การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ

ธรรศกร ทองบ่อ

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2562

Analysis of Solar Photovoltaic Rooftop with Energy Storage System for Floating Home Model

Tadsakorn Thongbor

A Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2019

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ

เสนอโดย ธรรศกร ทองบ่อ

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช วุฒิพรพันธ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ..20..... เดือน ..กรกฎาคม..... พ.ศ. ..2562....

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ
ชื่อผู้เขียน	ธรรศกร ทองบ่อ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (Battery) สำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์และจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพิงแหล่งพลังงานจากภายนอก โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ใช้แบบจำลองพลังงาน Building Energy Simulation Model (BESM) ซึ่งประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของ 3 โปรแกรม คือ SketchUp OpenStudio และ EnergyPlus โดยทำการสอบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองพลังงานเพื่อให้เกิดความเชื่อถือได้ 2 วิธี คือ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง และจำลองโครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง ผลการสอบเทียบพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากแบบจำลองพลังงานเฉลี่ยเป็นรายปีมีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอยู่ที่ร้อยละ 1.76 และ 2.61 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ายอมรับได้ ดังนั้นการใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์จึงมีความเชื่อถือได้ และสามารถนำไปจำลองบ้านลอยน้ำต้นแบบ (พื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 75 ตารางเมตร) ที่มีระบบ Solar PV Rooftop เพื่อคำนวณการใช้พลังงานภายในบ้านและค่าพลังงานไฟฟ้าจาก Solar PV Rooftop ได้ แต่ยังไม่สามารถจำลองการทำงานของระบบกักเก็บพลังงาน (Battery) ร่วมไปด้วยได้ จึงนำค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ ไปคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel + Visual Basic (VBA) เพื่อกำหนดขนาดและการทำงานของ Battery ที่เหมาะสมกับระบบ Solar PV Rooftop แต่ละขนาด ผลการศึกษาพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported energy : kWh) ลดลงจากเดิมมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อพิจารณาตามความเหมาะสมพบว่าระบบที่มี Solar PV Rooftop ขนาด 1,200 W และ Battery ขนาด 6.5 kWh มีประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานสูงสุด โดยราคาต้นทุนทั้งสองระบบประมาณ 284,440 บาท และหากรวมกับราคาก่อสร้างบ้านลอยน้ำต้นแบบจะมีราคารวมทั้งหมดประมาณ 630,940 บาท

Individual Study Title	Analysis of Solar Photovoltaic Rooftop with Energy Storage System for Floating Home Model
Author	Tadsakorn Thongbor
Individual Study Advisor	Assistant Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2018

ABSTRACT

A study of Solar Photovoltaic (PV) Rooftop with energy storage system for floating home model aims to analyze and manage the energy to provide high efficiency by without import energy from the external power system. The tools used in this study are modeling programs "Building Energy Simulation Model (BESM)", which consists of three programs, SketchUp OpenStudio and EnergyPlus. Calibration of calculation results from modeling programs for reliability in 2 methods include calculation to the electrical energy consumption compare to actual energy in the sample home and calculation to the solar power generation system compare to the actual electricity produced. The result shows the electrical energy calculated from the program for a period of year compared to actual energy, the error value are 1.76 and 2.61% respectively. Therefore, the use of modeling programs to analyze is reliable and can be simulate a floating house model (usable area of not more than 75 sq.m.) with Solar PV Rooftop. The programs cannot modeling the energy storage system (battery), Therefore calculated in Microsoft Excel + Visual Basic (VBA) program to determine the size of the battery suitable for each Solar PV Rooftop. From the study, the electrical energy received from the external power system (imported energy : kWh) to be reduced from previous more than 90 percent. After consideration, size of Solar PV Rooftop 1,200 W and battery size 6.5 kWh has the highest energy management efficiency. Which the cost of two systems is approximately 284,440 baht and combined with the floating home cost will have a total cost of about 630,940 baht.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ สำเร็จลุล่วงจากการได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ธรรศกร ทองบ่อ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 นิยามและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา.....	3
2. ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัยหรือสภาวะน้ำท่วม.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลอยตัวและบ้านลอยน้ำ.....	6
2.3 รูปแบบบ้านลอยน้ำแบบต่างๆ.....	8
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า.....	14
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ.....	20
2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา.....	24
2.8 ระบบกักเก็บพลังงาน และ แบตเตอรี่	25
2.9 แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร.....	28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	37
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 วิธีการวิเคราะห์และการสอบเทียบ.....	39
4. ผลการศึกษา.....	46
4.1 ผลการสอบเทียบ	46
4.2 ผลการศึกษาและวิเคราะห์.....	50
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	61
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก.....	66
ก. ตัวอย่างการกรอกข้อมูลต่างๆ ในแบบจำลองพลังงานและการแสดงผล	67
ข. ผลของขนาด Battery ต่อพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้า (Imported Energy)	81
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 รายละเอียดวัสดุโครงสร้างของบ้านพักอาศัย..... 41

3.2 ข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า..... 42

3.3 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่าง……..... 43

4.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จากการใช้แบบจำลองเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ในปี พ.ศ. 2561 ……...…… 46

4.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จากการใช้โปรแกรมจำลองเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ที่ผลิตไฟฟ้าได้ ในปี พ.ศ. 2558 - 2560…… 49

4.3 การคำนวณหาน้ำหนักของตัวบ้านลอยน้ำ..... 51

4.4 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านลอยน้ำ..... 55

4.5 ตารางสรุปการคำนวณระบบผลิตไฟฟ้า Solar PV Rooftop สำหรับโปรแกรม OpenStudio……. 57

4.6 ตารางสรุปผลการใช้แบบจำลองพลังงานคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆ …… 57

4.7 ตารางสรุปขนาด Battery ที่ทำให้ Import Energy ลดลงมากกว่าร้อยละ 90 59

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 วัตถุที่ลอยน้ำเมื่ออยู่ในภาวะสมดุล..... 7

2.2 การทรงตัวของวัตถุในของไหล..... 7

2.3 บ้านลอยน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ของบริษัท RAFAA..... 9

2.4 บ้านลอยน้ำโดยบริษัท Factor Architecten 10

2.5 บ้านลอยน้ำ Floating Eco-home ของบริษัท Factor Architecten 12

2.6 ต้นแบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง..... 13

2.7 บ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง 14

2.8 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 17

2.9 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์..... 18

2.10 อุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์..... 19

2.11 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Inverter 21

2.12 การติดตั้ง Stand-alone inverter 22

2.13 การติดตั้ง Grid connected inverter 23

2.14 แผงผังการติดตั้งระบบ Solar PV Rooftop 25

2.15 การบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพ..... 27

2.16 แผนผังการติดตั้ง Solar PV กับ Energy Storage 28

2.17 ลำดับการทำงานของโปรแกรม BESM 29

2.18 ทางเลือกสำหรับรูปแบบการประมวลผล..... 31

2.19 ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบการประมวลของ EnergyPlus 32

2.20 ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบการประมวลของ BEC 33

3.1 แผนผังการทำงาน (Work Flowchart) สำหรับการคำนวณหาขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery) 37

3.2 ต้นแบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง..... 40

3.3 แผนผังการทำงานโปรแกรม (Work Flowchart) การสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านตัวอย่าง..... 41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.4 แผนผังการทำงานโปรแกรม (Work Flowchart) การสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Farm) ตัวอย่าง..... 44
3.5 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) รายเดือน ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm)……..…… 45
3.6 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) รายปี ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm)…….. 45
4.1 บ้านตัวอย่างจำลองในโปรแกรม SketchUP และภาพจริง..... 46
4.2 ตัวอย่างผลการใช้โปรแกรมคำนวณค่าพลังงาน..... 47
4.3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างจำลองในโปรแกรม SketchUP และภาพจริง 48
4.4 ตัวอย่างผลการใช้โปรแกรมคำนวณค่าพลังงาน..... 50
4.5 บ้านลอยน้ำจำลองในโปรแกรม SketchUP 51
4.6 แผนผังพื้นที่ใช้สอยของบ้านลอยน้ำ 56
4.7 ตัวอย่างค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองพลังงาน ใน 1 วัน…….. 58
4.8 ตัวอย่างค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม ใน 1 วัน..... 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และกำลังกระจายทั่วไปทุกภูมิภาค ก่อให้เกิดความเสียหาย ทั้งด้านชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึงการดำรงชีวิตของประชาชนจำนวนมาก โดยเฉพาะจากกรณีที่น้ำท่วม เมื่อ พ.ศ. 2554 ที่ได้รับผลกระทบเป็นวงกว้างทั่วประเทศไทย พบว่ามีน้ำท่วมสูงกว่า 1.50 – 1.80 เมตร จนบางพื้นที่ท่วมสูงถึง 3.00 – 4.00 เมตร เป็นระยะเวลาหลายเดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม ลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน ก่อให้เกิดความขาดแคลนที่อยู่และสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานในการดำรงชีวิต อาทิเช่น อาหาร น้ำ ไฟฟ้า สำหรับการอุปโภคบริโภคเป็นปริมาณมาก ถึงแม้จะได้รับความช่วยเหลือเยี่ยวยาจากภาครัฐ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการได้ทันท่วงที พร้อมทั้งในอนาคตระดับน้ำทะเลมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ (คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ, 2561) ประกอบกับสภาวะโลกร้อนที่รุนแรงยิ่งขึ้น ภาครัฐจึงมีมาตรการให้เล็งเห็นความสำคัญเกี่ยวกับการลดใช้พลังงานหรืออนุรักษ์พลังงานเพิ่มขึ้น ให้เกิดงานวิจัยออกแบบบ้านลอยน้ำยุคใหม่ในสถาบันการศึกษาในประเทศไทยมากขึ้น โดยเลือกใช้วัสดุที่คงทน เบา รับน้ำหนักได้ดี สามารถก่อสร้างประกอบได้รวดเร็ว หรือเป็นแบบสำเร็จรูป และมีการสร้างต้นแบบบ้านลอยน้ำที่มีระบบอุปโภคและบริโภคที่เพียงพอต่อความจำเป็นในการดำรงชีวิต เช่น ไฟฟ้า ประปา เป็นต้น โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ภายในบ้านเพื่อให้สามารถพึ่งพิงตัวเองได้ (อภิชิต กมลสันติสุข, 2554) ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด, 2561) และระบบกักเก็บพลังงานมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มต้นทุนที่ต่ำลงเรื่อยๆ นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารและมีผู้ใช้ในประเทศมากมาย เช่น โปรแกรม BEC, VisualDOE, eQUEST, TRNSYS, SketchUp, Open Studio, Ecotect, EnergyPlus, BESIN, NEST,OTTVEE, Ener-Win ฯลฯ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแนวทางพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย คือการปรับโปรแกรม EnergyPlus และโปรแกรม OpenStudio ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย พร้อมทั้งเพิ่มเติมส่วนของโปรแกรมที่สามารถดึงภาพสามมิติจากโปรแกรม SketchUp (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการใช้แบบจำลองและวิเคราะห์

การใช้พลังงานเพื่อนำมาวิเคราะห์หาขนาดระบบพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับเก็บพลังงานส่วนเกินจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเลือกใช้ 3 โปรแกรมข้างต้นที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว หรือเรียกว่าแบบจำลองพลังงาน Building Energy Simulation Model (BESM) (บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด, 2559) เพื่อให้เกิดการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ให้สามารถไม่ต้องพึ่งพิงพลังงานจากภายนอก นำไปสู่ต้นแบบหรือพื้นฐานในการพัฒนาและศึกษาจำลองบ้านลอยน้ำรวมไปถึงอาคารประเภทอื่นๆ ต่อไป และยังสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างบ้านลอยน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทำการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมสำหรับใช้กับบ้านลอยน้ำต้นแบบให้สามารถไม่ต้องพึ่งพิงพลังงานจากภายนอก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาบ้านลอยน้ำชั้นเดียวต้นแบบที่อยู่อาศัยไม่เกิน 100 ตารางเมตร
2. ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัยภายในบ้านลอยน้ำไม่เกิน 3 คน
3. จำลองบ้านลอยน้ำต้นแบบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรมเท่านั้น
4. จำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบโดยใช้โปรแกรมเท่านั้น
5. วิเคราะห์ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้โปรแกรมเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกบ้านลอยน้ำต้นแบบและวัสดุที่ใช้สำหรับจำลองบ้านลอยน้ำได้
2. สามารถใช้งานแบบจำลองและคำนวณการใช้พลังงานภายในบ้านลอยน้ำ พร้อมทั้งนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคามาพิจารณาร่วมด้วย

3. สามารถวิเคราะห์ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ โดยไม่ต้องพึ่งพิงพลังงานจากภายนอก

1.5 นิยามและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

แผง Photovoltaic, PV คือ เซลล์แสงอาทิตย์ ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

Inverter คือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ

Solar PV Rooftop คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา ประกอบไปอุปกรณ์หลักคือ แผง PV และ Inverter

Floating Home คือ บ้านลอยน้ำ

Energy Storage System, ESS คือ ระบบกักเก็บพลังงานสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

Watt, W คือ วัตต์ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า

Volt, V คือ โวลต์ หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า

Amp, A คือ แอมป์ หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า

kWh คือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง หน่วยวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

บทที่ 2
ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด

งานวิจัยนี้จะนำแบบจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อหาขนาดระบบพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมสำหรับใช้กับบ้านลอยน้ำต้นแบบ ให้สามารถไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก และให้มีการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการศึกษาทฤษฎี ข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัยหรือสภาวะน้ำท่วม

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบ้านลอยน้ำ

2.3 ศึกษาบ้านลอยน้ำแบบต่างๆ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic)

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop)

2.8 ระบบกักเก็บพลังงาน และ แบตเตอรี่ (Energy Storage System)

2.9 แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัยหรือสภาวะน้ำท่วม

สถานการณ์อุทกภัย นับว่าเป็นภัยธรรมชาติที่รุงแรงและสร้างความเสียหายให้กับสิ่งต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคาร บ้านที่พักอาศัย รถยนต์ เครื่องใช้ รวมถึงระบบสาธารณูปโภคต่างๆ จากสถิติการเกิดอุทกภัยของประเทศไทยย้อนหลังไป 20 ปีพบว่า อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554 สร้างความเสียหายมากที่สุด ซึ่งเป็นอุทกภัยรุนแรงที่เกิดขึ้นระหว่างฤดูมรสุมในประเทศไทย พ.ศ. 2554 เกิดผลกระทบต่อบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำโขง เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคมและยังคงดำเนินมาจนถึงปัจจุบัน มีประชาชนได้รับผลกระทบแล้วมากกว่า 12.8 ล้านคน ธนาคารโลกประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 และ

จัดให้เป็นภัยพิบัติครั้งสร้างความเสียหายมากที่สุดเป็นอันดับสี่ของโลกอุทกภัยดังกล่าวทำให้พื้นดินกว่า 150 ล้านไร่ (6 ล้านเฮกตาร์) ซึ่งในจำนวนนี้เป็นทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมใน 63 จังหวัด 684 อำเภอ ตั้งแต่จังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย ตาก พิษณุโลก กำแพงเพชร ทางภาคเหนือ ไปจนถึง พิจิตร นครสวรรค์ อุทัยธานี ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี ปทุมธานี นครนายก นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา นครปฐม สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ ปราจีนบุรี กรุงเทพมหานคร ในที่ราบลุ่มภาคกลาง ส่วน ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี กาฬสินธุ์ นครราชสีมา ในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำโขง

ประชาชนได้รับความเดือดร้อน 4,086,138 ครัวเรือน 13,595,192 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 2,329 หลัง บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรคาดว่าจะได้รับความเสียหาย 11.20 ล้านไร่ ถนน 13,961 สาย ท่อระบายน้ำ 777 แห่ง ฝาย 982 แห่ง ทำนบ 142 แห่ง สะพาน/คอสะพาน 724 แห่ง บ่อปลา/บ่อกุ้ง/หอย 231,919 ไร่ ปศุสัตว์ 13.41 ล้านตัว มีผู้เสียชีวิต 813 ราย (44 จังหวัด) สูญหาย 3 คน (จ.แม่ฮ่องสอน 2 ราย จ.อุตรดิตถ์ 1 ราย) อุทกภัยครั้งนี้ถูกกล่าวขานว่าเป็น "อุทกภัยครั้งร้ายแรงที่สุดทั้งในแง่ของปริมาณน้ำและจำนวนผู้ได้รับผลกระทบ"

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน หลายภาคส่วนของประเทศจึงมักเกิดน้ำท่วมฉับพลันตามฤดูกาล อุทกภัยมักเริ่มขึ้นในภาคเหนือแล้วค่อยขยายวงลงมาตามแม่น้ำเจ้าพระยาผ่านที่ราบภาคกลาง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามแม่น้ำชีและมูลซึ่งไหลลงแม่น้ำโขง หรือในพื้นที่ลาดเขาชายฝั่งในภาคตะวันออกและภาคใต้ ส่วนที่เหลือของพายุหมุนเขตร้อนซึ่งพัดถล่มประเทศเวียดนามหรือคาบสมุทรทางใต้เพิ่มหยาดน้ำฟ้าโดยทั่วไป ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่ออุทกภัยมากขึ้นไปอีก ประเทศไทยมีระบบควบคุมการระบายน้ำ รวมถึงเขื่อนหลายแห่ง คลองชลประทานและแอ่งยับยั้งน้ำท่วม ("แก้มลิง") (flood detention basin) แต่ยังไม่เพียงพอต่อการป้องกันความเสียหายอันเกิดจากอุทกภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบท มีความพยายามอย่างมาก รวมทั้งระบบอุโมงค์ระบายน้ำซึ่งเริ่มใน พ.ศ. 2544 ในการป้องกันอุทกภัยในกรุงเทพมหานคร ซึ่งตั้งอยู่ ณ ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและมักเกิดน้ำท่วม ผลของความพยายามดังกล่าวนับเป็นความสำเร็จสำคัญ โดยกรุงเทพมหานครมักเกิดอุทกภัยเพียงเล็กน้อยและกินเวลาไม่นานนับตั้งแต่อุทกภัยครั้งใหญ่เมื่อ พ.ศ. 2538 อย่างไรก็ดี ภูมิภาคอื่นยังเกิดอุทกภัยรุนแรง โดยครั้งล่าสุดใน พ.ศ. 2553

ขนาดและขอบเขตของอุทกภัยใน พ.ศ. 2554 บางส่วนอาจถือได้ว่าเกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยในฤดูมรสุม พ.ศ. 2553 ระดับน้ำในเขื่อนทำสถิติต่ำสุดเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 หลักฐานแสดงว่า ตอนต้นฤดูฝน เขื่อนได้กักเก็บน้ำปริมาณมากเพื่อเป็นน้ำสำรองและป้องกัน

อุทกภัยในช่วงต้นปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2554 สามารถแสดงได้เห็นโดยปริมาณน้ำที่กักเก็บในเขื่อนภูมิพล น้ำมากกว่า 8,000 ล้านลูกบาศก์เมตรถูกเก็บไว้ในเวลา 3 เดือน จนเขื่อนเต็มความจุ 100% เมื่อถึงขีดกักเก็บน้ำแล้ว ฝนที่ยังตกลงมาบีบให้ทางการต้องเพิ่มการปล่อยน้ำออกจากเขื่อน แม้จะทำให้เกิดอุทกภัยเพิ่มขึ้น และนำไปสู่การกล่าวหาว่า การบริหารจัดการเขื่อนผิดพลาดในช่วงต้นของฤดูมรสุมนี้ อย่างไรก็ดี การโต้แย้งกลับมีว่า หากฤดูมรสุม พ.ศ. 2554 สั้นและไม่มีการเก็บน้ำไว้ในเขื่อนแล้ว หากน้ำลดลงต่ำกว่าระดับเมื่อ พ.ศ. 2553 จะเป็นการบริหารจัดการผิดพลาดเช่นกัน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลอยตัวและบ้านลอยน้ำ

ตามหลักการเบื้องต้นกับการลอยตัวของวัตถุในของไหลตามหลักของอาคีมีดีส กล่าวไว้ว่า เมื่อวัตถุจุ่มหรือจมอยู่ในของเหลว จะมีแรงซึ่งเกิดจากสถิตศาสตร์ของของไหลมากระทำกับวัตถุนั้น ซึ่งเรียกแรงนั้นว่า แรงพยุง และแรงพยุงจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักขอของไหลซึ่งมีปริมาตรเท่ากับปริมาณของวัตถุที่แทนที่ในของไหลนั้น

แรงพยุง = น้ำหนักของไหลปริมาณเท่ากับปริมาตรของวัตถุที่แทนที่ในของไหล

$$F_{\mathrm{b}} = \mathrm{mg}$$

เมื่อ F_{b} = แรงลอยตัว (N)

m = น้ำหนักวัตถุ (kg)

g = อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง $(\mathrm{m/s^2})$

$$F_{\mathrm{b}} = R_{\mathrm{o}}\mathrm{V\,g}$$

เมื่อ F_{b} = แรงลอยตัว (N)

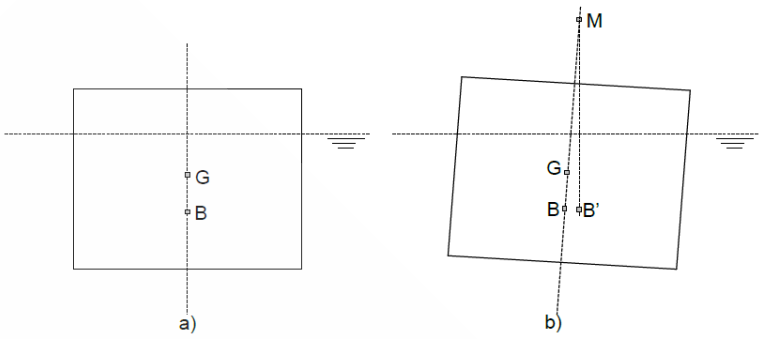
R_{o} = ความหนาแน่นของน้ำ $(1{,}000\ kg/\mathrm{m^3})$

V = ปริมาตรวัตถุ (m^3)

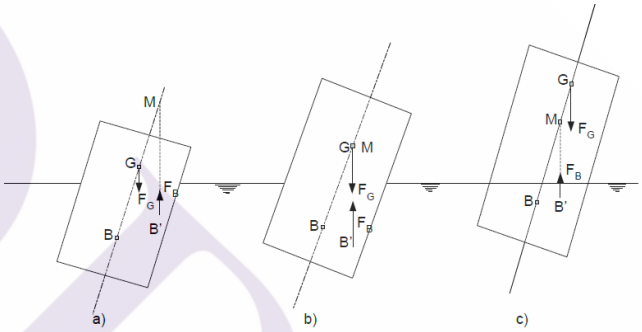
g = อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง $(\mathrm{m/s^2})$

ดังนั้น

$$R_{\mathrm{o}}\mathrm{V\,g} = \mathrm{mg}$$



ภาพที่ 2.1 วัตถุที่ลอยน้ำเมื่ออยู่ในภาวะสมดุล



ภาพที่ 2.2 การทรงตัวของวัตถุในของไหล

ที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2554). ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในของไหล

จากภาพ 2.1 จะเห็นว่าเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลโดยที่แรงพยุงนี้กระทำในแนวดิ่งผ่านจุดแกนของวัตถุในของไหลที่ถูกแทนที่ และเรียกจุดนั้นว่าจุดศูนย์กลางของการลอยตัว (จุด B)พิจารณาจากภาพ 2.1 จะเห็นว่าน้ำหนักของวัตถุจะทำให้เกิดแรงกระทำที่มีทิศทางลงและกระทบในแนวดิ่ง ผ่านจุด G (จุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงของวัตถุ) ซึ่งแรงนี้มีค่าเท่ากับแรงพยุงซึ่งกระทำผ่านจุด B ฉะนั้น จึงสรุปได้ว่า เมื่อเกิดความสมดุลในทางสถิตศาสตร์และวัตถุไม่มีการโคลง ตำแหน่งของจุด B และจุด G จะต้องอยู่ในแนวดิ่งเดียวกัน

ถ้าทำให้วัตถุโคลง ก็คือทำให้เกิดเสียวความสมดุลทางสถิตศาสตร์ ตำแหน่งของจุด B ก็จะเลื่อนไปอยู่ที่จุด B' แนวแรงการพยุงซึ่งกระทำในแนวดิ่งผ่านจุด B' จะไปตัดกับแนวที่ผ่านจุด B และจุด G เดิมจุด M ซึ่งเรียกจุด M นี้ว่า จุดศูนย์กลางเมตา (Metacenter)

ระยะทางระหว่างจุด M และจุด G (MG) นั้นเรียกว่าความสูงเมตาเซ็นตริค ซึ่งค่าความสูงเมตาเซ็นตริคนี้จะนำไปใช้อธิบายเรื่องการทรงตัวของวัตถุต่อไป

การทรงตัวของวัตถุในของไหลนั้น แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะโดยถือเอาระยะ MG (ความสูงของเมตาเซ็นตริค) เป็นตัวกำหนด ดังนี้

<u>การทรงตัวที่เสถียรมีความสมดุลมั่นคง (Stable Equilibrium)</u>

การทรงตัวแบบนี้ จุด M จะอยู่สูงกว่าจุด G นั้นคือระยะ MG เป็นบวก ฉะนั้นเกิดโมเมนท์ของแรง F_B กับ F_G เพื่อจุดให้วัตถุกลับตำแหน่งเดิมดูภาพที่ 2.2

<u>การทรงตัวที่เสถียรมีความสมดุลเป็นกลาง (Neutral Equilibrium)</u>

การทรงตัวแบบนี้ จุด M กับจุด G จะอยู่ในจุดเดียวกัน นั้นคือระยะ MG เท่ากับศูนย์ เพราะฉะนั้นจะไม่เพิ่มโมเมนต์ในการฉุดวัตถุกลับตำแหน่งเดิม นั้นคือ วัตถุจะคงอยู่ใน
นั้นคือระยะ MG เป็นบวก ดังนั้นเกิดโมเมนต์ ของแรง F_B กับ F_G เพื่อจุดให้วัตถุกลับตำแหน่งเดิมดู ภาพที่ 2.2

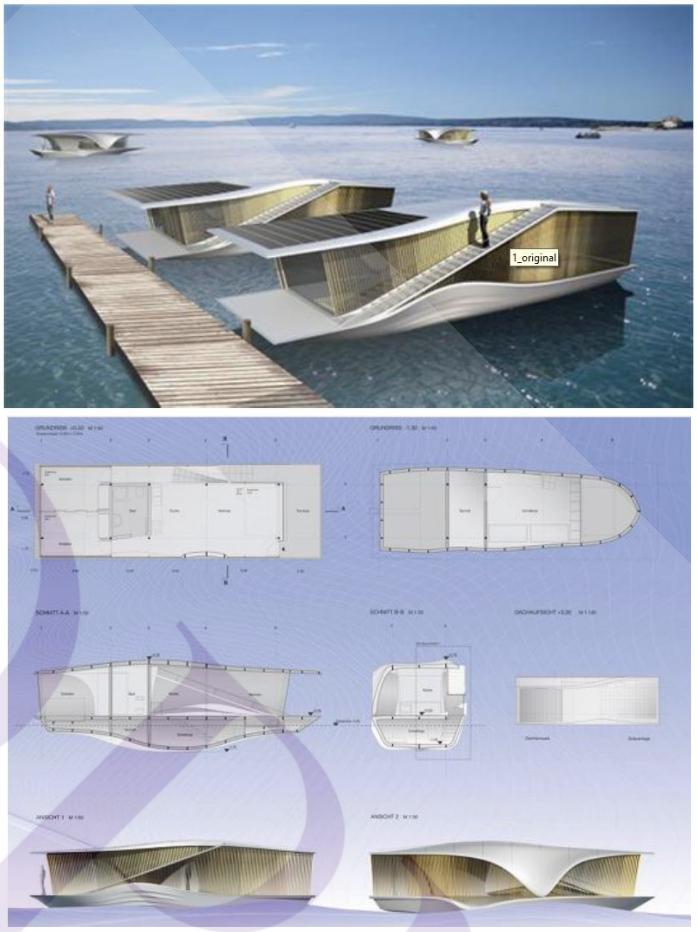
<u>การทรงตัวที่ไม่เสถียรมีความสมดุลไม่มั่นคง (Unstable Equilibrium)</u>

การทรงตัวแบบนี้ จุด M จะอยู่ต่ำกว่าจุด G นั่นคือระยะ MG เป็นลบ ดังนั้นเกิดโมเมนต์ของแรง F_B กับ F_G ดึงให้วัตถุพลิกคว่ำ ดังภาพที่ 2.2

2.3 รูปแบบบ้านลอยน้ำแบบต่างๆ

2.3.1 The Last resort

บ้านลอยน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบขับเคลื่อน โดยบริษัท RAFAA Architecture and Design, Switzerland ซึ่งชนะการประกวดแบบสถาปัตยกรรมลอยน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ของ International Bauausstell , Germany ซึ่งบ้านลอยน้ำซึ่งติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กว้าง 5 เมตร ยาว 15 เมตร 2 ชั้น ชั้นล่างประกอบด้วย ที่นอนแบบ 2 ชั้น 2 เตียง และช่องเก็บวัสดุอุปกรณ์ ส่วนชั้นบนเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหลัก ประกอบด้วยมุมนั่งเล่น ห้องครัว ห้องน้ำ และห้องนอน ขณะที่บริเวณหลังคาติดตั้งแผงโซลาร์ (Photovoltaic) บริเวณดาดฟ้า แสดงได้ตามภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 บ้านลอยน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ของบริษัท RAFAA

ที่มา: RAFAA. (2011).

2.3.2 บ้านลอยน้ำโดยบริษัท Factor Architecten

แนวคิดการสร้างบ้านลอยน้ำนี้จะต่างจากบ้านแบบธรรมดาตรงที่การออกแบบและวัสดุที่ใช้จะค่อนข้างยืดหยุ่นและลอยตัวได้เมื่อน้ำท่วมหรือระดับน้ำทะเลหนุนสูงขึ้นถึง 5 เมตร ซึ่งบริษัทที่คิดค้นได้มีการพัฒนาแบบบ้านมาสองแบบ โดยแบบแรกือบ้านที่ปกติก็ลอยอยู่บนน้ำเลยเหมือนเรือ และแบบที่สองในสภาวะปกติก็อยู่บนแผ่นดินธรรมดาเหมือนทั่วๆ ไป แต่ถ้าเกิดกรณีน้ำท่วมขึ้นมา ตัวบ้านก็จะสามารถลอยตัวขึ้นเหนือน้ำเหมือเรือซึ่งวัสดุที่ใช้ในการสร้างจะใช้กล่องคอนกรีตสี่เหลี่ยมกลวงมาทำเป็นฐาน เพื่อทำให้บ้านลอยตัวได้บนน้ำ และใช้เสาเหล็กกล้าเป็นโครงสร้างหลักและเสริมความมั่นคง

ของตัวบ้าน ส่วนของสาธารณูปโภค เช่น น้ำ นั้นจะมีการส่งผ่านท่อที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นมาก ต่อกระแสน้ำที่จะมาปะทะอีกด้วย ซึ่งบ้านแบบใหม่นี้จะออกแบบและสร้างไว้เพื่อรับมือกับน้ำท่วมแล้ว ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยแนวคิดนี้ได้เกิดขึ้นมาจากที่ประเทศเนเธอร์แลนด์นั้น พื้นที่กว่าครึ่งหนึ่งของประเทศมีระดับอยู่ต่ำกว่าน้ำทะเล จึงทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมอยู่เสมอ

ภาพที่ 2.4 บ้านลอยน้ำโดยบริษัท Factor Architecten

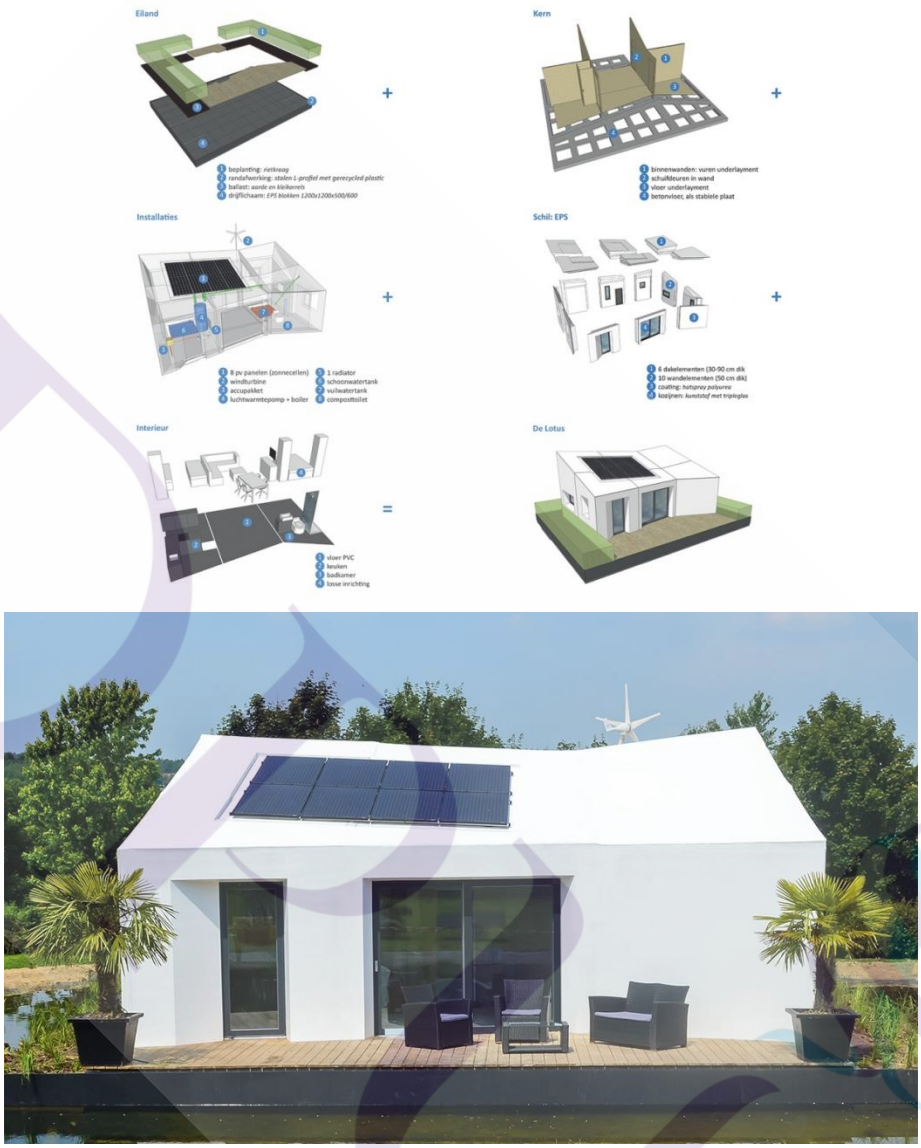
ที่มา: Factor Architecten. (2011).

