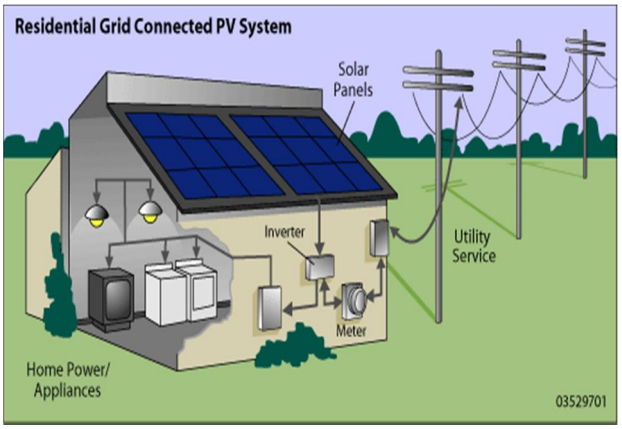
- อัตราแลกเปลี่ยน 34.5 Baht/US$, 48 Baht/Euro
- รายได้จากการขายไฟฟ้าให้ กฟภ ปีแรก 3.3 Baht/kWh

[3] ที่มา : ข้อเสนอโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกะวัตต์โดยบริษัทไทยโซลาร์ฟิวเจอร์จำกัด

- รายได้จากการขายไฟฟ้าให้ กฟภ ขึ้นปีละ 5%/Year
- รายได้จาก Adder กระทรวงพลังงาน 10 Year 8 Baht/kWh ระยะเวลาโครงการ 25 ปี
- ความสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 3.8 kWh/kWp/day (ระบบ Grid connected)

ขนาดโครงการ	1,000	กิโลวัตต์
เงินลงทุน	120-130	ล้านบาท
ขนาดพื้นที่ตั้งโครงการ	10	ไร่
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	1,387,000	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ขาย	1,387,000	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
รายได้ก่อนหักค่าใช้จ่าย	15-16	ล้านบาทต่อปี
ค่าใช้จ่ายรายปี อาทิ ค่าจ้างพนักงาน ค่าบำรุงรักษา	0.1-0.2	ล้านบาทต่อปี
รายได้สุทธิภายหลังหักค่าใช้จ่าย	15-16	ล้านบาทต่อปี
รายได้สะสมตลอดอายุโครงการ	320	ล้านบาทต่อ 25 ปี
%IRR	9-10	%
ระยะเวลาคืนทุน	8-9	ปี

4.4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย (Solar Roof Top)



ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อขายไฟฟ้า จะมีส่วนประกอบของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังผลิตประมาณ 3.15 กิโลวัตต์ ตัวควบคุม เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) มิเตอร์ผลิตไฟฟ้า มิเตอร์ซื้อขายไฟฟ้า โดยการ

ทำงานของระบบจะเกิดขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์ ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งติดตั้งไว้บนหลังคา เซลล์ แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงออกมาไหลผ่านตัวควบคุม เข้าสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้า จ่ายเข้าระบบไฟฟ้าภายในบ้าน ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปิดใช้อยู่ภายในบ้านใช้กำลังไฟฟ้า น้อยกว่าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่เกินนั้นจะจ่ายผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้าคืนให้กับการไฟฟ้าฯ แต่ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือมีการเปิดใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่ขาดจะถูกซื้อเข้ามาจากระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าฯ โดยผ่านมิเตอร์ซื้อไฟฟ้าตามปกติ

ตัวอย่างของการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯ ขนาด 5 kW

ขนาดโครงการ	5.0	กิโลวัตต์
เงินลงทุน	650,000	บาท
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณ	7,000	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ขาย	7,000	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
ค่าบำรุงรักษารายปี	750	บาทต่อปี
รายได้สุทธิภายหลังหักค่าใช้จ่าย	76,250	บาทต่อปี
รายได้สะสมตลอดอายุโครงการ	1,900,000	บาทต่อ 25 ปี
ระยะเวลาคืนทุน	8-9	ปี

ตัวอย่างโครงการ Grid Connected PV Solar Roof Top

4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ตัวอย่างการศึกษาความเหมาะสมด้านเทคนิคของเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพฯ โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนที่มีแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใสผสานกับน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องหม้อต้มไอน้ำไอน้ำ **มีรายละเอียดการวิเคราะห์**ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

จำนวนห้องที่ต้องการใช้น้ำร้อน	: ห้องพิเศษ 104 ห้อง
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	: 160 ลิตร/ห้อง/วัน
ปริมาณการใช้น้ำร้อนรวม	: 16,640 ลิตร/วัน
อุณหภูมิน้ำร้อนที่ต้องการ	: 60 องศาเซลเซียส
ข้อมูลการใช้พลังงานผลิตน้ำร้อนเดิม	: หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงดีเซลขนาด 2 ตัน

ส่วนที่ 2 การพิจารณาหาระบบที่เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำร้อน ด้วยการประมาณความต้องการน้ำร้อนของโรงพยาบาล

อุณหภูมิของน้ำป้อน	30	°C
อุณหภูมิของน้ำร้อน	60	°C
ปริมาณความต้องการน้ำร้อนรวมต่อวัน	16,640	ลิตร/วัน
ปริมาณการสูญเสียกับระบบหมุนเวียน คิดที่ 15 % ของความต้องการน้ำร้อน	2,496	ลิตร/วัน
ปริมาณการใช้น้ำร้อนรวม (100%)	19,136	ลิตร/วัน

ข้อมูลชุดผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องหม้อต้มไอน้ำ

พิกัดหม้อต้มไอน้ำ	2	ตัน
จำนวน (ใช้สลับกัน)	2	ชุด
อุณหภูมิไอเสียที่ปากปล่องหม้อต้มไอน้ำเฉลี่ย	275	°C
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากปล่องไอเสีย	1,500	ลิตร/ชั่วโมง
ชั่วโมงการผลิตน้ำร้อนต่อวัน LF~60-65%	7.8	ชั่วโมง
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้คิดเทียบที่อุณหภูมิน้ำร้อน 30-60 °C	11,700	ลิตร/วัน

การประมาณขนาดของพื้นที่ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างๆ กัน

ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิจาก 30°C ไปเป็น 60°C ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 50 % คำนวณที่ค่าความเข้มรังสีรวม 19.89 MJ/m^2-day (ข้อมูลค่าเฉลี่ยรังสีรวม ณ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพฯ จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน) โดยทำการคำนวณที่เปอร์เซ็นต์ การออกแบบระบบขนาดต่างๆ กันคือ ที่ 100% 75% 50% และ 25%

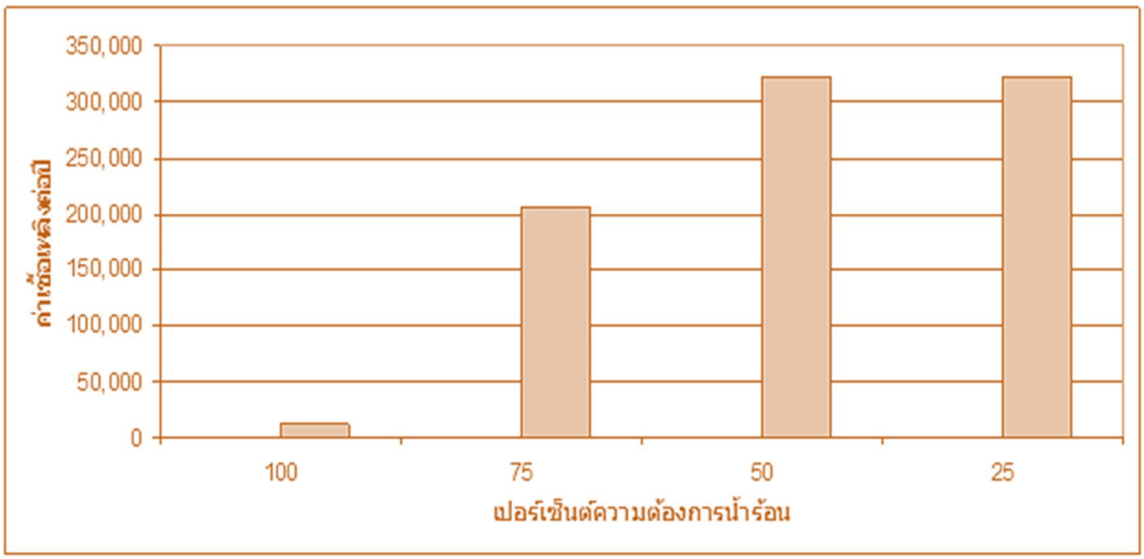
เปอร์เซ็นต์ของขนาดระบบที่ออกแบบ	100%	75%	50%	25%	หน่วย
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	19,136	14,352	9,568	4,784	ลิตร/วัน
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากหม้อต้มไอน้ำ	11,700	11,700	11,700	11,700	ลิตร/วัน
ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการจาก Collector	7,436	2,652	0	0	ลิตร/วัน
พลังงานความร้อนที่จะต้องผลิตได้จาก Collector (อุณหภูมิ 27–60 °C)	933,813	333,038	0	0	kJ
ประสิทธิภาพของ Collector	50	50	50	50	%
ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี	19.89	19.89	19.89	19.89	MJ/m^2-day
ขนาดของพื้นที่ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย	95	34	0	0	ตารางเมตร

การประมาณค่าใช้จ่ายการเดินระบบความร้อนเสริมที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างๆ กัน

การออกแบบระบบฯ จะต้องมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการเดินระบบความร้อนเสริม เนื่องจากน้ำร้อนที่ผลิตได้จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปริมาณไม่คงที่ขึ้นกับความเข้มแสงอาทิตย์และสภาพภูมิอากาศ ส่วนความร้อนเหลือทิ้งมีความสามารถในการผลิตน้ำร้อนในปริมาณจำกัด อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำร้อนทั้งหมด ซึ่งการประมาณการค่าใช้จ่ายความร้อนเสริมซึ่งในกรณีนี้สมมุติว่าใช้ชุดผลิตน้ำร้อนเสริมจากหม้อต้มไอน้ำเชื้อเพลิงดีเซล

เปอร์เซ็นต์ของขนาดระบบที่ออกแบบ	100%	75%	50%	25%	หน่วย
ค่าใช้จ่ายจากการเดินระบบความร้อนเสริม	11,625	206,552	322,312	322,312	บาท/ปี

จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการเดินระบบความร้อนเสริมจะต่ำลงเมื่อมีการใช้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น ซึ่งแสดงดังกราฟค่าใช้จ่ายจากการเดินระบบความร้อนเสริมที่การออกแบบเปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างๆ กัน



กราฟค่าใช้จ่ายจากการเดินระบบความร้อนเสริมที่การออกแบบเปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างกัน

การคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์

สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 34.44 บาท
- อัตราดอกเบี้ยสูงสุด 7.375 %/ปี
- อายุการใช้งานระบบ 15 ปี

ผลประหยัดที่ได้จากระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างๆ

เปอร์เซ็นต์ของขนาดระบบที่ออกแบบ	**100%**	**75%**	**50%**	**25%**	**หน่วย**
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จาก Waste Heat	11,700	11,700	11,700	11,700	ลิตร/วัน
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จาก Collector	7,491	2,672	0	0	ลิตร/วัน
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้รวม	19,191	14,372	11,700	11,700	ลิตร/วัน
คิดเป็นพลังงานความร้อนจากหม้อไอน้ำที่ประสิทธิภาพ 75%	3,213,319	2,406,376	1,959,048	1,959,048	kJ
คิดเป็นปริมาณน้ำมันดีเซล	88.23	66.07	53.79	53.79	ลิตร/วัน
ราคาค่าน้ำมันดีเซลต่อลิตร	34.44	34.44	34.44	34.44	บาท/ลิตร
ค่าน้ำมันดีเซล	1,109,098	830,576	676,178	676,178	บาท/ปี

การประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้ง และระยะเวลาคืนทุนของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เปอร์เซ็นต์การออกแบบระบบขนาดต่างๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100%	75%	50%	25%	หน่วย
พื้นที่ของตัวเก็บรังสีที่จะติดตั้ง	95	34	0	0	ตารางเมตร
เงินลงทุนเริ่มต้น					
ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์+ติดตั้ง	1,135,087	404,821	-	-	บาท
ถังเก็บน้ำร้อน	600,000	500,000	500,000	500,000	บาท
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ระบบความร้อนเหลือทิ้ง)	200,000	200,000	200,000	200,000	บาท
ค่าใช้จ่ายรายปี					
ค่าเชื้อเพลิงเดินระบบความร้อนเสริม	11,625	206,552	322,312	322,312	บาท/ปี
ค่าซ่อมบำรุง (1% ของเงินลงทุน)	19,351	11,048	7,000	7,000	บาท/ปี
รวมค่าใช้จ่ายรายปี	30,976	217,600	329,312	329,312	บาท/ปี
เงินลงทุนในการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	1,935,087	1,104,821	700,000	700,000	บาท

การคำนวณอัตราผลตอบแทนทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return - FIRR) ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่างๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100%	75%	50%	25%
FIRR	55.63	55.40	49.43	49.43

<u>หมายเหตุ</u> การคำนวณ FIRR ของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณโดยหักค่าใช้จ่ายของระบบซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบความร้อนเสริม และค่าบำรุงรักษา เพื่อหาอัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) ที่ดีที่สุด

จากตารางเมื่อพิจารณาติดตั้งตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ FIRR ที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนที่ 100% ดังนั้น จึงมีความเห็นแนะนำให้ลงทุนติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกที่มีความสะอาดไม่ก่อมลพิษให้กับ

สิ่งแวดล้อม มีค่าบำรุงดูแลรักษาต่ำ และมีความเสถียรภาพในระบบมาก โดยเสนอให้ลงทุนระบบที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนที่ 100%

ส่วนที่ 3 การออกแบบระบบ

การออกแบบทางด้านเทคนิค จะทำการออกแบบระบบที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน 100% โดยมีรายละเอียดการออกแบบระบบดังนี้

ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ขนาด 95 ตารางเมตร ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 50% สามารถผลิตน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 30 °C ไปเป็น 60 °C ได้เฉลี่ยประมาณวันละ 19,191 ลิตร ที่ค่าความเข้มรังสีรวมเฉลี่ยตลอดทั้งปี 19.89 MJ/m2-day ซึ่งตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ทำหน้าที่รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ แล้วถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ไหลอยู่ในท่อภายในตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์

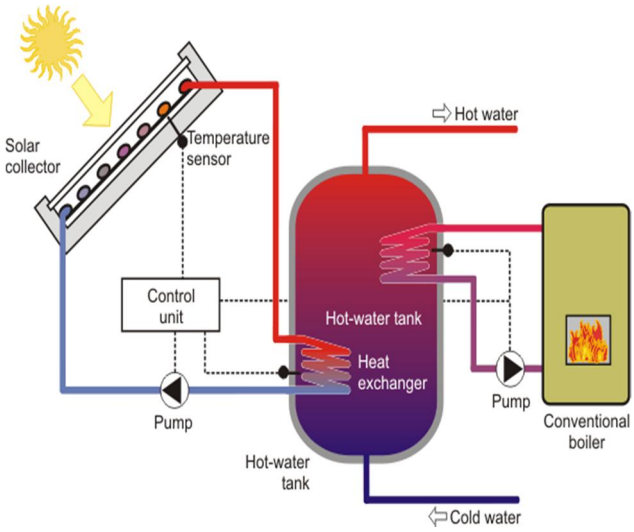
ชุดผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้ง นำความร้อนเหลือทิ้งจากหม้อต้มไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลที่มีอยู่เดิมมาใช้ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ถังเก็บน้ำร้อน ประกอบด้วยถังขนาด 10,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง

ส่วนจ่ายน้ำ ได้แก่ ระบบท่อสำหรับส่งน้ำร้อนไปใช้ และระบบปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของน้ำในระบบ สำหรับท่อและอุปกรณ์ที่ส่งน้ำร้อนไปใช้งานจะหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนของระบบ

ชุดผลิตน้ำร้อนเสริม ชุดผลิตน้ำร้อนเสริมจากหม้อต้มไอน้ำเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งในการติดตั้งจริงสามารถเลือกใช้ชุดผลิตน้ำร้อนเสริมจากแหล่งอื่นๆได้ เช่น ฮีทเตอร์ไฟฟ้า หม้อต้มไอน้ำจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

ส่วนที่ 4 สรุป



จากการสำรวจข้อมูลระบบผลิตน้ำร้อนและความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องหม้อต้มไอน้ำของโรงพยาบาลนครธนในเบื้องต้น เพื่อศึกษาและออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง รวมถึงการวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคนิค ทางเศรษฐศาสตร์และผลประโยชน์ที่ได้รับจากระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง สามารถสรุปข้อมูลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์		
ชนิดแผงรับความร้อน	แผ่นเรียบ หรือหลอดสุญญากาศ	
ประสิทธิภาพแผง	50	%
ขนาดพื้นที่รับแสง	95	ตารางเมตร
มุมตั้งแผง	15 องศาหันไปทางทิศใต้	
ผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C	19,191	ลิตรต่อวัน
ระบบเก็บน้ำร้อน		
ถังน้ำร้อนขนาด	10,000	ลิตร
จำนวน	2	ถัง
สารเก็บความร้อน	น้ำ	
ระบบท่อส่งน้ำร้อน		
การหุ้มฉนวน	Close Cell Tube	
ความหนาของฉนวน (ไม่น้อยกว่า)	12.7	มิลลิเมตร
อาจมีค่าใช้จ่ายในการเดินท่อเพิ่ม		
ผลประโยชน์ของโครงการ		
Collector Benefit	6,491,644	บาท
Water Heat Benefit	10,142,672	บาท
ผลกำไรตลอดอายุโครงการ	16,634,316	บาท
ข้อมูลการลงทุนติดตั้งระบบ		
เงินลงทุนระบบพลังงานแสงอาทิตย์	1,735,087	บาท
เงินลงทุนระบบความร้อนเหลือทิ้ง	200,000	บาท
รวมเงินลงทุนทั้งหมด	1,935,087	บาท
FIRR	55.63	%
ระยะเวลาคืนทุน	1.97	ปี
ต้นทุนน้ำร้อนที่ผลิตได้		
ต้นทุนของน้ำร้อนที่ผลิตได้	0.1583	บาทต่อลิตร
ต้นทุนของพลังงานที่ผลิตได้	1.2608	บาทต่อMJ

4.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนในโครงการเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [4]

ตัวอย่างการศึกษาความเหมาะสมด้านเทคนิคของเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Greenhouse solar crop dryer) ซึ่งทาง พพ. ได้ดำเนินการติดตั้งสาธิตให้กับวิสาหกิจชุมชนตำบลดอนตูม อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีสมาชิก 104 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนา และปลูกมะเขือเทศจำหน่าย โดยได้มีการรวมกลุ่มกันจัดทำการแปรรูปมะเขือเทศ เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยการผลิตมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งประมาณ 1,700 กิโลกรัมมะเขือเทศสดต่อเดือน และจะได้มะเขือเทศอบแห้งประมาณ 500 กิโลกรัมต่อเดือน เดิมจะใช้การตากแห้งร่วมกับการใช้เครื่องอบแห้งที่ใช้แก๊ส LPG ประมาณ 270 กิโลกรัม และสามารถจำหน่ายมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งได้กิโลกรัมละ 200 บาทลงทุนติดตั้งระบบอบแห้ง 778,000 บาท ปริมาณผลิตภัณฑ์มะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้งแห้ง 12,000 กิโลกรัมต่อปี ต้นทุนการอบแห้ง 6.23 บาทต่อกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ระยะการคืนทุน 0.73 ปี

องค์การบริหารส่วนตำบลหัวเรือ

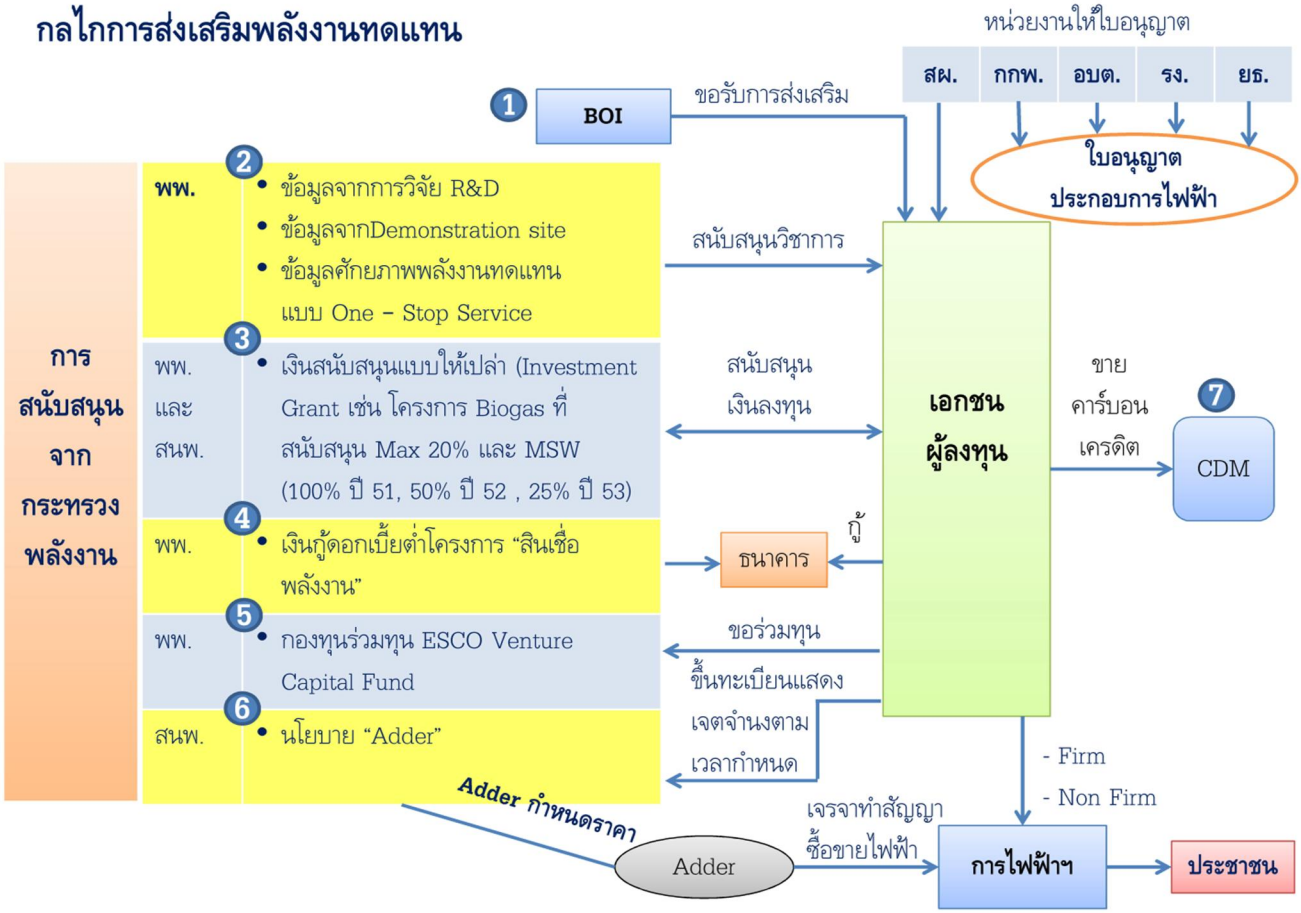
วิสาหกิจชุมชนตำบลดอนตูม

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปจะช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสดซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผลไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นอาหารระดับอุตสาหกรรมที่สามารถรับวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นอาหารจำนวนมากได้ การผลิตอาหารให้ได้มาตรฐานเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค การส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารให้เป็นที่ยอมรับและสามารถขยายตลาดการค้าออกไปสู่ต่างประเทศจะช่วยเพิ่มพูนรายได้ให้แก่ประเทศได้เป็นอย่างดี

[4] ที่มา: ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเรือนกระจก, สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์, พพ.