2.3.3 บ้านลอยน้ำ Floating Eco-home ของบริษัท Factor Architecten

บ้านลอยน้ำนี้เป็นบ้านที่ทำจาก EPS (โฟม) ซึ่งสร้างขึ้นจากการผสมผสานระหว่างความเรียบง่ายเชิงโครงสร้างและการก่อสร้างแบบแยกส่วน รูปร่างหน้าตาถูกสร้างขึ้นโดยการสร้างสรรค์เป็นลักษณะสี่เหลี่ยมแบบง่ายๆ มีพื้นที่สำหรับ 1 ห้องนั่งเล่น 1 ห้องครัว 2 ห้องนอนและ 1 ห้องน้ำ บ้านประเภทนี้เหมาะสำหรับการลอยน้ำและพึ่งพิงตัวเองได้

บ้านหลังนี้จะอยู่บนฐานที่ประกอบด้วยโฟม EPS Blocks 100% หนา 50 เซนติเมตร ที่ห่อด้วยกระดาษฟอยล์ อาคารที่ก่อสร้างด้วย EPS มีข้อดีมากมาย เช่นการใช้พลังงานต่ำในระหว่างการดำเนินการผลิต ความต้านทานต่อน้ำและความชื้นค่าฉนวนสูงและน้ำหนักเบา การก่อสร้างก็เร็วขึ้นด้วยเช่นกันเพราะชิ้นส่วนหลายชิ้นมาจากโรงงานสำเร็จรูป เนื่องจาก EPS ให้การปกป้องที่ดีและ บ้านหลังนี้จึงมีอายุการใช้งานยาวนานและการบำรุงรักษาไม่บ่อยมากนัก นอกจากนี้ EPS ยังสามารถนำไปรีไซเคิลได้ 100% ซึ่งหมายความว่ามันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

พื้นทำจากคอนกรีตเพื่อความมั่นคงของฐานราก ระเบียงรอบบ้านมาจาก Platowood นี่เป็นไม้ประเภท FSC ที่เก็บรักษาไว้ในวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยไม่ใช้สารเคมี นอกจากนี้จะมีพื้นที่สีเขียวรอบ ๆ บ้าน บ้านนี้มีค่าฉนวนสูงอย่างมากเนื่องจากผนัง EPS หนา 50 ซม. รวมกับกระจกสามชั้น เครื่องทำความร้อนขนาดเล็กเพียงเครื่องเดียวเท่านั้นก็เพียงพอสำหรับให้ความร้อนทั่วทั้งบ้าน บ้านมีแหล่งจ่ายไฟของตัวเองด้วยการติดตั้งกังหันลมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับแบตเตอรี่ที่ให้การจัดเก็บ น้ำประปาถูกควบคุมโดยน้ำสะอาดและถังเก็บน้ำเสียซึ่งเพียงพอสำหรับสี่คนในการล้างทำอาหารและอาบน้ำทุกวันเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ ทำให้บ้านหลังนี้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างสมบูรณ์เป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์



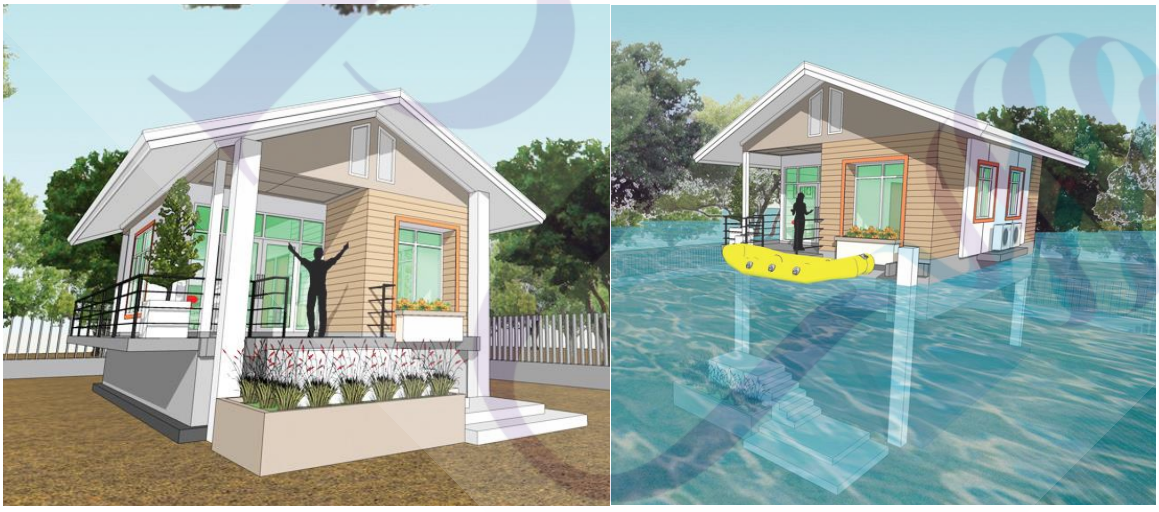
ภาพที่ 2.5 บ้านลอยน้ำ Floating Eco-home ของบริษัท Factor Architecten

ที่มา: Factor Architecten. (2015).

2.3.4 บ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง

บ้านลอยน้ำแบบที่กรมโยธาธิการและผังเมืองได้ออกแบบขึ้น ใช้วัสดุพื้นฐานสำเร็จรูปที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด เพื่อให้ก่อสร้างได้ง่ายและประหยัด เนื่องจากมีระบบโครงสร้างอย่างง่าย

ชาวบ้านที่มีความรู้ด้านช่างในระดับทั่วไปจะสามารถก่อสร้างได้เอง ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบแล้วเสร็จมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 มี 2 แบบ คือ ขนาดพื้นที่ 60 ตารางเมตร และ 20 ตารางเมตร ประกอบด้วย ห้องอเนกประสงค์ ห้องนอน ครัว ห้องน้ำ และระเบียง ซึ่งเป็นขนาดไม่ใหญ่มาก เพื่อความสะดวกในการก่อสร้างและการลอยน้ำ แต่หากมีความต้องการพื้นที่เพิ่มขึ้นก็อาจเชื่อมต่อหลายหลังเข้าด้วยกัน โดยใช้สะพานทางเชื่อมพาดระหว่างชานรอบตัวบ้านได้ และต่อมากรมโยธิการและผังเมืองได้ปรับปรุงแบบบ้านลอยน้ำให้มีความเหมาะสมมากขึ้นได้ตามภาพที่ 2.6 สำหรับอุปกรณ์ที่ทำให้บ้านลอยน้ำได้จะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กร่วมกับโฟม หรือกล่องคอนกรีตเปล่า ส่วนตัวบ้านใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาเป็นหลักเพื่อให้เบาและก่อสร้างได้รวดเร็ว เช่น ซีเมนต์บอร์ด กับกระเบื้องลอนเล็ก ระบบบำบัดน้ำเสียใช้ถังสำเร็จรูป บ้านนี้จะมีขนาดประมาณ 45-75 ตารางเมตร ดังนั้นจากภาวะวิกฤตน้ำท่วมที่เพิ่มขึ้นทุกปี บ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งมีความมั่นคงแข็งแรง ก่อสร้างได้ง่าย มีความสวยงาม และราคาที่ไม่สูงมากนัก เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนที่ต้องอยู่อาศัยในพื้นที่ที่น้ำท่วมถึงได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้อยู่อาศัยในบริเวณพื้นที่ลุ่ม ที่ต้องประสบภาวะน้ำท่วมตามฤดูกาลอยู่ทุกปี



ภาพที่ 2.6 ต้นแบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง

ภาพที่ 2.7 บ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง

ที่มา: วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554).

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า หมายถึงพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งได้ เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายประเภท ซึ่งการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้จะต้องมีการเชื่อมต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับสิ่งที่จะนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ เรียกว่า วงจรไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานแสง เป็นต้น

2.4.1 แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เป็นส่วนที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้าในวงจร เพื่อให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานได้ โดยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีอยู่หลายแหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งมีหลักการทำให้เกิดและนำมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ดังนี้

- ไฟฟ้าจากการขัดสี เกิดจากการนำวัสดุต่างชนิดกันมาขัดถูแล้วทา ให้เกิดอำนาจอย่างหนึ่งขึ้นมา และสามารถดูดวัตถุอื่นๆ ที่เบาบางได้ เราเรียกอำนาจนั้นว่า ไฟฟ้าสถิต ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะอยู่ในวัตถุได้ชั่วขณะหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นก็จะค่อยๆ เสื่อมลงไปจนสุดท้ายก็หมดไปในที่สุด

- ไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมี การเกิดปฏิกิริยาเคมีจะทำให้ประจุไฟฟ้าในสารเคมีนั้นเคลื่อนที่ผ่านตัวนำทำให้เกิดเป็นไฟฟ้ากระแสขึ้นได้ เรานำหลักการนี้ไปประดิษฐ์ถ่านไฟฉาย และแบตเตอรี่รถยนต์

- ไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็ก เกิดขึ้นได้เมื่อมีการหมุนหรือเคลื่อนที่ผ่านขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด ซึ่งเรานำหลักการนี้ไปสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เรียกว่าไดนาโม ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

- ไฟฟ้าจากแรงกดดัน แร่ธาตุบางชนิดเมื่อได้รับแรงกดดันมากๆจะปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมาได้ ซึ่งเรานำ แร่ธาตุเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในการทำไมโครโฟน หัวเข็มของเครื่องเล่นแผ่นเสียง เป็นต้น

- กระแสไฟฟ้าจากสัตว์บางชนิด สัตว์น้ำ บางชนิดมีกระแสไฟฟ้าอยู่ในตัว เมื่อเราถูกต้องตัวสัตว์เหล่านั้นจะถูกไฟฟ้าจากสัตว์เหล่านั้นดูดได้ เช่น ปลาไหลไฟฟ้าเป็นต้น

- กระแสไฟฟ้าจากความร้อน เป็นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการนาโลหะไปเผาให้ร้อน

2.4.2 การเปลี่ยนรูปพลังงาน

โดยปกติพลังงานสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งได้ ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อนพลังงานกล พลังงานเสียง เป็นต้น บางครั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดยังสามารถ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปอื่นได้หลายรูปในเวลาเดียวกัน

- การเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานแสงสว่าง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงสว่าง คือ หลอดไฟ

- การเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน ภายในจะมีอุปกรณ์สำคัญ คือ ขดลวดต้านทานหรือขดลวด ความร้อนติดตั้งอยู่ เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้จะทำ

ให้เกิดความร้อนขึ้น ขดลวดที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ขดลวดนิโครม เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนได้แก่ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า กาต้มน้ำ ร้อนไฟฟ้า เครื่องปิ้งขนมปัง ไดเป่าผม เป็นต้น

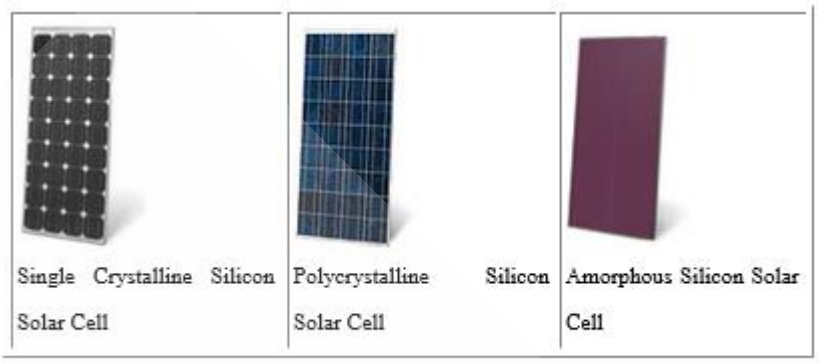
- การเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล เรียกว่า มอเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไดนาโม แต่จะทำงานตรงข้ามกับไดนาโม นั่นคือ มอเตอร์จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เช่น พัดลม เครื่องปั่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องเล่น VCD ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า เป็นต้น

- การเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานเสียง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานเสียงมีอยู่มากมาย เช่น เครื่องรับวิทยุ เครื่องบันทึกเสียง เครื่องขยายเสียง เป็นต้น

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.5.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ



ภาพที่ 2.7 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: http://www.leonics.co.th/

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

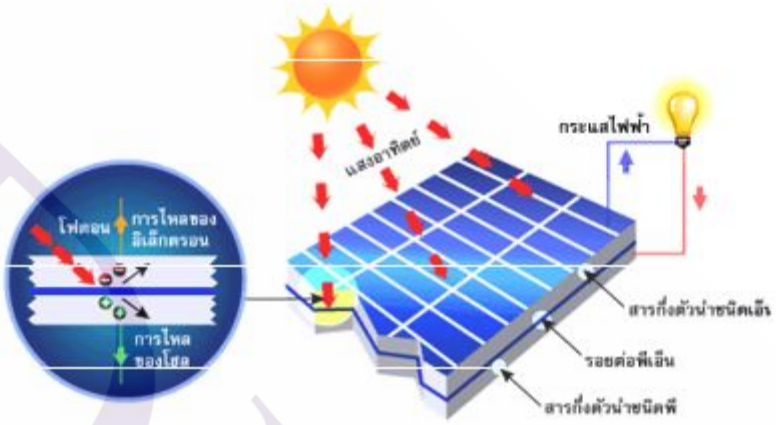
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.5.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับ

แสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.5.3 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.9 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: http://www.leonics.co.th/

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น แสดงได้ตามภาพที่ 2.8

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็น เรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

2.5.4 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ ตามภาพที่ 2.9 ดังนี้

ภาพที่ 2.9 อุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: http://www.leonics.co.th/

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การ

ทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Inverter เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือว่ามีความ สำคัญที่สุด และมีความซับซ้อนมากที่สุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านี้มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ได้มาตรฐานเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือต่างๆที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป

ภาพที่ 2.11 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Inverter

ที่มา: http://www.leonics.co.th/

2.6.1 การทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

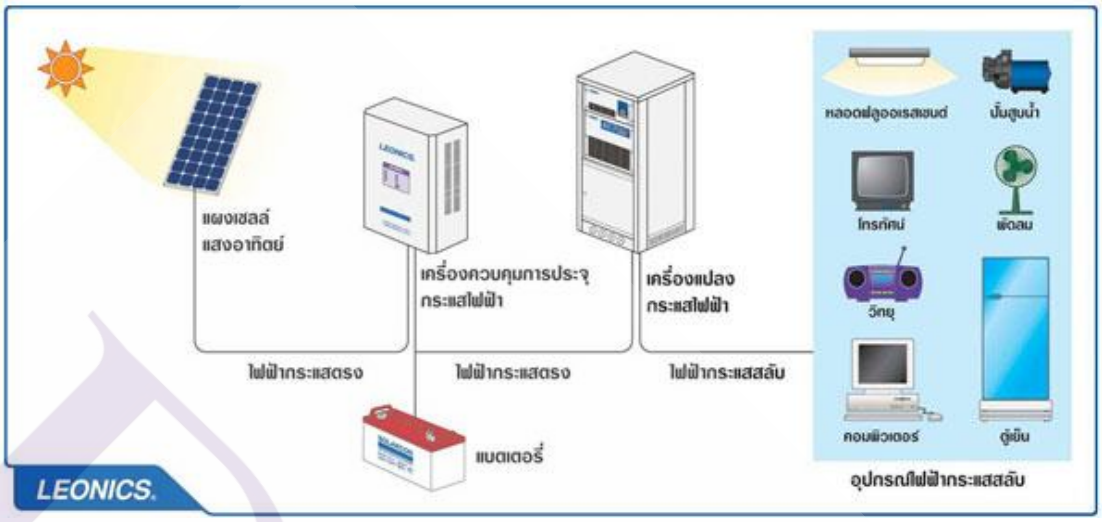
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะทำการแปลงพลังงานกระแสตรงที่ได้จากแบตเตอรี่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนรูปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการทำงานของวงจรสวิชชิ่งทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ด้วยการเปิด-ปิดวงจรกระแสตรงของทรานซิสเตอร์อย่างรวดเร็วรวมกับหม้อแปลงไฟฟ้า จะทำให้สามารถแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแล้วจ่ายออกมาได้คุณภาพ และความซับซ้อนของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะให้สัญญาณขาออกในลักษณะต่างๆ กัน เช่น Square wave, Modified sine wave และ Pure sine wave

2.6.2 ชนิดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

สามารถจำแนกเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

2.6.2.1 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดใช้งานอิสระ (Stand-alone inverter)

ถูกนำไปใช้ในการติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีระบบไฟฟ้าหรือมีปัญหาไฟฟ้าและจะต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า โดยแบ่งตามสัญญาณขาออกได้ตามภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.12 การติดตั้ง Stand-alone inverter

ที่มา: http://www.leonics.co.th/

2.6.2.2 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Square wave

จะทำการกลับขั้วแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายๆ 100, 120 ครั้งต่อวินาที (1 รอบประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าบนและล่าง) ทำให้เกิดความเพี้ยนของสัญญาณสูงมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

2.6.2.3 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Modified sine wave

สัญญาณขาออกเป็น 4 ระดับแรงดัน (voltage level) ต่อรอบ การจ่ายสัญญาณขาออกเป็นลักษณะขั้นบันได แม้สัญญาณจะไม่ดีเท่ากับระบบสายส่ง แต่ราคาถูกกว่า, ประสิทธิภาพสูงและนำไปใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ามาตรฐานส่วนใหญ่ เช่น ทีวี, วิทยุ, คอมพิวเตอร์และเตาไมโครเวฟ ฯลฯ รวมถึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก แต่อาจไม่เหมาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์บางชนิดที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำ เช่น เครื่องมือ/อุปกรณ์ไร้สาย, เครื่องถ่ายเอกสาร, เครื่องพิมพ์เลเซอร์ ฯลฯ

2.6.2.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Sine wave

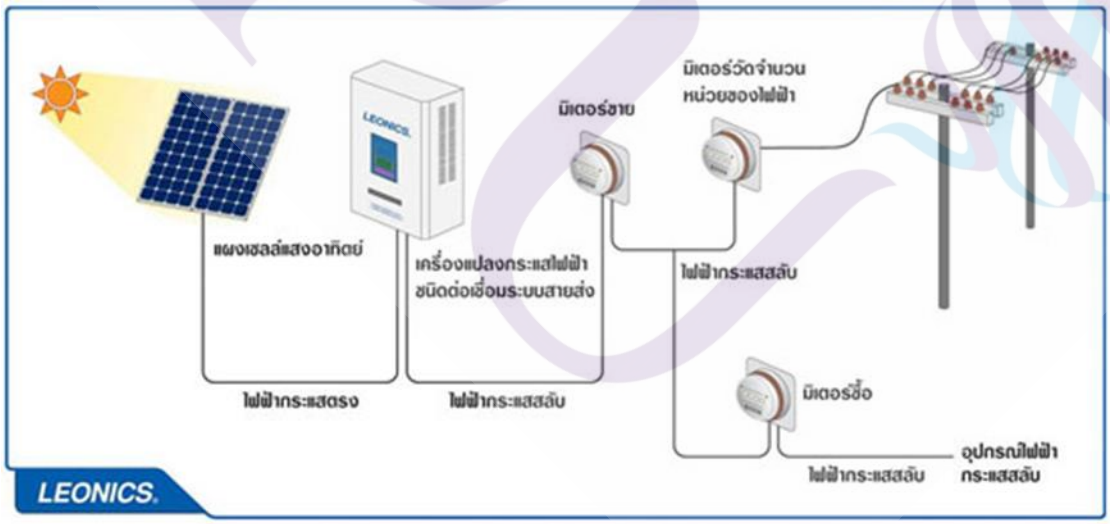
ให้สัญญาณขาออกเป็นเส้นโค้งเรียบเสมอกัน จึงเรียกเป็น Pure sine wave สัญญาณ ไฟฟ้า ที่ได้ใกล้เคียงกับระบบสายส่งมาก เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่คุณภาพดีที่สุด จึงทำงานได้ดีกับ

อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับต่างๆ เกือบทุกประเภท รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์, ปั๊มน้ำ AC, เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์และใช้งานกับระบบจ่ายไฟฟ้าภายในบ้านที่ขนาดใหญ่ขึ้น ผลที่ได้จากเครื่องชนิดนี้สูงถึง 256 ระดับแรงดันต่อรอบ

หากจะกล่าวถึงประสิทธิภาพแล้ว พบว่ามีความแตกต่างกันตามอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน ในทางปฏิบัติ ประสิทธิภาพของเครื่องสูงสุดอยู่ที่ 60-80% ของขนาดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยตัวเครื่องเองต้องใช้กำลังไฟฟ้าในการเดินเครื่องด้วย จึงทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่เมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำมากๆ จะมีประสิทธิภาพต่ำ เช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 kW ใช้งานกับวิทยุขนาด 20 W อาจต้องใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 30-40 W ทีเดียว

2.6.3 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมระบบสายส่งการไฟฟ้า (Grid connected inverter)

มีการนำมาใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและติดตั้งในบริเวณที่มีระบบสายส่งเพื่อการต่อเชื่อม ด้วยหลักการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกนำเข้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยติดตามสัญญาณไฟฟ้าในระบบสายส่งตลอดเวลา ผลักดันกระแสไฟฟ้าให้ไหลกลับเข้าระบบสายส่ง ซึ่งช่วยลดค่าไฟฟ้าในระบบรวมได้ ดังนั้น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนี้จะต้องมีความซับซ้อนและการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า Pure sine wave อย่างมาก ทั้งนี้ระบบไม่ต้องการแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟฟ้า สามารถแสดงการติดตั้งได้ตามภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.13 การติดตั้ง Grid connected inverter

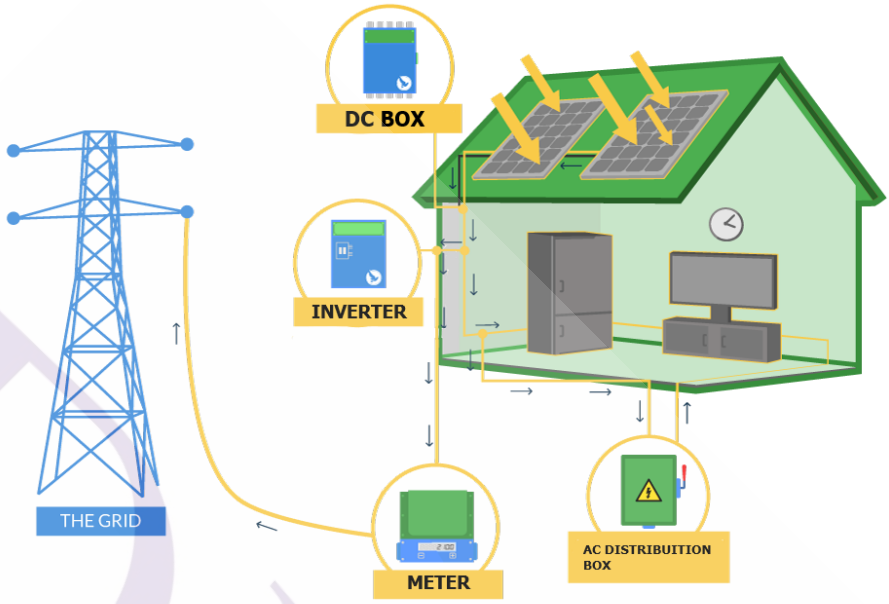
ที่มา: http://www.leonics.co.th/

2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง (Solar Rooftop) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถติดตั้งสำหรับบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน อาคารโรงงาน หลังคาจอดรถ ซึ่งระบบจะผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ร่วมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ช่วยลดค่าไฟฟ้ารายเดือนของท่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ Solar Rooftop เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยอุปกรณ์ Inverter แล้วไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยข้อดีคือสามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้กับการไฟฟ้าฯ (ทั้งนี้ต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการก่อน) หรือนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานเองเพื่อลดค่าไฟฟ้า หากผลิตไม่พอใช้อุปกรณ์ควบคุมก็จะนำไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้ามาใช้งานทดแทน โดยมีแผงผังการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ตามภาพที่ 2.13

Solar PV Rooftop มีอุปกรณ์ประกอบระบบที่สำคัญคือ

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)
- โครงรองรับแผง (Mounting Structure)
- ตู้ไฟฟ้า DC BOX และตู้ไฟ AC (MDB Solar to Main Owner)
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid-tie INVERTER)



ภาพที่ 2.14 แผงผังการติดตั้งระบบ Solar PV Rooftop

ที่มา: http://www.solartron.co.th/

2.8 ระบบกักเก็บพลังงาน และ แบตเตอรี่

ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) ความจำเป็นในอนาคตที่กลายเป็นปัจจุบัน เมื่อราคาของพลังงานทดแทนที่ว่าแพงนั้นได้หมดยุคไปแล้ว และระบบกักเก็บพลังงานซึ่งถือกำเนิดมาที่หลังราคาก็ดิ่งลงไม่ต่างจากพลังงานทดแทนอีกทั้ง ยังมีช่องว่างสำหรับพัฒนาเทคโนโลยีให้เล็กลงเบาขึ้น และใช้งานได้หลากหลายขึ้น (One for All) เหมือนเราใช้ Power Bank ในปัจจุบัน ระบบกักเก็บพลังงานไม่ได้มีไว้ใช้เฉพาะกับพลังงานลมและพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ อันเป็นพลังงานจากธรรมชาติซึ่งอาจจะไม่มั่นคงนักเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้กับอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล สถานีบริการประจุไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน Microgrid และยานยนต์ไฟฟ้าแทบทุกประเภท (EV) รวมทั้งรถตุ๊กตุ๊ก เอกลักษณ์ยานยนต์ไทยเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวแบบพลังงานสีเขียว ซึ่งกระทรวงพลังงานกำลังผลักดันให้เกิดขึ้นในหลายจังหวัดก่อนอื่นขอทำความเข้าใจคำว่า Power ที่หมายถึงอัตราของการใช้พลังงาน กับ Energy ที่หมายถึงปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขึ้นอยู่กับกำลัง

และเวลาที่ใช้ ถ้าพูดถึงเทคโนโลยีของ Energy Storage คงสรุปได้ง่ายๆ ว่า หมดยุคตะกั่วกรด สู่ยุคของลิเธียมหลากหลายรูปแบบซึ่งต่างก็มีจุดอ่อนจุดแข็งที่ทำให้ผู้ซื้อตัดสินใจยากด้วยกันทั้งสิ้น ส่วนเรื่องราคานั้น ทุกค่ายก็ยึดถือราคาตลาดโลก ซึ่งอยู่ที่กิโลวัตต์ละประมาณ 350 USD ส่วนชนิดของชุดกักเก็บพลังงานที่ลงสนามแข่งขันในประเทศไทยเท่าที่ได้ข้อมูล ได้แก่

LFP: Lithium Ferrite Phosphate

LTO: Lithium Titanate Oxide

NMC: Nickel Manganese Cobalt Oxide

NCA: Nickel Cobalt Auminum

คุณสมบัติทั่วๆ ไป ของแบตเตอรี่แต่ละชนิดไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น ทนความร้อนได้ถึง 60 ˚C แต่ละเซลล์หนักประมาณ 600 กรัม ในโลกของการแข่งขัน นอกจากต้องมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ประสิทธิภาพในการประจุพลังงานสูง SOC : State of Charge อัตราการคายประจุต่ำ (Seft Discharge) อายุการใช้งานยาวพร้อมรับประกัน ค่าบำรุงรักษาต่ำ และความปลอดภัยสูง

ผู้ผลิตและจำหน่าย ESS ในเมืองไทย มีดังนี้

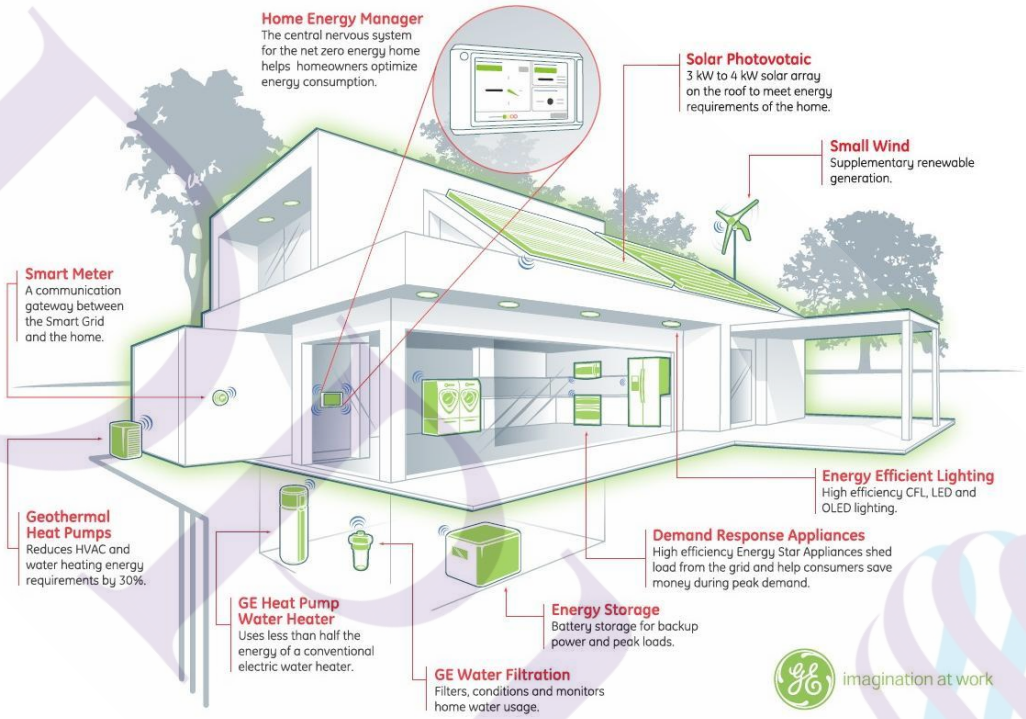
1. บริษัท พลังงานบริสุทธิ์ จำกัด (มหาชน) โด่งดังจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ จับมือกับ Growatt พัฒนา Energy Storage ในประเทศไทยให้พร้อมรับมือการขยายตัวของพลังงานในอนาคต ภายใต้เครื่องหมายการค้า Growatt และ Amita

2. บริษัท เบต้า เอ็นเนอร์ยี่ โซลูชั่น จำกัด บริษัทเก่าแก่ผู้ผลิตตู้ Switchboard ต่อยอดธุรกิจ ลงทุนเพิ่มกว่าพันล้านบาท ด้วยการซื้อเทคโนโลยีแบบนิคเคิลแมงกานีสโคบอลท์ (NMC) จาก New Resources Technology ประเทศสิงคโปร์ ซึ่งคาดว่าโรงงานจะแล้วเสร็จ และเริ่มผลิตในประเทศในไตรมาสที่ 2 ของปี 2561 โดยจะเริ่มผลิตรุ่น 16Ah, 3.7V เป็นแบบไฮเพาเวอร์ และรุ่น 25Ah, 3.7V ซึ่งเหมาะกับพลังงานทดแทน

ระบบกักเก็บพลังงานมีความจำเป็นสำหรับระบบไฟฟ้าในอนาคตเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานสามารถส่งเสริมให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีเสถียรภาพและรักษาคุณภาพไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ ยังเป็นส่วนสนับสนุนการเปลี่ยนโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ช่วงเวลาที่เหมาะสม ซึ่งทำให้มีการบริหารจัดการพลังงานได้ดียิ่งขึ้น และนั้นหมายถึงความสามารถในการใช้พลังงานได้คุ้มค่า และเป็นการประหยัดพลังงานได้ด้วย

บทบาทและวัตถุประสงค์ของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทนั้นมีความแตกต่างกันออกไป แต่สำหรับในบทความนี้เราจะพูดถึงบทบาทการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า จากใช้งาน

ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในอาคารเพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในตัวอาคาร ในปัจจุบันอาคารขนาดใหญ่ที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ มักจะมีระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (Building Energy Management System: BEMS) เพื่อช่วยในการจัดการ ควบคุม และติดตามระบบพลังงานต่างๆ ภายในอาคาร

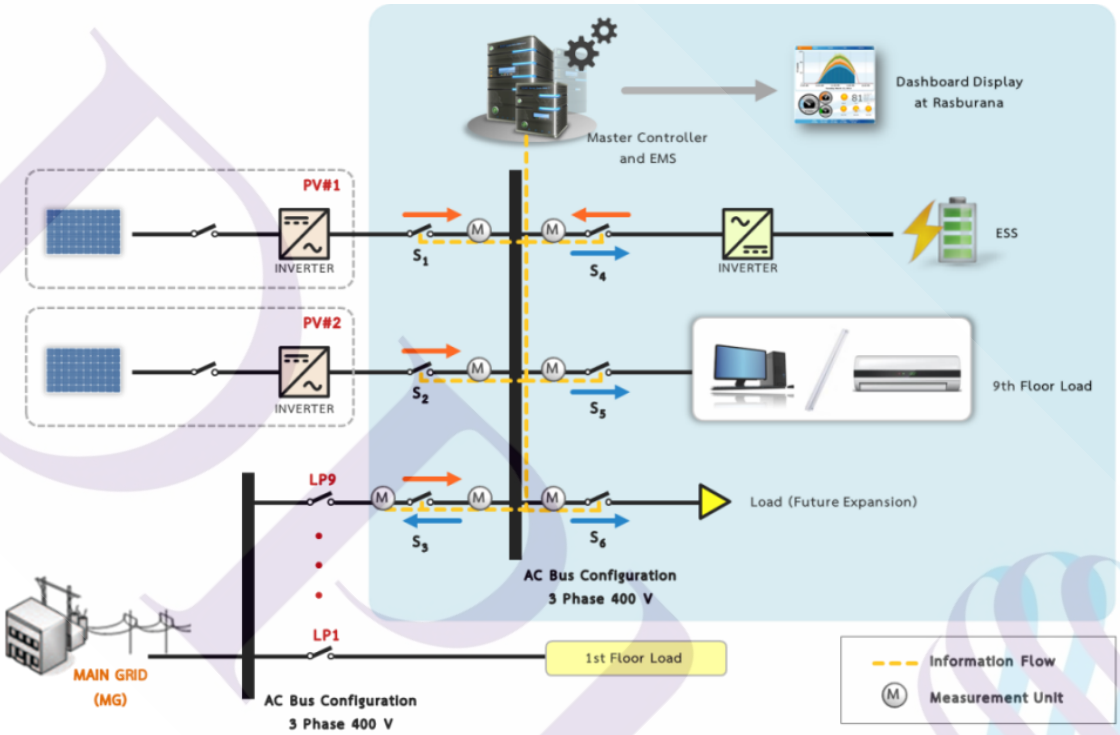


ภาพที่ 2.15 การบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพ

ที่มา: http://www.2e-building.com/

จากภาพที่ 2.14 จะเห็นได้ว่า ในรูประบบบริหารจัดการพลังงานในอาคารนั้นจะมีระบบกักเก็บพลังงานเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์จาก solar rooftop ที่ติดตั้งบนตัวอาคาร โดยเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมากกว่าโหลดไฟฟ้าที่มีอยู่ แทนที่จะสิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ก็สามารถนำพลังงานส่วนเกิน

นั้นมาเก็บสะสมไว้ในระบบกักเก็บพลังงาน ต่อมา ในช่วงเวลาที่การผลิตไฟฟ้าได้น้อยลง เช่น ช่วงเวลาที่ไม่มีแดดหรือลม ระบบกักเก็บพลังงานจะจ่ายพลังงานที่กักเก็บไว้เข้าในระบบในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ระบบไฟฟ้ายังคงมีความมั่นคง ความเชื่อถือ และช่วยให้เกิดผลประหยัดโดยรวมของอาคารได้มากขึ้นอีกด้วย โดยสามารถแสดงแผงผังการติดตั้งได้ตามภาพที่ 2.15



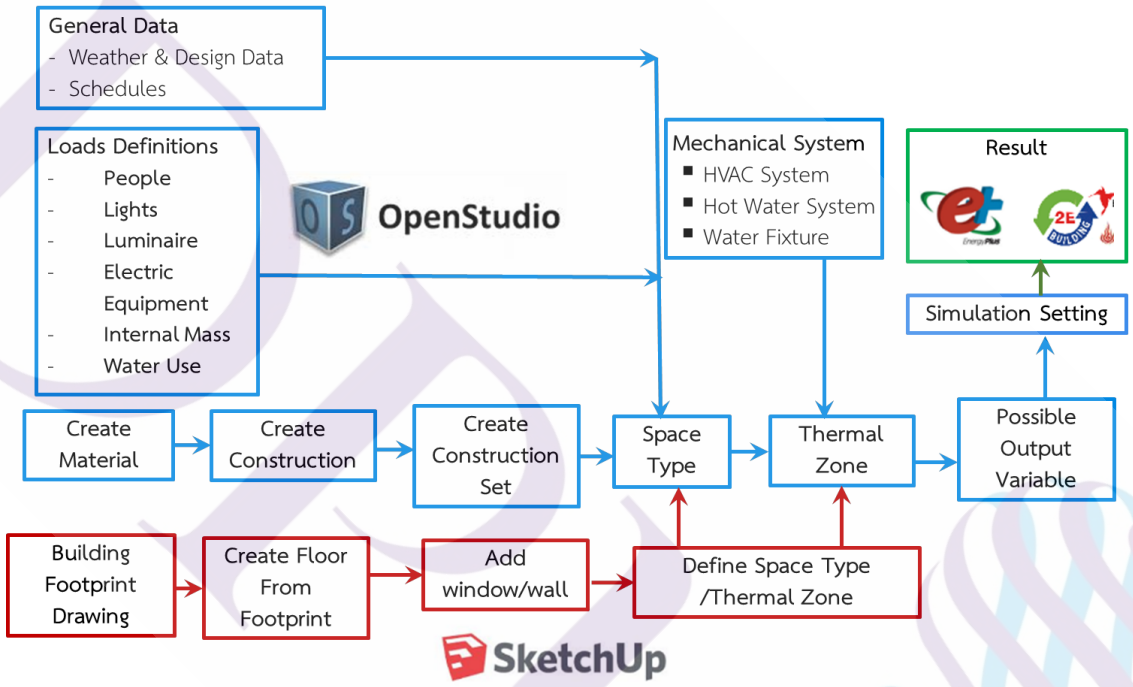
ภาพที่ 2.16 แผนผังการติดตั้ง Solar PV กับ Energy Storage

ที่มา: http://www.2e-building.com/

2.9 แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

BESM หรือ Building Energy Simulation Model แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารประเภทต่าง ๆ โดยมีการทางานร่วมกันของ 3 โปรแกรม ได้แก่ SketchUp, Open Studio Thai Edition และ EnergyPlus ดังแสดงตามภาพที่ 2.16 โดยผู้ใช้งานต้องมีการสร้างกรอบอาคารของอาคารที่ต้องการประเมินการใช้พลังงานและแบ่งพื้นที่ตามรูปแบบการใช้งานจาก

โปรแกรม SketchUp จากนั้นจึงใส่ฐานข้อมูลรายละเอียดของอาคารลงในโปรแกรม Open Studio Thai Edition เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร โดยอ้างอิงกับกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 (BEC : Building Energy Code) หรือ EnergyPlus ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรีที่สร้างและเผยแพร่โดยรัฐบาลและกระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา ตามความต้องการของผู้ใช้



ภาพที่ 2.17 ลำดับการทำงานของโปรแกรม BESM

ที่มา: http://dede-peecb.bright-ce.com/

2.9.1 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง Building Energy Simulation Model (BESM)

แบบจำลอง Building Energy Simulation Model (BESM) แบ่งขั้นตอนทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำงานบนโปรแกรม SketchUp และส่วนที่ทำงานบนโปรแกรม OpenStudio ดังนี้

- ส่วนที่ 1 การสร้างแบบจำลองจาก OpenStudio SketchUp Plug-in เป็นการสร้างรูปแบบของกรอบอาคาร โดยกำหนดประเภทของอาคาร, ลักษณะภูมิอากาศ (Weather Data), พื้นที่ใช้งาน

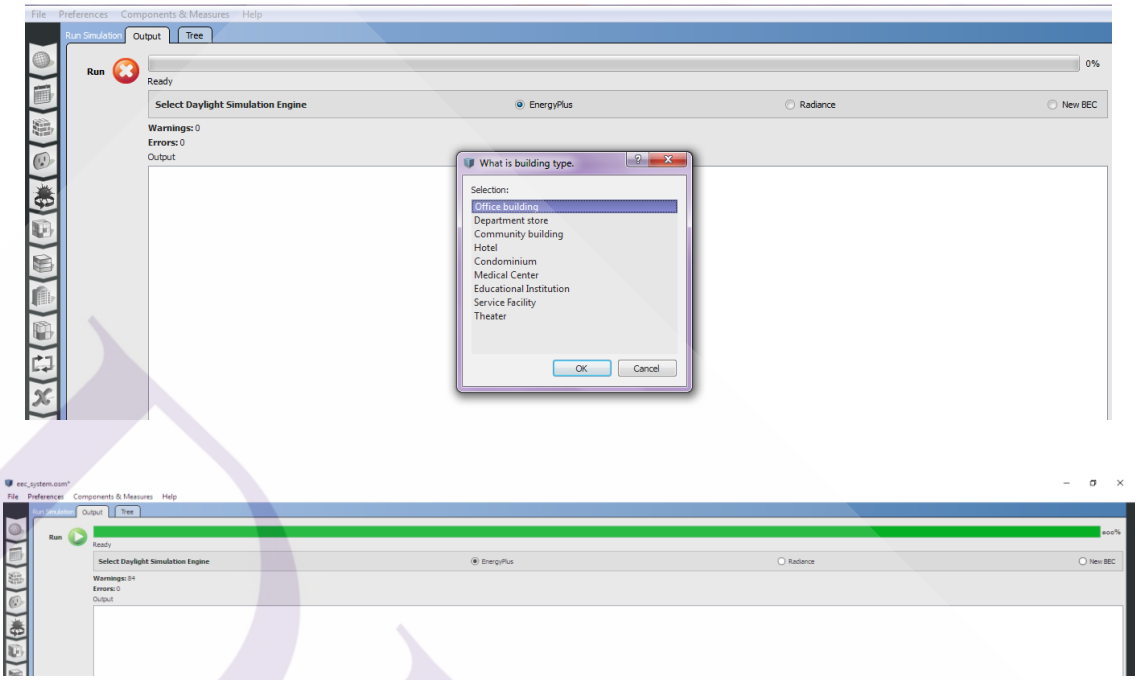
(Space Types), โซนอุณหภูมิ (Thermal Zone) ซึ่งข้อมูลของแบบจำลองจะเชื่อมโยงกับส่วน OpenStudio Application

- ส่วนที่ 2 กรอกฐานข้อมูลอาคารใน OpenStudio Application ภายหลังจากสร้างแบบจำลองอาคาร แบบจำลองอาคารที่สร้างขึ้นใน OpenStudio SketchUp Plug-in จะถูกความร้อนเข้าสู่ OpenStudio Application เพื่อให้ ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลรายละเอียดของอาคารได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของที่ตั้งอาคาร (Site), รายละเอียดตารางเวลาการทางาน (Schedules), โครงสร้างวัสดุสาหรับกรอบอาคาร (Constructions), ภาระความร้อน (Loads), พลังงานทดแทน (Renewable Energy), ประเภทของพื้นที่ใช้งาน (Space Types), Building Stories, ข้อมูลรวมของอาคาร (Facility), โซนอุณหภูมิ (Thermal Zone), ข้อมูลระบบปรับอากาศ (HVAC System), การตั้งค่าการแสดงผล (Output Variables), การตั้งค่าการประมวลผล (Simulation Settings) จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร

2.9.2 การประมวลผลสมรรถนะและรานงานผลด้านพลังงานของอาคาร

สำหรับการประมวลผลสมรรถนะด้านพลังงาน ผู้ใช้ต้องทำการเลือกวิธีการ Simulation เพื่อดูผลการประเมินพลังงานรวมของอาคาร โดยผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการประมวลผลได้ 2 ทางเลือก คือ BEC (Building Energy Code) หรือ Energy Plus โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้เลือกประเภทอาคารให้ผู้ใช้เลือกประเภทของอาคาร ดังนี้

- สำนักงาน (Office building)
- ห้องสรรพสินค้า (Department store)
- อาคารชุมชน (Community building)
- โรงแรม (Hotel)
- อาคารอยู่อาศัยรวม (Condominium)
- โรงพยาบาล, ศูนย์การแพทย์ (Medical Center)
- สถานศึกษา (Educational Institution)
- อาคารโรงงาน (Service Facility)
- โรงมหรสพ (Theater)

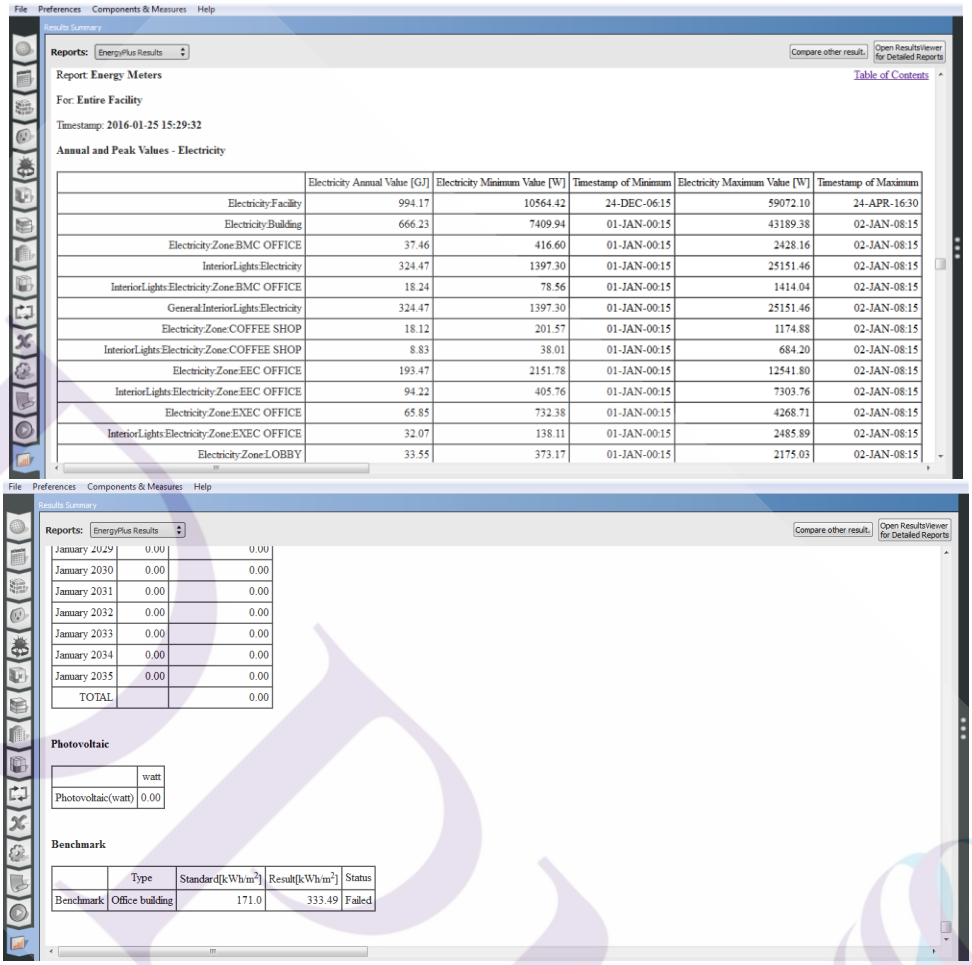


ภาพที่ 2.18 ทางเลือกสำหรับรูปแบบการประมวลผล

ที่มา: http://dede-peecb.bright-ce.com/

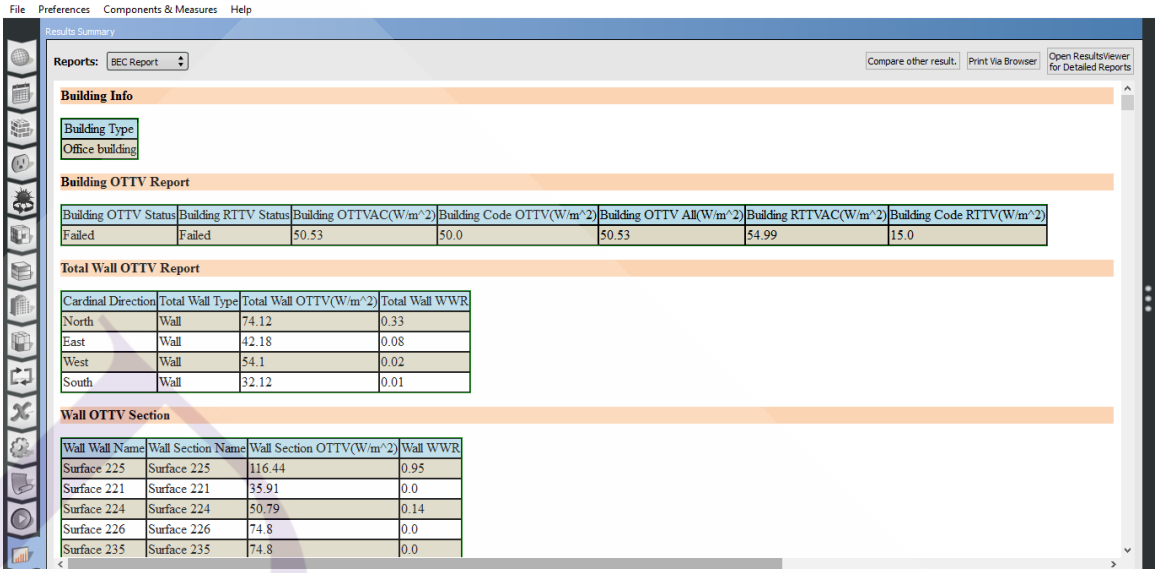
เมื่อผู้ใช้ทำการ Run Simulation แล้วจะปรากฏผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารผู้ใช้สามารถดูรายงานผลจากการคำนวณแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) จากข้อมูลภูมิอากาศ, ตารางเวลาการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ, กรอบอาคาร, ระบบปรับอากาศ, ความร้อนประเภทต่าง ๆ ภายในอาคาร, พลังงานทดแทน ฯลฯ ที่กรอกลงในโปรแกรม โดยแสดงผลเป็นรายเดือน แยกสัดส่วนการใช้พลังงานรายระบบดังนี้

Heating, Cooling, Interior Lighting, Exterior Lighting, Interior Equipment, Exterior Equipment, Fan, Pumps, Heat Rejection, Humidification, Heat Recovery Water Systems และ Refrigeration



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบการประมวลของ EnergyPlus

ที่มา: http://dede-peecb.bright-ce.com/



ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบการประมวลของ BEC

ที่มา: http://dede-peecb.bright-ce.com/

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายอภิชิต กมลสันติสุข (2554) ได้ทำการศึกษานวัตกรรมการออกแบบและก่อสร้างบ้านลอยน้ำ โดยจากการวิเคราะห์และคัดเลือกตัวแปรในด้านรูปทรงที่มีระยะจุดศูนย์ถ่วงที่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของระยะความสูงทั้งหมดของอาคาร การวางผังอาคารที่เน้นการรับน้ำหนักที่แนวกลางอาคาร ระยะจุดศูนย์ถ่วงเท่ากับ 1.14 เมตร ในขณะที่บ้านพักอาศัยทั่วไประยะจุดศูนย์ถ่วงเท่ากับ 1.5 เมตร กรณีความสูงอาคารเท่ากันคือ 3 เมตร ด้านการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้าง มีน้ำหนักเบาเพียง 16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เคลื่อนย้ายได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง สามารถก่อสร้างได้โดยใช้แรงงานประมาณ 4-6 คน ทำให้ก่อสร้างได้เร็ว สามารถแก้ไขปัญหาขาดแคลนที่อยู่อาศัยได้ทันที และพบว่าระบบผนัง EIFS (จากโฟม EPS) เหมาะสมที่สุดในการทำวัสดุทุ่นลอย ผนัง และหลังคา ในด้านการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานสะอาด 2 ระบบ คือ แผงโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้ารวม 2400 วัตต์ ใช้เวลา 5.19 ชั่วโมงในการชาร์จไฟฟ้า เก็บไว้ในแบตเตอรี่ และมีระบบแปลงไฟฟ้ากระแสตรง เป็น 220 V เพื่อรองรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นในการอยู่อาศัย

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2550) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย พบว่าผนังแผ่นซีเมนต์เสริมแรงประกับโฟม (Sandwich Insulated Panel หรือ SIP) ส่วนใหญ่สามารถรับแรงหรือน้ำหนักบรรทุกทางโครงสร้างได้สูงกว่าและมีราคาถูกกว่าผนังโลหะแผ่นเคลือบประกบโฟมที่ผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นทั่วไป จึงเหมาะที่จะนำมาประกอบเป็นผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม (SIP) และใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับอาคารพักอาศัยได้ดี และสามารถออกแบบให้มีกำลังวัสดุ หรือมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ หรือเหมาะสมกับระบบโครงสร้างและการก่อสร้างอาคาร เช่น อาจใช้เป็นผนังชนิดไม่รับน้ำหนักหุ้มอยู่ภายนอกโครงสร้าง หรือใช้เป็นผนังที่มีฉนวนโฟมบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างโครงเหล็กก็ได้ ฯลฯ ในกลุ่มวัสดุแผ่นซีเมนต์เสริมแรงนั้น ปัจจุบันกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ (Fiber cement board) มีอุตสาหกรรมรองรับที่ดี มีโรงงานผลิตแข่งขันกันหลายรายจึงเป็นวัสดุที่ราคาไม่แพง และมีคุณสมบัติใช้เป็นผนังภายนอกได้ดี มีความหนาหลายขนาด และมีวัสดุในกลุ่มเดียวกันที่สามารถใช้แทนกันได้ ตามชั้นคุณภาพและราคาที่ผู้ออกแบบหรือลูกค้าต้องการ อีกทั้งผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้วัสดุในท้องตลาดที่ผลิตในประเทศไทย หรือนำเข้าจากต่างประเทศได้โดยสะดวก จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ประกอบเป็นผนังสำเร็จรูป (SIP) เพื่อใช้สำหรับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย แทนผนังเหล็กแผ่นเคลือบสีประกบโฟมที่ผลิตและจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน

ผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบประกบโฟมที่มีความหนารวมเพียง 10 เซนติเมตร ใช้วัสดุแผ่นภายนอกที่หนา 10 มิลลิเมตร และใช้โฟม EPS หรือ PU ความหนาแน่น 2 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต มีกำลังสูงมากเกินพอที่จะใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีความสูงปกติ (1-3 ชั้น) คือสามารถรับแรงต่างๆ ทางโครงสร้างได้โดยปลอดภัย และจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการคำนวณของวิศวกรโครงสร้างเพิ่มเติมพบว่าถ้าลดความหนาของวัสดุแผ่นภายนอกให้เหลือความหนาเพียง 6 มิลลิเมตร หรือลดเนื้อโฟมลงประมาณร้อยละ 30 แผ่นผนังกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบประกบโฟมดังกล่าวยังคงมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยที่มีความสูง 1-2 ชั้นได้ ถึงแม้จะมีกำลังวัสดุลดลงไปบ้าง

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2558) ได้ศึกษาแนวทางพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย ผลจากการศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมพบว่า โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่เป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทยได้แก่โปรแกรม BEC Ecotect และ VisualDOE โดยใช้ในการประเมินอาคารประเภทสำนักงานเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ทราบการใช้พลังงานรวมของอาคาร ใช้ในการประเมินแนวทางการออกแบบต่างๆ รวมทั้งประเมินอาคารตามกฎหมายควบคุมอาคาร

ทั้งนี้โปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นนั้นควรมีความเชื่อมโยงกับโปรแกรมสองมิติหรือสามมิติที่มีอยู่แล้ว เพื่อไม่ให้ผู้ออกแบบทำงานซ้ำซ้อน ใช้งานง่านแต่มีความแม่นยำในการคำนวณ มีฐานข้อมูลของวัสดุงาน ระบบและภูมิอากาศของประเทศไทย อีกทั้งควรมีการดูแลบำรุงรักษาโปรแกรมที่จะพัฒนานี้อย่างต่อเนื่องในอนาคต จากผลการศึกษานี้ แนวทางการพัฒนาโปรแกรมที่มีอยู่แล้วได้รับเลือกว่าเหมาะสมกับความต้องการ เวลา และงบประมาณ ในที่นี้เลือกพัฒนาโปรแกรม OpenStudio ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในการคำนวณการใช้พลังงานของอาคารที่สร้างด้วยโปรแกรม SketchUP ให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยและพัฒนาให้สามารถคำนวณค่าต่างๆ ตามกฎหมายพลังงานได้ด้วยโดยผู้ใช้ไม่ต้องกรอกข้อมูลใหม่ซึ่งพบว่าสามารถคำนวณตามโปรแกรม BEC หรือ EnergyPlus ได้ด้วย

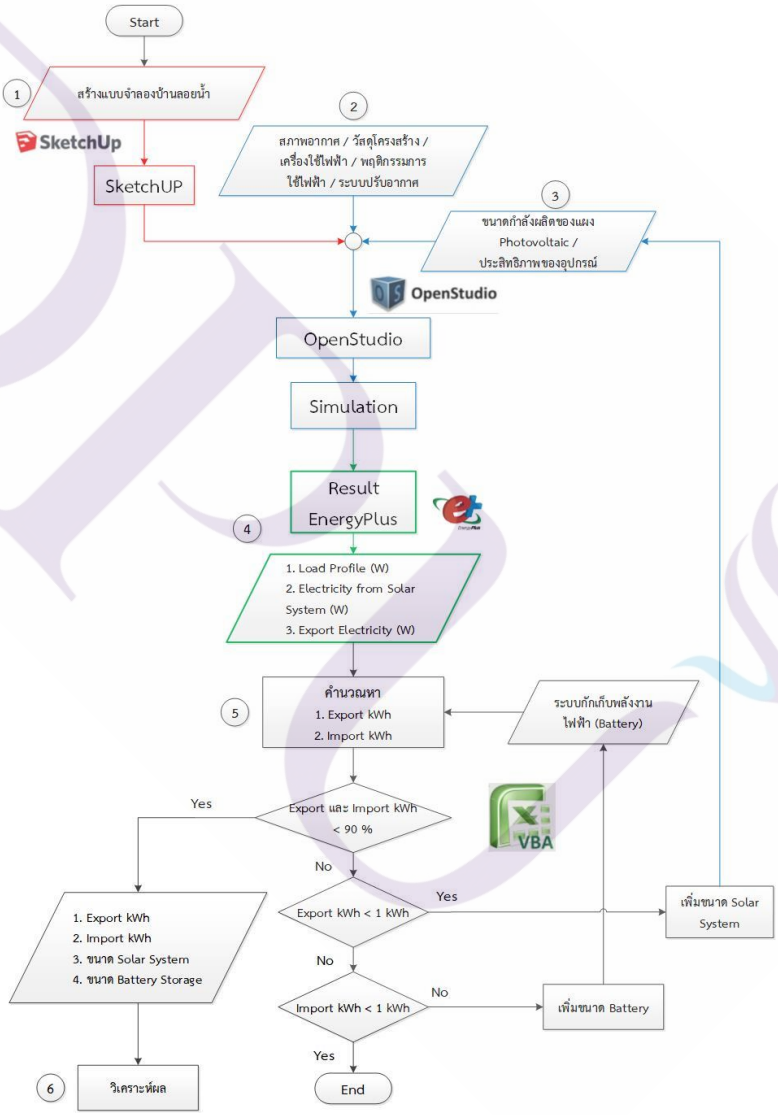
ธีระภัทร์ แมนมิตร (2558) ได้ศึกษาระบบกับเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับผู้ใช้ไฟที่มีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน โดยการพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณขนาดระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสม ผู้วิจัยเลือกใช้กระบวนการพันธุศาสตร์ผ่านทางโปรแกรม Matlab ซึ่งผู้ที่ใช้โปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในแต่ละกรณี ในงานวิจัยนี้ได้ทำกรณีศึกษาผู้ใช้ไฟกลุ่มการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 250 kWp ผลการคำนวณ แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้ไฟที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีการนำแบตเตอรี่เข้ามาบริหารจัดการพลังงาน เพื่อควบคุมปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ผู้ใช้ไฟจะได้รับผลตอบแทนทางการเงินที่มากขึ้นจากค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือนเมื่อเทียบกับกรณีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ได้ผลสรุปว่าผลงานวิจัยของนักวิจัยหลายๆท่านนั้นที่ได้ทำการวิจัยมาแล้ว เป็นการวิจัยที่มีเนื้อหาที่น่าสนใจ และน่าจะนำไปพัฒนาและต่อยอดได้ ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่าแนวคิดการสร้างบ้านลอยน้ำเพื่อบรรเทาเหตุการณ์อุทกภัยที่ซ้ำซ้อนทุกๆ ปีเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่น่าสนใจและควรจะได้รับการสนับสนุนและพัฒนาเพื่อใช้งานได้จริงในอนาคต โดยเฉพาะหากนำระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งเพื่อเป็นแหล่งพลังงานภายในบ้าน ยามเมื่อเกิดเหตุที่ระบบไฟฟ้าถูกตัดขาดจากการระบบไฟฟ้าภายนอก นอกจากนั้นวัสดุที่สามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างของบ้านลอยน้ำก็ได้รับการวิจัยและพัฒนาให้มีน้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงมั่นคง และยังเป็นวัสดุที่ค่าความนำความร้อนต่ำทำให้ลดภาระการทำความเย็นภายในบ้านหรืออาคารได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำแนวคิดนี้ไปพัฒนาหรือหาวิธีการส่งเสริม พัฒนาในรูปแบบใหม่ๆ ที่น่าสนใจโดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จึงพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่สามารถสร้าง