บทที่ 5
การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ แต่ยังมีต้นทุนการผลิตราคาสูง เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล ดังนั้นการจัดมาตรการส่งเสริมเพื่อสร้างสิ่งจูงใจต่างๆ ต่อการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า จึงได้มีริเริ่มและเพิ่มพูนการสนับสนุนรายการต่างๆ มาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบันนี้ปรากฏมีรายการสนับสนุนและสิ่งจูงใจต่างๆ หลายรูปแบบ ซึ่งคาดหมายว่าสิ่งต่างๆ เหล่านี้ จะนำพาให้โครงการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ต่างได้เพิ่มการดำเนินการสูงขึ้น โดยปัจจุบันกระทรวงพลังงานและหน่วยงานที่เกี่ยว ดังมีรายการส่งเสริมและสนับสนุนดังนี้



5.1 มาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Adder Cost)

มาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Adder Cost) เป็นการให้เงินสนับสนุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตเป็นการกำหนดราคารับซื้อในอัตราพิเศษหรือเฉพาะสำหรับไฟฟ้าที่มาจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อสะท้อนต้นทุนการผลิตจากพลังงานหมุนเวียน ภายในระยะเวลารับซื้อไฟฟ้าที่ชัดเจนและแน่นอนเป็นมาตรการสนับสนุนที่นิยมใช้กันแพร่หลายมาก ที่สุดในปัจจุบัน เพื่อให้มีผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมากขึ้นและเป็นการจูงใจให้เกิดการผลิตไฟฟ้าหลากหลายประเภทพลังงาน ดังนี้

ตารางที่ 5-1 มาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Adder)

เชื้อเพลิง	ส่วนเพิ่ม (บาท/kwh)	ส่วนเพิ่มพิเศษ (บาท/kwh)[1]	ส่วนเพิ่มพิเศษใน 3 จว.ภาคใต้ (บาท/kwh)[2]	ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)
❑ ชีวมวล				
- กำลังผลิตติดตั้ง <= 1 MW	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังผลิตติดตั้ง >1 MW	0.30	1.00	1.00	7
❑ ก๊าซชีวภาพ (ทุกประเภทแหล่งผลิต)				
- กำลังผลิตติดตั้ง <= 1 MW	0.50	1.00	1.00	7
- กำลังผลิตติดตั้ง >1 MW	0.30	1.00	1.00	7
❑ ขยะ (ขยะชุมชนขยะอุตสาหกรรมไม่อันตรายและไม่เป็นขยะอินทรีย์วัตถุ)				
- ระบบหมักหรือหลุมฝังกลบขยะ	2.50	1.00	1.00	7
- พลังงานความร้อน (Thermal Process)	3.50	1.00	1.00	7
❑ พลังงานลม				
- กำลังผลิตติดตั้ง <= 50 kw	4.50	1.50	1.50	10
- กำลังผลิตติดตั้ง > 50 kw	3.50	1.50	1.50	10
❑ พลังงานแสงอาทิตย์	**8.00/6.50[3]**	**1.50**	**1.50**	**10**
❑ พลังน้ำขนาดเล็ก				
- กำลังผลิตติดตั้ง50kw -<200 kw	0.80	1.00	1.00	7
- กำลังการผลิตติดตั้ง<50 kw	1.50	1.00	1.00	7

หมายเหตุ 1. สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่มีการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล

2. กพช. เห็นชอบให้เพิ่มพื้นที่อีก 4 อำเภอคือ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และอ.นาทวี จังหวัดสงขลา เมื่อ 25 พ.ย. 53

3. ผู้ที่ยื่นขอเสนอขายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับหนังสือตอบรับแล้วก่อนวันที่ 28 มิ.ย.53 จะได้ Adder 8 บาท และผู้ที่ได้รับหนังสือตอบรับหลัง วันที่ 28 มิ.ย. 53 จะได้ Adder 6.50 บาท

และ กพช. ได้มีมติจากการประชุมเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2553 ให้คณะอนุกรรมการฯ พิจารณาอัตราสนับสนุนในรูปแบบ Feed-in Tariff สำหรับโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาที่อยู่อาศัยและอาคารพาณิชย์ พร้อมทั้งรายละเอียดการสนับสนุน และปริมาณที่จะส่งเสริม ซึ่งสามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

5.2 โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน

โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนขึ้นมาเพื่อเป็นแหล่งเงินทุนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนให้แก่โรงงาน อาคาร และบริษัทจัดการพลังงาน โดยผ่านทางสถาบันการเงิน

ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนรวมทั้งสร้างความมั่นใจและความคุ้นเคยให้กับสถาบันการเงินที่เสนอตัวเข้าร่วมโครงการในการปล่อยสินเชื่อในโครงการดังกล่าวในการปล่อยสินเชื่อโดยใช้เงินกองทุนฯ ให้แก่ โรงงานอาคารและบริษัทจัดการพลังงานแล้วกองทุนฯยังต้องการให้เน้นการมีส่วนร่วมในการสมทบเงินจากสถาบันการเงินเพิ่มมากขึ้นด้วยโดยตั้งแต่เริ่มโครงการ จนถึง ณ ปัจจุบันได้มีการดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วและอยู่ระหว่างดำเนินการทั้งหมด จำนวน 6 ครั้งดังนี้

1) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยสถาบันการเงินระยะที่ 1 จำนวน 1,000 ล้านบาท เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยสถาบันการเงินระยะที่ 2 จำนวน 2,000 ล้านบาทเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

3) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนโดยสถาบันการเงิน ระยะที่ 1 จำนวน 1,000 ล้านบาทเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน

4) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยสถาบันการเงินระยะที่ 3 จำนวน 1,000 ล้านบาทเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

6) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยสถาบันการเงิน ระยะที่ 3 เพิ่มเติม จำนวน 942.5 ล้านบาทเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

7) โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยสถาบันการเงินระยะที่ 4 จำนวน 400 ล้านบาทเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

ลักษณะโครงการ/หลักเกณฑ์ และเงื่อนไข

กำหนดให้สถาบันการเงินนำเงินที่ พพ.จัดสรรให้ไปเป็นเงินกู้ผ่านต่อให้โรงงาน/อาคารควบคุมหรือโรงงาน/อาคารทั่วไปตลอดจนบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) นำไปลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน โดยมีหลักเกณฑ์และเงื่อนไขดังนี้

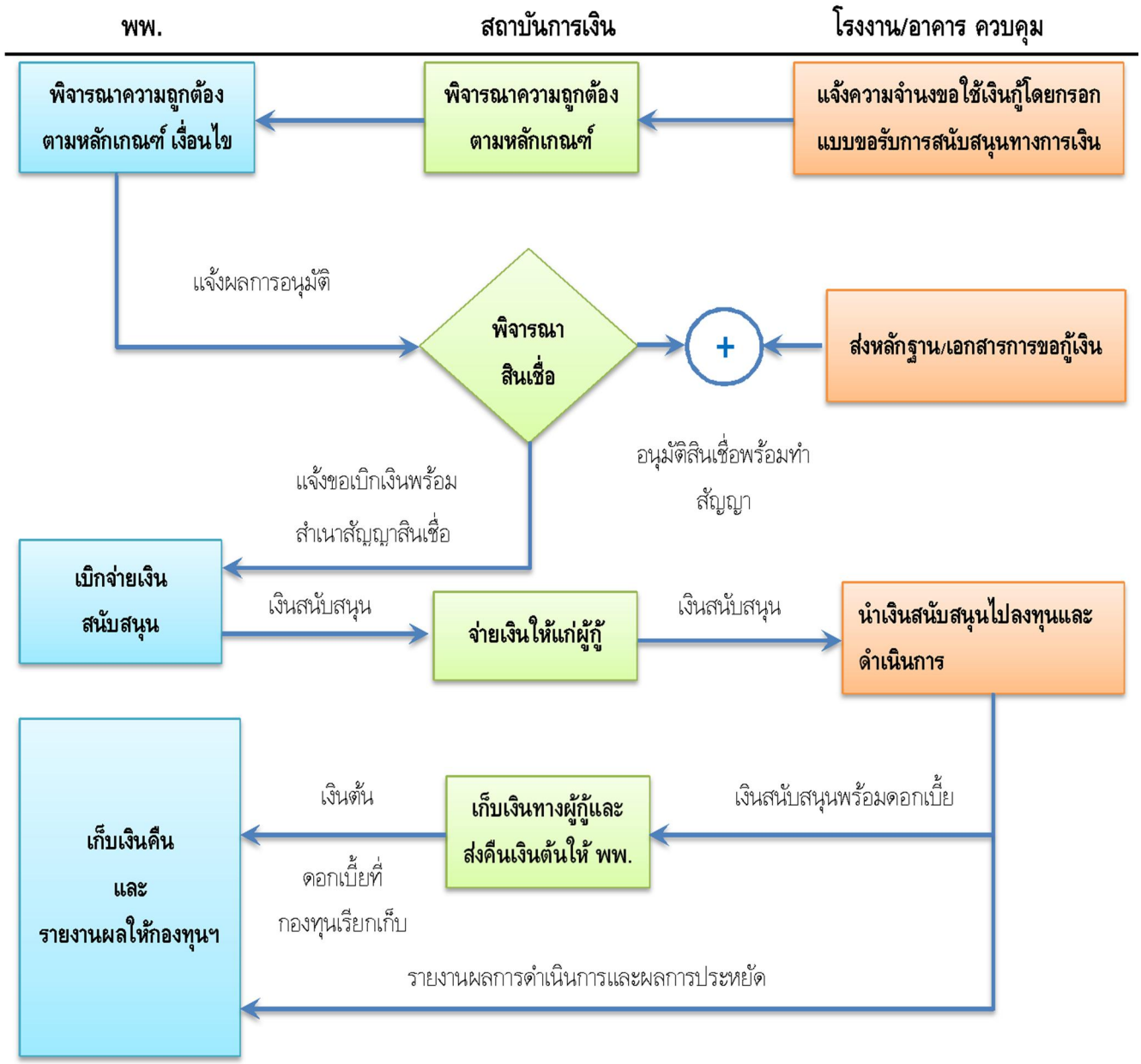
วงเงินโครงการ	1. โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ระยะที่ 1 จำนวน 1,000 ล้านบาท 2. โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 จำนวน 1,000 ล้านบาท
อายุเงินกู้	ไม่เกิน 7 ปี
ช่องทางปล่อยกู้	ผ่านสถาบันการเงินที่เข้าร่วมโครงการโดยต้องรับผิดชอบเงินที่ปล่อยกู้ทั้งหมด
ผู้มีสิทธิ์กู้	เป็นอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมตาม พรบ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประสงค์จะลงทุนในด้านการประหยัดพลังงานหรือโรงงาน/อาคารทั่วไป ตลอดจนบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) นำไปลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
วงเงินกู้	ไม่เกิน 50 ล้านบาทต่อโครงการ
อัตราดอกเบี้ย	ไม่เกินร้อยละ 4 ต่อปี (ระหว่างสถาบันการเงินกับผู้กู้)
โครงการที่มีสิทธิ์ขอรับการสนับสนุนต้องเป็น	โครงการอนุรักษ์พลังงานหรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 7 และมาตรา 17

สถาบันการเงินจะเป็นผู้อนุมัติเงินกู้เพื่อโครงการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนตามแนวหลักเกณฑ์และเงื่อนไขของสถาบันการเงินนั้นๆ นอกเหนือจากหลักเกณฑ์เงื่อนไขข้างต้นนี้โดยดอกเบี้ยวงเงินกู้และระยะเวลาการกู้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาและข้อตกลงระหว่างผู้กู้กับสถาบันการเงินขั้นตอนการขอรับการสนับสนุน

รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถติดต่อสอบถามมายังศูนย์อำนวยการโครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

หมายเลขโทรศัพท์ 0 2226-3850-1, 0 2225-3106 โทรสาร 02-226-3851

เว็บไซต์ http://www.dede.go.th



วิธีปฏิบัติในการขอรับเงินกู้โครงการเงินทุนหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

5.3 โครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน (ESCO FUND)