แบบจำลองเป็นสามมิติพร้อมจำลองสภาพอากาศบริเวณที่ตั้งอาคารได้ นั้นคือโปรแกรม OpenStudio ที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลแบบสามมิติจากโปรแกรม SketchUP และสามารถคำนวณค่าพลังงานต่างๆ ตามโปรแกรม BEC หรือ EnergyPlus ได้ ซึ่งต่อมาได้รับการพัฒนาการทำงานร่วมกันทั้ง 3 โปรแกรม รวมเรียกว่า Building Energy Simulation Model อีกทั้งยังสามารถจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารได้ด้วย ผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองนี้ในการสร้างแบบจำลองบ้านลอยน้ำต้นแบบ และการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานที่เพียงพอกับการอยู่อาศัยในบ้านร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้ เพียงแต่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อาจไม่ทำให้การจำลองใช้พลังงานในบ้านลอยน้ำต้นแบบเพียงพอต่อการใช้พลังงานตลอดทั้งวันหากระบบไฟฟ้าของบ้านลอยน้ำถูกตัดขาดจริงๆ เนื่องจากระบบดังกล่าวผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉพาะในตอนกลางวัน ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดจะประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวและนำระบบกักเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่เข้ามาคำนวณและวิเคราะห์ร่วมด้วย โดยหาขนาดที่เหมาะสมของการทำงานร่วมกันของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบกักเก็บพลังงานเพื่อให้การจำลองการใช้พลังงานภายในบ้านลอยน้ำ ไม่ต้องพึ่งพิงพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกโดยสมบูรณ์ตลอดทั้งวัน

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ เรื่องศึกษาการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ มีวิธีการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูลตามดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 แผนผังการทำงาน (Work Flowchart) สำหรับการคำนวณหาขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery)

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

สามารถอธิบายการดำเนินงานวิจัยได้ตามภาพที่ 3.1 ได้ดังนี้

3.1.1 การสร้างแบบจำลองบ้านลอยน้ำต้นแบบ โดยนำแบบแปลนบ้านลอยน้ำต้นแบบไปสร้างในโปรแกรม SketchUP ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับสร้างกรอบอาคารของอาคารที่ต้องการประเมินการใช้พลังงานตามรูปแบบของผู้ใช้งาน

3.1.2 ระบุข้อมูลโครงสร้าง สภาพอากาศ, ข้อมูลการไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ

3.1.2.1 คำนวณโครงสร้างวัสดุต่างๆ ที่สามารถให้ตัวบ้านลอยน้ำได้

3.1.2.2 ใส่ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ ในโปรแกรม OpenStudio ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับใส่ฐานข้อมูลและรายละเอียดของอาคารต่างๆ

3.1.3 ระบุข้อมูลขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผง Photovoltaic, ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของแผง Photovoltaic และ Grid Connected Inverter ในโปรแกรม OpenStudio

3.1.4 ทำการคำนวณหาค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ รอบ 1 ปี ในโปรแกรม EnergyPlus ได้แก่

3.1.4.1 การใช้พลังไฟฟ้า (Load Profile : W)

3.1.4.2 พลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Electricity from Solar PV Rooftop : W)

3.1.4.3 พลังไฟฟ้าที่จ่ายออกไปสู่ระบบไฟฟ้าภายนอก (Exported Electricity : W)

3.1.4.4 พลังไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Import Electricity : W)

3.1.5 การคำนวณหาขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery) ที่เหมาะสม

3.1.5.1 นำค่าพลังไฟฟ้าที่ได้จาก ข้อ 3.1.4 และระบุขนาดติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery : Wh) ไปคำนวณในโปรแกรม Excel Visual Basic โดยหลักการให้ค่าพลังงานไฟฟ้าจ่ายออกไปสู่ระบบไฟฟ้าภายนอก (Export Energy : kWh) เป็นพลังงานไฟฟ้าในการอัดประจุ Battery และให้ทำการคายประจุในช่วงค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Import Energy : kWh) เพื่อหาขนาด Battery ที่ทำให้ Imported Energy ลงลดจากระบบที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90

3.1.5.2 กำหนดให้ประสิทธิภาพการทำงานของ Battery ที่ร้อยละ 95 และให้มีการคายพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 4 ชั่วโมง

3.1.6 วิเคราะห์ขนาด Solar PV Rooftop และ Battery ที่เหมาะสมสำหรับบ้านลอยน้ำ จากผลการคำนวณตามข้อ 3.1.5

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.2.2 โปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.2.2.1 Microsoft Excel + Visual Basic (VBA)

3.2.2.2 SketchUp

3.2.2.3 OpenStudio

3.2.2.4 EnergyPlus

3.2.3 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์

3.2.3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยตัวอย่าง ใน พ.ศ. 2561 เลือกใช้ข้อมูลจากบ้านอยู่อาศัยของผู้ศึกษาเอง เนื่องจากสะดวกในการหาข้อมูลมีพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร และอยู่อาศัย 3 คน ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร (การไฟฟ้านครหลวง, 2562)

3.2.3.2 ข้อมูลวัสดุโครงการบ้านพักอาศัยตัวอย่าง

3.2.3.3 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เลือกข้อมูลในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากโปรแกรม OpenStudio มีฐานข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดอุบลราชธานีอยู่แล้ว ประกอบกับผู้วิจัยสามารถติดต่อขอข้อมูลการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าวได้ ซึ่งเป็นโครงการที่จำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว กำลังการผลิตติดตั้ง 7.6 เมกะวัตต์ ระยะเวลา 4 ปี พ.ศ. 2557 – 2560 (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561)

3.2.3.4 ข้อมูลอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่าง

3.2.3.5 ข้อมูลวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบ้านลอยน้ำ

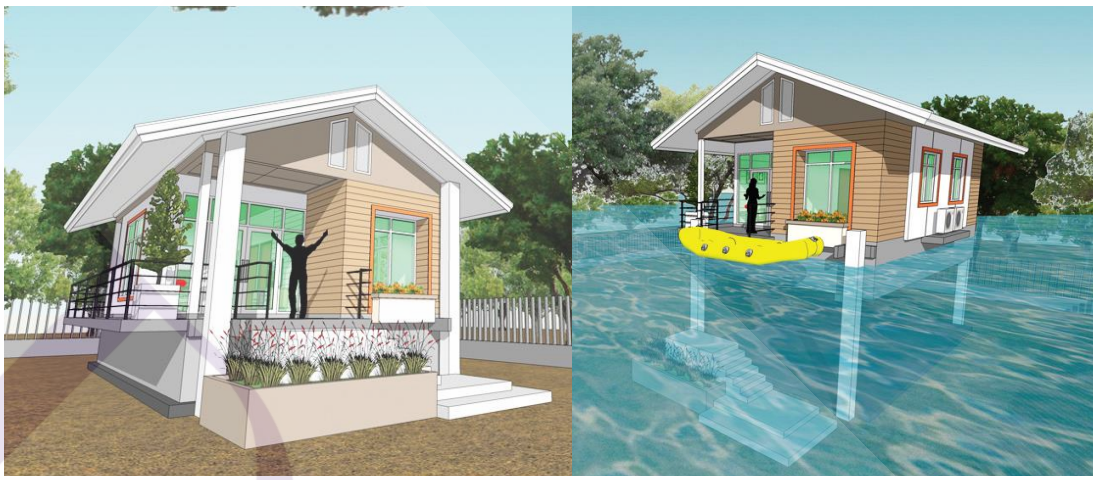
3.2.3.6 ข้อมูลแบบแปลนบ้านลอยน้ำต้นแบบ

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการสอบเทียบ

3.3.1 นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและศึกษามาจัดเตรียมก่อนนำไปใช้วิเคราะห์

จากการศึกษางานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง สำหรับต้นแบบบ้านลอยน้ำที่นำมาใช้ในการงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ต้นแบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมืองตามภาพที่ 3.2 และวัสดุผนังบ้านลอยน้ำจากแผ่นซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ (Fiber cement board) ประกบโฟม Expanded

Polystyrene Foam (EPS) และหลังคาเป็นแผ่นเมทัลชีส ประกบโฟม EPS สำหรับวัสดุผนังโปร่งแสงใช้กระจกสีเขียว



ภาพที่ 3.2 ต้นแบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554)

3.3.2 การสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านตัวอย่างในโปรแกรมกับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจริง ดังนี้

3.3.2.1 นำแบบแปลนบ้านตัวอย่างไปจำลองในโปรแกรม SketchUP

3.3.2.2 นำข้อมูลโครงสร้างจากโปรแกรม SketchUP เข้าไปสู่โปรแกรม OpenStudio

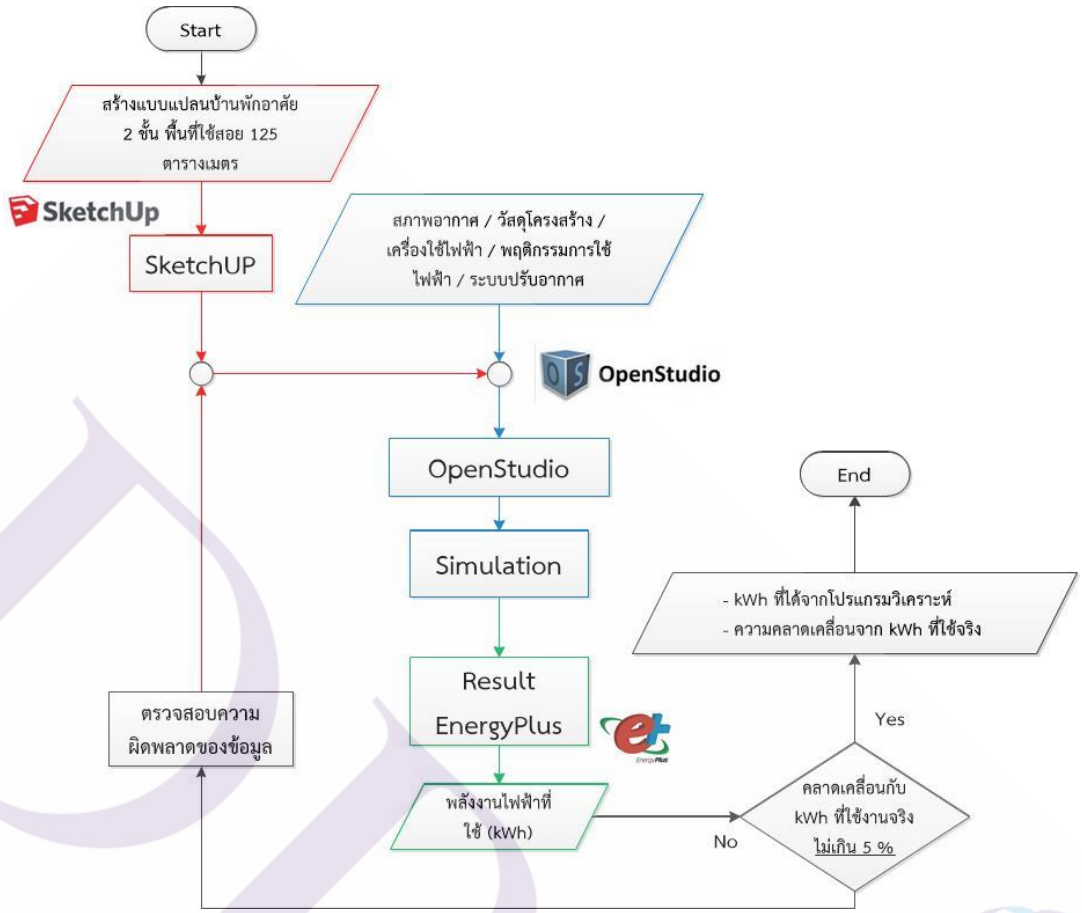
3.3.2.3 ระบุข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ (HVAC) ในโปรแกรม OpenStudio รายละเอียดตามตารางที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

3.3.2.4 ใช้โปรแกรม EnergyPlus ทำการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ในปี พ.ศ. 2561

3.3.2.5 นำค่าที่ได้จากแบบจำลองพลังงานมาเทียบเคียงกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ตามข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (kWh) ของตัวอย่างบ้านพักอาศัย ในปี 2561 ตามตารางที่ 3.3

3.3.2.6 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือไม่เกินร้อยละ 5

โดยสามารถจัดทำเป็นแผนผังการทำงาน (Work Flowchart) ตามภาพที่ 3.3 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.3 แผนผังการทำงานโปรแกรม (Work Flowchart) สำหรับการสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวัสดุโครงสร้างของบ้านพักอาศัย

รายการ	**วัสดุ**
ผนัง	อิฐมวลเบา
ฝ้าเพดาน	ยิบซั่ม
หลังคา	กระเบื้อง
พื้นชั้น 1	กระเบื้อง
พื้นชั้น 2	ลามิเนต

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

	พื้นที่	เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด (Watt)	จำนวน	ชม./วัน
ชั้น 1	ห้องรับแขก	หลอดไฟ L1	7	2	2
		หลอดไฟ L2	24	1	2
		หลอดไฟ L3	14	1	2
		TV 1	100	1	10
		พัดลม 1	46	1	11
		พัดลม 2	60	1	2
		ตู้เย็น	50	1	24
	ห้องครัว	หลอดไฟ L4	20	1	2
		หม้อหุงข้าว	600	1	3
		เครื่องซักผ้า	228	1	3*
		ปั๊มน้ำ	160	1	2
		เครื่องกรองน้ำ	28.8	1	1
		กาน้ำร้อน	700	1	0.5
		ไมโครเวฟ	700	1	0.1
	ห้องน้ำ	หลอดไฟ L1	7	2	3
		พัดลมดูดอากาศ	20	1	3
ชั้น 2	ห้องนอน 1	หลอดไฟ L1	7	2	2
		พัดลม 2	60	1	12
		TV 2	70	1	2
		เครื่องปรับอากาศ 12,430 BTU	1,020	1	4
	ห้องนอน 2	หลอดไฟ L1	7	2	4
		พัดลม 1	46	1	12
		Notebook	65	1	4
		ไดร์เป่าผม	1000	1	0.2
		เครื่องปรับอากาศ 12,430 BTU	1,020	1	4
	ทางเดิน	หลอดไฟ L1	7	3	2
	ห้องน้ำ	หลอดไฟ L1	7	2	3
		พัดลมดูดอากาศ	20	1	3

*เฉพาะ วันเสาร์ – อาทิตย์

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (kWh) รายเดือน ของตัวอย่างบ้านพักอาศัย ในปี 2561

เดือน	หน่วยไฟฟ้า (kWh)	เดือน	หน่วยไฟฟ้า (kWh)
มกราคม 2561	170	กรกฎาคม 2561	240
กุมภาพันธ์ 2561	185	สิงหาคม 2561	219
มีนาคม 2561	232	กันยายน 2561	209
เมษายน 2561	253	ตุลาคม 2561	259
พฤษภาคม 2561	243	พฤศจิกายน 2561	245
มิถุนายน 2561	241	ธันวาคม 2561	199
		รวม	2,695

3.3.3 การสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างในโปรแกรมกับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจริง ดังนี้

3.3.3.1 นำแบบแปลนพื้นที่ติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปจำลองในโปรแกรม SketchUP โดยตำแหน่งการติดตั้งแผง Photovoltaic หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

3.3.3.2 นำข้อมูลโครงสร้างจากโปรแกรม SketchUP เข้าไปสู่โปรแกรม OpenStudio

3.3.3.3 ใส่ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี, ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผง Photovoltaic, ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของแผง Photovoltaic และ Grid Connected Inverter ในโปรแกรม OpenStudio ดังนี้

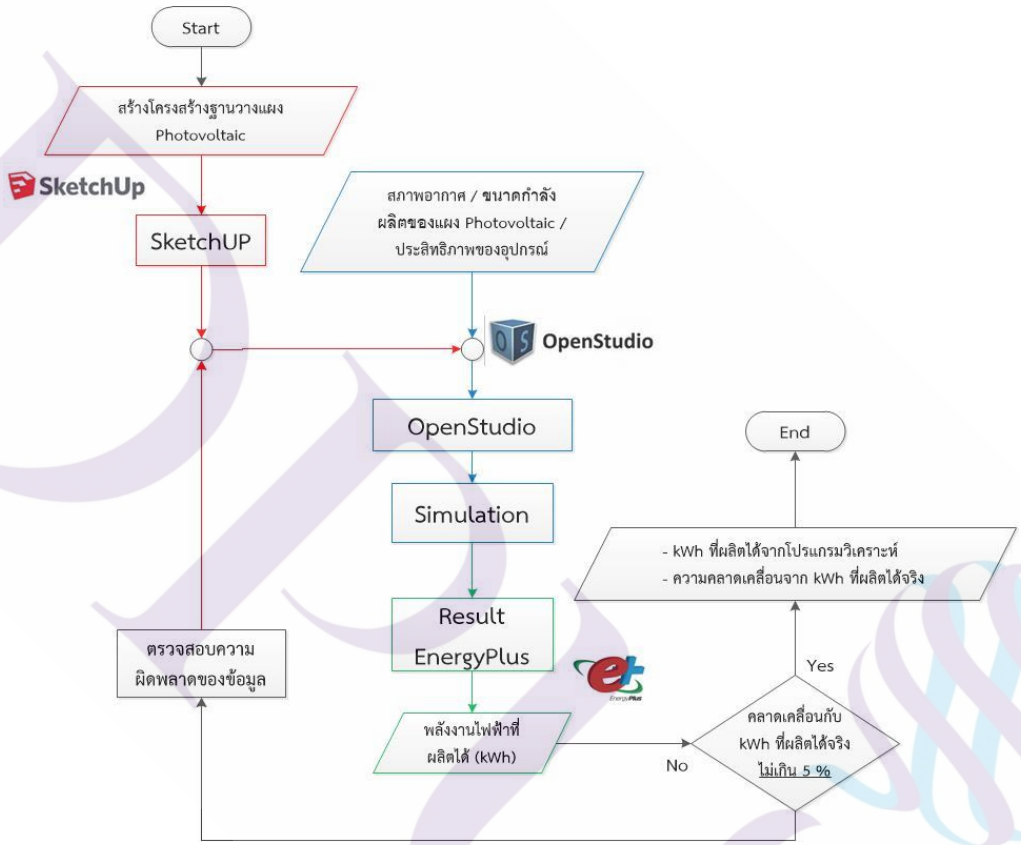
อุปกรณ์	ขนาด (W)	จำนวน	รวมขนาด (kW)	พื้นที่/แผง	พื้นที่ทั้งหมด	Efficiency (%)
แผง Photovoltaic	295	25,893	7,638.44	1.92 ตร.ม.	49,684 ตร.ม.	15.37
Grid Connected Inverter	680,000	9	6,120	-	-	98.7

3.3.3.4 ใช้โปรแกรม EnergyPlus ทำการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ในปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2560

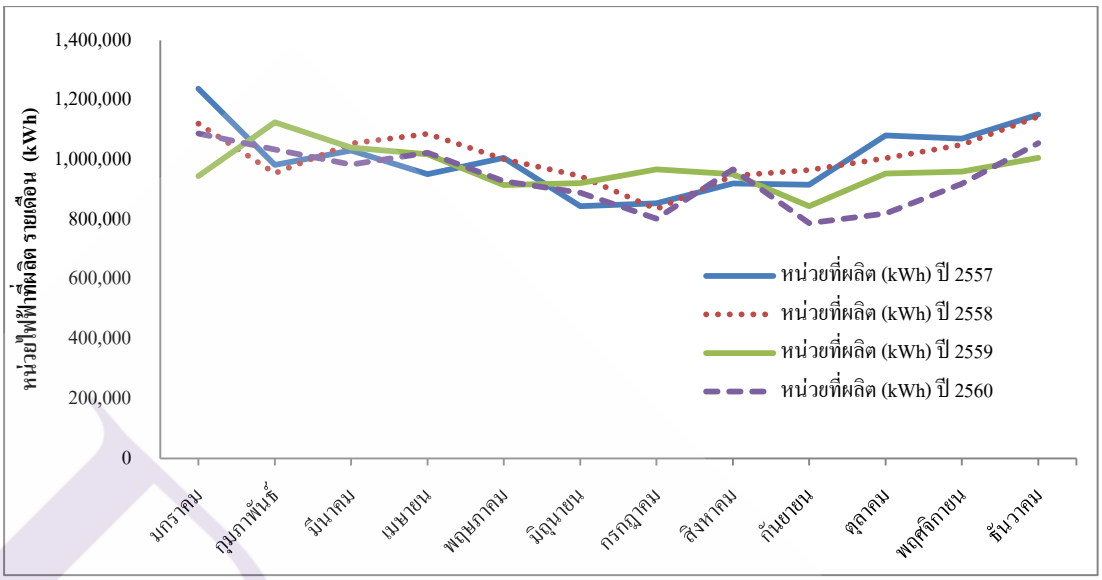
3.3.3.5 นำค่าที่ได้จากแบบจำลองพลังงาน มาเทียบเคียงกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) กับข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) ในพื้นที่ จังหวัดอุบลราชธานี ขนาด 7,638.44 W ปี พ.ศ. 2557 – 2560 ตามภาพที่ 3.5 และ 3.6

3.3.3.6 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือไม่เกินร้อยละ 5

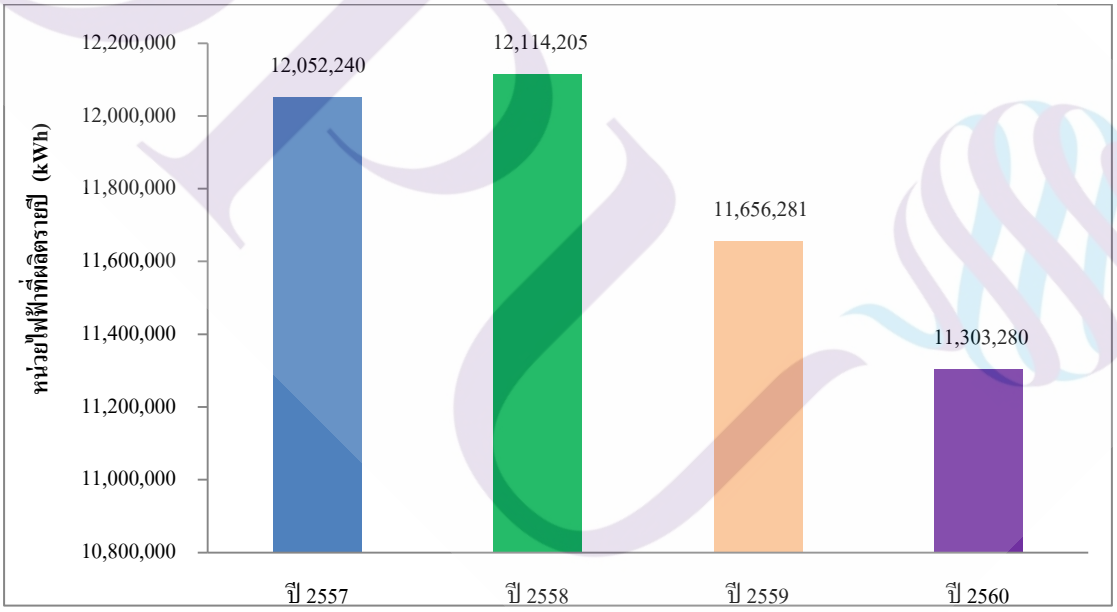
โดยสามารถจัดทำเป็นแผนผังการทำงาน (Work Flowchart) ตามภาพที่ 3.4 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.4 แผนผังการทำงานโปรแกรม (Work Flowchart) สำหรับการสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Farm) ตัวอย่าง



ภาพที่ 3.5 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) รายเดือน ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) ในพื้นที่ จังหวัดอุบลราชธานี ขนาด 7,638.44 W ปี พ.ศ. 2557 – 2560



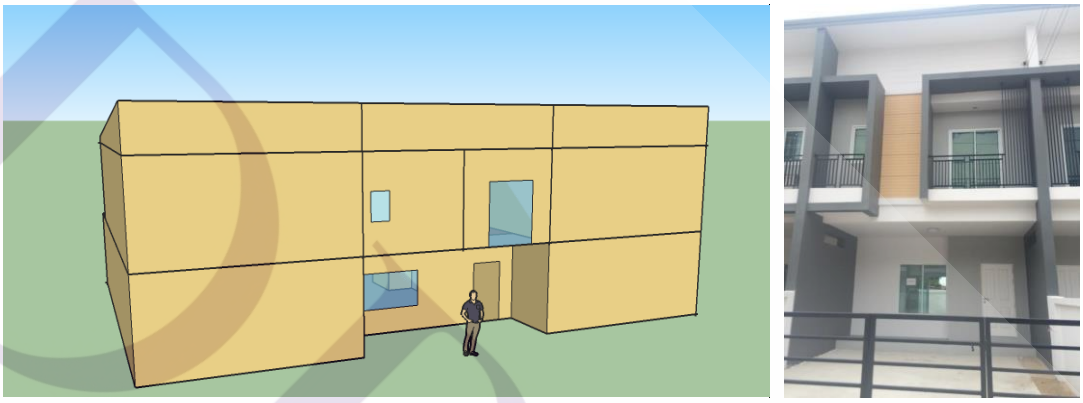
ภาพที่ 3.6 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า (kWh) รายปี ของโครงการพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ขนาด 7,638.44 W ปี 2557 – 2560

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ผลการสอบเทียบ

4.1.1 สอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านตัวอย่างกับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจริง

4.1.1.1 นำแบบแปลนบ้านตัวอย่างไปจำลองในโปรแกรม SketchUP ได้ตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 บ้านตัวอย่างจำลองในโปรแกรม SketchUP และภาพจริง

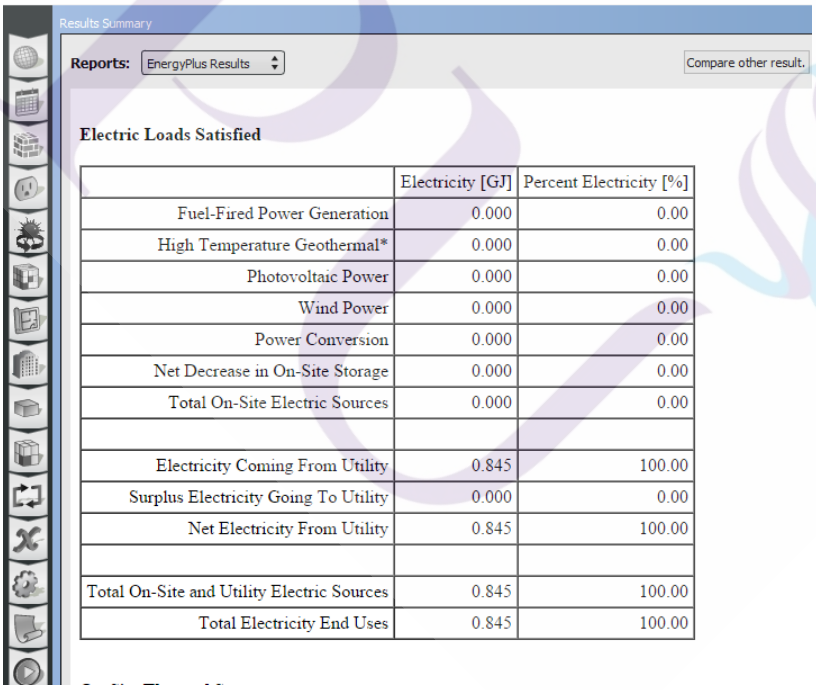
4.1.1.2 ใส่ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ ในโปรแกรม OpenStudio และคำนวณโดยโปรแกรม EnergyPlus สามารถเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) เทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ในปี 2561 ได้ผลตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จากแบบจำลองพลังงานเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ในปี 2561

ช่วงวัน (ตามบิลค่าไฟฟ้า)		kWh จริงตามบิลค่าไฟฟ้า	kWh จากโปรแกรม	% Error
7 ม.ค. 61	6 ก.พ. 61	170	221.11	30.07
7 ก.พ. 61	6 มี.ค. 61	185	202.22	9.31
7 มี.ค. 61	6 เม.ย. 61	232	245.28	5.72

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ช่วงวัน (ตามบิลค่าไฟฟ้า)		kWh จริงตามบิลค่าไฟฟ้า	kWh จากโปรแกรม	% Error
7 เม.ย. 61	6 พ.ค. 61	253	238.33	-5.80
7 พ.ค. 61	6 มิ.ย. 61	243	241.94	-0.43
7 มิ.ย. 61	6 ก.ค. 61	241	241.11	0.05
7 ก.ค. 61	6 ส.ค. 61	240	231.39	-3.59
7 ส.ค. 61	6 ก.ย. 61	219	230.56	5.28
7 ก.ย. 61	6 ต.ค. 61	209	221.39	5.93
7 ต.ค. 61	6 พ.ย. 61	259	232.50	-10.23
7 พ.ย. 61	6 ธ.ค. 61	245	218.89	-10.66
7 ธ.ค. 61	6 ม.ค. 62	199	217.78	9.44
รวม		2,695	2,742.50	1.76



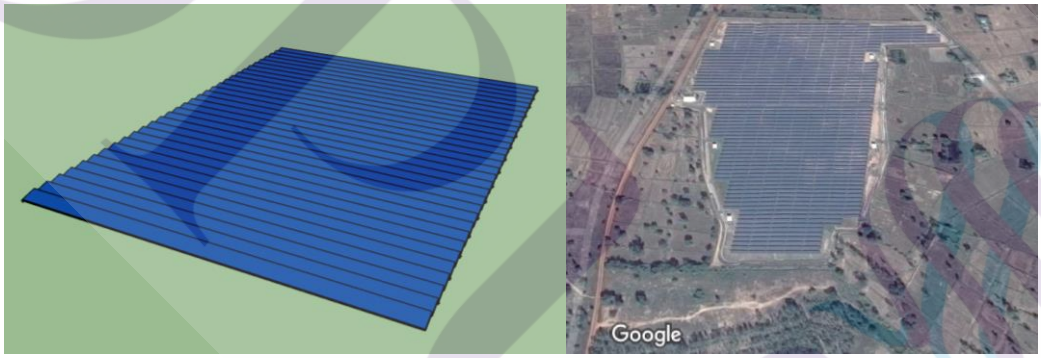
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างผลการคำนวณค่าพลังงานจากแบบจำลองพลังงาน

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ที่ได้จากการแบบจำลองพลังงานในการพิจารณาเป็นรายเดือนนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน กล่าวคือค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) แต่ละเดือนที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จริง แต่หากพิจารณาเป็นรายปี จะพบว่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ร้อยละ 1.76 เท่านั้น ซึ่งไม่เกินค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ร้อยละ 5 ดังนั้น การจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารโดยแบบจำลองพลังงานตามวิธีข้างต้นจึงถือว่ายอมรับได้ และควรพิจารณาเป็นรายปี จึงจะได้ค่าที่เชื่อถือได้

ทั้งนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากการหลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่นำไปใส่ในแบบจำลองพลังงานไม่ตรงกับค่าจริง สภาพอากาศภายนอกที่ใช้ในแบบจำลองพลังงานมีคลาดเคลื่อนจากสภาวะจริง เป็นต้น

4.1.2 การสอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างกับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจริง

4.1.2.1 นำแบบแปลนพื้นที่ติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ไปจำลองในโปรแกรม SketchUP ได้ตามภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างจำลองในโปรแกรม SketchUP และภาพจริง

4.1.2.2 ใส่ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี, ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผง Photovoltaic, ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของแผง Photovoltaic และ Grid Connected Inverter ในโปรแกรม OpenStudio สามารถเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) กับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar System) ได้ผลตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

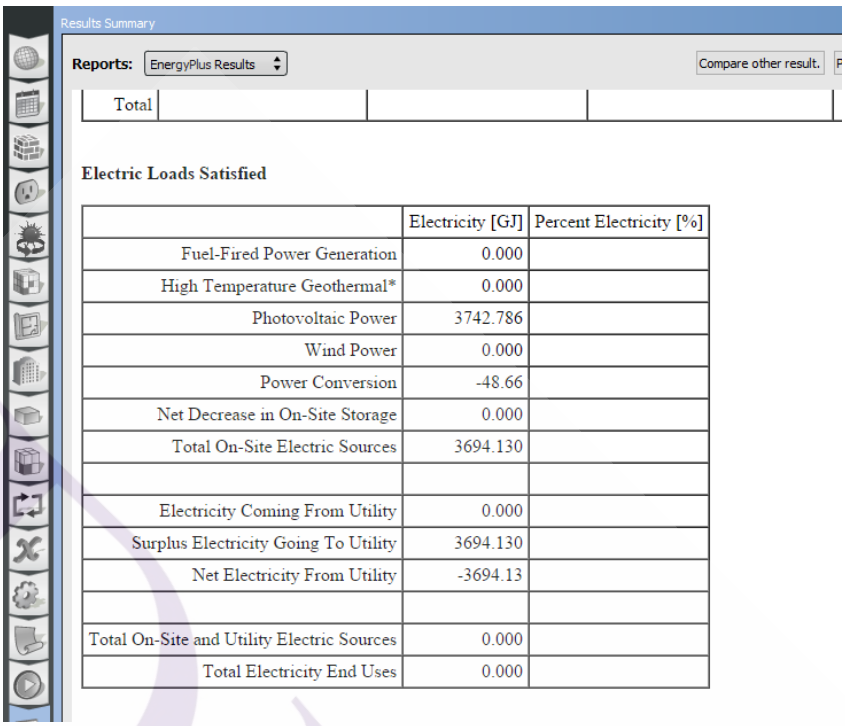
ตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จากแบบจำลองพลังงานเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (kWh) ที่ผลิตไฟฟ้าได้ ในปี พ.ศ. 2558 – 2560

ปี 2557			
เดือน	**kWh จริง**	**kWh จากแบบจำลองพลังงาน**	**% Error**
มกราคม	1,238,560	1,099,306	11.24
กุมภาพันธ์	982,960	997,306	1.46
มีนาคม	1,030,880	1,130,445	9.66
เมษายน	951,920	1,057,834	11.13
พฤษภาคม	1,006,720	1,010,917	0.42
มิถุนายน	844,560	944,251	11.80
กรกฎาคม	853,920	917,501	7.45
สิงหาคม	921,280	863,084	6.32
กันยายน	917,120	879,556	4.10
ตุลาคม	1,081,360	974,001	9.93
พฤศจิกายน	1,071,360	1,041,640	2.77
ธันวาคม	1,151,600	1,026,140	10.89
รวม	**12,052,240**	**11,941,982**	**0.91**

ปี 2558			
เดือน	**kWh จริง**	**kWh จากแบบจำลองพลังงาน**	**% Error**
มกราคม	1,121,280	1,099,306	1.96
กุมภาพันธ์	955,040	997,306	4.43
มีนาคม	1,054,640	1,130,445	7.19
เมษายน	1,087,280	1,057,834	2.71
พฤษภาคม	1,001,840	1,010,917	0.91
มิถุนายน	946,080	944,251	0.19
กรกฎาคม	834,960	917,501	9.89
สิงหาคม	946,205	863,084	8.78
กันยายน	966,400	879,556	8.99
ตุลาคม	1,005,760	974,001	3.16
พฤศจิกายน	1,050,240	1,041,640	0.82
ธันวาคม	1,144,480	1,026,140	10.34
รวม	**12,114,205**	**11,941,982**	**1.42**

ปี 2559			
เดือน	**kWh จริง**	**kWh จากแบบจำลองพลังงาน**	**% Error**
มกราคม	945,518	1,099,306	16.26
กุมภาพันธ์	1,126,080	997,306	11.44
มีนาคม	1,041,440	1,130,445	8.55
เมษายน	1,018,080	1,057,834	3.90
พฤษภาคม	915,760	1,010,917	10.39
มิถุนายน	921,702	944,251	2.45
กรกฎาคม	968,238	917,501	5.24
สิงหาคม	952,498	863,084	9.39
กันยายน	844,885	879,556	4.10
ตุลาคม	954,560	974,001	2.04
พฤศจิกายน	960,880	1,041,640	8.40
ธันวาคม	1,006,640	1,026,140	1.94
รวม	**11,656,281**	**11,941,982**	**2.45**

ปี 2560			
เดือน	**kWh จริง**	**kWh จากแบบจำลองพลังงาน**	**% Error**
มกราคม	1,088,160	1,099,306	1.02
กุมภาพันธ์	1,035,040	997,306	3.65
มีนาคม	984,400	1,130,445	14.84
เมษายน	1,024,080	1,057,834	3.30
พฤษภาคม	928,720	1,010,917	8.85
มิถุนายน	889,680	944,251	6.13
กรกฎาคม	802,720	917,501	14.30
สิงหาคม	968,400	863,084	10.88
กันยายน	787,440	879,556	11.70
ตุลาคม	819,680	974,001	18.83
พฤศจิกายน	919,520	1,041,640	13.28
ธันวาคม	1,055,440	1,026,140	2.78
รวม	**11,303,280**	**11,941,982**	**5.65**


Results Summary

Reports: EnergyPlus Results Compare other result.

Total			

Electric Loads Satisfied

	Electricity [GJ]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	
High Temperature Geothermal*	0.000	
Photovoltaic Power	3742.786	
Wind Power	0.000	
Power Conversion	-48.66	
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	
Total On-Site Electric Sources	3694.130	
Electricity Coming From Utility	0.000	
Surplus Electricity Going To Utility	3694.130	
Net Electricity From Utility	-3694.13	
Total On-Site and Utility Electric Sources	0.000	
Total Electricity End Uses	0.000	

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างผลการคำนวณค่าพลังงานจากแบบจำลองพลังงาน

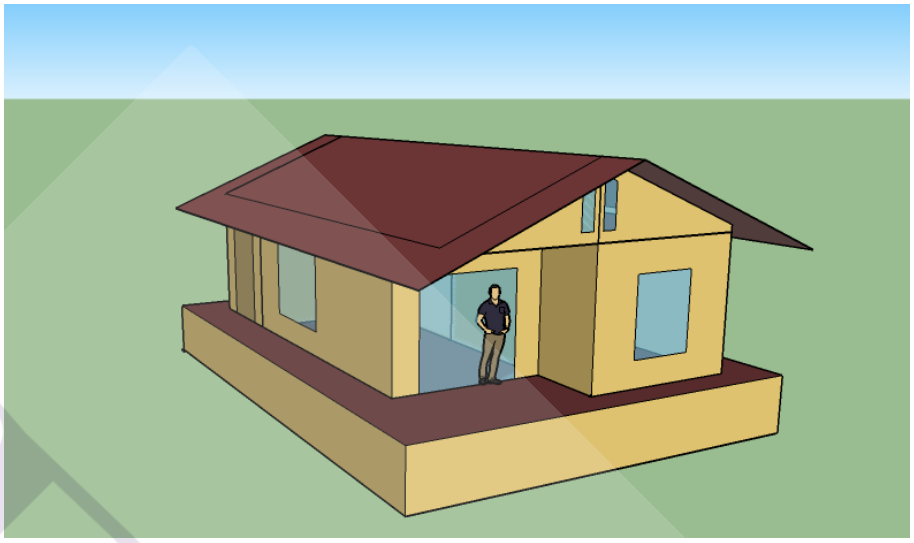
จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ที่ได้จากแบบจำลองพลังงานในการพิจารณาเป็นรายเดือนนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน กล่าวคือค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) แต่ละเดือนที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จริง แต่หากพิจารณาเป็นรายปี จะพบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2557 – 2560 เท่ากับ ร้อยละ 2.61 เท่านั้น ซึ่งไม่เกินค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ร้อยละ 5 ดังนั้น การจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรมตามวิธีข้างต้นจึงถือว่ายอมรับได้ และควรพิจารณาเป็นรายปี จึงจะได้ค่าที่เชื่อถือได้

ทั้งนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากสภาพอากาศภายนอกที่ใช้ในแบบจำลองพลังงานมีคลาดเคลื่อนจากสภาวะจริง และข้อมูลต่างๆ ที่ระบุในโปรแกรมไม่ตรงกับค่าจริง เป็นต้น

4.2 ผลการศึกษาและวิเคราะห์

4.2.1 การสร้างแบบจำลองบ้านลอยน้ำต้นแบบ

4.2.1.1 นำแบบแปลนบ้านลอยน้ำต้นแบบสร้างในโปรแกรม SketchUP ได้ตามภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 บ้านลอยน้ำจำลองในโปรแกรม SketchUP

4.2.1.2 คำนวณโครงสร้างวัสดุต่างๆ ของบ้านลอยน้ำได้ตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 การคำนวณหาน้ำหนักของตัวบ้านลอยน้ำ

ห้อง	พื้นที่	วัสดุ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หนา (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)
ฐาน		โฟม EPS	29	87.36	1.1	96.096	
	ฐานราก	คอนกรีต 3 cm	2,400	87.36	0.030	2.621	6,289.92
ห้องนอน 1	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	37.50	0.006	0.225	270.00
		โฟม EPS 88 mm	29	37.50	0.088	3.300	95.70
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	37.50	0.006	0.225	270.00
		หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 mm	2,500	3.00	0.006	0.018	45.00
	พื้น	กระเบื้องยาง 3 mm	1,900	13.50	0.003	0.041	76.95
	เพดาน	แผ่นยิบซั่ม	775	13.50	0.009	0.122	94.16
ห้องนอน 2	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.90	0.006	0.041	49.68

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ห้อง	พื้นที่	วัสดุ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หนา (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)
		โฟม EPS 88 mm	29	6.90	0.088	0.607	17.61
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.90	0.006	0.041	49.68
		หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 mm	2,500	1.20	0.006	0.007	18.00
	พื้น	กระเบื้องยาง 3 mm	1,900	9.00	0.003	0.027	51.30
		คอนกรีต 2 cm	2,400	9.00	0.020	0.180	432.00
	เพดาน	แผ่นยิบซั่ม	775	9.00	0.009	0.081	62.78
ห้องน้ำ	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	12.24	0.006	0.073	88.13
		โฟม EPS 88 mm	29	12.24	0.088	1.077	31.24
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	12.24	0.006	0.073	88.13
		หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 mm	2,500	0.45	0.006	0.003	6.75
	พื้น	กระเบื้องคัมพานา 3 mm	2,065	5.50	0.003	0.017	34.07
		คอนกรีต 2 cm	2,400	5.50	0.020	0.110	264.00
	เพดาน	แผ่นยิบซั่ม	775	5.50	0.009	0.050	38.36
ห้องครัว	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	11.22	0.006	0.067	80.78
		โฟม EPS 88 mm	29	11.22	0.088	0.987	28.63
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	11.22	0.006	0.067	80.78
		หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 mm	2,500	1.65	0.006	0.010	24.75
		ประตู Fiberglass	24	2.52	0.050	0.126	3.02
	พื้น	กระเบื้องยาง 3 mm	1,900	7.70	0.003	0.023	43.89
		คอนกรีต 2 cm	2,400	7.70	0.020	0.154	369.60
	เพดาน	แผ่นยิบซั่ม	775	7.70	0.009	0.069	53.71
ห้องรับแขก	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	17.10	0.006	0.103	123.12
		โฟม EPS 88 mm	29	17.10	0.088	1.505	43.64
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	17.10	0.006	0.103	123.12
		หน้าต่างกระจกสีเขียว 6 mm	2,500	3.04	0.006	0.018	45.60
		ประตู กระจกสีเขียว 6 mm	2,500	4.16	0.006	0.025	62.40
	พื้น	กระเบื้องยาง 3 mm	1,900	18.00	0.003	0.054	102.60
		คอนกรีต 2 cm	2,400	18.00	0.020	0.360	864.00
	เพดาน	แผ่นยิบซั่ม	775	18.00	0.009	0.162	125.55
หลังคา	หลังคาด้านนอก	metal sheet 0.5 mm	2,672	99.54	0.001	0.050	132.99
		โฟม EPS 50 mm	29	99.54	0.050	4.977	144.33
		metal sheet 0.5 mm	2,672	99.54	0.001	0.050	132.99

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ห้อง	พื้นที่	วัสดุ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หนา (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)
	ผนังด้านนอก	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	11.12	0.006	0.067	80.06
		โฟม EPS 88 mm	29	11.12	0.088	0.979	28.38
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	11.12	0.006	0.067	80.06
		หน้าต่างทึบ 5 mm	25	0.84	0.050	0.042	1.05
	พื้น	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	58.20	0.006	0.349	419.04
		โฟม EPS 88 mm	29	58.20	0.088	5.122	148.53
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	58.20	0.006	0.349	419.04
	ผนังด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	13.58	0.006	0.081	97.78
		โฟม EPS 88 mm	29	13.58	0.088	1.195	34.66
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	13.58	0.006	0.081	97.78
ห้องครัว - รับแขก	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		โฟม EPS 88 mm	29	6.50	0.088	0.572	16.59
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		ประตู Fiberglass	24	1.60	0.025	0.040	0.96
ห้องครัว – น้ำ	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	4.34	0.006	0.026	31.25
		โฟม EPS 88 mm	29	4.34	0.088	0.382	11.08
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	4.34	0.006	0.026	31.25
		ประตู Fiberglass	24	1.60	0.025	0.040	0.96
ห้องครัว-นอน 2	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	1.35	0.006	0.008	9.72
		โฟม EPS 88 mm	29	1.35	0.088	0.119	3.45
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	1.35	0.006	0.008	9.72
ห้องรับแขก - นอน 2	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		โฟม EPS 88 mm	29	6.50	0.088	0.572	16.59
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		ประตู Fiberglass	24	1.60	0.025	0.040	0.96

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ห้อง	พื้นที่	วัสดุ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	หนา (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)
ห้องรับแขก - นอน 1	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		โฟม EPS 88 mm	29	6.50	0.088	0.572	16.59
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.50	0.006	0.039	46.80
		ประตู Fiberglass	24	1.60	0.025	0.040	0.96
ห้อง	**พื้นที่**	**วัสดุ**	**ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**หนา (ม.)**	**ปริมาตร (ลบ.ม.)**	**น้ำหนัก (กก.)**
ห้องนอน 1 - นอน 2	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	8.10	0.006	0.049	58.32
		โฟม EPS 88 mm	29	8.10	0.088	0.713	20.67
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	8.10	0.006	0.049	58.32
ห้องน้ำ - นอน 2	ด้านใน	Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.75	0.006	0.041	48.60
		โฟม EPS 88 mm	29	6.75	0.088	0.594	17.23
		Fiber Cement Board 6 mm	1,200	6.75	0.006	0.041	48.60
Solar PV		ขนาด 330 Watt 12 แผง					252.00
รวม							13,947.93
- ราคาต้นทุนการก่อสร้างรวมประมาณ 346,500 บาท เมื่อคิดจากราคาประเมินที่ 6,300 ต่อตารางเมตร (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2554)							

คำนวณความหนาของฐาน (โฟม EPS) โดยคิดระยะจมไว้ที่ 30 % ดังนี้

ความหนาของฐาน (ม.) = (น้ำหนักจรมาตรฐานตามกฎกระทรวง + น้ำหนักรวมของโครงสร้าง) / (อัตราการรับน้ำหนัก x 0.3)

= ((87.36 x 150) + 13,947.93) / (971 x 87.36 x 0.3)

= 1.063 ม.

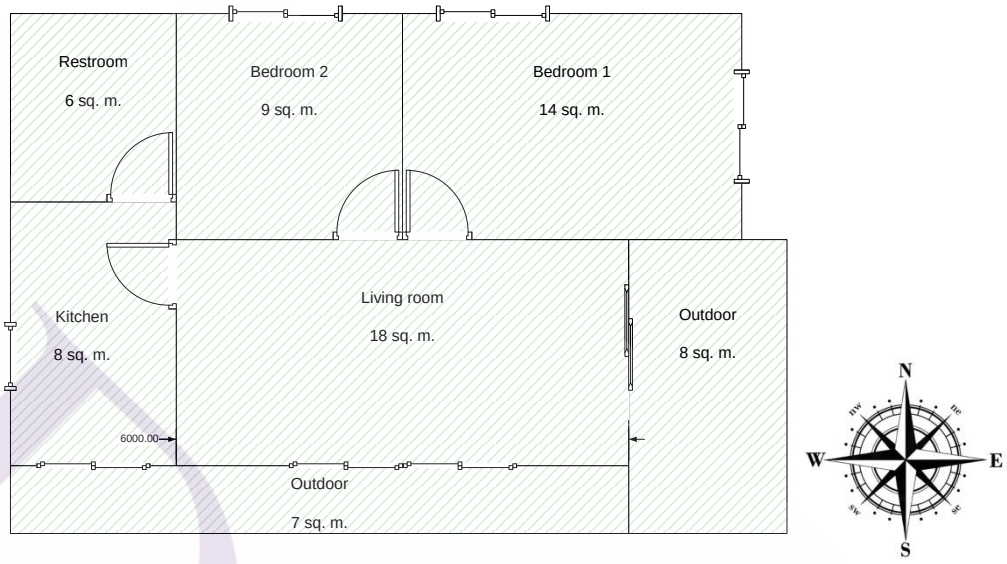
ดังนั้น เลือกใช้ความหนาของฐาน (โฟม EPS) 1.1 เมตร เพื่อให้บ้านสามารถลอยน้ำได้

4.2.1.3 ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ ในโปรแกรม OpenStudio ได้ตามตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านลอยน้ำ

พื้นที่	เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด (Watt)	จำนวน	ชม./วัน
ห้องรับแขก	หลอดไฟ L1	7	4	3
	หลอดไฟ L2	24	1	3
	หลอดไฟ L3	14	1	3
	TV 1	100	1	11
	พัดลม 1	46	1	11
	พัดลม 1	46	1	3
	เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU	1,020	1	4
ห้องครัว	หลอดไฟ L4	20	1	2
	หม้อหุงข้าว	600	1	1.5
	เครื่องซักผ้า	228	1	2*
	ปั๊มน้ำ	160	1	2
	เครื่องกรองน้ำดื่ม RO	28.8	1	2
	เครื่องไมโครเวฟ	700	1	0.1
	ตู้เย็น	120	1	24
ห้องน้ำ	หลอดไฟ L1	7	2	3
	พัดลมดูดอากาศ	20	1	3
ห้องนอน 1	หลอดไฟ L1	7	4	2
	พัดลม	46	1	11
	TV 2	70	1	1
	ไดร์เป่าผม	1,000	1	0.2
	เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU	1,020	1	4
ห้องนอน 2	หลอดไฟ L1	7	2	3
	พัดลม	46	1	11
	Notebook	65	1	3
	ไดร์เป่าผม	1,000	1	0.2
	เครื่องปรับอากาศ 12,000 BTU	1,020	1	4

*เฉพาะ วันเสาร์ – อาทิตย์



ภาพที่ 4.6 แผนผังพื้นที่ใช้สอยของบ้านลอยน้ำ

4.2.2 การคำนวณหาขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery) ที่เหมาะสม

4.2.2.1 ข้อมูลขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผง Photovoltaic, ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของแผง Photovoltaic และ Grid Connected Inverter ในโปรแกรม OpenStudio โดยเลือกแผง PV ชนิด Polycrystalline เนื่องจากมีการผลิตสูงและหาซื้อตามท้องตลาดได้ง่าย พร้อมทั้งมีราคาถูกที่สุดถ้าเทียบตามขนาดกำลังไฟฟ้า ซึ่งได้เลือกแผง PV ตัวอย่างที่มีตามท้องตลาด ได้ดังนี้

ยี่ห้อ	รุ่น	ขนาด (W)	% Module Eff.	ขนาด Cell (ตร.ม.) / จำนวน	W/Cell	W สูงสุด/ ^{o}C	อุณหภูมิ (^{o}C)
JA Solar	JAP72S01	330	16.99	0.02457 / 72	4.583	-0.41 %	25

ในงานวิจัยนี้คิดอุณหภูมิเฉลี่ยของสภาพอากาศ ที่ 32 ^{o}C ดังนั้น ประสิทธิภาพของแผง Photovoltaic จะลดลงเหลือ 14.12 % และสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางสรุปการคำนวณระบบผลิตไฟฟ้า Solar PV Rooftop สำหรับโปรแกรม OpenStudio

	พื้นที่หลังคา (ตร.ม.)	Eff. PV (%)	Eff. INV (%)	ขนาดแผง PV (W)	พื้นที่ PV (ตร.ม.)	สัดส่วน (PV / พื้นที่)
1	99.54	14.12	98	900	4.82	0.04847
2	99.54	14.12	98	1,000	5.36	0.05386
3	99.54	14.12	98	1,100	5.90	0.05924
4	99.54	14.12	98	1,200	6.43	0.06463
5	99.54	14.12	98	1,300	6.97	0.07001
6	99.54	14.12	98	1,400	7.51	0.07540
7	99.54	14.12	98	1,500	8.04	0.08078
8	99.54	14.12	98	1,600	8.58	0.08617
9	99.54	14.12	98	1,700	9.11	0.09156
10	99.54	14.12	98	1,800	4.82	0.09694

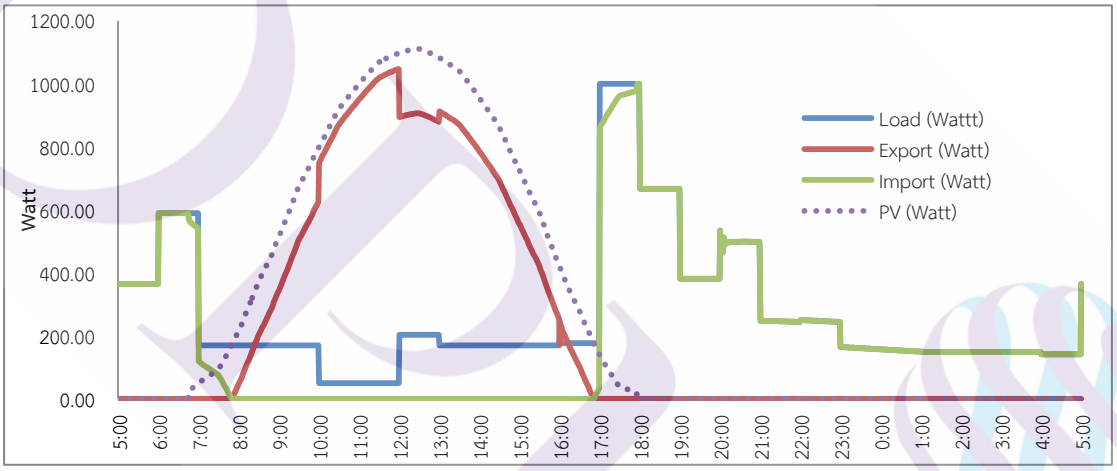
4.2.2.2 จากการใช้แบบจำลองพลังงานทำการคำนวณหาค่าต่างๆ ร่วมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) ใน 1 ปี (365 วัน) โดยจะให้แสดงค่าต่างๆ ได้แก่ โหลดการใช้ไฟฟ้า (Load) ค่าพลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV Rooftop ค่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไปสู่ระบบไฟฟ้าภายนอก (Exported Energy) และค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported Energy) สามารถแสดงตัวอย่างได้ตามภาพที่ 4.7 และได้ผลการคำนวณทั้งหมดตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปผลการใช้แบบจำลองพลังงานคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆ

	ขนาดแผง PV (W)	Load (kWh)	PV (kWh)	Export (kWh)	Import (kWh)
1	900	2,519.96	1,834.20	1,246.38	1,932.21
2	1,000	2,519.96	2,039.66	1,439.65	1,920.06
3	1,100	2,519.96	2,241.80	1,631.15	1,909.45
4	1,200	2,519.96	2,445.60	1,825.29	1,899.82

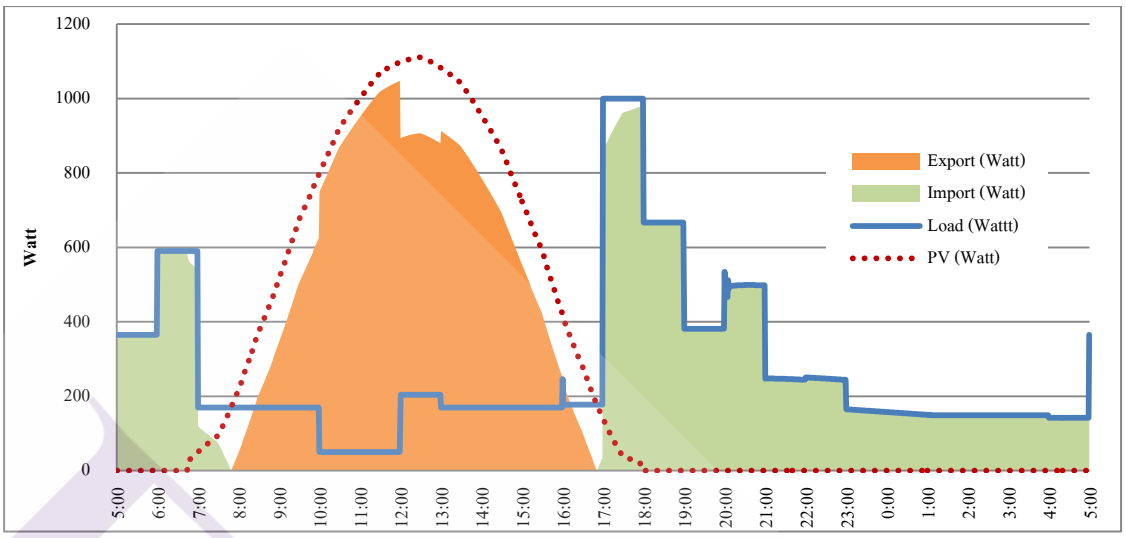
ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

	ขนาด แผง PV (W)	Load (kWh)	PV (kWh)	Export (kWh)	Import (kWh)
5	1,300	2,519.96	2,649.40	2,020.24	1,890.99
6	1,400	2,519.96	2,853.20	2,215.82	1,882.81
7	1,500	2,519.96	3,057.00	2,411.93	1,875.15
8	1,600	2,519.96	3,260.80	2,608.46	1,867.91
9	1,700	2,519.96	3,464.60	2,805.33	1,861.01
10	1,800	2,519.96	3,668.40	3,002.48	1,854.39



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองพลังงาน ใน 1 วัน

4.2.2.3 จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามข้อ 1) และกำหนดขนาดของระบบกักเก็บพลังงาน (Battery) โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไปสู่ระบบไฟฟ้าภายนอก (Exported Energy : kWh) เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำหรับอัดประจุให้กับ Battery (พื้นที่สีส้มในภาพที่ 4.8) และให้ทำการคายพลังไฟฟ้าในช่วงค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported Energy : kWh) (พื้นที่สีเขียวในภาพที่ 4.8) ผลปรากฏว่า Solar PV Rooftop แต่ละขนาด ที่ทำงานร่วมกับ Battery สามารถทำให้ Imported Energy และ Exported Energy ลงลดจากระบบที่ไม่มีการติดตั้ง Battery ได้



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างค่าพลังไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม ใน 1 วัน

4.2.2.4 จากผลการคำนวณตามข้อ 3) จะพบว่าขนาดระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (Battery : Wh) ที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported Energy : kWh) ลงลดจากระบบที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปขนาด Battery ที่ทำให้ Imported Energy ลดลงมากกว่าร้อยละ 90

ที่	ขนาด PV Rooftop (W)	ขนาด Battery (kWh)	Imported Energy (kWh)	% Imported Energy (ลดลง)	Exported Energy (kWh)	% Exported Energy (ลดลง)	หมายเหตุ
1	900	5.2	-691.42	-64.22 %	10.14	-99.19 %	ขนาด PV Rooftop ต่ำเกินไม่สอดคล้องตามเงื่อนไข
2	1,000	6.3	-488.87	-74.54 %	13.50	-99.06 %	
3	1,100	9	-298.02	-84.39 %	26.66	-98.37 %	
4	1,200	6.5	-187.53	**-90.13 %**	117.47	-93.56 %	
5	1,300	5.4	-180.59	**-90.45 %**	316.05	-84.36 %	
6	1,400	5.2	-167.30	**-91.11 %**	507.66	-77.09 %	
7	1,500	5	-182.59	**-90.26 %**	727.70	-69.83 %	
8	1,600	5	-159.79	**-91.45 %**	909.44	-65.13 %	
9	1,700	4.9	-174.34	**-90.63 %**	1128.54	-59.77 %	
10	1,800	4.9	-162.67	**-91.23 %**	1321.34	-55.99 %	

ตามตารางที่ 4.7 สามารถอธิบายผลการศึกษาได้ ดังนี้

1) กรณีที่ 1 : ขนาด Solar PV Rooftop ขนาดตั้งแต่ 900 W ถึง 1,100 W พบว่า แม้จะเพิ่มขนาด Battery (kWh) มากขึ้น ก็ไม่สามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported Energy : kWh) ลดลงจากระบบเดิมที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 ได้ ดังนั้น ขนาด Solar PV Rooftop กรณีนี้ต่ำเกินไป จึงไม่เหมาะสม

2) กรณีที่ 2 : ขนาด Solar PV Rooftop ขนาดตั้งแต่ 1,100 W ถึง 1,800 W พบว่า สามารถหาขนาด Battery (kWh) ที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Imported Energy : kWh) ลดลงจากระบบเดิมที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 ได้ กรณีนี้จึงสามารถนำไปวิเคราะห์หาความเหมาะสมได้

จากการวิเคราะห์พบว่าติดตั้งระบบ Solar PV Rooftop ขนาด 1,200 W ร่วมกับ Battery ขนาด 6.5 kWh มีค่าพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่เหลือจ่ายไปสู่ภายนอก (Exported Energy) ลดลงมากที่สุดที่ร้อยละ 93.56 หรืออธิบายได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV Rooftop นำไปเป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและสำหรับอัดประจุให้กับ Battery สำหรับเป็นแหล่งพลังงานในยามที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าจาก Solar PV ได้อย่างเหมาะสม โดยมีพลังงานไฟฟ้าเหลือและจ่ายออกไปสู่ระบบไฟฟ้าภายนอกน้อยมาก ดั้งนั้น จึงถือได้ว่าบ้านลอยน้ำต้นแบบที่นำมาวิเคราะห์หากติดตั้งระบบ Solar PV Rooftop ขนาด 1,200 W และ Battery ขนาด 6.5 kWh จะมีประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานสูงสุด

นอกจากนี้ เมื่อคำนวณต้นทุนการติดตั้งระบบ Solar PV Rooftop ขนาด 1,200 W ร่วมกับ Battery ขนาด 6.5 kWh จะมีราคาค่าวัสดุรวมติดตั้งโดยประมาณ 284,440 บาท เมื่อคิดจากราคากลาง ระบบ Solar PV Rooftop ราคา 55.9 บาทต่อ Watt และ Battery (Li-ion) ราคา 33.44 บาทต่อ Wh (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปราจีนบุรี, 2562) หากรวมกับราคาก่อสร้างบ้านลอยน้ำต้นแบบ (346,500 บาท) จะมีราคารวมโดยประมาณ 346,500 + 284,440 = 630,940 บาท โดยที่ในอนาคตราคาต้นทุนของระบบ Solar PV Rooftop และ Battery มีแนวโน้มจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการเติบโตในการลงทุนทั้งภาคครัวเรือนและอุตสาหกรรมขึ้นอย่างแน่นอน

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ โดยเลือกแบบจำลองพลังงาน Building Energy Simulation Model (BESM) ประกอบด้วยโปรแกรม SketchUp, Open Studio Thai Edition และ EnergyPlus นำมาช่วยจำลองและคำนวณค่าทางไฟฟ้า มีขั้นตอนคือ ศึกษารวบรวมข้อมูล สอบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่าง ซึ่งจากการสอบค่าพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองบ้านและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างทั้ง 2 แบบ พบว่า หากพิจารณาเป็นรายเดือน การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองของบ้านตัวอย่างมีค่าความแตกต่างจากค่าพลังงานไฟฟ้าจริงมากที่สุดที่ร้อยละ 10.66 แต่ถ้าพิจารณาในรอบปี จะมีค่าความแตกต่างเท่ากับ 47.5 kWh หรือคิดเป็นเพียงร้อย 1.76 เท่านั้น ลักษณะเช่นเดียวกับการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างมีความแตกต่างจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงรวม 4 ปี เท่ากับ 641,921.10 หรือคิดเป็นร้อยละ 1.36 เท่านั้น เมื่อพิจารณาข้อจำกัดของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ควรจะพิจารณาข้อมูลอย่างน้อยเป็นรายปี ดังนั้นทำให้สามารถนำวิธีการจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับบ้านลอยน้ำต้นแบบร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV Rooftop) และนำผลการคำนวณไปวิเคราะห์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (Battery) เพื่อหาขนาด Solar PV Rooftop และ Battery ที่ใช้งานร่วมกันได้อย่างเหมาะสม ผลการศึกษาแบ่งได้ 2 กรณี ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u> Solar PV Rooftop ขนาดตั้งแต่ 900 W ถึง 1,100 W

พบว่า แม้จะเพิ่มขนาด Battery (kWh) มากขึ้น ก็ไม่สามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Import Energy : kWh) ลดลงจากระบบเดิมที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 ได้ ดังนั้น ขนาด Solar PV Rooftop กรณีนี้ต่ำเกินไป จึง<u>ไม่เหมาะสม</u>

<u>กรณีที่ 2</u> Solar PV Rooftop ขนาดตั้งแต่ 1,100 W ถึง 1,800 W

พบว่า สามารถหาขนาด Battery (kWh) ที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้าจากระบบไฟฟ้าภายนอก (Import Energy : kWh) ลดลงจากระบบเดิมที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 ได้

ดังนั้น จากกรณีที่ 2 ข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงขนาด Solar PV Rooftop และ Battery ที่ทำให้มีประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานสูงสุด พบว่าระบบที่มี **Solar PV Rooftop ขนาด 1,200 W**

และ Battery ขนาด 6.5 kWh มีประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานสูงสุด กล่าวคือ ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่รับจากภายนอกและพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินที่เหลือจ่ายไปสู่ภายนอก (Imported และ Exported Energy) ลดลงจากระบบที่ไม่มี Battery มากกว่าร้อยละ 90 โดยมีราคาต้นทุนรวมของทั้งสองโดยประมาณ 284,440 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานสำหรับบ้านลอยน้ำต้นแบบ ด้วยวิธีการวิเคราะห์คำนวณจากแบบจำลองพลังงาน Building Energy Simulation Model (BESM) ที่ประกอบด้วยโปรแกรม SketchUp, Open Studio Thai Edition และ EnergyPlus ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel + VBA ทำให้สามารถหาขนาด Solar PV Rooftop และ Battery ที่เหมาะสมทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ แต่หากจะเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณวิเคราะห์และเพิ่มความน่าเชื่อถือ พร้อมทั้งลดความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริง ข้อเสนอดังต่อไปนี้จะมีส่วนช่วยให้การจำลองสมบูรณ์ขึ้น และจะเป็นประโยชน์กับผู้ศึกษาวิจัยเพิ่มเติม หรือสามารถนำวิธีการดังกล่าวไปปรับใช้ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนกับอาคารประเภทอื่นๆ ต่อไปได้

5.2.1 การศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาการใช้พลังงาน (Load Profile) ที่มีลักษณะคล้ายกันในทุกๆ สัปดาห์ แต่หากมีการตรวจวัดพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดและเก็บรวบรวมผลเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ผลการคำนวณมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

5.2.1 หากมีการตรวจวัดสภาพอากาศ หรือนำข้อมูลสภาพอากาศจากแหล่งที่เชื่อถือได้และมีสถิติย้อนหลังหลายปี จะยิ่งทำให้ผลการคำนวณมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

5.2.3 หากศึกษาด้านต้นทุนของระบบ Solar PV Rooftop และ Battery เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติม จะทำให้เกิดความน่าสนใจ สะท้อนความคุ้มค่าโครงการ และเกิดการลงทุนการติดตั้งขึ้นอย่างจริงจัง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554).*บ้านลอยน้ำ*.วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง,23 – 26.

กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. (2527). *หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับประเภทและส่วนต่างๆ ของอาคาร*.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2561).*ข้อมูลการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2560* .

การไฟฟ้านครหลวง.(2562).*ประวัติการใช้ไฟฟ้าบ้านพักอาศัยตัวอย่าง พ.ศ. 2561*.

คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ.(2555).*บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554*.สืบค้นจาก http://www.thaiwater.net/

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. (2550).*การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย.* นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2558).*แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย*.กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีระภัทร์ แมนมิตร. และปานจิต ดำรงกุลกำจร (2558).*ระบบกับเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับผู้ใช้ไฟที่มีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด. (2559). *คู่มือการใช้งานโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจ*. สืบค้นจาก จาก http://dede-peecb.bright-ce.com/

บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน). (2561). *7 ข้อที่ท่านควรรู้เกี่ยวกับการติดตั้ง Solar PV Rooftop โรงงานอุตสาหกรรม.* สืบค้นจาก http://www.solartron.co.th/

บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด. (2561). *ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์*.สืบค้นจาก http://www.leonics.co.th/

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2554). *ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในของไหลของอาคีมีดิส* [ออนไลน์]. ปฏิบัติการกลศาสตร์ของไหล.

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.(2561).*ระบบกักเก็บพลังงาน(Energy Storage System: ESS).* สืบค้นจาก http://www.2e-building.com/

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปราจีนบุรี.(2562). *ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ไฟตก/ไฟดับ ขนาด 10 กิโลวัตต์.* สืบค้นจาก www.pho.in.th/

สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดนครราชสีมา.(2554). *พลังงานไฟฟ้า.* สืบค้นเมื่อจาก http://www.korat.nfe.go.th/

อภิชิต กมลสันติสุข.(2554).*นวัตกรรมการออกแบบและก่อสร้างบ้านลอยน้ำ*.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Modern Manufacturing. (2560). *ESS: ENERGY STORAGE SYSTEM อนาคตที่เป็นปัจจุบัน.* สืบค้นจาก https://www.mmthailand.com

ภาษาต่างประเทศ

Factor Architecten. (2011). *Floating house*. Retrieved from http://www.worldarchitechturenews.com/

Factor Architecten. (2015). *Floating eco-home.* Retrieved from https://www.factorarchitecten.nl

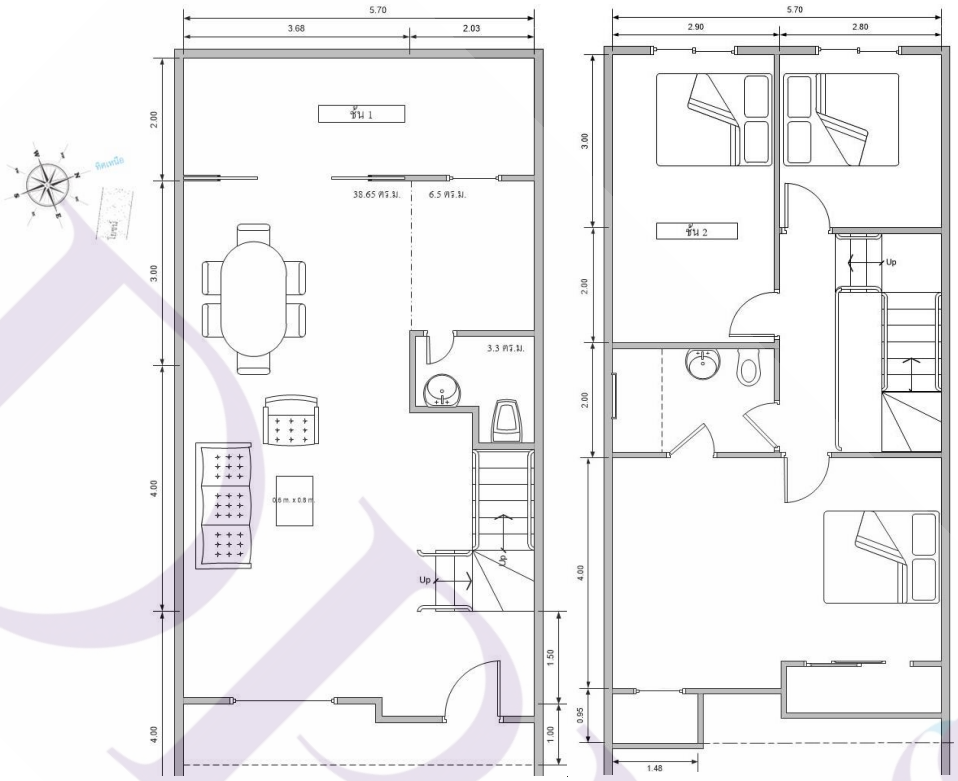
Rafaa. (2011). *Floating house*. Retrieved from http://www.worldarchitechturenews.com/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การกรอกข้อมูลต่างๆ ในแบบจำลองพลังงาน
และการแสดงผล

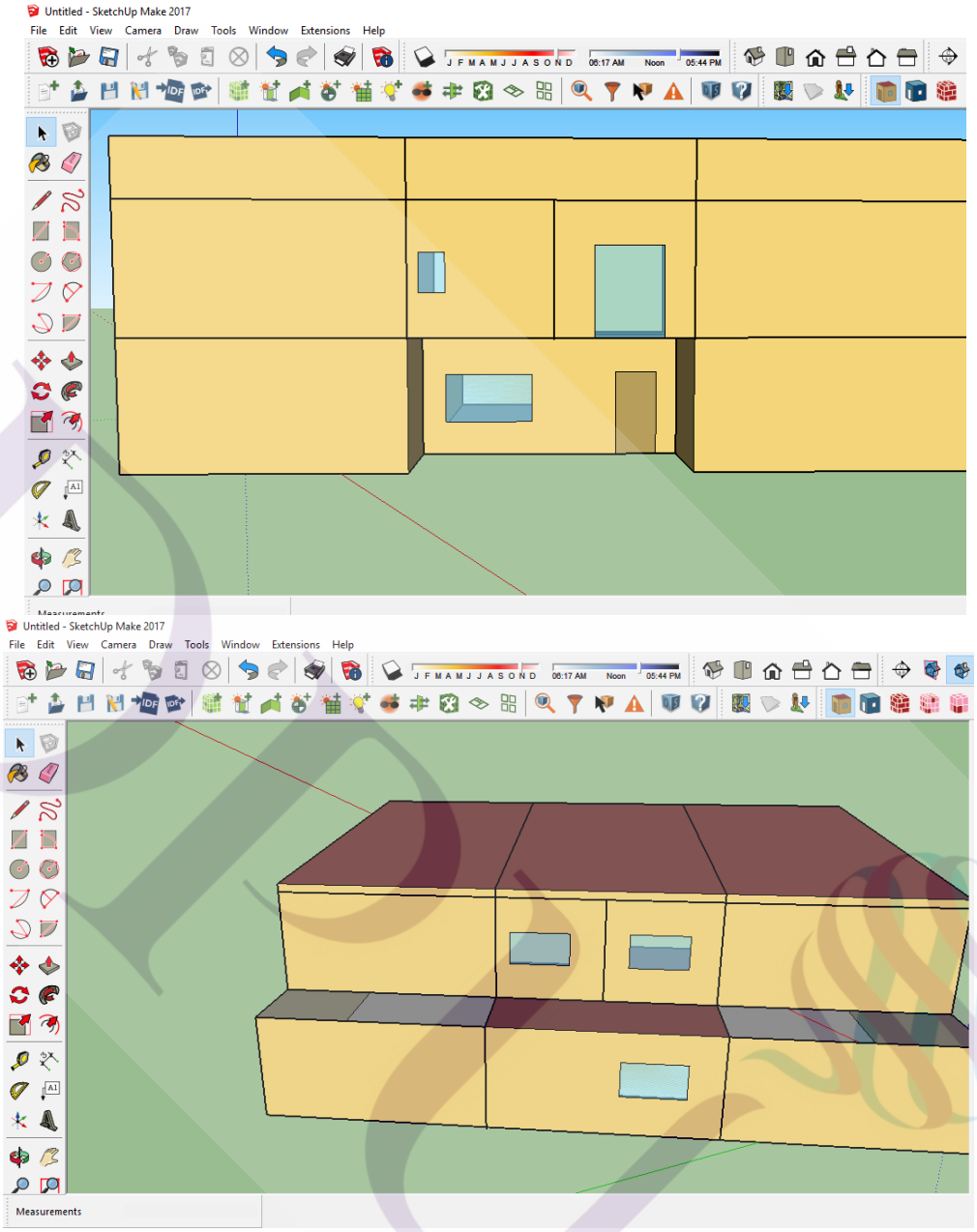
การสร้างแบบจำลองพลังงานของบ้านตัวอย่าง

1. ข้อมูลบ้านพักอาศัยตัวอย่าง

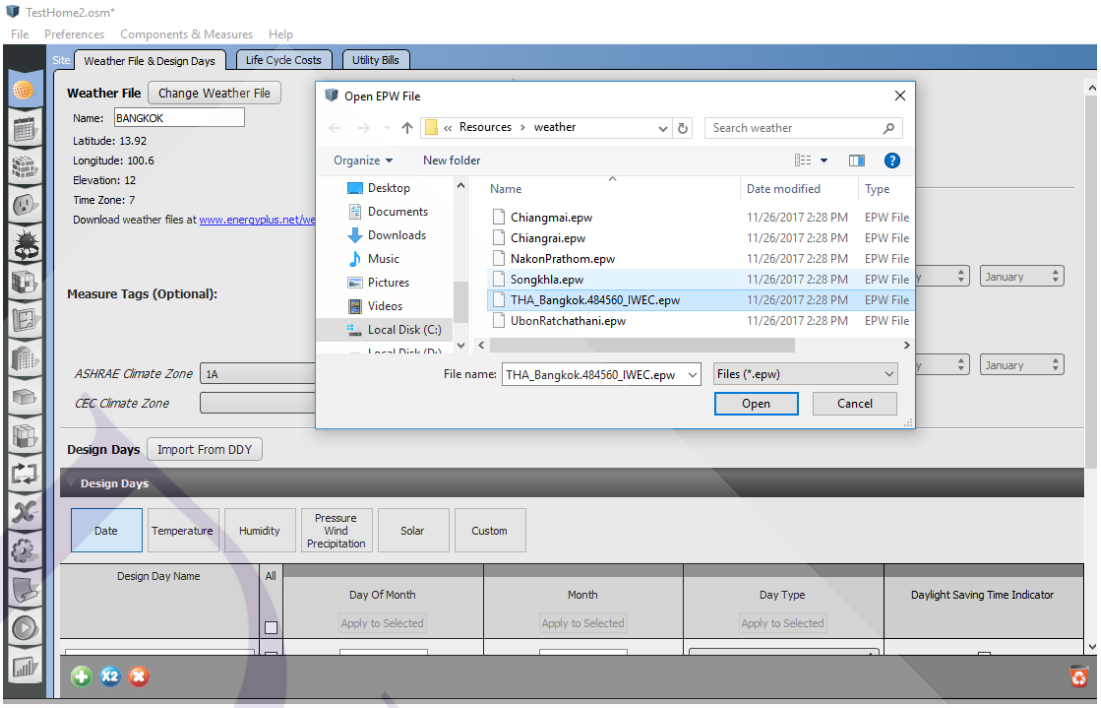


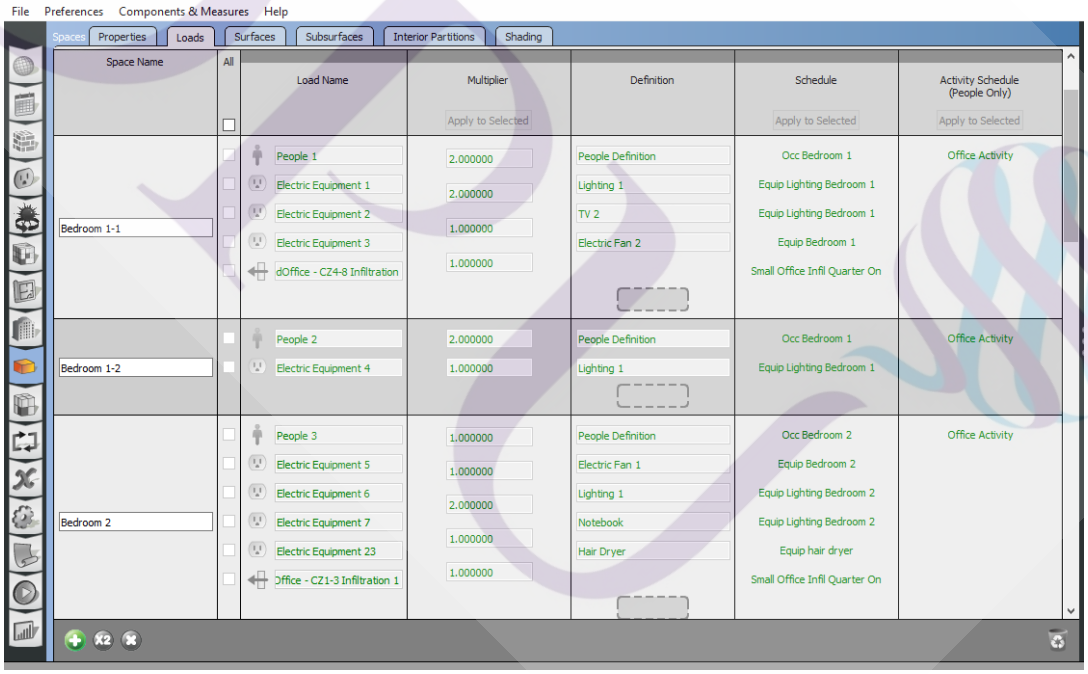
แผนผังบ้านตัวอย่าง

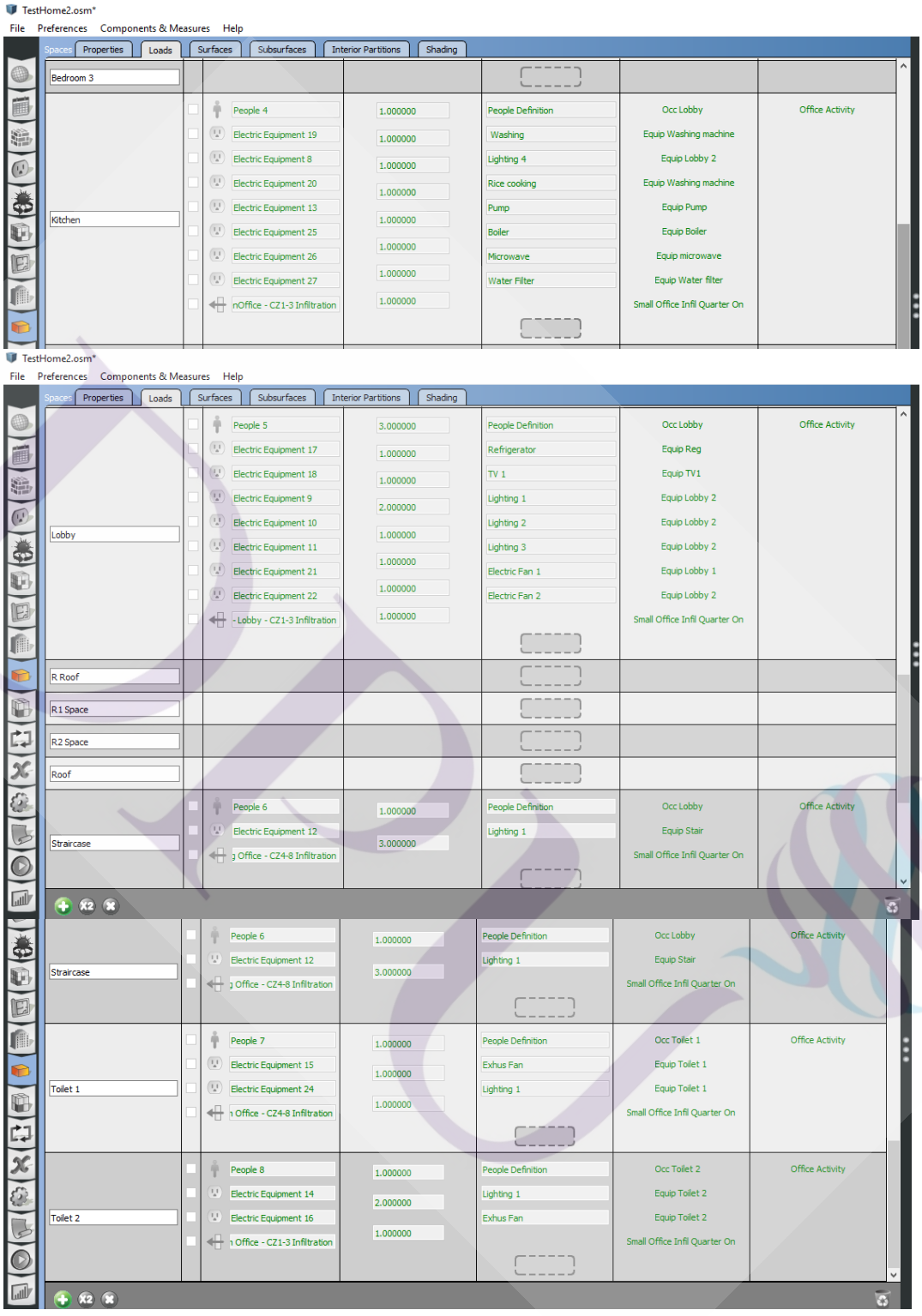
2. การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม SketchUP

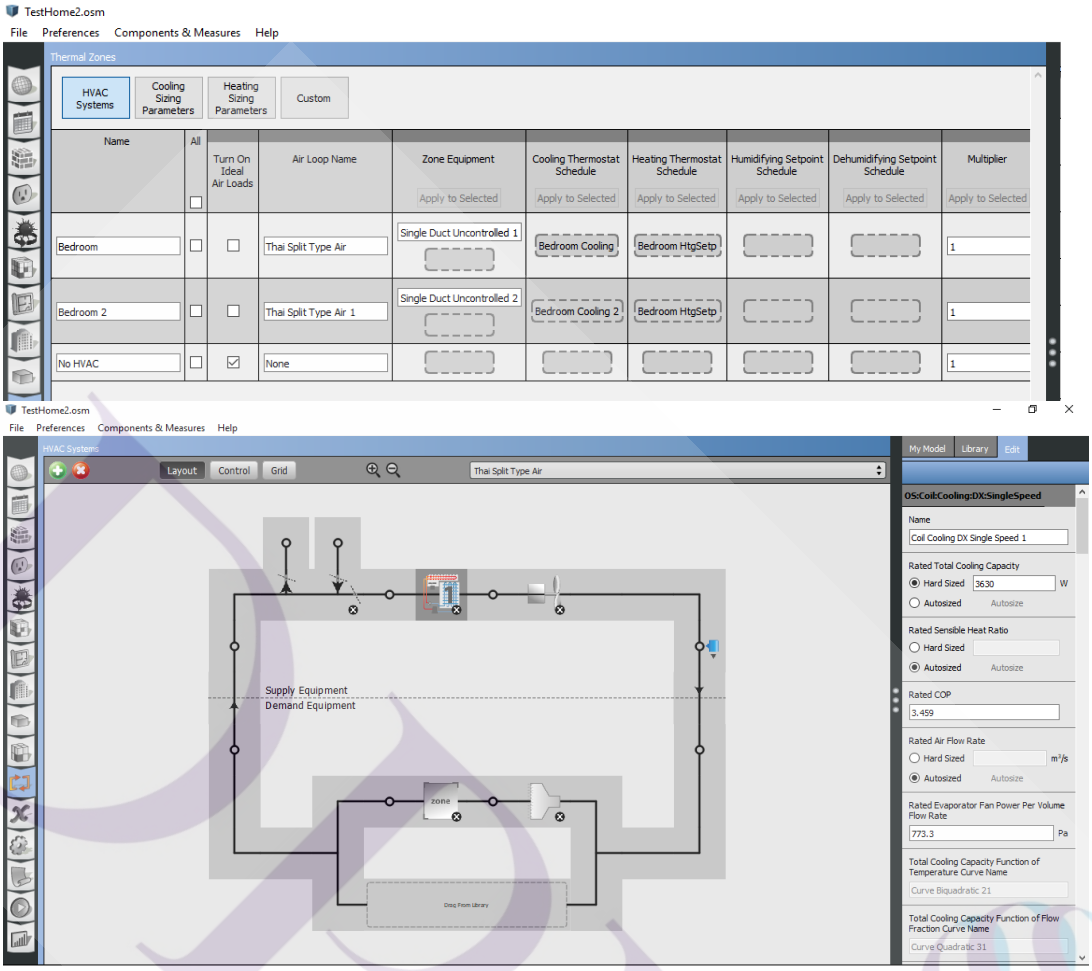


3. การใส่ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ (HVAC) ในโปรแกรม OpenStudio

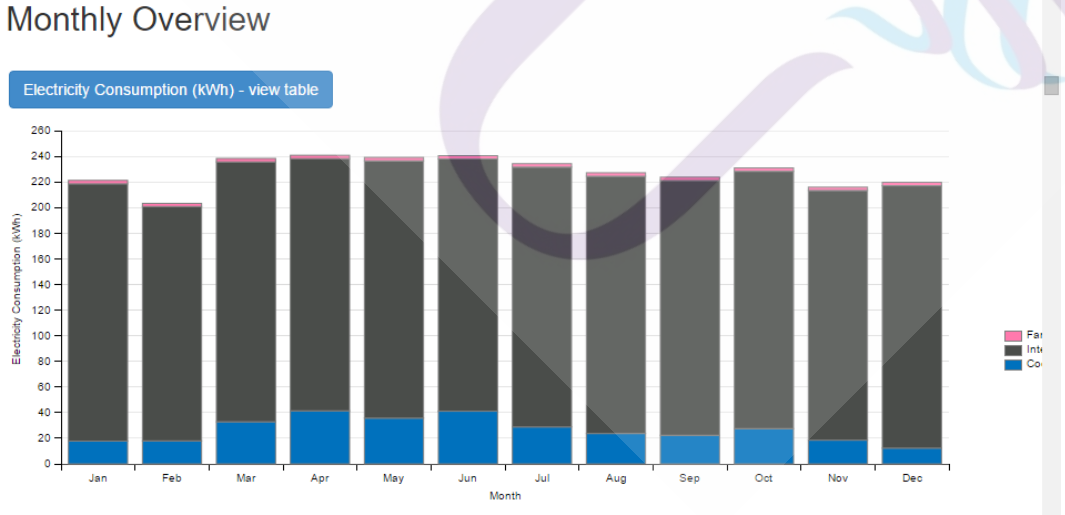

TestHome2.osm*
File Preferences Components & Measures Help
Site
Weather File & Design Days
Life Cycle Costs
Utility Bills
Weather File
Change Weather File
Name: BANGKOK
Latitude: 13.92
Longitude: 100.6
Elevation: 12
Time Zone: 7
Download weather files at www.energyplus.net/we
Measure Tags (Optional):
ASHRAE Climate Zone 1A
CEC Climate Zone
Design Days
Import From DDY
Open EPW File
Resources › weather
Search weather
Organize
New folder
Desktop
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
Local Disk (C:)
Name
Date modified
Type
Chiangmai.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
Chiangrai.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
NakonPrathom.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
Songkhla.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
THA_Bangkok.484560_IWEC.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
UbonRatchathani.epw 11/26/2017 2:28 PM EPW File
File name: THA_Bangkok.484560_IWEC.epw
Files (*.epw)
Open
Cancel
January
Design Days
Date
Temperature
Humidity
Pressure Wind Precipitation
Solar
Custom
Design Day Name
All
Day Of Month
Month
Day Type
Daylight Saving Time Indicator
Apply to Selected


File Preferences Components & Measures Help
Spaces
Properties
Loads
Surfaces
Subsurfaces
Interior Partitions
Shading
Space Name
All
Load Name
Multiplier
Definition
Schedule
Activity Schedule (People Only)
Apply to Selected
Bedroom 1-1
People 1
Electric Equipment 1
Electric Equipment 2
Electric Equipment 3
dOffice - CZ4-8 Infiltration
2.000000
2.000000
1.000000
1.000000
People Definition
Lighting 1
TV 2
Electric Fan 2
Occ Bedroom 1
Equip Lighting Bedroom 1
Equip Lighting Bedroom 1
Equip Bedroom 1
Small Office Infil Quarter On
Office Activity
Bedroom 1-2
People 2
Electric Equipment 4
2.000000
1.000000
People Definition
Lighting 1
Occ Bedroom 1
Equip Lighting Bedroom 1
Office Activity
Bedroom 2
People 3
Electric Equipment 5
Electric Equipment 6
Electric Equipment 7
Electric Equipment 23
Office - CZ1-3 Infiltration 1
1.000000
1.000000
2.000000
1.000000
1.000000
People Definition
Electric Fan 1
Lighting 1
Notebook
Hair Dryer
Occ Bedroom 2
Equip Bedroom 2
Equip Lighting Bedroom 2
Equip Lighting Bedroom 2
Equip hair dryer
Small Office Infil Quarter On
Office Activity


TestHome2.osm*
File Preferences Components & Measures Help
Spaces: Properties Loads Surfaces Subsurfaces Interior Partitions Shading
Bedroom 3
Kitchen
People 4 1.000000 People Definition Occ Lobby Office Activity
Electric Equipment 19 1.000000 Washing Equip Washing machine
Electric Equipment 8 1.000000 Lighting 4 Equip Lobby 2
Electric Equipment 20 1.000000 Rice cooking Equip Washing machine
Electric Equipment 13 1.000000 Pump Equip Pump
Electric Equipment 25 1.000000 Boiler Equip Boiler
Electric Equipment 26 1.000000 Microwave Equip microwave
Electric Equipment 27 1.000000 Water Filter Equip Water filter
nOffice - CZ1-3 Infiltration 1.000000 Small Office Infil Quarter On
TestHome2.osm*
File Preferences Components & Measures Help
Spaces: Properties Loads Surfaces Subsurfaces Interior Partitions Shading
Lobby
People 5 3.000000 People Definition Occ Lobby Office Activity
Electric Equipment 17 1.000000 Refrigerator Equip Reg
Electric Equipment 18 1.000000 TV 1 Equip TV1
Electric Equipment 9 2.000000 Lighting 1 Equip Lobby 2
Electric Equipment 10 1.000000 Lighting 2 Equip Lobby 2
Electric Equipment 11 1.000000 Lighting 3 Equip Lobby 2
Electric Equipment 21 1.000000 Electric Fan 1 Equip Lobby 1
Electric Equipment 22 1.000000 Electric Fan 2 Equip Lobby 2
- Lobby - CZ1-3 Infiltration 1.000000 Small Office Infil Quarter On
R Roof
R1 Space
R2 Space
Roof
Straircase
People 6 1.000000 People Definition Occ Lobby Office Activity
Electric Equipment 12 3.000000 Lighting 1 Equip Stair
g Office - CZ4-8 Infiltration Small Office Infil Quarter On
Straircase
People 6 1.000000 People Definition Occ Lobby Office Activity
Electric Equipment 12 3.000000 Lighting 1 Equip Stair
g Office - CZ4-8 Infiltration Small Office Infil Quarter On
Toilet 1
People 7 1.000000 People Definition Occ Toilet 1 Office Activity
Electric Equipment 15 1.000000 Exhus Fan Equip Toilet 1
Electric Equipment 24 1.000000 Lighting 1 Equip Toilet 1
n Office - CZ4-8 Infiltration Small Office Infil Quarter On
Toilet 2
People 8 1.000000 People Definition Occ Toilet 2 Office Activity
Electric Equipment 14 2.000000 Lighting 1 Equip Toilet 2
Electric Equipment 16 1.000000 Exhus Fan Equip Toilet 2
n Office - CZ1-3 Infiltration Small Office Infil Quarter On

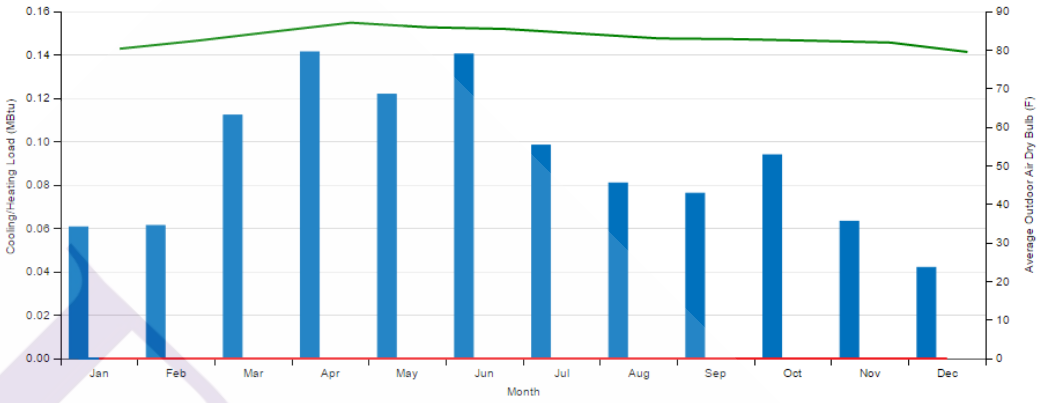


4. การแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้า และ Cooling Load จากแบบจำลองพลังงาน



HVAC Load Profiles

Monthly Load Profiles - view table



การสร้างแบบจำลองพลังงานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Farm)

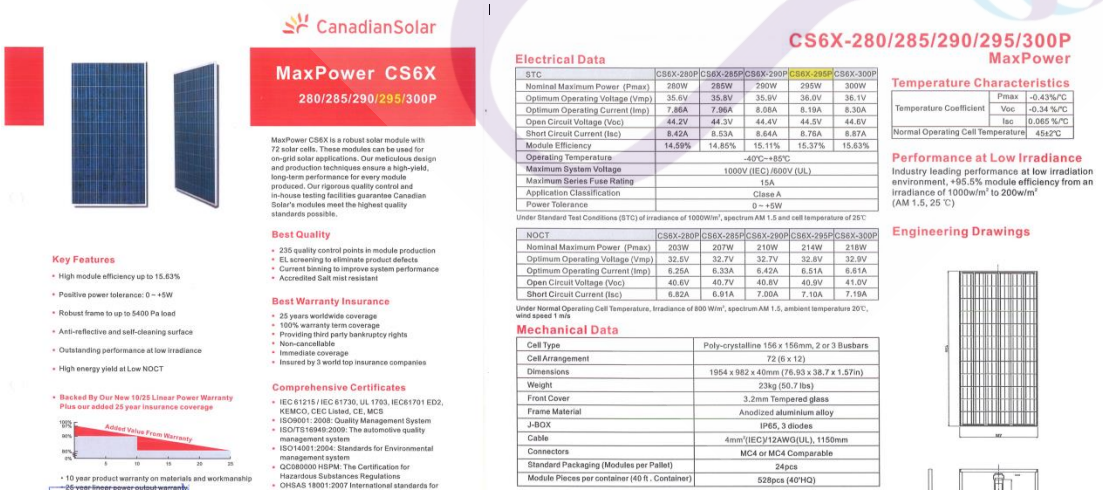
1. ข้อมูล Solar Farm

รายละเอียดกระบวนการผลิต

หน่วยที่	ประเภทเทคโนโลยีโรงไฟฟ้า	ชื่อหน่วยผลิต	ชนิดการผลิตไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้ง		เชื้อเพลิงหลัก/แหล่งพลังงานต้นกำลัง		เชื้อเพลิงเสริม/แหล่งพลังงา
				MW	kVA	ประเภท	รายละเอียด	ประเภท
1	เซลล์แสงอาทิตย์	PV	หลัก	7.200	7,200.00	พลังแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic Power)	Silicon Crystaline (Single-Si, Multi-Si)	

รายละเอียดเครื่องจักร

หน่วยการผลิตที่	รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์	ประเภทเครื่องจักร/อุปกรณ์	ขนาดพิกัดเครื่องจักร (Rated Capacity) (หน่วย)	Power Factor/Efficiency	บริษัทและประเทศผู้ผลิต
1	PV (Poly-Crystalline)	Solar cell	7.64 MW (295 w x 25,893 เครื่อง)	100%	Canadian Solar, ประเทศแคนาดา
1	Inverter	Inverter	6.12 MW (680 kW x 9 เครื่อง)	100%	Schneider Electric Co.,Ltd., ประเทศอินเดีย
1	Transformer	Stepup	7,200 kVA (1,600 kVA x 4 เครื่อง และ 800 kVA x 1 เครื่อง	98%	บริษัท อีริไทย จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย



Helping you achieve the lowest cost of energy for your project.