เป็นโครงการที่กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้นำวงเงินจำนวน 500 ล้านบาท จัดตั้ง “กองทุนร่วมทุนพลังงาน หรือ ESCO Capital Fund” ผ่านการจัดการของผู้จัดการกองทุน (Fund Manager) 2 แห่ง ได้แก่ มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มพส. หรือ E for E) และมูลนิธิอนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย (มอพท.) โดยปัจจุบัน Fund Manage ทั้ง 2 แห่ง เข้าร่วมลงทุนแล้ว จำนวน 26โครงการ คิดเป็นเงินสนับสนุนจำนวน 407 ล้านบาท และก่อให้เกิดการลงทุนมากกว่า 5,000 ล้านบาท ในรอบ 2 ปีที่ผ่านมา และในระยะต่อไปคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้อนุมัติวงเงินต่อเนื่องอีก 500 ล้านบาทสำหรับรอบการลงทุนในปี 2553-2555 เพื่อส่งเสริมการลงทุนด้านการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพทางเทคนิคแต่ยังขาดปัจจัยการลงทุนและช่วยผู้ประกอบการหรือผู้ลงทุนให้ได้

ประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิตโดยมีรูปแบบการจะส่งเสริมในหลายลักษณะ อาทิเช่น ร่วมลงทุนในโครงการ (Equity Investment), ร่วมลงทุนในบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO Venture Capital) , ร่วมลงทุนในการพัฒนาและซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Carbon Market), การเช่าซื้ออุปกรณ์ (Equipment Leasing), การอำนวยเครดิตให้สินเชื่อ (Credit Guarantee Facility) และการให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิค (Technical Assistance)

ผู้มีสิทธิยื่นข้อเสนอ ได้แก่ ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม และ/หรือ บริษัทจัดการพลังงาน (Energy Service Company – ESCO) ที่มีโครงการด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน วัตถุประสงค์เพื่อจะลดปริมาณการใช้พลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หรือต้องการปรับปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงมาเป็นพลังงานทดแทน

ลักษณะการส่งเสริมการลงทุน

1. การเข้าร่วมทุนในโครงการ (Equity Investment) โครงการส่งเสริมการลงทุนฯจะเข้าร่วมลงทุนในโครงการที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานหรือพลังงานทดแทนเท่านั้น เพื่อก่อให้เกิดผลประหยัดพลังงาน ทั้งนี้จะต้องมีการแบ่งผลประหยัดพลังงาน (Shared Saving) ตามสัดส่วนเงินลงทุนที่ได้รับการส่งเสริม ระยะเวลาในการส่งเสริมประมาณ 5 - 7 ปีผู้ที่ได้รับการส่งเสริมทำการคืนเงินลงทุนแก่โครงการภายในระยะเวลาที่ส่งเสริม

2. การเข้าร่วมทุนกับบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO Venture Capital)การเข้าร่วมทุนกับบริษัทจัดการพลังงานโดยช่วยให้บริษัทที่ได้รับพิจารณาร่วมทุนนั้นมีทุนในการประกอบการโดยโครงการจะได้รับผลตอบแทนขึ้นอยู่กับผลประกอบการของบริษัททั้งนี้โครงการจะร่วมหุ้นไม่เกินร้อยละ 30 ของทุนจดทะเบียนและมีส่วนในการควบคุมดูแลการบริหารจัดการของบริษัท

3. การช่วยให้โครงการอนุรักษ์พลังงาน/พลังงานทดแทนได้รับผลประโยชน์จากการขาย Carbon Credit Market (CDM)

4. โครงการส่งเสริมการลงทุนฯจะดำเนินการจัดทำแบบประเมินเบื้องต้นของโครงการ หรือ Project Idea Note (PIN) ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการสามารถเห็นภาพรวมของโครงการที่จะพัฒนาให้เกิดการซื้อขายหรือได้รับประโยชน์จาก Carbon Credit หรือ เป็นตัวกลางในการรับซื้อ Carbon Credit จากโครงการอนุรักษ์พลังงาน/พลังงานทดแทนที่มีขนาดเล็ก และรวบรวม (Bundle Up) เพื่อนำไปขายในมูลค่าที่สูงขึ้น

5. การเช่าซื้ออุปกรณ์ประหยัดพลังงาน/พลังงานทดแทน (Equipment Leasing)

6. โครงการส่งเสริมการลงทุนฯจะทำการซื้ออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนให้กับผู้ประกอบการก่อนและทำสัญญาเช่าซื้อระยะยาวระหว่างผู้ประกอบการกับโครงการโดยผู้ประกอบการจะต้องทำการผ่อนชำระคืนเงินต้นพร้อมดอกเบี้ยเป็นรายงวดงวดละเท่า ๆ กันตลอดอายุสัญญาเช่าซื้อ การสนับสนุนในการเช่าซื้ออุปกรณ์ได้ 100% ของราคาอุปกรณ์นั้น แต่ไม่เกิน 10 ล้านบาท ระยะเวลาการผ่อนชำระคืน 3-5 ปีโดยคิดอัตราดอกเบี้ยต่ำ

7. การอำนวยเครดิตให้สินเชื่อ (Credit Guarantee Facility) โครงการส่งเสริมการลงทุนฯจะดำเนินการจัดหาสถาบันหรือองค์กรที่ให้การสนับสนุนในเรื่อง Credit Guarantee เพื่อให้โครงการลงทุนได้รับการปล่อยสินเชื่อจากธนาคารพาณิชย์ทั้งนี้โครงการอาจจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าธรรมเนียมรับประกันสินเชื่อทั้งหมดหรือบางส่วนโดยคิดค่าธรรมเนียมต่ำในการส่งเสริมในด้านนี้

8. การช่วยเหลือทางเทคนิค (Technical Assistance) โครงการส่งเสริมการลงทุนฯ จะให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคในการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานแก่ผู้ประกอบการหรือ หน่วยงานองค์การต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ประกอบการโดยกองทุนจะให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดระยะเวลาโครงการโดยคิดค่าธรรมเนียมต่ำในการส่งเสริมหรือ อาจมีการแบ่งผลการประหยัดพลังงาน

โครงการส่งเสริมการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

สามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

1. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (Energy for Environment Foundation)
   487/1 อาคารศรีอยุธยา ชั้น 14 ถนนศรีอยุธยา ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
   โทรศัพท์ 02-6426424 -5 โทรสาร 02-642-6426 หรือ escofund@efe.or.th
2. มูลนิธิอนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย
   (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน – อาคาร 9 ชั้น 2)
   เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
   โทรศัพท์: 0-2621-8530, 0-2621-8531-9 ต่อ 501, 502 โทรสาร: 0-2621-8502-3

5.4 กลไกลการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

กลไกการพัฒนาที่สะอาด Clean Development Mechanism (CDM) เป็นกลไกที่จะสนับสนุนการพัฒนาโครงการที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสามารถนำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากโครงการ ไปขายให้กับประเทศที่พัฒนา (Developed Countries) เพื่อตอบสนองข้อผูกพันในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายที่ได้ตกลงในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 อันเนื่องมาจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมดำรงชีวิตของประชากรโลกในปัจจุบัน ทั้งจากภาคคมนาคมขนส่ง ภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม เป็นปัญหาร่วมกันของนานาชาติแนวทางหนึ่งในการร่วมกันแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือการให้สัตยาบัณต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nation Framework Convention on Climate Change : UNFCCC)

กลไกการพัฒนาที่สะอาดเป็นเครื่องมือเพื่อส่งเสริมการลงทุนเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนและเกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างเช่น ประเทศไทยและถือเป็นช่องทางหนึ่งในการสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการพลังงานทดแทน เช่น โครงการผลิตพลังงานชีวมวล ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทิ้งทางการเกษตร การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะและน้ำเสียเพื่อนำมาเป็นพลังงาน รวมไปถึงโครงการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะได้รับผลประโยชน์ในรูปแบบของการขายคาร์บอนเครดิตหรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ และเป็นที่ต้องการของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งมีพันธกรณีต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ ตามข้อตกลงของสหประชาชาติฯ

กลไกการพัฒนาที่สะอาดเปรียบเสมือนแรงจูงใจให้ประเทศกำลังพัฒนาหันมาใช้เทคโนโลยีสะอาดเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศลดน้อยลงแรงจูงใจจากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด คือ คาร์บอนเครดิต หรือ CER ที่ผู้ดำเนินโครงการจะได้รับโดยได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากประเทศที่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกนอกจากนี้ประเทศเจ้าของโครงการก็จะเกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศในด้านสิ่งแวดล้อมมีการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมระดับชุมชนในพื้นที่โครงการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นโดยการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานลดการใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถทดแทนได้ ด้านเศรษฐกิจก่อให้เกิดการจ้างงานในชุมชน เกษตรกรสามารถนำวัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบ เศษไม้ไปขายเพื่อเป็นวัตถุดิบในการดำเนินโครงการ CDM ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงพลังงานจากต่างประเทศ ด้านสังคมประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นโดยเฉพาะด้านสุขภาพอนามัยจากคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นมีบทบาทในเวทีโลกในการแก้ไขปัญหาระดับนานาชาติ โดยประโยชน์ต่างๆที่ประเทศไทยจะได้รับ จากการดำเนินโครงการ CDM สามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. เกิดโครงการพลังงานหมุนเวียน โครงการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานและโครงการปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิง มากขึ้นโดยมีอัตราการเพิ่มสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการทำโครงการเป็น CDM

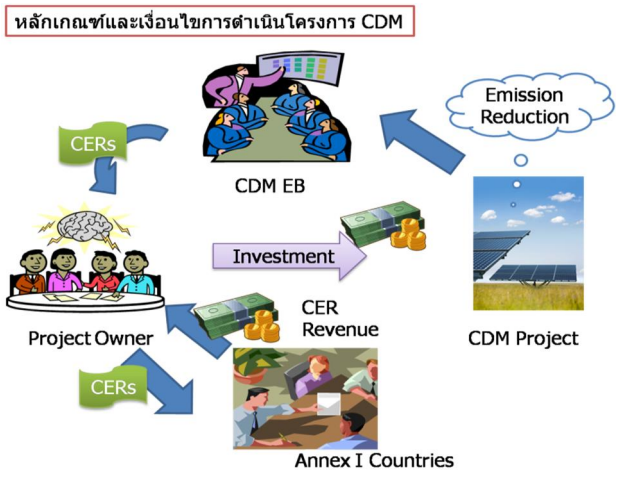
2. ประเทศไทยสามารถประหยัดทรัพยากรในการอุดหนุนโครงการต่างๆซึ่งไม่ใช่เป็นแต่เพียงเงินงบประมาณเท่านั้นเพราะในการจัดสรรเงินอุดหนุนจะต้องมีกระบวนการตามระเบียบราชการต้องใช้เวลาและกำลังของเจ้าหน้าที่จำนวนมาก

3. เจ้าของโครงการสามารถตัดสินใจทำโครงการได้รวดเร็วขึ้นเนื่องจากโครงการประเภทนี้มักไม่มีผลตอบแทนสูงเหมือนการลงทุนอื่นๆอีกทั้งมักเป็นกิจกรรมที่ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของกิจการหลัก ดังนั้น โดยทั่วไปแล้วเจ้าของจึงไม่ให้ความสนใจเท่าที่ควร เช่นการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศทดแทนระบบบ่อผึ่งของโรงงานหรือฟาร์มเลี้ยงสัตว์เพื่อลดการปล่อยมีเทนเป็นต้น

4. เป็นผลดีกับชุมชนในท้องที่ที่จะทำโครงการเนื่องจากการทำโครงการ CDM จะต้องเป็นโครงการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนมีการป้องกันและระวังผลกระทบต่อชุมชน และเปิดโอกาสให้ชุมชนมีส่วนร่วมตามสมควร

5. ส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศเนื่องจากโครงการที่เข้าข่ายจะเป็นโครงการ CDM จะต้องผ่านหลักเกณฑ์ของการพัฒนาอย่างยั่งยืน ที่มีความสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

6. ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลงเพราะโครงการต่างๆ เกิดขึ้นในพื้นที่ของประเทศไทยและสำหรับประเทศพัฒนาแล้วที่อยู่ใน Annex I ที่มาร่วมพัฒนาโครงการด้วยหรือมาซื้อคาร์บอนเครดิตนั้นก็สามารถนำเครดิตที่เกิดขึ้นจากการลดการปล่อยคาร์บอนในประเทศไทยไปช่วยทำให้ประเทศนั้นๆบรรลุเป้าหมายตามข้อกำหนดของพิธีสารเกียวโตได้