Schneider Electric Conext Core XC Series

Device short name	XC 540	XC 630	XC 680
Electrical specifications			
Input (DC)			
Photovoltaic power	621 kW	725 kW	782 kW
Input voltage range, MPPT	440 - 800 V (@PF=1)	510 - 800 V (@PF=1)	550 - 800 V (@PF=1)
Input voltage range, operating	440 - 850 V	510 - 850 V	550 - 850 V
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. input current	1280 A	1280 A	1280 A
Output (AC)			
Nominal output power	540 kVA	630 kVA	680 kVA
Output voltage	300 V	350 V	380 V
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Nominal output current	1040 A	1040 A	1040 A
Power Factor	+/-0.8	+/-0.8	+/-0.8
Harmonic distortion	< 3% at rated power	< 3% at rated power	< 3% at rated power
Efficiency			
Maximum	98.6%	98.6%	98.7%
European	98.5%	98.5%	98.5%
General specifications			
Power consumption, night time	< 100 W	< 100 W	< 100 W
IP degree of protection	IP20	IP20	IP20
Enclosure material	Steel	Steel	Steel
Product weight	1900 kg (4189 lb)	1900 kg (4189 lb)	1900 kg (4189 lb)
Product dimensions (H x W x D)	200 x 240 x 63 cm (78.75 x 94.5 x 24.75 in)	200 x 240 x 63 cm (78.75 x 94.5 x 24.75 in)	200 x 240 x 63 cm (78.75 x 94.5 x 24.75 in)
Ambient air temperature for operation	-10°C to 45°C (14°F to 113°F) full power. Derating to 50°C		
Operating altitude	1500 m (4921 ft), derating for higher altitudes		
Relative humidity	0 to 95% non-condensing		
Part number	TBD		
Features and options			
Type of cooling	Temperature-dependent forced convection cooling		
Display type	LCD multifunction removable display standard		
Communication interface	RS485/Modbus standard		
AC/DC disconnect	Load break rated DC disconnect and AC circuit breaker standard		
Ground fault detection/interruption	Optional isolation monitoring relay or GFDI with circuit breaker		
Sub-array combiner	Optional external combiners with various quantities and trip sizes		
Regulatory approvals			
Conext Core XC Series are CE marked for the EMC Directive (EN61000-6-2 and EN61000-6-4) and Low Voltage Directive (EN50178)			
Conext Core XC Series complies with French (EDF) requirements			
Units with grid-interactive options comply with German (BDEW) requirements			
Compliant to North American grid interconnection standards including IEEE 1547,FERC 661, and CAISO			

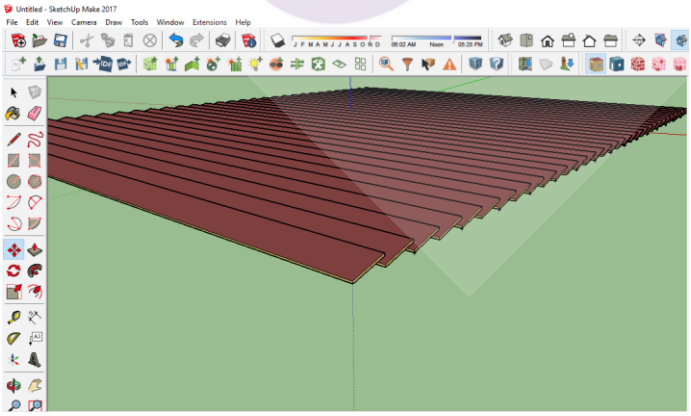
2. การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม SketchUP

จากข้อ 1.	ขนาดแผง (W)	จำนวน	รวม (kW)	พื้นที่ (ตร.ม.) /แผง	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.ม.)
แผง PV	295	25,893	7,638.44	1.918828	49,684.21

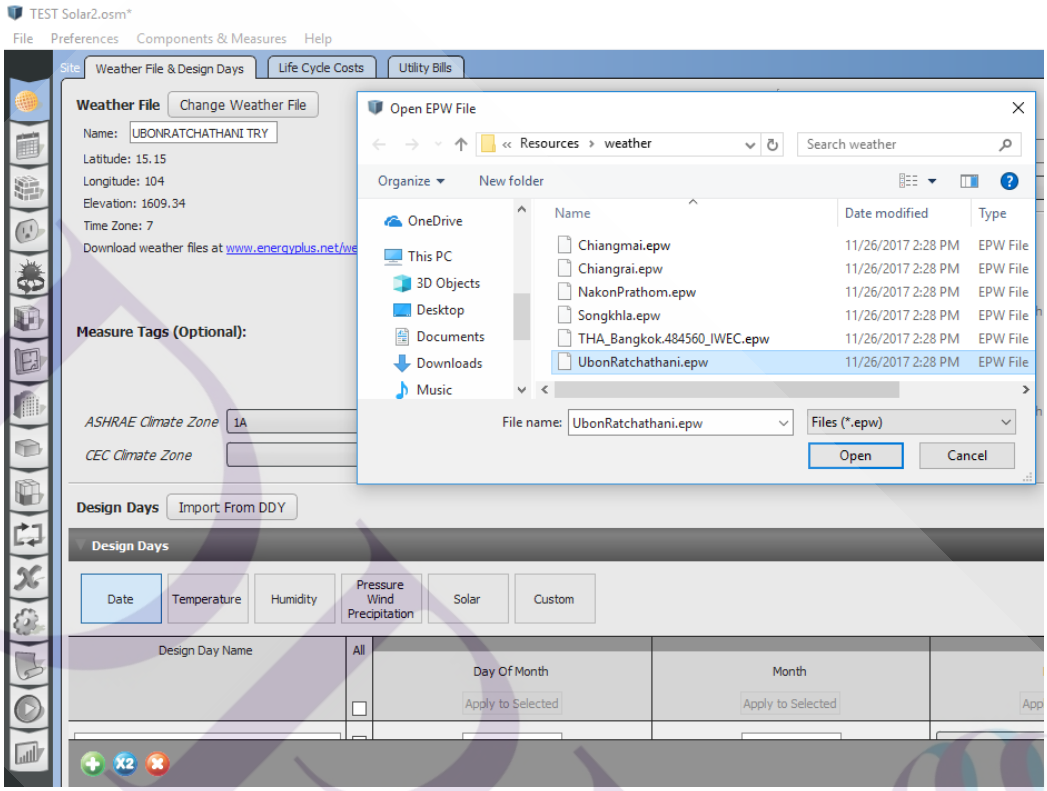
กำหนดให้

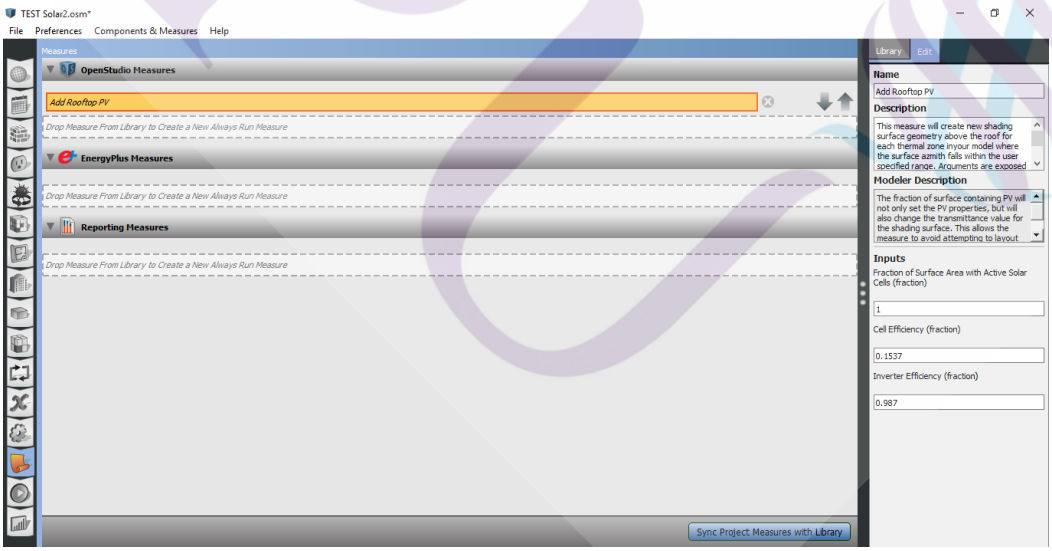
- พื้นที่การจำลองในโปรแกรม (กว้าง x ยาว) = 248.42 x 200 เมตร = 49,684 ตารางเมตร
- ทิศทางที่ติดตั้ง ตะวันตกเฉียงใต้
- มุมเอียง 14 องศาจากพื้น

ได้แบบจำลอง ดังนี้



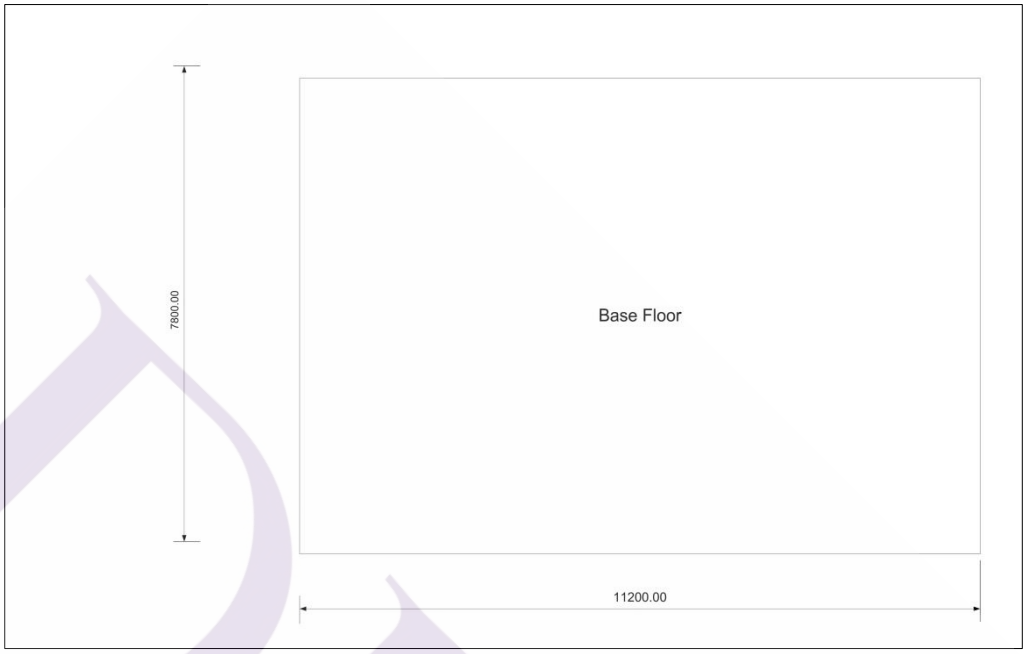
3. การใส่ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี, ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งแผง Photovoltaic, ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของแผง Photovoltaic และ Grid Connected Inverter ในโปรแกรม OpenStudio



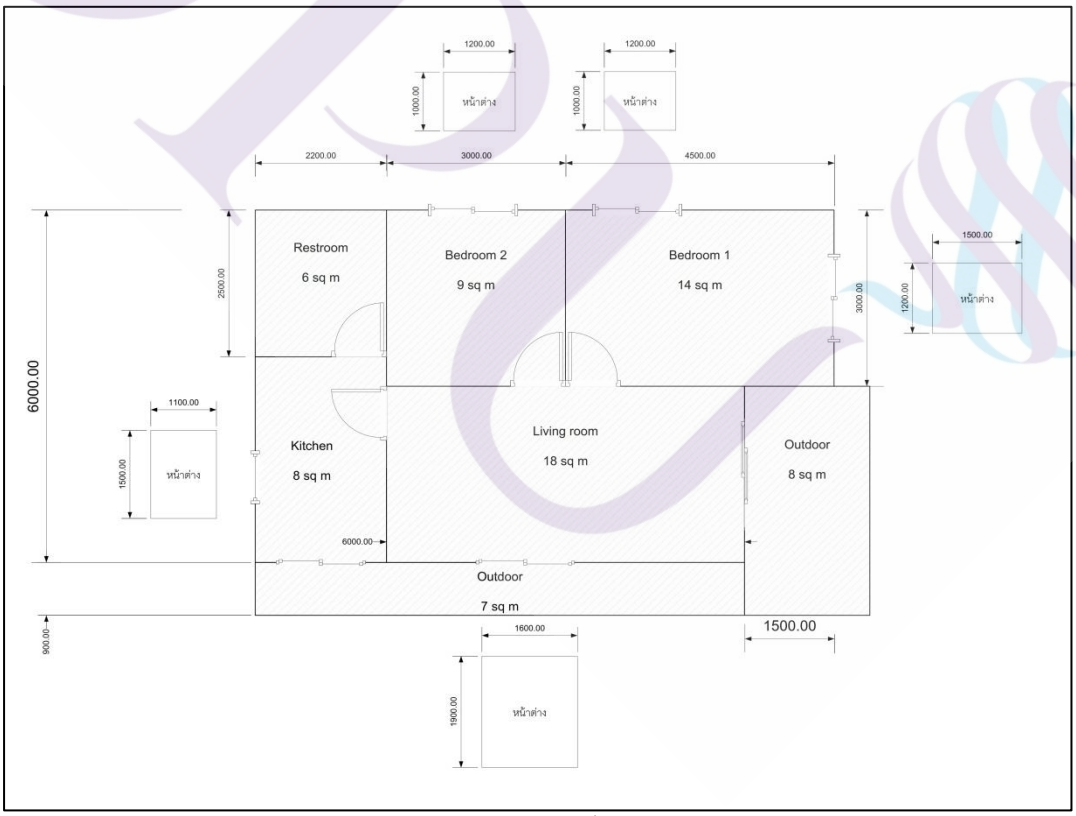


การสร้างแบบจำลองพลังงานของบ้านลอยน้ำต้นแบบ ร่วมกับระบบ Solar PV Rooftop

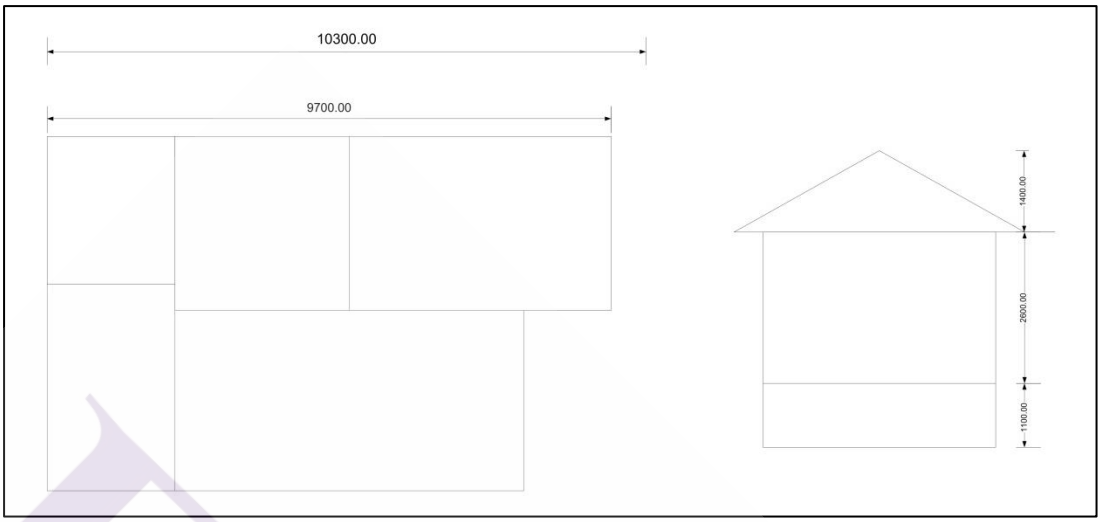
1. แบบบ้านลอยน้ำต้นแบบ



Top view ของฐานบ้านลอยน้ำ (หน่วย มิลลิเมตร)

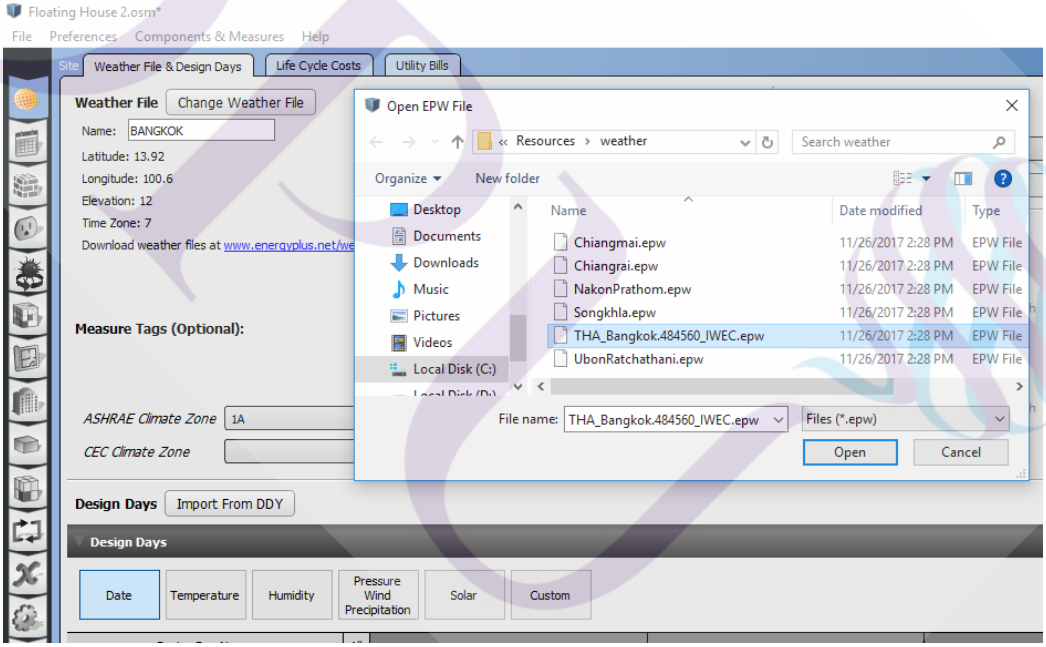


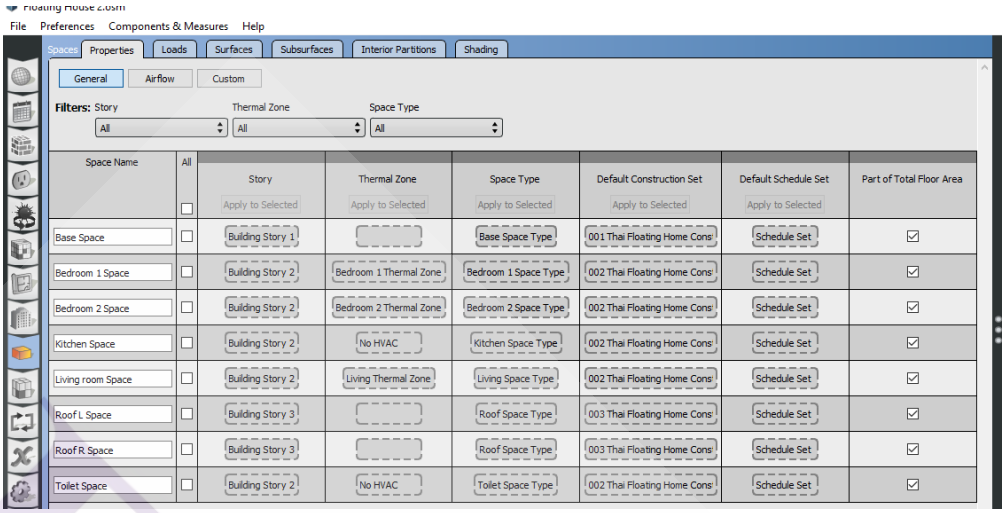
Top view แปลนบ้านลอยน้ำ (หน่วย มิลลิเมตร)

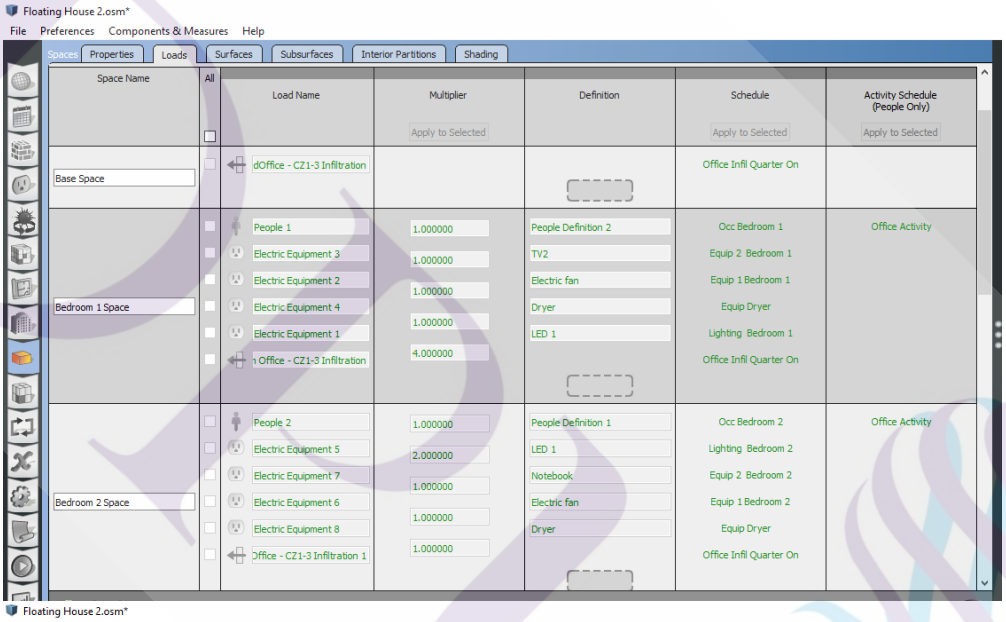


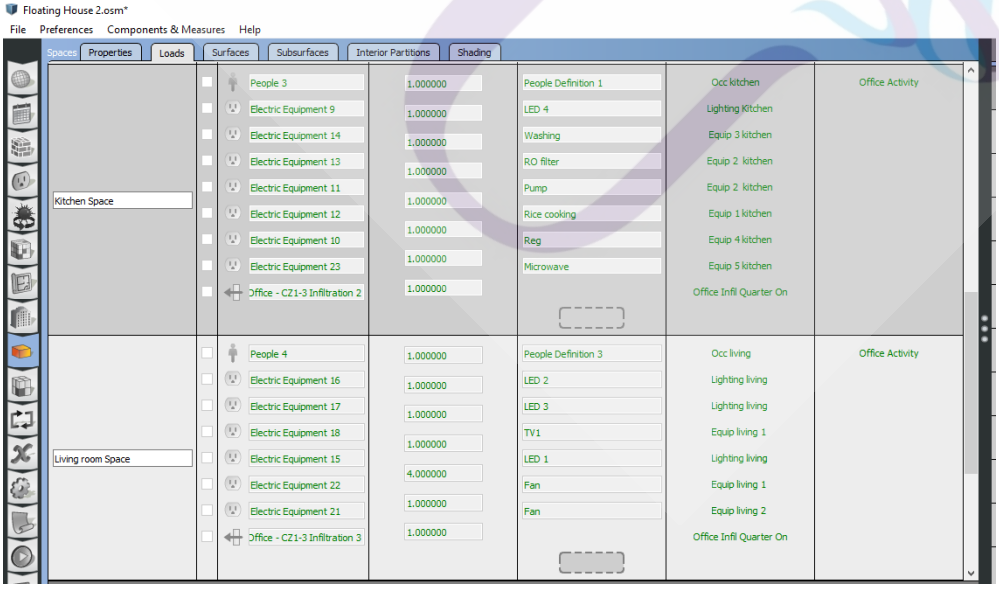
Top view ชั้นหลังคา และ Side view ของบ้าน (หน่วย มิลลิเมตร)

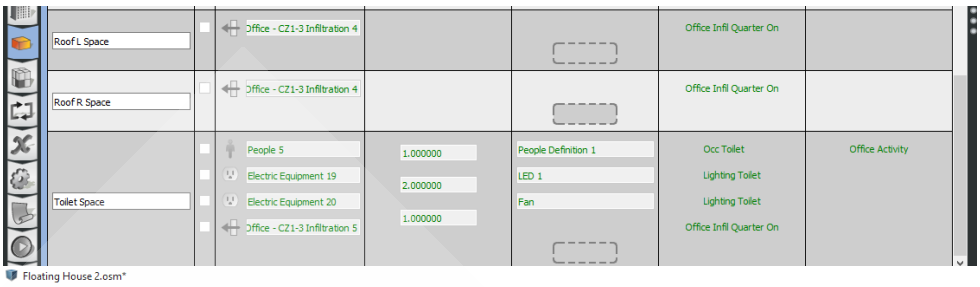
2. การใส่ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร, วัสดุโครงสร้าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า, ระบบปรับอากาศ และ Solar PV Rooftop ในโปรแกรม OpenStudio

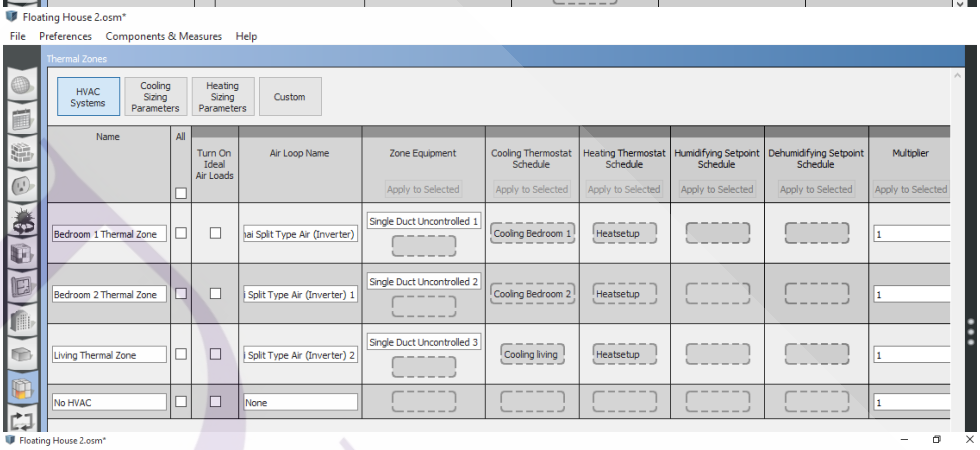


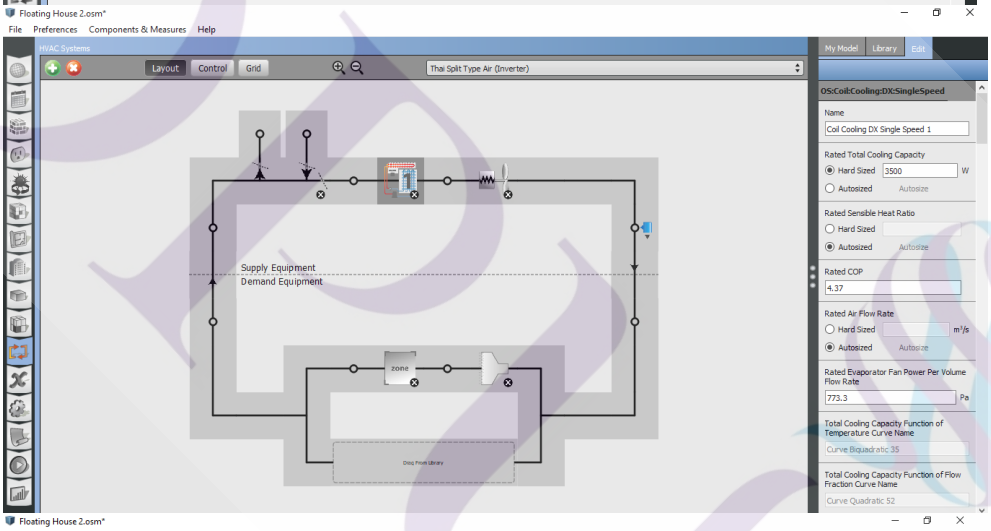

File Preferences Components & Measures Help
Spaces: Properties Loads Surfaces Subsurfaces Interior Partitions Shading
General Airflow Custom
Filters: Story Thermal Zone Space Type
All All All
Space Name All Story Thermal Zone Space Type Default Construction Set Default Schedule Set Part of Total Floor Area
Apply to Selected
Base Space Building Story 1 Base Space Type 001 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Bedroom 1 Space Building Story 2 Bedroom 1 Thermal Zone Bedroom 1 Space Type 002 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Bedroom 2 Space Building Story 2 Bedroom 2 Thermal Zone Bedroom 2 Space Type 002 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Kitchen Space Building Story 2 No HVAC Kitchen Space Type 002 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Living room Space Building Story 2 Living Thermal Zone Living Space Type 002 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Roof L Space Building Story 3 Roof Space Type 003 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Roof R Space Building Story 3 Roof Space Type 003 Thai Floating Home Cons Schedule Set
Toilet Space Building Story 2 No HVAC Toilet Space Type 002 Thai Floating Home Cons Schedule Set