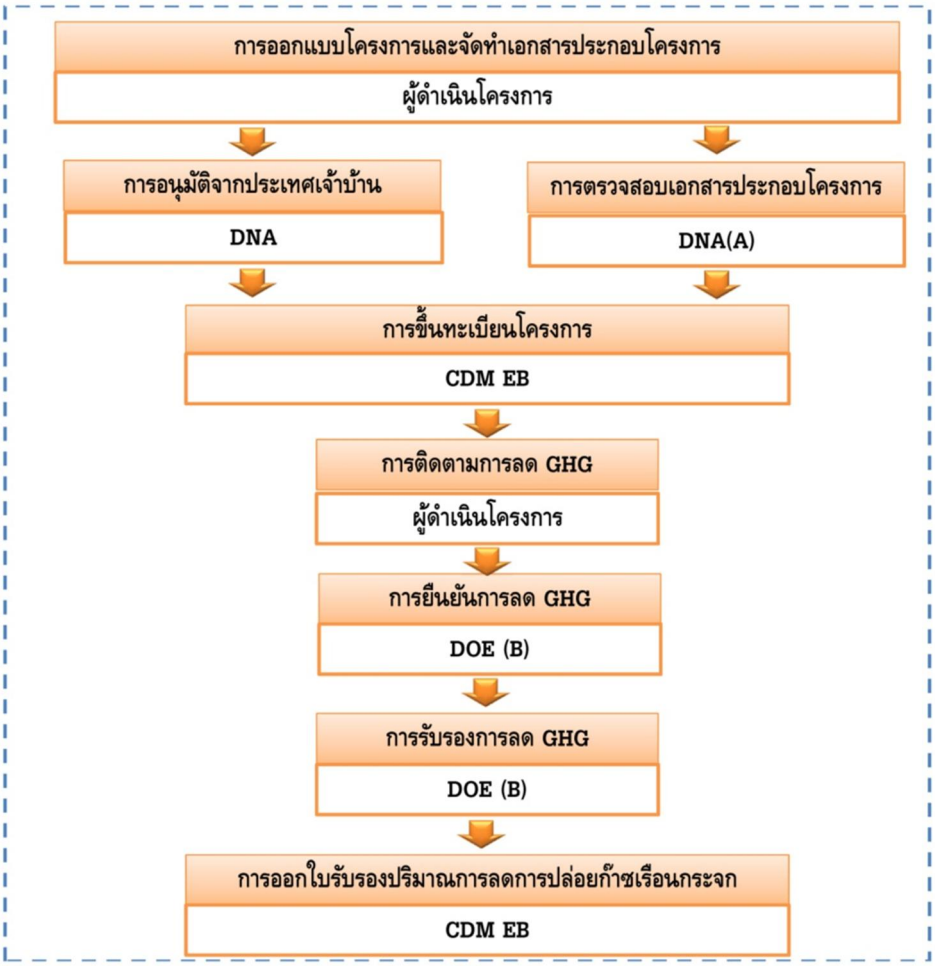


สำหรับเกณฑ์การพิจารณาการดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดในปัจจุบันนั้นประเทศไทย ได้มีการจัดทำหลักเกณฑ์การพัฒนาอย่างยั่งยืนสำหรับโครงการ CDM ขึ้นซึ่งประกอบด้วยมิติการพัฒนาอย่างยั่งยืน 4 ด้านได้แก่ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้านสังคมด้านการพัฒนาและ/หรือการถ่ายทอดเทคโนโลยีและด้านเศรษฐกิจโดยโครงการที่คณะกรรมการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาให้การรับรองได้แก่

1. โครงการด้านพลังงาน ได้แก่การผลิตพลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน เช่นโครงการพลังงานทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โครงการแปลงกากของอุตสาหกรรมเป็นพลังงาน โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบทำความเย็นและโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอาคาร เป็นต้น

2. โครงการด้านสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการแปลงขยะเป็นพลังงานโครงการแปลงน้ำเสียเป็นพลังงาน เป็นต้น
3. โครงการด้านคมนาคมขนส่ง เช่นโครงการเพิ่มประสิทธิภาพในการคมนาคมขนส่งและการใช้พลังงาน
4. โครงการด้านอุตสาหกรรม เช่นโครงการที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด



หมายเหตุ

DNA หมายถึง หน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่ประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด

DOE หมายถึง หน่วยงานปฏิบัติการที่ได้รับหมอบหมายในการตรวจสอบ (Designated Operational Entities)

CDM EB หมายถึง คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Executive Board of CDM)

1. การออกแบบโครงการ (Project Design) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องออกแบบลักษณะของโครงการและจัดทำเอกสารประกอบโครงการ (Project Design Document: PDD) โดยมีการกำหนดขอบเขตของโครงการ วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก วิธีการในการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2. การตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงานกลางที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติหน้าที่แทนคณะกรรมการบริหารฯ หรือที่เรียกว่า Designated

Operational Entity (DOE) ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ หรือไม่ ซึ่งรวมถึงการได้รับความเห็นชอบในการดำเนินโครงการจากประเทศเจ้าบ้านด้วย

3. การขึ้นทะเบียนโครงการ (Registration) เมื่อ DOE ได้ทำการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการและลงความเห็นว่าผ่านข้อกำหนดต่างๆ ครบถ้วน จะส่งรายงานไปยังคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (EB) เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ

4. การติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring) เมื่อโครงการได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM แล้ว ผู้ดำเนินโครงการจึงดำเนินโครงการตามที่เสนอไว้ในเอกสารประกอบโครงการ และทำการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามที่ได้เสนอไว้เช่นกัน

5. การยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงาน DOE ให้ทำการตรวจสอบและยืนยันการติดตามการลดก๊าซเรือนกระจก

6. การรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (Certification) เมื่อหน่วยงาน DOE ได้ทำการตรวจสอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว จะทำรายงานรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้จริงต่อคณะกรรมการบริหารฯ เพื่อขออนุมัติให้ออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CER ให้ผู้ดำเนินโครงการ

7. การออกใบรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Issuance of CER) เมื่อคณะกรรมการบริหารฯ ได้รับรายงานรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก จะได้พิจารณาออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ หรือ CER ให้ผู้ดำเนินโครงการต่อไป

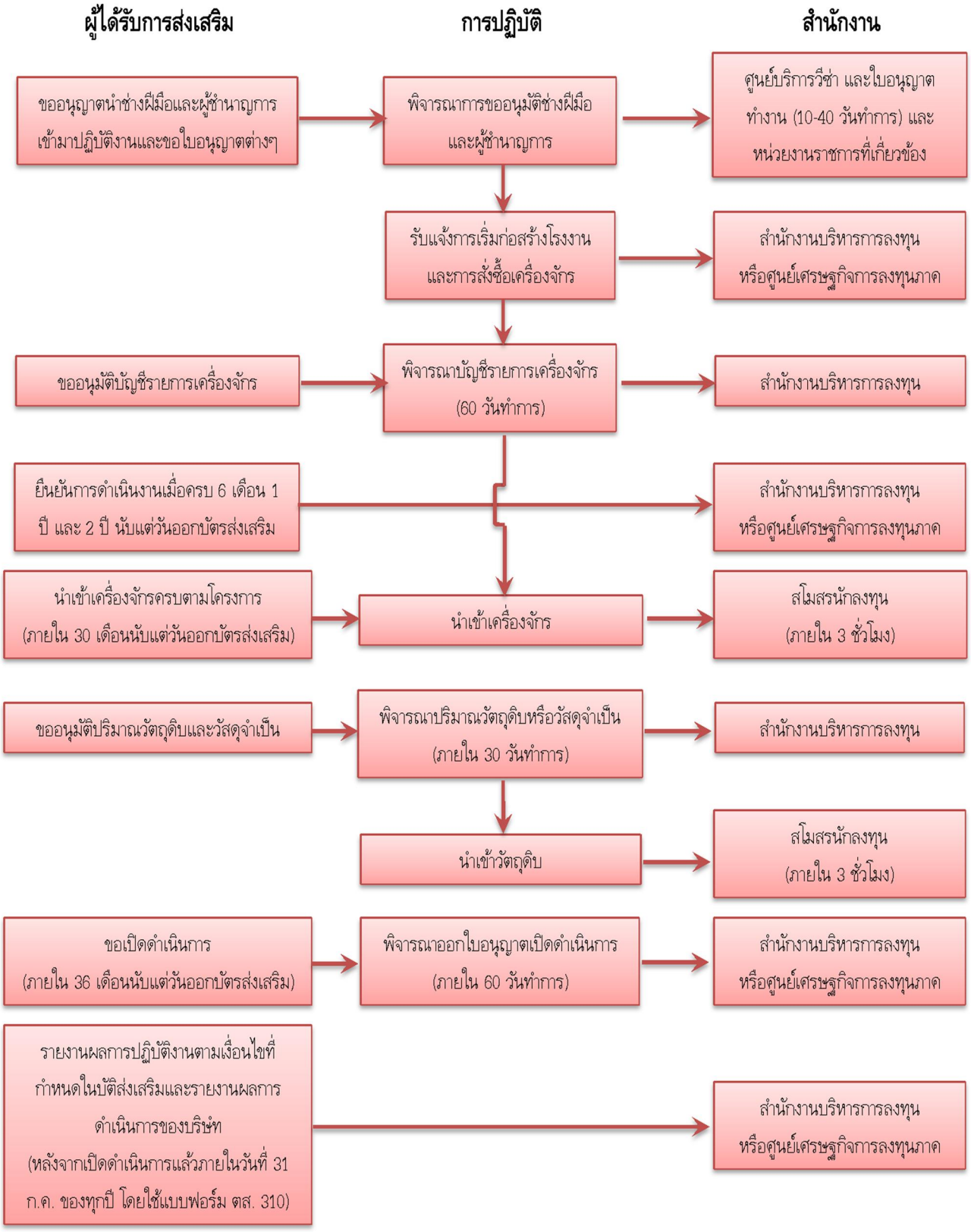
ทั้งนี้ หน่วยงานกลาง (DOE) ที่ทำหน้าที่ในการการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) และการยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) นั้น จะต้องเป็นหน่วยงานคนละหน่วยงาน

ขอทราบรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถติดต่อสอบถามมายัง **องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)** เลขที่ 120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 อาคาร B ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 โทรศัพท์ 0 2141 9790 โทรสาร 0 2143 8400 เว็บไซต์ http://www.tgo.or.th

5.5 โครงการส่งเสริมการลงทุน โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI)

ภาครัฐได้ยกระดับให้อุตสาหกรรมพลังงานทดแทน เป็นกิจการที่มีระดับความสำคัญสูงสุดและจะได้รับการส่งเสริมการลงทุนในระดับสูงสุดเช่นกัน จึงมีมาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (Maximum incentive) จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ซึ่งได้กำหนดสิทธิประโยชน์ที่ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับเครื่องจักร ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล เป็นเวลา 8 ปี และหลังจากนั้นอีก 5 ปี หรือตั้งแต่ปีที่ 9-13 จะลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลได้ 50% รวมทั้ง

มาตรการจูงใจด้านภาษี อาทิ การลดภาษีเครื่องจักร อุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งการอนุญาตให้นำต้นทุนในการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ เช่น ไฟฟ้า ประปา ขอหักลบภาษีได้สูงสุด 2 เท่าสำหรับโครงการที่เป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ เป็นต้น



ขั้นตอนขอรับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน(BOI)

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาส่งเสริมโครงการด้านพลังงานทดแทน ได้แก่ กรณีที่ผู้ประกอบการหรือนักลงทุนมีสัดส่วนหนี้ต่อทุน น้อยกว่า 3 ต่อ 1 สำหรับโครงการใหม่ หรือมีเครื่องจักรใหม่ที่มีขบวนการผลิตที่สมัย หรือมีระบบจัดการที่ปลอดภัย รักษาสิ่งแวดล้อม และใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในการผลิต เป็นต้น

โดยผู้ประกอบหรือนักลงทุนที่สนใจขอทราบรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถติดต่อสอบถามยังสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนเลขที่ 555 ถ.วิภาวดี รังสิต จตุจักรกรุงเทพฯ 10900

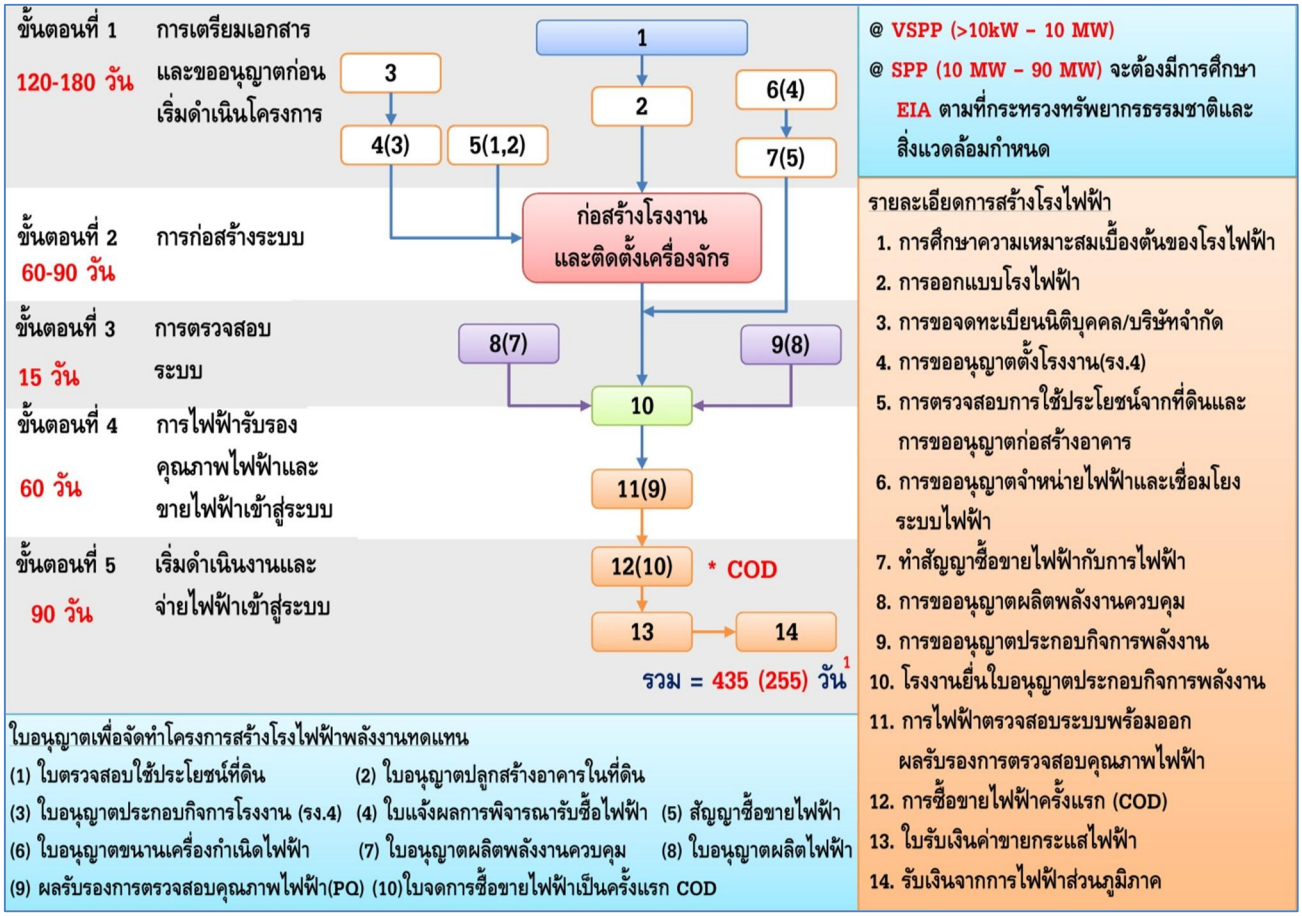
โทร 02-537-8111, 537-8155 โทรสาร 02-537-8177

E-mail : head@boi.go.th Website : http://www.boi.go.th

บทที่ 6

ขั้นตอนการขอใบอนุญาตต่างๆ

ขั้นตอนการติดต่อเพื่อขอใบอนุญาตจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อจำหน่ายพัฒนาพลังงานทดแทน มีหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานราชการต่างๆ หลายแห่ง รวมไปถึงข้อกฎหมาย และกฎระเบียบอื่นๆ ซึ่งล้วนแต่มีขั้นตอนการปฏิบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งในการพัฒนาโครงการพลังงานทดแทนต่างๆนั้น นักลงทุนควรได้รับทราบขั้นตอนการขออนุญาต และการเตรียมเอกสารเพื่อประกอบในการยื่นขอ รวมถึงขั้นตอนการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประเด็นเหล่านี้ถือเป็นความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องเผยแพร่ให้ผู้ประกอบการและประชาชนโดยทั่วไป ได้รับทราบและเข้าใจในกระบวนการสำหรับขั้นตอนการขออนุญาตต่างๆ โดยทั่วกัน



[1] **หมายเหตุ** 1) ระยะเวลารวมการยื่นของอนุมัติสูงสุดไม่เกิน 435 วัน และต่ำสุดไม่เกิน 255 วัน (ไม่นับรวมขั้นตอนที่ 2)

2) การติดต่อประสานงานหน่วยงานราชการมี 7 หน่วยงาน ต้องได้รับใบอนุญาต 10 ใบ รวมเวลาตั้งแต่เริ่มยื่นเอกสาร จนได้รับเงินค่าไฟฟ้าในงวดแรก

รูปแสดงขั้นตอนการขอใบอนุญาตต่างๆ

ตารางที่ 6-1 รายละเอียดขั้นตอนการจัดทำโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
1. การศึกษาความเหมาะสมของโครงการ	ผู้ประกอบการ	-	-	
2. การออกแบบโครงสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้างและออกแบบแผนผังการติดตั้งเครื่องจักร และประเมินราคาวัสดุ	ผู้ประกอบการ	-	-	
3. การขอจดทะเบียนนิติบุคล - ผู้ประกอบการยื่นแบบคำขอ “จดทะเบียนบริษัทจำกัด” กับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า(DEB) - กรมธุรกิจการค้าอนุมัติ “จดทะเบียนบริษัทจำกัด”	กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์	- คำขอจดทะเบียนบริษัทจำกัด (บอจ.1) - รายการจดทะเบียนจัดตั้ง	1	โดยสามารถยื่นแบบคำขอผ่าน www.dbd.go.th/register/login.phtml
4. การขออนุญาตตั้งโรงงาน (รง.4) 4.1 กรณียื่นแบบคำขอตั้งโรงงานต่ออุตสาหกรรมจังหวัด (อก.) - ยื่นเอกสารกับอุตสาหกรรมจังหวัด - อุตสาหกรรมจังหวัดขอความเห็น อบต. และตรวจสอบพื้นที่ และจัดทำรายงานการตรวจสอบภายใน 30 วัน - อุตสาหกรรมจังหวัดปิดประกาศตามมาตร	-อุตสาหกรรมจังหวัด -กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม	คำขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน (รง.3)	90	- แก้ไขตามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานและกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง แนวทางการให้อนุญาตตั้งโรงงานและการอื่นเพื่อประกอบกิจการพลังงาน - โรงงานทั่วไปที่ตั้งใหม่โดยมีการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตของตนเอง หรือเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและส่วนที่เหลือใช้

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
30 15 วัน - ส่งเรื่องให้ กกพ. พิจารณา - คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานส่งเรื่องเพื่อขอความเห็นจากกรมโรงงาน - คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานพิจารณาใบอนุญาต 4.2 ในกรณีที่ยื่นคำขอที่ สกพ. - ยื่นเอกสารต่อ สกพ. - สกพ. ขอความเห็นประกอบการพิจารณาอนุญาตโรงงานจาก อก. และ อก. เสนอความเห็นกลับ กกพ. 60 วัน - สกพ. จัดทำความเห็นเสนอต่อ กกพ. และ กกพ. มีคำวินิฉัยพิจารณาการอนุญาตตั้งโรงงานภายใน 20 วัน นับจากได้รับความเห็นจาก อก. - สกพ. แจ้งผลภายใน 10 วันนับตั้งแต่วันมีมติ	-สำนักกำกับกิจการพลังงาน		90	จำหน่าย ให้ยื่นคำขออนุญาตประกอบกิจการโรงงานต่อสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดหรือกรมโรงงานอุตสาหกรรม การอนุญาตให้ระบุประเภทหรือลำดับที่ 88 ลงในใบอนุญาต และเมื่อมีการอนุญาตแล้ว ให้แจ้งคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานทราบ - ในกรณีที่ต้องการขยายโรงงานและเพิ่มประเภทการผลิต ให้ยื่นเรื่องต่อสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดหรือกรมโรงงานอุตสาหกรรม และเมื่อมีการอนุญาตแล้ว ให้แจ้งคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานทราบ ติดต่อที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม เลขที่ 75/6 ถ. พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทร. 0-2202-4000 โทรสาร. 0-2245-8000 http://www.diw.go.th

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
				- กรณี ต่างจังหวัด ติดต่อ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด
5. การขออนุญาตใช้พื้นที่ก่อสร้าง 5.1 กรณีขออนุญาตต่อองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น - ผู้ประกอบการยื่นแบบคำขอ “อนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร”ต่อ อบต. - อบต. ตรวจสอบเอกสารและออกหนังสือแจ้งการอนุมัติ - อบต. อนุมัติ “อนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร”	องค์การปริหารส่วนตำบลกระทรวงหาดไทย	คำขออนุญาตก่อสร้างอาคาร (ข.1)	45	ติดต่อที่ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ในพื้นที่ที่จะก่อสร้างโรงงาน
5.2 กรณีพื้นที่อยู่ในการนิคมอุตสาหกรรม (กนอ.) - ผู้ประกอบการยื่นแบบคำขอการขออนุญาตก่อสร้างจาก กทม. อาทิการแจ้งชื่อผู้ควบคุมงานกับวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดการดำเนินการ - ผู้ประกอบการขอใบรับรองการก่อสร้างอาคาร ดัดแปลงอาคาร หรือเคลื่อนย้าย	การนิคมอุตสาหกรรม	คำขอรับใบรับรองการก่อสร้างอาคาร ดัดแปลงอาคาร หรือเคลื่อนย้ายอาคาร (แบบ กทม.4)	45	การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย 618 ถนนนิคมมักกะสัน แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400 โทรศัพท์ : 0-2253-0561 โทรสาร : 0-2253-4086 http://www.ieat.go.th

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
อาคาร - กทม. อนุมัติ “อนุญาตก่อสร้าง/ดัดแปลงอาคาร”				
6-7 การขอจำหน่ายไฟฟ้าและสัญญาซื้อขายไฟฟ้า - ผู้ประกอบการยื่นแบบคำขอจำหน่ายไฟฟ้าและการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ณ ที่ทำการสำนักงานเขตของ กฟน.หรือที่ทำการสำนักงานจังหวัดของ กฟภ - การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายพิจารณาเอกสารรับซื้อไฟฟ้าและแจ้งผล พร้อมทั้งรายละเอียดค่าใช้จ่ายเป็นลายลักษณ์อักษรภายใน 45 วัน นับจากวันที่การไฟฟ้า ฝ่ายจำหน่ายได้รับข้อมูลประกอบการพิจารณาครบถ้วน - ผู้ประกอบการต้องชำระค่าใช้จ่ายและทำสัญญาและซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าภายใน 60 วัน นับตั้งวันได้รับแจ้งผล	-กฟน. กฟภ .กฟผ.	คำขอจำหน่ายไฟฟ้าและการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า	105	ติดต่อ กฟผ. *เลขที่ 53 หมู่ 2 ถ.จรัญสนิทวงศ์ ตำบลบางกรวย อำเภอบางกรวย นนทบุรี 11130* โทร 0 2436 0000 สามารถดาวน์โหลดเอกสารได้ที่ http://www.ppa.egat.co.th/Sppx/a4.html ติดต่อ กฟภ. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (สำนักงานใหญ่) แผนกวางแผนแหล่งผลิตไฟฟ้า โทร 0-2590-9733 - แผนก SPP โทร 0-2590-9743 - แผนก VSPP โทร 0-2590-9753 - แผนกสัญญาซื้อขายไฟฟ้า โทร 0-2590-9763 สามารถดาวน์โหลดเอกสารได้ที่ http://www.pea.co.th/vspp/vspp.html

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
ก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร				
8 ใบอนุญาตผลิตพลังงานควบคุม - ผู้ประกอบการยื่นคำขอ “ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม” แก่ พพ.หรือ สกพ. - พพ. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกัน - พพ. อนุมัติใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม	-กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน -สำนักกำกับกิจการพลังงาน	คำขอรับใบอนุญาตผลิตพลังงานควบคุม (พค.1)	60	ขนาดตั้งแต่ 200-1000 kVA ให้ พพ.พิจารณา แต่ในกรณีที่ขนาดมากกว่า 1000 kVA สกพ. เป็นผู้ตรวจสอบและส่งให้ พพ.เป็นผู้เห็นชอบ สามารถ ดาวน์โหลดเอกสารได้ที่ http://www.dede.go.th ติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมที่ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เลขที่ 17 ถนนพระรามที่ 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 โทรศัพท์ 0-2223-0021-9 ต่อ 1411
9-10 ใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า - ผู้ประกอบการเตรียมเอกสารประกอบแยกประเภทตามใบอนุญาต - สกพ. ตรวจสอบความถูกต้องของเอกสาร - สกพ. เสนอความเห็นแก่ กกพ. พิจารณาเอกสาร	-สำนักกำกับกิจการพลังงาน	ใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า ประกอบด้วย 1. ใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า (สกพ01-1) 2. ใบอนุญาตระบบส่งไฟฟ้า (สกพ01-2)	75	ติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมที่ *319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 19 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330* *โทรศัพท์ : 0 2207 3599 ,* *โทรสาร : 0 2207 3502 , 0 2207 3508* สามารถ ดาวน์โหลดเอกสารได้ที่

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
- กกพ. พิจารณาออกใบอนุญาต “ใบประกอบกิจการไฟฟ้า” - สกพ. แจ้งชำระค่าธรรมเนียมพร้อมออกใบอนุญาตแก่ผู้ประกอบการ		3. ใบอนุญาตระบบจำหน่ายไฟฟ้า (สกพ01-3) 4. ใบอนุญาตจำหน่ายไฟฟ้า (สกพ01-4) 5. ใบอนุญาตควบคุมระบบไฟฟ้า (สกพ01-5)		http://www2.erc.or.th/Form1.html
11-12 การไฟฟ้าตรวจสอบระบบพร้อมออกผลการรับรองการตรวจคุณภาพไฟฟ้า เมื่อทำสัญญาและติดตั้งระบบแล้วเสร็จให้ผู้ผลิตไฟฟ้าแจ้งความประสงค์จะจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ การไฟฟ้าจะเข้าไปตรวจสอบภายใน 15 วัน - การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะตรวจสอบการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่ติดตั้งว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดให้แล้วเสร็จภายใน 15วันยกเว้นกรณีที่ผู้ผลิตไฟฟ้าเป็นผู้ใช้ไฟรายใหม่ให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายดำเนินการตามระเบียบปฏิบัติของการ	-		45	-

รายการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ชื่อคำขอ/คำร้อง/ เอกสาร	วัน	หมายเหตุ
ไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายภายใน 30 วัน - การไฟฟ้าแจ้งวันเริ่มรับซื้อไฟฟ้าเชิงพานิชย์ (COD)				
13-14 รับเงินค่าขายกระแสไฟฟ้า				-
หมายเหตุ : โครงการที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนดต้องจัดทำรายงานผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA,IEE)	-สำนักนโยบายและแผนฯกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	รายงานการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	180-365	(กรณีที่สร้างโรงไฟฟ้ามีขนาดเกิน 10 MW)

หมายเหตุ : ระยะเวลาไม่รวมขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็นจากประชาชน และจะนับตั้งแต่ได้รับเอกสารครบถ้วน

ตารางที่ 6-2 สรุปรายชื่อหน่วยงานที่ผู้ลงทุนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ต้องยื่นขออนุญาต[5]

ขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kW)	การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.)	คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม (แบบ รง.4)	องค์การบริหารส่วนตำบล หรือหน่วยงานอื่นที่มีลักษณะเทียบเท่า	รายงานผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI)
<3.7 (กรณีบ้านที่อยู่อาศัย)	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต โดยแจ้งให้ทราบ	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ไม่ได้
3.7<ขนาด<1,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ไม่ต้องขออนุญาต	ไม่ต้องขออนุญาต โดยแจ้งให้ทราบเท่านั้น	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอ จะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
1,000<ขนาด<6,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder (การไฟฟ้าจะหักออก 2%)	ไม่ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอ จะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
6,000≤ขนาด<10,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ต้องขออนุญาต และ กฟผ.จะหัก 2%	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ไม่ต้องทำรายงาน	ถ้าขอ จะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ
≥10,000	ขออนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและขอ Adder	ต้องขออนุญาต และ กฟผ.จะหัก 2%	ต้องขออนุญาต	ต้องขออนุญาต	ขออนุญาต	ต้องทำรายงาน	ถ้าขอ จะได้รับการยกเว้นภาษีและสิทธิพิเศษต่างๆ

[5] ที่มา : http://www.thaisolarfuture.com

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EIA)

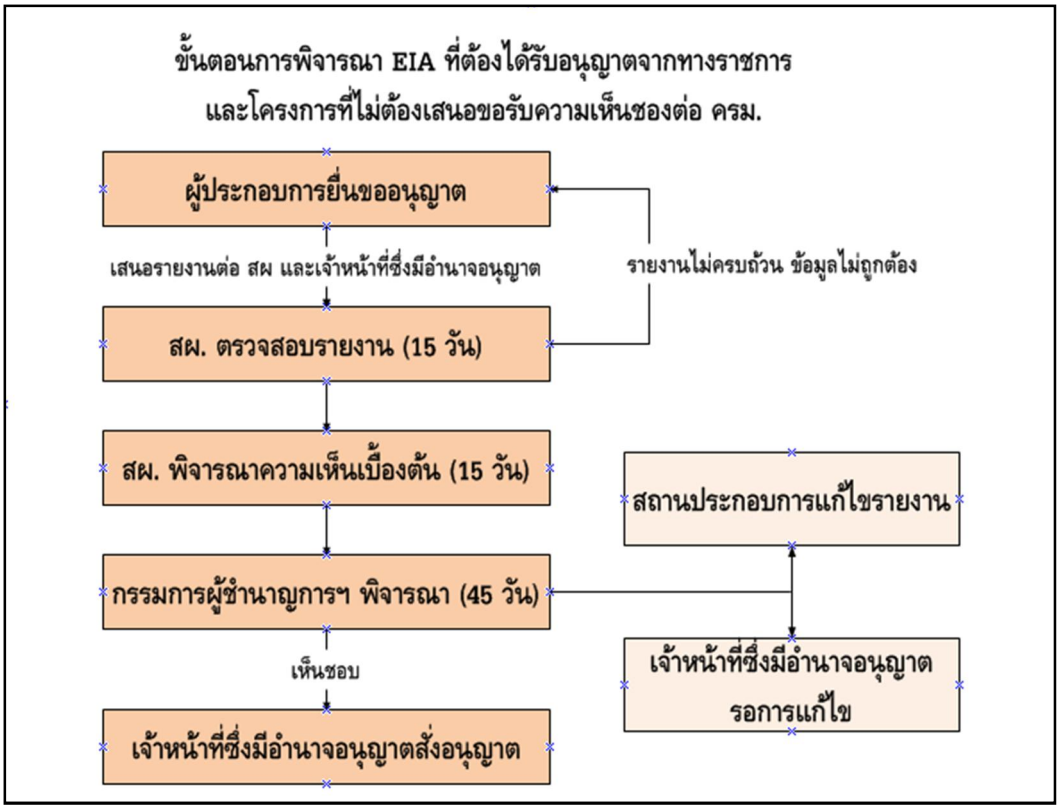
EIA หรือ Environmental Impact Assessment เป็นการศึกษาเพื่อคาดการณ์ผลกระทบทั้งในทางบวกและทางลบจากการพัฒนาโครงการหรือกิจการที่สำคัญ เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและใช้ในการประกอบการตัดสินใจพัฒนาโครงการหรือกิจการ ผลการศึกษาจัดทำเป็นเอกสาร เรียกว่า “รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม” ซึ่งการดำเนินโครงการด้านโรงไฟฟ้าพลังลมที่ใช้พื้นที่ที่คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบให้เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 จะต้องจัดทำรายงานผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

ขั้นตอนการทำรายงาน EIA

1. ผู้ประกอบการจะต้องทราบก่อนว่าโครงการนั้นจะต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมหรือไม่

2. ว่าจ้างที่ปรึกษาที่ขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคลผู้มีสิทธิทำรายงานฯ

3. ผู้ประกอบการส่งรายงานให้สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) โดย สผ. และคณะกรรมการผู้ชำนาญการจะใช้เวลาการพิจารณารายงานฯ ตามขั้นตอนที่กำหนดไม่เกิน 75 วัน แต่หากคณะกรรมการฯ มีข้อเสนอแนะให้แก้ไขเพิ่มเติม ที่ปรึกษาจะต้องใช้เวลาในการปรับแก้ และจัดส่งให้ สผ. และคณะกรรมการฯ พิจารณา ซึ่งจะใช้เวลาไม่เกิน 30 วัน



ติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมที่ : สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโทรศัพท์ :0-2265-6500 ต่อ 6832, 6834, 6829

ภาคผนวก

1) รายชื่อและที่อยู่ของบริษัทผู้ผลิต ประกอบและจำหน่ายอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
1	บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน) 38 อาคารชวนิชย์ ชั้น 2 ซ.สาลีนิมิตร ถ.สุขุมวิท 69แขวงพระโขนงเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 www.solartron.co.th	ผลิต ติดตั้ง จำหน่ายแผงเซลล์	0-2392-0224-6 0-2711-0698-700	0-2381-2971 0-2381-0936
2	บริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด 39/1 หมู่ 1 ถ.บางปะกง-ฉะเชิงเทรา ต.แสนภูดาษ อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา 24140 www.bangkoksolar.com	ผลิต จำหน่ายแผงเซลล์	0-3857-7373	0-3857-7370
3	บริษัท เอกรัฐวิศวกรรม จำกัด (มหาชน) 9/291 อาคารยู เอ็ม ทาวเวอร์ ชั้นที่ 28 ถ.รามคำแหง แขวง/เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 www.ekarat-Solar.com	ติดตั้ง จำหน่ายแผงเซลล์	0-2719-8777	0-2719-8754
4	บริษัท ชาร์ป เทพนคร จำกัด 952 ชั้น 12 อาคารรามาแลนด์ ถ.พระราม 4 เขตบางรัก กรุงเทพฯ 10500 www.sharp-th.com	ผลิต นำเข้า ติดตั้ง จำหน่ายแผงเซลล์	0-2638-3500	0-2638-3900
5	บริษัท พรีไซซ์ อีเลคตริคแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด 103/2 หมู่ 6 ถ.ติวานนท์ ต.บ้านใหม่ อ.เมืองจ.ปทุมธานี 10200	ติดตั้ง-จำหน่ายแผงเซลล์	0-2961-4500-2	-
6	บริษัท ไทยเอเย่นซี เอ็นยีเนียริ่ง จำกัด 9 อาคารวรสิน ชั้น 2-3 ซ.ยาสูบ 2 ถ.วิภาวดี-รังสิตแขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 www.thai-a.com	ผลิต ติดตั้ง- จำหน่ายแผงเซลล์	0-2691-5900	0-2691-5820-21

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
7	บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด 119/51 หมู่ 8 ถนนบางนา-ตราด บางนา พระโขนง กรุงเทพฯ 10260 www.leonics.co.th	นำเข้าและจำหน่ายแผงเซลล์และอุปกรณ์ประกอบ	0-2746-9500 0-2746-8708	0-2746-8712
8	RWE Solutions (Thailand) Co. Ltd. อาคาร UMW, ชั้น 5156 ถ.สุรวงศ์ บางรัก กรุงเทพฯ 10500 www.schott.com/solar	นำเข้าแผงเซลล์	0-2237-0787-9 0-2261-8445-7	0-2237-5370
9	บริษัท พาวเวอร์ไลน์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด 2 ซ.สุขุมวิท 81 (ศิริพจน์) ถ.สุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260 www.powerlinegroup.com	รับเหมาติดตั้งแผงเซลล์	0-2332-0345	-
10	บริษัท โปรเมค เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด 281 ถ.สุขุมวิท 71 แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ www.promecenergy.com	ติดตั้งแผงเซลล์	0-2713-3888	-
11	บริษัท ไทย-เอ็มซี จำกัด 968 ชั้น 24-26 อาคารมูลนิธิอื้อจื่อเหลียง ถ.พระราม 4 แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพฯ http://thai-plastic.com	นำเข้าแผงเซลล์	0-2632-4200	0-2632-4140
12	บริษัทเทคตรอนจำกัด 44/36 หมู่ 2 ตำบลคลองสระบัว อำเภออยุธยา จังหวัดอยุธยา 13000 www.techtron.co.th	ติดตั้ง-จำหน่ายแผงเซลล์	035-226093 01-4993426	035-226093

2) รายชื่อและที่อยู่ของบริษัทผู้ผลิต ประกอบและจำหน่ายอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
1	บริษัท เจ-เซเว่น เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด 95/21 ซ.สุขุมวิท105 ถ.สุขุมวิท แขวง/เขต บางนา กรุงเทพฯ 10260 http://j7eng.yellowpages.co.th	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	053-819347	053-247494
2	บริษัท ซันเทคนิค เอเนอร์ยี่ ซิสเท็ม จำกัด เลขที่ 153/3 ชั้น3 อาคารดกชเด้นแลนด์ ซ.มหาดเล็กหลวง ถ.ราชดำริ แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 www.suntechnics.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2526-0578-9 0-2965-0690	0-2526-0579 0-2526-0127
3	บริษัท ซันพาวร์เวอร์ ซิสเท็ม จำกัด 55/65 หมู่บ้านกลางเมือง ซ.ลาดพร้าว 88 ถ.ประดิษฐมนูธรรม แขวงวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2374-8906 0-2375-5458	0-2375-8381
4	บริษัท เซ็นจูรี่ ซัน จำกัด 488 อาคารรวย ชั้น12 ถ.รัชดาภิเษก แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320 www.centurysunthailand.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2551-2511-5	0-2551-2516-7
5	บริษัท โซล่าร์เทรดดิ้ง จำกัด 599 ถ.ลาดหญ้า คลองสาน กรุงเทพฯ 10600	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2682-5381-8	0-2682-5380
6	บริษัท บุญเยี่ยมและสหาย จำกัด 39/5-9 ม.1 ถ.ศรีนครินทร์ แขวง/เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 www.boonyium.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2938-0092	0-2938-0096
7	บริษัท ปราณีเทค จำกัด 248 อาคารปราณีภัณฑ์ ถ.พหลโยธิน กรุงเทพฯ 10400 www.praneetech.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2744-5683 0-2744-4366	0-2749-2960
8	บริษัท โปรโซล่าร์ กรุ๊ป จำกัด เลขที่100/25 ชั้น15 อาคารวังวนิช ถ.พระราม 9 เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2660-6806	0-2660-6899

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
9	บริษัท พาวเวอร์ โซล่าร์ จำกัด 88/165 ม.7 ถ.บางขุนเทียน บางบอน กรุงเทพฯ 10150 www.power-solar.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2538-3442	0-2530-2472
10	บริษัท ฟอร์เบส จำกัด 898/24 ถ.พระราม3 แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 www.forbest.co.th	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2930-6953	0-2930-6954
11	บริษัท ฟอร์ฟร้อนท์ ฟู้ดเทค จำกัด 4/46 ม.10 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2437-7709 0-2438-2912	0-2749-2960
12	บริษัท มิสเตอร์โซล่าร์ จำกัด เลขที่ 57 อาคารแกรนด์ เรสิเด้น ถ.สุธิสาร สามเสนนอก ห้วยแขวง กรุงเทพฯ 10310 www.mistersolar.net	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2322-4330-3 0-2322-1678-91	
13	บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด 119/51 ม.8 ถ.บางนา-ตราด แขวงบางนา เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260 www.leonics.co.th	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2561-5050-4 0-2561-5060-90	0-2561-2502-4
14	บริษัท วอเตอร์ซิสเตมส์ แอนด์เซอร์วิส จำกัด 50/123 ม.8 ถ.พหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2645-0248-50	0-2645-0247
15	บริษัท แสงมิตร อิเลคตริค จำกัด 77/21-24 อาคารแสงมิตร ม.11 ถ.สวนผัก เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170 www.saegmitr.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2899-8231	0-2899-8360
16	บริษัท อินฟราเทค เอ็นจิเนียร์ริ่ง แอนด์ เซอร์วิส จำกัด เลขที่ 518/5 ชั้น 6 อาคารมณีญาเซ็นเตอร์ ถ.เพลินจิต ลุมพินี ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 www.infratech.co.th	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2682-5381-8	0-2682-5380
17	บริษัท เอ.ที.บี.เซ็นเตอร์ จำกัด 81/1 ม.2 ถ.เสรีไทย แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10240	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2758-8445-6	0-2758-8447

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
18	บริษัท เอ็นวีม่า จำกัด 1023 อาคารเทพนาคร ชั้น4 ถ.พัฒนาการ สวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 www.envima.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อน พลังงานแสง อาทิตย์	0-2693-3338-9	0-2693-3339
19	บริษัท เอซี สแควร์ เอ็นเนอร์ยี จำกัด 39/1 ลาดพร้าว 124 วังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310	อุปกรณ์ทำน้ำร้อน พลังงานแสง อาทิตย์	0-2746-9500 0-2746-8708	0-2746-8712
20	บริษัท เอ็นเนอร์ยี วัน จำกัด เลขที่ 502 ม.3 ถ.เตชะตุงคะ สีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ	อุปกรณ์ทำน้ำร้อน พลังงานแสง อาทิตย์	0-2551-2511-5	0-2551-2516-7
21	บริษัท เฮอรีเทจ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด 13-82 ถ.สุขาภิบาล 1 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10240 www.heritage-int.co.th		0-2882-2033	0-2882-2044-45
22	บริษัท เรโนเทค จำกัด เลขที่ 154 ซ.พัฒนาการ46 สวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 www.ranotech.com	อุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อน	0-2255-5910	0-2255-5911
23	บริษัท อินเท็ลเล็คชัวล์ เทรดเดอร์ จำกัด เลขที่ 122/170 ถ.นวมินทร์ คันนายาว กรุงเทพฯ 10230 www.maxflowenergy.com	อุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อน	0-2377-9827 0-2375-9055	0-2732-6616
24	บริษัท ไทยไฮบริดเอนเนอจี จำกัด 21/888 หมู่ 5 ถ.นวมินทร์ 42 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10240 www.thaihotspring.com	อุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อน	0-2717-8114	0-2717-8115
25	บริษัท ฟอซ ลิ้งค์ จำกัด 99/53 ม.5 ถ.สุขาภิบาล 2 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250	อุปกรณ์ทำน้ำร้อน พลังงานแสง อาทิตย์	0-2934-1048	0-2934-1180
26	SunLuck Solar Power Co., Ltd. เลขที่ 518/5 ชั้น 6 อาคารมณีญาเซ็นเตอร์ ถ.เพลินจิต ลุมพินี ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330	อุปกรณ์ทำน้ำร้อน พลังงานแสง อาทิตย์	0-2929-2000 0-2929-3000 0-8948-79167	

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
27	บริษัท เบอร์มิวด้าไทย จำกัด เลขที่81 ถ.สุขาภิบาล 2 คลองกุ่ม บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2374-8906 0-2375-5458	0-2375-8381
28	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง ประเทศไทย จำกัด 53 หมู่2 ถ.จรัญสนิทวงศ์ อ.บางกรวย นนทบุรี 11130	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2720-4010	0-2720-4340
29	บริษัท สยามโซลาร์ แอนด์ อีเลดทรอนิคส์ จำกัด 62/16-25 ถ.กรุงเทพ-นนทบุรี อ.เมือง จ. นนทบุรี 11000 www.siamsolar.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-8634-42231 0-86519-3194	0-2947-7183
30	บริษัท ราโวเทค จำกัด 22/66 ม.8 ต.คลองสาม อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120 www.ravotek.co.th	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2734-5447	0-2319-2589
31	บริษัท วิสแพค จำกัด 8/9ม.7 ซ.วัดสลุด ถ.บางนา-ตราด กม.9 ต.บางแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540 www.vispack.com	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	02-750-2305, 02-750-2705	02-750-2704
32	บริษัท ที ซัส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เลขที่ 53/56 ม.1 ต.ช้างภาค อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50300	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	02-255-6831	02-649-9080
33	บริษัท ไทย-เยอรมันโซล่า จำกัด เลขที่ 264 ม.10 ถ.มิตรภาพ ต.คำม่วง อ.เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น 40280	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	02-3750955	02-3779827
34	บริษัท ไทย-เยอรมัน จำกัด เลขที่ 264 ม.1 ถ.มิทราพาน ต.ขามเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	02-4361642	02-4361694
35	บริษัท โซล่า โซลูชั่น จำกัด 264 ม.10 ถ.มิตรภาพ คำม่วง เขาสวนกวาง ขอนแก่น 40280	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2526-0578-9 0-2965-0690	0-2526-0579 0-2526-0127
36	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทยแอ็ดวานท์ เซฟ เอ็นเนอยี่ 3/15-16 ม.11 ถ.สุขุมวิท ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	0-2266-8219 0-2635-6398 0-2901-0228	0-2266-8087

ที่	รายชื่อและที่อยู่	ประเภทธุรกิจ	โทรศัพท์	โทรสาร
37	A.R.C Siam Solar Co., Ltd. 389/114 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท, นาเกลือ บางละมุง ชลบุรี 20150	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2315-9189	0-2316-5381
38	Samui Service Engineering co., Ltd. 308/15 Moo 3 Nathon Koh Samui Surathani 84140	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-5389-0632-3	0-5389-0634
39	Transition Group co.,Ltd 175 Amorn Nanglinjee Rd., Tannawa, Bangkok, 10120	อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	0-2287-1400 0-2287-1414 0-2287-4887	0-2287-0763

เอกสารอ้างอิง

1. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับประเทศไทย, สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554
2. พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบโซลาเซลล์ เว็บไซต์ www.ind.cru.in.th/articleind/33.pdf
3. เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน รศ.ดร. วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร, สิงหาคม 2550
4. ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเรือนกระจก (Greenhouse solar crop dryer), สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553
5. คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยสำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร
6. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ตุลาคม 2549
7. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ตุลาคม 2549
8. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ตุลาคม 2549
9. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีเครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Absorption Cooling Technology), บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ตุลาคม 2549
10. หนังสือ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์, เว็บไซต์ http://www.thaisolarfuture.com/
11. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, เว็บไซต์ www.boi.go.th
12. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), เว็บไซต์ www.tgo.or.th
13. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, เว็บไซต์www.dede.go.th
14. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, เว็บไซต์ www.efe.or.th

15. ข้อเสนอรับเหมา ออกแบบก่อสร้างโซลาร์ฟาร์มขนาดเมกะวัตต์, บริษัท ไทยโซลาร์ฟิวเจอร์ จำกัด
16. โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเพื่อขายไฟฟ้า, บริษัท ไทยโซลาร์ฟิวเจอร์ จำกัด
17. คู่มือฝึกสอน ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์, กรีน เอ็มเพาเวอร์เมนท์ และ พลังไท
18. สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (SOLARTEC), เว็บไซต์ http://www.solartec.or.th
19. www.wot.utwente.nl/information/tour/solardryer.html

บันทึก

บันทึก

ผู้สนใจสามารถขอข้อมูลและรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ศูนย์บริการวิชาการด้านพลังงานทดแทนโทรศัพท์ : 02 223 7474

หรือ

สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ : 02 223 0021-9

เว็บไซต์ www.dede.go.th

จัดทำเอกสาร โดย

able

บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด

888/29-32 ถนนนวลจันทร์ แขวงนวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230

โทรศัพท์ 0-2184-2728-32 โทรสาร 0-2184-2734

พิมพ์ครั้งที่ 1 : กันยายน 2554