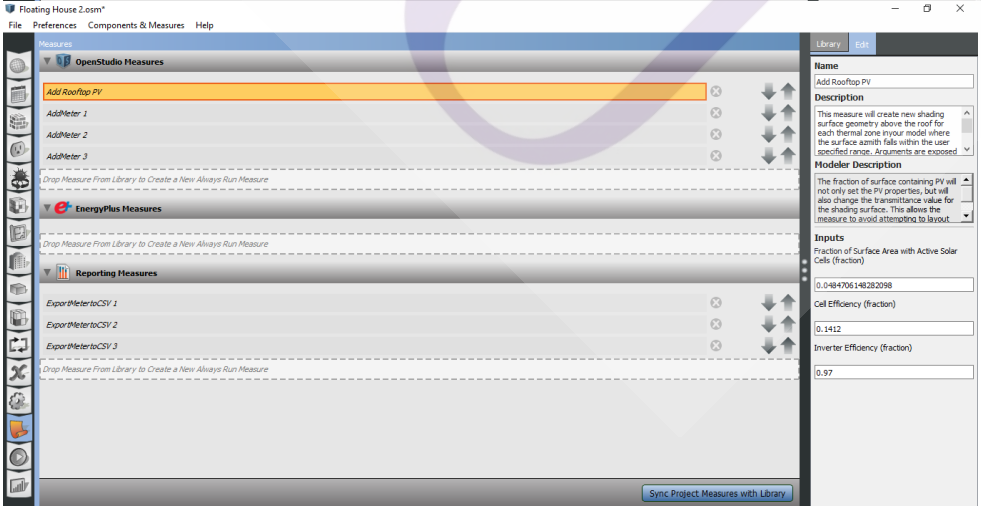

Floating House 2.osm*
File Preferences Components & Measures Help
Spaces: Properties Loads Surfaces Subsurfaces Interior Partitions Shading
Space Name All Load Name Multiplier Definition Schedule Activity Schedule (People Only)
Apply to Selected
Base Space dOffice - CZ1-3 Infiltration Office Infil Quarter On
Bedroom 1 Space People 1 1.000000 People Definition 2 Occ Bedroom 1 Office Activity
Electric Equipment 3 1.000000 TV2 Equip 2 Bedroom 1
Electric Equipment 2 1.000000 Electric fan Equip 1 Bedroom 1
Electric Equipment 4 1.000000 Dryer Equip Dryer
Electric Equipment 1 1.000000 LED 1 Lighting Bedroom 1
1 Office - CZ1-3 Infiltration 4.000000 Office Infil Quarter On
Bedroom 2 Space People 2 1.000000 People Definition 1 Occ Bedroom 2 Office Activity
Electric Equipment 5 2.000000 LED 1 Lighting Bedroom 2
Electric Equipment 7 1.000000 Notebook Equip 2 Bedroom 2
Electric Equipment 6 1.000000 Electric fan Equip 1 Bedroom 2
Electric Equipment 8 1.000000 Dryer Equip Dryer
Office - CZ1-3 Infiltration 1 1.000000 Office Infil Quarter On


Floating House 2.osm*
File Preferences Components & Measures Help
Spaces: Properties Loads Surfaces Subsurfaces Interior Partitions Shading
Kitchen Space People 3 1.000000 People Definition 1 Occ kitchen Office Activity
Electric Equipment 9 1.000000 LED 4 Lighting Kitchen
Electric Equipment 14 1.000000 Washing Equip 3 kitchen
Electric Equipment 13 1.000000 RO filter Equip 2 kitchen
Electric Equipment 11 1.000000 Pump Equip 2 kitchen
Electric Equipment 12 1.000000 Rice cooking Equip 1 kitchen
Electric Equipment 10 1.000000 Reg Equip 4 kitchen
Electric Equipment 23 1.000000 Microwave Equip 5 kitchen
Office - CZ1-3 Infiltration 2 1.000000 Office Infil Quarter On
Living room Space People 4 1.000000 People Definition 3 Occ living Office Activity
Electric Equipment 16 1.000000 LED 2 Lighting living
Electric Equipment 17 1.000000 LED 3 Lighting living
Electric Equipment 18 1.000000 TV1 Equip living 1
Electric Equipment 15 1.000000 LED 1 Lighting living
Electric Equipment 22 4.000000 Fan Equip living 1
Electric Equipment 21 1.000000 Fan Equip living 2
Office - CZ1-3 Infiltration 3 1.000000 Office Infil Quarter On

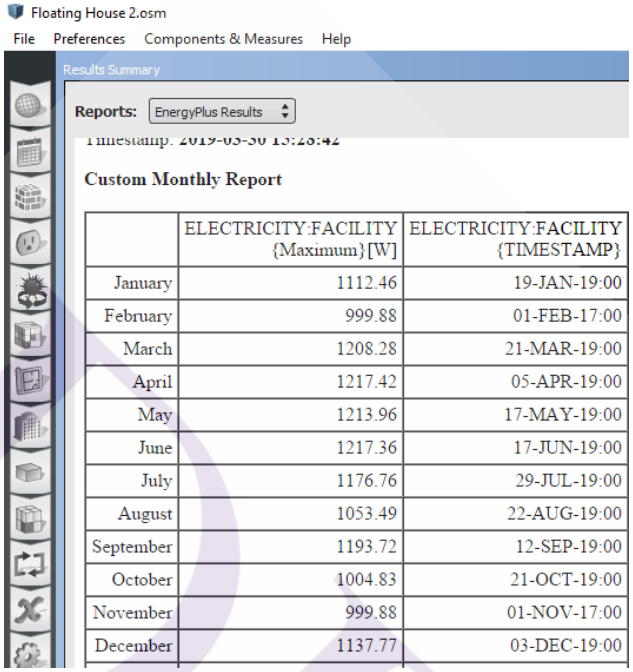

Roof L Space
Office - CZ1-3 Infiltration 4
Office Infil Quarter On
Roof R Space
Office - CZ1-3 Infiltration 4
Office Infil Quarter On
Toilet Space
People 5
1.000000
People Definition 1
Occ Toilet
Office Activity
Electric Equipment 19
2.000000
LED 1
Lighting Toilet
Electric Equipment 20
Fan
Lighting Toilet
Office - CZ1-3 Infiltration 5
1.000000
Office Infil Quarter On


Floating House 2.osm*
File
Preferences
Components & Measures
Help
Thermal Zones
HVAC Systems
Cooling Sizing Parameters
Heating Sizing Parameters
Custom
Name
All
Turn On Ideal Air Loads
Air Loop Name
Zone Equipment
Cooling Thermostat Schedule
Heating Thermostat Schedule
Humidifying Setpoint Schedule
Dehumidifying Setpoint Schedule
Multplier
Apply to Selected
Bedroom 1 Thermal Zone
Single Duct Uncontrolled 1
Cooling Bedroom 1
Heatsetup
1
Bedroom 2 Thermal Zone
Single Duct Uncontrolled 2
Cooling Bedroom 2
Heatsetup
1
Living Thermal Zone
Single Duct Uncontrolled 3
Cooling living
Heatsetup
1
No HVAC
None
1


Floating House 2.osm*
File
Preferences
Components & Measures
Help
HVAC Systems
Layout
Control
Grid
Thai Split Type Air (Inverter)
Supply Equipment
Demand Equipment
zone
My Model
Library
Edit
OS:Coil:Cooling:DX:SingleSpeed
Name
Coil Cooling DX Single Speed 1
Rated Total Cooling Capacity
Hard Sized
3500
W
Autosized
Rated Sensible Heat Ratio
Rated COP
4.37
Rated Air Flow Rate
Rated Evaporator Fan Power Per Volume Flow Rate
773.3
Pa
Total Cooling Capacity Function of Temperature Curve Name
Curve Biquadratic 35
Total Cooling Capacity Function of Flow Fraction Curve Name
Curve Quadratic 52


Floating House 2.osm*
File
Preferences
Components & Measures
Help
Measures
OpenStudio Measures
Add Rooftop PV
AddMeter 1
AddMeter 2
AddMeter 3
Drop Measure From Library to Create a New Always Run Measure
EnergyPlus Measures
Drop Measure From Library to Create a New Always Run Measure
Reporting Measures
ExportMetertoCSV 1
ExportMetertoCSV 2
ExportMetertoCSV 3
Drop Measure From Library to Create a New Always Run Measure
Sync Project Measures with Library
Library
Edit
Name
Add Rooftop PV
Description
This measure will create new shading surface geometry above the roof for each thermal zone inyour model where the surface azmith falls within the user specified range. Arguments are exposed
Modeler Description
The fraction of surface containing PV will not only set the PV properties, but will also change the transmittance value for the shading surface. This allows the measure to avoid attempting to layout
Inputs
Fraction of Surface Area with Active Solar Cells (fraction)
0.048470614828209 8
Cell Efficiency (fraction)
0.1412
Inverter Efficiency (fraction)
0.97

3. ตัวอย่างการแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ พลังงานไฟฟ้าที่รับจากภายนอก และ พลังงานไฟฟ้าจาก Solar PV Rooftop ในแบบจำลองพลังงาน


Floating House 2.osm

File Preferences Components & Measures Help

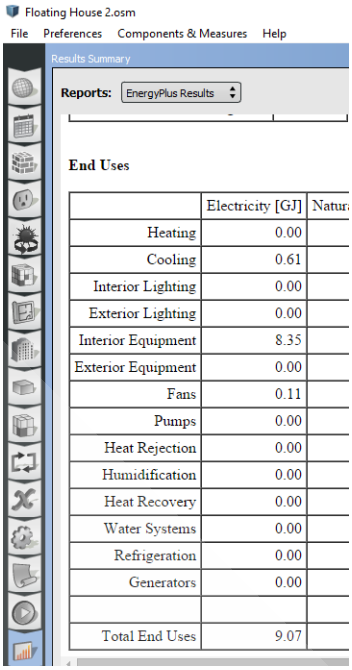
Results Summary

Reports: EnergyPlus Results

Timestamp: 2019-03-30 13:28:42

Custom Monthly Report

	ELECTRICITY:FACILITY {Maximum}[W]	ELECTRICITY:FACILITY {TIMESTAMP}
January	1112.46	19-JAN-19:00
February	999.88	01-FEB-17:00
March	1208.28	21-MAR-19:00
April	1217.42	05-APR-19:00
May	1213.96	17-MAY-19:00
June	1217.36	17-JUN-19:00
July	1176.76	29-JUL-19:00
August	1053.49	22-AUG-19:00
September	1193.72	12-SEP-19:00
October	1004.83	21-OCT-19:00
November	999.88	01-NOV-17:00
December	1137.77	03-DEC-19:00


Floating House 2.osm

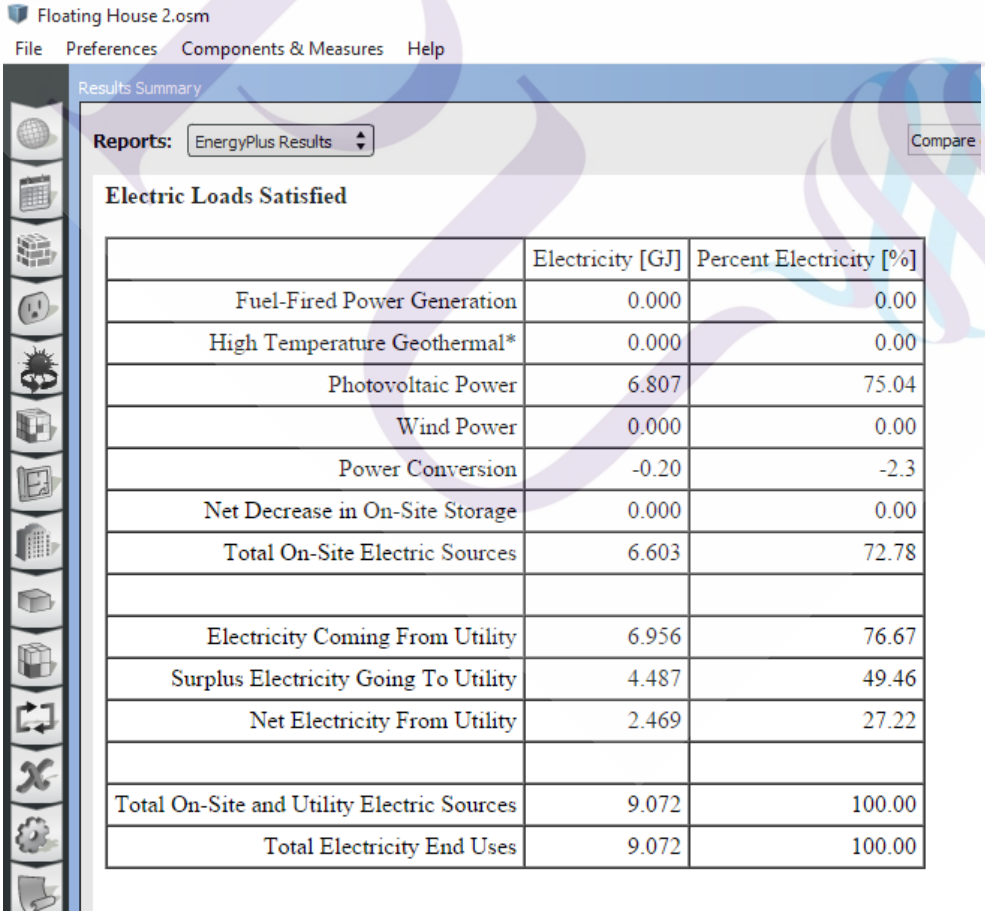
File Preferences Components & Measures Help

Results Summary

Reports: EnergyPlus Results

End Uses

	Electricity [GJ]	Natur
Heating	0.00	
Cooling	0.61	
Interior Lighting	0.00	
Exterior Lighting	0.00	
Interior Equipment	8.35	
Exterior Equipment	0.00	
Fans	0.11	
Pumps	0.00	
Heat Rejection	0.00	
Humidification	0.00	
Heat Recovery	0.00	
Water Systems	0.00	
Refrigeration	0.00	
Generators	0.00	
Total End Uses	9.07	


Floating House 2.osm

File Preferences Components & Measures Help

Results Summary

Reports: EnergyPlus Results

Compare

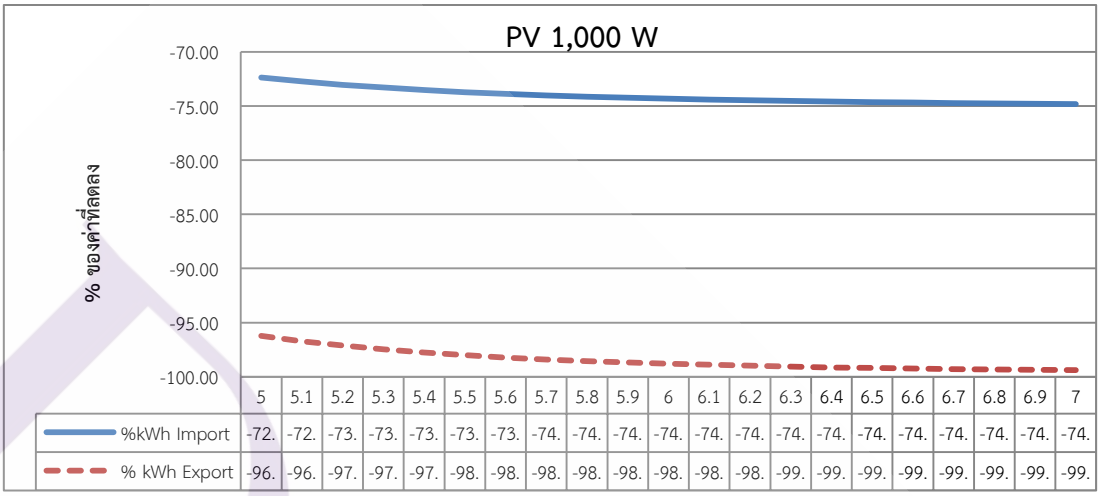
Electric Loads Satisfied

	Electricity [GJ]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	6.807	75.04
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-0.20	-2.3
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	6.603	72.78
Electricity Coming From Utility	6.956	76.67
Surplus Electricity Going To Utility	4.487	49.46
Net Electricity From Utility	2.469	27.22
Total On-Site and Utility Electric Sources	9.072	100.00
Total Electricity End Uses	9.072	100.00

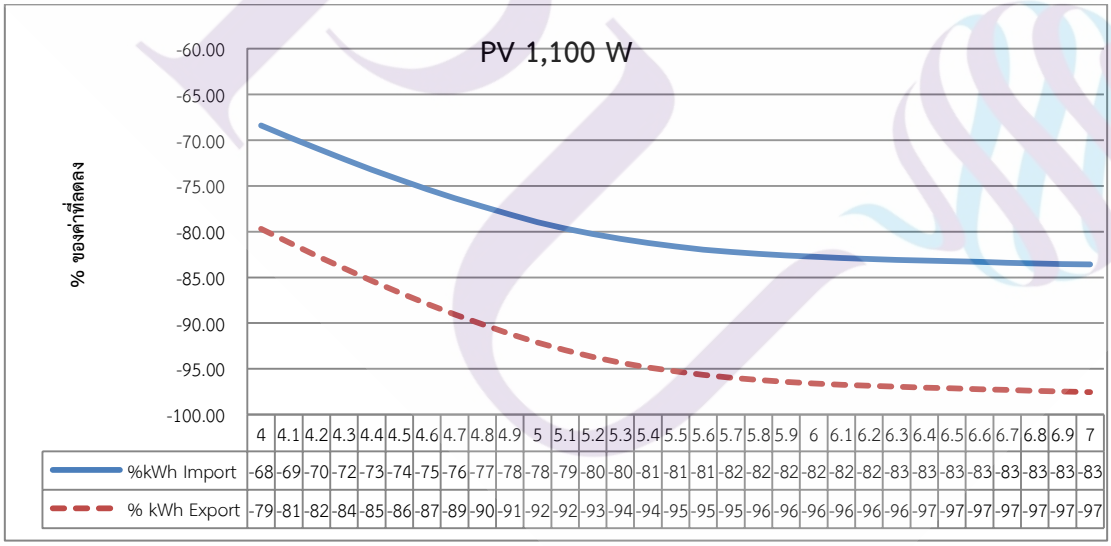
ภาคผนวก ข.

ผลของขนาด Battery ต่อพลังงานไฟฟ้าที่รับเข้า (Imported Energy)

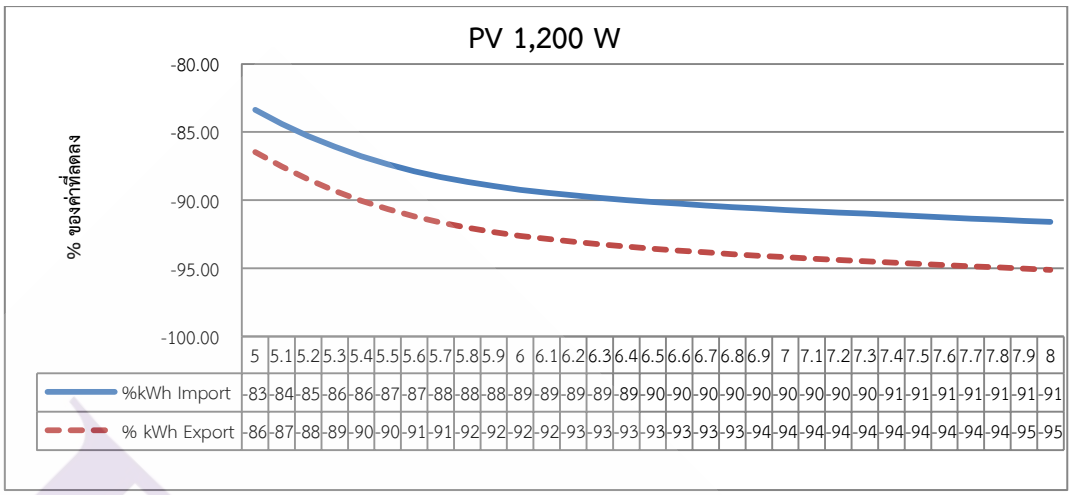
ผลการคำนวณขนาดขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy ของแบบจำลองพลังงานบ้านลอยน้ำต้นแบบ



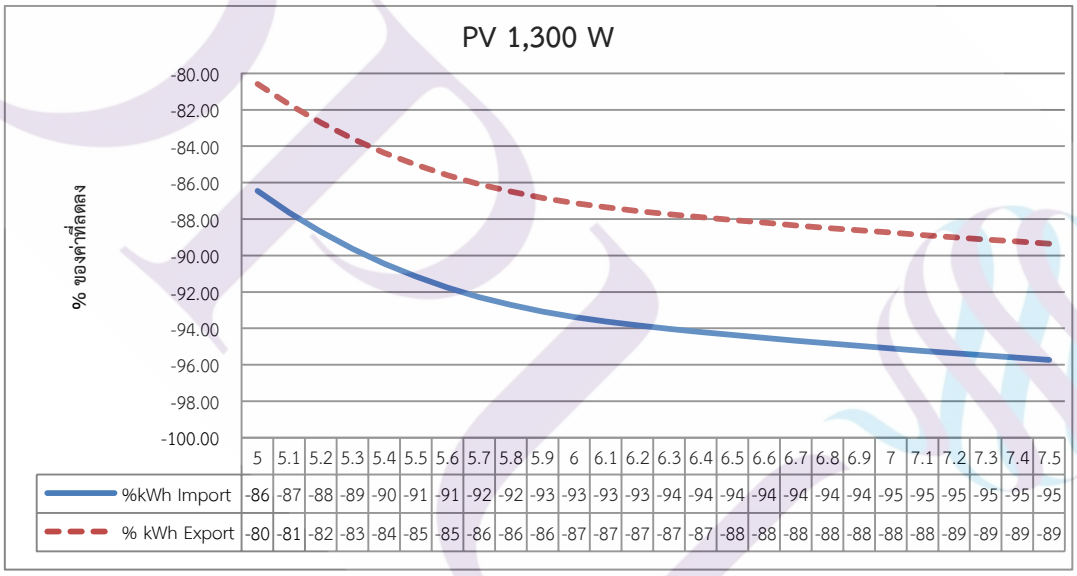
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,000 W)



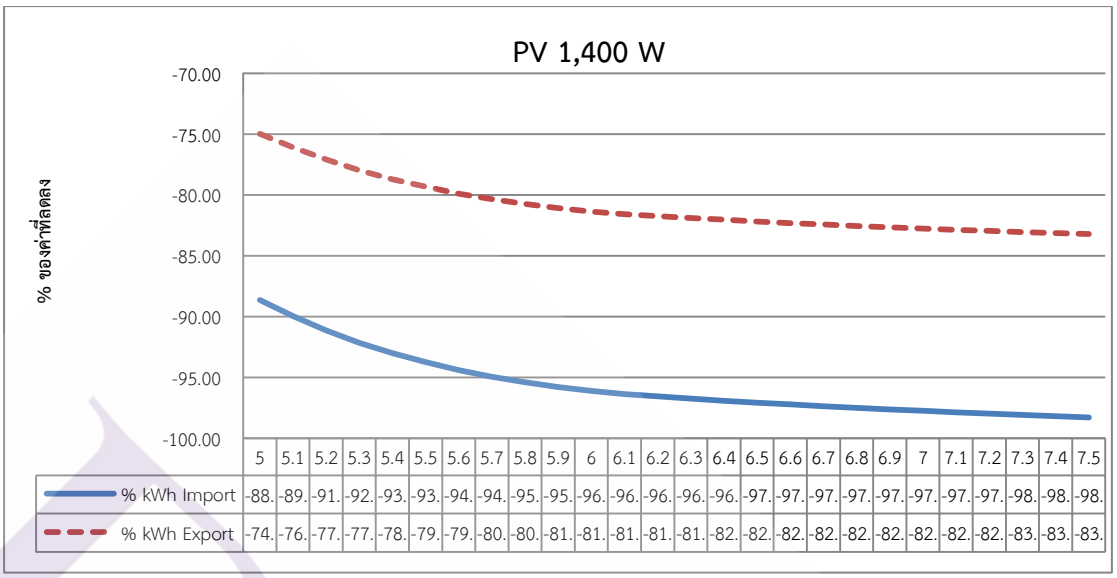
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,100 W)



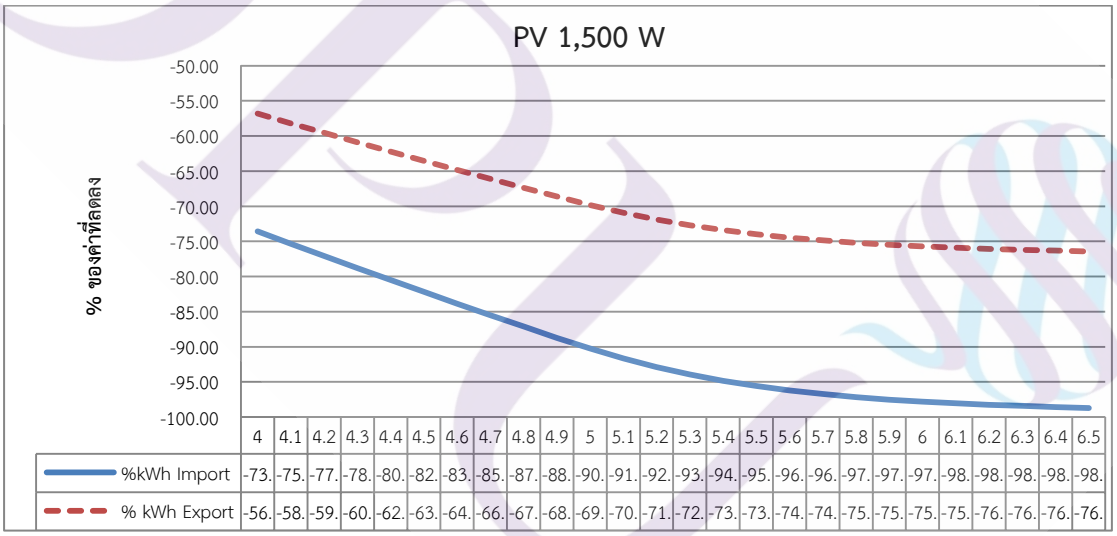
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,200 W)



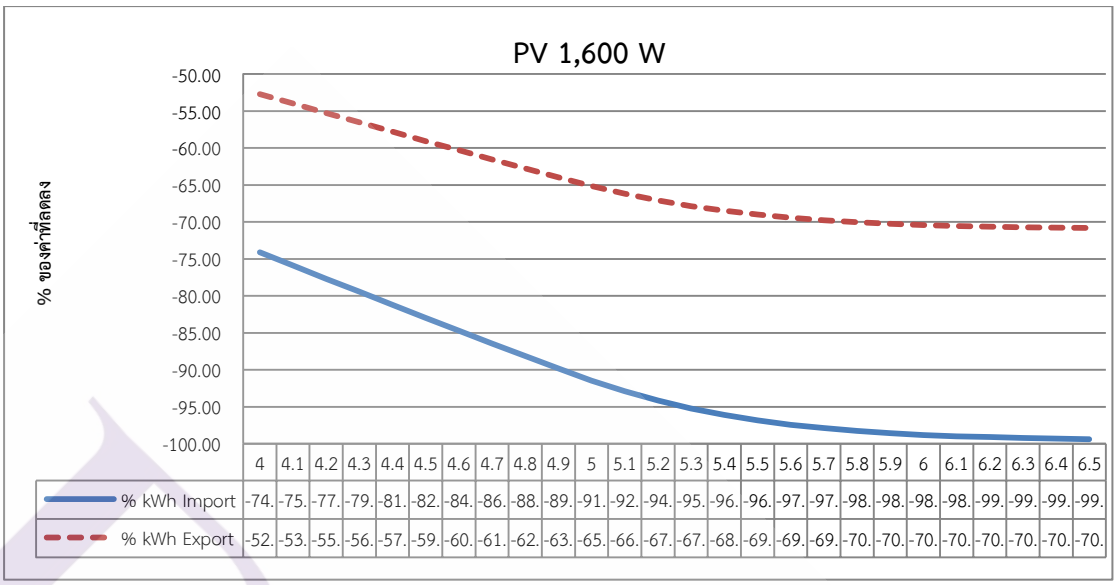
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,300 W)



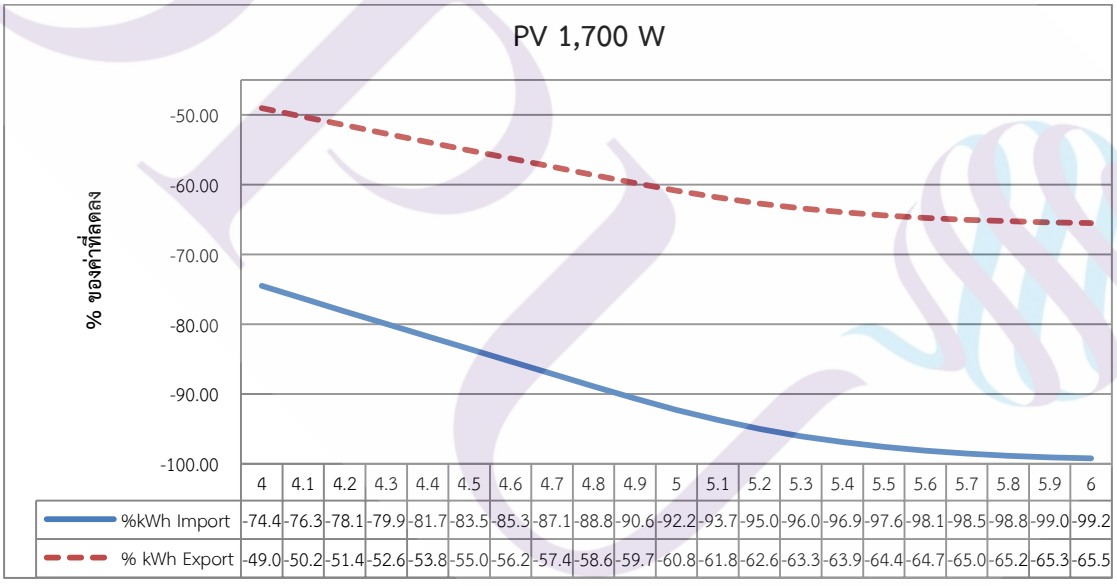
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,400 W)



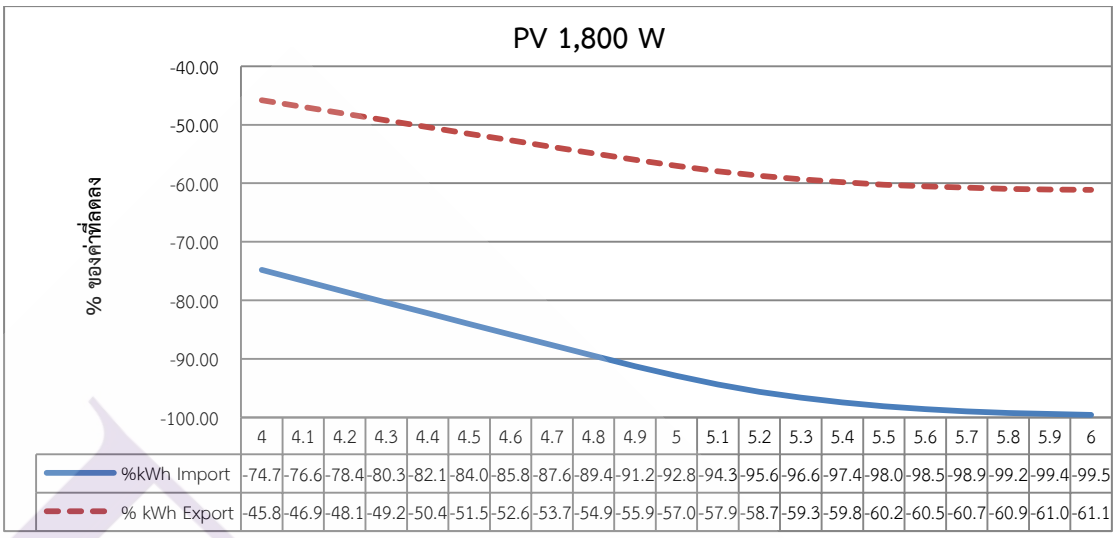
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,500 W)



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,600 W)



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,700 W)



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาด Battery (kWh) กับร้อยละที่ลดลงของ Import Energy และ Export Energy (ขนาด Solar PV Rooftop 1,800 W

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธรรศกร ทองบ่อ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกส่งเสริมพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำ กองส่งเสริมพลังงานทดแทนและผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค