

แนวคิดในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานและผลิตกระแสไฟฟ้า  
ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

A DESIGN CONCEPT OF SOLAR HOUSE AND SAVING ENERGY



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-324-034-9

แนวความคิดในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานและผลิตกระแสไฟฟ้า  
ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

A DESIGN CONCEPT OF SOLAR HOUSE AND SAVING ENERGY



เลขหน้.....  
เลขทะเบียน...44107...  
วัน, เดือน, ปี 3 0 ต.ค. 2545

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาก่อนหรือหลังการอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2545

ISBN 974-324-034-9

**A DESIGN CONCEPT OF SOLAR HOUSE AND SAVING ENERGY**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN ARCHITECTURE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันฯ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

**2002**

**ISBN 974-324-034-9**



**COPYRIGHT 2002** ผลงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปทำธุรกิจโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ หรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**  
**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แนวความคิดในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานและผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย  
เซลล์แสงอาทิตย์  
A DESIGN CONCEPT OF SOLAR HOUSE AND SAVING ENERGY  
ชื่อนักศึกษา นางสาวมุกดา บุญหมั่น  
รหัสประจำตัว 38063016  
ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.มัลย์ จีรวัฒนเกษตร์  
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.สมพล คำรงเสถียร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.มัลย์ จีรวัฒนเกษตร์	
ผศ.สมพล คำรงเสถียร	
อาจารย์สุรศักดิ์ กังขาว	
อาจารย์สุทัศน์ จุฬามานี	
รศ.ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 22 พฤษภาคม 2545 เวลา 16.00 น. เป็นต้นไป  
สถานที่สอบ ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว  
  
(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัคร)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ วันที่ 20 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2545 การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวความคิดในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานและ  
ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

นักศึกษา

นางสาวมุกดา บุญหมั่น

รหัสประจำตัว

38063016

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

พ.ศ.

2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ดร.มาลัย จีรวัดนเกษตร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.สมพล คำรงค์เสถียร

### บทคัดย่อ

จากการที่ประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา และยังมีแนวโน้มที่จะขยายตัวต่อไปในอนาคต ในอัตราเฉลี่ยค่อนข้างสูง เป็นผลทำให้ความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า และเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม โลก จึงได้มีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน แทนที่จะสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตจึงได้มีโครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะอาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าบนหลังคาบ้าน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยศึกษาจากบ้านที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เนื่องจากสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศใกล้เคียงและสามารถนำมาเปรียบเทียบ เพื่อเป็นอาคารกรณีศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ บ้าน 6 หลัง ในโครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน โดยสำนักงานวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสัมภาษณ์และแบบสังเกตใน 4 ด้าน คือ สภาพแวดล้อมของทำเลที่ตั้งอาคาร อิทธิพลภายนอก

จากการศึกษาพบว่า บ้าน ดร.สุนทร จะมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุด ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยพลังงานที่ผลิตได้ kWh/kWp/Year บ้าน ดร.สุนทร จะสูงที่สุดคือ 1,250.8 kWh/kWp/Year โดยใช้ข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน 2541 ถึงเดือนพฤษภาคม 2542 ซึ่งเป็นช่วงที่บ้านทุกหลังต่อเข้าระบบครบ 12 เดือน และจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเต็มทั้งเดือน บ้านคุณอุทิศ มีค่า 957.47 kWh/kWp/Year เนื่องจากในช่วงฤดูหนาวดวงอาทิตย์เคลื่อนต่ำได้มาถูกบังด้วยตึก

คอนโดมิเนียมใกล้ ๆ บ้าน ส่วนบ้านคุณสมบูรณ์ ดูจากทิศทางและสภาพแวดล้อมของอากาศแล้ว น่าจะได้ผลดีกว่าที่อื่น ๆ แต่กลับได้กำลังผลิตต่ำ ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับ

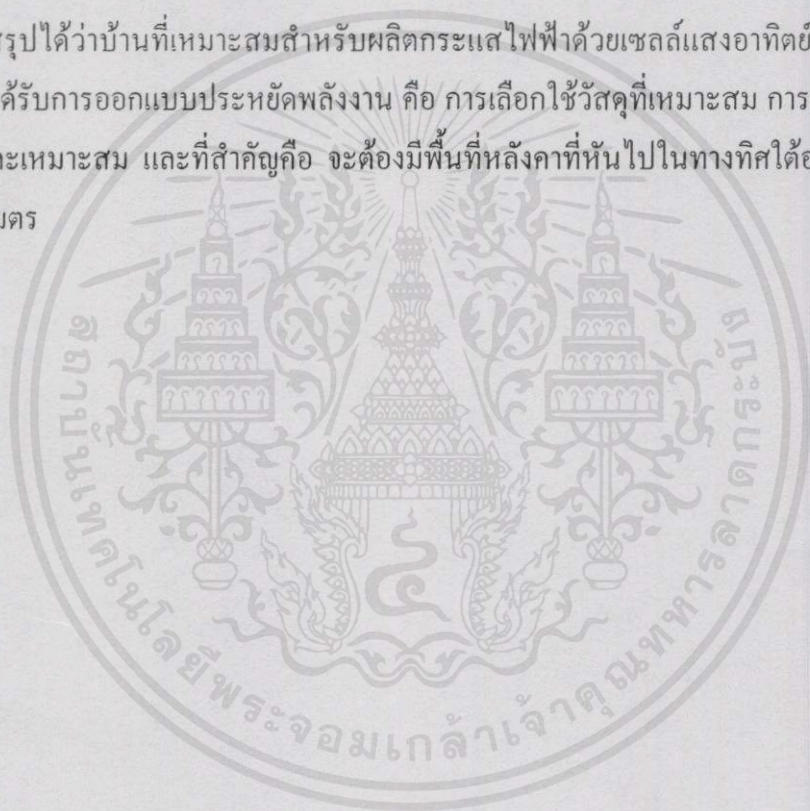
1. ลักษณะของบ้านจะเห็นได้ว่าบ้าน ดร.สุนทร ที่มีการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าบ้านที่ไม่ได้มีการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน

2. การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่จะต้องขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของอาคารที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เงาของต้นไม้ใหญ่ หรืออาคารสูง เป็นต้น

3. การใช้หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พลังงานกระแสไฟฟ้าที่ได้มานั้นลดลงไป

สรุปได้ว่าบ้านที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน คือ บ้านที่ได้รับการออกแบบประหยัดพลังงาน คือ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม การจัดวางตำแหน่ง ที่ถูกต้องและเหมาะสม และที่สำคัญคือ จะต้องมีส่วนที่หลังคาที่หันไปในทางทิศใต้อย่างน้อย

24 ตารางเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Design Concept of Solar House and Saving Energy
Student	Miss.Mukda Bunman
Student ID.	38063016
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Master of Architecture
Year	2002
Thesis Advisor	Dr.Malai Gerawatanakaset
Thesis Co-Advisor	Assistant Sompol Dumrongsatian

## ABSTRACT

Since Thailand has contionly the Economy in the past and according to forecasts is still growing, the need for power for consumption is expected to be greater, especially for electricny concerning to conserve. The environment, alternative approach for electricity generating has been developed such as scale cell on roof-top instead of constructing a huge dan which strong environment has the electricity generating authority of Thailand (EGAT) has introduced to public. A Demonstration project of generating and setting electricity generated from solar cell on house Roof – tops.

The object of this thesis is to study and find a good configuration of houses solar on roof – tops generate quality – electricity. The study – houses are situated in Bangkok and suburbs.

The study consists of 6 houses in the demonstration project of research GAT, which Were brut and developed by the and development section (R & T) of EGAT. Experiment tools Are interviewing forms and recognizing-forms-which experience in 4 different categories such as : building location, external influences, building configuration and building orientation.

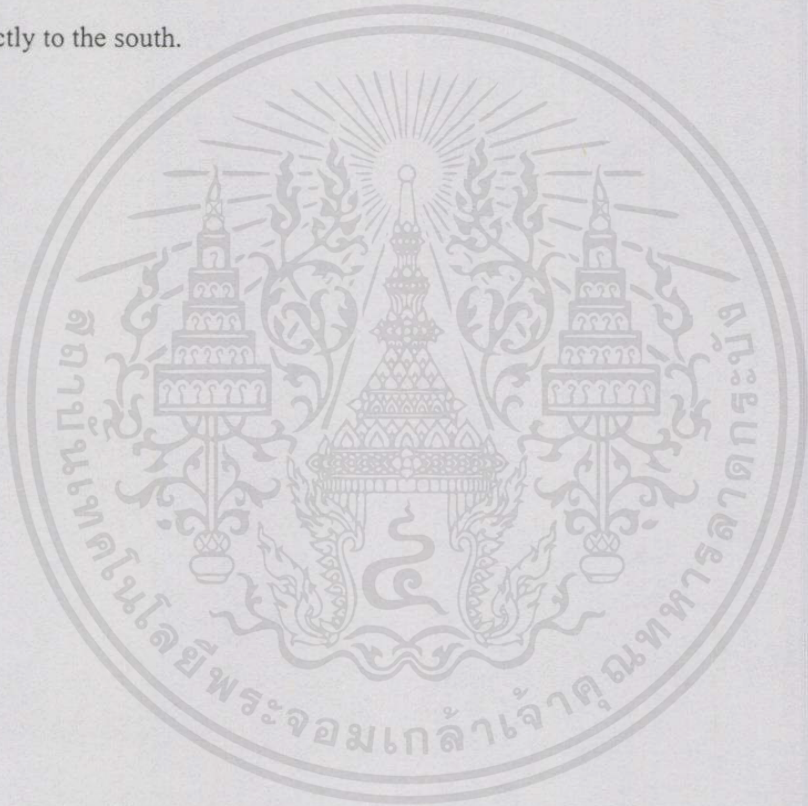
Has the most effective of electricity generating, 1250.8 kWh/kWp/Year. The collected informations were from June, 1998 to may.

The result shows that Dr.Dunthorn's house has the most effective of electricity power Generality, 1250.8 kWh/kWp/Year. The collected informations were from June, 1988 to May, 1999. Dr. Uthis's house has 957.47 kWh/kWp/Year. Because winter-sun has low-angle and blocked by a near by high-rise condominium. And Khun Sombun's house, which should perform the best, has little collection eventhough has good vocation and orientation.

The study reveals an effective performance of electricity generation is based on some Criteria such as :

1. House's configuration : Dr.Sunthorn's house is specifically designed for less energy consumption, thus more electricity is generated.
2. External influents : shadow of trees or bldgs lower effectiveness of solar cell.
3. Electricity adapter specification : an inefficient adapter lowers a collective amount of generated electricity.

In summery, appropriate houses for generating a great amount of electricity by Installing a solar cell on Roof-Top is the energy conservation-designed house which has Appropriate natural specification, orientation and must have at least 24 of the Roof-Top area Facing directly to the south.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา ช่วยเหลือเอาใจใส่ ดูแล ให้คำแนะนำ เป็นอย่างดีจาก ดร.มาลัย จีรวัฒนเกษตร์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.สมพล คำรังเสถียร อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจทานและแก้ไข แบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว นางสาวอำไพ พวงทอง นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์ ศ.ดร.ธีระ สุธะบุตรที่กรุณาให้ความร่วมมือ และให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่การไฟฟ้า ฝ่ายผลิตเขตบางกรวย เจ้าหน้าที่กรมอนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้หากมีประโยชน์และคุณค่าอยู่บ้าง ผู้วิจัยใคร่ขอมอบคุณความดีเหล่านี้ แต่บิดา-มารดา และครู-อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้ความรู้แก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตาเสมอมา และขอขอบคุณอาจารย์ ขจรศักดิ์ เจ้ากรมทอง อาจารย์ภานุวิษณุ จิตรนอก เด็กชายทะนุภัทร์ จอห์น บัท ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

มุกดา บุญหมั่น

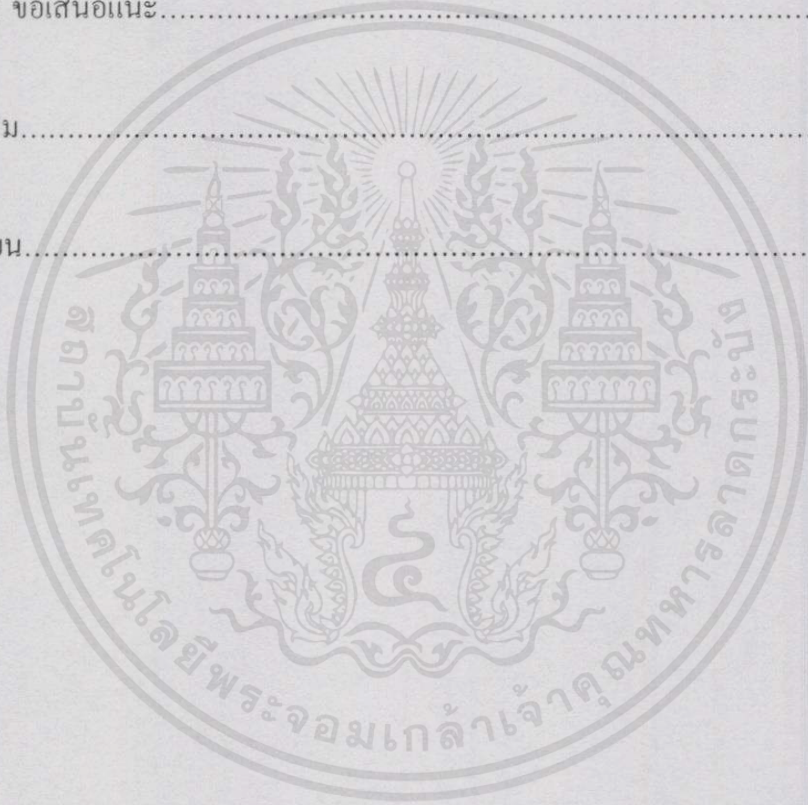
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	4
1.6 ขอบเขตพื้นที่หรือสภาพทางภูมิศาสตร์.....	7
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 การศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน.....	12
2.2 สภาพการผลิตพลังงาน และปัญหาของพลังงานในประเทศไทย.....	13
2.3 แนวทางการประหยัดพลังงาน.....	16
2.4 นโยบายอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยในส่วนที่เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์.....	21
2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ.....	35
2.6 การศึกษาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์.....	42
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	65
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	84
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	84
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	85
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	87

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	130
5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	130
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	134
บรรณานุกรม.....	135
ประวัติผู้เขียน.....	136



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในภาคต่าง ๆ ระหว่างเยอรมันกับไทย.....	15
2.2 วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์.....	43
2.3 กลไกพื้นฐานการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์และเทคโนโลยีพื้นฐานเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์.....	44
4.1 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว.....	92
4.2 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน นายสมบุรณ์ คุรุพาณิชย์.....	95
4.3 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ดร.สุนทร บุญญาธิการ.....	99
4.4 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน น.ส.อำไพ พวงทอง.....	101
4.5 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์.....	104
4.6 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ศ.ดร.ธีระ สุกตะบุตร.....	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 Tang, K.H Design for Climate Far East Architect and Builder.....	4
2.1 แสดงผลงานแสงอาทิตย์.....	27
2.2 ระบบไฟฟ้า.....	28
2.3 ระบบจำหน่ายโดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน.....	29
2.4 การใช้ pv ในประเทศสวีเดน.....	30
2.5 การใช้ pv ในประเทศสหรัฐอเมริกา.....	31
2.6 การคาดคะเนเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์.....	32
2.7 แนวโน้มตลาด pv.....	33
2.8 การเกิดกระแสไฟฟ้า.....	50
2.9 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกซิลิกอน.....	52
2.10 แผนภาพระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน.....	59
2.11 การสร้าง I-V curve.....	60
2.12 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงโดยใช้ I-V curve.....	61
4.1 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว.....	91
4.2 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ นายสมบูรณ์ ทรัพย์พาณิชย์.....	94
4.3 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ ดร.สุนทร บุญญาธิการ.....	98
4.4 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ นางสาวอำไพ พวงทอง.....	100
4.5 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์.....	103
4.6 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ ศ.ดร.ธีระ สุกตะบุตร.....	105
4.7 แสดงแบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 1 และผังบริเวณ.....	110
4.8 แสดงแบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 1.....	111
4.9 แสดงแบบแปลนหลังคา.....	112
4.10 แสดงแบบรูปด้าน 1.....	113
4.11 แสดงแบบรูปด้าน 2.....	114
4.12 แสดงแบบรูปด้าน 3.....	115
4.13 แสดงแบบรูปตัดตามแนวรูปด้าน 4.....	116
4.14 แสดงแบบรูปตัดตามแนวรูปด้าน 1.....	117
4.15 แสดงการปูพื้นที่จ่อครุฑเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร.....	118

# สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 แสดงการวางตำแหน่งห้องน้ำภายในอาคาร.....	116
4.17 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องครัวและลานซักล้าง.....	120
4.18 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งที่วางเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า.....	121
4.19 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องนอน.....	122
4.20 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องนอน 2.....	123
4.21 แสดงแนวความคิดในการตกแต่งภายนอกอาคาร เพื่อลดความร้อนภายในบ้านและ เพิ่มแสงสว่างภายในอาคารจากแสงภายนอก.....	124
4.22 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งส่วนที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาบ้าน.....	125
4.23 แสดงแนวความคิดในการออกแบบบริเวณส่วนของบันได.....	126
4.24 แสดงแนวความคิดในการออกแบบบริเวณส่วนของโถงบันได.....	127
4.25 แสดงแนวความคิดในการออกแบบขยายบริเวณฝ้าชายคาและบริเวณजू.....	128
4.26 แสดงแบบจำลองบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.....	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ไฟฟ้าเป็นพลังงานอย่างหนึ่งและเป็นพลังงานที่สะอาด ใช้ได้สะดวกอย่างกว้างขวางและประหยัด ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมีบทบาทที่สำคัญมากต่อการพัฒนาประเทศ การเลือกใช้ทรัพยากรพลังงาน เพื่อการผลิต ไฟฟ้านั้น ถ้าสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งทรัพยากรพลังงานในประเทศได้ในสัดส่วนที่มากที่สุด และจะทำให้เกิดความมั่นคง ทางระบบเศรษฐกิจของชาติยิ่งขึ้น แต่ข้อเสียที่สำคัญคือ ปริมาณสำรองของแหล่งพลังงานในประเทศยังไม่แน่นอน ทรัพยากรในประเทศบางชนิด เมื่อมีการพัฒนาขึ้นมาใช้แล้วยังมีราคาแพงกว่าทรัพยากรพลังงานนำเข้า ตลอดจนอุปสรรคในการพัฒนาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ในประเทศที่ขัดแย้งกับนโยบายทางด้าน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อาจกล่าวได้ว่า ประเทศไทยยังคงมีความจำเป็นต้องพึ่งทรัพยากร พลังงาน นำเข้าจากต่างประเทศในสัดส่วนที่สูงขึ้นอีก (กฟผ : 2539)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังผลิตติดตั้งทั้งระบบรวม 15,737,998 กิโลวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 1,066,150 กิโลวัตต์คิดเป็นร้อยละ 7 ของกำลังการผลิตทั้งระบบในปีงบประมาณ 2539 กำลังผลิตติดตั้งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา รวมทั้งสิ้น 152,150 กิโลวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 โดยมีโรงไฟฟ้าที่ก่อสร้างเสร็จนำมาใช้งานใหม่รวม 1,066,150 กิโลวัตต์ และในเดือนมิถุนายน 2539 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้ขายโรงไฟฟ้าขอม กำลังผลิตรวม 824,000 กิโลวัตต์ ให้แก่บริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) นอกจากนี้ได้ยกเลิกโรงไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานออกจากระบบรวม 90,000 กิโลวัตต์ ซึ่งได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่ โรงไฟฟ้า กังหันแก๊สหาดใหญ่ และสุราษฎร์ธานี (2539 : 27)

การดำเนินงานด้านพลังงานทดแทนในรอบปีงบประมาณ 2539 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้ดำเนิน การด้านพลังงานแสงอาทิตย์ 3 โครงการคือ โครงการแรกเป็นบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งติดตั้งที่สถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่โดยติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2.5 กิโลวัตต์บนหลังคาบ้านพัก กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ถูกแปลงให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ก่อนส่งจำหน่าย โดยผ่านมิเตอร์ขายในช่วงกลางวัน และซื้อไฟในช่วงกลางคืน บ้านพลังงาน แสงอาทิตย์นี้สามารถจ่ายไฟเข้าระบบได้ตั้งแต่เดือนเมษายน 2539 โครงการที่สองเป็นโครงการ สาธิตการผลิตไฟฟ้าระบบท่อส่งความร้อนขนาด 50 วัตต์ เท่ากับความร้อนที่ศูนย์สาธิตพลังงานทดแทน โรงไฟฟ้าบางปะกงสำหรับ โครงการสุดท้ายเป็น โครงการศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบปล่องลม ซึ่งนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยปฏิกิริยาเรือนกระจก

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศขนาดใหญ่นับวันจะเกิดขึ้นได้ยาก เพราะเหตุจากกระแสการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโลกเป็นผลทำให้สถานการณ์การผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในอนาคตต้องเปลี่ยนทั้งรูปแบบและราคาไปจากปัจจุบัน กล่าวคือโรงไฟฟ้าในอนาคตจะต้องมีขนาดเล็กกลง ใช้พลังงานที่สะอาดไม่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม สามารถกระจายไปอยู่ตามแหล่งชุมชนต่าง ๆ ได้รวมทั้งให้ประชาชนทั่ว ๆ ไปมีส่วนร่วมสามารถผลิตไฟฟ้าเสริมเข้ามาในระบบการจำหน่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้

สงวน ดังเดชะหิรัญ (กฟผ : 2540) พบว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับหมู่บ้านในชนบทที่ห่างไกลด้วยพลังงานทดแทน เช่น พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และก๊าซชีวภาพเป็นต้น น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีและเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ ที่จะพัฒนาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นอย่างยิ่ง โครงการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นโครงการที่เหมาะสมที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ปราศจากมลภาวะเป็นพิษ มีแหล่งพลังงานอยู่ทั่วไปและไม่สิ้นสุด (2539 : 27)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของบ้านแสงอาทิตย์โดยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาดมาใช้ผลิตไฟฟ้าสำหรับบ้านพักอาศัยเพื่อให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต กล่าวคือ ในช่วงกลางวันประชาชนออกไปทำงานนอกบ้าน ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนที่เกินความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านสามารถจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้านครหลวงได้ ส่วนตอนกลางคืนหรือช่วงที่ต้องการใช้ไฟฟ้าสามารถซื้อจากการไฟฟ้านครหลวงมาใช้ได้ตามปกติ นอกจากนี้การผลิตไฟฟ้าจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้านครหลวง ในช่วงกลางวันยังเป็นการสนองตอบกับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ระบบปรับอากาศตามสถานที่ราชการ สำนักงาน โรงพยาบาล โรงแรม และศูนย์การค้า ต่าง ๆ ได้อีกทางหนึ่งด้วย บ้านแสงอาทิตย์หลังแรกของประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณสถานีพลังงานแสงอาทิตย์ สันกำแพง หมู่บ้านสหกรณ์ 2 อ. สันกำแพง จ.เชียงใหม่ เป็นบ้านที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า จำนวน 44 แผง มีกำลังผลิตรวม 2.5 กิโลวัตต์ ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าผลิตไฟฟ้ากระแสตรงในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ขนาด 2.5 กิโลวัตต์ให้เป็นกระแสสลับขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิซ (Hertz) ผ่านระบบป้องกัน แล้วจึงนำมาใช้ภายในบ้าน กระแสไฟฟ้าที่เกินความต้องการจะส่งผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้าจำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในเวลาที่ไม่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่บ้านจะซื้อมาจากระบบจำหน่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคผ่านมิเตอร์ซื้อไฟฟ้าตามปกติที่ใช้อยู่ ทำให้การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีนี้ ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นตัวเก็บพลังงาน จึงลดค่าลงทุนและการบำรุงรักษาลงเป็นอย่างดี การคิดค่าพลังไฟฟ้าจะคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อไฟฟ้าหักลบจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจำหน่ายผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้า จึงเหมาะสำหรับบ้านในเมืองและชนเมืองซึ่งมีพื้นที่บนหลังคา

ตั้งแต่ 24 ตารางเมตรขึ้นไป (3 x 8 เมตร) จากการติดตั้งระบบดังกล่าวสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 4,000 หน่วย หรือเฉลี่ยเดือนละ 330 หน่วย นอกจากจะประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดพลังงาน และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังให้ความสะดวกสบายสำหรับบ้านพักอาศัยด้วย จึงนับได้ว่าเหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กและ ขนาดกลาง นอกจากนี้แผงรับแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไว้ ยังช่วยลดความร้อนให้กับตัวบ้านอีกทางหนึ่งด้วย จากข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แสดงว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1,500 - 1,600 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลวัตต์สูงสุดต่อปี ดังนั้น

1. พลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จากบ้าน 1 หลัง ประมาณ 3,750 - 4,500 หน่วยต่อปี
2. สามารถลดการใช้ น้ำมัน ในการผลิตไฟฟ้าลงได้ 1,250 - 1,500 ลิตรต่อปีต่อหลัง
3. ราคาค่าพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับ 3.12 - 2.77 บาทต่อหน่วย

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่า ถ้าหากบ้านพักอาศัยแต่ละหลังมีความต้องการใช้ไฟฟ้าจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาก แต่รูปแบบและลักษณะของบ้านไม่เหมาะสมที่จะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยก็จะต้องใช้ไฟฟ้าจากการ โรงงานผลิตไฟฟ้าเท่านั้น ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า การผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจะต้องสร้างเขื่อน และใช้พื้นที่ รวมทั้งงบประมาณในการสร้างเขื่อนมาก ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรคนและทรัพยากรธรรมชาตินอกจากนั้นยังทำเกิดมลภาวะทั้งในการก่อสร้าง และการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย ถ้าหากในอนาคตบ้านพักอาศัยแต่ละหลัง สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เองก็จะทำให้ลดและประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาหารูปแบบและลักษณะบ้านที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้สนใจทั่วไป และเป็นแนวทางในการออกแบบบ้านที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และหากบ้านทุกหลัง มีลักษณะที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ก็จะสามารถชะลอแผนการสร้างโรงไฟฟ้าที่ต้องมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อีกทางหนึ่ง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. เพื่อหาลักษณะอาคารที่เหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สังกะระห้องประกอบของบ้านที่ประหยัดพลังงาน
2. เสนอแนวความคิดในการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการจัดสภาพแวดล้อมของอาคาร เพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้าน โดยการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

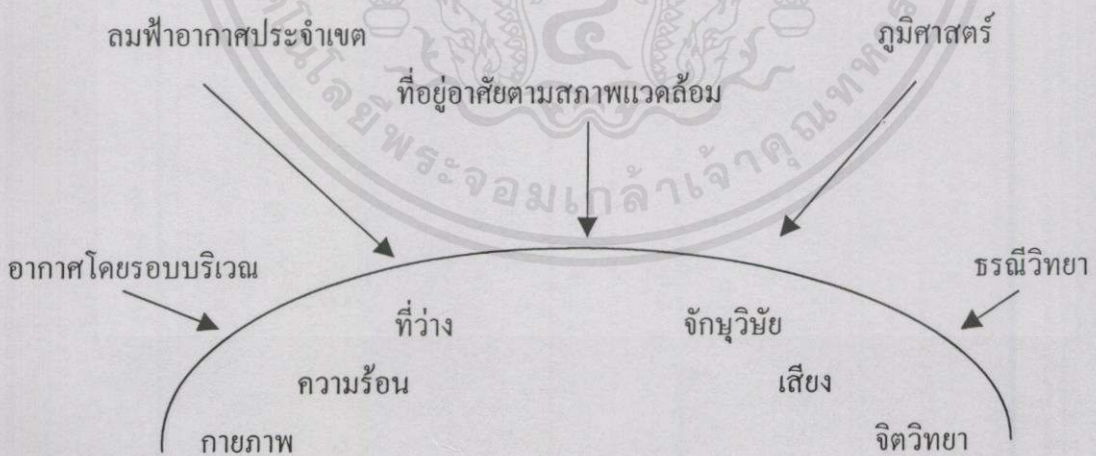
### 1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการที่สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้างต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างกรอบแนวความคิดในการวิจัย เพื่อนำมาใช้ในการหาแนวทางในการออกแบบ และวัตถุประสงค์ทางการศึกษาอย่างแท้จริง

ตรึงใจ บูรณสมภพ ได้ให้แนวความคิดและหลักการเกี่ยวกับ สภาพแวดล้อมว่า การสร้างสรรค์นี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ในหลักใหญ่แยกเป็น 2 ประการคือ

1. สภาพแวดล้อมทางจิตใจ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมอันได้แก่ ศีลธรรมและการรู้จักถูก สังกม ประวัติศาสตร์

2. สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับร่างกาย ได้แก่ สภาพทางภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา ลมฟ้าอากาศ ที่ว่างในเรือนของสภาพแวดล้อม (การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. 2521 : 7) ตรึงใจ บูรณสมภพ ได้อธิบายว่า อาคารเป็นสถานที่ ๆ ชีวิตมนุษย์ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับสัมผัส เพื่ออยู่อาศัยในกิจการต่าง ๆ สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นตัวกำหนดที่ตั้งและลักษณะอาคาร ส่วนอาคารจะสร้างสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารประกอบด้วยลมฟ้าอากาศประจำเขต สภาพทางภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา ลักษณะอากาศ และสภาพข้างเคียงโดยรอบบริเวณ อาคาร ภายในอาคาร ซึ่งเกิดจากการสร้างสรรค์ของสถาปนิก ประกอบด้วยบรรยากาศที่ทำให้ได้รับความสบาย มีสุขภาพดี จิตใจดี ที่ว่าง การระบายอากาศปริมาณของความร้อน การให้แสงสว่างเพื่อการมองเห็น และการได้ยิน ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับสภาพแวดล้อมในบริเวณข้างเคียงโดยรอบอาคารด้วย



ภาพที่ 1.1 Tang, K.H Design for Climate Far East Architect and Builder . January 1968

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรึงใจ บูรณสมภพ (2521: 30) ได้ให้แนวความคิดเกี่ยวกับอิทธิพลต่อการออกแบบอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงานว่า การประหยัดพลังงาน สามารถทำได้ด้วยการออกแบบอาคารให้ผู้อยู่

อาศัยได้รับความสบาย ด้วยวิธีธรรมชาติ แม้จะต้องนำอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาช่วย ก็ใช้ในจำนวนที่พอกับความต้องการและถูกวิธี การแก้ปัญหาของสภาพลมฟ้าอากาศด้วยกำลังไฟฟ้าและเครื่องจักรกล เป็นการทำลายเศรษฐกิจทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น อาคารที่ไม่ได้แก้ปัญหาเรื่องความร้อน จะด้วยการใช้วัสดุ และโครงสร้างที่ผิดหรือไม่กางกันแดดกับอาคารที่ดี ก็มักจะต้องใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้กำลังไฟฟ้าที่กินแรงสูง และระบายความร้อนออกมานอกอาคาร หรือการป้องกันแสงแดดมิให้เข้ามาในอาคารด้วยวิธีทำผนังปิดทึบหรือเปิดแต่น้อย ทำให้ภายในอาคารไม่ได้รับแสงสว่าง จากธรรมชาติ ต้องใช้แสงไฟฟ้าแทน นับว่าเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง

ตรึงใจ บุรณสมภพ (2521 : 31) ได้ให้แนวความคิดเกี่ยวกับรูปแบบของอาคารว่า รูปแบบอาคาร ควรให้มีลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น ง่ายแก่การบำรุงรักษา และให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้สอยไม่ให้ใหญ่โตเกินความจำเป็น ซึ่งนอกจากนี้จะทำให้สิ้นเปลืองในเวลาก่อสร้าง ยังทำให้เปลืองพลังงานในเวลาอยู่อาศัยด้วย

เรื่อง ของรูปร่าง - ลักษณะอาคาร ตรึงใจ บุรณสมภพ และมนัส อารยพัฒน์ (2521 : 31)

ได้ให้ทัศนะถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อรูปร่าง ลักษณะอาคาร คือ

1. ภูมิอากาศ
2. ลักษณะทิศทางแคดลม
3. ระบบลักษณะ โครงสร้าง
4. การเลือกใช้วัสดุกับอาคาร
5. การเลือกที่ตั้งอาคาร
6. ระบบควบคุมอาคาร
7. สถานที่ตั้งสภาพแวดล้อม
8. องค์ประกอบควบคุมความสบายโดยธรรมชาติ
9. งบประมาณ
10. สภาพสังคม วัฒนธรรม ศาสนา

ตรึงใจ บุรณสมภพ (2521 : 31) ได้ให้แนวความคิดเกี่ยวกับ การวางตำแหน่งที่ตั้งทิศทางของอาคารว่า อาคารจะต้องขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

1. รังสีจากดวงอาทิตย์ (แดด) และผลแห่งการวัดตำแหน่งและมุมของดวงอาทิตย์
2. ทิศทางและแรงลม
3. ภูมิประเทศ
4. ผังเมืองและความต้องการในการออกแบบ
5. การระบายน้ำบนพื้นดินและทิศทางการไหลของน้ำ
6. อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว เช่น ถนน ท่อประปา เสาไฟฟ้า ฯลฯ

สรุปกรอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขีดกรอบแบบคิด 4 ด้านในการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในและภายนอกของบ้านที่ประหยัดพลังงาน

1. สภาพแวดล้อม ของทำเลที่ตั้งอาคาร
2. อิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน
3. ลักษณะ และรูปทรงของอาคาร
4. การจัดวางทิศทางของอาคาร

#### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

วิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาจำกัดเฉพาะอาคารพักอาศัยที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แบบคือ แบบบ้านที่ออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน และบ้านที่มีลักษณะธรรมดาไม่เน้นการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ซึ่งอยู่ภายใต้การทดลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่มีโครงการสาธิตการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านจำนวน 10 หลัง

#### 1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นอกจากโครงการบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2.5 กิโลวัตต์ แบบเข้าระบบ ซึ่งติดตั้งที่สถานีพลังงานแสงอาทิตย์ สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ติดตั้งแผงเซลล์บนหลังคาบ้านเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วนั้น ยังมีโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังแรกในประเทศไทยที่เป็นวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกันทั้ง 2 โครงการ แต่ผู้วิจัยเลือกเฉพาะโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังเท่านั้น เนื่องจาก บ้านทั้ง 10 หลังเป็นบ้านที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งสภาพภูมิอากาศ และ สภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน และเนื่องจากเป็นโครงการแรกที่มีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตร่วมมือกับกรมพัฒนา และกรมส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกี่ยวข้องกับนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้จะใช้เป็นกลุ่มประชากรตัวอย่างในการวิจัย

##### 1.5.1 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ทำเลที่ตั้ง และสภาพแวดล้อม
2. อิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
3. ลักษณะและรูปทรงของอาคาร ห้ามนำไปใช้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
4. การจัดวางทิศทางของอาคาร

### 1.6 ขอบเขตพื้นที่หรือสภาพทางภูมิศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นศึกษาเฉพาะ โครงการผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านพักอาศัย 10 หลังแรกของประเทศไทยเท่านั้น โดยจะเลือกเฉพาะบ้านที่มีลักษณะใกล้เคียง เช่น ขนาดพื้นที่ใช้สอย รูปแบบของบ้าน และจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยศึกษา รายละเอียดทางเทคนิคของระบบ เนื่องจากปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์อยู่แล้ว จากการศึกษาในขั้นเริ่มต้นผู้วิจัยทราบว่าขณะนี้ได้มีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย และสามารถนำแผงของเซลล์แสงอาทิตย์นี้ไปติดตั้งแทนหลังคาได้เลย นอกจากนี้ยังมีสีสรรที่แตกต่างกันออกไปสามารถให้สถาปนิกหรือเจ้าของบ้าน การเลือกใช้ได้ แต่จะต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง เนื่องจากสาเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเน้นศึกษาเฉพาะ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงการสาธิตระบบผลิต และจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังเท่านั้น ซึ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาติดตั้งจะใช้เซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal Silicon Cells) สำหรับบ้าน 8 หลัง และเซลล์ชนิด อะมอร์ฟัส (Amorphous Silicon Cells) สำหรับบ้าน 2 หลัง โดยเฉพาะการใช้งานในลักษณะที่ติดตั้งบนหลังคาบ้าน

### 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักษณะอาคารที่เหมาะสม หมายถึง การศึกษาหารูปแบบของอาคารที่เหมาะสมในการที่จะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
  - 1.1 สภาพแวดล้อมของทำเลที่ตั้งของอาคาร ซึ่งหมายถึงลักษณะอาคารข้างเคียง สภาพภูมิอากาศรวมไปถึงพื้นที่โดยรอบของอาคาร
    - สภาพแวดล้อมภายใน หมายถึงที่ตั้งและระยะความสูงของอาคารรวมถึงแสงสว่างโดยธรรมชาติ เสียง กลิ่น ที่มีผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน
    - สภาพแวดล้อมภายนอก หมายถึง การระบายอากาศโดยรอบอาคาร แสงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวอาคาร เสียง และกลิ่นที่รบกวนจากภายนอกอาคารรวมไปถึงการจัดวางต้นไม้หรือต้นไม้เดิมที่มีอยู่แล้ว
2. สังเคราะห์องค์ประกอบของบ้านที่ประหยัดพลังงาน หมายถึง
  - 2.1 ลักษณะและรูปทรงของอาคารโดยจะศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะอาคารทั้งภายนอกและภายในอาคารที่มีผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะศึกษาเกี่ยวกับ เพื่อให้การผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประโยชน์สูงสุด

- ลักษณะของหลังคารวมถึงพื้นที่ของหลังคา
- การรับน้ำหนักของหลังคา
- วัสดุที่ใช้กับตัวอาคาร
- ลักษณะการวางทิศทางของอาคาร
- การป้องกันแสงแดด
- การระบายอากาศ
- ลักษณะและพื้นที่ของหลังคา
- รูปแบบลักษณะของตัวอาคารที่ไม่เกินความจำเป็นเพื่อความประหยัด

ทางด้านโครงสร้าง วัสดุที่เลือกใช้ในการก่อสร้างอาคาร

2.2 การจัดวางทิศทาง ของอาคารเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่การผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ ลักษณะภูมิอากาศทิศทางของดวงอาทิตย์ การวาง ตำแหน่งอาคารเพื่อให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด

3. รูปแบบอาคารที่เหมาะสม หมายถึง การออกแบบรูปแบบของอาคารที่เหมาะสมเพื่อใช้ ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสิ่งที่ควรคำนึงถึงดังนี้

3.1 อิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน หมายถึงการแก้ปัญหาของ สภาพลมฟ้าอากาศด้วยวิถีธรรมชาติ โดยการคำนึงถึงการเปิดช่องแสงเพื่อรับแสงแดด และ การระบายอากาศ นอกจากนี้ยังต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับสภาพอากาศของภูมิภาคและ ลักษณะของอาคารด้วย

4. การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงส่งผ่านอุปกรณ์ควบคุมไปประจุเก็บไว้ใน แบตเตอรี่ เมื่อต้องการใช้ไฟฟ้ก็จะจ่ายจากแบตเตอรี่ผ่านอุปกรณ์ควบคุมไปยังอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ ระบบ 3 เฟส 4 สาย แรงดันไฟฟ้า 230/400 V. 50 Hz

5. ผู้เข้าร่วมโครงการ หมายถึง ผู้สมัครที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตนครหลวง และปริมณฑล โดยจะต้องมีบ้านเป็นของตนเองในนี้มีผู้เข้าร่วม โครงการสาธิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาบ้าน 10 หลังของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่มีขนาดมิเตอร์ 1-3 เฟส

6. ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ หมายถึง เป็นอุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์ทางวิศวกรรม ซึ่งประยุกต์ ใช้คุณสมบัติ ของสารกึ่งตัวนำ เมื่อมีแสงกระทบในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นกระแส ไฟฟ้า

6.1 กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึงระบบไฟฟ้าที่ทิศทางกำรวิ่งของอิเล็กตรอน มีการสลับตลอดเวลา ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ AC เป็นสัญลักษณ์แทน และมักนิยมใช้เป็นระบบไฟฟ้า ตามบ้านอาคาร โรงงานทั่วไป

6.2 กระแสไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่อิเล็กตรอนมีการวิ่งไปทางเดียว ตลอดเวลาและต่อเนื่องกัน มักพบว่าใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป ก็คือ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ DC เป็นสัญลักษณ์แทน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้มีโครงการสาธิตระบบผลิต และจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาบ้าน 10 หลังแรก เป็นโครงการที่ขอรับทุนสนับสนุนโครงการจาก กองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ระบบเก็บข้อมูลด้านสมรรถนะ และประสิทธิภาพของระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ หากความเหมาะสมเพื่อนำไปสู่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างกว้างขวาง ในศตวรรษที่ 21 ต่อไป ผู้เข้าร่วมโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังแรก ของประเทศไทยนั้น ได้เลือกจากผู้สมัครที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขต นครหลวง และปริมณฑล โดยจะต้องมีบ้านเป็นของตนเอง มีหลังคาหันไปทางทิศใต้และไม่มีร่มเงาบัง มีพื้นที่อย่างน้อย 24 ตาราง เมตร โครงการนี้ได้รับ ทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือ ผู้เข้าร่วมโครงการจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายเอง

ค่าใช้จ่ายของโครงการ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบประกอบด้วย

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| 1. ค่าเซลล์แสงอาทิตย์ 2.5 kW      | 350,000 บาท |
| 2. ค่า Inverter และอุปกรณ์ป้องกัน | 80,000 บาท  |
| 3. ค่าระบบควบคุม                  | 15,000 บาท  |
| 4. ค่าติดตั้ง                     | 20,000 บาท  |

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 465,000 บาท

กองทุนออกเงินสนับสนุน 212,500 บาท

คงเหลือที่ผู้ร่วมโครงการต้องลงทุน 252,500 บาท

จากการสัมภาษณ์ คุณสุรชัย ประเสริฐวิทย์ นักรรณิ 9 กองพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยว่า “ก่อนที่จะได้ผู้เข้าร่วมโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลัง นี้ได้มีประชาชนผู้สนใจมาก และเสนอเข้าร่วมโครงการ แต่ปรากฏว่า ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเข้าไปสำรวจสถานที่ และลักษณะของรูปแบบอาคารแล้วพบว่า อาคารและสถานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ลักษณะของหลังคาบ้าน, ความลาดเอียงของหลังคา, ทิศทางที่จะติดตั้ง, พื้นที่ของหลังคา เป็นต้น”

จากการศึกษาและค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่ายังไม่มียานวิจัยใดที่ทำการศึกษารูปแบบของบ้านที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เลยเป็นเพราะเนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการแรกที่จะผลิต และจำหน่ายกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมทฤษฎีหลักการและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำวิจัย โดยจัดเรียงลำดับได้ดังนี้

- 2.1 การศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน
- 2.2 สภาพการผลิตพลังงาน และปัญหาของพลังงานในประเทศไทย
- 2.3 แนวทางการประหยัดพลังงาน
- 2.4 นโยบายอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยในส่วนที่เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.4.1 แผนงานวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.4.2 แนวโน้มปริมาณการผลิตและราคาของเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ
  - 2.5.1 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการออกแบบด้านสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับอาคาร โดยทั่วไป
  - 2.5.2 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของที่ตั้งภายนอกอาคาร
  - 2.5.3 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับอิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน
  - 2.5.4 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับลักษณะ และรูปทรงของอาคาร
  - 2.5.5 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับทิศทางของอาคาร
  - 2.5.6 การศึกษาแนวความคิดเกี่ยวกับการออกแบบอาคารที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย
- 2.6 การศึกษาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.1 เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.2 เทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.3 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.4 วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.5 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.6 รายละเอียดทางเทคนิคของระบบ
  - 2.6.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์
  - 2.6.8 การบำรุงรักษาและข้อควรระวังด้านความปลอดภัย
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 การศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน

พลังงานทดแทนภายในประเทศซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลม ความร้อนใต้พิภพ น้ำ พืช วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ฯลฯ เนื่องจากพลังงานทดแทนดังกล่าวมีลักษณะกระจายอยู่ตามธรรมชาติ และไม่มีควมสม่ำเสมอ การลงทุนเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ผลิตไฟฟ้าจึงสูงกว่าการนำมาใช้ประโยชน์จากแหล่งประเทน้ำมัน ถ่านหิน ฯลฯ เมื่อพลังงานจากแหล่งสะสมมีน้อยลง ความเป็นไปได้ในการนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้ประโยชน์ผลิตไฟฟ้าก็มีมากขึ้น

1. พลังงานจากแสงอาทิตย์ ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในเกณฑ์สูงพลังงานโดยเฉลี่ย ซึ่งได้รับทั่วประเทศ ประมาณ 4-4.5 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ต่อตารางเมตร ต่อวัน ประกอบด้วยพลังงานจากรังสีโดยตรง (Direct Radiation) ประมาณร้อยละห้าสิบ ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานรังสีกระจาย (Diffused Radiation) ซึ่งเกิดจากละอองน้ำในบรรยากาศ (เมฆ) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณที่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรออกไปทั้งแนวเหนือ-ใต้ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานมหา พลังงานที่ดวงอาทิตย์สร้างขึ้นมีประมาณ  $3.8 \times 10^{26}$  กิโลวัตต์ ถูกดูดซับบรรยากาศและพื้นโลกประมาณ  $1.25 \times 10^{26}$  กิโลวัตต์ จะเห็นได้ว่าพลังงานที่มนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลกประมาณ  $1 \times 10^{16}$  กิโลวัตต์ จะเห็นได้ว่าพลังงานที่มนุษย์ใช้รวมกันทั้งโลก ประมาณ 10,000 เท่า ดังนั้นในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร สามารถติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 33 เมกะวัตต์ หรือ 165,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางกิโลเมตรต่อวัน ในปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ประมาณวันละ 250 ล้านกิโลวัตต์ ต่อชั่วโมง ถ้าต้องการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด จำเป็นต้องใช้พื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ของประเทศไทยเท่านั้น

2. พลังงานลม ในภูมิภาคของโลกจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง แต่ในบางพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแนวฝั่งทะเลอันดามันและด้านทะเลจีน (อ่าวไทย) มีพลังงานลมที่อาจนำมาใช้ประโยชน์ในพลังงานกลได้ เช่น กังหันสูบน้ำ กังหันผลิตไฟฟ้า ความเข้มกำลังลมที่ประเมินไว้อยู่ระหว่าง 20 ถึง 50 วัตต์ ต่อตารางเมตร จากมหาสมุทรอินเดีย ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่ง ฤดู มรสุม และจากประเทศจีนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

3. พลังงานความร้อนใต้พิภพ มีปรากฏการณ์ ตามธรรมชาติ ในลักษณะน้ำพุร้อน กว่าหกสิบแห่งตามแนว เหนือ - ใต้แถบชายแดนด้านตะวันตกของประเทศไทย (เทือกเขาตะนาวศรี) สันนิฐานว่าเป็นแหล่งประเภทเดียวกันกับที่แคว้นยูนนานในประเทศจีนตอนใต้ เนื่องจากอยู่ในแนวซ้อนของแผ่นทวีปคู่เดียวกัน (India Plate ซึ่งมุดลงไป China Plate และเกิดแรงดันในลักษณะ Back Arch) จัดอยู่ในแหล่งขนาดเล็กหรือปานกลาง และคาดว่าสามารถให้พลังงานกับโรงไฟฟ้าได้ไม่เกิน 50 เมกะวัตต์

4. พลังงานจากมวลชีว เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ จี้เลื้อย ชานอ้อย กากมะพร้าว ฯลฯ ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก เทียบได้กับน้ำมันดิบปีละไม่น้อยกว่า 6,500 ล้านลิตร ควรใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ได้ในกรณีของโรงเลื่อยโรงสี โรงน้ำตาล ฯลฯ ขนาดใหญ่ อาจจะยินยอมให้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าต่าง ๆ ในประเทศ ในลักษณะการผลิตร่วม (Co-generation) ซึ่งมีใช้อยู่แล้วหลายแห่งในต่างประเทศ โดยวิธีดังกล่าวแล้วจะช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานในประเทศสำหรับส่วนรวมได้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจรวมถึงการใช้ไม้พินจากโครงการปลูกไม้โตเร็วในพื้นที่นับล้านไร่ในกรณีที่รัฐบาลจำเป็นต้องลดปริมาณการปลูกมันปลูกลำไยป่าพะหลัง อ้อย ฯลฯ เพื่อแก้ปัญหาระยะยาวทางด้านการตลาดของพืชทั้ง 2 ชนิด

## 2.2 สภาพการผลิตพลังงาน และปัญหาของพลังงานในประเทศไทย

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในปีงบประมาณ 2539 มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 13,310,900 กิโลวัตต์ เมื่อวันที่ 22 มีนาคม เวลา 14.00 น. เพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณก่อน 1,043,000 กิโลวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 ซึ่งเดิมได้คาดคะเนว่า ความต้องการจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 แต่เนื่องจากสถานะเศรษฐกิจของประเทศไทยอยู่ในภาวะชะงักงัน จึงทำให้ความต้องการเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 ส่วนการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้ามียอดรวม 85,924 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณที่ผ่านมา 7,044 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 การผลิตและซื้อกำลังไฟฟ้าในปีนี้เป็นการผลิตจากก๊าซธรรมชาติ ร้อยละ 28 จากน้ำมันเตา ร้อยละ 26 จากถ่านหิน ร้อยละ 20 จากพลังน้ำ ร้อยละ 9 จากน้ำมันดีเซล ร้อยละ 4 ส่วนที่เหลือ ร้อยละ 13 เป็นการรับซื้อ จากแหล่งผลิตจากภายในประเทศและภายนอกประเทศ ซึ่งเป็นการซื้อจากแหล่งผลิตภายในประเทศร้อยละ 94 ของการซื้อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด โดยเฉพาะซื้อจากบริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) ถึงร้อยละ 85 ของการซื้อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้เพราะในปี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขอม ของบริษัทไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาที่ซื้อจากโรงไฟฟ้าระยอง เพียงแห่งเดียว

### กำลังผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าภายในประเทศ

จากข้อมูลรายงานประจำปีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประจำปี 2539 เมื่อสิ้นปีงบประมาณ 2539 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีกำลังติดตั้งทั้งระบบ รวม 15,737,998 กิโลวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 1,066,150 กิโลวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 กำลังผลิต รวมทั้งระบบนี้เป็นกำลังผลิตของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต 13,579,298 กิโลวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 86 ของกำลังผลิตทั้งระบบ ส่วนที่เหลือ ร้อยละ 14 หรือ 2,056,000 กิโลวัตต์ เป็นการรับจากบริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) รับจากผู้ผลิตเอกชนและผู้ผลิตรายเล็ก (แบบจ่ายพลังไฟฟ้าไม่แน่นอน) 90,000 กิโลวัตต์ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เขื่อนสิรินธร

ของกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน 12,700 กิโลวัตต์ กำลังการผลิตในส่วนการดูแลของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแบ่งเป็นประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อน 6,517,500 กิโลวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 48 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ 2,861,064 กิโลวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 21 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนรวม 3,311,600 กิโลวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 24 โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส 872,000 กิโลวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 7 ที่เหลือ เป็นประเภทโรงไฟฟ้าดีเซล และพลังงานทดแทน 17,134 กิโลวัตต์ ในปีงบประมาณ 2539 กำลังผลิตติดตั้งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมารวมทั้งสิ้น 152,150 กิโลวัตต์ หรือเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1 โดยมีโรงไฟฟ้าที่ก่อสร้างเสร็จนำเข้าใช้งานใหม่รวม 1,066,150 กิโลวัตต์ และในเดือน มิถุนายน 2539 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ขายโรงไฟฟ้าขนอมกำลังผลิตรวม 824,000 กิโลวัตต์ ให้แก่ บริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) นอกจากนี้ได้ยกเลิกโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกระบี่ โรงไฟฟ้า กังหันแก๊สหาดใหญ่ และสุราษฎร์ธานี

### การเพิ่มกำลังผลิต

จากรายงานประจำปี 2539 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้ทำการก่อสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าเพื่อ ตอบสนองความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทั้งสิ้น 18 โครงการ กำลังผลิตรวม 7,799,150 กิโลวัตต์ โดยแบ่งเป็นโครงการไฟฟ้าพลังงานความร้อน 4 โครงการ กำลังผลิต 2,800,000 กิโลวัตต์ โครงการ ไฟฟ้าพลังงานความร้อนรวม 7 โครงการ กำลังผลิต 4,325,000 กิโลวัตต์ โครงการไฟฟ้าพลังน้ำ 3 โครงการ กำลังผลิต 671,000 กิโลวัตต์ โครงการโรงไฟฟ้าดีเซล 1 โครงการ กำลังผลิต 3,000 กิโลวัตต์ โครงการพลังงานทดแทนกำลังผลิต 150 กิโลวัตต์ 1 โครงการ และโครงการติดตั้ง เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 8-11 อีก 2 โครงการ

### ปัญหาการใช้พลังงานในประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ได้สำรวจพบว่าปริมาณความต้องการใช้ พลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาประมาณ 12-13 % และคาดว่าจะอาจเพิ่มขึ้น อีก 15 % ใน 15 ปีข้างหน้า ซึ่งความต้องการพลังงานดังกล่าวมีความจำเป็นต้องสร้างแหล่งกำเนิด พลังงานไฟฟ้าใหม่ถึง 50 แห่ง เพื่อรองรับความต้องการปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังกล่าว ข้อจำกัดทางการเงิน การสร้างแหล่งกำเนิดพลังงานแต่ละครั้ง ต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก การสร้างดังกล่าวก็เป็นเรื่องยาก เนื่องจากจะมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากจากการต่อต้านของ กลุ่มอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและชาวบ้านในท้องถิ่นเป็นอย่างมาก อีกทั้งในด้านต้นทุนของการใช้น้ำมัน เชื้อเพลิงสำหรับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้น้ำมันถ่านหินสูงมากขึ้น ประกอบกับสภาพแวดล้อม ที่ถูกทำลาย เนื่องจากการขุดเจาะหรือการทำเหมืองถ่านหิน และการนำไปใช้ก็เกิดผลกระทบต่อ สภาพแวดล้อมทางอากาศเป็นอย่างมาก ซึ่งเหล่านี้ล้วนเกิดปัญหาสำคัญที่จำเป็นต้องเกิดการแก้ไข เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อจบแล้วนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่สามารถอ้างถึงชื่อ อีทีทีได้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ แหล่งกำเนิดที่สร้างใหม่ และลดการใช้ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงถ่านหินอันนำประโยชน์ มาให้ประเทศชาติสามารถประหยัดงบประมาณและไม่ต้องทำลายธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานประมาณ 60 พันล้านยูนิทในประชาชนประมาณ 60 ล้านคน ปริมาณความต้องการใช้พลังงานในปี 1996 ประมาณ 90 พันล้านยูนิท ซึ่งประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานดังกล่าวทั้งหมด หรือ 18 พันล้านยูนิท ถูกใช้ไปในระบบแสงสว่าง ซึ่งหาก เปรียบเทียบกับประเทศที่เจริญด้านเทคโนโลยีอย่างเยอรมันนั้น ก่อนที่จะมีการรวมตัวกันนั้น เยอรมันตะวันตกซึ่งมีประชากรประมาณ 70 ล้านคนแต่มีปริมาณการใช้พลังงานภายในประเทศ 350 พันล้านยูนิท ซึ่งเป็นปริมาณการใช้พลังงานระบบแสงสว่างประมาณ 32 พันล้านยูนิทหรือประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ ข้อสังเกตคือสัดส่วนของการใช้พลังงานภายในประเทศไทยหรือประเทศเยอรมัน กลับสูงถึง 56 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศเยอรมันลดเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง โดยนำ เทคโนโลยีด้านแสงสว่างมาใช้ ซึ่งได้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน

ในปี 1880	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	100
ในปี 1990	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	60
ในปี 1936	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	20
ในปี 1969	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	13
ในปี 1979	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	10
ในปี 1990	เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานด้านแสงสว่าง	9

ในประเทศไทยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าด้วยการนำเทคโนโลยีด้าน การประหยัดพลังงานแสงสว่างที่มีอยู่แล้วมาใช้ ในปีที่ผ่านมาสถิติเปอร์เซ็นต์ตามตารางดังกล่าว ของเยอรมันเริ่มคงที่ แต่ในประเทศไทยยังคงมีการขยายตัวในภาคธุรกิจ(โรงแรม, ตำนึก, อาคารสูง, ไฟถนน, อื่น ๆ) มีการเติบโตด้วยการใช้พลังงานสูงสุด

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในภาคต่าง ๆ ระหว่างเยอรมันกับไทย

ภาค	เยอรมัน	ไทย
ที่อยู่อาศัย/บ้านพัก	23%	21%
ธุรกิจ/ไฟถนน	48%	33%
อุตสาหกรรม	26%	45.8%
การเกษตร	3%	0.29%

จากตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในภาคต่าง ๆ ระหว่างเยอรมันกับไทยจะเห็น ได้ว่าภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัยเหล่านี้มิได้มีความต้องการด้านแสงสว่างสูงมากดังนั้นการติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานแสงสว่างจะสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี (วรสาร พลังงาน ปีที่ 7 ฉบับที่ 36 มกราคม-มีนาคม. 2540 : 22-23)

พลังงานที่ใหญ่ที่สุดของโลก คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งมีพลังงานมหาศาลส่งมาถึงโลกประมาณ 42 ล้านกิโลแคลอรีต่อวินาที โลกรับไว้ได้ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ คือ 30 ล้านกิโลแคลอรีต่อวินาทีที่เหลือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์สะท้อนกลับสู่อวกาศพลังงานที่โลกรับไว้ได้นี้ 47 เปอร์เซ็นต์กลายเป็นความร้อน อีก 23 เปอร์เซ็นต์เป็นวัฏจักรของน้ำ (ไอน้ำ เมฆ ลม ฝน) เพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ของวัฏจักรน้ำใช้ได้ไปเพื่อการดำเนินชีวิตของพืชและสัตว์ การทับถมของพืชและสัตว์ตั้งแต่กำเนิดโลก ทำให้เกิดน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ยูเรเนียม และแร่ธาตุอีกหลายชนิด เปรียบเทียบศักยภาพของพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ ต่อโลกจะพบว่า

พลังงานจากดวงอาทิตย์	42	ล้านกิโลแคลอรี/วัน
พลังงานลม	88,000	ล้านกิโลแคลอรี/วัน
พลังงานความร้อนใต้พิภพ	7,000	ล้านกิโลแคลอรี/วัน
พลังน้ำขึ้นน้ำลง	700	ล้านกิโลแคลอรี/วัน
พลังน้ำ	480	ล้านกิโลแคลอรี/วัน

แหล่งเชื้อเพลิงสำรองของโลก ถูกค้นพบและนำขึ้นมาใช้ประมาณ 3 ศตวรรษที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน พลังงานสะสมซึ่งมีโอกาสมหคไป ซึ่งเราเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง คือ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ยูเรียม ได้ขุดขึ้นมาใช้อย่างมากมาย จนคาดคะเนได้ว่า ถ้าอัตราการผลาญพลังงานเป็นอยู่เช่นปัจจุบัน จะมีน้ำมันเหลือให้ใช้ได้ 50 ปี ก๊าซธรรมชาติ 60 ปี ยูเรเนียม 60 ปี ถ่านหิน 150 ปี โดยสรุป ประมาณ 50 ถึง 100 ปีข้างหน้า มนุษยชาติจะประสบวิกฤตการณ์พลังงานอย่างแน่นอน ถ้าไม่หาทางเลือกอื่นไว้ คำนึงสำคัญนี้ทำให้หลายประเทศเริ่มหาเส้นทางนำพลังงานหลักของโลก คือ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีอยู่ 42 ล้านกิโลแคลอรี/วินาที มาใช้และหาโอกาสที่จะพัฒนาให้มีสภาพเป็นผู้นำในวิวัฒนาการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ และติดตั้งระบบไฟฟ้า

ปัญหาที่รุมเร้าโลก รวมถึงประเทศไทย คือ ความเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศโลก อุณหภูมิโลกร้อนขึ้น ภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ฟอสซิล คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีเทน จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำลายบรรยากาศโลกเสื่อมสภาพลง ภาวะผลิตไฟฟ้าทั่วโลกถูกกล่าวหาว่าได้ปล่อย กรีนเฮาส์ก๊าซสู่บรรยากาศโลกถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีอะไรดีกว่าหาทางนำพลังงานคืนรูป หรือพลังงานทดแทน คือ พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้

## 2.3 แนวทางการประหยัดพลังงาน

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาพลังงานไว้ดังต่อไปนี้

1. จัดหาพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการ มีคุณภาพมีความมั่นคง และในระดับราคาที่เหมาะสม โดย

1.1 เร่งการสำรวจและสนับสนุนให้มีการสำรวจและพัฒนาแหล่งปิโตรเลียมภายในประเทศ รวมทั้งสนับสนุนให้มีการใช้ประโยชน์ข้อมูลปิโตรเลียมและเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อให้มีการสำรวจและพัฒนาปิโตรเลียมของประเทศไปอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 เร่งให้มีการพัฒนาแหล่งปิโตรเลียมภายในได้อีกครั้งร่วมไทย-มาเลเซีย ตามพระราชบัญญัติองค์กรร่วมไทย-มาเลเซีย พ.ศ. 2533 เพื่อให้มีการสำรวจและพัฒนาก๊าซธรรมชาติจากพื้นที่พัฒนาร่วมขึ้นมาใช้ประโยชน์โดยเร็ว

1.3 เร่งรัดให้มีการสำรวจหาแหล่งถ่านหินเพิ่มเติม เพื่อจัดหาปริมาณสำรองใช้เป็นพลังงานพื้นฐาน ต่อไปในอนาคต โดยปรับปรุงแก้ไขต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาถ่านหิน โดยเฉพาะการแก้ไขพระราชบัญญัติแร่ เพื่อให้การพัฒนาถ่านหินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ และเร่งดำเนินการนำแหล่งถ่านหินที่กรมทรัพยากรธรรมชาติได้สำรวจไว้เปิดให้เอกชนลงทุน รวมทั้งเร่งรัดให้มีการจัดหาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการใช้ประโยชน์ถ่านหินทั้งในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและภาคอุตสาหกรรม โดยเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เช่น ถ่านหินผสมน้ำ การแปรสภาพถ่านหินให้เป็นก๊าซหรือการทำถ่านโค้กและการใช้สารพลอยได้

1.4 เร่งรัดให้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาแหล่งหินน้ำมันบริเวณแอ่งแม่สอด จังหวัดตาก

## 2. เร่งรัดให้มีการเจรจาและพัฒนาพลังงานกับประเทศเพื่อนบ้าน

2.1 เร่งดำเนินการเจรจาและหาข้อยุติธรรมในการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการในประเทศลาว เพื่อให้สามารถรับซื้อไฟฟ้าจากประเทศลาว ได้เพิ่มเป็น 3,000 เมกะวัตต์ตามจำนวนที่ตกลงในบันทึกความเข้าใจระหว่างทั้ง 2 ประเทศ

2.2 พัฒนาและปรับปรุงการเชื่อมโยงสายส่งไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน โดยเฉพาะในกลุ่มอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง 6 ประเทศ เพื่อประโยชน์ทางด้านการเศรษฐกิจและด้านความมั่นคงของระบบไฟฟ้า

2.3 สนับสนุนให้มีการร่วมศึกษาความเหมาะสมของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำในกลุ่มแม่น้ำโขง ลุ่มแม่น้ำสาละวิน และในประเทศเพื่อนบ้าน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ลงทุน/รัฐบาลของประเทศดังกล่าวยื่นข้อเสนอขายไฟฟ้าให้แก่ประเทศไทย โดยรับข้อเสนอดังกล่าวไว้พิจารณาอย่างจริงจัง และดำเนินการเจรจาหาข้อยุติธรรมในการรับซื้อไฟฟ้า

2.4 เเจรจากับรัฐบาลเวียดนามและกัมพูชาเพื่อกำหนดเส้นแบ่งเขตแดนทางทะเลในบริเวณพื้นที่คาบเกี่ยวในอ่าวไทย และหรือแสวงผลประโยชน์จากทรัพยากรปิโตรเลียมร่วมกัน

2.5 ดำเนินการเจรจาและหาข้อยุติในการซื้อก๊าซธรรมชาติจากธรรมชาติจากประเทศสภาพพม่า เช่น จากแหล่งเขตากุน (Yetagun) และดำเนินการ โครงการนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากประเทศพม่าให้เสร็จตามกำหนดเวลา

2.6 เเจรจากับประเทศมาเลเซียในการรับซื้อไฟฟ้า และ/หรือก๊าซธรรมชาติ

2.7 ดำเนินการเจรจากับประเทศอินโดนีเซีย ในการซื้อก๊าซธรรมชาติจากแหล่ง นานทูนา (Natona)

3. การศึกษาความเหมาะสมและกำหนดรูปแบบการกำกับดูแลการใช้พลังงานปรมาณู ในการผลิตไฟฟ้า รวมทั้งเร่งจัดหาแหล่งนอกประเทศ โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG) น้ำมันดิบ (Orimulsion) และถ่านหินจากต่างประเทศ เพื่อให้มีการกระจายแหล่งและชนิดของเชื้อเพลิง และมีต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม

4. สนับสนุนให้ธุรกิจทางด้านพลังงานของไทยไปร่วมลงทุน และพัฒนาพลังงาน ในต่างประเทศ ซึ่งมีส่วนช่วยในการสร้างความมั่นคงในการจัดหาพลังงาน

5. ลงทุนเพื่อเพิ่มกำลังผลิตสำรอง และปรับปรุงระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอุตสาหกรรมและพื้นที่เศรษฐกิจใหม่ ในภูมิภาคต่าง ๆ รวมทั้งเร่งนำสายไฟฟ้าลงดิน โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพ ฯ และเมืองใหญ่ใน ภูมิภาค โดยให้การไฟฟ้าประสานงานและร่วมมือกับหน่วยงานผังเมืองอย่างใกล้ชิด เพื่อให้การรวม ระบบสาธารณูปโภคสอดคล้องกับการวางผังเมือง

6. กำหนดมาตรฐานคุณภาพบริการของกิจการไฟฟ้า เป็นเงื่อนไขในการให้บริการ และการประเมินผลการปฏิบัติงานของกิจการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง โดยกำหนดระบบจูงใจให้การไฟฟ้าปรับปรุง คุณภาพบริการและมีการกำหนดบทปรับในกรณีที่การไฟฟ้าไม่สามารถปฏิบัติงานตามเงื่อนไขได้

7. ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การใช้พลังงานอย่างมี ประสิทธิภาพและประหยัดจะช่วยลดทั้งการลงทุนในการจัดหาพลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ของกิจกรรมการผลิต ดังนั้น การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการ แข่งขันตลาดโลก ทั้งนี้มาตรการทางด้านราคาซึ่งจะสร้างแรงจูงใจให้มีการใช้พลังงานอย่าง มีประสิทธิภาพเป็นมาตรการแรกที่ต้องดำเนินการ โดยมาตรการอื่นจะประกอบด้วยทั้งการให้ สิทธิจูงใจ การสร้างจิตสำนึกและมาตรการบังคับ ดังนี้

7.1 ปรับปรุงโครงสร้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้ราคาสะท้อนถึงต้นทุนทาง เศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้น และรักษาระบบการกำหนดราคาในปัจจุบันซึ่งทำให้ราคาเปลี่ยนแปลง ไปตามกลไกตลาดและสภาวะการแข่งขัน โดยปราศจากการตัดสินใจระดับการเมือง เพื่อให้เกิด การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

7.2 ปรับปรุงระบบการกำหนดและโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าทั้งราคาขายปลีกและราคา ขายส่ง เพื่อให้สะท้อนถึงต้นทุนที่แท้จริง มีโครงสร้างที่โปร่งใส มีความคล่องตัว และแยกออกจาก การตัดสินใจทางการเมืองอย่างแท้จริง ในขณะเดียวกันมีแรงจูงใจให้การไฟฟ้าปรับปรุง ประสิทธิภาพการดำเนินงานและคุณภาพบริการ และส่งเสริมการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าและ การเพิ่มบทบาทเอกชน

7.3 กำหนดหลักเกณฑ์ในการกำหนดราคาก๊าซ ธรรมชาติและค่าส่งผ่านท่อ และพัฒนาระบบการกำกับดูแลให้มีความชัดเจนและโปร่งใส โดยให้กิจการสาธารณูปโภคและให้การซื้อขายสะท้อนข้อผูกพันทางด้านปริมาณ ต้นทุนที่แท้จริงและพลังงานที่ใช้ทดแทน และคุณภาพของเชื้อเพลิงรวมทั้งให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ผลิตและผู้ใช้ก๊าซธรรมชาติ และมีแรงจูงใจให้ผู้จำหน่ายก๊าซธรรมชาติปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน

7.4 เร่งรัดให้มีการดำเนินการ โครงการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า และการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 เพื่อให้มีการนำแผนงานอนุรักษ์พลังงานสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะ

7.4.1 การใช้กองทุนเพื่อการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในการให้สิ่งจูงใจแก่โครงการทางด้านอนุรักษ์พลังงาน

7.4.2 การเร่งดำเนินงานอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคารควบคุม

7.4.3 การส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้อย่างแพร่หลาย รวมทั้งการส่งเสริมพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในกิจกรรมการผลิตในชนบท

7.4.4 ส่งเสริมการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งการนำเอาผลการศึกษามาใช้ใน โรงงาน อาคาร และครัวเรือน

7.4.5 พัฒนानุคคลและส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน เพื่อนำแผนอนุรักษ์พลังงานมาสู่การปฏิบัติให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. เร่งรัดให้มีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบและมาตรฐานระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการติดฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และส่งเสริมให้มีการผลิตเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง และการผลิตอุปกรณ์หรือวัสดุที่ช่วยให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน

9. ส่งเสริมให้มีการจัดศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Technology Information Center) ตามเมืองใหญ่ ๆ ทั่วประเทศเพื่อเป็นแหล่งสาธิตอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงานและให้บริการข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ แก่ประชาชนและผู้สนใจในท้องถิ่น

10. ดำเนินการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างจิตสำนึกในด้านอนุรักษ์พลังงานและให้เกิดทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กลุ่มเป้าหมายทุกกลุ่มอย่างต่อเนื่อง

11. ส่งเสริมการแข่งขันในกิจการทางด้านพลังงานและเพิ่มบทบาทของภาคเอกชน การเพิ่มการแข่งขันในกิจการทางด้านพลังงานและการส่งเสริมบทบาทของเอกชน จะนำไปสู่การใช้การจัดการและการจำหน่ายพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนลดภาระการลงทุนของรัฐ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ โดยหากนำไปใช้เป็นการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานต้นสังกัดและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ พัฒนาพลังงานด้วยโดย

## 12. ปีโตรเลียม

12.1 ปรับโครงสร้างและแปรรูปการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน สามารถแข่งขันกับภาคเอกชนได้นำไปสู่ระบบการค้าปีโตรเลียมที่มีประสิทธิภาพและการแข่งขันมากยิ่งขึ้น โดยแยกกิจการก๊าซของ การปีโตรเลียมแห่งประเทศไทยออกเป็นบริษัทในเครือของ การปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย โดยการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย ถือหุ้นทั้งหมดในขั้นแรก และนำหุ้นของบริษัทในเครือดังกล่าวบางส่วนกระจายให้ประชาชนถือหุ้น ด้วยการนำหุ้นเข้าจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในรูปแบบที่เหมาะสม

12.2 พัฒนาระบบการขนส่งก๊าซธรรมชาติทางท่อของการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย ให้เป็น Common Carrier ในระยะยาว เพื่อให้มีระบบการขนส่งก๊าซที่สามารถให้บริการแก่ผู้ซื้อขายรายอื่น ๆ และสามารถรับรองการขายก๊าซได้โดยตรง รวมทั้งพิจารณาส่งเสริมบทบาทของภาคเอกชนในธุรกิจการขนส่งก๊าซทางท่อในระบบสาขา

12.3 ส่งเสริมตลาดการค้าสำเร็จรูปให้มีการแข่งขันอย่างเสรีต่อเนื่องจากที่ได้ดำเนินการมาแล้ว เช่น ส่งเสริมให้มีการลงทุนเพิ่มกำลังกลั่นน้ำมันสามารถประกอบธุรกิจบนพื้นฐานที่เท่าเทียมกัน ส่งเสริมให้มีสถานีบริการน้ำมันภายใต้เครื่องหมายการค้าหลายชนิดมากขึ้น ลดการผูกขาดจากการปีโตรเลียมแห่งประเทศไทยในการจัดซื้อน้ำมันของหน่วยราชการ และปรับปรุงขั้นตอนการขออนุญาตตั้งสถานีบริการน้ำมันให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับสถานะเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีในปัจจุบัน เพื่อการกระจายสถานีบริการสู่ภูมิภาค และลดต้นทุนในการประกอบกิจการในเขตเมืองซึ่งที่ดินมีราคาแพง

12.4 ส่งเสริมธุรกิจก๊าซปีโตรเลียมเหลวให้มีการแข่งขันกันมากยิ่งขึ้นอย่างเป็นธรรมในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะการยกเลิกการควบคุมการนำเข้าก๊าซปีโตรเลียมเหลว และการลดการอุดหนุนผู้ผลิตก๊าซปีโตรเลียมเหลวในประเทศ รวมทั้งดำเนินการยกเลิกการควบคุมราคา ก๊าซปีโตรเลียมเหลวในที่สุด

12.5 เชิญชวนผู้ลงทุนต่างประเทศ และผู้ลงทุนไทยเข้าร่วมทุนในโครงการในบริเวณพื้นที่พัฒนาชายฝั่งทะเลภาคใต้ เช่น โรงกลั่น คลังเก็บปีโตรเลียม คลังจำหน่ายปีโตรเลียม และสิ่งก่อสร้างองค์ประกอบพื้นฐานต่าง ๆ

12.6 ปรับปรุงระบบการขนส่งน้ำมันและก๊าซปีโตรเลียมเหลวของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนการขนส่งน้ำมันระยะยาว โดยกระจายศูนย์กลางการจ่ายน้ำมันและก๊าซปีโตรเลียมเหลวออกจากกรุงเทพมหานคร รวมทั้งพิจารณาดำเนินการขยายโครงข่ายท่อขนส่งน้ำมันเพิ่มเติมจากระบบปัจจุบันไปยังภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในวาระนี้เอกสารทั้งหมดได้ถูกปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมจากฉบับก่อนหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 13. ไฟฟ้า

13.1 เร่งรัดการดำเนินการในการซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent Power Producer : IPP) ตามที่ได้มีการประกาศไปแล้ว และจากผู้ผลิตรายเล็ก (SPP) รวมทั้งให้มีการประกาศรับซื้อไฟฟ้าในระยะต่อไปด้วย

13.2 ปรับปรุงและแปรรูปโครงสร้างของกิจการไฟฟ้าเพื่อเพิ่มการแข่งขันและประสิทธิภาพ รวมทั้งปรับปรุงโครงสร้างองค์กรและการบริหารงานของรัฐวิสาหกิจทางด้านไฟฟ้าให้เป็นเชิงพาณิชย์มากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการการลงทุน และการพัฒนาบุคลากร

## 2.4 นโยบายอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.4.1 แผนงานวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์

นาย ชิวเกตุ ผู้อำนวยการสำนักงานวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระบุว่าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นต้นกำเนิดของพลังงานมหาศาล และสำคัญที่สุดของมวลมนุษยชาติ เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีหนึ่งซึ่งสามารถเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยปราศจากการเผาไหม้และการเคลื่อนไหวอันจะก่อให้เกิดผลภาวะใด ๆ เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว ขณะเดียวกันก็มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตเซลล์เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและราคาถูกลง ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกมีกำลังผลิตรวมทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 100 เมกะวัตต์ต่อปี และคาดว่าหากภาวะตลาดปกติ ในปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2553 กำลังผลิตจะเพิ่มเป็น 190 และ 800 เมกะวัตต์ต่อปี ตามลำดับ แต่ในกรณีที่ภาวะตลาดเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นจากปัจจัยบางอย่าง เช่น ราคาน้ำมันสูงขึ้น หรือ ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม คาดว่าในปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2553 กำลังผลิตจะเพิ่มเป็น 440 และ 4,000 เมกะวัตต์ ตามลำดับ เท่าที่รวบรวมได้ขณะนี้มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกไปแล้วไม่ต่ำกว่า 760 เมกะวัตต์ (ข้อมูลถึงปี พ.ศ. 2538) โดยการติดตั้งขนาดใหญ่ที่สุดคือ 7 เมกะวัตต์ ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนในประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูงและสม่ำเสมอตลอดปี แต่การวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันยังคงจำกัดเฉพาะในสถาบันการศึกษาบางแห่ง สำหรับโรงงานผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 3 แห่ง ที่มีอยู่ในปัจจุบันก็เป็นเพียงผู้นำเข้าเซลล์สำเร็จรูป และวัสดุจากต่างประเทศ เพื่อประกอบเป็นแผงเท่านั้น โรงงานทั้ง 3 แห่ง กำลังผลิตประมาณ 3,000 กิโลวัตต์/ปี ในด้านการใช้งานมีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วประเทศไปแล้วทั้งหมดประมาณ 3,700 กิโลวัตต์ ซึ่งมากกว่า 85% จำกัดอยู่ในส่วนของราชการและรัฐวิสาหกิจ

ปัญหาและอุปสรรคสำคัญของการใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศ คือ ขาดมาตรการจูงใจในการลดหย่อนภาษีที่จะให้มีการผลิตอุปกรณ์และการใช้พลังงานทดแทน ถึงแม้การใช้

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในหลายกรณี จะมีความคุ้มค่าในระยะยาวก็ตาม แต่ก็ยังได้รับความสนใจน้อยเนื่องจากการลงทุนขั้นต้นสูงและไม่มีความคุ้มค่า โดยเหตุที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งและใช้งานได้ง่าย รวมทั้งมีขนาดที่ยืดหยุ่นตามความต้องการของผู้ใช้จึงควรเป็นทางเลือกทางหนึ่งสำหรับการพัฒนาชนบท ให้มีความเป็นอยู่และรายได้ดีขึ้น โดยสามารถใช้ในการสูบน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการสูบน้ำช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะในชนบทที่อยู่ห่างไกลและกันดาร นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกที่สำคัญในการผลิตไฟฟ้า เพื่อแสงสว่างสำหรับหมู่บ้านชนบทและชุมชนที่มีความต้องการไฟฟ้าในปริมาณต่ำ (ปีละไม่กี่หมื่นหน่วย)

นอกเหนือจากใช้กับระบบโทรคมนาคม และระบบวิทยุโทรทัศน์เพื่อการศึกษาในชนบท จากศตวรรษที่ 21 เป็นต้นไปมีเหตุผลให้เชื่อได้ว่าจะมีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีราคาการลงทุนใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงจะสูงขึ้น และมาตรการทางมลภาวะจะเข้มงวดขึ้น การผลิตไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์จะเป็นทางเลือกที่ดีและมีการใช้งานมากขึ้นในอนาคต

เพื่อเป็นแนวทางในการสนับสนุนงานเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศ คณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้เสนอแผนด้านต่าง ๆ เพื่อการวิจัยพัฒนาและสาธิตเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างปี พ.ศ. 2541-2544 ดังต่อไปนี้

1. แผนการวิจัยและพัฒนาการผลิตตัวเซลล์แสงอาทิตย์
2. แผนการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์
3. แผนการวิจัยและสาธิตการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
4. แผนการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์
5. แผนการส่งเสริมอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานด้านเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศ
6. แผนการพัฒนาบุคลากร
7. แผนงานส่งเสริมเผยแพร่และแลกเปลี่ยนข้อมูล/เทคโนโลยี
8. แผนการแก้ไขปรับเปลี่ยนกฎหมาย และ ระเบียบสำหรับรองรับการใช้งานเซลล์

แสงอาทิตย์

โดยมีนโยบายเพื่อส่งเสริมภาครัฐบาลและเอกชนให้มีการวิจัย พัฒนา สาธิต และผลิต ตลอดจนการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ให้เกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง เนื่องจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีมลภาวะ และเป็นทางเลือกการพึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลในอนาคต

**ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

คาดว่าจะสามารถดำเนินงานตามแผนทั้ง 8 แผนดังกล่าวจะเกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติ โดยส่วนรวมดังต่อไปนี้

### ระดับประเทศ

หากมีการใช้ประโยชน์จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์อย่างจริงจังแล้ว ตามแนวโน้มการใช้ตามโครงการที่จะเกิดขึ้นรวมกำลังผลิตประมาณ 15,000 กิโลวัตต์ คาดว่าจะเกิดผลดีดังนี้

-จะสามารถลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

- ลงได้ประมาณ 8.25 ล้านลิตร/ปี
- จะลดมลพิษ CO<sub>2</sub> ประมาณ 1,000-22,600 ตัน/ปี
- จะลด SO<sub>2</sub> ประมาณ ,200-1,350 ตัน/ปี
- ระดับหมู่บ้าน เป็นการช่วยพัฒนาชนบทให้มีความเป็นอยู่และมีรายได้ดีขึ้น และเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้งได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยเฉพาะในชนบทห่างไกล

- ระดับผู้ประกอบการ เป็นการก่อให้เกิดพื้นฐานด้านอุตสาหกรรมการผลิต ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นในประเทศอันจะก้าวไปสู่การส่งออกโดยเฉพาะในประเทศกลุ่มอินโดจีนและอาเซียน ซึ่งเป็นการสร้างงานได้อีกทางหนึ่ง

ข้อมูลทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ มีอยู่ทั่วไป (เกือบทั่วประเทศ) เฉลี่ยตลอดปี 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน และใช้พื้นที่ผลิตไฟฟ้า 33 เมกะวัตต์ต่อตารางกิโลเมตร หรือ 165,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร ต่อวัน ในเชิงเปรียบเทียบต้องการพื้นที่ที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร (0.3% ของประเทศ) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพียงพอกับความ ต้องการในปัจจุบัน 250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน

สถานะภาพทางเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์

- เทคโนโลยีแบบผลึก (Crystalline) มีการพัฒนาเต็มรูปแบบ
- เทคโนโลยีแบบ Multijunction Thin Film เริ่มเข้าสู่ตลาดในช่วง 1998-2000

สถานะภาพทางเศรษฐศาสตร์ ดีกว่าเครื่องดีเซลขนาดเล็กในพื้นที่ที่ห่างไกล (Off Grid) และเริ่มมีความเป็นไปได้ในลักษณะเสริมความมั่นคงด้านปลายสายของระบบส่ง หากมีมาตรการช่วยเหลือด้านภาษี

ติดตั้งในประเทศไทย (ข้อมูลถึง 1997) ได้มีการสาธิตและใช้งานจริงรวมทั้งหมดประมาณ 3,700 กิโลวัตต์ โรงงานประกอบ 3 แห่ง มีกำลังผลิตรวม 3,000 กิโลวัตต์/ปี

ติดตั้งต่างประเทศ (ข้อมูลถึง 1995) ในขณะนี้มากกว่า 760 MW.

แนวโน้มในอนาคต คาดว่าปี คศ.2000-2010 ราคาของระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงเหลือ 50-100 บาทต่อวัตต์จึงมีความเป็นไปได้ในเชิงการค้าขนาดใหญ่ขึ้นในลักษณะเชื่อมโยงกับระบบทั้งแบบติดตั้งบนหลังคา (Roof Top PV) และเสริมความมั่นคงด้านปลายของระบบส่ง (Grid Support)

นอกจากนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ในวารสารนี้ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเทศสหรัฐอเมริกา มีเป้าหมายการติดตั้ง

ค.ศ. 1995-2000 ประมาณ 200-1,000 เมกะวัตต์

ค.ศ 2010-2030 ประมาณ 1,000-50,000 เมกะวัตต์

ประเทศญี่ปุ่น มีเป้าหมายติดตั้ง

ในปี ค.ศ. 2000 ประมาณ 400 เมกะวัตต์

ในปี ค.ศ. 2010 ประมาณ 4,600 เมกะวัตต์

ปัจจัยที่สำคัญที่จะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า มีอยู่ 2 ประการ คือ

1. ต้องมีแหล่งพลังงาน

สำหรับประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น พลังงานแสงอาทิตย์มีมากมายสามารถนำมาใช้ได้ โดยเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ทั่วประเทศ จะไม่แตกต่างกันมาก (ตามรูปที่ 2.1) ฉะนั้นการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยจึงไม่มีข้อจำกัด เรื่องของตำแหน่งพื้นที่

2. ต้องมีเทคโนโลยี

เซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ฟ่วงต่าง ๆ ปัจจุบันถือว่าพัฒนาได้ดีในระดับหนึ่ง มีความพร้อมเพียงแต่ราคายังค่อนข้างสูง ถ้ามีการสนับสนุนการใช้ขยายผลมาก ๆ เทคโนโลยีการผลิตพัฒนามากและมีการแข่งขันมาก กลไกการตลาดจะทำให้ราคาต่ำลงและเป็นที่ยอมรับใช้กันต่อไป ส่วนระบบไฟฟ้าแบบครบวงจรจะประกอบด้วย

โรงไฟฟ้า

ระบบส่ง

ระบบจำหน่าย

ลูกค้า

จะสังเกตได้ว่า ถ้าจะนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในระบบไฟฟ้า จะสามารถสอดแทรกได้ทั้งที่ระบบส่งและระบบจำหน่าย โดยในระบบส่งสามารถโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเสริมความมั่นคงของระบบ (PV GRID SUPPORT POWER PLANT) หรือระบบจำหน่ายโดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน (ROOF TOP PV) โดยให้ลูกค้ามีส่วนร่วม

(รูปที่ 2.3) ยกตัวอย่างการใช้ PV ในประเทศสวีตเซอร์แลนด์ (รูปที่ 2.4) มีการสนับสนุนและจูงใจมาก โดยเฉพาะเรื่องค่าไฟฟ้าที่ผลิตจาก PV โดยการไฟฟ้าของสวีตฯ (EWB) รับซื้อไฟจาก PV ในราคา sfr 1/K Wh. ส่วนพลังงานหลักของประเทศคือ Hydro มีอยู่ 60 % จะรับซื้อ sfr 0.01-0.35 และ Nuclear มีอยู่ 40 % จะรับซื้อ sfr 0.03-0.12 ปริมาณการใช้ PV มีอยู่ประมาณ 0.12 % ตัวอย่าง

ในประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 2.5) Kerman Substation ที่กล่าวถึงการ ใช้ PV ในระบบ transmission & distribution จะวิเคราะห์และเปรียบเทียบเงินลงทุนระบบ PV และ Benefits ต่าง ๆ ให้เห็นเป็นรูปธรรม จะเห็นได้ว่า

ปี 1992 ค่าลงทุนระบบ PV ประมาณ 880 \$/kW-Yr

ปี 1995 ค่าลงทุนระบบ PV ประมาณ 720 \$/kW-Yr

ปี 1998 ค่าลงทุนระบบ PV ประมาณ 585 \$/kW-Yr

โดยค่าลงทุนระบบ PV จะประกอบด้วย ค่า PV Modules ค่า BOS และ O&M ค่าภาษี ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่าลงทุนที่ลดลงในแต่ละปีอยู่ที่ PV Modules เป็นหลัก

ต่อไปนี้จะกล่าวถึง Benefits ต่างๆ 8 รายการ ที่จะได้ประโยชน์จากการติดตั้งระบบ PV มีดังนี้

1. Environment ค่าสิ่งแวดล้อมสามารถตีราคาได้ประมาณ 20 \$/kW-Yr
2. Transmission เป็นประโยชน์ในการใช้สายส่งที่มีอยู่แล้วคิดเป็นเงินได้ประมาณ 40 \$/kW-Yr
3. Reliability เป็นความมั่นคงของระบบที่คิดขึ้นคิดเป็นได้ประมาณ 200 \$/kW-Yr
4. T&D Savings คือการประหยัดการลงทุนด้าน Transmission และ Distribution คิดเป็นเงินได้ประมาณ 115 \$/kW-Yr
5. kVAR Support ทางด้านระบบส่งไฟฟ้าต้องการส่งพลังงาน แต่เนื่องจาก Load ที่เป็น Inductive Load จะเกิด kVAR ขึ้นในระบบความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยน kVAR ในระบบให้เหมาะสม ซึ่งถือว่าต้องมีค่าใช้จ่ายในกรณีใช้ PV ในระบบจะคิดเป็นเงินได้ประมาณ 73\$/kW-Yr
6. Loss Savings การนำ PV ไปเสริมในระบบทางปลายสายส่งหรือที่สถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งใกล้กับชุมชนที่ต้องการใช้ไฟฟ้า ในลักษณะนี้เป็นการลดการสูญเสียพลังงานในระบบส่งไฟฟ้าที่ระยะทางไกล ๆ ซึ่งสามารถคิดเป็นเงินได้ประมาณ 15\$/kW-Yr
7. Gen.Capacity เป็นการเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าในระบบได้สูงขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ เช่น หม้อแปลง ในลักษณะเช่นนี้ก็สามารถคิดเป็นเงินได้ประมาณ 10 \$/kW-Yr
8. Energy ด้านพลังงานจะช่วยลดน้ำมันเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า คิดเป็นเงินได้ประมาณ 190 \$/kW-Yr

จาก Benefits ทั้ง 8 ประการ รวบรวมเป็นตัวเงินได้ประมาณ 725 \$/kW-Yr ซึ่งพิจารณาแล้วจะใกล้เคียงกับค่าลงทุนระบบ PV ในปี 1995 ถือได้ว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ถ้ามองไปในปี 1998 ค่า Benefits จะสูงกว่าเงินลงทุนก็จะยิ่งคุ้มค่ามากขึ้น

เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์กำเนิดมา 5 ทศวรรษแล้ว เริ่มตั้งแต่ปี 1950 โดยแบ่งความก้าวหน้าในแต่ละทศวรรษดังนี้

- ทศวรรษที่ 1 (ปี 1950-1960) เป็นการคิดค้นและพัฒนาในห้องปฏิบัติการ
- ทศวรรษที่ 2 (ปี 1960-1970) เป็นการพัฒนานำไปใช้ในโครงการอวกาศ

- ทศวรรษที่ 3 (ปี 1970-1980) เริ่มนำมาใช้ในโลกลงในเชิงวิจัยและพัฒนาและในช่วงนี้ก็มี การคิดค้นวัสดุชนิด Thin-film

- ทศวรรษที่ 4 (ปี 1980-1990) เริ่มนำไปใช้งานในพื้นที่ห่างไกลระบบไฟฟ้าในทศวรรษนี้ เทคโนโลยีทาง Crystalline และ Amorphous จะผสมผสานกันไป

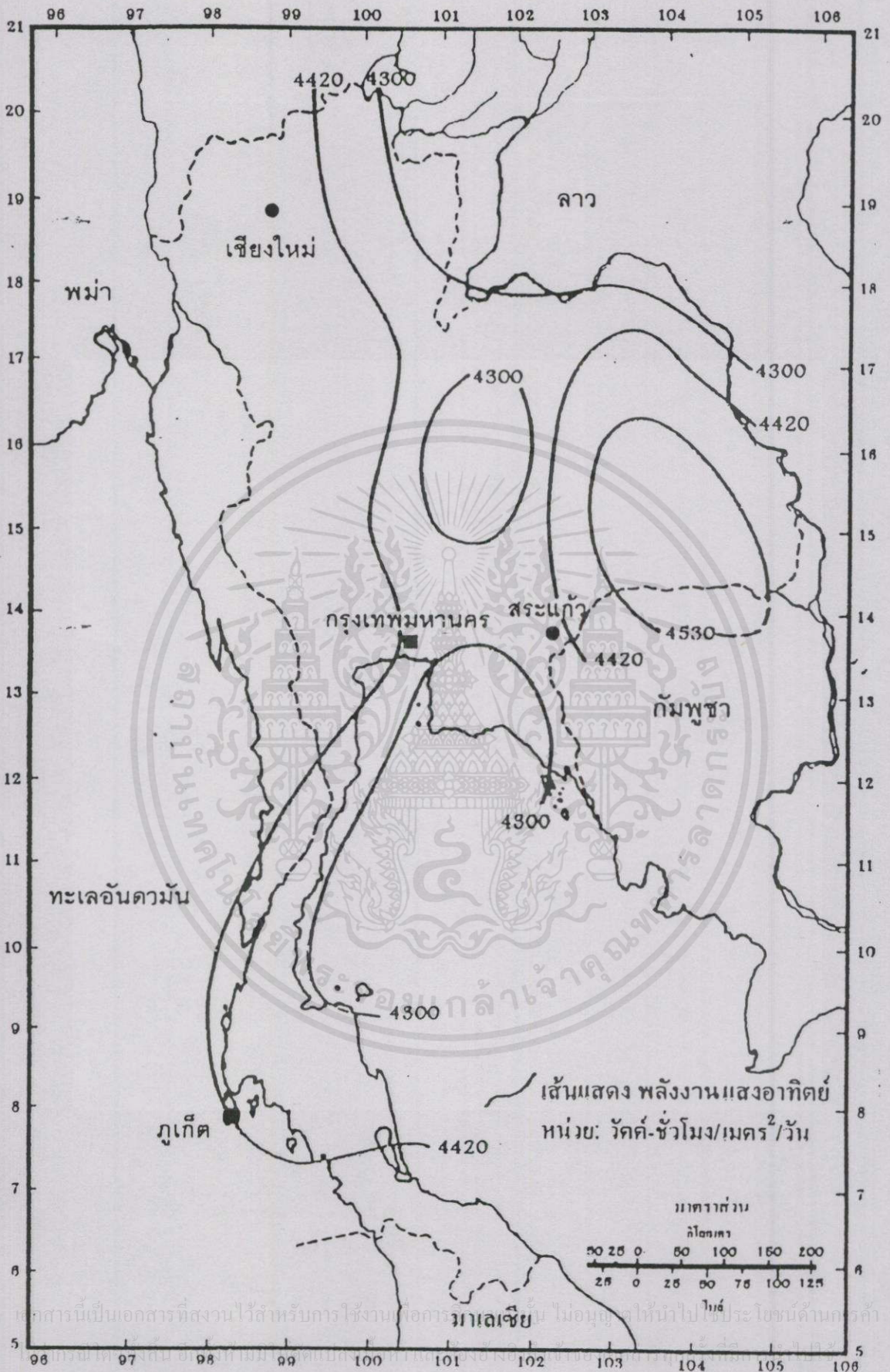
- ทศวรรษที่ 5 (ปี 1990-2000) ทาง Utility เริ่มให้ความสนใจที่จะผลิตไฟฟ้าโดยใช้ PV ที่ต่อเข้าระบบเทคโนโลยีในทศวรรษนี้จะเน้นที่ Mutijunction Thin film เพื่อผลทาง ประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต ฉะนั้นแนวโน้มหลังปี 2000 ทาง Utility จะมีบทบาทมาก ต่อการใช้ PV และเซลล์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายประสิทธิภาพจะสูง และราคาต่ำลงเกิดการแข่งขัน จะจูงใจให้นิยมใช้อย่างแพร่หลาย

แนวโน้มตลาด (รูปที่ 2.7) จะแบ่งเป็น 2 แนวทาง คือ

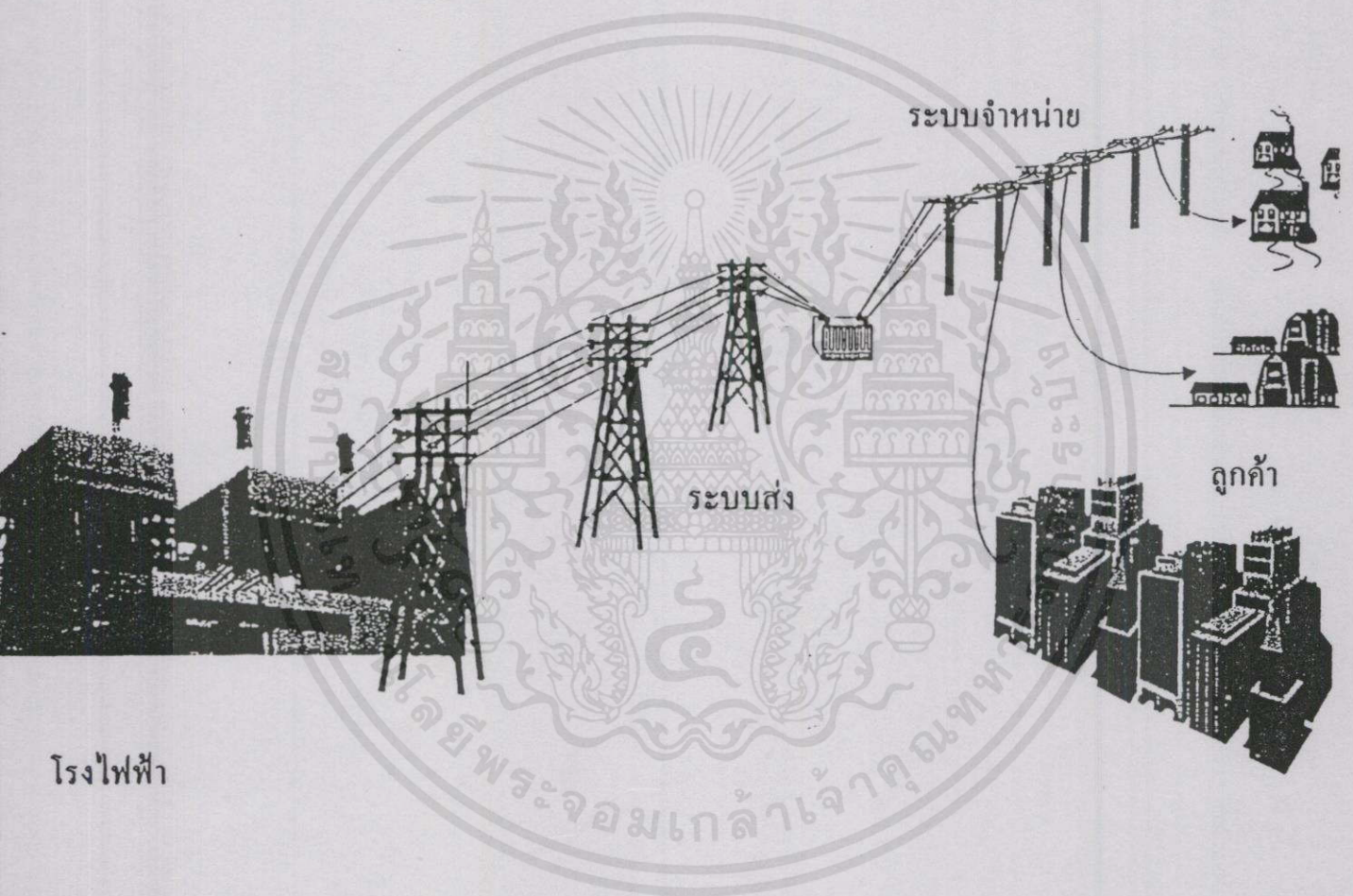
1. Business as Usual หมายถึง ตลาดตามปกติที่ไม่มีเหตุการณ์พิเศษมากระตุ้น PV ในตลาด ตั้งแต่ 1990-1995 จำนวน PV ที่จำหน่ายในตลาด 48-80 MW/ปี ราคาเฉลี่ย 4.50-3.50 \$/W แนวโน้ม ในปี 2000 PV ที่จำหน่ายจะเป็น 190 MW/ปี ราคาอยู่ระหว่าง 2.50 - 3.00 \$/W และในปี 2010 จะเพิ่มเป็น 800 MW/ปี ราคาอยู่ระหว่าง 1.75-2.00 \$/W

2. Accelerated Scenario หมายถึง ตลาดที่จะมีปัจจัยต่างๆ และเหตุการณ์พิเศษมากระตุ้น เช่น บทบาทการคุมเข้มเรื่องสิ่งแวดล้อม สังคม ราคาน้ำมัน ที่ถึงขั้นวิกฤต โดยมองไปที่ปี 2000 การใช้ PV จะมีถึง 440 MW/ปี ราคา 1.50-2.00 \$/W และในปี 2010 จะใช้ PV ถึง 4000 MW/ปี ราคา PV จะอยู่ที่ 1-1.50 \$/W แนวโน้มตลาดทั้ง 2 แนวทาง จะเกิดขึ้นแนวใดหรือเกิดแบบ ผสมผสานกันในอนาคตการใช้ PV จะมีมากขึ้นและราคาจะต่ำลงอย่างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



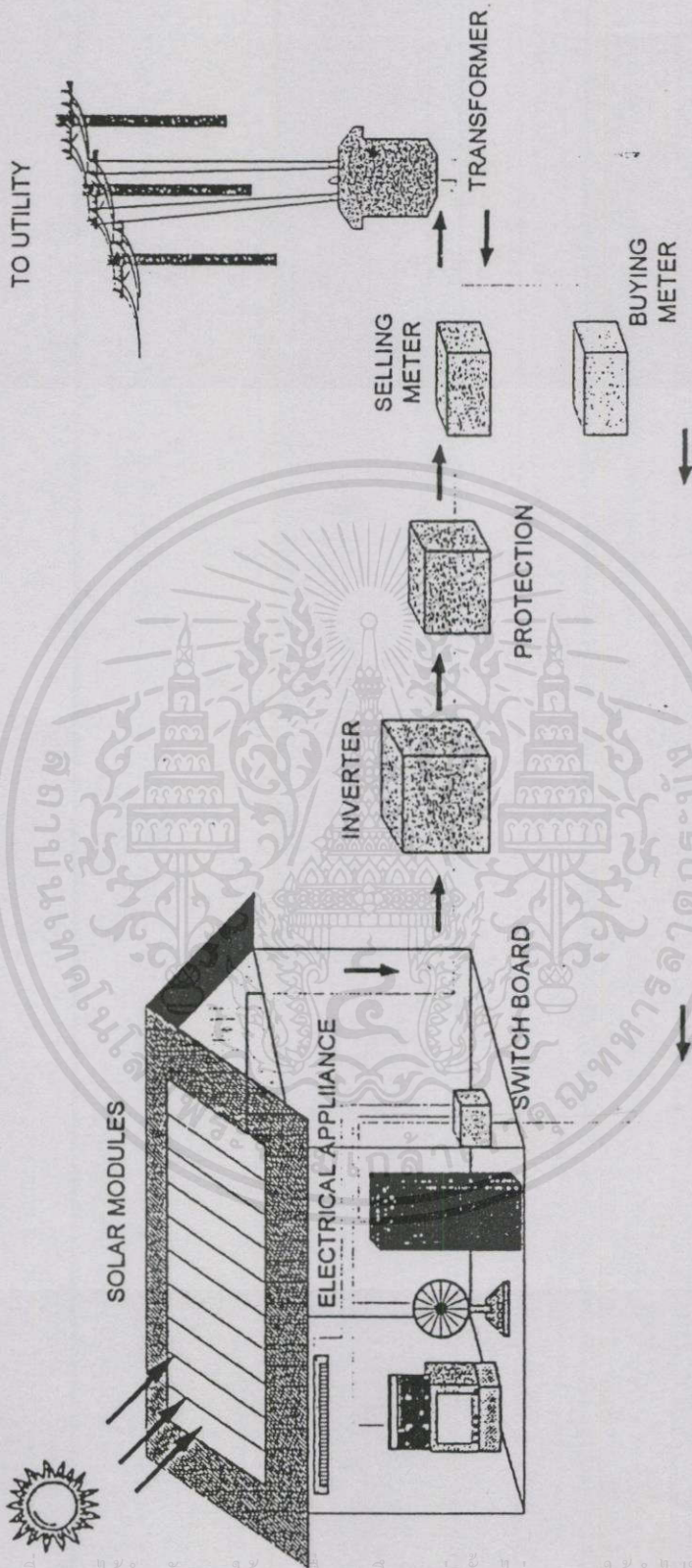
ภาพที่ 2.1 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 ระบบไฟฟ้า

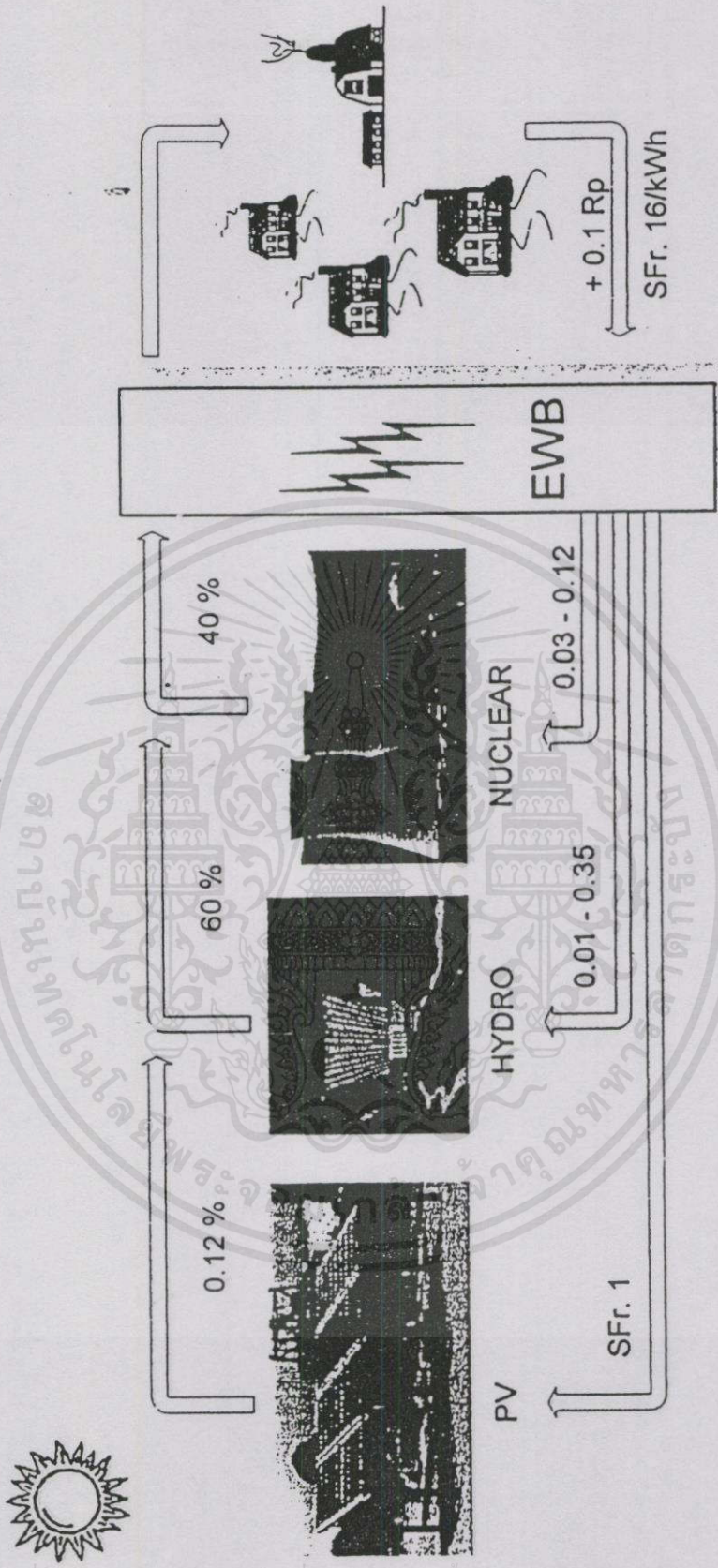
CONCEPTUAL DIAGRAM OF 2.5 KW ROOF-TOP PV, GRID CONNECTED



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 ระบบจำหน่ายโดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

# RATE - BASED INCENTIVES (Burgdorf/Aachen Model)



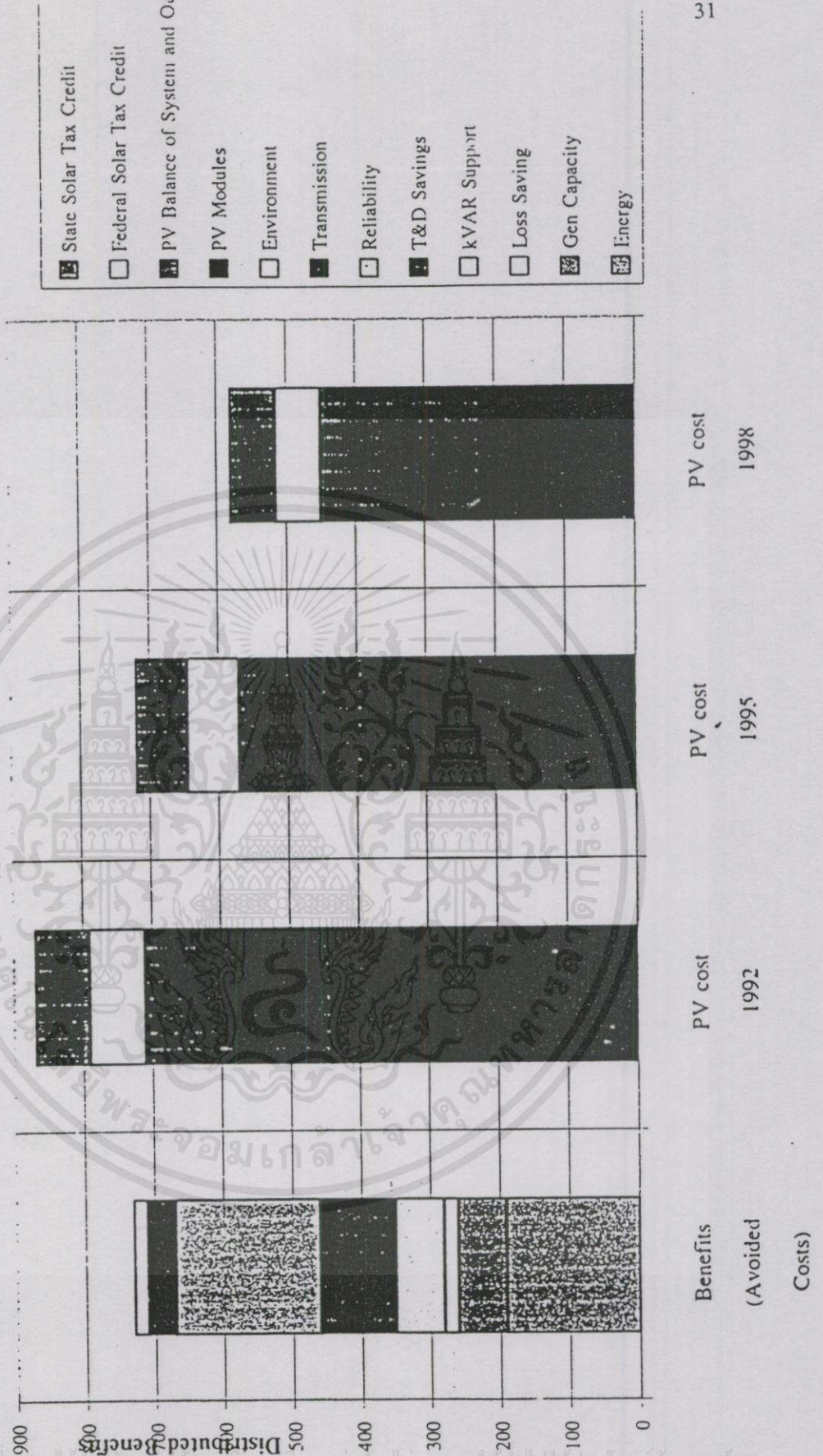
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 การใช้ pv ในประเทศสวิสเซอร์แลนด์

# Benefits vs. costs of PV in the transmission and distribution system

Kerman substation (Shugar, 1990)

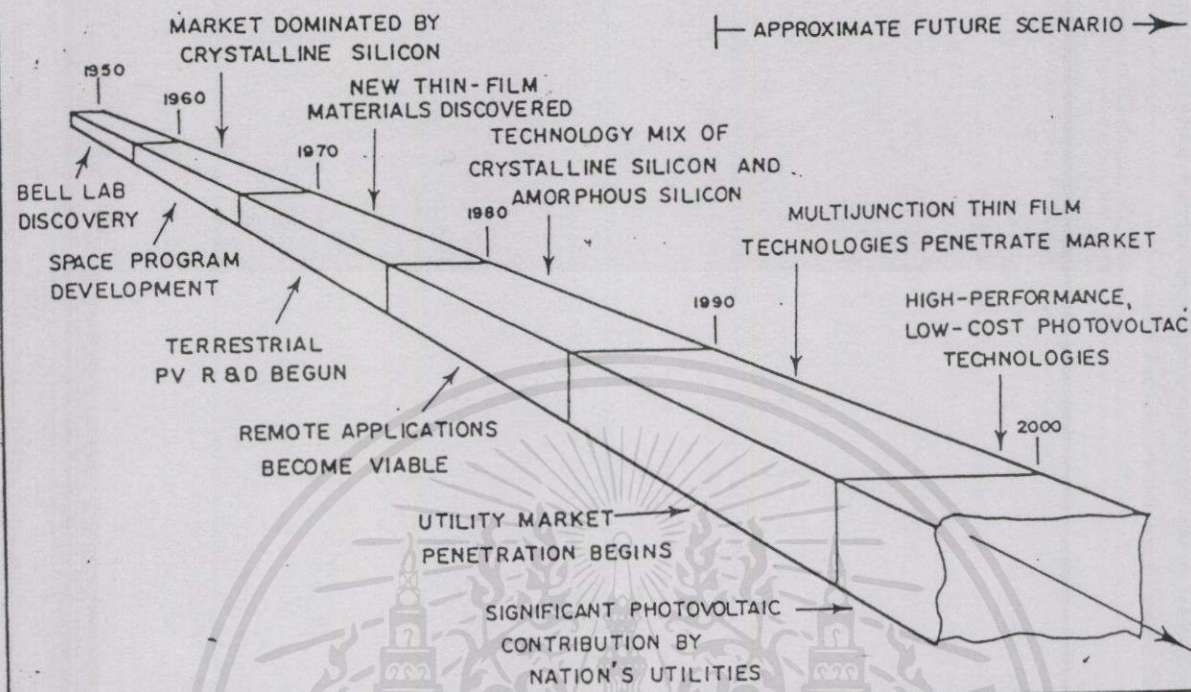
(Multiply by rating of system in kW to get benefits in \$/yr)



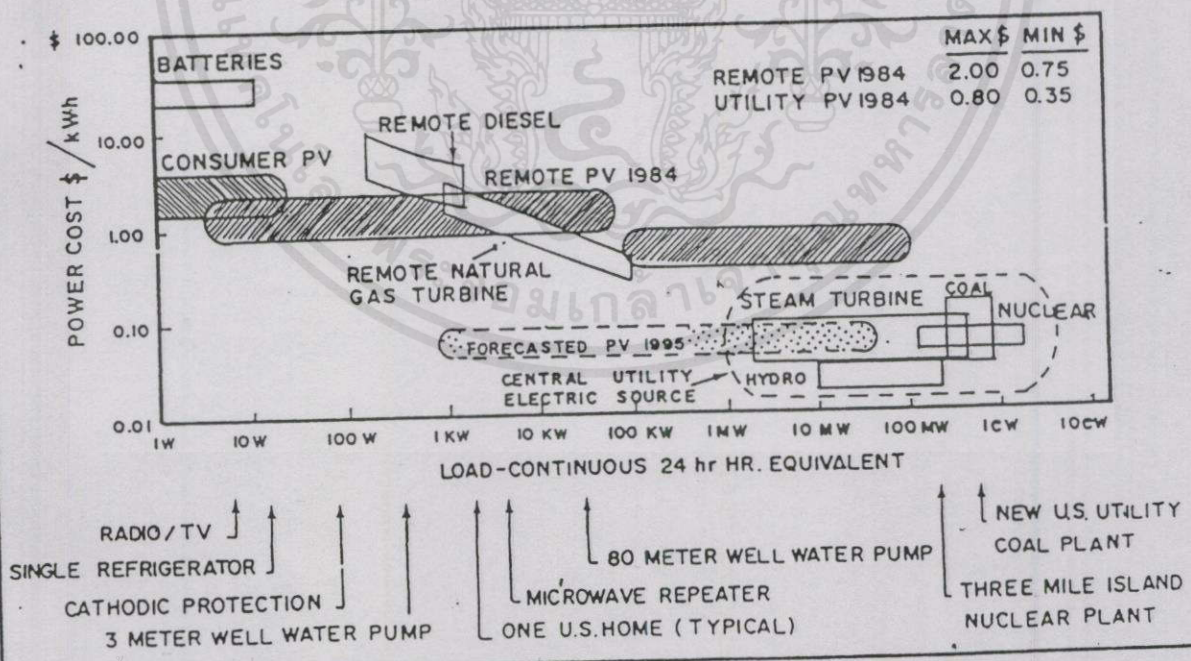
ภาพที่ 2.5 การใช้ pv ในประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และสงวนลิขสิทธิ์ในเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ทางด้านเทคนิค



### ทางด้านเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 2.6 การคาดคะเนเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นิพนธ์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PV WORLD MARKET FORECAST

## BUSINESS AS USUAL (MWp)

MARKET SECTOR	1990	1993	1995	2000	2010
CONSUMER PRODUCTS	16	18	25	50	150
US OFF-GRID RES	3	5	8	20	50
WORLD OFF-GRID RURAL	6	8	10	30	200
COMMUNICATE/SIGNAL	14	16	21	30	150
PV/DIESEL, COMMCL	7	10	16	40	120
GRID-CONN RES, COMMCL	1	2	5	10	50
CENTRAL STATION 100KW 1		2	5	10	50
TOTAL (MW/YR)	48	70	90	190	600
ACTUAL (MW/YR)	48	61	80		
AVERAGE PRICE (\$/W)	4.50	4.00	3.50	3.00	2.00
LOW PRICE (\$/W)	4.00	3.50	3.00	2.50	1.75

# PV WORLD MARKET FORECAST

## ACCELERATED SCENARIO-1990 FORECAST

MARKET SECTOR	1990	1995	2000	2010
CONSUMER PRODUCTS	16	70	80	500
US OFF GRID RES	3	20	40	100
WORLD OFF GRID	6	15	40	600
COMMUNICATION, SIGNAL	14	40	60	200
PV/DIESEL, COMMCL	7	50	100	1000
GRID CONN RES, COMMCL	1	5	20	600
CENTRAL STATION	1	10	100	1000
ACTUAL	48	80		
TOTAL (MW)'90 FORECAST	48	210	440	4000
AVERAGE PRICE (\$/W)	4.50	3.00	2.00	1.50
LOW PRICE (\$/W)	4.00	2.50	1.50	1.00
2010 FORECAST: 25%/YEAR 2000 TO 2010				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 แนวโน้มปริมาณที่ผลิตและราคาของเซลล์แสงอาทิตย์

ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แพร่หลายคือราคาของเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องไม่แพงมากนัก ในช่วงเวลา 10 ปี ที่ผ่านมานี้ ปริมาณการผลิตได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 160 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้ลดลงเหลือประมาณหนึ่งในสิบ วัตถุประสงค์หลักของอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์คือการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้ได้ราคาถูกลงพอ ๆ กับการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันหรือปรมาณู แผนพัฒนาพลังงาน 5 ปี ระหว่าง ค.ศ.1987-1991 ของกระทรวงการพลังงาน (Department to Energy) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ 0.12 ดอลลาร์ (3บาท) ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับประเทศญี่ปุ่นก็ได้มีโครงการ Sunshine ของกระทรวงการค้าระหว่างประเทศและอุตสาหกรรม ซึ่งได้ตั้งเป้าหมายไว้ว่าราคาเซลล์แสงอาทิตย์ควรจะลดลงเหลือ 100-200 เยน (20-50 บาท) ต่อวัตต์สูงสุดในช่วง ค.ศ. 1995 ซึ่งเป็นราคาที่สอดคล้องกับราคาในสหรัฐอเมริกา สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับราคาค่าต้นทุนเซลล์แสงอาทิตย์ประการหนึ่งคือ ถ้ายังผลิตได้ปริมาณเท่าไร ราคาก็จะยิ่งถูกลง (Scale merit ของการผลิต) ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si) จะถูกลงได้เร็วกว่าชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน เพราะเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนสามารถผลิตจำนวนมาก (mass production) ได้ง่ายกว่า อาทิเช่น ถ้าผลิตได้ 100 เมกกะวัตต์ต่อปี ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนจะเป็น 1 ดอลลาร์ (25บาท) ต่อวัตต์สูงสุด และราคาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนโครงการ sunshine ญี่ปุ่นจะเป็น 100 เยน (20บาท) ต่อวัตต์สูงสุด

### 2.4.2.1 ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่แล้วทำมาจากผลึกซิลิคอนซึ่งมีขบวนการผลิตที่ซับซ้อนมาก จึงมีผลให้ต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง แต่ด้วยเหตุที่เซลล์แสงอาทิตย์มีขนาดเล็กกระทัดรัดต่อกันเป็นแผง มีขนาดกำลังผลิตตั้งแต่ 10 วัตต์ขึ้นไป และสามารถนำมาประกอบให้ได้กำลังผลิตตามความต้องการ จึงทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานตามชนบทที่การบริการของรัฐยังไม่ถึง หรือตามถิ่นทุรกันดารและมีการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก ในลักษณะเช่นนี้ การเดินสายไฟฟ้าหรือขนส่งน้ำมันจะมีค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมทางเทคนิคดังกล่าวและมีแนวโน้มว่าเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2532 พบว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 160 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ต้นทุนการผลิตลดลงเหลือประมาณหนึ่งในสิบ สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์คือ หากผลิตในปริมาณมาก ราคาจะต่ำลง ดังนั้นจึงได้มีการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดต้นทุนการผลิตลง ซึ่งปัจจุบันพบว่าเทคโนโลยีการผลิตเซลล์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (ชนิดที่ไม่มีรูปผลึก) และการผลิตเซลล์เป็นชั้น ๆ แบบต่อเนื่องจะสามารถพัฒนาให้มีราคาถูกได้ในอนาคต ปัจจุบัน ต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่ว ๆ ไปจะอยู่ในช่วงประมาณ 100-150 บาท ต่อวัตต์ และคาดว่าราคาจะลดลงเหลือ 50 บาท ต่อวัตต์ภายในปี พ.ศ. 2548 และเป็นที่คาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ ราคาเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง ในขณะเดียวกันเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน และน้ำมัน ที่มีปริมาณจำกัด คงจะหมดลงในที่สุด ซึ่งเป็นผลให้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น นอกจากนี้ทั่วโลกได้ตระหนักถึงเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้การลงทุนเกี่ยวกับการขจัดมลภาวะของโรงไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีแนวโน้มที่จะผลิตไฟฟ้าได้ในราคาที่สามารแข่งขันกับโรงไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

## 2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

1. การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการออกแบบด้านสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับ อาคารโดยทั่วไป วิมลสิทธิ์ หรยางกูร ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับความหมายของสถาปัตยกรรมว่า สถาปัตยกรรมคือ การกระทำเพื่ออาศัยศิลปะและวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างที่ มนุษย์ใช้สอยได้ ขณะที่ ผุสดี ทิพทัส ให้ความหมายของสถาปัตยกรรมว่าสถาปัตยกรรมเป็นสิ่งที่ เกิดขึ้น เพื่อสนองประโยชน์ใช้สอยในกิจกรรม ประเภทต่าง ๆ และตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ออกไป โดยอาศัยวิทยาการทางเทคโนโลยี และความรู้ทางด้านศิลปะประกอบเข้าด้วยกัน หากขาด หรือบกพร่องทางด้านหนึ่งด้านใดก็ไม่อาจนับเป็นสถาปัตยกรรมที่ดีได้

วีระ อินพั้งทัง ให้ทัศนะคติเกี่ยวกับ แนวความคิดหลักในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมว่า ควรคำนึงถึงตัวแปรสำคัญ 5 ประการ คือ

1. ประโยชน์ใช้สอย
2. ระบบเศรษฐกิจ
3. เทคโนโลยีก่อสร้าง
4. ระบบนิเวศน์วิทยา
5. ความงามทางสถาปัตยกรรม

วีระ อินพั้งทัง ได้ให้ทัศนะเพิ่มเติมว่าในภาวะปัจจุบันการออกแบบงานสถาปัตยกรรม คำนึงถึงการประหยัด การทุนคืนที่รวดเร็ว คำนึงถึงระบบการก่อสร้างที่ประหยัดและรวดเร็ว มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ตลอดจนการนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งมีการตื่นตัว ด้านระบบนิเวศน์วิทยา โดยการสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรมที่มีผลกระทบต่อในทางลบหรือทำลาย สมดุลย์ ระบบนิเวศน์วิทยาน้อยที่สุด และส่งผลกระทบต่อในทางบวกมากที่สุด ในเรื่องนี้ได้สอดคล้อง กับแนวความคิดของตรีงใจ บูรณสมภพ ว่าการออกแบบอาคารในปัจจุบันน่าจะยึดถือความประหยัด อย่างสมเหตุสมผลเป็นสำคัญ คือ ประหยัดทั้งสิ่งที่ประกอบเป็นตัวอาคารและการใช้อาคารและ การใช้อาคารนั้นสิ่งที่ประกอบเป็นตัวอาคารก็คือ รูปอาคาร วัสดุและการก่อสร้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้

ถ้าได้ทำขึ้นด้วยเทคนิควิทยาที่ถูกต้อง ก็จะประหยัดในการใช้อาคารไม่ให้สิ้นเปลืองพลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง และระบบปรับอากาศเป็นต้น

สมสิทธิ์ นิตยะ (สภาวะแวดล้อมในเขตร้อน : 21) ได้อธิบายเกี่ยวกับแนวความคิดและหลักการออกแบบด้านสถาปัตยกรรม ว่า ความมุ่งหมายหลักในการออกแบบที่มีความสำคัญยิ่งกว่าความประทับใจ ประทับใจ คือการสร้างสรรค์ให้เกิด “สภาวะน่าสบาย” แก่ผู้ใช้สอยสถาปัตยกรรมนั้น สมสิทธิ์ นิตยะ พบว่า “สภาวะน่าสบาย” (COMFORT ZONE) หรือ (COMFORT REQUIREMENTS) ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันรวมทั้งความเคยชิน ข้อมูลทางด้าน PHYSIOLOGY สามารถที่จะแสดงออกมาได้ ที่บุคคลเคยชินกับบรรยากาศแบบอบอุ่นหรือหนาวย้ายไปอยู่ในเขต ทropic สามารถปรับสภาพทางร่างกายได้ในเวลาประมาณ 1 เดือน และสภาพทางจิตใจที่จะได้รับความน่าสบายอย่างสมบูรณ์ได้ ในฐานะของผู้สร้างสรรค์จึงอาจมีทางช่วยได้ โดยการออกแบบให้มีความน่าอยู่ประทับใจ และให้อยู่ใน “สภาวะน่าสบาย” ที่สุดเท่าที่สิ่งแวดล้อมจะอำนวยได้

กรณีร. สุวินทราวุฒิ กล่าวถึงงานสถาปัตยกรรมว่า เริ่มมาจากความจำเป็น เพื่อตอบสนองการดำรงชีวิตของมนุษย์ด้านที่อยู่อาศัยสถาปัตยกรรมเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ จำนวนประชากร วัฒนธรรม ประเพณี ภูมิประเทศ เช่น บ้านพักอาศัยของชาวเขาก็จะสร้างเป็นเพิง ง่ายต่อการรื้อถอนและเคลื่อนย้าย ต่อมารวมตัวกัน เป็นเผ่า และมีที่ทำกินเป็นหลักแหล่ง ก็สร้างบ้านพักเป็นกลุ่มถาวร และเนื่องจากบนภูเขามีอากาศหนาวเย็น จึงสร้างบ้านกันความหนาวเย็นจึงไม่มีช่องหน้าต่าง ส่วนใหญ่จะมีคิบบปรับไอน์จากพื้นดินหุงต้มภายในบ้าน เพื่อให้ความร้อนจากเตาหุงต้มแผ่กระจายทั่วไปภายในตัวอาคาร ส่วนที่พักอาศัยของคนไทยในที่ราบมีความชื้นสูง บ้านพักอาศัยจึงจำเป็นต้องทำให้โปร่งมีหน้าต่าง เพื่อการถ่ายเทอากาศยกบ้านพื้นสูงเพื่อให้พ้นจากภัยธรรมชาติ สัตว์ร้าย และน้ำท่วมมีการแบ่งพื้นที่ดินที่อยู่อาศัยเป็นสัดส่วน

ปัจจุบันผลผลิตทางด้านอุตสาหกรรม และความก้าวหน้าทางวิชาการ ทำให้เกิดงานสถาปัตยกรรม ออกมาในรูปแบบต่างกัน จากอิทธิพลของการใช้วัสดุก่อสร้างและเทคโนโลยีในการก่อสร้างเหล่านี้ ทำให้รูปแบบลักษณะของสถาปัตยกรรมแต่ละอย่างแตกต่างกันออกไปอย่างมากทีเดียว (การออกแบบ เขียนแบบ สถาปัตยกรรม. 2529 : 6)

สมศรี กาญจนสุด ให้ความหมายของสถาปัตยกรรมว่า สถาปัตยกรรม คือ อาคารที่สร้างขึ้นโดยสถาปนิก ซึ่งมีความเจนจัดในรสนิยมทางศิลปะ วิทยาการทางวัสดุ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ประสพการณ์ด้านสังคมที่มีความงาม และสามารถสนองประโยชน์ใช้สอยได้สมบูรณ์ สมดังความมุ่งหมายที่ได้วางไว้เพื่ออาคารนั้น (พื้นฐานสถาปัตยกรรม. 2532 : 1)

ชาญวุฒิ วรวรรณ กล่าว การที่จะให้บังเกิดผลสนองตอบอย่างสมเหตุสมผลนั้นมนุษย์เราจำเป็นต้องอาศัยทั้งสติและปัญญา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสถาปนิกแล้ว จะต้องมิจิตสำนึกถึงผลกระทบต่อส่วนรวมเป็นหลัก (สถาปัตยกรรมระบบทีม, มหาลัยศิลปากร. 2526 : ก)

ตรีใจ บูรณสมภพ กล่าวถึงการออกแบบอาคารในปัจจุบันว่า นำที่จะยึดถือความประหยัดอย่างสมเหตุสมผลเป็นสำคัญ คือ ประหยัดทั้งสิ่งที่ประกอบเป็นตัวอาคาร และการใช้อาคารนั้น สิ่งทีประกอบเป็นตัวอาคารก็คือ รูปแบบอาคาร วัสดุ และการก่อสร้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ถ้าทำขึ้นด้วยเทคนิควิทยาที่ถูกต้อง ก็จะประหยัดในการใช้อาคารไม่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ให้แสงสว่างและระบบปรับอากาศ เป็นต้น รูปแบบอาคารควรมีลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น ง่ายแก่การบำรุงรักษา และให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้สอยไม่ให้ใหญ่โตเกินความจำเป็น ซึ่งนอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองในเวลาก่อสร้าง ยังทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในเวลาอยู่อาศัยด้วย การประหยัดพลังงานสามารถทำได้ด้วยการออกแบบอาคารให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความสบายด้วยวิธีธรรมชาติ แม้จะต้องนำอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาช่วยก็ใช้ในจำนวนที่พอกับความต้องการและถูกวิธี (การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. 2521 : 3)

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร (การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2528 : 27-28 ) แสดงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบโดยพิจารณาในเชิงกิจกรรมเป็น 4 ขั้นตอนหลัก และ 7 ขั้นตอนละเอียด คือ

#### ขั้นตอนหลัก

1. ขั้นกำหนดปัญหา
2. ขั้นออกแบบ
3. ขั้นดำเนินการ
4. ขั้นประเมินหลังการเข้าอยู่

#### ขั้นตอนละเอียด

1. การเริ่มโครงการและกำหนดขอบเขตของปัญหา
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
3. การออกแบบทางเลือก
4. การประเมินแบบทางเลือก
5. การพัฒนาแบบ
6. การจัดทำเอกสารงานก่อสร้างและการดำเนินการก่อสร้าง
7. การประเมินหลังการอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 วิโรจน์ นิพันธ์ะวัฒน์ (การศึกษาการจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 2530 : 46-49) กล่าวว่า จากการศึกษาการจัดทำรายละเอียดโครงการสำหรับงาน

ออกแบบที่ดี และมีความสมบูรณ์นั้นหาได้น้อยมาก มักมีข้อบกพร่องต่าง ๆ มากมาย ซึ่งแสดงว่าเป็นผลงานที่ไม่อาจบรรลุวัตถุประสงค์ หรือสภาพที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่อาจตอบสนองความต้องการต่าง ๆ ของกลุ่มผู้ใช้ ทั้งนี้เพราะผู้ใช้โดยตรงมักไม่มีโอกาสเข้าร่วมในการจัดทำรายละเอียดโครงการ ที่สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับผู้ร่วมงาน มักประกอบด้วยกลุ่มบุคคลต่าง ๆ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้ดำเนินการ หรือกลุ่มผู้บริหารโครงการ
2. กลุ่มผู้ใช้อาคาร
3. กลุ่มที่ปรึกษา
4. กลุ่มผู้ออกแบบ

### 2.5.1 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับ สภาพแวดล้อมของที่ตั้งภายนอกอาคาร

ธนิต จินดาวณิก ได้ให้ความเห็น เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของอาคารว่า ความต้องการพื้นฐานแรกเริ่มของมนุษย์ ในการสร้างอาคารและที่อยู่อาศัย ก็เพื่อต้องการปกป้องอันตรายจากสัตว์ร้าย การป้องกันฝน ป้องกันหิมะ การป้องกันลมพายุ และการป้องกันจากสภาพแวดล้อม เป็นต้น และความต้องการพื้นฐานอีกสิ่งหนึ่งก็คือ สร้างสภาวะน่าสบาย ภายในที่อยู่อาศัย ในเรื่องของสภาพแวดล้อม ธนิต จินดาวณิก (สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. 2540 : 35) ได้อธิบายว่า ในเชิงของ Thermal Comfort ถ้าผู้ออกแบบสามารถแสวงหาประโยชน์จากสภาพแวดล้อมและที่ตั้งมาออกแบบสร้าง Thermal Comfort ภายในอาคารและออกแบบอาคารให้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพบริเวณและที่ตั้งนั้นมากที่สุด เพื่อจะไม่ใช้หรือลดช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศให้น้อยที่สุด ลดเครื่องปรับอากาศให้เล็กลงที่สุด ก็จะเป็นการใช้พลังงานในส่วนของเครื่องปรับอากาศอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด และในสภาพอากาศร้อนขึ้นนั้น องค์ประกอบจากที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมที่สามารถนำมาช่วยเสริมสร้าง Thermal Comfort ได้แก่ Microclimate ดินไม้และดิน ปังจัยหลักที่มีผลต่อ Microclimate นั้นได้แก่ รูปทรงของแผ่นดิน (Land Form) น้ำ (Water Body) พืชพันธุ์ (Vegetation) และสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์ทำขึ้น (Man-Made Feature) ธนิต จินดาวณิก (สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. 2540 : 36) จากการศึกษาเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมของอาคารพักอาศัยของรองศาสตราจารย์ ผุสดี ทิพทัส พบว่า Microclimate นั้นแตกต่างจากสภาพอากาศโดยรอบที่ตั้งอาคาร พืชพันธุ์ดินไม้และตัวน้ำได้สร้างอากาศเย็น (Cool Air Pocket) ขึ้นในที่ตั้ง อันมีผลสืบเนื่องมาจากร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ และผลของ Evaporative Cooling จากตัวต้นไม้เองกับน้ำ Cool Air Pocket มีผลช่วยต่อความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคารอย่างมาก โดยเฉพาะ ในช่วงร้อนจัด (Peak) ในเวลาบ่าย ดังนั้น ถ้าผู้ออกแบบ ออกแบบอาคารโดยการวาง Zoning และตำแหน่งของ Supply Air Intake ที่จะดึงอากาศบริสุทธิ์ จาก แทนที่จะดึงมาจากอากาศที่ร้อนกว่าภายนอก ก็สามารถช่วยลด

การปรับอากาศได้ ผลที่ตามมาคือ สามารถลดเครื่องปรับอากาศให้เล็กลง และลดพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศได้

พาสนา คัตนชัตกัณณ์ ได้ให้ทัศนะว่า การออกแบบอาคารที่พิทักษ์และสถานที่ทำการ ฯลฯ ควรจะได้ศึกษาหรือทำความเข้าใจเรื่องของโลกและเรื่องของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชีวิตมนุษย์ สัตว์ และพืช ซึ่งอาศัยอยู่ในโลกนี้ และเมื่อได้ศึกษาหรือทำความเข้าใจแล้วเราสามารถที่จะตรวจสอบรังสีจากดวงอาทิตย์ทิศทางใดที่ทำให้เงา ลม ฝน ฯลฯ จะมีผลในการออกแบบเกี่ยวกับการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกิดจากธรรมชาติซึ่งอาจจะเป็นอันตรายได้และในเวลาเดียวกันก็จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากธรรมชาติด้วย (ภาวะภูมิอากาศ กับการออกแบบอาคารกรุงเทพ ๑. 2527 : 3)

### 2.5.3 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับ อิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน

ธนิต จินดาวณิก ได้ให้แนวความคิดเกี่ยวกับ การออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานว่า องค์ประกอบภายนอกที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่ผู้ออกแบบอาคารวิเคราะห์พิจารณา ได้แก่ ลม ดวงอาทิตย์ และแสงธรรมชาติ โดยอธิบายว่า “ลม นอกเหนือจากลมประจำท้องที่ผู้ออกแบบคุ้นเคยแล้ว องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ได้แก่อาคารข้างเคียง ต้นไม้ใหญ่หรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วของกระแสลมได้ “ดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง ซึ่งสามารถแยกได้สองประเด็น คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ตกลงมาสู่ที่ตั้งกับมุม และวงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) แสงธรรมชาติ สำหรับภูมิอากาศในประเทศไทยแสงธรรมชาติในช่วงกลางวันนั้น มีมากพอเพียงตลอดปี ในการพิจารณาแสงธรรมชาติ ผู้ออกแบบต้องแบ่งแยกพิจารณาแสงธรรมชาติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ แสงแดด (Sunlight) และแสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) นอกเหนือจากองค์ประกอบธรรมชาติ Wind Sun และ Light แล้ว องค์ประกอบของที่ตั้ง ก็มีมีส่วนช่วยที่สามารถเอื้ออำนวยต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน องค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ดิน ต้นไม้ แหล่งน้ำ และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

สุนทร บุญญาริการ (อาสาสถาปัตยกรรม : กันยายน. 2537 : 46) ได้อธิบายถึงหัวใจหลักในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อประหยัดพลังงานว่า ในการออกแบบน่าจะคำนึงถึงวิธีหรือขบวนการที่จะสร้างสรรค์ อาคารให้มีความสุขสบายที่เพียงพอแก่ความต้องการของผู้ใช้อาคารไว้ต้องพิจารณา

1. พิจารณาเรื่องของสิ่งเอื้ออำนวยบริเวณที่ตั้งอาคาร (Asset) ในแง่ของการประหยัดพลังงาน เช่น แสงธรรมชาติโดยที่แสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting) หมายความว่าในปริมาณ พลังงานแสงที่ได้เท่า ๆ กันนั้น แสงธรรมชาติมีความร้อนปนมาน้อยกว่าแสงประดิษฐ์ใด ๆ สภาพภูมิอากาศ ดิน ลม และ แสงแดด

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวอาคาร และเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร (Technology Integration Building Zone) ความเข้าใจเกี่ยวกับการวางตำแหน่งทิศทางของอาคาร ( Building Placement and Orientation) นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงการเลือกระบบภายในอาคาร (Indoor Environment Consideration) และการปรับปรุงสภาวะภายในอาคาร (Building Performance)

3. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ

4. การจัดระบบการควบคุมที่เหมาะสมกับผู้ใช้อาคาร

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น สุนทร บุญญธิการ ได้ อธิบายว่า หัวใจหลักในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่ดีนั้น จะต้องนำเอาสิ่งเอื้ออำนวย หรือ Asset ที่หามาได้ประยุกต์ใช้กับอาคาร เพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่ดีมีประสิทธิภาพเสียก่อน เพราะเมื่อทำได้แล้วก็เท่ากับเป็นการประหยัดพลังงานไปมากกว่าครึ่งแล้ว จากนั้นจึงจัดหาระบบที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการใช้งานของอาคาร ของผู้ใช้อาคารและผู้ควบคุมอาคาร หากเป็นไปได้ควรพิจารณาถึงการใช้งานชั่วอายุของอาคารเป็นเกณฑ์ (Life Cycle Costing)

#### 2.5.4 การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับ ลักษณะ และรูปทรงของอาคาร

ในเรื่องของรูปร่างลักษณะอาคารนี้ ผุสดี ทิพพิส ได้ให้ทัศนะในเรื่องของรูปร่างลักษณะอาคารว่า สถาปัตยกรรมเป็นสิ่งที่มีการวิวัฒนาการและมีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งในด้านแนวความคิดในการออกแบบวัสดุการออกแบบวัสดุก่อสร้างและวิธีการก่อสร้างใหม่ ๆ ตลอดจนวิถีการดำรงชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเจริญ หรือลักษณะของสังคมดังนั้นจึงเป็นเหตุให้งานสถาปัตยกรรมมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันออกไปตามกาลเวลาและสถานที่

สมศรี กาญจนสุด ได้ให้ทัศนะว่า สถาปัตยกรรมที่สร้างขึ้นในเขตร้อนชื้นจะมีปัญหาภาคต้องหาทางป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ ต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศ การป้องกันความชื้น การป้องกันมด ปลวก เป็นต้น ลักษณะอาคารในเขตร้อนชื้นจะมีลักษณะโปร่ง มีระเบียงหลังคายาวทิ้งชายคาเลยจากตัวอาคารมาก เพื่อต้องการแดดและฝน

#### 2.5.5 การศึกษาแนวความคิดทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับทิศทางของอาคาร

สมสิทธิ์ นิตยะ ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับการทิศทางของอาคารว่า ปริมาณความร้อนได้รับจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันออกไปตามฤดูกาล และตำแหน่งของท้องดิน เมื่ออุณหภูมิทั่วไปต่ำ อาคารควรจะวางให้รับการแผ่รังสีความร้อนให้มากที่สุด และเมื่ออุณหภูมิทั่วไปสูงเกินควร อาคารควรจะหันหลบการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ผ่านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.6 การศึกษาแนวความคิดเกี่ยวกับการออกแบบอาคารที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

อรศิริ ปาณินท์ (วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2525 : 266) ได้ให้หลักเกณฑ์ ในการพิจารณา ในการออกแบบอาคารที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ไว้ดังนี้ บริเวณหลังคาได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์มากที่สุด เพราะเป็นส่วนบนสุดของอาคาร ซึ่งใช้กันทั้งความร้อนและฝนเข้าสู่ภายในอาคาร และปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงมายัง หลังคา จะเป็นปฏิภาคตรงกันกับปริมาณพื้นที่ของหลังคามาก ย่อมได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ตกมากกว่าอาคารที่มีพื้นที่หลังคาน้อย บริเวณผนังด้านใต้ สำหรับภูมิอากาศของประเทศไทย ดวงอาทิตย์เดินอ้อมทางทิศใต้ ดังนั้น พื้นที่ผนังด้านใต้จะรับแสงแดดตามมุมมอง Azimuth หรือ Bearing ตลอดเวลาที่มีแสงอาทิตย์ตรง แต่สำหรับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ทิศทางของลมประจำของไทยประมาณร้อยละ 75 พัดมาทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้และร้อยละ 25 พัดมาทาง ตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นอาคารในประเทศไทยจำเป็นต้องเปิดให้ลมสามารถระบายในทิศใต้ และทิศเหนือมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หน้าที่ของสถาปนิกที่จะต้องพิจารณาสำหรับผนังด้านใต้ คือ พยายามป้องกันแสงแดดตกให้กับส่วนเปิดทางด้านใต้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้อาจใช้ชายคายาว กลุ่มระเบียง เป็นต้น

บริเวณผนังทางด้านตะวันออกและตะวันตกผนังทั้งสองด้านได้รับความร้อนจาก แสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Heat) ข้างละครึ่งวัน และทิศทางที่มีเฉพาะแสงแดดและความร้อน เท่านั้น มิได้มีทิศทางที่ลมจะพัดผ่านได้ ดังนั้นการมีส่วนเปิด (Opening) ในบริเวณดังกล่าวจึงไม่มีความเป็นและหากมีส่วนเปิดจำเป็นต้องกันความร้อนที่แรงกล้าจากแสงอาทิตย์ตกกับส่วนเปิดนั้น ซึ่งจำเป็นต้องสิ้นเปลืองมาก ดังนั้นหากจะพิจารณาผนังด้านตะวันออก และผนังด้านตะวันตก เป็นผนังตัน จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากกว่าการเจาะช่องเปิด ซึ่งมีโอกาสที่แสงแดด ที่ร้อนเข้ามาได้บริเวณผนังด้านเหนือ เป็นผนังด้านที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตกน้อยที่สุด ได้รับเฉพาะฤดูหนาว ซึ่งมีระยะเวลาเพียง 3 เดือน และความร้อนในฤดูหนาวเป็นสิ่งที่ต้องการ สำหรับความเป็นอยู่สบายได้ด้วย อีกทั้งทิศเหนือเป็นด้านที่สถาปนิกจำเป็นต้องเจาะส่วนเปิด ให้ระบายกระแสลมพัดมาจากทางด้านใต้

ตรีงใจ นุรณสมภพ (การออกแบบสถาปัตยกรรมในเขตร้อน. 2521 : 172) ได้อธิบายถึง ลักษณะสถาปัตยกรรมเมืองร้อนว่า เขตเมืองร้อนชื้น ลักษณะอาคารส่วนใหญ่จะเบาบางที่สุด นอกจากผนังภายนอกที่ประกอบด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ลักษณะที่จำเป็น ในเขตร้อนชื้น คือมีร่มเงา อาคารแผ่กระจาย ลักษณะของศาลาเปิดโล่ง ระเบียงในร่มสำหรับนั่งเล่น รับลม โครงสร้าง เสาและคาน โครงสร้างเบา น้ำหนักลงเป็นจุด หลังคา น้ำหนักเบา สะท้อนแดด ได้ดี ชายคายื่นกว้าง ลดระดับฝ้าเพดานหรือหลังคาสองชั้น มีช่องระบายอากาศใต้หลังคา ใช้ฉนวนกันความร้อน ผนังด้านนอก ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง (แสงแดด) ใช้วัสดุที่มีความจุ ความร้อนต่ำไม่เก็บความร้อน ผนัง สองชั้นที่มีช่องว่างตรงกลางเป็นอากาศ หรือบรรจุฉนวนกัน

ความร้อนไว้ จะกันความร้อนจากภายนอกดีที่สุด สีภายนอกอาคารควรเป็นสีอ่อนเพื่อสะท้อนความร้อน ช่องเปิดให้แสง ควรเปิดกว้างเต็มที่ ทั้งทางกว้างและสูง การระบายอากาศ ควรเปิดหน้าต่างตลอดเวลา นอกจากเมื่อมีฝนตกหนัก ประตู สามารถให้อากาศถ่ายเทได้ แม้จะปิดหน้าต่างแล้ว เช่น บานเกล็ด ลูกกรง และระแนงไม้

## 2.6 การศึกษาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.6.1 เทคโนโลยีการปรับปรุงประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

(วรสารพลังงาน ปีที่ 7 ฉบับที่ 37 เมษายน-มิถุนายน 2540) เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากวัสดุต่างๆ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดดังที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.1 ปัจจุบันสารกึ่งตัวนำเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้จำนวนมากที่สุด เพราะมีคุณสมบัติทางแสงที่ดีกว่าวัสดุอื่น ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปเรา หมายถึงอัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์ฯ ที่มีประสิทธิภาพสูงก็คือ จะช่วยลดพื้นที่การใช้งานซึ่งจะช่วยให้ระบบการใช้งานมีราคาถูกลง เซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ประสิทธิภาพสูงหรือไม่ั้น มีหลักการที่สำคัญ คือ จะต้องชักนำให้พลังงานแสงเดินทางเข้าสู่ตัวเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากที่สุด จะต้องผลิตคู่อิเล็กตรอนและโฮลด้วยพลังงานแสงให้ได้ปริมาณมากที่สุดและจะต้องกวาดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนั้นให้ไหลออกสู่วงจรภายนอกมากที่สุด ตารางที่ 2.3 แสดงกลไกพื้นฐานที่จำเป็นและเทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ในกลไก (A) เราสามารถชักนำให้แสงเดินทางเข้าสู่สารกึ่งตัวนำได้ดีขึ้นด้วยการลดการสะท้อนแสงที่ผิวด้านหน้าโดยการเคลือบวัสดุกันแสงสะท้อน (Anti-Reflective Coating; AR) ซึ่งมีหลายชนิด อาทิเช่น ซิลิกอนออกไซด์ (SiO<sub>2</sub>), ทิทาเนียมออกไซด์ (TiO<sub>2</sub>) อินเดียมทินออกไซด์ (ITO) วัสดุ AR เหล่านี้เตรียมได้หลายวิธี เช่น sputtering, evaporation, Chemical-Vapor Deposition (CVD) ในกรณีเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนถ้าเคลือบผิวด้านหน้าด้วยซิลิกอนออกไซด์ จะทำให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเพิ่มถึง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ก็มีการทำผิวของเซลล์ให้ขรุขระ (textured surface treatment) ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มระยะทางเดินของแสงในเซลล์ให้ยาวขึ้น

กลไก (B) คือการผลิตคู่อิเล็กตรอนและโฮลด้วยแสง ซึ่งเป็นการอาศัยกระบวนการดูดกลืนแสงทางควอนตัม สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงวัสดุควรมีค่าสูง และคู่อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดจากการดูดกลืนแสงจะต้องไม่รวมตัวกัน หรือตายก่อนที่จะถูกจับเคลื่อนออกสู่วงจรภายนอก ในทางปฏิบัติเราต้องปรับปรุงคุณภาพของสารกึ่งตัวนำลดจุดบกพร่อง ลดจุดแขนขาด lattice mismatch เพื่อเพิ่มเวลา อายุพาหะ (life time) และความคล่องตัว (mobility) ตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพของอะมอร์ฟัสซิลิกอน ได้แก่ การใช้ระบบผลิตแบบ cross-field method แบบ triode method แบบ Photo-CVD และแบบ Electron Cyclotron Resonance Plasma Plasma-CVD เป็นต้น เมื่อได้คู่อิเล็กตรอนและโฮลแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องกวาดหรือจับเคลื่อนพาหะเหล่านี้ให้ไหลออกสู่วงจร

ภายนอกให้มากที่สุด การขับเคลื่อนพาหะให้ไหลออกสู่วงจรมานอกให้มากที่สุด การขับเคลื่อนพาหะให้ไหลออกสู่วงจรมานอกทำได้โดย การใช้ปรากฏการณ์แพร่กระจายของพาหะ และการใช้สนามไฟฟ้าศักย์ภายในตัวเซลล์เป็นตัวขับเคลื่อนเราสร้างสนามไฟฟ้าศักย์ให้เกิดขึ้นภายในตัวเซลล์ ด้วยการทำให้เซลล์ มีรอยต่อแบบ p-n หรือ p-i-n ราคาใช้จ่ายในการสร้างรอยต่อชนิดต่าง ๆ เช่น heterojunction และ schottky barrier จะพัฒนาไปไกล แต่เทคนิคการสร้างรอยต่อแบบพื้นที่กว้างใหญ่ และสม่ำเสมออย่างจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงอีกมาก การเพิ่มสนามไฟฟ้าศักย์ภายในตัวเซลล์ อาจทำได้โดยการสร้างเซลล์ ให้มีรอยต่อเป็นแบบต่าง ๆ เช่น hetero, superlattice, back surface field (BSF) และแบบ graded gap active layer เป็นต้น ในการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับโหลดมีปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียอันเนื่องมาจากความต้านทานอนุกรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณขั้วต่อด้านบที่รับแสง การออกแบบขั้วให้เป็นร่างแห (grid) จะช่วยลดความต้านทานอนุกรมได้

ตารางที่ 2.2 วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	ชื่อวัสดุสารกึ่งตัวนำ		
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดตระกูลซิลิกอน	ชนิดผลึก	ผลึกเดี่ยว Si	
		ผลึกโพลี si	
	ชนิดอะมอร์ฟิส	a-Si	
		a-SiC	a-SiN
		a-SiGe	a-SiS
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำ	ตระกูล III-V	GaAs	AlGaAs
		InP	
	ตระกูล II-VI	CdS	CdTe
		Cu S	
อื่นๆ	CuInSe	CuInS	
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไฮโดรคาร์บอน		Phthalocyanine	
		Polyacethylene	
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพโตอิเล็กโตรเคมี		TiO	GaAs
		InP	Si

ที่มา: วารสารพลังงาน ปีที่ 7 ฉบับที่ 37 เมษายน-มิถุนายน 2540 , 16-19 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 กลไกพื้นฐานการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์และเทคโนโลยีพื้นฐานเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

กลไกพื้นฐานที่จำเป็น	เทคโนโลยีทางปฏิบัติ
(A) ชักนำให้พลังงานแสงเข้าสู่สารกึ่งตัวนำให้มากที่สุดและขยายผลตอบสนองทางสเปกตรัมให้กว้างที่สุด	a-1) เคลือบวัสดุลดการสะท้อนแสงที่ผิวด้านหน้า (Anti-reflective coating :AR) a-2) ทำให้ผิวขรุขระเพิ่มระยะทางเดินแสงในสารกึ่งตัวนำ a-3) เพิ่มการสะท้อนแสงที่ผิวด้านหลัง (Back Surface Reflection :BSR)
(B) ผลิตคู่อิเล็กตรอนและโฮลให้ได้มากที่สุด	b-1) เลือกสารกึ่งตัวนำที่มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงสูงและมีสภาพนำไฟฟ้าแสงสูง b-2) ปรับปรุงคุณภาพสารกึ่งตัวนำโดยพยายามเพิ่มผลคูณของอายุพาหะและความคล่องตัว (MT)
(C) กวาดคู่อิเล็กตรอนและโฮลที่ผลิต	b-3) ลดการรวมตัวกันของคู่อิเล็กตรอนและโฮลที่ถูผลิต โดยลดการรวมตัวที่รอยต่อ p-n, p-I และ i-n (ทำรอยต่อแบบ graded เพื่อลด lattice mismatch และที่ผิวน้ำผิวหลัง c-1) ใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิกแบบพัดพา (drift type) เช่น ใช้ - รอยต่อ p-I-n - ช่องว่างพลังงานแบบ graded - การได้ปัสสารเจือปนแบบ graded (back surface field :BSF) c-2) ใช้ปรากฏการณ์ minority carrier mirror c-3) ใช้โครงสร้างซูเปอร์แลตทิส (เช่น a-Si/poly (Si)
(D) ลดการสูญเสียอันเนื่องมาจากความต้านทานอนุกรมภายในเซลล์	d-1) ลดความต้านทานของขั้วโปรงแสงด้านหน้า d-2) ออกแบบรูปร่างของขั้วโลหะให้เหมาะสมที่สุด

## ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

กลไกพื้นฐานที่จำเป็น	เทคโนโลยีทางปฏิบัติ
(E) ลดการสูญเสียของแรงดันไฟฟ้า	d-3) ใช้ปรากฏการณ์ tunneling injection (MIS) e-1) ลดการรวมตัวกันของคู่อิเล็กตรอนและโฮล โดยใช้ mirror effect ของรอยต่อแบบเฮตเตโร e-2) ใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิกแบบพัคพา e-3) ใช้ BSF
(F) เพื่อผลตอบสนองทางสเปกตรัมให้มีความกว้างที่สุด	f-1) ใช้เซลล์จุกแบบ stack 4 ชั้น f-2) ใช้เซลล์จุกแบบ stack 2 ชั้น f-3) ใช้รอยต่อแบบ เฮตเตโร f-4) ใช้ชั้นหน้าต่างที่มีช่องว่างพลังงานกว้าง (รอยต่อเฮตเตโร ซูเปอร์แลทิซ)

ที่มา : วารสารพลังงานมีที่ 7 ฉบับที่ 37 เมษายน – มิถุนายน 2540 ,16-19

### 2.6.2 เทคโนโลยีการลดต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

(ดร. ดุสิต เครื่องาม สถานภาพเทคโนโลยีและ อุตสาหกรรม เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน, วารสารวิศวกรรมสาร. เล่มที่ 2 2532 หน้า 65) อุปสรรคสำคัญของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า คือ เรื่องราคาแพง ดังนั้น การลดต้นทุนเซลล์แสงอาทิตย์ลงเป็นเรื่องสำคัญที่สุดเรื่องหนึ่ง ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะลดราคาเซลล์ฯ ให้ถูกลงโดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมวัสดุแบบต้นทุนต่ำ เช่น การผลิตโพลีหรือ ธิบบอนซิลิกอนแทนผลึกเดี่ยวซิลิกอน การสร้างเซลล์ฯ ที่มีโครงสร้างจุกๆ และการใช้วิธีผลิตแบบปริมาณมาก (mass production)

เทคโนโลยีการผลิตเซลล์ฯ เป็นแบบต่อเนื่องได้ประสพผลสำเร็จกันเป็นอย่างดีในการผลิตเซลล์ฯ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนนี้ได้รับความสนใจมาก เพราะจะเป็นเซลล์ที่มีราคาถูกที่สุดชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนมีลักษณะเป็นบาง มีความบางน้อยกว่า 1 ไมคอน สามารถปลูกติดบนแผ่นฐานราคา เช่น แผ่นแก้ว แผ่นสแตนเลส แผ่นพลาสติก ฯลฯ และใช้อุณหภูมิ เพียง 250-300° ซ. จึงประหยัดพลังงานการผลิตได้มาก อีกทั้งสามารถเซลล์ฯ ให้เป็นอนุกรม หรือ ขนานได้ ได้ง่ายโดยใช้เทคโนโลยีไอซีแบบ dry process ที่มีอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ผลิตเซลล์ฯ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนแบบ Integrated type (คือ มีการต่อเซลล์ฯแบบอนุกรม และขนานในตัว) จะช่วยลดราคา BOS (Balance of System) ลงได้มากทีเดียว นอกจากนี้เนื่องจากเซลล์ฯ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนค่อนข้างโปร่งแสงและเคลือบบนวัสดุอะไรก็ได้ การใช้ความคิดแปลก ๆ ในการนำไปใช้งาน hybrid กับสิ่งก่อสร้างอาคารก็จะช่วยลดราคา BOS ได้มาก เช่น ทำเป็นหลังคากระเบื้อง หน้าต่างกรองแสง หลังคารถยนต์ เป็นต้น ในโครงการพัฒนาเซลล์ฯ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน ได้มีความพยายามที่จะ

เพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ฯ ด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมาย อาทิ เช่น การปรับปรุงคุณภาพของฟิล์ม การใช้รอยต่อแบบเฮเทอโรใหม่ ๆ เช่น ต่อเข้ากับวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิกอนคาร์ไบด์ (a-SiC) อะมอร์ฟัสซิลิกอนเยอรมันเนียม (a-SiGe) และผลึกซิลิกอน ตัวอย่างการใช้ a-SiC เป็นหน้าต่างกว้างรับแสงทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็น 12.0% และการเคลือบเซลล์ฯ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนบนผลึกโพสิซิลิกอน ทำให้เซลล์ฯ มีผลตอบสนองทางสเปกตรัม แสงอาทิตย์ได้กว้างขึ้น ได้เซลล์ฯ มีประสิทธิภาพกว่า 12.0%

### 2.6.3 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

(เอกสารเผยแพร่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) ในห้องปฏิบัติการ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนชนิดผลึกเดี่ยว แต่ละเซลล์จะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานได้สูงสุดประมาณร้อยละ 23 แต่ถ้านำเซลล์เหล่านี้มาประกอบเป็นแผง จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวมีประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 13 ชนิดผลึกรวมมีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ 12 และแบบอะมอร์ฟัส มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 9

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันได้มีการวิจัยพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น เช่น การเคลือบวัสดุลดการสะท้อนแสงที่ผิวหน้า การทำพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขรุขระเพื่อเพิ่มพื้นที่การรับแสง และการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบซ้อนกัน (Tandem solar cell) ซึ่งมีผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่าเดิมอีกร้อยละ 2-5

นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบไม่มีรูปผลึกที่ใช้ห้องปฏิกริยาพลาสมา (Plasma reactor) แบบห้องเดี่ยว และแบบหลายห้อง (Multichamber) เป็นผลให้ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงและมีแนวโน้มจะลดลงอีกในอนาคตอันใกล้

### 2.6.4 วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์

(เอกสารประกอบการสัมมนา, กองพัฒนาพลังงานทดแทนสำนักงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนสำนักงานวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์ และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิกอนเป็นสารซึ่งไม่สารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ วัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกลเลียม อาเซไนต์ หรือ แคลเมียม เทลเลอไรด์ แต่ยังมีราคาค่อนข้างสูงหรือยังไม่มี การพิสูจน์ว่าสามารถใช้งานได้นานกว่า 20 ปี ข้อเสียของเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนคือกรรมวิธีการเตรียมให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปของสารที่พร้อมทำเซลล์แสงอาทิตย์ยังมีราคาแพงและแตกหักง่ายเมื่อถึงขั้นตอนสุดท้าย ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ใหญ่ ๆ คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกรวม (Polycrystalline) และแบบไม่มีรูปผลึกหรืออะมอร์ฟัส (Amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ อะตอมเรียงกันเป็นแบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline การเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนมาหลอมละลายแล้วทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นผลึกเล็ก ๆ จากนั้นจะขยายขนาดขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นแท่งผลึกนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบางๆ ด้วยเลื่อยตัดเพชร จากนั้น เป็นขบวนการทำให้เรียบโดยใช้สารละลายอัลคาไล การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อีกวิธีหนึ่ง ที่มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าวิธีแรก คือ การเทสารละลายซิลิคอนลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัว ก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวม (Polycrystalline) ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวม สังเกตได้จากแบบผลึกรวม จะเห็นหน้าผลึกหลายๆหน้าในแผ่นเซลล์ ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นสีเดียวคือ สีน้ำเงินเข้ม เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกรวมนี้จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิดมีข้อเสียคือ แดกหักง่าย

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบเช่น สารประกอบแกเลเลียมอาเซไนด์ แคนเมียมเทลเลอไรด์ คอปเปอร์อินเดียมไดอาเซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง บางชนิดใช้ในยานอวกาศสำหรับข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมและมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานอีกด้วย

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อีกชนิดหนึ่ง คือ การนำเทคนิคการเคลือบสารซิลิคอนที่เป็นฟิล์มบาง (Thin Film) บนแผ่นแก้วหรือแผ่นโลหะ สารซิลิคอนที่ใช้เป็นแบบไม่มีรูปผลึก หรืออะมอร์ฟัส (Amorphous) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานต่ำกว่า 2 แบบแรก แต่ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงและเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นด้วย เช่น เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางที่มีโครงสร้างเป็นหลายชั้น (Triple junction structure)

ในมุมมองของสถาปนิกยังให้ความสำคัญต่อความสวยงามของวัสดุที่ทำเซลล์อีกด้วย เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวจะเป็นสีน้ำเงินและเป็นเนื้อเดียวกัน แบบผลึกรวมมีสีน้ำเงินเหมือนกันที่รวดลายบนหน้าผลึก ส่วนเซลล์แบบแผ่นบางไม่มีรูปผลึกจะมีสีน้ำตาลเหมือนกับที่ใช้ในเครื่องคิดเลข จากข้อจำกัดเหล่านี้ ผู้ผลิตบางรายได้พยายามที่จะเปลี่ยนสีให้เป็นสีอื่น แต่การเปลี่ยนสีของเซลล์นั้น อาจทำให้เกิดการสะท้อนกลับของแสงที่ตกกระทบสูงขึ้น มีผลให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.6.4.1 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

(เอกสารประกอบการสัมมนา, กองพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) Photovoltaic (PV) หมายถึง ขบวนการผลิตไฟฟ้าจากการ ตกกระทบของแสงบนวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยตรง วัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพลังงานดังกล่าวคือ สารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำ เมื่อนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเรียกว่า Solar Photovoltaic หรือ Solar Cell นั้นเอง

สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาผลิตเป็น Solar Cell ได้แก่ ซิลิคอนที่มีรูปผลึกและไม่มีรูปผลึก (Crystalline และ Amorphous Silicon) แกลเลียม อาเซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide) แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และ คอนเปเปอร์ อินเดียมได (Copper Indium Diselenide หรือ CIS) เป็นต้น

การค้นพบการสนองทางไฟฟ้าเมื่อมีแสงตกกระทบบนวัตถุ ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ ชื่อ Edmond Becquerel ในปี ค.ศ. 1839 เขาได้สังเกตเห็นว่าเมื่อมีแสงตกกระทบบนด้านหนึ่งของ Electrochemical Cell แล้วจะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ต่อจากนั้นได้มีการผลิต Selenium Photovoltaic Cell ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1883 ในปี ค.ศ. 1905 มีการพบว่าจำนวนระดับพลังงานของ อิเล็กตรอนของวัสดุที่มีความไวต่อแสง จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มและความยาวคลื่นของแสง ที่ตกกระทบวัสดุนั้นๆ

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดไฟ) เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เพียงแต่ส่องแสงเข้าสู่เซลล์แสงอาทิตย์ ใดๆ ก็ผลิตไฟฟ้าได้ทันที

สารซิลิคอนบริสุทธิ์ปรกติจะมีความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ต่ำมากเพราะอิเล็กตรอนไม่มีการ เคลื่อนที่ในบอนด์ แต่เมื่อใช้วิธีการโด๊ป (Doping) โดยสารโบรอน (Boron) จะทำให้ความเป็น ตัวนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพราะโบรอน (Boron) จะทำตัวเป็นตัวพาประจุ (Charge Carrier) ซึ่งเป็นประจุ บวกคือ ไม่มีอิเล็กตรอน แต่จะเป็นช่องว่างที่เรียกว่า gape หรือ โฮล holes ซึ่งอิเล็กตรอนจะมาจับคู่ ด้วยในโครงสร้างของรูปผลึก สารซิลิคอนเมื่อผ่านขบวนการนี้แล้วเรียกว่า p-type การโด๊ปอีกแบบหนึ่งโดยใช้สารฟอสฟอรัส (Phosphorous) สารซิลิคอนที่ผ่านขบวนการโด๊ปแล้วเรียกว่า n-type ซึ่งหมายความว่า ฟอสฟอรัสจะทำหน้าที่เป็นตัวพาอิเล็กตรอนหรือประจุลบ เหมือนกับ ในโลหะทั่วไป

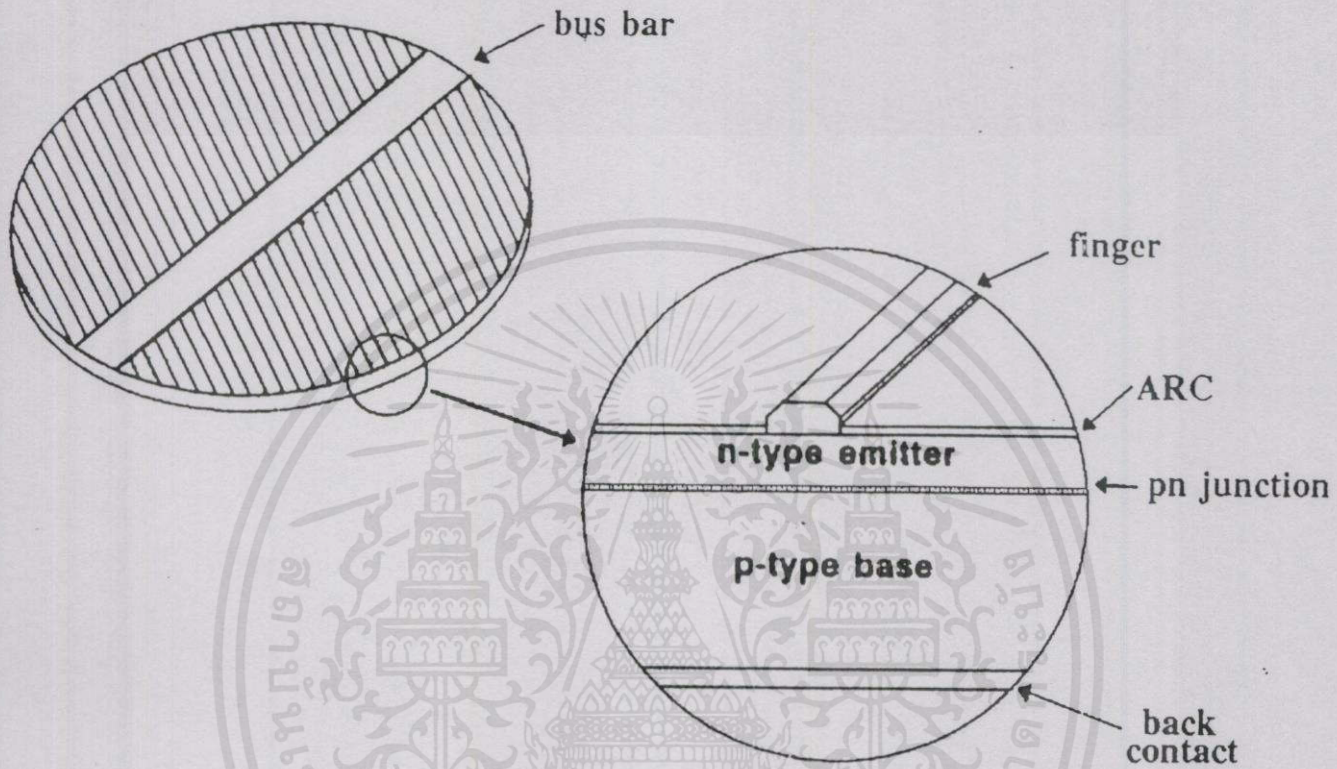
ซิลิคอนเกือบทั้งหมดในเซลล์แสงอาทิตย์ คือส่วนที่เป็น p-type ในขณะที่ผิวส่วนหน้าของ เซลล์ด้านที่แสงตกกระทบจะเป็นเพียงชั้นบางๆ เป็นแบบ n-type รอยต่อที่อยู่ระหว่างชั้นทั้ง 2 เรียกว่า pn junction ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดในเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะจะเป็นบริเวณที่มีประจุอิสระ เคลื่อนที่ผ่าน และทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นระหว่าง junction ในส่วนของซิลิคอนที่เป็น n-type

นั้น อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระที่อุณหภูมิของห้อง ในขณะที่ซิลิคอนส่วนที่เป็น p-type มีส่วนที่เรียกว่า โฮล คือส่วนที่อิเล็กตรอนขาดหายไป (Electron space) สามารถเคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระที่อุณหภูมิของห้องเช่นกันเมื่อประจุอิสระเหล่านี้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ pn junction ก็จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) ขึ้นระหว่างรอยต่อ

โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ และวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดได้แก่ ซิลิคอน ซึ่งถลุงได้จากทราย และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ตลอดจนการทำให้เป็นผลึก เซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งแผ่นอาจมีรูปร่างเป็นวงกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว) หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ด้านละ 5 นิ้ว) มีความหนา 200-400 ไมครอน (ประมาณ 0.2-0.4 มม.) และต้องนำมาแพร่ซึมสารเจือปนในเตาอุณหภูมิสูง (-1000 ช.) เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น ซึ่งลึกประมาณ 0.3-0.5 ไมครอน ขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นผิวสัมผัสโลหะเติมหน้า ส่วนชั้นไฟฟ้าด้านรับแสงจะมีลักษณะเป็นลวดลายนิ้วมือหรือก้างปลา

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบตัวเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และบวกตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อมีแสงตกกระทบบนสารกึ่งตัวนำก็จะเกิดการผลิตประจุอิเล็กตรอนอิสระและโฮล ขึ้นอย่างมากมาย ทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นระหว่าง pn junction แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งก็คือการเกิดกระแส ไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง (ภาพที่ 2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การเกิดกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหัวต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่แยกพาหะนำไฟฟ้าคือ อิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ ส่วนโฮลไปที่ขั้วบวก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อต่อเข้ากับโหลด (เช่น ตัวต้านทาน หลอดไฟ มอเตอร์ไฟฟ้า ฯลฯ) ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 5 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรประมาณ 2 แอมแปร์และให้แรงดันไฟวงจรเปิดประมาณ 0.5 โวลต์ ถ้าต้องการให้ได้กระแสไฟฟ้ามาก ๆ ก็ทำได้โดยการนำเซลล์มาต่อขนานกันหรือถ้าต้องการให้ได้แรงดันไฟสูง ๆ ก็ทำได้โดยการนำเซลล์มาต่ออนุกรมกัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขายในท้องตลาดมักจะออกแบบนำมาประกอบให้อยู่ภายในกรอบอะลูมิเนียมสี่เหลี่ยมผืนผ้า (เรียกว่า โมดูล - module) ขนาด 1.2 เมตร x 0.4 เมตร ให้แรงดันไฟวงจรเปิด 12-14 โวลต์ และกำลังไฟฟ้า 30-40 วัตต์ ในกรอบอะลูมิเนียมนี้จะออกแบบปิดผนึกด้านหน้าด้วยแผ่นกระจกใสและด้านหลังปิดผลึกด้วยวัสดุกันความชื้น ผุ่นละอองไม่ให้เข้าไปสู่เซลล์

ในการผลิตเซลล์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้นได้มีการปรับปรุงใน 2 ลักษณะ คือ ให้ด้านสัมผัสโลหะเชื่อมติดกับผิวด้านหน้าของเซลล์เพื่อที่จะรวบรวมประจุโดยไม่มีกรบดบังแสงที่มาตกกระทบมากนัก ลักษณะสุดท้ายคือ การเคลือบสารลดการสะท้อนที่ด้านหน้าของเซลล์ เพื่อลดการสะท้อนกลับของแสง

คุณสมบัติเด่นของสารเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอนคือ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึง 0.5V ไม่เกิดเสียงในขณะที่ผลิตกระแสไฟฟ้าไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวจึงไม่มีการสึกหรอ คงทน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานถ้ามีการป้องกันความชื้นที่ดี เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดกระแสตรงถ้าต้องการนำไปจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องต่อเซลล์เข้ากับอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ (inverter) ก่อน

#### 2.6.4.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

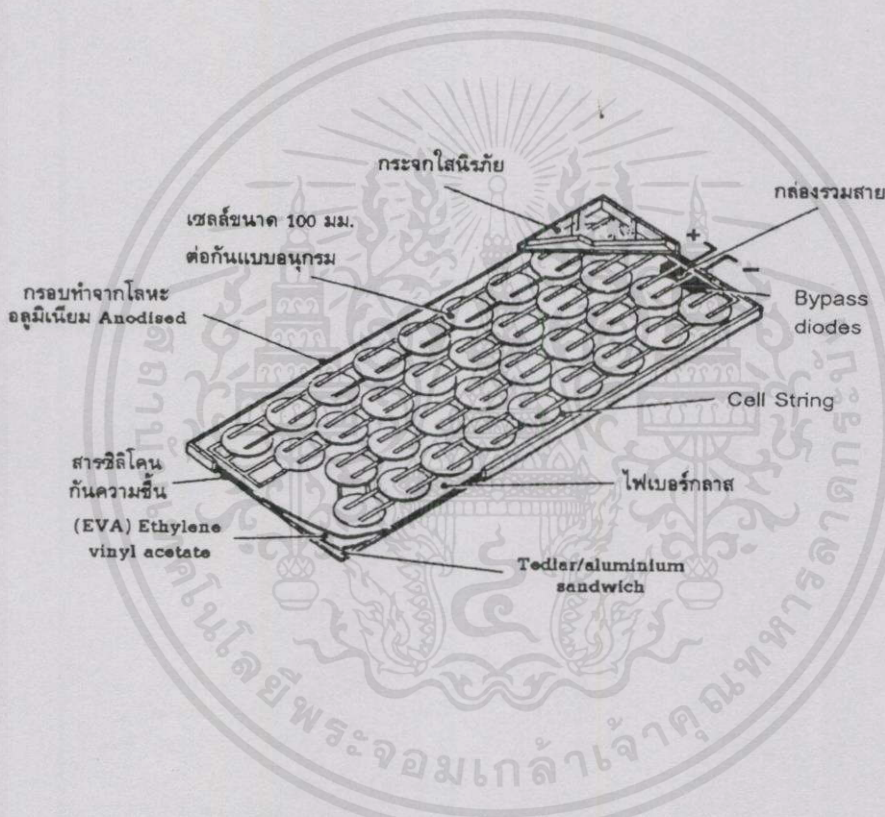
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์เซลล์เดี่ยวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

(จากเอกสารประกอบการสัมมนาโครงการสาธิตระบบผลิต และจำหน่ายไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคา, กองพัฒนาพลังงานสำนักงานวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Arrays) เป็นหัวใจของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำพวกซิลิคอน (Silicon) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงแดดให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) ในทันทีที่มีแสงแดดตกกระทบ

แผ่นเซลล์ หรือทันทีที่พระอาทิตย์ขึ้นจนถึงพระอาทิตย์ตกดิน ดังนั้นเมื่อมีแสงอาทิตย์ก็จะมีไฟฟ้า การค้า อยู่ในระบบตลอดเวลา ทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 0.5 โวลต์ (DC) โดยไม่ขึ้นกับขนาดของเซลล์ ส่วนกระแสที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ เช่น เซลล์ที่มีพื้นที่ 4x4 ตารางนิ้วจะให้กระแสประมาณ 3 แอมแปร์ กำลังผลิตประมาณ 1.5 วัตต์ ในกรณีที่ต้องการให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น ทำได้โดยการต่อเซลล์กันแบบอนุกรม (ขั้วบวกต่อเข้ากับขั้วลบของอีกเซลล์หนึ่ง) แต่ถ้าต้องการเพิ่มกระแส ต้องต่อกันแบบขนาน (ขั้วบวกต่อกับขั้วบวกของอีกเซลล์) เซลล์ภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีขั้วต่อที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบต่อกับแบบอนุกรม แล้วต่อรวมออกมานอกแผงเซลล์ (ภาพที่ 2.9) โดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขายในท้องตลาดจะมีแรงเคลื่อนสูงสุดประมาณ 21-22 โวลต์



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกซิลิกอน

สิ่งหนึ่งที่น่าสนใจของเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ กำลังผลิตที่สามารถเพิ่มโดยการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกันเป็นชุด หรือเป็นแถว (Array) ภายในชุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหลักการต่อ 2 วิธีคือ ต้องการเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้องต่อแบบอนุกรม ต้องการเพิ่มกระแสให้ต่อแบบขนาน

ในกรณีของ โครงการระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

10 หลังแรกของประเทศไทยออกแบบระบบไว้ดังนี้ :

- กำหนดแรงเคลื่อน (Rated Voltage) ที่ 255 โวลต์ กระแสตรงใช้แผงเซลล์ต่อนุกรม

ชุดละ 15 แผง

- ใช้ 2 ชุด ต้องใช้แผงทั้งหมด 30 แผง
- แผงเซลล์แต่ละแผงมีกำลังผลิตสูงสุด 75 วัตต์กำลังผลิตสูงสุด 2,250 กิโลวัตต์
- แผงหันไปทางทิศใต้ทำมุมเอียง 15-45 องศา กับแนวนอน ขึ้นอยู่กับบ้านแต่ละหลัง
- ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันใน 1 ปี 4.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตร
- พลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้ปีละ 2,800-3,600 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ขนาดของแผงแต่ละแผง 1.20x0.527 เมตร แต่ละชุดมีพื้นที่ที่เฉลี่ย 20 ตารางเมตร

ในโครงการนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาติดตั้ง จะใช้เซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal Silicon Cells) สำหรับบ้าน 8 หลัง และเซลล์ชนิด อะมอร์ฟัส (Amorphous Silicon Cells) สำหรับบ้าน 2 หลัง โดยทั้ง 2 ชนิด ได้คัดเลือกจากบริษัทผู้ผลิตที่มีประสบการณ์และมีประวัติเชื่อถือได้ โดยเฉพาะการใช้งานในลักษณะที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาบ้าน รายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รายละเอียดของชุดแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal Silicon Cells)

กำลังผลิตสูงสุดรวมทั้งระบบ	2,250	วัตต์
แรงดันไฟฟ้า (Rated Voltage)	255	โวลท์
กระแสไฟฟ้า (Reted Current)	8.8	แอมป์
จำนวนแผงที่ติดตั้ง (Modules)	30	แผง
จำนวนชุด (Arrays)	2	ชุด
จำนวนแผง/ชุด	15	แผง
กำลังผลิตสูงสุด/แผง	75	วัตต์
ผู้ผลิต/รุ่น	SIEMENS/SP75	
น้ำหนัก/แผง	7.6	กก.
ขนาดแผง	527x1200x34	มม.
ใช้พื้นที่ติดตั้ง/ระบบ	20	ม <sup>2</sup>

ที่มา : จากเอกสารประกอบการสัมมนา , กองพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักงานวิจัย และพัฒนา  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดอะมอร์ฟิัส (Amorphous Silicon Cells) เทคโนโลยี Triple Junction Silicon Cells

กำลังผลิตสูงสุดรวมทั้งหมด	2,250	วัตต์
แรงดันไฟฟ้า (Rated Voltage)	240	โวลท์
กระแสไฟฟ้า (Rated Current)	12	แอมป์
จำนวนแผงที่ติดตั้ง (Modules)	45	แผง
จำนวนชุด (Arrays)	3	ชุด
จำนวนแผง/ชุด	15	แผง
กำลังผลิตสูงสุด/แผง	64	วัตต์
ผู้ผลิต/รุ่น	UNI-SOLAR/US-64	
น้ำหนัก/แผง	9.3	กก.
ขนาดแผง	741x1366x32	มม.
ใช้พื้นที่ติดตั้ง/ระบบ	42	ม <sup>2</sup>

ที่มา : จาก เอกสารประกอบการสัมมนา , กองพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักงานวิจัย และพัฒนา  
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethelene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

### 2.6.5 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (ดร. ดุสิต เครืองาม. ความรู้คือพระทีป)

1. n.type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้อิเล็กตรอนโคปปีง ด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ n.type ซิลิคอนคือ สารกึ่งตัวนำที่ได้อิเล็กตรอนโคปปีง ด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนเมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิดมาประกบต่อกันด้วย pn junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n.type ซิลิคอน

ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กทรอนิกส์ แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n.type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กทรอนิกส์ ส่วน n.type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กทรอนิกส์ปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ pn.type ซิลิคอน จะมีแถบโลหะเรียกว่า back electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กทรอนิกส์และโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานสูงพอทั้งอิเล็กทรอนิกส์และโฮล จะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n.type และโฮล จะวิ่งไปยังชั้น p.type

3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเนื่องจากทั้งอิเล็กทรอนิกส์และโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

## 2.6.6 รายละเอียดทางเทคนิคของระบบ

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความแตกต่างจากระบบผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น กล่าวคือ ต้องอาศัยแสงแดดเป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยมีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงแสงแดดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านต้องมีการแปลงให้เป็นกระแสสลับก่อนแล้วจึงสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Arrays)
2. กล่องรวมสาย (Junction Box) และอุปกรณ์ป้องกัน
3. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)
4. มิเตอร์ผลิตไฟ และมิเตอร์ขายไฟ (Product Kwh meter, export Kwh meter)
5. ระบบบันทึกข้อมูล (Data Acquisition System)

### 2.6.1.1 ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

รังสีของดวงอาทิตย์ประกอบอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่า “โฟตอน” (Photon)

โฟตอนจะถ่ายเทพลังงาน ให้กับอิเล็กทรอนิกส์ในสารกึ่งตัวนำของเซลล์แสงอาทิตย์ จนอยู่ในสถานะ Excited state เมื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้รับพลังงานจากโฟตอน แล้ว (Excited electron) จะกระโดดออกมาจากอะตอมและสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ขั้วไฟฟ้า ( Electrode) ที่อิเล็กทรอนิกส์มารวมกันและเคลื่อนที่ผ่านเรียกว่า “ขั้วลบ” และขั้วที่อยู่ตรงข้ามจะเรียกว่า “ขั้วบวก” เมื่อขั้วทั้ง 2 ถูกต่อกับหลอดไฟฟ้าก็จะทำให้มีแสงสว่างเกิดขึ้น

กล่องรวมสาย (Junction box) เป็นกล่องอุปกรณ์ที่ใช้เป็นที่พักสายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเป็นที่พักสายไฟกระแสสลับก่อนที่จะต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ภายในกล่องรวมสายจะมีอุปกรณ์มิเตอร์สำหรับวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า กระแสตรงที่ผลิตได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมทั้งติดตั้งฟิวส์และสวิตช์เบรกเกอร์ทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร และปัดขี้ฝุ่น

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟตรง (DC) เป็นกระแสไฟสลับ (AC) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะแปลงกระแสไฟตรงที่ผลิตได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ ในกรณีที่บ้านของท่านใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ ในทางกลับกันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ ก็จะจ่ายเข้ามายังบ้านของท่านถ้าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ้านสูงกว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ เราสามารถตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์โดยผ่านมิเตอร์ผลิตไฟฟ้า

ในกรณีที่ไฟฟ้าในระบบหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ ทำให้กระแสไฟฟ้าจากชุดเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายเข้ามาในระบบได้ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะเริ่มทำงานใหม่ก็ต่อเมื่อในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ มีไฟฟ้าอยู่เท่านั้น นี่คือระบบความปลอดภัยซึ่งทางเราได้กำหนดขึ้นและจะติดตั้งในบ้านของผู้เข้าร่วมโครงการทุกหลัง การที่เราป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบเมื่อระบบเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องนั้น ก็เพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรในกรณีของพนักงานไฟฟ้าฯ กำลังทำการตรวจสอบระบบหรือซ่อมบำรุงสาย สายไฟอยู่ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ รายละเอียดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

#### รายละเอียดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

กำลังผลิตสูงสุดรวมทั้งระบบ	5,000 วัตต์
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้า (DC input voltage)	170-230 โวลท์
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขาออก (AC output voltage)	220 โวลท์
ความถี่ (Frequency)	50 เฮิร์ตซ์
ประสิทธิภาพในการแปลงกระแสไฟฟ้าสูงกว่า	90 %
คุณภาพไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่อง (Power Quality)	
- เพาเวอร์แฟกเตอร์มากกว่า	95 %
- ฮาร์โมนิกส์ (Current Harmonic Distortion) ต่ำกว่า	5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 - ฮาร์โมนิกส์ (Current Harmonic Distortion) ต่ำกว่า 5 %  
 ไปว่ากรณได้จากงาน อื่นๆ หากพบให้ติดต่อเปลี่ยนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบป้องกัน (Protection System) ให้เครื่องหยุดทำงานในกรณีต่อไปนี้

- แรงดัน ไฟฟ้าต่ำหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด
- ความถี่ของระบบต่ำหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด
- อุณหภูมิภายในเครื่องสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด

ผู้ผลิต/รุ่น

FUJI ELECTRIC/PVH-5

น้ำหนัก

35 กก.

ขนาด (กว้างxสูงxหนา)

600x350x310 มม.

ที่มา : เอกสารประกอบการสัมมนาโครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน, กองพัฒนาพลังงานทดแทนสำนักงานวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

มิเตอร์ผลิตไฟฟ้าจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ออกมาเป็น KWH ซึ่งจะช่วยให้เราทราบว่าใน 1 วัน หรือ 1 เดือน สามารถผลิตไฟฟ้ารวมได้เท่าไร มิเตอร์ผลิตไฟนี้จะติดตั้งไว้ที่กล่องรวมสาย มิเตอร์ขายไฟจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลที่ได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหลือใช้ภายในบ้านแล้วส่งขายผ่านระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ การจดบันทึกจะปฏิบัติเป็นรายเดือน

การบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด จำกำหนดสำหรับบ้าน 2 หลัง เพื่อใช้ประเมินผลต่อไป โดยจะมีการติดตั้งเครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ (Pyranometer) เครื่องวัดอุณหภูมิของแผงเซลล์และกำลังการผลิตเป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงในเครื่องบันทึกข้อมูล (Multe Channel Data Logger) ซึ่งระบบเก็บข้อมูลนี้เป็นสิ่งที่สำคัญประการหนึ่งที่จะใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนความเป็นไปได้ของ โครงการที่จะขยายผลต่อไปในอนาคต

#### 2.6.6.2 การติดตั้งและการทำงานของระบบ

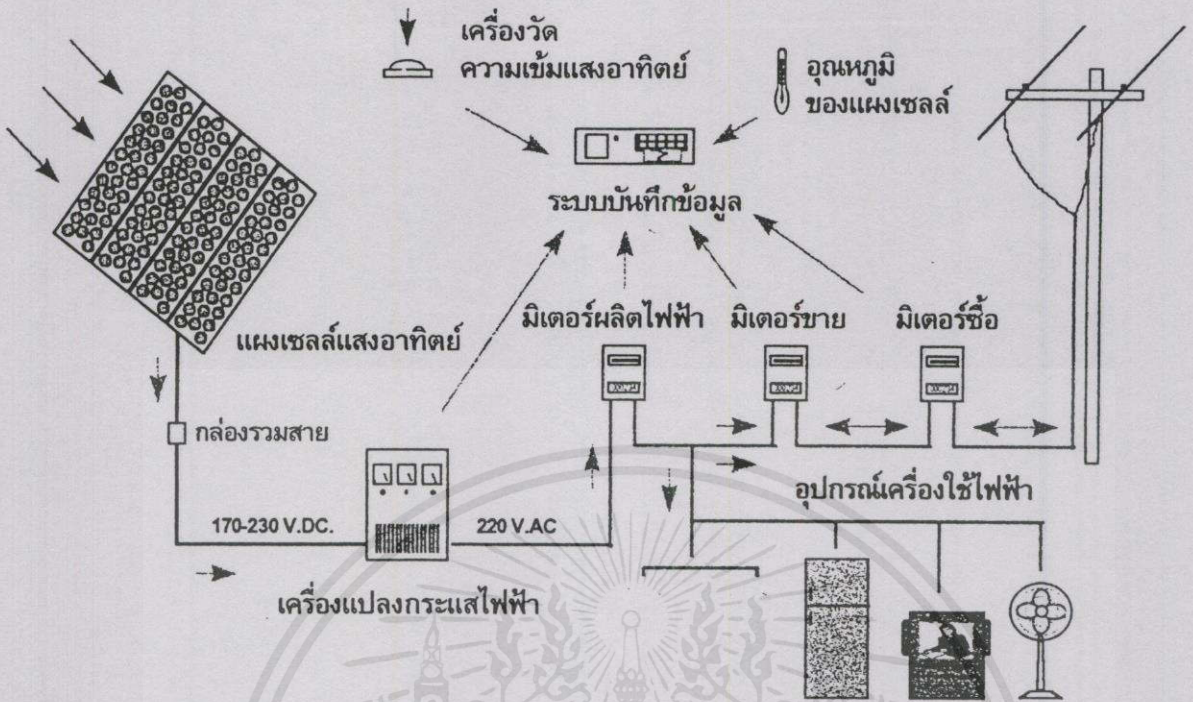
การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งบน โครงอะลูมิเนียมที่มีน้ำหนักเบาและคงทนต่อการสึกกร่อน โดยยึดร่วมกับโครงหลังคาบ้านเพื่อให้กระจายน้ำหนักประมาณ 300 กิโลกรัม บนเนื้อที่ประมาณ 20 ตารางเมตร สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว และน้ำหนักประมาณ 500 กิโลกรัม บนพื้นที่ประมาณ 45 ตารางเมตร สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส ติดตั้งเป็นมุมเอียงตามแนวหลังคาบ้านเฉลี่ย 15-45 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้ สำหรับการต่อระบบชุดแผงเซลล์จะจัดตามรายละเอียดทางเทคนิคที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าระหว่างแผงเซลล์กลุ่มต่าง ๆ จะดำเนินการตามมาตรฐานที่กำหนด และมารวมกันที่กล่องรวมสายซึ่งเป็น

จุดติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันด้วย เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบและบำรุงรักษา กระแสไฟฟ้าจากกล่องรวมสาย จะต่อเชื่อมกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าต่อจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะต่อเชื่อมกับมิเตอร์ผลิตไฟฟ้ามิเตอร์ขายไฟฟ้า และไปเชื่อมต่อกับระบบปรกติภายในบ้านร่วมกับมิเตอร์ซื้อไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ในโครงการนี้ จะบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดจากบ้านของผู้เข้าร่วมโครงการ 2 หลัง โดยติดตั้งเครื่องวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ เครื่องวัดอุณหภูมิได้แสง เซลล์และข้อมูลอื่น ๆ จะถูกบันทึกลงในเครื่องบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งภายในบ้าน

การทำงานของระบบจะต้องอาศัยแสงอาทิตย์ จากช่วงเช้าจรดเย็น โดยชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงระบบที่ใช้เซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว จะจัดแผงเซลล์ต่อกันแบบอนุกรม ชุดละ 15 แผง จำนวน 2 ชุด รวม 30 แผง ใช้แผงขนาด 75 วัตต์ รวมกำลังผลิตสูงสุด 2.25 กิโลวัตต์ และระบบที่ใช้เซลล์ชนิดอะมอร์ฟัส จะจัดกลุ่มแผงเซลล์ต่อกันแบบอนุกรม ชุดละ 15 แผง จำนวน 3 ชุดรวม 45 แผง ใช้แผงขนาด 64 วัตต์ รวมกำลังการผลิตสูงสุด 2.88 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะถูกส่งเข้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าขาเข้า จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงดันไฟฟ้าที่ถูกควบคุมให้อยู่ระหว่าง 170-230 โวลต์ ซึ่งเป็นย่านที่เครื่องทำงานได้และจะดึงพลังงานจากชุดแผงแสงอาทิตย์ที่จุดทำงานสูงสุดในเวลานั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นเครื่องจะแปลงเป็นกระแสสลับมีแรงเคลื่อน 220 โวลต์ เชื่อมโยงกับระบบ ของการไฟฟ้าฯ โดยอาศัยรูปคลื่นสัญญาณแรงเครื่องไฟฟ้า และความถี่ 50 เฮิรตซ์ มาควบคุมการทำงานของเครื่องลักษณะการทำงานเช่นนี้ จะต้องอาศัยไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเสมอ ในกรณีไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตดับหรือขัดข้องผิดปกติ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุดทำงานทันทีเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับเครื่องและที่สำคัญเป็นเรื่องของความปลอดภัยกับเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า จะมีคุณสมบัติและคุณภาพเหมือนไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ไฟฟ้าส่วนนี้จะผ่านชุดมิเตอร์ผลิตไฟฟ้า เพื่อบันทึกการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้าในบ้านทั่วไป หลังจากนั้นไฟฟ้าส่วนนี้จะถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน ถ้ามีไฟฟ้าเหลือใช้ จะถูกส่งผ่านมิเตอร์ขายไฟฟ้าออกไปสู่มิเตอร์ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่ติดอยู่กับเสาไฟฟ้า โดยมีเทอร์ชุนด์นี้ทางการไฟฟ้ายินยอมให้ปรับเปลี่ยน ให้สามารถหมุนกลับทางได้ คือซื้อขายไฟฟ้าในตัวเองกัน ในลักษณะหักลบกัน ในกรณีที่ เป็นบ้านอยู่อาศัย คนในครอบครัวออกไปทำงานนอกบ้าน การใช้ไฟฟ้าในบ้านจะมีน้อยมาก ไฟฟ้าที่เหลือใช้ถูกส่งเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในช่วงเวลากลางวันค่อนข้างจะสอดคล้อง และตอบสนองความต้องการ การใช้ไฟฟ้าที่มีอย่างสูง โดยเฉพาะตามอาคารต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องปรับอากาศ (ภาพที่ 2.10)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น นอกเหนือจากนี้ ให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แผนภาพระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

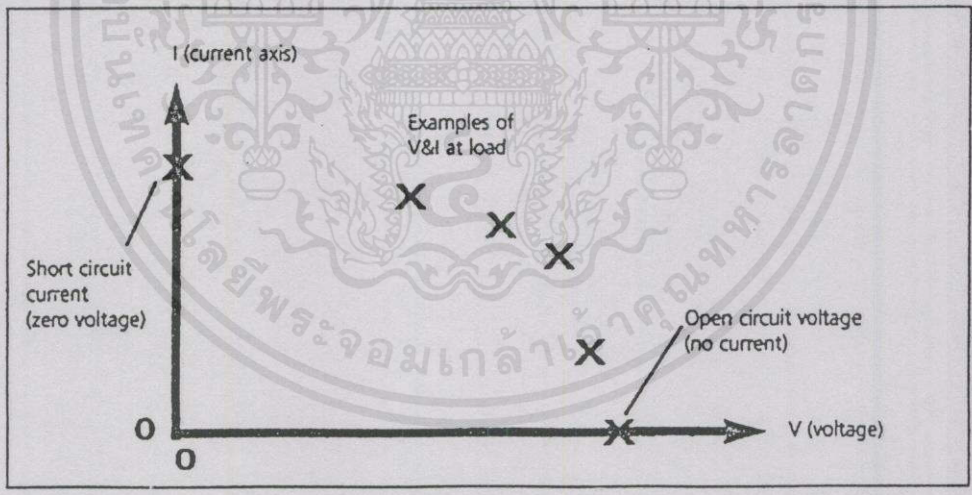
บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ 10 หลังแรกของประเทศไทยก็เหมือนกับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไป กล่าวคือ ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงก่อนถูกแปลงให้เป็นกระแสกลับ 220 โวลต์ โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เครื่องแปลงกระแสจะต่อตรงเข้าระบบหลักของบ้าน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ จึงสามารถใช้ได้ทันที แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งให้กับผู้ร่วมโครงการ มีแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง 255 โวลต์ (ชนิดผลึกเดี่ยว) และ 240 โวลต์ (ชนิดอะมอร์ฟัส) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกลับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการนี้

ในบางกรณีในสถานที่ที่ไม่ต้องการใช้ไฟฟ้ามานัก ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะไม่ถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ยังคงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแรงเคลื่อนต่ำ เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความเหมาะสม พลังงานที่ผลิตได้จะเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะถูกออกแบบให้สามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยตรง ถึงแม้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละแผงประมาณ 21-22 โวลต์ แต่เมื่อใช้งานจริงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะลดลงเหลือ 16-17 โวลต์ เท่านั้น ซึ่งเท่ากับกระแสที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ทั่วไป ดังนั้นเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ชาร์จแบตเตอรี่ จึงไม่จำเป็นจะต้องนำแผงมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่อย่างใด แผงเซลล์แสงอาทิตย์หากถูกบดบังจากร่มเงา แม้จะเป็นพื้นที่เพียงเล็กน้อยก็ตามแต่ก็มีผลต่อ

พลังงานที่ผลิตอย่างมาก การต่อแบบอนุกรมของตัวเซลล์ภายในแผงนั้น หมายถึง การที่เซลล์แต่ละเซลล์ยอมให้กระแสไหลผ่านได้แต่เมื่อเซลล์ๆหนึ่งถูกบดบังไม่เพียงแต่เซลล์ๆ นั้นจะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แล้ว แต่ยังเป็นอุปสรรคต่อการไหลผ่านของไฟฟ้าในวงจรอีกด้วย (ในขบวนการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เห็นได้ว่าโฟตอนจะทำให้เกิดการพาประจุใน pn junction ดังนั้นประจุจะไม่สามารถไหลผ่าน pn junction ได้โดยปราศจากโฟตอน) ดังนั้นการถูกบดบังแม้จะเป็นเซลล์เพียงเซลล์เดียวก็ตาม แต่มีผลเหมือนกับการถูกบดบังทั้งแผงเซลล์เลยทีเดียว ซึ่งผลกระทบนี้สามารถลดได้ถ้ามีการต่อระบบแบบขนาน

2.6.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

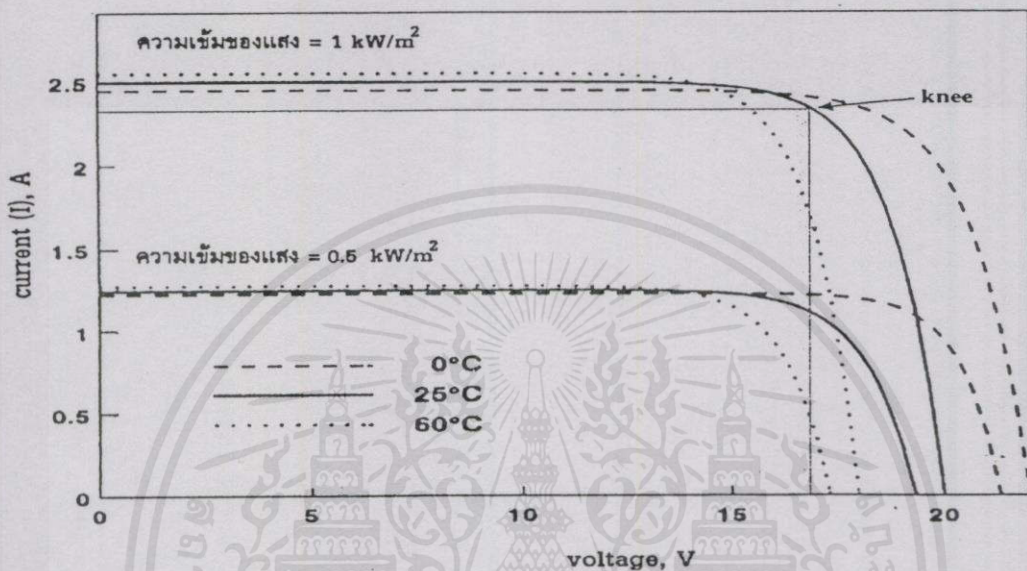
คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถได้โดยใช้ I-V curve ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับใช้ตรวจสอบกำลังผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ I หมายถึงกระแสไฟฟ้าซึ่งแทนด้วยเส้นกราฟในแกน Y และ V หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้าแทนด้วยเส้นกราฟในแกน X ส่วน I-V curve มาตรฐานที่ใช้สำหรับหาลำลังผลิตสูงสุด หรือ  $W_p$  (peak watts) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ได้มาจากการทดสอบในสภาวะมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้แสงส่องสว่างมาตรฐาน (Solar simulator) ที่อุณหภูมิของเซลล์คงที่ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 การสร้าง I- V curve

ในการสร้าง I-V curve สิ่งแรกต้องวัดก็คือแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) ที่ไม่มีการต่อโหลดเราเรียกว่า Open circuit voltage จะให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแกน X(V) เพราะไม่มีกระแสไหลผ่าน (รูปที่ 2.12) เมื่อต่อโหลดที่มีค่าต่าง ๆ กัน ค่าของกระแสและแรงเคลื่อนจะถูกบันทึกเก็บไว้ เมื่อต่อจุดทุกจุดเข้าด้วยกันจะเกิดเป็น I-V curve ภายใต้สภาวะเฉพาะของ Irradiance และอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

สิ่งที่น่าสนใจที่สุดก็คือกำลังงานสูงสุด (maximum power) ที่ได้ในแต่ละภายใต้สภาวะนั้น ๆ ในทางไฟฟ้ากำลัง งานที่ได้มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) ซึ่งเกิดจากแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้า สำหรับกำลังงานสูงสุด (maximum power) จะถูกแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่มากที่สุดภายใต้เส้น I-V curve โดยจุดสัมผัสที่อยู่บนเส้น curve เรียกว่า knee (รูปที่ 2.12) ซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์สูงสุด (Wp) หรือ peak watt ค่านี้จะถูกระบุไว้ในข้อกำหนด (Specification) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากบริษัทผู้ผลิต



ภาพที่ 2.12 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงโดยใช้ I-V curve

ต่างกับการจ่ายระบบไฟฟ้าจากดีเซลที่เป็นกระแสสลับ 230 โวลต์ ไม่มีการจำกัดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้แต่ถ้าเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ยิ่งใช้กระแสมากแรงเคลื่อนไฟฟ้าก็จะตกจึงมีข้อจำกัดในการใช้จากการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อธิบายไว้ในตอนต้นจะเห็นได้ว่า โฟตอนในแสงแดดที่ถูกดูดซับโดยเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้เกิดตัวพาประจุ (charge carrier)  $I$  คู่ ดังนั้นปริมาณกระแสไฟฟ้า จึงขึ้นกับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์โดยตรง ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ถูกทำให้เกิดการลัดวงจรโดยใช้แอมป์มิเตอร์ ค่าที่วัดได้เรียกว่า Short circuit current ซึ่งจะให้ค่าบนแกน Y (I) เพราะว่าในสถานการณ์เช่นนั้นค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด หมายเหตุ การทำให้เกิดการลัดวงจรในเซลล์แสงอาทิตย์ จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแผงเซลล์

#### 2.6.7.1 ข้อกำหนดของกำลังผลิตสูงสุด (The peak power specification)

$W_p$  หมายถึงกำลังผลิตสูงสุด (Peak Watt) ที่ใช้วัดกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์ ภายใต้สภาวะมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์ (watt) กำลังผลิตสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บริษัทผู้ผลิตแสดงไว้ที่แผงนั้น ได้จาก I-V curve ที่ทดสอบในสภาวะมาตรฐาน โดยกำหนดความเข้มของแสงตกกระทบที่  $1,000 \text{ W/m}^2$  ณ อุณหภูมิของเซลล์ 25 องศา

เซลล์ซิลิคอน กำลังผลิตสูงสุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงอาทิตย์ และ อุณหภูมิของแผงเซลล์เป็นสำคัญ ในการใช้งานเพื่อให้เกิดกำลังงานสูงสุด (Maximum power) จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เรียกว่า Maximum Power Point Tracking (MPPT) คือเป็นตัวที่กำหนดจุดทำงานของแผงเซลล์หรือชุดแผงเซลล์ที่จุดให้กำลังงานสูงสุดจาก I-V curve ซึ่งชุด MPPT นี้สามารถใช้งานได้โดยตรงกับปั้มน้ำ ประจุแบตเตอรี่ และเครื่องแปลงกระแส (Inverter) ซึ่งเครื่องแปลงกระแสที่ออกแบบอย่างดีจะมีอุปกรณ์ MPPT อยู่ในเครื่องแล้ว

#### 2.6.7.2 ความลาดเอียงของแผง

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องติดตั้งให้มีความเอียงเพียงพอเพื่อที่จะให้ได้รับแสงแดดมากที่สุด และอีกประการหนึ่ง เพื่อให้เกิดการระบายน้ำฝนได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการชำระล้างสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่บนแผงเซลล์ด้วยการเลือกมุมความลาดเอียงและทิศทางของแผงที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสถานที่ว่าตั้งอยู่เส้นรุ้งเท่าไร สำหรับประเทศไทยค่าที่ดีที่สุดคือ 15 องศา โดยมีทิศทางหันหน้าไปทางทิศใต้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปติดตั้งหลังคาบ้าน มุมเอียงของแผงโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 15-45 องศา หรือขึ้นอยู่กับความลาดเอียงของหลังคาบ้านเป็นสำคัญ อีกวิธีหนึ่งที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดก็คือ การปรับแผงให้เอียงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ (Tracking) แต่วิธีนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงติดตั้งแผงให้มีความลาดเอียงที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น

ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ถึงแม้ว่าจำนวนชั่วโมงที่พระอาทิตย์ส่องสว่างมายังพื้นโลก จะสามารถหาได้โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา แต่ข้อมูลนี้ไม่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เพราะว่ามีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับอัตราการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งที่เป็นรังสีตรงและรังสีกระจาย (global irradiance) ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (Insolation) โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตร ( $\text{kWh/m}^2$ ) ข้อสังเกต อัตราการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ที่ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับเป็นตัวกำหนดกำลังงานสูงสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 1,000 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร หรือ 1 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร ในทางกลับกันเราอาจจะกล่าวถึงพลังงานที่ตกกระทบพื้นผิวในแต่ละวัน ในรูปของจำนวนชั่วโมงของการได้รับกำลังงานสูงสุดคงที่ 1 กิโลวัตต์ ต่อ ตารางเมตร (Peak-hours per day) ซึ่งเท่ากับจำนวน กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร ต่อ วัน ( $\text{kWh/m}^2$  per day)

#### 2.6.7.3 สมรรถนะของระบบ

ปริมาณของพลังงานที่ผลิตได้ใน 1 วัน จากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศและฤดูกาลเพื่อที่จะตัดปัญหาความยุ่งยากต่าง ๆ ในการคำนวณหาสมรรถนะของระบบนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใด ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิทธิและผลประโยชน์อื่น ๆ และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตในเวลา 1 ปี ซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (k/wh) หน่วยหรือหน่วย (Unit) ซึ่งเหมือนกับการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป ผลผลิตที่ได้ในรอบปี ขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบดังนี้

### 1. ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Insolation)

ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรอบปี (Annual insolation) จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่มุมเอียงของแผงและทิศทางที่เบี่ยงเบนไปจากทิศใต้

### 2. อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ทำงาน

อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ทำงานเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อกำลังผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลง 0.5 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา

### 3. ประสิทธิภาพของระบบ (Electrical conversion efficiency)

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อเชื่อมและเครื่องแปลงกระแส ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ดังกล่าว พลังงานที่ผลิตได้ใน 1 ปี (Annual specific yield) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบและวัดสมรรถนะของระบบ ซึ่งคำนวณได้จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (Total electric output) หารด้วยกำลังผลิตสูงสุดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (peak power of array) จากข้อกำหนดดังกล่าวเราสามารถนำไปคำนวณค่าต่าง ๆ ข้อมูลเฉลี่ยของประเทศไทยจากการรวมเก็บข้อมูลโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แสดงว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในรอบปีมีค่าประมาณ 1,200-1,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ กิโลวัตต์สูงสุดต่อปี (ข้อมูลนี้ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์รุ่นเก่า) แต่สำหรับเซลล์ที่ติดตั้งที่บ้านของผู้เข้าร่วมโครงการระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังแรกนั้น เป็นเซลล์รุ่นใหม่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า คาดว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณ 1,300-1,600 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ กิโลวัตต์สูงสุดต่อปี

### 2.6.8 การบำรุงรักษาและข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีจุดเด่นที่สำคัญคือ มีการบำรุงรักษาน้อยมาก เนื่องจากระบบต่าง ๆ ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวเลย การบำรุงรักษาที่อาจต้องทำในบางครั้งคือการล้างเอาสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่นหรือมูลนกออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์บ้างในบางโอกาส โดยปกติการติดตั้งแผงจะไม่วางในแนวระดับแต่จะมีความเอียงส่วนใหญ่มุ่งเอียงเท่ากับความเอียงของหลังคาบ้าน ดังนั้นแผงจะมีการทำความสะอาดจากธรรมชาติอยู่แล้วโดยน้ำฝนอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม

ในบริเวณเขตนครหลวงอาจมีฝุ่นมากกว่าปรกติ อาจทำให้น้ำฝนจากธรรมชาติไม่เพียงพอที่จะทำให้  
 แฉงสะอาดได้ ในกรณีที่แฉงสกปรกมากทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าอาจลดลงถึง 8 % ดังนั้น  
 จึงควรมีการทำทำความสะอาดแฉงบ้านในบางโอกาส ในการทำความสะอาดแฉงให้ใช้น้ำประปา  
 ฉีดล้างทำความสะอาดเท่านั้น ห้ามใช้น้ำยาพิเศษล้างหรือใช้กระดาษทรายขัดโดยเด็ดขาด เพราะอาจ  
 จะทำให้แฉงเกิดความเสียหายได้ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาติดตั้งที่บ้าน ได้ถูก  
 ออกแบบเพื่อให้ความปลอดภัยและเชื่อถือได้ การออกแบบได้กระทำอย่างพิถีพิถัน เพื่อให้แน่ใจว่า  
 ระบบจะสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานานนับสิบปี อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าทุกชิ้นจะต้องได้รับ  
 การตรวจสอบเป็นระยะเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้ หลังจากการติดตั้งระบบแล้วเสร็จ  
 กองพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จะส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบและ  
 ดูแลระบบเป็นระยะเวลา 1 ปี (3เดือน/ครั้ง) โดยอุปกรณ์หลักคือ แฉงเซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่อง  
 แปลงกระแสไฟฟ้า ทางบริษัทผู้ผลิตรับประกันการใช้งานให้ 1 ปี สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์จะมีการ  
 รับประกันในเงื่อนไขพิเศษเพิ่มเติมคือ รับประกันความสามารถในการผลิตไฟฟ้า ในปีที่ 10 ว่าจะ  
 ต้องผลิตไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 85 % เทียบกับวันแรกเริ่มใช้งาน เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้า

#### 2.6.8.1 ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างจะแตกต่างกับระบบผลิตไฟฟ้า  
 ชนิดอื่น เพราะว่าสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ต่อจากแฉงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีกระแสไฟฟ้าเดินอยู่  
 ตลอดเวลา แม้กระทั่ง เมื่อปิดสวิทช์แล้วก็ตาม เพื่อความปลอดภัยของตัวท่านจึงควรปฏิบัติดังนี้

1. ห้ามเปิดฝาคออปเปอร์ผลิตไฟฟ้าใดๆ หรือหลีกเลี่ยงการสัมผัสเส้นลวดที่ไม่มี  
 ฉนวนหุ้ม เพราะอาจจะทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรเป็นอันตรายถึงชีวิตได้
2. ไม่ถอดหรือพยายามเคลื่อนย้ายแฉงเซลล์แสงอาทิตย์ ถ้าหากแฉงเซลล์แสงอาทิตย์  
 เกิดมีการเสียหายหรือมีปัญหา ไม่ควรซ่อมด้วยตนเอง โปรดติดต่อกองพัฒนาพลังงานทดแทน  
 โทร.436-1630-35
3. ห้ามเดินบนแฉงเซลล์แสงอาทิตย์เพราะอาจลื่นตกลงมาหรือทำให้แผ่นแก้วที่ปิด  
 เซลล์แสงอาทิตย์เกิดแตกร้าวเสียหายได้
4. ในกรณีฉุกเฉินโปรดทำการปิดสวิทช์ไฟฟ้าทั้งทางด้านกระแสตรงและกระแสลับ  
 ซึ่งติดอยู่ที่กล่องรวมสาย

#### 2.6.8.2 ข้อแนะนำในการใช้งาน

การตรวจสอบระบบให้กระทำในวันที่มีแสงแดดมาก มิเตอร์ผลิตไฟฟ้าซึ่งติดตั้งอยู่  
 ใกล้กับมิเตอร์ของการไฟฟ้าฯ จะทำงานโดย สังเกต ที่งานหมุนข้างใน ถ้าหมุนแสดงว่าระบบ  
 ทำงาน ในตอนกลางคืนไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะหยุด  
 ทำงาน โดยจะอยู่ใน Standby Mode จนกว่ากระแสไฟฟ้าในระบบจะถึงจุดที่เครื่องทำงานได้

ในวันใหม่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ก็จะเริ่มทำงานใหม่ ถ้าแสงอาทิตย์ส่องสว่างตลอดทั้งวัน แต่จานหมุนในมอเตอร์ผลิตไฟฟ้าไม่หมุน ซึ่งแสดงว่าระบบทำงานผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเกิดขัดข้อง แต่ก็ไม่มีควมจำเป็นต้องปิดสวิทช์ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะถ้าระบบของการไฟฟ้าฯ ไม่มีไฟฟ้าอยู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะตัดไฟโดยอัตโนมัติ และจะทำงานใหม่เมื่อไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้าฯ มาตามปกติ ถ้าระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ทำงานทั้ง ๆ ที่มีแสงแดดดีมากแสดงว่าเครื่องอาจผิดปกติให้ทดลอง ปิด สวิทช์ แล้ว เปิดสวิทช์ใหม่อีกครั้งเพื่อเป็นการ Reset ระบบ ถ้าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ายังไม่ทำงานอีกแสดงว่าเครื่องทำงานผิดปกติอย่างพยายามแก้ไขใด ๆ โปรดโทรศัพท์แจ้งมายัง โทร 4361630-35 ถ้าคุณคิดว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีปัญหาคุณสามารถจะปิดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปิด สวิทช์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่กล่องรวมสาย และอุปกรณ์ป้องกัน
2. ปิด สวิทช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่กล่องรวมสาย และอุปกรณ์ป้องกัน
3. ติดต่อกองพัฒนาพลังงานทดแทนการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ โทร.4361630-35

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรณีศึกษาของสหรัฐอเมริกา : ( SMUD )

โครงการ SMUD (USA-Sacramento Municipal Utility District) ในสำหรับอเมริกาถือว่าเป็นโครงการผลิตไฟฟ้าจาก PV ต่อเข้าระบบสายส่งที่มีดำเนินงานมานานที่สุด และมีการเก็บบันทึกเกี่ยวกับ Grid Connected System ทั้งแบบ Central และ Distributed generation system ไว้เป็นอย่างดี จากประสบการณ์ด้านการค้าของ SMUD กว่าทศวรรษที่เกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าจาก PV ต่อเข้าระบบสายส่ง ได้มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงระบบ PV แบบรวมศูนย์ที่มีการติดตั้ง PV เป็นแฉวงขนาดใหญ่เป็นระบบย่อยขนาดเล็ก และจากการลงทุนในระบบทั้งหมด มาเป็นการลงทุนร่วมระหว่างเจ้าของระบบกับผู้ใช้งานระบบจากโครงการ SMUD ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเทคนิคการติดตั้งแผง PV แบบติดอยู่กับที่แทนแบบแผงติดตามดวงอาทิตย์ เปลี่ยนระบบการติดตั้งแผง PV จากระบบที่เป็นส่วนเพิ่มการติดตั้งบนหลังคา มาใช้ PV แบบ CIS ที่เป็นฟิล์มบางรวมอยู่ในตัว หลังคาการเปลี่ยนแปลงด้านการตลาดจากเดิมที่ SMUD เป็นเจ้าของมาเป็นผู้ใช้ และรับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินในราคาปลีก นอกจากนี้ SMUD ยังเป็นผู้นำที่ริเริ่มวิธีการวิเคราะห์และสำรวจด้านเทคนิคการตลาด และเศรษฐศาสตร์ของระบบ PV-Grid Connected นั้น ไม่นานญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าความสำเร็จทางการค้า PV ของ SMUD ในโครงการ SMUD เห็นได้ชัดจากผลการสำธิตนำไปสู่การตัดสินใจของคณะกรรมการได้อนุมัติที่จะเพิ่มการใช้ PV ในโครงการ SMUD เป็น 10

MW (AC capacity) ภายใน 5 ปีข้างหน้า ซึ่งเป็นโครงการที่มีการจัดซื้อระบบ PV มากที่สุดโครงการหนึ่งในโลก และโครงการนี้จะมีระบบการผลิตแบบ CIS panel ภายในโครงการ SMUD ทั้งนี้จะสร้างงานให้กับบุคลากรในท้องถิ่นอีก 300 ตำแหน่ง การขายระบบกระแสไฟฟ้าในโรงงานใหม่จะช่วยชดเชยค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตจาก PV ที่ติดตั้งไว้

#### บทเรียนจาก SMUD

1. ลูกค้านำของ SMUD ไม่ได้มุ่งหวังที่จะติดตั้งระบบ PV Roof Top แต่เพียงอย่างเดียว แต่เต็มใจที่จะชำระค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในการเป็นผู้บุกเบิก PV และการเข้าร่วมโครงการใหม่เพื่อการรักษาสิ่งแวดล้อม เรียกว่า เป็นค่าธรรมเนียมเขียว Green fee
2. ในโครงการ SMUD ผลประโยชน์ที่ได้รับจาก Distributed System มีสูงกว่า Central Generation System เนื่องจาก Distributed System load ไม่เกิดในระบบการส่ง และในระบบ Distributed ลูกค้านำจะจำหน่ายไฟฟ้าได้สูง
3. การติดตั้งแผงแบบติดตามดวงอาทิตย์แบบหมุนแกนเดียว จะทำงานดีกว่าระบบติดตั้งอยู่กับที่เพียงเล็กน้อย ความยุ่งยากของระบบและการดูแลรักษาจะทำให้ลดข้อได้เปรียบในการผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบขนาดเล็ก ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และระบบรวมแสงไม่ได้ผลิตกระแสไฟฟ้ามากพอที่จะคุ้มกับค่าใช้จ่ายและการดูแลรักษาที่ตามมา
4. มูลค่าที่แท้จริงของระบบ PV ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกัน ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ได้จาก PV และ load patterns ในระบบสายส่ง เพื่อที่จะได้รับผลประโยชน์มากที่สุด ต้องรับแสงอาทิตย์มากที่สุด ในเวลาเดียวกันกับช่วงที่ใช้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ที่มีค่าไฟฟ้าสูงที่สุด จึงควรใช้ระบบ PV ในช่วงเวลาดังกล่าว
5. ในปี 2540 ได้มีการพิจารณามูลค่าจริงของไฟฟ้าจากการผลิตด้วย PV ที่ไม่มีเงินสนับสนุนซึ่งถือว่าเป็นค่าไม่ถูกต้อง เพราะยังไม่พิจารณามูลค่าจากการช่วยลดการปล่อยก๊าซจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งจะต้องมีเงินสนับสนุนประมาณครึ่งหนึ่งของราคาการผลิตไฟฟ้าจาก PV
6. ราคาของระบบจะลดลงอย่างต่อเนื่องจะขึ้นอยู่กับตลาดและการปรับปรุงความมั่นคงของระบบ thin film panel การจัดตั้งผู้ผลิตระบบ PV ภายในท้องถิ่นเพื่อที่จะบริการลูกค้าในพื้นที่ใกล้เคียง
7. ในปี 2539 ค่าผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยจากฐานการผลิต PV ประมาณ 0.17 US\$ และ มีกำลังทุน 5 US\$/W ของกำลังผลิตและสามารถจะลดถึง 0.085 US\$/kWh ในปี 2545 คาดว่าเมื่อราคาของระบบ PV จะลดลงถึง 3 US\$/W
8. การรวมระบบ PV ในโครงสร้างของหลังคาบ้านเรือนจะทำให้การตลาดของระบบ PV กว้างขึ้น เนื่องจากระบบแผง PV ทำให้หลังคาบ้านเรือนสวยงาม และช่วยลดราคาวัสดุการก่อสร้างหลังคาด้วย

## ความเป็นมาของ SMUD

เมือง Sacramento เป็นเมืองหลวงของรัฐแคลิฟอร์เนีย ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของรัฐ ห่างจากเมืองซานฟรานซิสโกประมาณ 150 กิโลเมตร มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มาก โดยเฉพาะในฤดูร้อน และเป็นเวลาเดียวกับ peak load มากที่สุด ในฤดูหนาวที่อุณหภูมิเวลากลางวัน 10-15 c ความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในฤดูหนาวประมาณ 1.85 kWh/m ต่อวัน และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 7.87 kWh/m ต่อวันในฤดูร้อน SMUD เป็นองค์กรของเทศบาลเมือง Sacramento เป็นองค์กรของรับที่ไม่ได้มุ่งกำไร ให้บริการลูกค้ามากที่สุดเป็น 1 ใน 5 ของประเทศสหรัฐอเมริกา SMUD เป็นผู้จำหน่ายกระแสไฟฟ้าที่ซื้อมาเพื่อขายต่อและเป็นผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้เอง SMUD บริการลูกค้า 500,000 คนในพื้นที่ 2500 km ของภาคกลางรัฐแคลิฟอร์เนีย มีอัตราการเพิ่มของลูกค้านี้ปีละ 1.9 % ประมาณ 89 % เป็นลูกค้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อที่พักอาศัย peak demand ของระบบในปี 2538 ประมาณ 2,280 MW ความต้องการใช้กระแสไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงที่สูงสุดในช่วงเวลาบ่ายเพื่อที่พักอาศัย 53% เพื่อการค้า 45% และ 2% เพื่อการเกษตร แหล่งพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมดในปี 2538 สั่งซื้อจากภายนอกและที่ผลิตเองมีปริมาณเท่ากับ 2,373 MW แหล่งพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 1 ใน 3 มาจากพลังงานทดแทนที่เหลือเป็นพลังงานจากน้ำความต้องการของพลังงานเกือบจะเท่ากับ 10 GWh ต่อปี โดยกระจายผ่านสายส่งมีความยาวรวมกัน 22,540 กิโลเมตร และมีการใช้สถานีย่อยขนาด 69 kW/12 kv จำนวน 20 สถานีย่อย เพื่อที่จะจ่ายต่อการวางแผนงานได้สะดวก

### ประวัติเซลล์แสงอาทิตย์ที่ SMUD

SMUD ได้ให้ความสนใจการทำไฟฟ้าจาก PV มาใช้ในช่วง Peak Load ในระบบสายส่ง และสถานีไฟฟ้าย่อยมีจำนวนมากที่สุดในระยะต้นปี 2523 ดังต่อไปนี้คือ

1. การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะมี Pattern ใกล้เคียงกับ Peak Load ของการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในเมือง

2. การใช้เครื่องปรับอากาศจะมี Peak สูงในช่วงเวลาที่มีแสงแดดจ้า การใช้ PV มีความเหมาะสมทางเทคนิคที่สอดคล้องกับ Peak ของสถานีจ่ายกระแสไฟฟ้า

ในปี 2527 SMUD ได้รับการสนับสนุนจากเทศบาล รัฐแคลิฟอร์เนีย และรัฐบาลกลางสหรัฐอเมริกา ติดตั้ง PV แบบติดตามดวงอาทิตย์ขนาด 1 MW ที่สถานีย่อย Rancho Seco ระบบดังกล่าวได้ช่วยลดค่าใช้จ่ายใน Peak power และลดการสูญเสียกระแสไฟฟ้าในสายส่งจากสถานีย่อย ด้วยเหตุนี้จึงมีการติดตั้ง PV ขนาด 1 MW แบบติดตามดวงอาทิตย์ขึ้นอีกในปี 2529 และแห่งที่ 3 ในปี 2538 ขนาด 214 kW รวมมีการติดตั้งระบบ PV ในปี 2536 ถึง 2538 มีทั้ง แบบติดอยู่กับที่ และแบบติดตามดวงอาทิตย์เป็นไฟ AC มีกำลังถึง 524 kW

จากความสำเร็จทางด้านเทคนิคของการติดตั้ง PV ที่ Poncho Seco และการวิเคราะห์อย่างลึกซึ้งแล้ว PV จะเป็นระบบที่ดีที่สุดที่รวมเข้าในระบบของ SMUD เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดไฟฟ้าในช่วง Peak แล้วยังช่วยลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง ได้มีการทดลองติดตั้ง PV ขนาด 11 kW บนหลังคาที่จอดรถของ SMUD ที่ปรับเรียงแถวได้ตามความพอใจหลังจากนั้นได้มีการติดตั้ง PV ในอาคารพาณิชย์ ที่จอดรถในสนามบิน และอาคารบ้านพัก ซึ่งระบบทำงานไปได้ด้วยดีทั้งอาคารพาณิชย์ และที่พักอาศัย จึงได้มีการติดตั้ง PV แปลงเป็นไฟ AC ขึ้นอีกรวมถึงสิ้นปี 2538 มีจำนวนถึง 1.55 MW โดย 80% เป็นการติดตั้งแบบอยู่กับที่

การติดตั้งไฟ AC จาก PV จนถึงเดือนกรกฎาคม 2540 มีจำนวนถึง 5.7 MW ราคาติดตั้ง PV ปัจจุบันประมาณ 5 US\$/W ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยประมาณ 0.17 US\$/kWh คาดว่าการติดตั้ง PV ในปี 2545 ราคาจะลดลงเหลือประมาณ 3 US\$/W และราคาไฟฟ้าต่อหน่วย 0.085 US\$/kWh

ข้อพิจารณาจากการใช้ PV ที่ SMUD ในประเด็นทางเทคนิค

1. แฟกเตอร์ของขนาดกำลังไฟฟ้าประสิทธิภาพ (Effective capacity factor) เป็นเปอร์เซ็นต์เท่าไรของอัตรากำลังที่ได้จากระบบ PV ในเวลาต่างๆ กันในแต่ละปีที่เป็นค่าเฉลี่ย
2. ความเชื่อมั่นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่าไร ของการให้บริการไฟฟ้า จาก PV ปัญหาการเชื่อมั่นของการทำงานในชิ้นส่วนต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มใช้งาน และปัญหาของโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการปรับปรุงความเชื่อมั่นของระบบ
3. ปัญหาการเสื่อมสมรรถนะของ PV ในระยะยาวขึ้นอยู่กับชนิดของ PV แบบ Single Crystal, Poly-Crystalline, thin film Amorphous Silicon และ thin film CIS panel ชนิดใดจะเสื่อมช้าที่สุด การติดตั้งแผงเซลล์แบบติดอยู่กับที่ หรือแบบติดตามดวงอาทิตย์แผ่นเรียบหรือแบบรวมแสงอย่างไรเห็นเสื่อมเร็วกว่ากัน

ข้อพิจารณาการใช้ PV ที่ SMUD ในประเด็นทางเศรษฐศาสตร์

สิ่งแรกของการตัดสินใจของการลงทุนในการค้าของ PV คือผลประโยชน์ที่สมดุลกับค่าใช้จ่ายและโอกาสที่เป็นไปได้ที่จะประสบผลสำเร็จด้วยการทำนายสมดุลซึ่งเป็นเรื่องที่จะต้องทำ

ประโยชน์ทางการค้ามีปัจจัยดังนี้คือ

1. หลีกเลี่ยงการขาดทุนของค่าใช้จ่ายของการผลิตหรือขายพลังงาน
2. หลีกเลี่ยงการขาดทุนค่าใช้จ่ายจากการเพิ่มแหล่งผลิตพลังงานชนิดอื่น
3. มูลค่าการชดเชยการลงทุนสายส่งและสายย่อยในหมู่บ้าน
4. มูลค่าของการลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า ในระบบผ่านสถานีย่อย
5. จูงใจให้ท้องถิ่น รัฐและรัฐบาลกลางเพื่อลงทุนและดำเนินการด้าน PV
6. ค่าผลกระทบจากการลดการปลดปล่อยก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
7. ค่าผลกระทบจากการลดค่าความเสี่ยง ในการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อเพลิง

8. มูลค่าราคาระแสไฟฟ้าแบบก้าวหน้าเพื่อใช้กับโรงงานผลิตชิ้นส่วนของระบบ PV

9. การเสียดลจากผู้ใช้ที่เป็นอาสาสมัครที่จะลงทุนกับระบบผลิตไฟฟ้าจาก

เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาสูง

ข้อพิจารณาการใช้ PV ที่ SMUD ในประเด็นการตลาด

ผลจากความสามารถที่จะติดตั้งระบบ PV บนหลังคาอาคารพาณิชย์และที่พักอาศัย เป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างมาก ดังนั้นจึงควรได้รับพิจารณามาตรการและยุทธศาสตร์ของบการเจาะตลาด การติดตั้ง PV บนหลังคา ประเด็นการพิจารณารูปแบบตลาดของระบบไฟฟ้าย่อยจาก PV มีปัจจัย ดังนี้

1. รูปแบบและทิศทางของหลังคาเป็นอย่างไร ที่จะสามารถติดตั้งได้ สถานที่และจำนวนหลังคามีเท่าไรที่ SMUD จะต้องให้บริการ

2. ผู้ใช้ในโครงการมีมาตรฐานทางเศรษฐกิจอย่างไร ระดับของกำลังไฟฟ้าที่จะใช้ รายได้ และลักษณะเจ้าของบ้านที่จะใช้ มีลักษณะอย่างไร

3. โครงสร้างของการชำระเงินและรูปแบบของกรรมสิทธิ์ระบบเป็นอย่างไร ที่จะเข้าถึงการตลาดได้ดีที่สุด ในกรณีที่มีมิเตอร์วัดกำลังไฟสุทธิตัวเดียว จะต้องรับซื้อไฟส่วนเกินในราคาขายปลีก ถ้ามีมิเตอร์สองตัว ราคาไฟฟ้าส่วนเกินที่จ่ายเข้าสายส่งจะแตกต่างจากราคาไฟฟ้าที่สายส่งจ่ายให้กับผู้ใช้ หรือถ้าเป็นมิเตอร์ที่วัดค่าไฟฟ้าตามเวลา (มี 2 ตัว ซึ่งราคาไฟฟ้าส่วนเกินจะต้องพิจารณาราคาที่ต่างกันช่วง Peak และ Peak หรือหากไม่รับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินทั้งหมด โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการเข้าซื้อระบบของผู้ใช้ ผู้ใช้เป็นผู้จัดซื้อระบบ การบริหารงานและระบบเป็นกรรมสิทธิ์ของ SMUD

ยุทธศาสตร์ทางการค้าของ PV ที่ SMUD

ในทางการค้าของ PV ที่ไม่มีเงินสนับสนุนจะต้องพิจารณาเงินลงทุน จัดทำโครงการที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำและสามารถแข่งขันกับไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งพลังงานเดินได้ SMUD ได้พิจารณายุทธศาสตร์สามประการเพื่อเข้าถึงด้านการค้า คือ

1. เป้าหมายตลาดกลุ่มลูกค้าผู้ใช้ระบบจะเป็นผู้ที่มีศักยภาพที่จะจ่ายเงินแพงเพิ่มขึ้น เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในส่วนที่แพงเพิ่มขึ้นผู้ใช้มีส่วนร่วมในการจ่ายค่าพลังงานที่สะอาด เป็นผู้ที่จะปฏิรูปการใช้พลังงานทดแทนและจะได้รับประโยชน์จากการลดภาษีเงินสนับสนุนและแรงจูงใจอื่น ๆ ในฐานะที่เป็นราษฎรผู้ที่จะลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาดของกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดขึ้นอยู่กับราคาพลังงาน Conventional และราคาของ PV ขึ้นอยู่กับพื้นที่จะมีรังสีดวงอาทิตย์มากหรือน้อย อย่างเช่นที่ ฮาวาย มีรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดที่จะลงทุนด้านพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่ง จะมีค่าใช้จ่าย ต่ำสุด ที่จะได้ไฟฟ้า จากระบบ PV และไฟฟ้าจากสายส่งมีราคาแพง SMUD ได้ประมาณการในพื้นที่เมือง SMUD ไฟฟ้าจาก PV ต้องมีราคา 3 US\$/W จึงจะเกิดแรงจูงใจทางการตลาดในฮาวายราคา PV ที่เป็นไปได้ในการเจาะตลาดประมาณ 7 US\$/W

ซึ่งเหมาะสมกับโครงสร้างของระบบที่จะติดตั้ง แผนการที่จะเพิ่มตลาดของ PV เพื่อเพิ่มยอดขายของระบบซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายต่ำลง แต่นับจากเริ่มโครงการ การขยายตลาดเป็นไปได้ช้า ดังนั้น การที่จะเห็นตลาดด้าน PV มีขนาดใหญ่อาจต้องช้าถึงปี 2535 หรือช้ากว่านั้น

ระบบ PV แบบรวมศูนย์ที่ SMUD แม้ว่าระบบ PV แบบติดตั้งบนหลังคาจะมีข้อเหนือว่า การผลิตไฟฟ้าจาก PV แบบรวมศูนย์ในระบบกระจาย แต่การติดตั้งจนถึงปี 2539 เป็นระบบแบบรวมศูนย์ 2.758 Mwac แบบแหล่งผลิตไฟฟ้าย่อย 1.55 Mwac นับรวมการติดตั้งระบบ PV ในระยะสิบปีที่ผ่านมา เริ่มจากการติดตั้งแบบรวมศูนย์ที่ Rancho Seco เมื่อปี 2529 ขนาด 2 MW กระจายต่อไฟเข้าระบบ 155 MW และระบบรวมศูนย์สถานีไฟฟ้าย่อยอีก 0.738 MW ซึ่งทำให้เกิดผลสะท้อนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการให้เงินสนับสนุน PV ในสหรัฐอเมริกา และพบความจริงว่าในระบบไฟฟ้าย่อยตามบ้านมีการคืนเงินได้สูง และมีความเสี่ยงของการใช้งานต่ำกว่าระบบรวมศูนย์ ในระบบ PV แบบรวมศูนย์มีการติดตั้งแผง PV ทั้งแบบติดอยู่กับที่และแบบหมุนตามดวงอาทิตย์ในเขตของ SMUD พบว่า การติดตั้งแผงแบบติดตามดวงอาทิตย์หมุนแกนเดียวจะมีอัตราส่วนของ cost/benefit ดีที่สุด อัตราส่วนดังกล่าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของรังสีดวงอาทิตย์ของแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีเมฆมากควรใช้ตัวติดตามดวงอาทิตย์ ค่าอัตราสมมูล Equivalent Forced Outage Rate (EFOR) ของระบบรวมศูนย์มีค่าต่ำหลังจากปัญหาการทำงานในช่วงเริ่มต้นของระบบ ตัวอย่างในปี 2538 สถานีไฟฟ้าย่อย PV ที่ Hedge มีค่า EFOR น้อยกว่า 14% แม้ว่าจะรวมปัญหาการทำงานเริ่มต้นที่เกี่ยวกับ Inverter outage แต่ก็ยังต่ำกว่าค่าที่ประมาณไว้จริงครึ่งหนึ่ง ค่าที่ประมาณจากประโยชน์ในการใช้ไฟฟ้าจาก PV หากคิดจากค่า Soft โดยคิดจากค่าการชดเชยการลงทุนสร้างสายส่งไฟฟ้า การชดเชยสร้างสถานีไฟฟ้า และการรับจ่ายไฟฟ้าย่อยในหมู่บ้าน ภาษีความเสี่ยงของราคาเชื้อเพลิงบริการและประโยชน์จากการลดการปล่อยก๊าซจากฟอสซิล ซึ่งคำนวณค่าได้ประมาณ 1/3 ของค่าประมาณการ จากค่า Soft ซึ่งไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง แต่ก็เป็ค่าใกล้เคียงความจริงมาก จากผลการสังเกตในช่วงระหว่างไฟฟ้าจากสถานีย่อยและไฟฟ้าจาก PV บนหลังคา

ระบบ Roof Top ที่ SMUD ได้มีการติดตั้งระบบ Roof Top บนหลังคาบ้านผลิตไฟฟ้าจาก PV มาแล้ว 400 ระบบนับตั้งแต่มีการติดตั้งครั้งแรกเมื่อปี 2536 ในโครงการ Solar Pioneer Program โดย SMUD เป็นเจ้าของระบบและดูแลระบบไปโดยตลอด และไม่ต้องซื้อกำลังไฟฟ้าส่วนเกินกลับคืนจากระบบ PV แต่ผู้ใช้จะต้องจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จาก PV เป็นค่าพลังงานเขียว "Green Pricing" รวมกับค่าธรรมเนียมเดือนละ 4 US\$

ประโยชน์แรกสุดต่อผู้ใช้ คือเป็นผู้ที่มีศักดิ์ศรีเมื่อใช้ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนผู้อื่น และเป็นผู้ที่แสดงให้เห็นสาธารณะชนประจักษ์ว่าเป็นผู้ที่อุทิศตนเพื่อสิ่งแวดล้อม

ในต้นปี 2540 จากรายงานการติดตั้งระบบ Roof Top 1.5 Mwac SMUD ได้รับประโยชน์ประมาณ 2,800 US\$ ถึง 3,300 US\$ จากค่าปฏุมภูมิในระบบ จากการชดเชยแรงดันในระบบไฟฟ้า

ย่อยเช่นเดียวกับระบบรวมศูนย์ ผลประโยชน์ที่ได้รับดังกล่าวและ 2/3 เป็นค่า soft ซึ่ง เป็นค่าที่เกิดขึ้นจริง แต่ยากที่จะแปลงให้เป็น ค่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนได้ ค่าผลประโยชน์ปฐมภูมิที่คำนวณได้จากระบบรวมศูนย์จะมีค่ามากกว่าในระบบไฟฟ้าย่อยเล็กน้อย ในระบบ Roof Top จะได้รับผลประโยชน์ผ่านการ loadingต่ำ ในขณะที่ระบบรวมศูนย์จะได้รับผลประโยชน์จากระบบสายส่ง

แผนในอนาคต จากการลงมติของคณะกรรมการอำนวยการของ SMUD เมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2540 ที่จะให้รวมการติดตั้งแผง PV บนหลังคาอาคารที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งจะมีการติดตั้งโดยรวมอย่างน้อย 2.5 MW บนหลังคาอาคารที่สร้างใหม่ใน 5 ปีข้างหน้า โดยอาคารบ้านพักใหม่เริ่มต้นจำนวน 50 หลัง จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ single ประกอบติดกับแผ่นไม้ที่แผ่นกระเบื้องหลังคาซึ่งแต่ละหลังจะติดตั้ง PV ประมาณ kW

The contract to provide the PV integrated roof homes was awarded to the Atlantis Corporation and the rates cost of installations are contracted as follows :

YEAR	Quantity	Turn-Key Price/W	Total Project Cost/w	Yearly Contract Price
1998	235 kW	\$5.06	\$5.58	\$1,189,100
1999	324 kW	\$4.67	\$5.13	\$1,513,080
2000	476 kW	\$3.95	\$4.27	\$1,880,200
2001	671 kW	\$3.42	\$3.71	\$2,294,820
2002	795 kW	\$3.18	\$3.45	\$2,528,100
Total	2,501 kW	\$3.18	\$3.45	\$9,405,300

จากแผนงานดังกล่าวจึงเกิดเป็นโครงการ PV Pioneer II Program ซึ่งเจ้าของบ้านจะเป็นผู้จ่ายเงินซื้อระบบ PV ประมาณครึ่งหนึ่ง ที่เหลืออีกครึ่งหนึ่ง SMUD จะเป็นผู้จ่ายเป็นเงินค่างวด ผลประโยชน์ที่เจ้าของบ้านจะได้รับตามมาก็คือ SMUD จะรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก PV ในราคาขายปลีก อย่างไรก็ตามผู้ใช้ไฟฟ้าก็ยังคงจ่ายค่าธรรมเนียบประมาณเดือนละ 10-15 US\$ โครงการ PV Pioneer II Program ที่ออกแบบสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ ไม่มีผลกระทบต่อโครงการเดิมคือ PV Pioneer Program เท่าไรนักเพราะราคาระบบได้ลดลงในโครงการ PV Pioneer II Program SMUD จะค่อย ๆ ลด เปรอร์เซ็นต์การซื้อกลับ จนกว่าการลงทุนจาก SMUD จะเป็นศูนย์โดยคาดว่าในปี 2545 โครงการจะลงทุนได้ด้วยเงินของตนเองอย่างยั่งยืน

โครงการ PV Pioneer I Program จะดำเนินโครงการอย่างต่อเนื่องต่อไปเพื่อติดตั้ง PV ตามบ้านที่มีมูลค่ารวม 6.4 ล้าน US\$ ซึ่งติดตั้งโดยกลุ่ม Utility Power Group (UPG) ที่เมือง Sacramento รวมมีขนาด 8 MW ซึ่งจะติดตั้งบนหลังคาบ้าน หลังคาโรงจอดรถ และสถานีไฟฟ้าย่อยภายในปี 2545 ในส่วนของการเตรียมการ UPG ได้เคลื่อนย้ายแผนกติดตั้งจาก Southern Californiaมายัง Sacramento จะทำให้ SMUD มีรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แผง PV ที่ติดตั้งโดย

UPG เป็นแบบ CIS ผลิตโดยบริษัท Energy Photovoltaics, Inc. (EPV) และใช้ Inverter อิเล็กทรอนิกส์จากบริษัท Trace Engineering, Inc. ทั้งสองบริษัทได้มีข้อตกลงให้แรงงานที่เมือง Sacramento เป็นผู้ร่วมผลิตอุปกรณ์สนับสนุนโครงการดังกล่าว

YEAR	Quantity	Turn-Key Price/W	Total Project Cost/w	Yearly Contract Price
1997	400 kW	\$1.22/W	\$5.34/W	
1998	705 kW	\$1.22/W	\$5.07/W	16-17 c/kWh
1999	972 kW	\$0.92/W	\$4.28/W	
2000	1,427 kW	\$0.80/W	\$3.56/W	
2001	2,012 kW	\$0.71/W	\$3.12/W	
2002	2,385 kW	\$0.65/W	\$2.98/W	8-9 c/kWh
Total	7,901 kW			

รวมทั้งสองโครงการ PV Pioneer 1 และ PV pioneer 2 Program เข้าด้วยกัน จะเพิ่มการติดตั้งระบบ PV บนหลังคาบ้านได้มากกว่า 2,500 หลังคาเรือน ภายใน 5 ปี และประโยชน์ที่ SMUD จะได้รับจากการดำเนินงานโครงการนี้คือ รายได้จากการขายกระแสไฟฟ้าจาก PV SMUD จะมีบทบาทเป็นที่ปรึกษาเกี่ยวกับการใช้ระบบ PV รอบโลก ความพยายามที่จะรวมระบบ PV เข้าเป็นกลุ่มเดียวกันได้บรรลุข้อตกลงของ PV Partnership ในปี 2540 โดยการรวมจำนวนระบบใช้งานซึ่งรวมถึงในต่างประเทศบางประเทศด้วย หลังจากการก่อตั้ง SMUD ได้มีประสบการณ์ด้านการก่อสร้าง การดำเนินงานและการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจาก PV การติดตั้ง PV ของ SMUD ไม่เพียงแต่เฉพาะเหตุผลมาจากการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งในช่วง Peak เท่านั้น แต่ SMUD มีโครงการที่ครอบคลุมถึงการติดตั้งรวมอยู่ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยใหม่ของเจ้าของบ้าน เพื่อเป็นการผลักดันให้ราคาของระบบ PV ต่ำลง ซึ่งจะเพิ่มความพึงพอใจที่เกิดขึ้นในอนาคต ด้วยการได้รับผลประโยชน์จากการติดตั้งระบบ PV ที่ไม่ต้องให้เงินทุนสนับสนุนหลังจากปี 2545

#### กรณีศึกษาของยุโรป (German 1000 Roof- Photovoltaic Program)

โครงการ German 1000 Roof Top กรณีศึกษา โครงการติดตั้งระบบ PV บนหลังคาบ้าน 1,000 หลัง ในประเทศเยอรมันได้แสดงถึงการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความหมายและสำคัญยิ่งในยุโรปกลาง ที่ประกันถึงความเชื่อถือต่อระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเชื่อมเข้ากับระบบสายส่งซึ่งทำให้การวางแผนการเพิ่มการติดตั้งระบบสอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยี มาตราการส่งเสริมด้านการเงินและสังคมโครงการ German 1000 Roof-Top ( GRT 1) ได้เริ่มติดตั้งเมื่อปี 2533 ได้รับการสนับสนุนโครงการจากกระทรวงวิจัยและเทคโนโลยี Federal Ministry for Research and Technology (BMFT) และรัฐบาลกลางเยอรมัน โดยให้การสนับสนุนเงินทุนแก่ผู้ติดตั้งระบบ 70% ของเงินลงทุน ราคาระบบ มีค่าประมาณ 27,000 DM/kWp สถานีไฟฟ้าย่อยในท้องถิ่นจะเป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าจากเจ้าของระบบ PV ตามกฎหมายของรัฐบาล ซึ่งประกาศใช้

ในเดือนมกราคม 2543 โดยจะรับซื้อราคาไม่น้อยกว่า 90% ของราคาขายปลีก เมื่อการติดตั้งระบบ 1,000 ในปี 2533 สิ้นสุดลง ประชาชนในเยอรมัน มีความสนใจต่อโครงการนี้ถึง 60,000 ราย หน่วยงาน BMFT ได้มีโครงการที่จะขยายการติดตั้งเพิ่มขึ้นอีกในปี 2543 จำนวน 2,250 ระบบ สุดท้ายจะติดตั้งไปจนครบ 4,000 ระบบ การติดตั้งจะติดตั้งให้กับหน่วยงานของรัฐเมืองละ 100 ระบบ และติดตั้งให้กับหน่วยงานเอกชนเมืองละ 150 ระบบ หน่วยงาน BMFT ให้เงินสนับสนุนให้กับระบบที่ติดตั้งทางเมืองตะวันตก 50% และเมืองทางตะวันออก 60% รัฐบาลท้องถิ่นในแต่ละเมืองจะออกเงินสนับสนุนอีก 20% และ 10% ตามลำดับ รวมแล้วจะให้ทุนสนับสนุนแก่ผู้ติดตั้งระบบ 70% ยกเว้นในกรณีที่ติดตั้งที่ Saarland จะพิจารณาให้เงินสนับสนุน 50% ก็เพียงพอสำหรับผู้ติดตั้งระบบ PV หลังจากปี 2537 ระบบได้ติดตั้งไปกว่า 6 MWp บนหลังคาอาคารบ้านเรือนในเยอรมัน

วัตถุประสงค์ของโครงการ นอกจากจะมีวัตถุประสงค์ที่จะส่งเสริมให้มีการประหยัดพลังงาน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานฟอสซิลแล้ว โครงการได้พยายามส่งเสริมให้ผู้ติดตั้ง เห็นความสวยงามจากการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ตั้งบนหลังคา ซึ่งได้ออกแบบตัวเซลล์ให้สามารถเป็นอุปกรณ์ประดับหลังคาบ้านอีกด้วย ประเด็นทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ Roof-Top ตามโครงการ GRT ซึ่งเป็นแบบ Grid Connected เงินลงทุนของระบบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ ชนิดของระบบที่ติดตั้ง รูปแบบของโครงสร้างรองรับ สถาปัตยกรรมอากาศ และสถานะเศรษฐกิจของแต่ละเมือง ในปัจจุบันราคา ระบบจะถูกลง ค่าดำเนินงานของ PV-Grid connection จะถูกเพราะ ไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนไหว หรือ เกิดแรงเค้นจากความร้อน ไม่มีค่าขนส่ง ค่าเชื้อเพลิง ปกติจะมีค่าบำรุงรักษาประจำปี สูงสุดไม่เกิน 1.6% ของเงินลงทุน ค่าดำเนินงาน operating Cost 0.014-0.019 DM/kWh โดยประมาณ 0.3% ต่อปี ของค่าเงินลงทุน หากเป็นระบบใหญ่ Operating Cost มีค่า 0.0035-0.005 DM/kWh สำหรับระบบ ติดตามดวงอาทิตย์ และ 0.002 DM/kWh ของระบบติดอยู่กับที่ สำหรับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์ตามเงื่อนไขค่ารังสีดวงอาทิตย์ในเยอรมัน ถ้าติดตั้งไว้บนหลังคาอยู่ในช่วง 1.47-1.91 DM/kWh ที่ดอกเบี้ย 4% หรือมีค่า 2.10-2.7 DM/kWh ที่ดอกเบี้ย 8% หากติดตั้งไว้ที่ พื้นดิน การผลิตไฟฟ้าจะมีค่า 1.01-1.88 DM/kWh และเมื่อมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของ เทคโนโลยี ปกติจะพิจารณาแบบจุดภาค ของต้นทุนการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยตรง แต่มีต้นทุน ด้านสิทธิประโยชน์อีกหลายอย่าง ซึ่งจะต้องกำหนดด้วยกฎหมาย เรียกว่า ต้นทุนสังคม หรือต้นทุน ภายนอก (External costs) เช่น

- ผลต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศ น้ำ และดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- ผลต่อเสียงรบกวน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสูญเสียคุณภาพ และทัศนียภาพ

- การบริโภคทรัพยากรธรรมชาติ

- ความเสียเปรียบจากการได้รับบริการจากรัฐ
- เงินช่วยเหลือ
- ข้อกำหนดอื่น ที่ตามมา ฯลฯ

การติดตั้ง PV ในเยอรมัน เมื่อคิดต้นทุนภายนอกแล้ว สามารถคิดเป็นค่าโบนัสให้กับระบบ PV มีมูลค่า 19.6 Dpf/kWh (1 Dpf=0.01 DM) โบนัสดังกล่าวเป็นผลมาจากประหยัดต้นทุนภายนอกของสถานีไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล และนิวเคลียร์ ซึ่งแหล่งพลังงานทั้งสองมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตต้นทุนภายนอกของการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศเนื่องจากการปลดปล่อย CO จะต้องนำมาพิจารณาด้วย ต้นทุนสังคมของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามีค่า 45-107 Dpf/kWh (ประมาณ 1 DM/kWh)

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีสเกลขนาดใหญ่เป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งเป็นข้อดีของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่สถานีไฟฟ้าจาก PV ไม่มีข้อจำกัดของขนาดกำลังการผลิตสามารถจะเพิ่มขนาดขึ้นได้เรื่อยๆ มีการใช้งานไม่มีข้อจำกัดของขนาดกำลังการผลิต ในสถานการณ์ปัจจุบันได้มีการใช้ PV อย่างแพร่หลายทั่วโลก เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีผลต่อการเติบโตของตลาด PV การใช้ PV ในประเทศอุตสาหกรรมแบบระบบกระจายซึ่งผลิตใช้ในแต่ละบ้านเพื่อต่อไฟเข้าในระบบสายส่งจะได้รับความนิยมมากที่สุด แต่ราคาการผลิตไฟฟ้าจาก PV ยังสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่ง ยังต้องมีความจำเป็นที่จะต้องมีความเงินทุนอุดหนุน เพื่อส่งเสริมการใช้ให้แพร่หลายซึ่งจะมีส่วนให้ราคา PV ถูกลง เมื่อมีการขยายตลาด สำหรับในกลุ่มประเทศยุโรป ได้มีโครงการเร่งด่วน ได้มีโครงการเร่งด่วน เพื่อจะผลักดันให้ PV สามารถแข่งขันกับพลังงานสิ้นเปลืองได้จากเป้าหมายของโครงการ EPIA ACTION PLAN FOR A COMMERCIALY STABLE PV MARKET จะมีไฟฟ้าจาก PV แบบ Roof Top จ่ายไฟเข้าระบบจำนวน 100,000 ระบบ (300 MWp) ติดตั้ง PV ในอาคารบ้านพัก 2,000 ระบบ (100MWp) และเป็นสถานีไฟฟ้า PV ขนาดใหญ่อีก 100 MWp รวมเป็น 500 MWp

สำหรับในประเทศกำลังพัฒนา ที่จะเริ่มมีการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง และจะต้องขยายไปสู่ประชากรที่มีความหนาแน่นต่ำ ความต้องการบริโภคพลังงานน้อย การใช้ระบบ PV ต่อเชื่อมกับสายส่งจึงไม่เหมาะสมแต่ในระบบ Stand Alone จะเป็นระบบเหมาะสมกับประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีประชากรถึง 2,000 ล้านคน ที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ การผลิตไฟฟ้าจาก PV สำหรับกลุ่มผู้บริโภคพลังงานไฟฟ้าเล็กน้อยจะถูกกว่าระบบการผลิตจาก PV ที่ต่อเข้าระบบ

กรณีศึกษาของประเทศญี่ปุ่น โครงการ Sunshine Project ญี่ปุ่นได้ให้ความสนใจต่อโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งในแง่การพัฒนาตัวเซลล์แสงอาทิตย์ การขยายการตลาด ฐานะผู้ผลิต การสนับสนุนให้ความร่วมมือในโครงการต่างๆ ด้าน PV ทั้งในญี่ปุ่นและต่างประเทศ รวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในเชิงการค้า ในปี 2517 ญี่ปุ่นได้เริ่มโครงการเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งแรกคือ Sunshine Project (SP) และ Solar Energy Technology

Development เพื่อแก้ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมโครงการ Sunshine Project ภายใต้การดำเนินงานของหน่วยงาน NEDO ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2533 มีวัตถุประสงค์ที่จะลดราคา PV ให้มีราคาประมาณ 230-290 Yen/Wp ในปี 2537 และให้มีราคาประมาณ 100-200 Yen/Wp ในปี 2543 โดยปี 2528 ญี่ปุ่นผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 10.3 MW และในปี 2533 ผลิตได้ 16.8 MW คิดเป็นสัดส่วน 36.1% ของการผลิตจากทุกประเทศรวม 46.5 MW ในการแพร่ขยายการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งในญี่ปุ่นและตลาดต่างประเทศ ญี่ปุ่นมีความจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ PV โมดูล BOS และเทคนิคการใช้งานเกี่ยวกับพัฒนาการติดตั้งระบบ PV ได้มีการพัฒนาทั้งระบบ Stand Alone และระบบ Grid Connected System โดยได้มีการติดตั้งและการสาธิตขนานกับการทดสอบอย่างมีอาชีพไปสู่ระบบการค้าในรูปของบริษัทผลิตไฟฟ้าจาก PV ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจาก PV เพื่อต่อเข้ากับระบบสายส่งได้อย่างแท้จริงทั้งอาคารสาธารณะ อาคารของเอกชนโครงการ Sunshine Project ได้มีการทดสอบและประเมินผลของระบบ โดยเริ่มในปี 2530 เพื่อกำหนดมาตรฐาน และแนวทางในการติดตั้งระบบไฟฟ้าจาก PV ที่ติดตั้งบนอาคารและหลังคา เพื่อต่อเชื่อมเข้ากับระบบสายส่ง โดยกำหนดให้เป็นมาตรฐานอย่างเป็นทางการเมื่อปี 2531 ถึง 2538 สำหรับการจัดระบบและแบบแผนในทางสังคม ได้กำหนดกฎหมายเกี่ยวกับธุรกิจด้านกระแสไฟฟ้าที่จะให้สาธารณชนมีความสะดวกที่จะติดตั้งระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่บ้านของตนเองเพื่อต่อเข้ากับระบบสายส่ง ในปี 2535 กำหนดกฎหมายและราคาการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจาก PV ในบ้านพักอาศัย และรัฐบาลก็ได้ให้เงินทุนสนับสนุนให้กับผู้ติดตั้งระบบ PV บนหลังคาบ้านเรือน โดยระบบเป็นกรรมสิทธิ์ของเจ้าของบ้าน เมื่อสิ้นปี 2537 รัฐบาลญี่ปุ่น ได้ประกาศต่อสาธารณชนอย่างชัดเจนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ที่จะให้มีการใช้ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเป้าหมายของพลังงานใหม่ ภายหลังจากการเตรียมโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคนิคเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา สำหรับโครงสร้างพื้นฐานทางสังคม ได้มีการออกกฎหมายและวางแผนหลัก (Master plan) ที่จะแพร่ขยายการใช้ PV ให้เป็นที่แพร่หลายในระดับชาติ ซึ่งได้รับความนิยมนอกจากประชาชน แต่ตลาดยังจำกัด เพราะราคาของ PV ยังสูงอยู่

การศึกษาการใช้งาน PV ในญี่ปุ่น ญี่ปุ่นได้พัฒนาระบบส่งเสริมการใช้ PV ทั้งสองแบบ คือ Stand Alone และ Grid connection ให้มีการดำเนินโครงการเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้สอดคล้องกับความสามารถด้านเทคนิคและความต้องการที่สามารถออกแบบได้ตามเงื่อนไขความร่วมมือของสถาบันให้ท้องถิ่นเพื่อให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ใช้ PV เป็นเรื่องสำคัญ และจำเป็นต้องดำเนินการสำรวจ ออกแบบ ติดตั้ง การปรับแต่ง และการบำรุงรักษา การให้โรงงานในท้องถิ่นเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ และชิ้นส่วนอะไหล่ของระบบ จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพสำหรับแผนระยะยาว ได้มีการให้การศึกษแก่ผู้ใช้ ฝึกอบรมช่างเทคนิคจัดตั้งองค์การบริหารงานในท้องถิ่น บนเกาะที่ห่างไกลหลายเกาะในญี่ปุ่นที่ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องชนิดเซลล์ ซึ่งมีค่าใช้จ่าย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมบนเกาะโดดเดี่ยวและห่างไกลยากต่อการขนส่งเชื้อเพลิง ญี่ปุ่นจึงได้มี

ติดตั้งเพื่อใช้งานแล้ว ยังใช้เป็นแหล่งวิจัยและพัฒนา เป็นต้นแบบสถานีจ่ายไฟฟ้าแบบอิสระ โดยใช้ร่วมกับแหล่งผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 250 kW ญี่ปุ่นได้ให้ความสนใจกับการผลิตไฟฟ้าจาก PV ในระบบรวมศูนย์ โดยได้ติดตั้งสถานีไฟฟ้า PV ในระบบรวมศูนย์ในปี 2532 ที่ Saijo โดยมีกำลังผลิต 1,000 kW วัตถุประสงค์เพื่อใช้เสริมกับระบบไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมในท้องถิ่น ปัญหาสำคัญของ ญี่ปุ่นคือ การขาดแคลนน้ำจืดในหมู่เกาะทั่วไป ตัวอย่างบนเกาะ Fukue ซึ่งประชาชนอาศัยอยู่ 2,500 คน มีความต้องการน้ำจืดวันละ 1,000,000 ลิตร แต่มีปริมาณของน้ำจืดบนเกาะที่จะใช้ได้เพียง 800,000 ลิตร/วัน ในปี 2537 หน่วยงาน NEDO ของญี่ปุ่นจึงได้สร้างระบบทำน้ำจืดจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 65 kW สามารถผลิตน้ำสะอาดใช้ได้วันละ 200,000 ลิตร นอกจากนี้ยังใช้ไฟฟ้าจาก PV ในการสูบน้ำที่เมือง Tino ขนาด 32 kW ร่วมกับเครื่องสูบน้ำจากพลังงานลมขนาด 5 kW

รัฐบาลญี่ปุ่นได้เห็นประโยชน์ของ PV ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในอนาคต และได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีควบคู่กับการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตให้เพียงพอต่อการขยายตลาดในระยะยาวโดยญี่ปุ่นจะติดตั้งระบบ PV ในปี 2533 ให้ได้ 4.6 GW (1 GW=1,000 MW-1,000,000 kW) โดยจะเน้นระบบ Roof Top บนหลังคาบ้านพักอาศัยประมาณ 70,000 หลังคาเรือน โครงการผลิต PV ระยะยาวของญี่ปุ่นมีกำลังการผลิตประมาณ 100 MW/ปี และจะสามารถผลิตเพิ่มขึ้นได้อีกเป็น 200 MW/ปี ในปี พ.ศ. 2553 ในปัจจุบันญี่ปุ่นได้เริ่มโครงการ Roof Top จำนวน 700 ระบบ เพื่อศึกษาพัฒนาในระยะแรก

สถานภาพการวิจัยผลิตและการใช้งานในประเทศต่าง ๆ การศึกษาวิจัยพัฒนาและผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความสนใจจากหลายประเทศทั่วโลก ตลาดของเซลล์แสงอาทิตย์นับวันก็จะโตขึ้นเรื่อย ๆ ปี ค.ศ. 1983 ตลาดเซลล์แสงอาทิตย์มีมูลค่าสูงถึง 445,000 ล้านดอลลาร์ทั่วโลก (ประมาณ 85,000 ล้านบาท) และคาดว่าใน ค.ศ. 2000 ตลาดเซลล์แสงอาทิตย์จะขยายอีก 75 เท่าตัวเป็น 33,818,000 ล้านดอลลาร์ทั่วโลก (ประมาณ 6,763,600 ล้านบาท) การศึกษาติดตามให้ทราบถึงนโยบายและแนวการวิจัยการผลิตและการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศต่างๆ จึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะช่วยในการตัดสินใจเปรียบเทียบนโยบายของประเทศไทยทางด้านนี้

### ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศสหรัฐอเมริกาคือประเทศที่ใช้พลังงานมากที่สุดในโลก และเมื่อพูดถึงความเหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ก็เป็นประเทศที่เอื้ออำนวยในทุก ๆ ด้าน ทั้งทางสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ตลอดจนความพร้อมเพียงของการมีทรัพยากรธรรมชาติและเทคโนโลยีต่าง ๆ ประเทศสหรัฐอเมริกาถือได้ว่าเป็นประเทศยักษ์ใหญ่ในวงการเซลล์แสงอาทิตย์ ออกสารเป็นเอกสารที่ส่งงานวิจัยรับการ ใช้งานเพื่อการศึกษานาน ไม่นานมาได้หันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทั้งทางด้าน การวิจัยการผลิตและการใช้งาน ใน ค.ศ. 1983 60.3% ของเซลล์แสงอาทิตย์ในตลาดโลกถูกผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา แรงผลักดันที่สำคัญที่ทำให้อุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของ

สหรัฐอเมริกาก้าวไปไกล สืบเนื่องมาจากการมีแผนการนโยบายที่มีเป้าหมายอย่างแน่ชัดของรัฐบาลที่จะลดราคาเซลล์แสงอาทิตย์ให้ถูกลงเพื่อต่อสู้กับราคาไฟฟ้าในตลาดปัจจุบัน กระทรวงการพลังงาน (Department of Energy : DOE) ผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อการวางแผนนโยบายการผลิตพลังงานทดแทนต่างๆ โดยได้รับมอบหมายหน้าที่ให้ Solar Energy Research institute (SERI) เป็นผู้วางแผนและทำวิจัยพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์และให้ Jet Propulsion Laboratories (JPL) ทำวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ SERI ได้มาตั้งแต่ ค.ศ. 1979 สำนักงานใหญ่อยู่ในรัฐโคโรลาโด จากงบประมาณด้านเซลล์แสงอาทิตย์ของปี ค.ศ. 1986 ทั้งหมดจำนวน 43.21 ล้านดอลลาร์ (1,080.25 ล้านบาท) SERI ได้งบประมาณไป 24.27 ล้านดอลลาร์ (606.75 ล้านบาท) และ ค.ศ. 1987 SERI ได้ 26 ล้านดอลลาร์ (650 ล้านบาท)

ไม่เพียงแต่ภาครัฐบาลเท่านั้นที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ ภาคเอกชนและรัฐวิสาหกิจก็ได้เข้ามามีบทบาทด้วยคือ

1. ภาคโรงงานอุตสาหกรรมของเอกชน ในสหรัฐอเมริกามีบริษัทใหญ่ ๆ ที่ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ 21 แห่ง มีนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญรวมประมาณ 300 คน งบประมาณที่ใช้จ่ายเพื่อการวิจัยรวมประมาณปีละ 35 ล้านดอลลาร์ (875 ล้านบาท)

2. ภาครัฐบาล รัฐบาลให้งบประมาณสนับสนุนหน่วยงานภาครัฐบาล มหาวิทยาลัยและบริษัทเอกชนใน ค.ศ. 1987 รวม 40.6 ล้านดอลลาร์ (1,015 ล้านบาท)

3. โครงการร่วมมือระหว่างเอกชนและรัฐบาล เนื่องจากในช่วง 2-3 ปีนี้งบประมาณเพื่อเซลล์แสงอาทิตย์ของรัฐบาลลดน้อยลง เพื่อให้บรรลุถึงจุดเป้าหมายใน 10 ปีข้างหน้า บริษัทเอกชนจึงร่วมบริจาคอีกปีละ 7.5 ล้านดอลลาร์ (187.5 ล้านบาท) ซึ่งถ้ารวมงบประมาณทั้งข้อ 1-3 แล้วใน ค.ศ. 1987 มีงบประมาณทั้งสิ้น 80 ล้านดอลลาร์ (2,000 ล้านบาท) โดยอัตราส่วนออกเงินระหว่างรัฐบาลและเอกชนจะเท่ากับ 50:50

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้ความสำคัญมากที่สุดคืออิมพอสชันซิลิกอนและอะมอร์ฟัสซิลิกอน

ประเทศญี่ปุ่น ญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ต้องนำเข้าน้ำมันดิบเกือบทั้งหมด ดังนั้นการวิจัยหาพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก ใน ค.ศ. 1974 กระทรวงการค้าต่างประเทศและอุตสาหกรรม (MITI) ได้ตั้งโครงการ sunshine ขึ้นเพื่อให้เป็นศูนย์กลางการวิจัยพลังงานทดแทนซึ่งรวมพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย ต่อมาเพื่อให้โครงการ sunshine ดำเนินงานได้อย่างคล่องตัว และมีประสิทธิภาพ ใน ค.ศ. 1981 จึงได้จัดตั้งองค์การ New Energy Development Organization (NEDO) ขึ้นรับผิดชอบโครงการ Sunshine โดยตรง NEDO ตั้งขึ้นมาด้วยเงินทุน 163,600 ล้านเยน (32,720 ล้านบาท) เฉพาะ ค.ศ. 1986 มีงบประมาณวิจัยจำแนกประเภทดังนี้

มีทั้งเงิน เงินอุดหนุน อื่นๆ ที่สนับสนุนให้คิดเปลี่ยนแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานแสงอาทิตย์ 8,249 ล้านเยน (1,648 ล้านบาท)

พลังงานความร้อนใต้พิภพ 5,980 ล้านเยน (1,196 ล้านบาท)

พลังงานถ่านหิน 27,060 ล้านเยน (5,412 ล้านบาท)

พลังงานไฮโดรเจน 1,510 ล้านเยน (312 ล้านบาท)

พลังงานลม น้ำทะเล 170 ล้านเยน (34 ล้านบาท)

รวม 42,960 ล้านเยน (8,592 ล้านบาท)

ถ้ายกเว้นการต้องนำเข้าวัสดุบางอย่างแล้ว ญี่ปุ่นสามารถผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ครบวงจร ตั้งแต่การเตรียมวัสดุกับก๊าซทำแว่นผลึก ตัวเซลล์ และระบบการใช้งานชนิดของเซลล์ได้มุ่งไปที่ผลึกโพลีซิลิกอนริบบอนซิลิกอน และอะมอร์ฟัสซิลิกอน ผลงานของ NEDO ได้ประจักษ์แน่ชัดแล้วว่า ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงจาก 20,000-30,000 เยน (4,000-6,000 บาท) ต่อวัตต์สูงสุดใน ค.ศ. 1974 ลงเหลือ 1 ใน 20 เท่าคือ 1,000 เยน (180 บาท) ต่อวัตต์สูงสุดใน ค.ศ. 1988

หน่วยงานวิจัยที่เข้าร่วมโครงการ sunshine มีทั้งสถาบันการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย องค์การวิจัยของรัฐ (เช่น Electro Technical Laboratory : ETL) และบริษัท มหาวิทยาลัยที่เป็นแกนนำในการวิจัย อาทิเช่น มหาวิทยาลัยโอซาก้า ( ศ.ดร. Yoshihiro Hamakawa) มหาวิทยาลัย Tokyo institute of Technology (ศ.ดร. Kiyoshi Takahashi) บริษัทเอกชนนั้นมีกว่า 20 แห่ง

ประเทศญี่ปุ่นได้ประสบความสำเร็จในการผลิตเซลล์ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอนออกมาในรูปเชิงพาณิชย์เป็นประเทศแรก โดยได้ใช้เป็นตัวผลิตไฟฟ้าในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุ โทรทัศน์ ฯลฯ บริษัทชั้นโษสามารถผลิตเซลล์ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนได้ถึงปีละกว่า 4 เมกกะวัตต์ การทดลองระบบเซลล์ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนก็ได้มีการทำกันทั่วประเทศ ตลาดเซลล์ ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน เพื่อใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของญี่ปุ่นในช่วงปลายปี 2000 คาดว่าจะใช้ในประเทศญี่ปุ่นเองประมาณ 28 เมกกะวัตต์ต่อปี และส่งออก 34 เมกกะวัตต์ต่อปี

ประเทศไทย ประเทศไทยเป็นหนึ่งในหลายประเทศที่ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษา การใช้พลังงานทดแทนหลังจากเกิดวิกฤตการณ์ น้ำมันขึ้นราคาใน ค.ศ. 1976 แต่ก็ยังปรากฏว่ายังไม่มีหน่วยงานใดของรัฐบาลที่มีงบประมาณจัดสรรเพื่อการทำวิจัยพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม “คณะกรรมการกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์” สังกัดคณะกรรมการประสานงานการวิจัยและพัฒนาพลังงาน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษาและผู้แทนจากภาคเอกชน ร่วมกันทำงานเป็นตัวแทนประสานงาน และส่งเสริมให้ข้อมูลการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ามาตลอด

อุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีลักษณะคือ เป็นการนำเข้าตัวเซลล์แสงอาทิตย์แล้วนำเซลล์ฯ มาต่ออนุกรมหรือขนานเข้าด้วยกันเป็นแผง แผงหนึ่งจะผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 30-40 วัตต์ แล้วแต่การออกแบบ ในปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสิ้น 3 ราย และได้รับการส่งเสริมจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนด้วยคือ

1. บริษัทโซล่าตรอน ได้รับความร่วมมือจากบริษัท Showa Solar Siemens
2. บริษัทพี ที ไทยโซลาร์คอร์ปอเรชั่น
3. บริษัทแพนสยามเอ็นจิเนียริ่ง (2525) จำกัด ได้รับความร่วมมือจาก บริษัท โซลาเร็กซ์

ชนิดนี้ ประเทศออสเตรเลีย

ทั้ง 3 บริษัทนี้กำลังผลิตแผงเซลล์อาทิตย์รวมได้ประมาณ 1 เมกะวัตต์ต่อปี ใช้เงินลงทุนไปแล้วไม่ต่ำกว่า 150 ล้านบาท

ด้านการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันกว่า 10 ปี ประเทศไทยมีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานทั้งสิ้นประมาณ 500 กิโลวัตต์สูงสุด ปัจจุบันราคาขายในประเทศไทย ตกราคาประมาณ 200-250 บาทต่อวัตต์สูงสุด ซึ่งยังค่อนข้างแพงอยู่ จากการศึกษาถึงรายได้โดยเฉลี่ยของครัวเรือนในชนบทกับสัดส่วนค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้ข้อมูลว่า ชาวบ้านชนบทยังไม่สามารถจัดซื้อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ด้วยเงินของตัวเองแม้จะเป็นระบบผ่อนส่ง ดังนั้นจากการขายที่ผ่านมา ตลาดกว่า 70% คือหน่วยงานราชการ และรัฐวิสาหกิจ 7% คือ มหาวิทยาลัย และวิทยาลัย 20% เป็นตลาดของภาคเอกชน หน่วยงานรายใหญ่ที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในขณะนี้ มีดังต่อไปนี้

1. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

ในประเทศไทยยังมีหมู่บ้านชนบทห่างไกลที่ กฟภ. เดินสายไฟฟ้าไปไม่ถึงประมาณ 2,000 หมู่บ้าน กฟภ. จึงได้จัดทำโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งแล้วเสร็จตั้งแต่ พ.ศ. 2529 มี 3 แห่งคือ

1. บ้านเด่นไม้ซุง จ. ตาก ขนาด 50 กิโลวัตต์
2. บ้านแม่กะสี จ. นครสวรรค์ ขนาด 50 กิโลวัตต์
3. บ้านวังหมี จ. นครราชสีมา ขนาด 20 กิโลวัตต์

เงินลงทุนทั้งสิ้น 60.53 ล้านบาท โดยได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลญี่ปุ่น 52.65 ล้านบาท ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบได้แก่ การป้องกันฟ้าผ่าและการเพิ่มขึ้นของโหลด

2. องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกเริ่มใช้ในกิจการขององค์การโทรศัพท์ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 ในโครงการทางไกลชนบท ซึ่งมีสถานีที่ใช้งานทั้งหมด 54 สถานี รวมแล้วมีกำลังไฟฟ้าทั้งสิ้น 91 กิโลวัตต์

นอกจากนี้ยังเป็นเอกสารที่ส่งวน วิสาทรกับการ ใช้งานเพื่อการศึกษาใน... โดยถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ใช้เซลล์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอนของบริษัท solarex ปัญหาที่เกิดขึ้นได้แก่ การชาร์จแบตเตอรี่ไม่เพียงพอเพราะภูมิอากาศไม่ดีและปัญหาการแตกกร้าวของแวนผลึก

### 3. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2531 นี้ กฟผ. ได้ประกาศงานสาธิตโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบฯ (GRID CONNECTED) เป็นแห่งแรกในประเทศไทย ที่บริเวณโรงไฟฟ้าคลองช่องกล้า อ.วัฒนานคร จ.ปราจีนบุรี ผลิตไฟฟ้าได้ 20 กิโลวัตต์ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานอื่นๆ ที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ด้วย เช่น กรมชลประทาน (ระบบสูบน้ำ) กองทัพบก กองทัพอากาศและกองทัพเรือ (การสื่อสารความปลอดภัย)

ทางด้านการศึกษาและวิจัยพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ในสถาบันการศึกษาต่างๆ ได้มีการทำหลายแห่ง เช่น

1. ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีการทำวิจัยผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแบบผลึกเดี่ยวและผลึกโพลีซิลิกอน มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 สามารถเดิมสารเจือปนให้เกิดรอยต่อพีเอ็น แล้วต่อขั้วไฟฟ้าให้เป็นเซลล์ฯ ได้ประสิทธิภาพประมาณ 10% และในปัจจุบันกำลังทำการวิจัยและผลิตเซลล์ฯ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน ขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทย โดยทุนสนับสนุนจาก คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการนี้กำลังได้รับความสนใจเพราะเป็นเซลล์ฯ ชนิดฟิล์มบางราคาต้นทุนถูก นอกจากนั้นทางภาคพื้นสนามได้มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้โรงเรียนบ้านยังเมิน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มีทั้งแบบระบบหมุนที่ตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (150 วัตต์สูงสุด) และแบบระบบวางตายตัว (250 วัตต์) ชาวบ้านยังเมินได้ประโยชน์จากเซลล์แสงอาทิตย์นี้มาก ใช้อัดแบตเตอรี่นำไปใช้ที่บ้าน ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้กับเครื่องขยายเสียงเพื่อเรียกประชุม ความช่วยเหลือที่ให้กับบ้านยังเมินนี้ นับว่าประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจเพราะมีผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีวิธีการใช้งานที่ถูกวิธีควบคุมไปด้วย ทำให้คุ้มค่าทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เน้นการวิจัยด้านการใช้งานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีการใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยออกแบบและจำลองระบบและเก็บข้อมูลต่างๆ ได้ดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ. 2526 มีการทดสอบการใช้งานกับระบบสูบน้ำ (940 วัตต์สูงสุด) ระบบผลิตไฟฟ้า แสงสว่าง (47 วัตต์สูงสุด) อิทธิพลของสภาวะแวดล้อม (เช่นความเข้มข้นของแสงอาทิตย์อุณหภูมิ) ที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ มีระบบแสงอาทิตย์เทียมเพื่อทดสอบกับเซลล์ฯ ที่มีพื้นที่สูงสุด 4 ตารางเมตร (สเปคตรัมใกล้เคียง airmass 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
แม้ว่ากรณีต่างๆ ที่ส่งเอกสารให้คิดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มีการทำวิจัยการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอนมาตั้งแต่ พ.ศ. 2524 ประสิทธิภาพของเซลล์ประมาณ 10% มีระบบแสงอาทิตย์เทียมและไม่โครคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบเซลล์และระบบ นอกจากนี้มีการจัดอบรมเพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการสนับสนุนจากองค์การ UNESCO

นอกจากนี้ยังมีสถาบันการศึกษาและหน่วยงานอื่น ๆ ที่ให้ความสนใจทั้งการศึกษาและใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อีกมากมาย เช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มศว.ประสานมิตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติราชมงคลวิทยาเขตต่าง ๆ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักงานพลังงานแห่งชาติ สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ) สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน (กระทรวงอุตสาหกรรม) กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม) กรมโยธาธิการ (กองไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) กรมทรัพยากร (กองน้ำบาดาล) กรมสื่อสารทหารอากาศ กองทัพอากาศ (สำนักงานวิศวกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์) อุตสาหกรรมจังหวัดต่างๆ และบริษัทเอกชนอีกหลายแห่ง

#### การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาสูง ดังนั้นลักษณะการใช้งานจึงมีขีดจำกัด แต่การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะคิดแต่เงินลงทุนอย่างเดียวไม่ได้ ต้องคิดถึงผลกระทบทางด้านสังคมด้วย เช่น การนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปผลิตไฟฟ้าให้ชาวบ้านที่ไม่เคยมีไฟฟ้าใช้เลย ทำให้กิจกรรมของเขาเหล่านั้นเพิ่มขึ้น มีผลผลิตมากขึ้น คุณค่าทางเศรษฐกิจที่ได้จะมีมากกว่าจะคิดดีเป็นราคาได้ หรือหากการวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ในห้องปฏิบัติการฯ จะกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นในประเทศ ก็จะเป็นการยกระดับเทคโนโลยีของประเทศให้สูงขึ้นเป็นสิ่งที่ประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจ ได้อย่างมากเกินกว่าที่จะคิดคำนวณ

ลักษณะการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ควรเป็นเช่นใดนั้น ต้องคำนึงถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่ ความเหมาะสม ความต้องการ แนวโน้มของการพัฒนาอุตสาหกรรม ทรัพยากรทั้งวัสดุและบุคลากรระดับเทคโนโลยีที่มีอยู่และโครงสร้างของอุตสาหกรรมที่เป็นพื้นฐานรองรับของประเทศ เมื่อพิจารณาถึงสภาพความเป็นจริงของประเทศไทยแล้ว จึงขอเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยดังต่อไปนี้

#### 1. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการพัฒนาชนบท

เนื่องจากยังมีหมู่บ้านในท้องถิ่นทุรกันดารหลายแห่ง ในหลายภาคของประเทศไทยที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ และการเดินสายส่งจะสิ้นเปลืองงบประมาณมาก จึงน่าจะนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เพื่อสนองความต้องการที่จำเป็นบางประการ เช่น นำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับระบบสื่อสาร การสูบน้ำ การใช้แสงสว่าง การเก็บยารักษาโรค ฯลฯ

2. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบเคลื่อนย้ายได้สะดวก
3. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

เนื่องจากระบบบางรูปลักษณะต้องการการป้องกันกำลังไฟฟ้าแบบกระจาย เช่น ระบบป้องกัน การผูกרוןของท่อส่งแก๊สธรรมชาติ ท่อส่งน้ำมัน ซึ่งกำลังพัฒนาอยู่ภายในประเทศ การป้องกัน การผูกרוןของท่อเหล่านี้มีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นการหาวิธีการที่เหมาะสม เพื่อดำเนินการดังกล่าว จึงเป็นสิ่งจำเป็น และเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีบทบาทอย่างมากในแนวทางนี้ เพราะเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงที่กระจายเป็นจุด ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและ คุ่มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่าวิธีอื่น ๆ นั่นเอง ความต้องการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะ เช่นนี้ น่าจะทำให้มีการขยายตลาดมากขึ้น พอที่จะกระตุ้นให้เกิดอุตสาหกรรมเซลล์ในประเทศขึ้นได้ อย่างแน่นอนในอนาคต

เมื่อนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานนั้น จะต้องนำไปใช้ในรูปของระบบ กล่าวคือ มีเพียง เซลล์แสงอาทิตย์อย่างเดียวไม่ได้แต่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ ด้วยเช่น แบตเตอรี่เพื่อเก็บสะสม ไฟฟ้าไว้ในตอนกลางคืนหรือตอนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ตัวแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแส สลับ ฯลฯ ระบบดังกล่าวอาจมีองค์ประกอบต่างๆ ไม่เหมือนกัน แล้วแต่ลักษณะของโหลด เช่น

1. ทางด้านสื่อสาร ระบบจะต้องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจึงไม่จำเป็นต้องมีตัวแปลงไฟฟ้า แต่ต้องมีแบตเตอรี่เพื่อเก็บสะสมพลังงาน ซึ่งไม่ต้องมีขนาดโตนักเพราะกินไฟฟ้าน้อย

2. ทางด้านสูบน้ำ ระบบอาจจ่ายไฟฟ้าได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับแบตเตอรี่ เพื่อเก็บสะสมพลังงานไม่ต้องมีขนาดโตนัก

3. ทางด้านการป้องกันการผูกרוןของท่อ ๆ ระบบต้องจ่ายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และ ต้องมีแบตเตอรี่ที่มีขนาดโตพอเพื่อเก็บสะสมไฟฟ้าไว้ใช้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง

ระบบดังกล่าวเหล่านี้อาจออกแบบให้เป็นอิสระโคคเดี่ยว ซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ในท้องถิ่นทุรกันดารและบำรุงรักษาได้ยาก หรือระบบที่สามารถนำไปต่อเข้ากับสายส่งไฟฟ้า ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในเมือง หรือสถานที่ที่มีไฟฟ้าไปถึง ดังนั้นการประยุกต์ใช้งานเซลล์ แสงอาทิตย์จึงต้องพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ประกอบกันเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบที่ เหมาะสมและติดตั้งระบบอย่างถูกต้อง เช่น จะต้องมีข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปริมาณแสงอาทิตย์ ตลอดวันตลอดคืน หรือตลอดปี ต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ติดตั้งภูมิอากาศ และลักษณะของโหลด การออกแบบติดตั้งระบบต้องหลีกเลี่ยงการเกิดเงา ต้องออกแบบมุมเอียงของแผงเซลล์ให้เหมาะสม ขนาดของแผงต้องโตพอเพื่อป้องกันไฟฟ้าที่มีแรงดันและกระแสตามต้องการ ขนาดของแบตเตอรี่ ต้องเพียงพอและเหมาะสมกับการเก็บสะสมไฟฟ้าโดยมิให้เกิดโอเวอร์ชาร์จ ตัวแปลงไฟฟ้ากระแส ตรงเป็นกระแสสลับ ต้องมีขนาดที่เหมาะสมและประสิทธิภาพสูงเพียงพอ นอกจากนี้ยังต้องคำนึง ถึงระบบเสริมอื่น ๆ เช่น การต่อกับเครื่องกำเนิดดีเซล กังหันลม ฯลฯ หากการออกแบบและติดตั้ง ระบบกระทำไม่ถูกต้องหรือเหมาะสมแล้ว จะเป็นสาเหตุให้อายุการใช้งานสั้นลง

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ก็เหมือนกับการใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่น ๆ กล่าวคือ ไม่ใช่ลงทุนซื้อมาใช้งานครั้งแรกครั้งเดียว แล้วก็แล้วกันไป ตามความเป็นจริงแล้วอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์มีได้ยาวนานอย่างที่บริษัทผู้ผลิตพยายามโฆษณาไว้ อายุการใช้งานที่เป็นเป้าหมายนั้นคือ 20 ปี แต่ในทางปฏิบัติแล้วเมื่อใช้งาน 9-10 ปี อาจต้องเปลี่ยนบางแผ่นเนื่องจากเหตุผลต่าง ๆ เช่น สาเหตุมาจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง คุณภาพของแผงเซลล์ฯ ไม่ดี เซลล์ฯ มีขั้วโลหะหลุด ใหม้ขาด เนื่องจากการเกิดจุดร้อนที่เกิดจากการมีเงาบนบางส่วนของแผงเซลล์ฯ ดังนั้นการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์จึงต้องคำนึงถึงงบประมาณที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาซ่อมแซมและถอดเปลี่ยนแผงเซลล์ฯ บางส่วนด้วย หากมีการนำเอาระบบเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นจำนวนมากในประเทศ เป็นฐานเสริมจึงเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาคำนึงถึงด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาลักษณะและรูปแบบอาคารที่เหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการวิจัยแบบเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยผู้วิจัยศึกษาจากเอกสาร การสัมภาษณ์ และการสำรวจ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้อาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 6 หลังของโครงการสาธิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา

ดังนั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัยไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
  - 3.2.1 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดเฉพาะโครงการสาธิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 6 หลังแรกของประเทศไทยดังรายชื่อต่อไปนี้

- |                          |                              |                                 |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1. รศ.ดร.สุนทร บุญญธิการ | อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี | ขนาดมิเตอร์ 1 เฟส               |
| 2. นายสมบูรณ์ ครุพานิช   | อำเภอลาดพร้าว จังหวัดกรุงเทพ | ขนาดมิเตอร์ 1 เฟส<br>30 (100 A) |
| 3. นายรัชชัย แสงสิงแก้ว  | เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพฯ   | ขนาดมิเตอร์ 1 เฟส<br>15 ( 60 A) |
| 4. นางสาวอำไพ พวงทอง     | เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพฯ   | ขนาดมิเตอร์ 1 เฟส<br>30 (100 A) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณี 5. นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์ เขตคลองสาน จังหวัดกรุงเทพฯ ขนาดมิเตอร์ 1 เฟส  
15 (45 A)

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้านความคิดเห็นของผู้ใช้อาคาร สถานที่ของบ้านที่ผลิตกระแสไฟฟ้าบนหลังคาบ้าน คือ แบบสัมภาษณ์ และในการรวบรวมข้อมูล ด้านแนวความคิดในการหารูปลักษณะของอาคารจะใช้แบบสังเกต ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาขอบเขตเนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้ประโยชน์ของบ้าน เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ศึกษาสภาพแวดล้อม และการใช้อาคารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จากเอกสาร งานวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
2. ผู้วิจัยศึกษาหาข้อมูลได้จากการสังเกต โดยจะสังเกตการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 6 หลัง จาก เวลา 07.00-18.00 น. นอกจากนั้นยังต้องสำรวจสภาพแวดล้อม, ทิศทางและนำมาเพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างในการผลิตกระแสไฟฟ้า
3. ผู้วิจัยได้สร้างแบบสัมภาษณ์ขึ้นเองโดยสร้างข้อความในแบบสัมภาษณ์ให้สอดคล้องและครอบคลุมเนื้อหาสาระ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 สำหรับ ผู้ใช้อาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน และชุดที่ 2 สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
  - ชุดที่ 1 (สำหรับผู้ใช้อาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์)
    - ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ได้แก่ ประสบการณ์ทำงาน ตำแหน่งที่ทำงาน จำนวน 5 ข้อ
    - ตอนที่ 2 เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ถามความคิดเห็นในเรื่องการใช้อาคารสถานที่และสภาพแวดล้อมของอาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน หรือ อาคารที่พักอาศัยอยู่โดยจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 4 ข้อ โดยแบ่งเป็น
      1. การใช้กระแสไฟฟ้าภายในบ้าน เกี่ยวกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน
      2. ผลการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
      3. ผลกระทบที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอกของอาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

4. สภาพแวดล้อมของอาคาร ซึ่งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่ 2 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์)

ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ได้แก่ ประสบการณ์ทำงาน ตำแหน่งที่ทำงาน จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ถามความคิดเห็นในเรื่องความต้องการในการใช้กระแสไฟฟ้าของผู้บริโภค และความต้องการในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตอนที่ 3 เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ถามความคิดเห็นในเรื่องการใช้อาคารสถานที่และสภาพแวดล้อมของอาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน หรือ อาคารที่พักอาศัยอยู่โดยจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด ข้อ โดยแบ่งเป็น

1. การจำหน่ายกระแสไฟฟ้าภายในบ้าน
2. ผลการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
3. ผลกระทบที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอกของอาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
4. สภาพแวดล้อมของอาคาร

### 3.2.1 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. เมื่อสร้างเครื่องมือเสร็จ (แบบสอบถาม) นำเสนอต่ออาจารย์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ทำการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมในการใช้ถ้อยคำและสำนวน ภาษา และความชัดเจนในข้อคำถาม

2. ดำเนินการแก้ไขแบบสอบถามอีกครั้ง แล้วจึงขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และสำนวนภาษาที่ใช้ โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิดังรายละเอียดดังนี้

1. ดร.บัณฑิต จุลาสัย อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. นายระคมเดช ทักษิณา วิศวกร อาจารย์พิเศษ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. นางอังฉรา สืบสินธิ์สกุลไชย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. นายก้องภพ รื่นศิริ วิศวกรฝ่ายแผนก่อสร้างโรงงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารร่างฉบับแรกที่ใช้แบบพิมพ์การพิมพ์เท่านั้น มิได้อยู่ใต้พิมพ์จริง ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลังจากนั้นผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบสอบถามร่วมกับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์อีกครั้งแล้วจึงให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบอีกครั้งเพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้เพื่อหาปัญหาและข้อผิดพลาดในการตอบแบบสอบถาม
4. ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วทั้ง 2 ชุดไปทดลองใช้ (Try-out) กับบ้านที่ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยนำแบบสัมภาษณ์จากผู้ใช้อาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 20 ชุด และจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 10 ชุด
5. ผู้วิจัยได้นำปัญหาในการตอบแบบสัมภาษณ์ และข้อสังเกตบางประการจากการทดลองใช้แบบสัมภาษณ์ไปปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ โดยปรึกษาร่วมกับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3. ผู้วิจัยติดต่อขอหนังสือจากทางบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังไปยังการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และเจ้าของบ้านทั้ง 10 หลังที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผู้วิจัยนำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลถึงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและเจ้าของบ้านทั้ง 6 หลังที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนัดหมายเพื่อกำหนดวันเวลา และเดินทางไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง
3. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ได้แก้ไขแล้วทั้ง 2 ชุด ไปสอบถามกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลในการวิจัย
4. ผู้วิจัยแจกแบบสัมภาษณ์ให้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และนัดหมายวันเก็บรวบรวมแบบสัมภาษณ์คืน พร้อมทั้งทำการแจกแบบสอบถามแก่เจ้าของบ้านทั้ง 6 หลังที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน และดำเนินการสอบถามจนครบจำนวนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้รับแบบสัมภาษณ์จากผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ครบทั้ง 2 กลุ่มแล้วผู้วิจัยจึงนำมารวบรวมคะแนนในแต่ละตอนและในแต่ละเรื่องของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยค่าเฉลี่ยร้อยละ จำแนกตาม ความคิดเห็น ทำเลที่ตั้งและสภาพแวดล้อม อิทธิพลภายนอกที่มีผลกระทบต่อการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน ลักษณะรูปทรงของอาคาร การวางทิศทางของอาคาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ศึกษา ลักษณะอาคารที่เหมาะสม และแนวความคิดในการ ออกแบบบ้าน ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้แก่โครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่าย ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน 10 หลังแรกในประเทศไทย เป็นโครงการที่การไฟฟ้า ฝ่ายผลิตร่วมมือกับกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยทำการศึกษาจากเจ้าของบ้านและผู้ที่พักอยู่อาศัยในบ้านที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้ง 10 หลัง โดยนำข้อมูลจากการที่เป็นเครื่องมือจากการวิจัยและจากการสัมภาษณ์ ประกอบการ นำเสนอ แนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และสร้างแนวความคิดในการออกแบบบ้านที่จะใช้ ผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเพื่อให้การผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์ แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน เช่น ผลประโยชน์สูงสุด โดยแยกตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อหาลักษณะอาคารที่เหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 แบบ คือ แบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์
2. แบบสังเกต โดยสังเกตสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป รวมทั้งวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคารและรูปทรง ของอาคารทั้ง 10 หลัง นอกจากนี้ผู้วิจัยซึ่งได้สังเกต ข้อมูลในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วย

### 4.1 เพื่อหาลักษณะอาคารที่เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสังเกตและสัมภาษณ์ โดยสังเกตและ สัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จำนวน 6 หลัง ศึกษา สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป รวมทั้งวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคารและรูปทรงของอาคารทั้ง 6 หลัง นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้สังเกตถึงข้อมูลในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วย

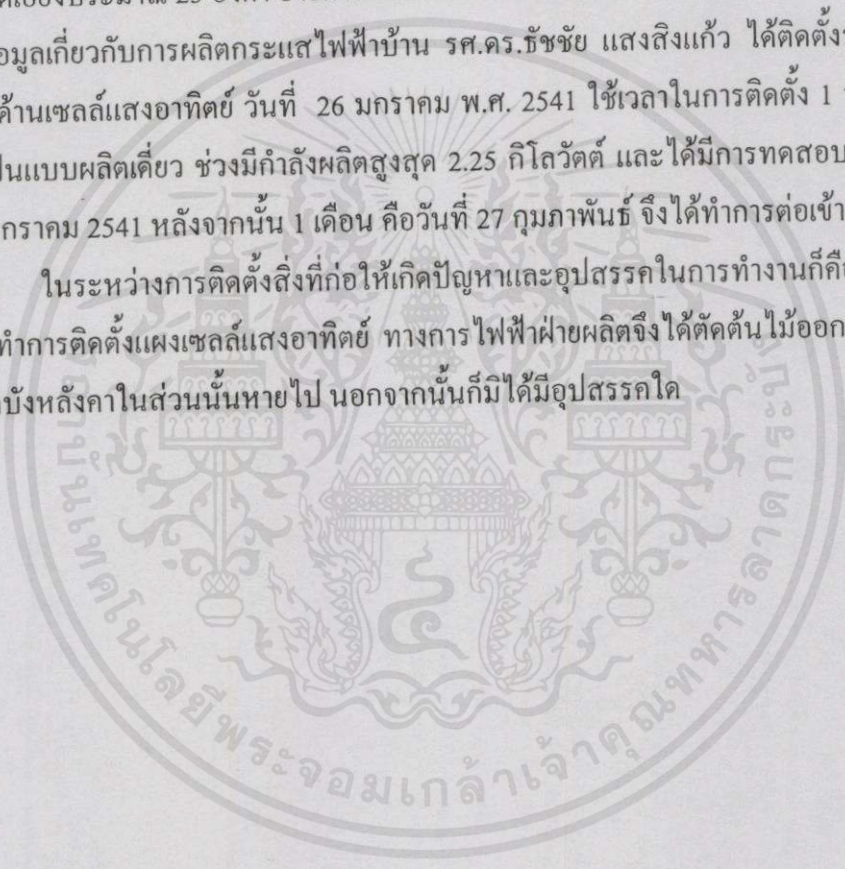
#### 4.1.1 บ้าน รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว

1. จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตจากทำเลที่ตั้งบ้าน รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว สองชั้น พื้นที่ใช้สอยประมาณ 250 ตารางเมตร ตั้งอยู่อำเภอบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพฯ พบว่าหน้าบ้านหันไปทางด้านทิศเหนือ รูปทรงของอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและหน้าจั่วหันไปทางด้าน ข้างคือด้านทิศตะวันออกและตะวันตก จึงทำให้มีพื้นที่ของหลังคาเอียงทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ เป็นพื้นที่เหมาะสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ของบ้าน รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว ในปัจจุบันไม่มีเงาของต้นไม้และอาคารสูงมาบังแผงเซลล์แสง อาทิตย์แต่จากการสัมภาษณ์นั้นพบว่าก่อนที่จะมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีต้นไม้ใหญ่

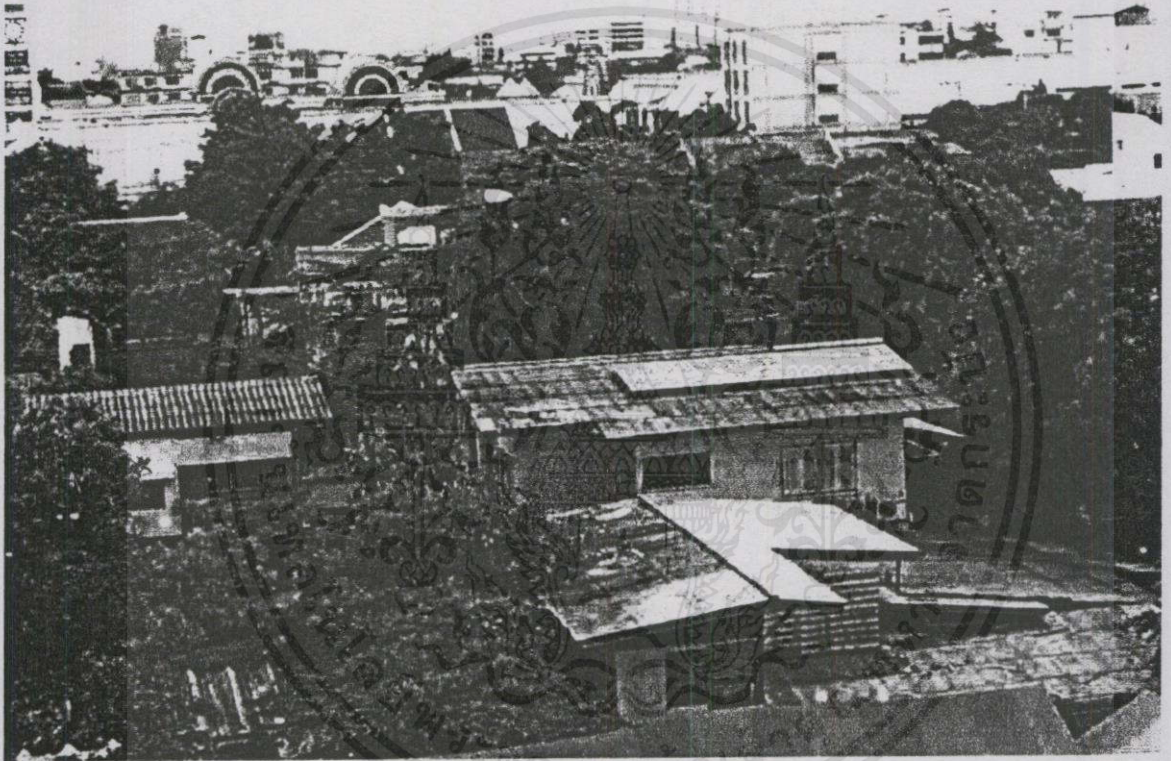
มาบังคับหลังคาทางด้านทิศใต้ที่จะทำการติดตั้งแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ ทางกรไฟฟ้าฝ่ายผลิตจึงต้อง  
ตัดต้นไม้ออกบางส่วนเพื่อมิให้เป็นอุปสรรคในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

2. การออกแบบบ้าน และการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร บ้านหลังนี้ได้ปลูกสร้าง  
มานานกว่า 10 ปีแล้ว รูปทรงของอาคารจึงมิได้ทันสมัยมากนักและมิได้มีการออกแบบเพื่อประหยัด  
พลังงานเพียงแค่เป็นบ้านที่ปลูกสร้างขึ้นเพื่อพักอาศัยเท่านั้น การเลือกใช้วัสดุใน 10 ปีก่อน ก็ยังมีได้มี  
วัสดุมากมายหลายชนิดดังเช่นในปัจจุบันจึงได้ใช้วัสดุในการก่อสร้างแบบธรรมดา เช่น หลังคาบ้าน ก็  
เป็นกระเบื้องลอนคู่ ผนังก่ออิฐมวลฉาบเรียบ พื้นชั้นล่างปูกระเบื้องพื้นชั้นเป็นพื้นไม้วัสดุที่ใช้ทำหน้า  
ต่าง เป็นบานกรอบไม้ลูกฟูกกระจกใสไม่มีการป้องกันแสงแดดแต่อย่างใด ลักษณะของหลังคาเป็นหลัง  
คาจั่วความลาดเอียงประมาณ 25 องศา ชายคายื่นออกจากตัวบ้านประมาณ 1 เมตร

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าบ้าน รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว ได้ติดตั้งระบบผลิต  
กระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2541 ใช้เวลาในการติดตั้ง 1 วัน เซลล์แสง  
อาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบผลิตเค็ว ช่วงมีกำลังผลิตสูงสุด 2.25 กิโลวัตต์ และได้มีการทดสอบระบบในเนื่อง  
ต้นวันที่ 27 มกราคม 2541 หลังจากนั้น 1 เดือน คือวันที่ 27 กุมภาพันธ์ จึงได้ทำการต่อเข้าระบบจำหน่าย  
กระแสไฟฟ้า ในระหว่างการติดตั้งสิ่งทีก่อให้เกิดปัญหาและอุปสรรคในการทำงานก็คือมีต้นไม้มาบัง  
ทางด้านที่จะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทางกรไฟฟ้าฝ่ายผลิตจึงได้ตัดต้นไม้ออกบางส่วนทำให้  
ร่มเงาที่จะบดบังหลังคาในส่วนนั้นหายไป นอกจากนั้นก็มีได้มีอุปสรรคใด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ รศ.ดร. ชัชชัย แสงสิงแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมิเตอร์ของบ้านใช้มิเตอร์ขนาด 1 เฟส 15 A (60A) จากการที่อ่านค่าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแลบันทึกข้อมูลโดยแบ่งระยะเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกตั้งแต่เดือนมีนาคม 2541 ถึง กรกฎาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2541 ถึง เดือนพฤษภาคม 2542

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว

วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	223.00	7.20	8.70
เมษายน 2541	228.50	7.60	8.90
พฤษภาคม 2541	239.80	7.74	9.80
มิถุนายน 2541	237.10	7.90	10.40
กรกฎาคม 2541	233.10	7.52	10.40
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	188.10	6.07	9.30
พฤศจิกายน 2541	164.70	5.49	8.00
ธันวาคม 2541	168.30	5.43	7.30
มกราคม 2542	157.60	5.08	7.10
กุมภาพันธ์ 2542	185.10	6.61	8.10
มีนาคม 2542	234.40	7.56	9.90

และจากการที่ได้สัมภาษณ์ ผู้ที่อยู่อาศัยภายในบ้านของดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว พบว่า

1. ในด้านความแข็งแรงมั่นคงของโครงสร้างบ้านจากการสัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยในบ้านก่อนที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในความรู้สึกทางด้านจิตใจผู้อยู่อาศัยได้มีความรู้สึกว่าโครงสร้างหลังคาจะพังหรือบ้านจะทรุดตัวเพราะน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลย

2. ในด้านการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากการสัมภาษณ์และสอบถามผู้อยู่อาศัยภายในบ้านในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่า บางท่านรู้สึกว่าคุณสมบัติภายในบ้านสูงกว่าเดิมแต่บางท่านรู้สึกว่าคุณสมบัติกลับลดลง แต่เหตุผลที่ว่าอุณหภูมิสูงขึ้นนั้น ผู้อยู่อาศัยตอบว่าอาจเป็นเพราะมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านไปบังแดดบ้านไปจึงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านเพิ่มขึ้น

3. ในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ บ้านจากการสัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านและผู้ที่พักอาศัยใกล้เคียงพบว่าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเลย เช่น ไม่มีเสียงดังรบกวนในขณะที่แผงของ

เซลล์แสงอาทิตย์ทำงาน ไม่มีการเกิดเงาสะท้อนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลย ในด้านการเจริญเติบโตของต้นไม้ก็ยังไม่ผลเสียใด ๆ ทั้งสิ้น ต้นไม้ก็ยังงอกเติบโตเหมือนเดิมทุกอย่าง

#### 4.1.2 บ้าน นายสมบุญ ทรัพย์นิช

1. จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตจากทำเลที่ตั้งบ้าน นายสมบุญ ทรัพย์นิช ซึ่งตั้งอยู่อำเภอลาดพร้าว จังหวัดกรุงเทพ ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พบว่า หน้าบ้านหันไปทางด้านตะวันออก รูปทรงอาคารเป็นที่เหลี่ยมผืนผ้าลักษณะของหลังคาเป็นหลังคาผืนใหญ่ไม่สลับซับซ้อนมากนักหน้าจั่วหันไปทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจึงทำให้พื้นที่เอียงทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ ส่วนที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือพื้นที่หลังคาทางด้านทิศใต้ สภาพแวดล้อมของบ้านนายสมบุญ ทรัพย์นิช จากการที่ได้สำรวจพื้นที่บริเวณข้างเคียงโดยรอบอาคารในบ้าน 2 ชั้น เป็นผืนใหญ่ ไม่มีอาคารสูงหรือร่มเงาของต้นไม้ใหญ่มาบดบัง แผงของเซลล์แสงอาทิตย์เลย และจากการสังเกตบ้านของนายสมบุญ ทรัพย์นิช เป็นลักษณะที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งแผงของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากทิศทางของหลังคาตรงตามทฤษฎีทั้งหมดและแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงมากที่สุด

2. การออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคารรูปแบบของอาคารจะคล้ายกับบ้านของ ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว คือมิได้ทันสมัยเนื่องจากบ้านได้ปลูกสร้างมานานกว่า 10 ปี แล้วเช่นกัน และมิได้มีการออกแบบและเลือกใช้วัสดุในการปลูกสร้างอาคารแบบประหยัดพลังงาน แต่บ้านของนายสมบุญ ทรัพย์นิช จะมีชายคาที่ยื่นยาวมากกว่าปกติและบริเวณที่เป็นหน้าต่างของชั้นสองมีแผงบังแดด ห้อยจากชายคามายังแดดที่หน้าต่างและจากรูป จะเห็นว่าบริเวณผนังด้านทิศตะวันตกของชั้นสองมีแผงบังแดดที่ยาวมากคือ ปิดบังส่วนที่จะโดนแดดในตอนบ่ายทั้งหมด ส่วนในด้านของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านหลังนี้จากการสังเกตพบว่าใช้วัสดุผนังหลังคาคือกระเบื้องลอนคู่ไม่มีฉนวนกันความร้อนได้หลังคา ฝ้าเพดานเป็นยิปซัมบอร์ดฉนวนเรียบ วัสดุที่ใช้ทำผนังก็เป็นก่ออิฐฉนวนฉนวนปูนเรียบ เช่นผนังชั้นเดียว หน้าต่างเป็นหน้าต่างบานเปิดบานกรอบไม้ถูกปิดกระจกใสภายในบ้านพื้นชั้นล่างปูกระเบื้องเคลือบส่วนพื้นชั้นบนเป็นไม้

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และผลิตกระแสไฟฟ้าจากการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านพบว่าบ้านหลังนี้มีการใช้กระแสไฟฟ้ามาก โดยเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อเดือนประมาณ 2,000 บาท ขึ้นไป แต่กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เพียงวันละ 5-8 ยูนิทเท่านั้น แต่พลังงานที่ต้องการใช้แต่ละวันประมาณ 25-30 ยูนิท บ้านของนายสมบุญ ทรัพย์นิช ได้ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 2 มกราคม 2541 ใช้เวลาในการติดตั้ง 1 วัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้แบบผลึกเดี่ยวซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด 2.55 กิโลวัตต์ และได้มีการทดสอบระบบในเบื้องต้น วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2541 จึงได้ทำการต่อเข้าระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในวันที่ 2 มีนาคม 2541 ในระหว่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้มิได้มี

อุปสรรคใด ๆ ทั้งสิ้น เพราะการขนย้ายก็สะดวก ต้นไม้ใหญ่ก็ไม่มี มาบังในส่วนของหลังคาบ้านที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.2 สถาปัตยกรรมโดยทั่วไปบ้านของ นายสมบูรณ์ กรุพานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของมิเตอร์ไฟฟ้าของบ้านนายสมบูรณ์ ทรัพย์นิช ใช้มิเตอร์ขนาด 1 เฟส 30 (100 A) และจากการอ่านค่าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลโดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก ตั้งแต่เดือน มีนาคม 2541 ถึง กรกฎาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึง เดือน พฤษภาคม 2542

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

นายสมบูรณ์ ทรัพย์นิช

วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	245.60	8.20	9.70
เมษายน 2541	256.60	8.60	10.20
พฤษภาคม 2541	251.00	8.10	10.10
มิถุนายน 2541	226.50	7.55	9.90
กรกฎาคม 2541	224.00	7.23	10.50
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	181.20	5.85	7.60
พฤศจิกายน 2541	164.10	5.47	7.40
ธันวาคม 2541	162.00	5.23	6.90
มกราคม 2542	154.70	4.99	6.30
กุมภาพันธ์ 2542	167.80	5.99	7.50
มีนาคม 2542	191.91	6.19	7.90

และจากการที่ได้สัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านของนายสมบูรณ์ ทรัพย์นิช พบว่า

1. ในด้านความแข็งแรงมั่นคงของโครงสร้าง พบว่าผู้อยู่อาศัยไม่มีความรู้สึกเกี่ยวกับการรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่บนหลังคาบ้านเลย กลับตรงข้ามกัน บางท่านก็ยังรู้สึกว่าแผงของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้หลังคาบ้านใช้งานได้นานขึ้นเพราะไม่ได้รับปริมาณน้ำฝนหรือแดดโดยตรงและการสังเกตรอบ ๆ บ้านแล้วพบว่ามีพื้นบ้านบางส่วนทรุดตั้งแต่มิได้เป็นการทรุดจากโครงสร้างแต่เป็นการทรุดตัวจากการเคลื่อนที่ของดินในบริเวณรอบ ๆ บ้าน

2. ในด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จากการสัมภาษณ์และสอบถามผู้อยู่อาศัยภายในบ้านในเรื่องนี้ผู้วิจัยมิได้ข้อมูลมากนักเนื่องจากผู้อยู่อาศัยภายในบ้านแจ้งว่า ส่วนมากจะเปิดแอร์ ทั้งก่อนที่จะมีการติดตั้งและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. ในด้านของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบ ๆ บ้าน จากการสัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านและผู้ที่พักอาศัยใกล้เคียงพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและเกิดผลเสียต่อบริเวณรอบข้างเลย

#### 4.1.3 บ้าน ดร.สุนทร บุญญาธิการ

จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตจากทำเลที่ตั้งบ้านของ ดร.สุนทร บุญญาธิการ ลักษณะของอาคารเป็นบ้านพักอาศัยสูง 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอยประมาณ 400 ตารางเมตร

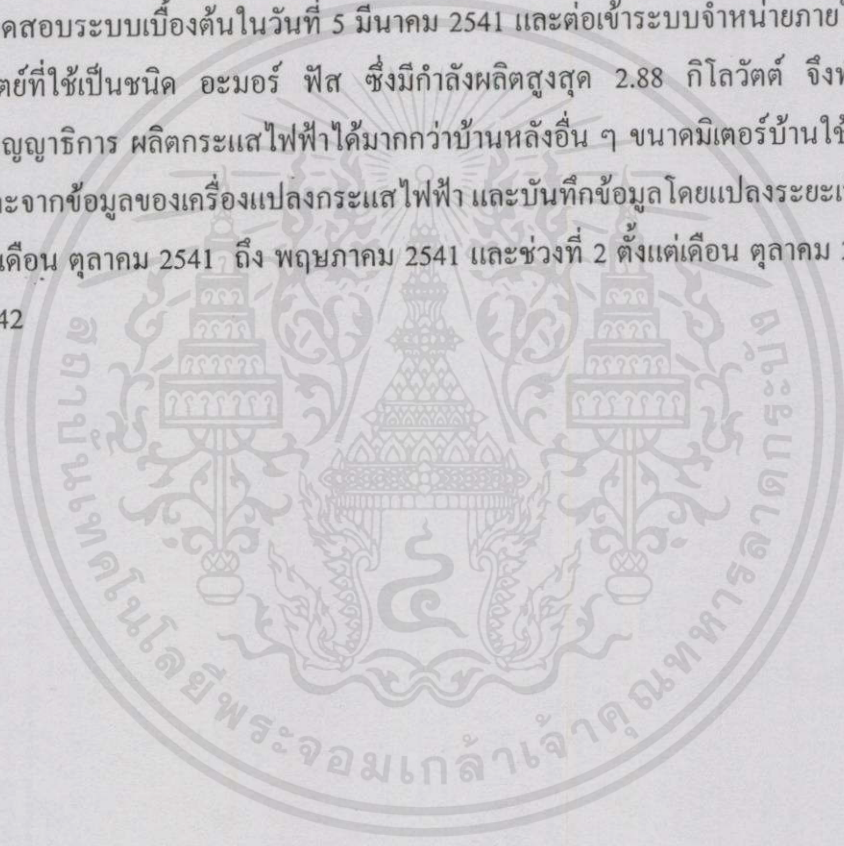
ลักษณะของอาคารเป็นบ้านพักอาศัยสูง 3 ชั้น พื้นที่อาคารรวมประมาณ 400 ตารางเมตร ประกอบด้วยห้องนอน 3 ห้อง ส่วนรับแขก ส่วนเตรียมอาหาร และห้องครัว และส่วนของคนรับใช้ โดยมีพื้นที่ชั้น 3 เป็นส่วนที่ใช้ทำการศึกษาวิจัยและควบคุมระบบต่าง ๆ ของบ้านทั้งหลัง

1. ตัวบ้านตั้งอยู่บนที่ดินในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ในเขตปริมณฑลของกรุงเทพฯ ขนาดที่ดินประมาณ 100 ตารางวา โดยมีถนนคอนกรีตอยู่ด้านหน้าบ้าน และที่ดินตั้งอยู่ในช่วงแนวสันเขื่อนของหมู่บ้าน มีระดับความสูงระหว่างด้านหน้าและด้านหลังของที่ดินแตกต่างกันประมาณ 1-2 เมตร และจากข้อกำหนดของหมู่บ้านได้กำหนดให้อาคารในหมู่บ้านมีความสูงไม่เกิน 12 เมตร ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดของการออกแบบประการหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การออกแบบก็ได้อาศัยสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่นั้นสร้างเป็นข้อกำหนดและประโยชน์ให้แก่ที่ตั้งอาคารโดยอาศัยการประยุกต์เอาปัจจัยธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มีมาใช้ให้ได้มากที่สุด โดยมีแนวความคิดหลักคือทำให้สภาวะภายในบ้าน “เย็น” หรือเข้าใกล้กับเขตสบายที่มีความเหมาะสมกับการอยู่อาศัยของมนุษย์ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และเมื่อสร้างสภาวะภายในบ้านได้อย่างสมบูรณ์แล้ว ก็ทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดช่องเปิดใด ๆ ไม่ว่าจะเป็นประตูหรือหน้าต่าง เพื่อให้อากาศภายนอกผ่านเข้ามาภายในบ้าน หรือระบายความร้อนภายในบ้านออกสู่ภายนอก ในทางตรงกันข้าม จำเป็นต้องปิดช่องเปิดทั้งหมดที่มีอยู่ และควบคุมป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกผ่านเข้ามาภายในบ้านเกือบตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วงเวลากลางวันที่มีอากาศภายนอกบ้านร้อนกว่าภายในบ้าน จากการศึกษาและเก็บข้อมูลของบ้านพบว่าช่วงเวลาที่สามารถใช้ประโยชน์จากสภาพอากาศภายนอกบ้าน เพื่อนำมาสร้างสภาวะภายในบ้านให้เข้าใกล้เขตสบายได้นั้นอยู่ช่วงเวลาประมาณ 20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดต่ำลงจนต่ำกว่าอุณหภูมิภายในบ้าน ในเวลาดังกล่าวถ้าไม่ต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศภายในบ้าน ก็สามารถที่จะเปิดช่องเปิดเพื่อให้อากาศเย็นจากภายนอกไหลถ่ายเทผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารได้

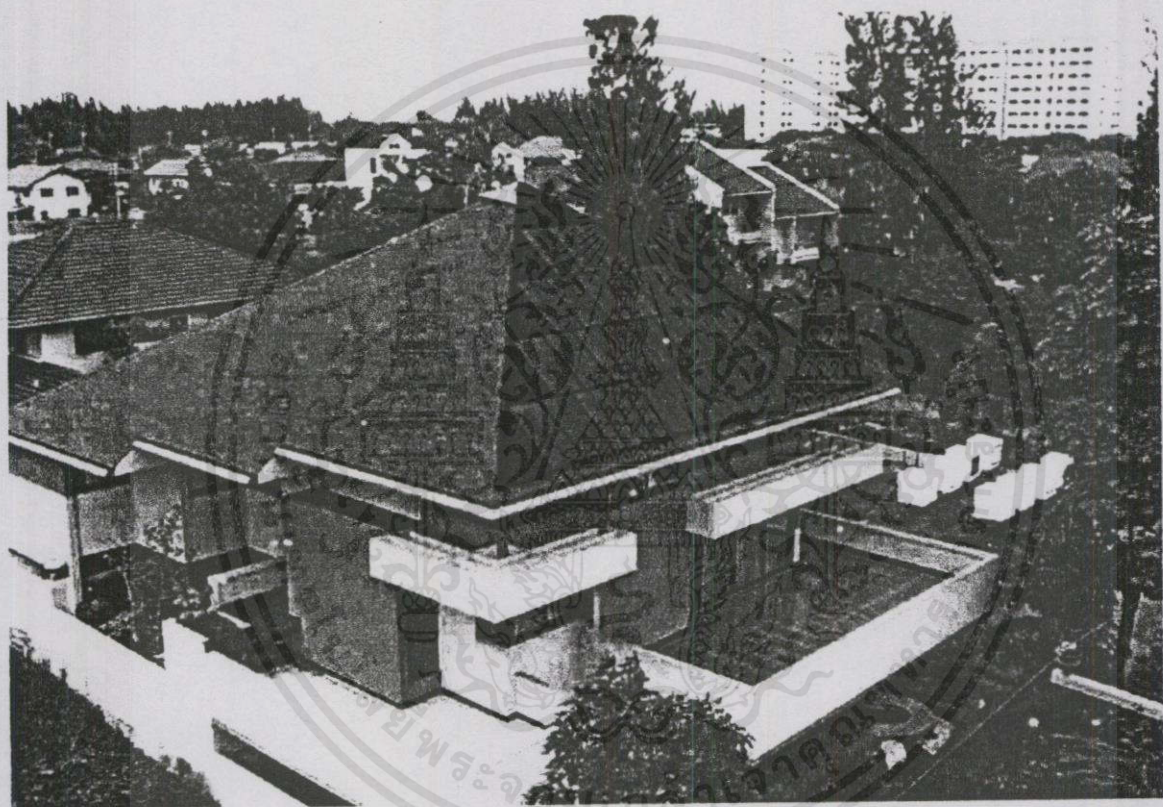
3. การออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุ จากการที่ได้สำรวจรูปแบบของ ดร.สุนทร บุญญาธิการ เช่น การออกแบบ แบบระบบประหยัดพลังงานเต็มระบบ ทั้งในด้านการเลือกใช้วัสดุ ป้องกันความร้อน และความชื้นจากภายนอก เช่น ในกรณีเป็นอาคารปรับอากาศก็ต้องสามารถกักเก็บความเย็นไว้ภายในโดยมีการรั่วไหลออกภายนอกน้อยที่สุด สำหรับผนังที่กั้นแสงต้องเป็นผนังที่มีค่าการป้องกันความร้อนได้ดีมาก เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมความร้อนและถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารในเวลากลาง

คืนในส่วนที่เป็นวัสดุโปร่งแสง หรือกระจกก็จะใช้กระจกชนิดที่ความร้อนผ่านเข้ามาได้น้อย แต่ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก ซึ่งเป็นการนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ และถูกต้อง ส่วนการเลือก

4. ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และผลิตรกระแสไฟฟ้าบ้าน ดร.สุนทร บุญญธิการ ได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน จึงช่วยทำให้ลดค่าใช้จ่ายของการใช้กระแสไฟฟ้า และยังช่วยลดพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นภายในบ้านให้น้อยลงกว่าปกติ บ้านดร.สุนทร บุญญธิการ ได้ติดตั้งระบบผลิตรกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 3 มีนาคม 2541 เสร็จสิ้นการติดตั้งในวันที่ 5 มีนาคม 2541 ใช้เวลาในการติดตั้งทั้งสิ้น 3 วัน เนื่องจากบ้านของดร.สุนทร บุญญธิการ เป็นบ้านที่มีหลังคาชันมากจึงทำให้การติดตั้งทำได้ยากการเคลื่อนย้ายลำบาก และได้มีการทดสอบระบบเบื้องต้นในวันที่ 5 มีนาคม 2541 และต่อเข้าระบบจำหน่ายภายในวันเดียวกัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นชนิด อะมอร์ ฟอส ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด 2.88 กิโลวัตต์ จึงทำให้บ้านของดร.สุนทร บุญญธิการ ผลิตรกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าบ้านหลังอื่น ๆ ขนาดมิเตอร์บ้านใช้ขนาด 1 เฟส 30 (100 A) และจากข้อมูลของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลโดยแปลงระยะเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึงเดือน พฤษภาคม 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ดร.สุนทร บุญญาธิการ

วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	350.00	12.50	16.70
เมษายน 2541	313.70	10.80	14.20
พฤษภาคม 2541	256.10	9.85	13.40
มิถุนายน 2541	304.10	10.14	12.70
กรกฎาคม 2541	332.80	10.41	13.60
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	262.90	8.76	12.70
พฤศจิกายน 2541	287.60	9.59	13.80
ธันวาคม 2541	297.20	9.59	12.30
มกราคม 2542	283.40	9.14	11.60
กุมภาพันธ์ 2542	293.60	10.49	13.10
มีนาคม 2542	329.20	10.62	14.70

#### 4.1.4 บ้าน นางสาวอำไพ พวงทอง

1. จากการที่ได้รวบรวมข้อมูล โดยการสังเกต จากทำเลที่ตั้งบ้านของ นางสาวอำไพ พวงทอง ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว สองชั้น ตั้งอยู่ที่ สุขุมวิท 39 เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพฯ พบว่าหน้าบ้านหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ รูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ลักษณะของหลังคาเป็นทรงปั้นหยา แต่มีพื้นที่หลังคาผืนใหญ่หันไปทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ บริเวณที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ พื้นที่หลังคาทางด้านทิศใต้สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป จากการที่สำรวจดูรอบ ๆ พบว่า พื้นที่บ้านของนางสาวอำไพ พวงทอง โดยรอบเป็นบ้าน 2 ชั้น และมีบริเวณรอบบ้านค่อนข้างกว้างไม่มีอาคารสูงอยู่บริเวณใกล้เคียงจึงไม่มีอุปสรรคใดในการติดต่อและผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ ในด้านของต้นไม้ใหญ่ที่จะมาบดบังแสงของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ไม่มี ต้นไม้ใหญ่ในบริเวณนั้นๆ จะมีก็เพียงแต่ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ไม้ประดับ ที่ปลูกเพื่อบังแสงแดดที่จะมากระทบกับผิวของอาคาร ทำให้อาคารนั้นลดความร้อนลงได้

2. การออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้าง จากการได้สำรวจรูปแบบบ้านของนางสาวอำไพ พวงทอง เป็นแบบบ้านที่ได้รับการออกแบบโดยสถาปนิก และจัดวางทิศทางของอาคารก็ได้ด้านทิศทางแคดลมนอกจากนั้นยังมีแนวบังแดดอยู่ในด้านทิศตะวันตก และมีการปลูกไม้เลื้อย



ภาพที่ 4.4 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ นางสาวอำไพ พวงทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อกันแดดที่จะมากระทบอาคารอีกด้วย ในด้านของการใช้วัสดุก่อสร้างอาคารผนังเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน หลังคาเป็นหลังคากระเบื้องซีเมนต์โมเนีย โครงหลังคาเป็นเหล็ก ชายคายื่นออกจากอาคารประมาณ 1 เมตร โดยรอบ

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บ้านนางสาวอำไพ พวงทอง ได้ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2541 ใช้เวลาในการติดตั้ง 1 วัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบผลึกเดี่ยว ช่องมีกำลังผลิตสูงสุด 2.25 กิโลวัตต์ จากนั้นได้ทำการทดสอบระบบวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2541 จนถึงวันที่ 13 มีนาคม 2541 จึงได้ทำการต่อเข้าระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้า จากการสอบถามผู้อยู่อาศัยในเรื่องการใช้ไฟฟ้าพบว่าบ้านหลังนี้จ่ายค่าไฟฟ้าให้การไฟฟ้านครหลวง เฉลี่ยเดือนละ 300 – 400 บาท ทั้งนี้เนื่องจากบ้านของนางสาวอำไพ พวงทอง ได้มีการออกแบบที่ดีก่อนที่จะก่อสร้างจึงทำให้ผู้อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้าในการทำมาค้าขายและไฟฟ้าแสงสว่างน้อยมาก

ขนาดของมิเตอร์บ้านใช้มิเตอร์ขนาด 1 เฟส 30 (100A) และจากการอ่านจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลโดยแบ่งระยะเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกตั้งแต่เดือน มีนาคม 2541 ถึง กรกฎาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2542

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน น.ส.อำไพ พวงทอง

วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	153.30	8.10	9.80
เมษายน 2541	247.10	8.20	10.00
พฤษภาคม 2541	238.40	7.69	9.50
มิถุนายน 2541	228.80	7.63	9.80
กรกฎาคม 2541	182.70	6.30	9.20
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	206.80	6.67	9.80
พฤศจิกายน 2541	196.61	6.55	9.30
ธันวาคม 2541	198.70	6.41	8.40
มกราคม 2542	200.00	6.45	8.50
กุมภาพันธ์ 2542	213.80	7.64	9.80
มีนาคม 2542	235.10	7.58	9.80

#### 4.1.5 อุทิศ สุนทรประดิษฐ์

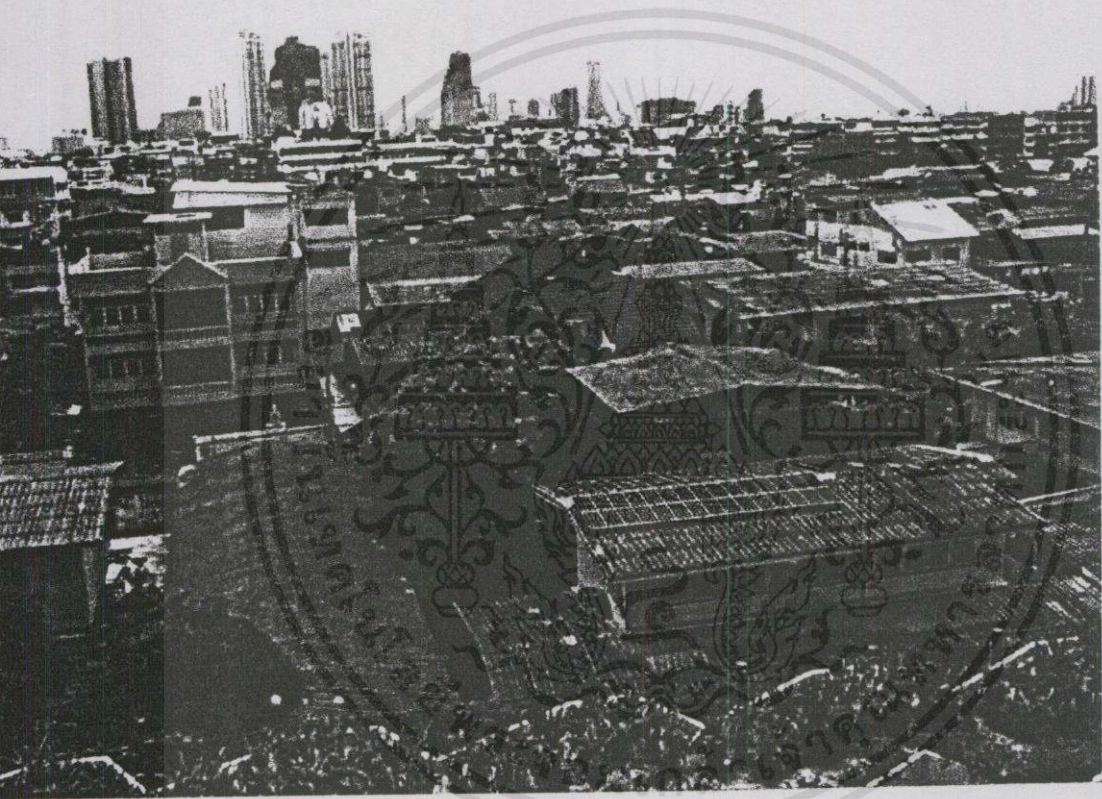
1. จากการที่ได้อรวรรณข้อมูลโดยการสังเกตจากทำเลที่ตั้งบ้าน นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์ ซึ่งตั้งอยู่เขตคลองสาน จังหวัดกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น พบว่าหน้าบ้านหันไปทางด้านทิศเหนือรูปทรงอาคารเป็นที่เหลี่ยมผืนผ้าลักษณะของหลังคาเป็นหลังคาจั่วผืนใหญ่ความลาดเอียงประมาณไม่เกิน 20 องศา หน้าจั่วหันไปทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจึงทำให้พื้นที่เอียงของหลังคาอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้บริเวณที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ พื้นที่หลังคาทางด้านทิศใต้สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปไม่มีเงาของต้นไม้มาบดบังแต่จะมีเงาของอาคารสูงมาบังในช่วงฤดูหนาวทำให้ช่วงฤดูหนาวผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อย

2. การออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้าง จากการที่ได้สำรวจรูปแบบของบ้าน นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์ รูปแบบและลักษณะของบ้านเป็นบ้านที่มีได้เน้นในเรื่องการออกแบบ รูปทรงของบ้านเป็นที่เหลี่ยมผืนผ้าเรียบง่าย วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างก็เป็นวัสดุในการก่อสร้างธรรมดาได้เน้นในเรื่องการประหยัดพลังงานแต่อย่างไร วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างคืออิฐมวลเบา พื้นชั้นล่างปูด้วยกระเบื้องเซรามิก หลังคาเป็นกระเบื้องลอนคู่แบบเก่า หน้าต่างเป็นหน้าต่างบานเปิด บานกรอบไม้ลูกบิดกระจกใส

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และผลิตกระแสไฟฟ้า บ้านนายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์ ได้ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2541 ใช้เวลาในการติดตั้ง 1 วัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบผลึกเดี่ยว ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด 2.25 กิโลวัตต์ และได้มีการทดสอบระบบเบื้องต้นในวันที่ 12 มีนาคม 2541 และได้ต่อเข้าระบบจำหน่ายในวันเดียวกัน ในระหว่างการติดตั้งนั้นมิได้มีการมีปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งเลย

ขนาดมิเตอร์ของบ้านใช้มิเตอร์ขนาด 1 เฟส 15 (45 A) จากข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของเจ้าบ้านพบว่าเจ้าของบ้านพบว่าเจ้าของบ้านจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้านครหลวง หลังจากติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าบนหลังคาบ้าน เฉลี่ยเดือนละ 2,000 บาท และจากการที่ได้อ่านจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลโดยแบ่งระยะเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกตั้งแต่เดือนมีนาคม 2541 ถึง กรกฎาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2541 ถึงเดือน พฤษภาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปบ้านของ นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์

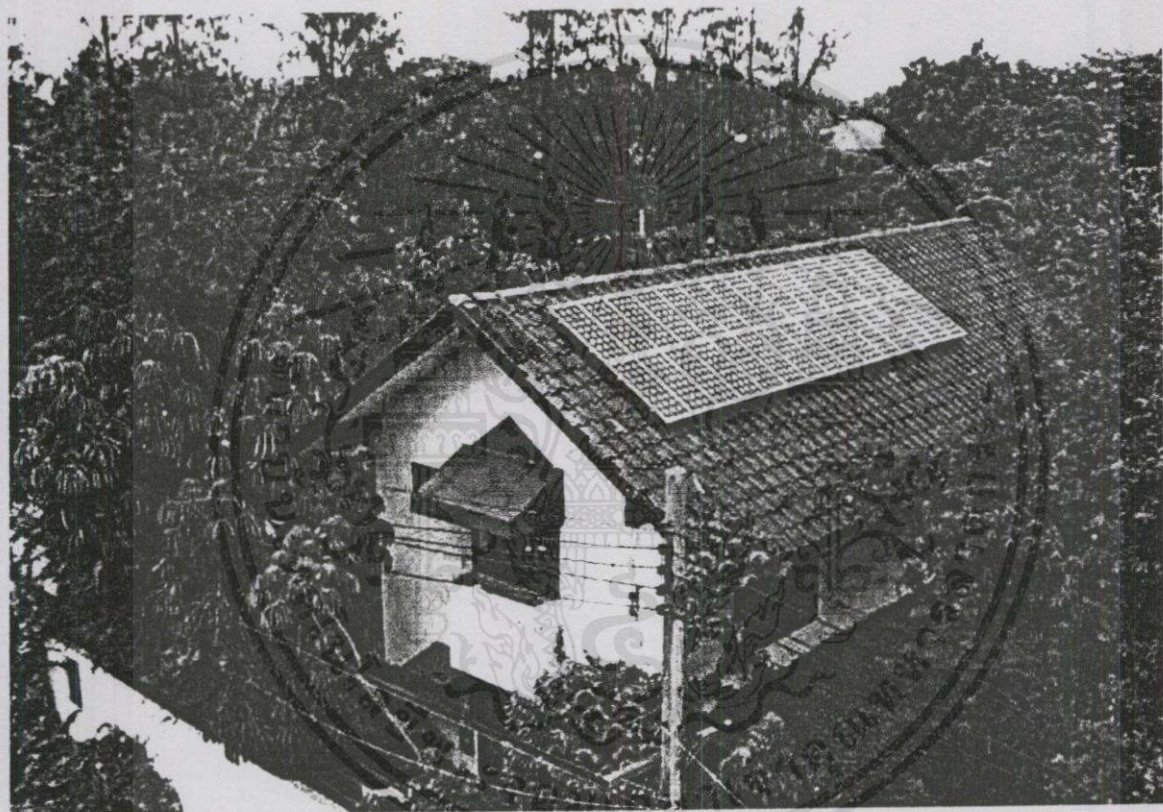
วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	164.10	8.20	10.30
เมษายน 2541	261.70	9.70	10.60
พฤษภาคม 2541	237.80	7.67	9.80
มิถุนายน 2541	225.10	7.50	9.00
กรกฎาคม 2541	208.30	6.72	9.00
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	164.90	5.32	8.60
พฤศจิกายน 2541	135.30	4.51	6.50
ธันวาคม 2541	136.50	4.40	5.60
มกราคม 2542	127.20	4.10	5.40
กุมภาพันธ์ 2542	166.30	5.94	7.40
มีนาคม 2542	241.60	7.79	10.10

4.1.6 บ้าน ศ.ดร. ชีระ สุตະบุตร

1. จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตจากทำเลที่ตั้งบ้าน ศ.ดร.ชีระ สุตະบุตร ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยวสองชั้น ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว สองชั้น พื้นที่ใช้สอยประมาณ 200 ตารางเมตร ตั้งอยู่ หมู่บ้านเมืองทอง เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพฯ หน้าบ้านหันไปด้านทิศเหนือ รูปทรงอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้าจั่วของอาคารหันไปทางด้านตะวันออกและตะวันตก พื้นที่ของผืนหลังคาจึงอยู่ทางด้านทิศเหนือ และได้ เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยรอบความลาดเอียงของหลังคาบ้าน ก่อนข้างชันซึ่งเป็นอุปสรรคในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของบ้าน ศ.ดร.ชีระ สุตະบุตร โดยรอบบริเวณข้างเคียงไม่มีอาคารสูงหรือคอนโดมิเนียม จึงไม่มีอุปสรรคในด้านเงาที่เกิดจากอาคารสูงเนื่องจากทำเลที่ตั้งบ้านของ ศ.ดร.ชีระ สุตະบุตร อยู่ในหมู่บ้านเมืองทอง ฉะนั้นอาคารข้างเคียงก็จะมีแค่บ้านพักอาศัย 2-3 ชั้น เท่านั้น และจากการสำรวจรอบ ๆ บ้านนั้น พบว่า มีต้นไม้ใหญ่จำนวน 1 ต้น อยู่ใกล้กับบริเวณที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งก็ทำให้การติดตั้งในส่วนที่จะเป็นอุปสรรคในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่านั้น

2. การออกแบบบ้านและการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร รูปแบบบ้านของศ.ดร.ชีระ สุตະบุตร เป็นแบบเรียบง่ายผนังเป็นผนังก่ออิฐมวลเบา ฉาบปูนพื้นชั้นล่างปูด้วยกระเบื้องเซรามิก ชั้นบนเป็นพื้นไม้สังเคราะห์เป็นผิวยิปซัมบอร์ด T-BAR วัสดุที่ใช้ทำหน้าต่างเป็นบานกรอบไม้ ลูกฟักกระจกใส

หน้าต่างด้านทิศตะวันตกก็จะมีกันสาดยื่นออกมาบังแดดประมาณ 1 เมตร หลังคาบ้านเป็นหลังคากระเบื้องลอนคู่ โครงหลังคาเป็นไม้และในส่วนของหลังคามิได้ใช้วัสดุสะท้อนความร้อนแต่อย่างไรจะใช้ก็เพียงแค่อิฐยิบซัมบอร์ดโครงเคร่า T-BAR เท่านั้น ชายคายื่นออกจากตัวบ้านโดยรอบประมาณ 1 เมตร



ภาพที่ 4.6 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของบ้าน ศ.ดร.ธีระ สูตะบุตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าบ้าน ศ.ดร.ธีระ สูตะบุตร ได้ติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2541 ใช้เวลา ในการติดตั้ง 1 วัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบผลึกเดี่ยวซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด 2.25 กิโลวัตต์ จากนั้นได้ทำการทดสอบระบบ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2541 จนถึง วันที่ 9 มีนาคม 2541 จึงได้ทำการต่อเข้าระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าจากการสัมภาษณ์ ผู้อยู่อาศัยพบว่าบ้านหลังนี้ในช่วงแรกมีการใช้ไฟฟ้ามกเนื่องจากมีห้องทดลองในการเพาะพันธ์เนื้อเยื่อของต้นไม้จะต้องใช้แสงสว่างและทำความเย็นมาก ฉะนั้นในช่วงแรกไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความแตกต่างจากไฟฟ้าที่ใช้ไปมากและต้นไม้ที่อยู่ใกล้กับแผงของเซลล์แสงอาทิตย์มีอาการใบเหลืองแต่ผู้อยู่อาศัยไม่แน่ใจว่าเกิดขึ้นเพราะเหตุใด

ขนาดของมิเตอร์ของบ้านใช้มิเตอร์ขนาด 1 เฟส 30 A (100 A) และจากการที่ได้อ่านจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลโดยแบ่งระยะเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2541 ถึง กรกฎาคม 2541 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2542

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

ศ.ดร.ธีระ สูตะบุตร

วัน เดือน ปี	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ / ชม.)	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)	ค่าพลังงานสูงสุด (กิโลวัตต์ / ชม. / วัน)
ช่วงแรก			
มีนาคม 2541	186.30	8.10	11.70
เมษายน 2541	235.90	7.90	9.60
พฤษภาคม 2541	209.90	6.77	8.50
มิถุนายน 2541	192.80	6.43	8.10
กรกฎาคม 2541	196.10	6.33	8.40
ช่วงที่สอง			
ตุลาคม 2541	211.30	6.82	10.10
พฤศจิกายน 2541	207.60	6.92	10.00
ธันวาคม 2541	223.10	7.20	9.30
มกราคม 2542	213.80	6.90	9.40
กุมภาพันธ์ 2542	206.50	7.38	9.50
มีนาคม 2542	220.40	7.11	10.00

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

โดยการจัดสภาพแวดล้อมของอาคารเพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้าน โดยการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ผู้วิจัยนำเสนองานออกแบบเป็น 2 ตอน ดังนี้

### 4.2.1 นำเสนอแนวความคิดการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

จากการสัมภาษณ์และสังเกตตามข้อมูลที่เสนาบมา ผู้วิจัยได้แยกข้อดีและข้อเสียของบ้านทั้งหมด 6 หลัง และนำข้อดีที่ได้ไปเป็นแนวความคิดในการออกแบบ

#### 4.2.1.1 บ้าน รศ.ดร.รัชชัย แสงสิงแก้ว

ข้อดี	ข้อเสีย
1. พื้นที่หลังคาเอียงทางด้านทิศใต้	1. การออกแบบบ้านยังไม่ได้คำนึงถึงทิศทางลม
2. ไม่มีเงาของต้นไม้ใหญ่หรืออาคารสูงมาบังหลังคาด้านที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	2. วัสดุผนังที่ใช้เป็นอิฐมวลฉนวน ซึ่งไม่เป็นฉนวนกันความร้อน
3. พื้นชั้นล่างปูกระเบื้องเซรามิก ช่วยทำให้เกิดความเย็นในพื้นที่ชั้นล่าง	3. วัสดุผนังหลังคาเป็นวัสดุที่ป้องกันความร้อนได้น้อยมาก
4. พื้นชั้นล่างปูกระเบื้องเซรามิก ซึ่งทำให้เกิดความเย็นในพื้นที่ชั้นล่าง	4. ฝ้าชายคาเป็นฝ้ากระเบื้องและไม่มีช่องระบายอากาศจากใต้หลังคาสูงภายนอก
5. มีชายคายื่นออกมาจากตัวบ้านประมาณ 1 เมตร	

#### 4.2.1.2 บ้าน นายสมบูรณ์ กรุพาดิษ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. พื้นที่หลังคาเอียงทางด้านทิศเหนือและใต้	1. การออกแบบบ้านยังไม่ได้คำนึงถึงเรื่องประหยัดพลังงาน
2. ไม่มีอาคารสูง โดยรอบอาคารที่จะมาบดบังแสงจากดวงอาทิตย์ที่จะมาตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์	2. หลังคาไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อนใต้หลังคา ทำให้ความร้อนสามารถผ่านจากหลังคาเข้าสู่ภายในบ้านได้ง่าย
3. มีชายคายื่นจากตัวบ้านประมาณ 1.20 เมตร	3. ในส่วนของพื้นที่ใต้หลังคาไม่มีช่องระบายอากาศที่ทำให้ความร้อนถ่ายเทได้
4. มีแผงบังแดดห้อยจากชายคามายังแคบบริเวณส่วนบนของหน้าต่างในด้านทิศตะวันตก	4. วัสดุที่ใช้ก่อผนังเป็นอิฐมวลฉนวน และเป็นผนังชั้นเดียว ทำให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารได้เร็ว
5. วัสดุที่ใช้ปูพื้นในชั้นล่างเป็นกระเบื้องเคลือบ ซึ่งเป็นตัวนำความร้อนได้ดีกว่า	
6. พื้นชั้นบนเป็นโครงสร้าง ไม้ซึ่งเป็นวัสดุมวลเบาที่มีคุณสมบัติ	

## 4.2.1.3 บ้าน น.ส.อำไพ พวงทอง

## ข้อดี

1. สภาพแวดล้อมโดยรอบไม่มีเงาของอาคารสูงมาบดบังในบริเวณที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
2. พื้นที่หลังคาเอียงทางด้านทิศใต้มากกว่า 25 องศาเมตร ซึ่งเป็นทิศที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. ได้มีการปลูกไม้เลื้อยในด้านทิศตะวันตกเพื่อบังแสงของดวงอาทิตย์ที่จะตกกระทบในช่วงบ่ายทำให้ลดความร้อนจากภายนอกอาคาร
4. การจัดวางทิศทางของอาคารได้คำนึงถึงทิศทางแดดลมโดยจัดอาคารทางด้านยาวให้อยู่ในแนวเหนือและใต้ และอาคารด้านสั้นอยู่ในแนวตะวันออก/ตะวันตก ซึ่งทำให้ในด้านทิศเหนือและใต้เปิดหน้าต่างได้มากกว่า ซึ่งทำให้กระแสลมพัดผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้สะดวก ส่วนผนังทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก เป็นอาคารด้านสั้นและมีช่องเปิดน้อย จึงทำให้แสงจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้ามาปะทะผนังทางด้านทิศตะวันตกไม่สามารถผ่านเข้ามาภายในตัวอาคารได้ง่าย จึงช่วยให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิที่ต่ำและมีการระบายอากาศที่ดี
5. มีชายคาที่ยื่นออกมาจากตัวอาคารยาว 1.50 เมตร
6. แผงกันแดดบริเวณพื้นที่ชั้น 2 ที่ยื่นออกมาจากตัวอาคารที่ยาวถึง 1.30 เมตร มาบังแสงจากดวงอาทิตย์ที่จะตกกระทบที่หน้าต่างชั้นล่าง

## ข้อเสีย

การออกแบบอาคารในส่วนหลังคาซึ่งไม่ได้คำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อนใต้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.1.4 บ้าน นายอุทิศ สุนทรประดิษฐ์

## ข้อดี

1. มีพื้นที่หลังคาเอียงไปทางด้านเหนือและใต้ ซึ่งเหมาะสำหรับเป็นบริเวณติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

## ข้อเสีย

1. วัสดุที่ใช้ในการก่อผนังเป็นอิฐมวลเบาและเป็นผนังชั้นเดียวทำให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารได้เร็ว
2. หลังคาใช้กระเบื้องลอนคู่ ซึ่งมีคุณสมบัติในเรื่องการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยกว่า เมื่อเทียบกับวัสดุผนังหลังคาที่มีอยู่ในตลาดในปัจจุบัน
3. ในด้านการออกแบบการกำหนดช่องเปิดหน้าต่างยังไม่ได้คำนึงถึงทิศทางของแสงของดวงอาทิตย์และกระแสลม

## 4.2.1.5 บ้าน ศ.ดร.ธีระ สูตะบุตร

## ข้อดี

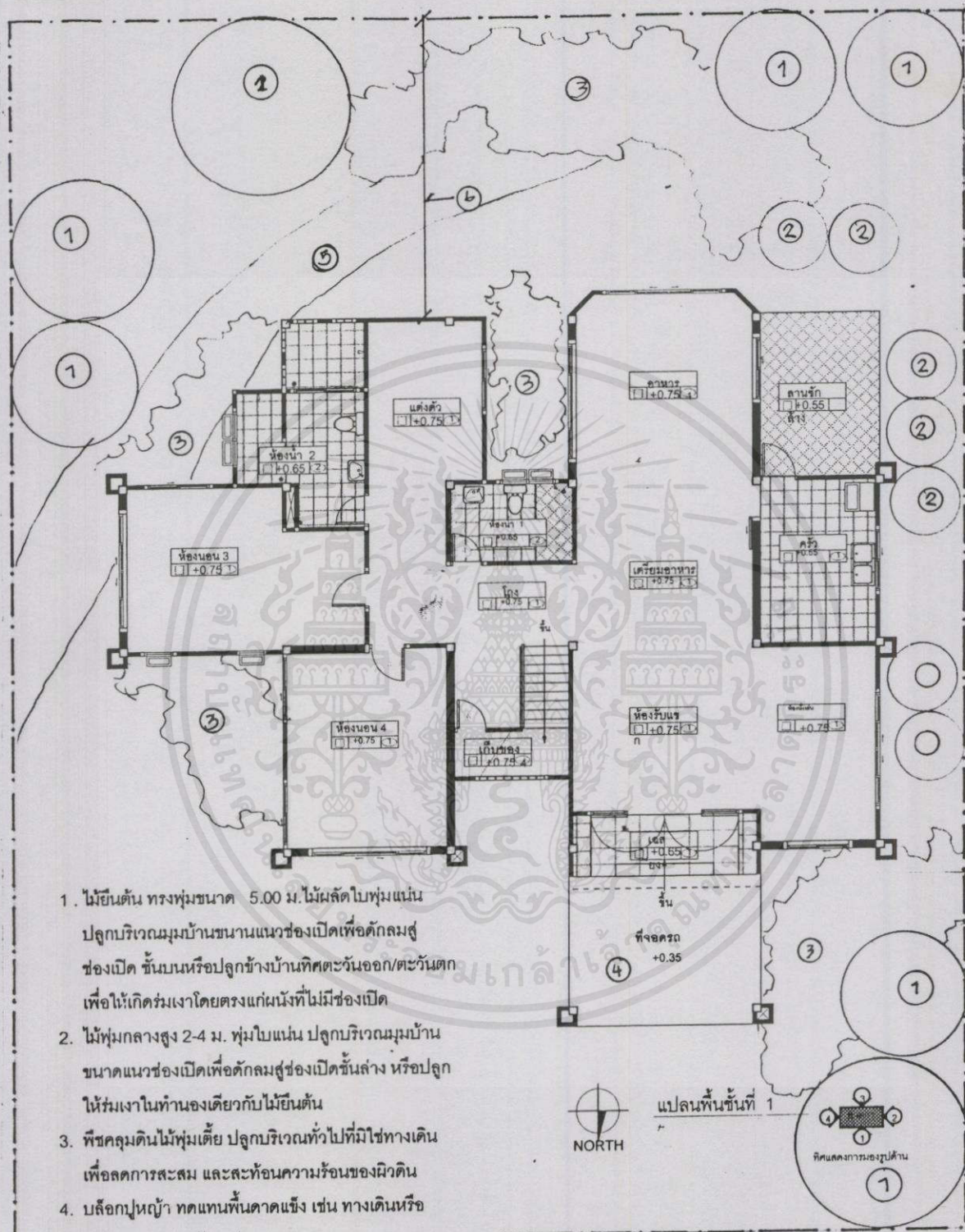
1. หลังคาด้านเหนือและใต้มีพื้นที่มากกว่า 25 ตารางเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่เหมาะสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. พื้นชั้นล่างเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นผิวเป็นกระเบื้องเซรามิก ซึ่งเป็นวัสดุที่เพิ่มความเย็นให้กับอาคารได้มาก

## ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

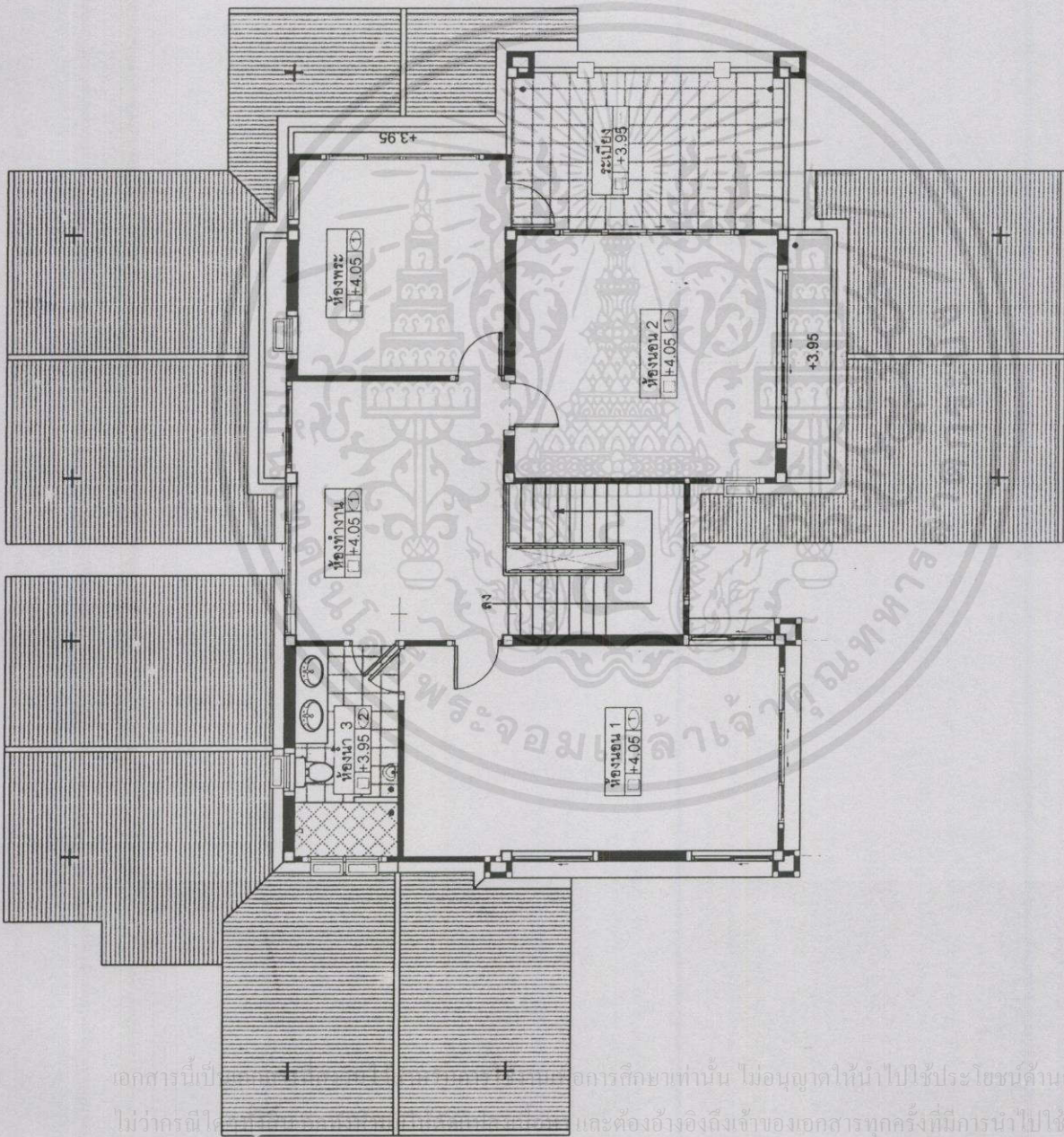
## 4.2.2 นำเสนอโครงร่างงานออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์

แสงอาทิตย์

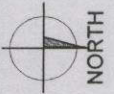


1. ไม้ยืนต้น ทรงพุ่มขนาด 5.00 ม. ไม้ผลัดใบพุ่มแน่น ปลูกบริเวณมุมบ้านขนานแนวช่องเปิดเพื่อดักลมสู่ช่องเปิด ชื้นบนหรือปลูกข้างบ้านทิศตะวันออก/ตะวันตก เพื่อให้เกิดร่มเงาโดยตรงแก่ผนังที่ไม่มีช่องเปิด
2. ไม้พุ่มกลางสูง 2-4 ม. พุ่มใบแน่น ปลูกบริเวณมุมบ้านขนานแนวช่องเปิดเพื่อดักลมสู่ช่องเปิดชั้นล่าง หรือปลูกให้ร่มเงาในทำนองเดียวกับไม้ยืนต้น
3. พืชคลุมดินไม้พุ่มเตี้ย ปลูกบริเวณทั่วไปที่มีช่องทางเดิน เพื่อลดการสะสม และสะท้อนความร้อนของผิวดิน
4. บล็อกปูหญ้า ทดแทนพื้นลาดแข็ง เช่น ทางเดินหรือลานจอดรถ ดูแลรักษาง่ายและทนทาน
5. จัดเนินดินให้ด้านเอียงของเนินลาดลงไปทางด้านทิศใต้ เพื่อช่วยสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์กลับสู่บรรยากาศ
6. เว้นระยะด้านหลังมาก เพื่อปรับสภาพแวดล้อมทางด้านต้นลม ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 แสดงแบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 1 และผังบริเวณ



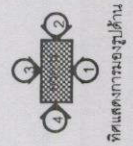
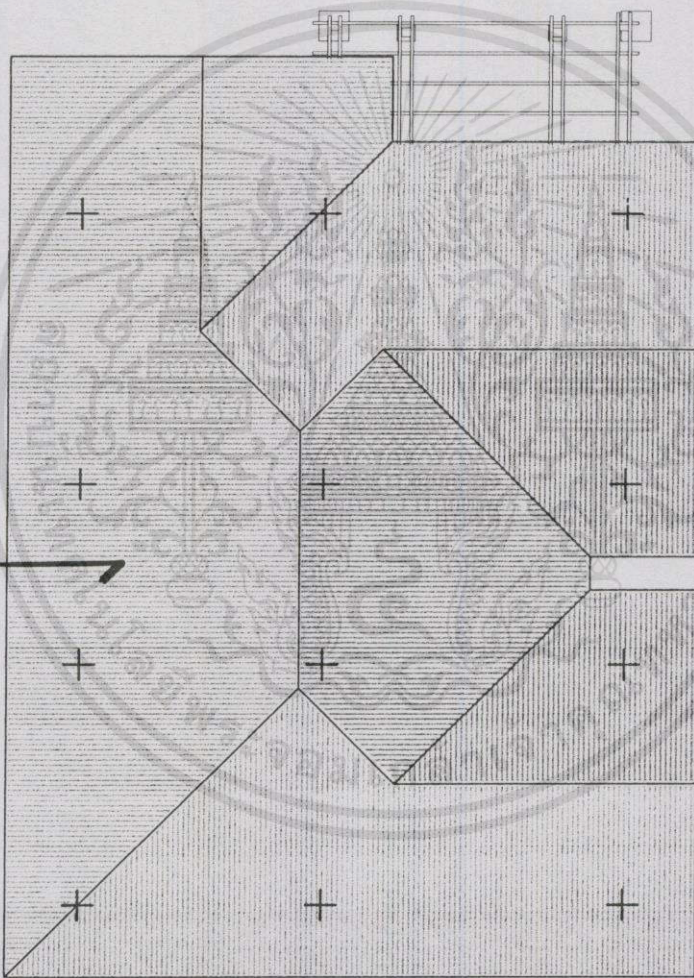
แปลนพื้นที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.8 แสดงแบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 1

จะอยู่ทางด้านทิศใต้ของหลังคาบ้าน



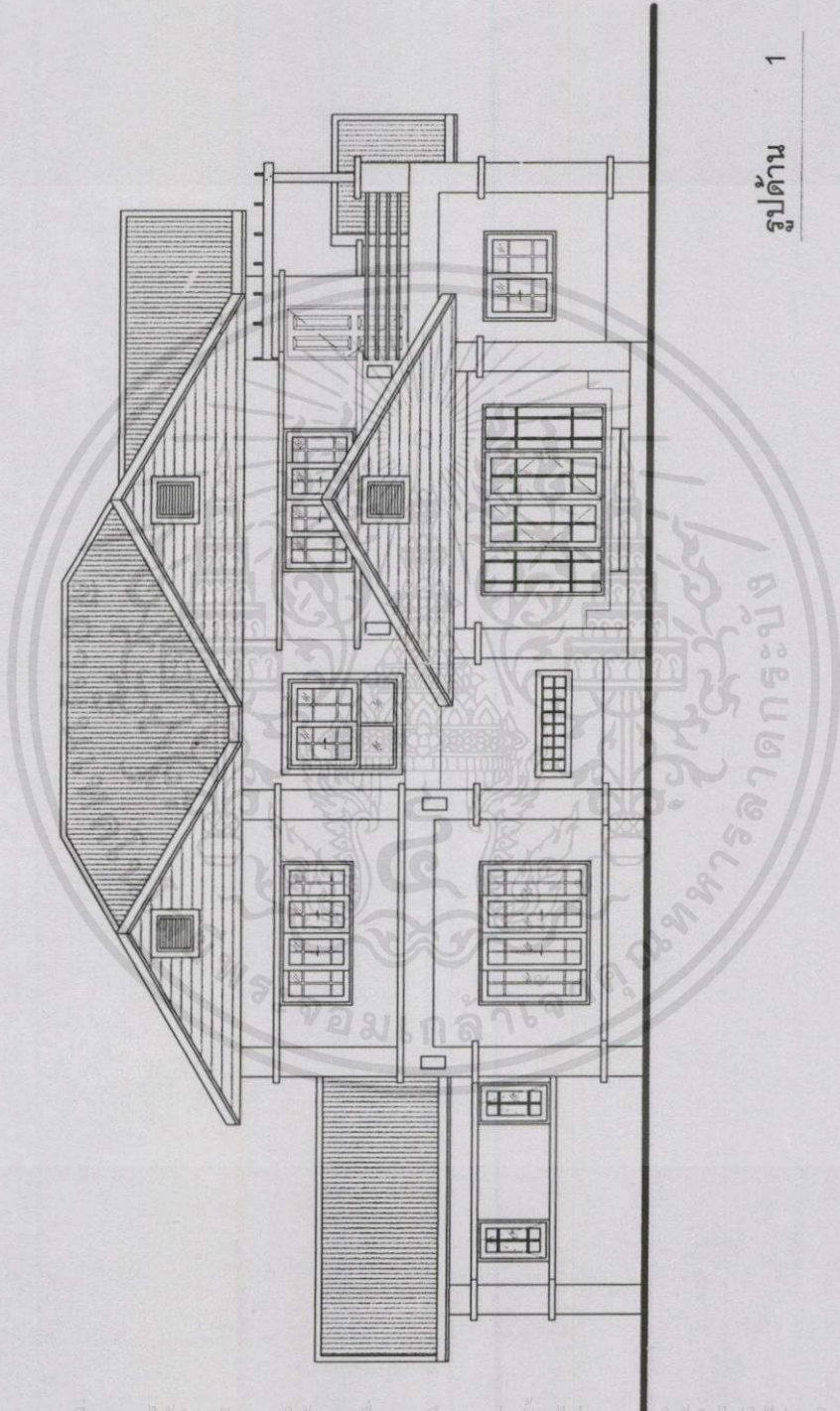
ทิศแสดงการระบุด้าน

แปลนหลังคา



ภาพที่ 4.9 แสดงแบบแปลนหลังคา

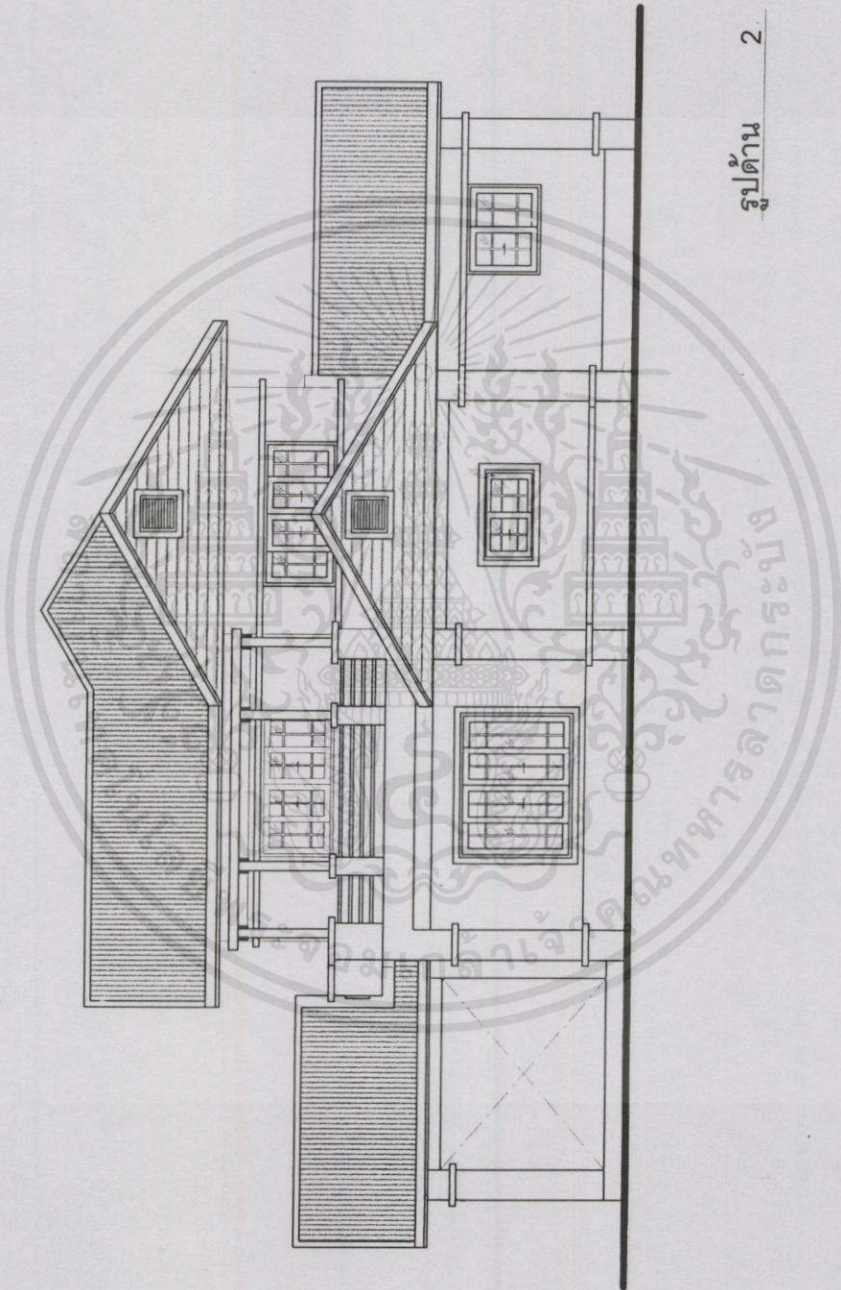
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปด้าน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

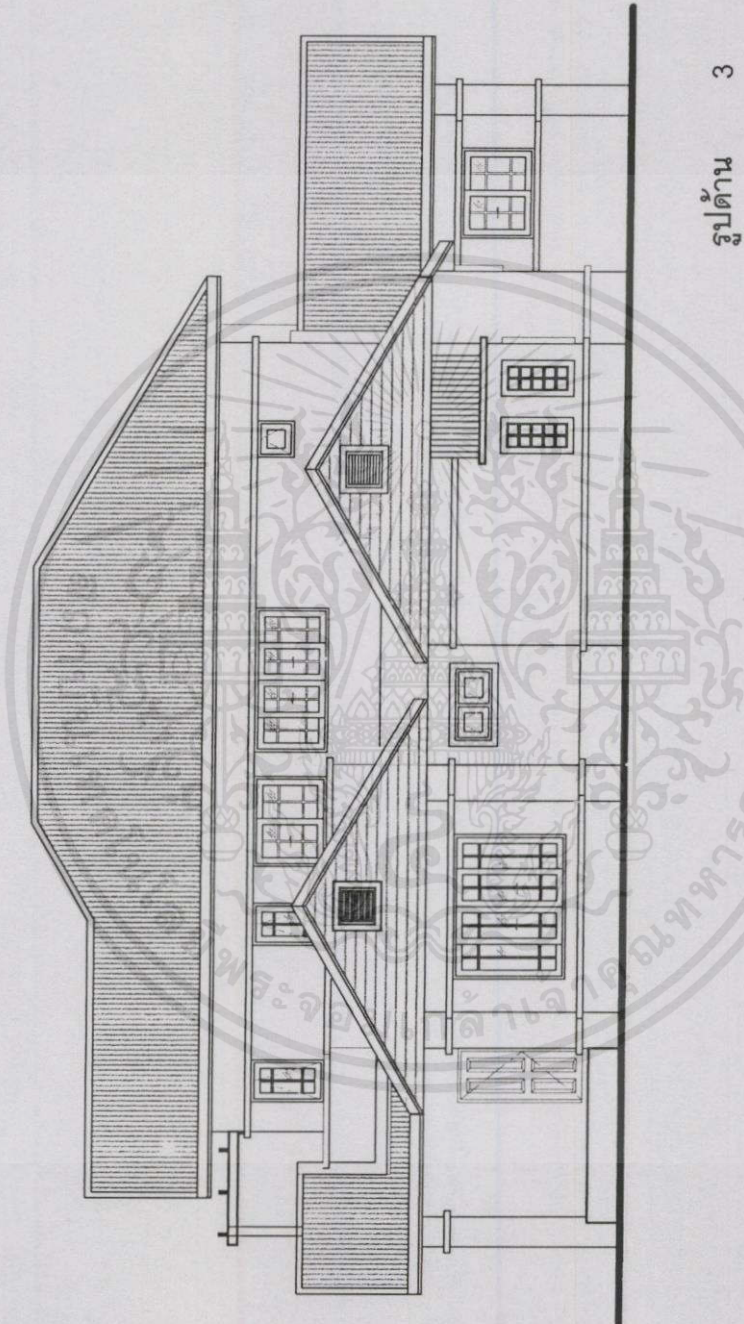
ภาพที่ 4.10 แสดงแบบรูปด้าน 1



รูปด้าน 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

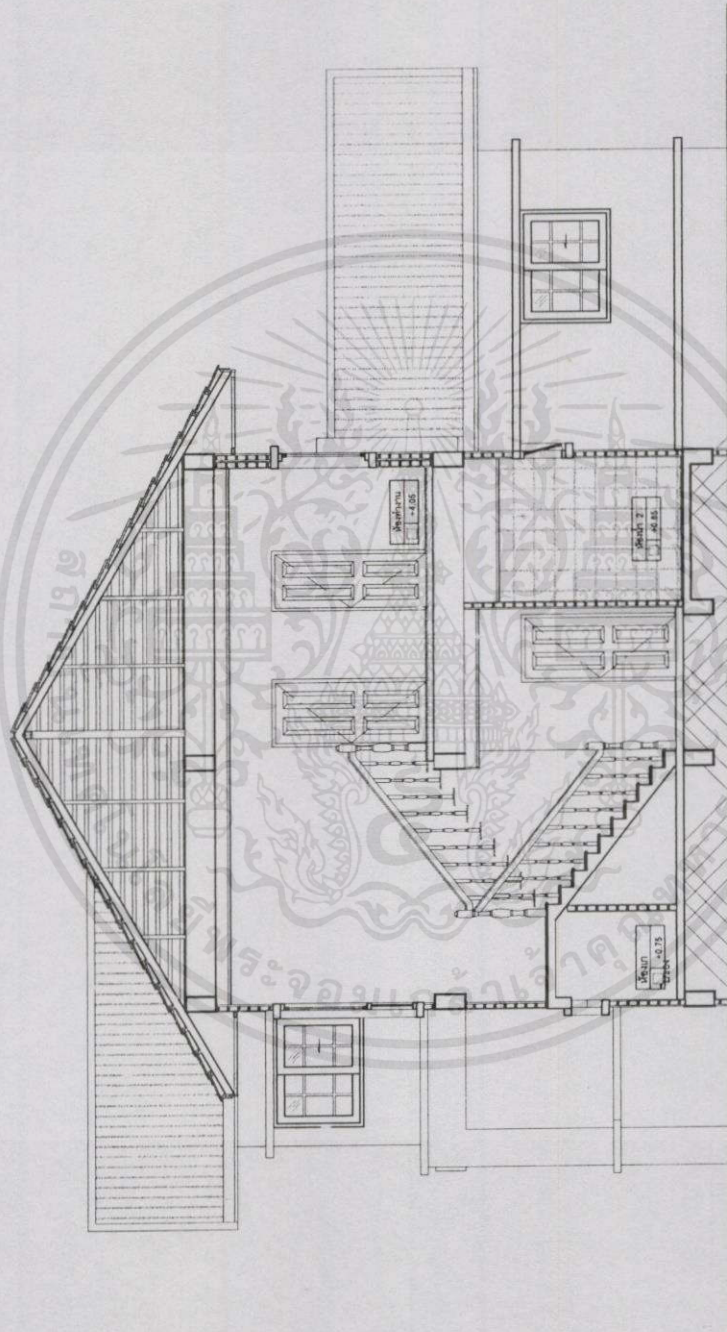
ภาพที่ 4.11 แสดงแบบรูปด้าน 2



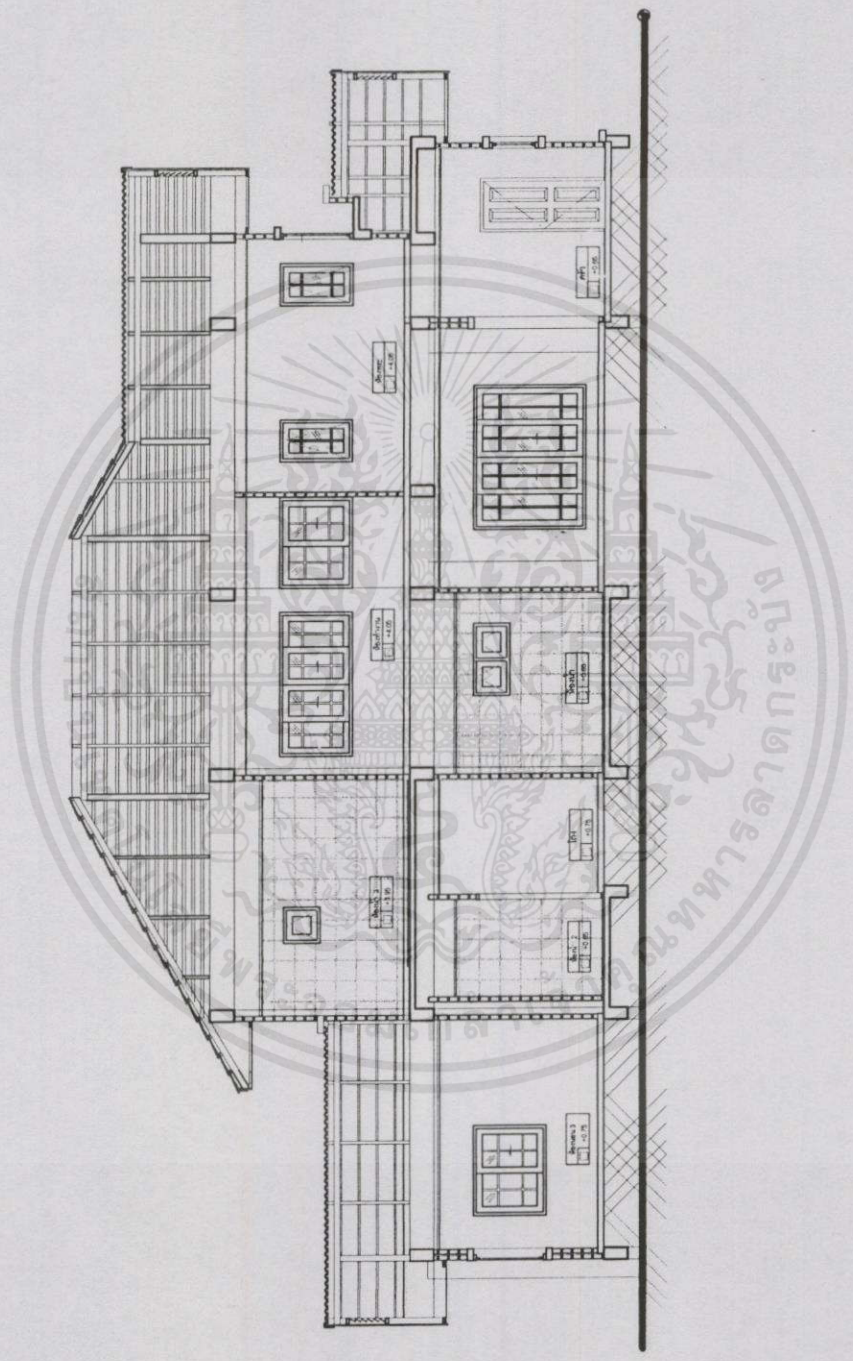
รูปด้าน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น สิทธิที่ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

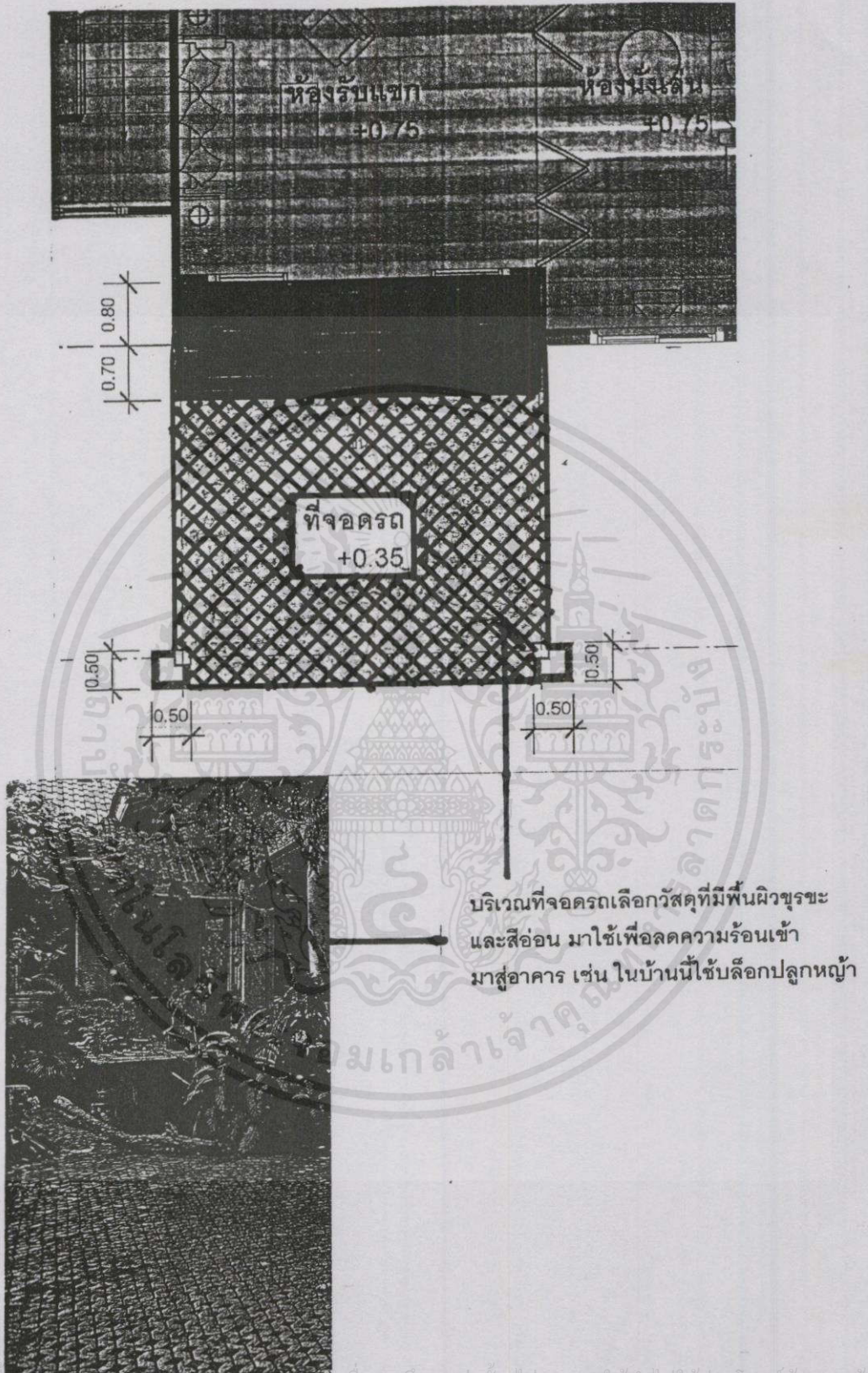
ภาพที่ 4.12 แสดงแบบรูปด้าน 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**ภาพที่ 4.13 แสดงแบบรูปตัดตามแนวรูปด้าน 4**  
 ในวาทกรรม โคๆทงสน อีทงหามมให้คค้บเลงเนอหา และต้ออ้งอ้งถึงจ้งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

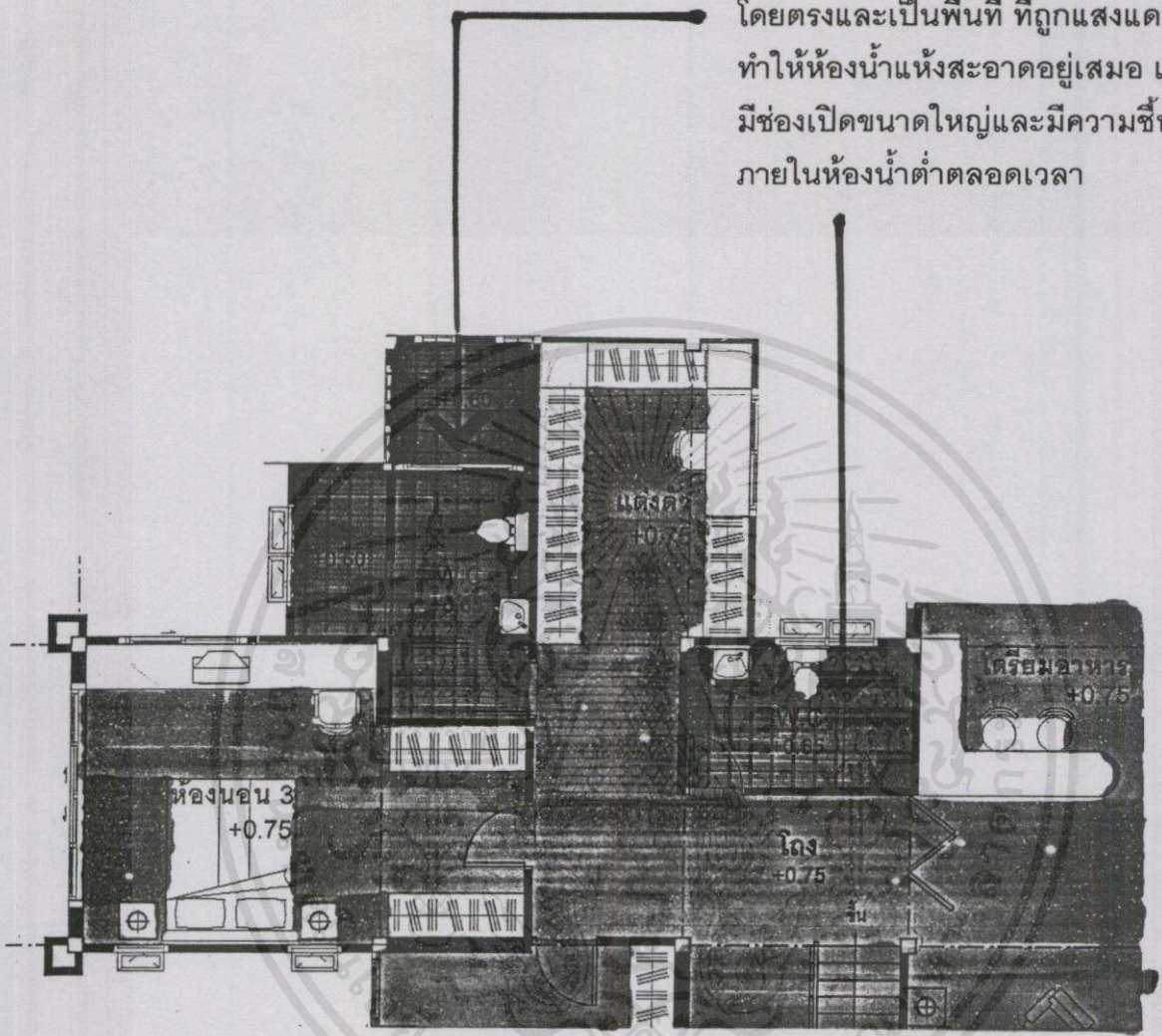


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ภาพที่ 4.14 แสดงแบบรูปตัดตามแนวรูปด้าน 1  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 แสดงการปูพื้นที่จอดรถเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

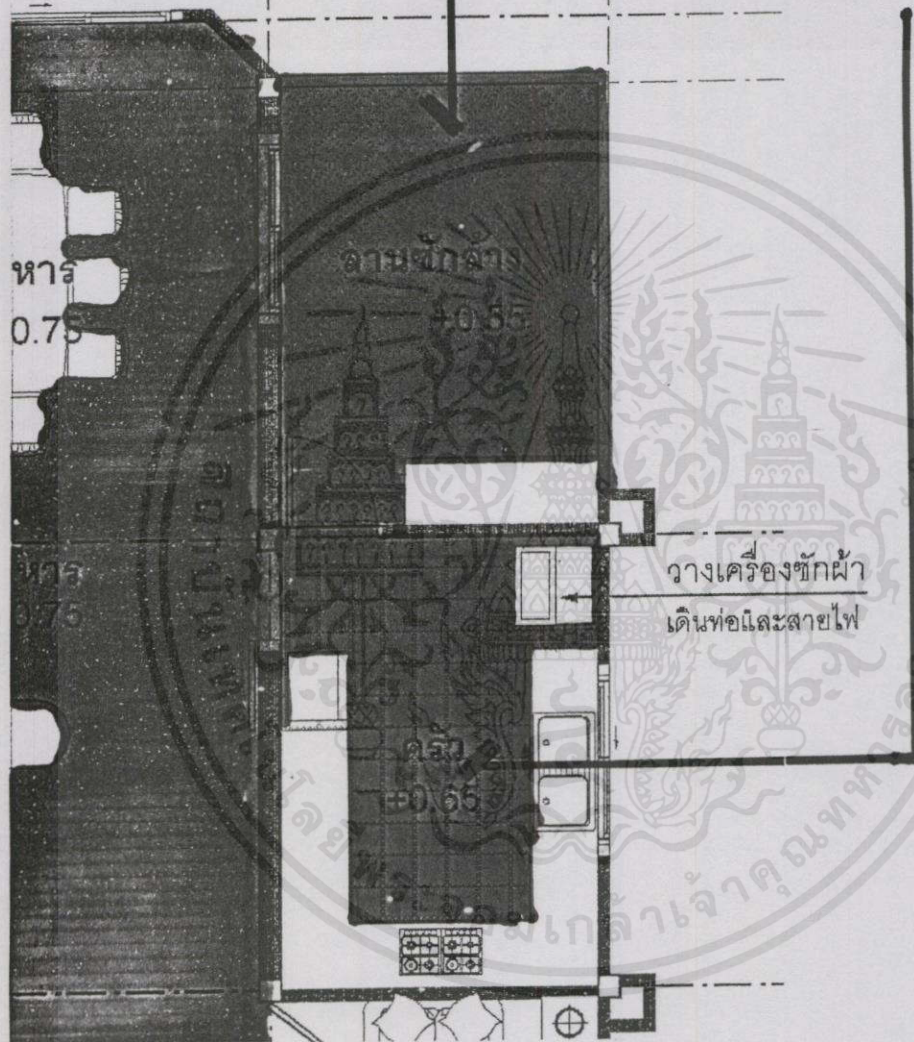
จัดให้ห้องน้ำอยู่บริเวณทาง  
ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร  
แสงแดดตกกระทบผนังของห้องน้ำ  
โดยตรงและเป็นพื้นที่ ที่ถูกแสงแดด  
ทำให้ห้องน้ำแห้งสะอาดอยู่เสมอ และ  
มีช่องเปิดขนาดใหญ่และมีความชื้น  
ภายในห้องน้ำต่ำตลอดเวลา



ภาพที่ 4.16 แสดงการวางตำแหน่งห้องน้ำภายในอาคาร

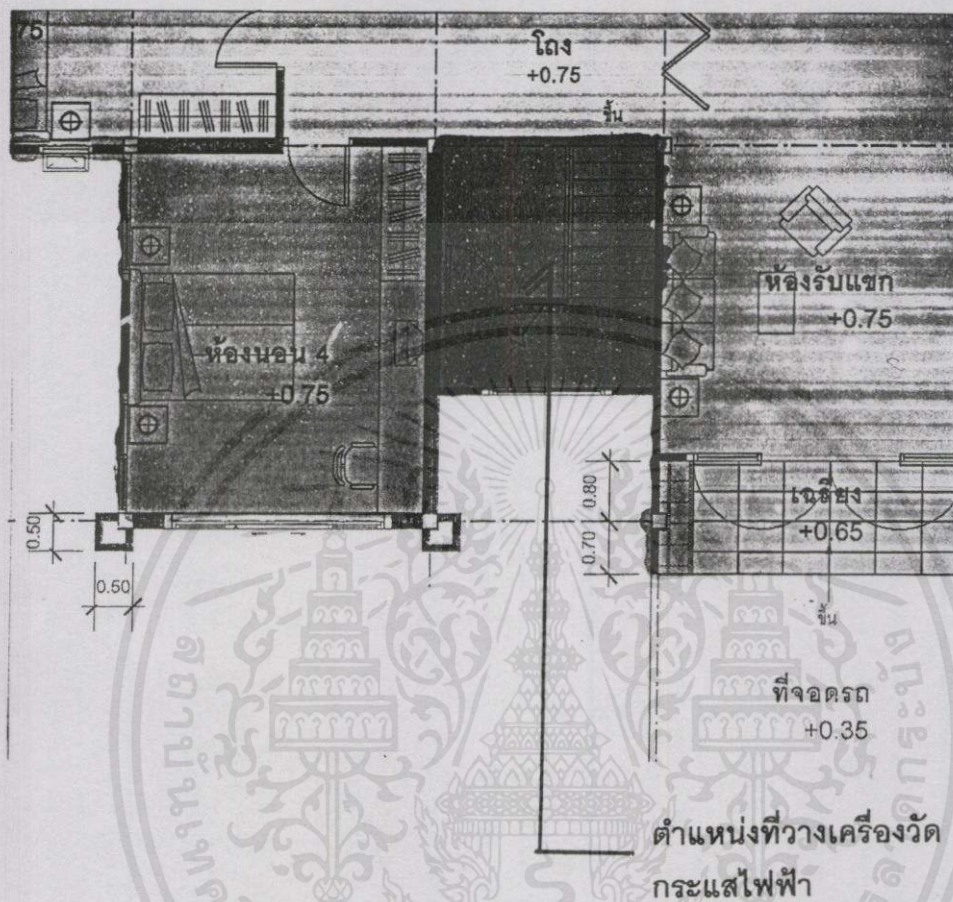
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดวางตำแหน่งของห้องครัวและลานซักล้าง  
ไว้ขนาดที่ทิศตะวันตกของบ้าน เนื่องจากเป็น  
ส่วนที่จะต้องปะทะกับความร้อนของแสงอาทิตย์  
ในช่วงบ่าย ทำให้ห้องครัวถูกแสงแดด  
โดยตรงไม่อับชื้น



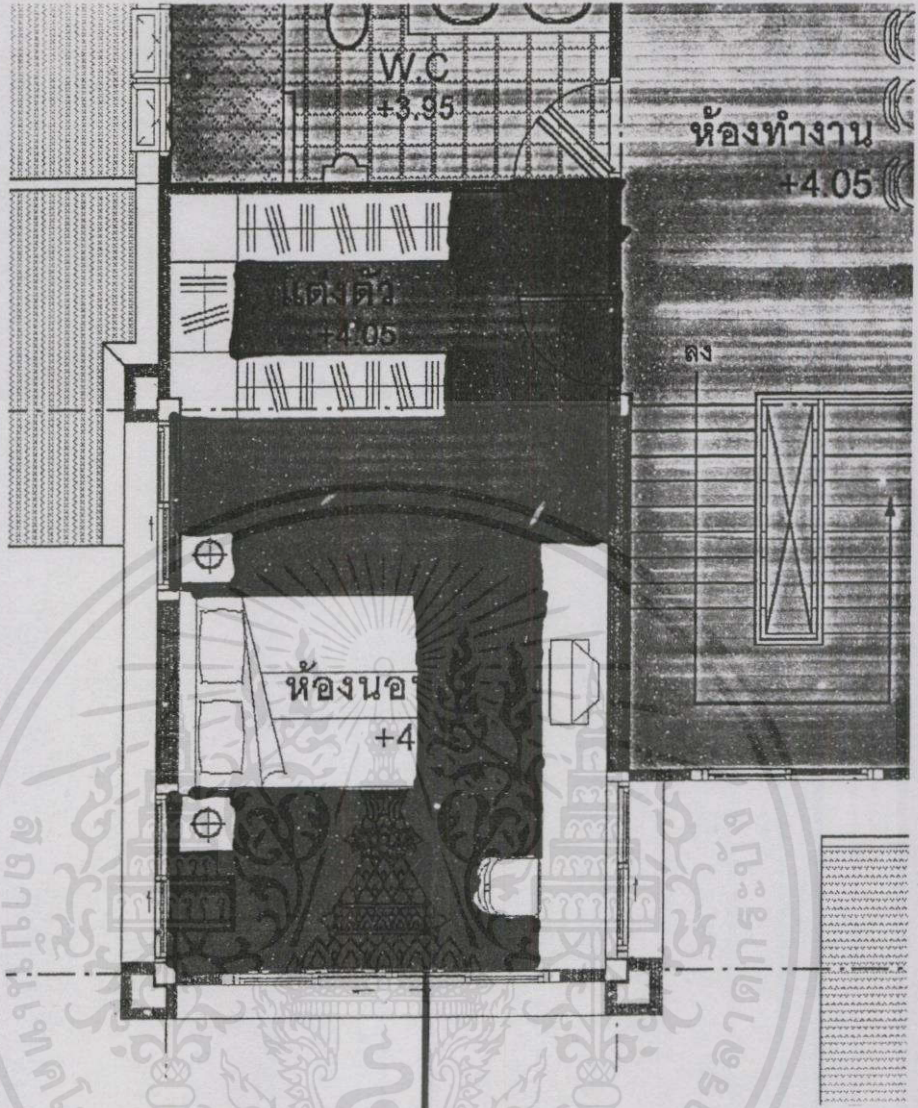
ภาพที่ 4.17 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องครัวและลานซักล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งที่วางเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

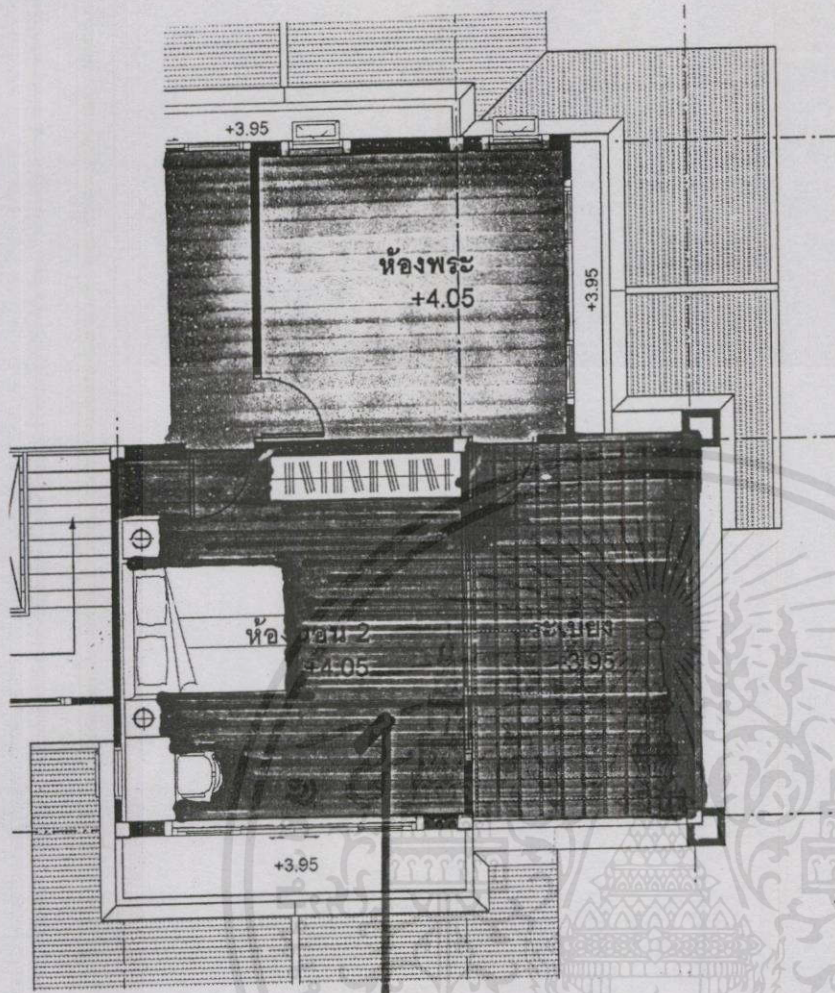
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งห้องนอน 1 อยู่ทางด้านทิศตะวันออก และทิศเหนือ เพื่อให้แสงเข้าในห้องช่วงเช้ามาก เกินไป จึงทำผนังทับบริเวณหัวเตียงและเปิดหน้าต่าง ด้านข้างแทน และเพื่อบังคับทิศทาง ให้ผ่านเตียงนอน จึงต้องเปิดหน้าต่างทางด้านผนังทางด้านทิศตะวันตก และทิศเหนือให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน เมื่อผู้เอาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.19 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องนอน



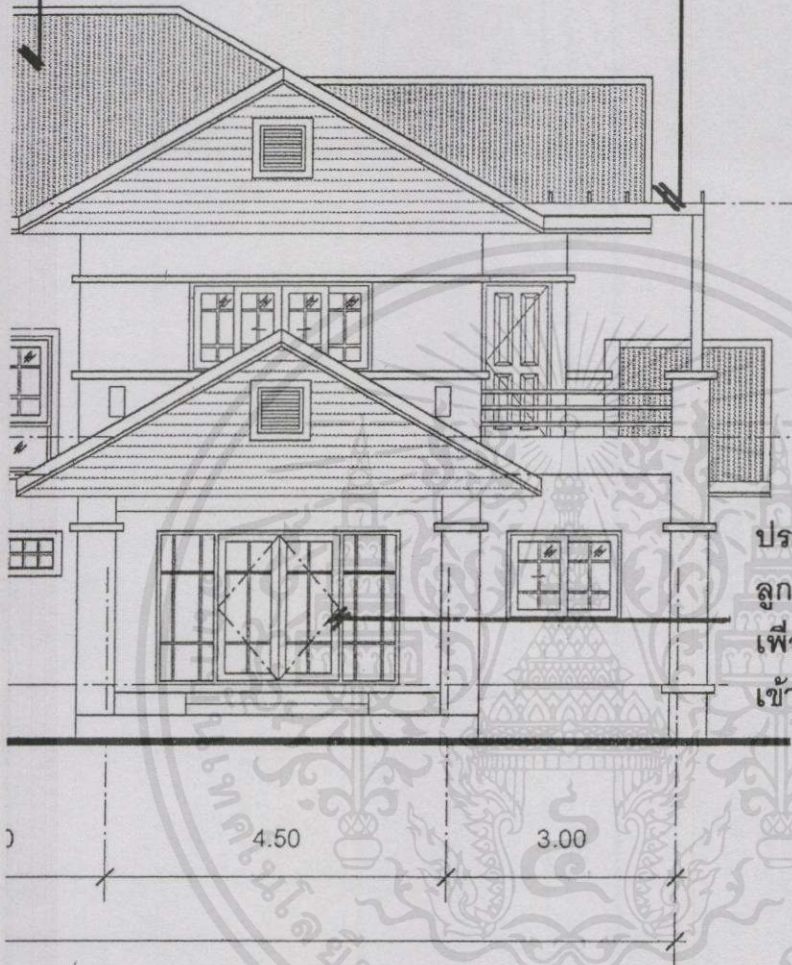
ตำแหน่งของห้องนอน 2 อยู่ทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกการออกแบบห้องนอน 2 ให้มีระเบียงที่มีหลังคาคลุมทางด้านผนังทางด้านทิศตะวันตก เพื่อลดการกระทบแสงแดดโดยตรงของผนังห้องทางด้านทิศตะวันตก และมีการจัดสวน ปลูกต้นไม้ที่ระเบียงทางด้านทิศตะวันตกเพื่อให้เกิดความร่มรื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.20 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งห้องนอน 2

วัสดุผนังหลังคา จะใช้กระเบื้องคอนกรีต  
และกระเบื้องที่ใช้จะเป็นสีอ่อน  
เพื่อลดการสะสมความร้อน

ใช้หลังคากระแนงไม้คลุมระเบียงและ  
ปลูกไม้เลื้อยมาปกคลุมกระแนงไม้  
เพื่อช่วยสร้างความร่มเย็นและสวยงาม



ประตูภายนอกทั่วไป เป็นกรอบไม้  
ปลูกพืชบางส่วนเป็นกระจกใส  
เพื่อให้แสงสว่างนอกบ้าน  
เข้าสู่ภายในส่วนที่ต้องการ

(D)

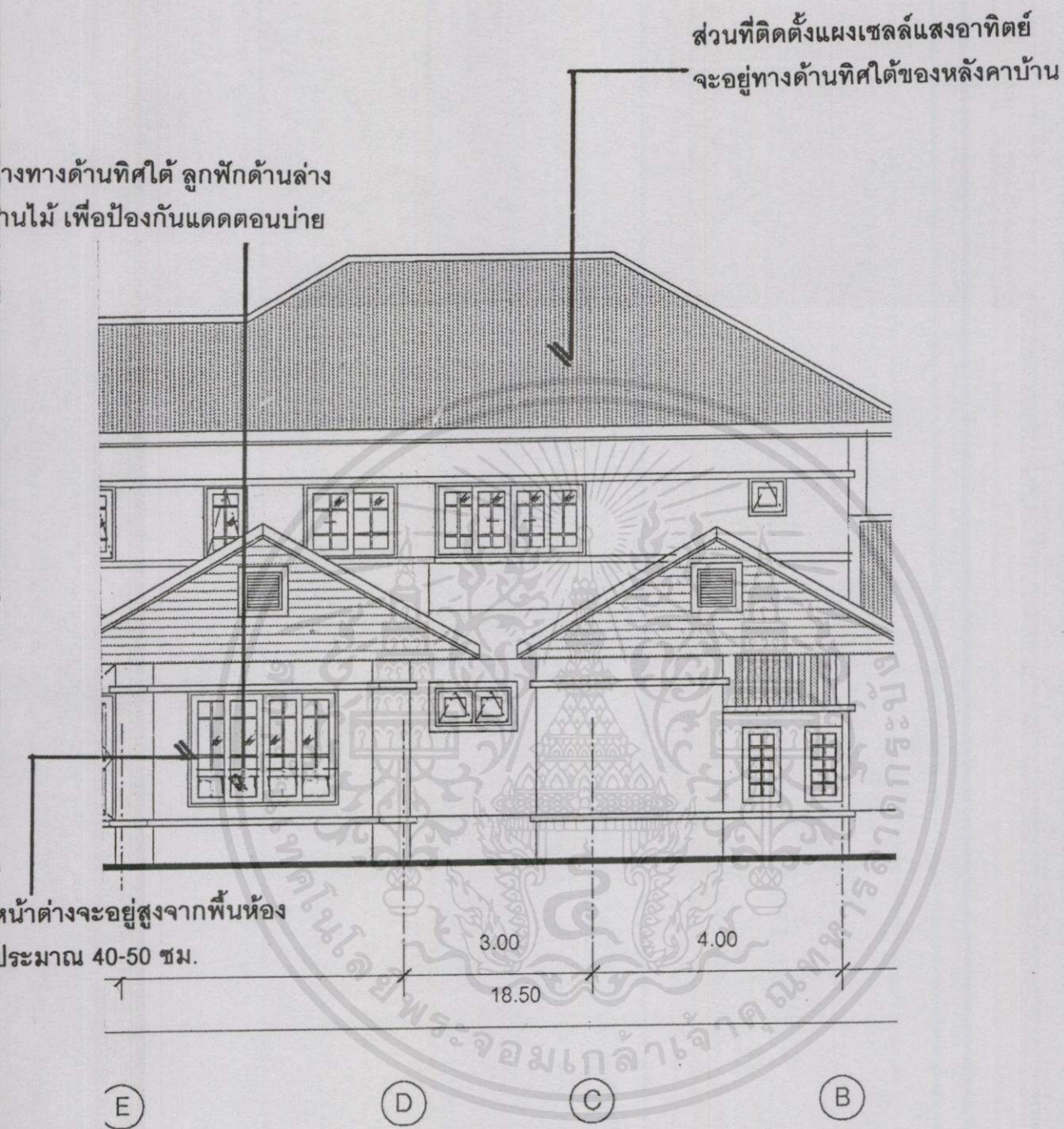
(E)

(F)

รูปด้าน 1

มาตราส่วน 1:100

พที่ 4.21 แสดงแนวความคิดในการตกแต่งภายนอกอาคาร เพื่อลดความร้อนภายในบ้านและ  
เพิ่มแสงสว่างภายในอาคารจากแสงภายนอก เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 แสดงแนวความคิดในการจัดวางตำแหน่งส่วนที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

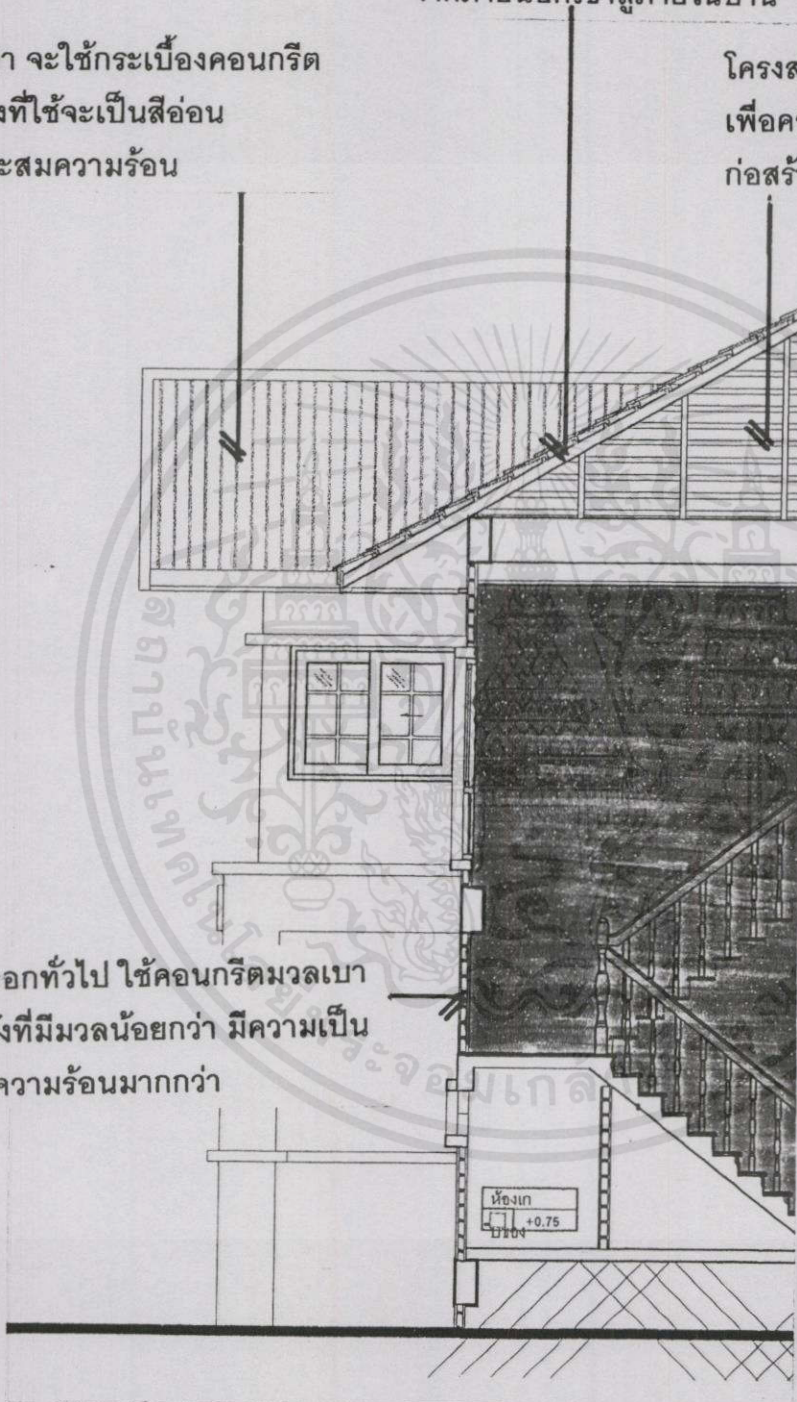
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้หลังคาจะปูฉนวนกันความร้อน  
ก่อนที่จะมุงหลังคาเพื่อกันความร้อน  
จากภายนอกเข้าสู่ภายในบ้าน

วัสดุมุงหลังคา จะใช้กระเบื้องคอนกรีต  
และกระเบื้องที่ใช้จะเป็นสีอ่อน  
เพื่อลดการสะสมความร้อน

โครงสร้างหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็ก  
เพื่อความประหยัดและสะดวกในการ  
ก่อสร้างและง่ายต่อการแก้ไขดัดแปลง

ผนังภายนอกทั่วไป ใช้คอนกรีตมวลเบา  
ซึ่งเป็นผนังที่มีมวลน้อยกว่า มีความเป็น  
ฉนวนกันความร้อนมากกว่า

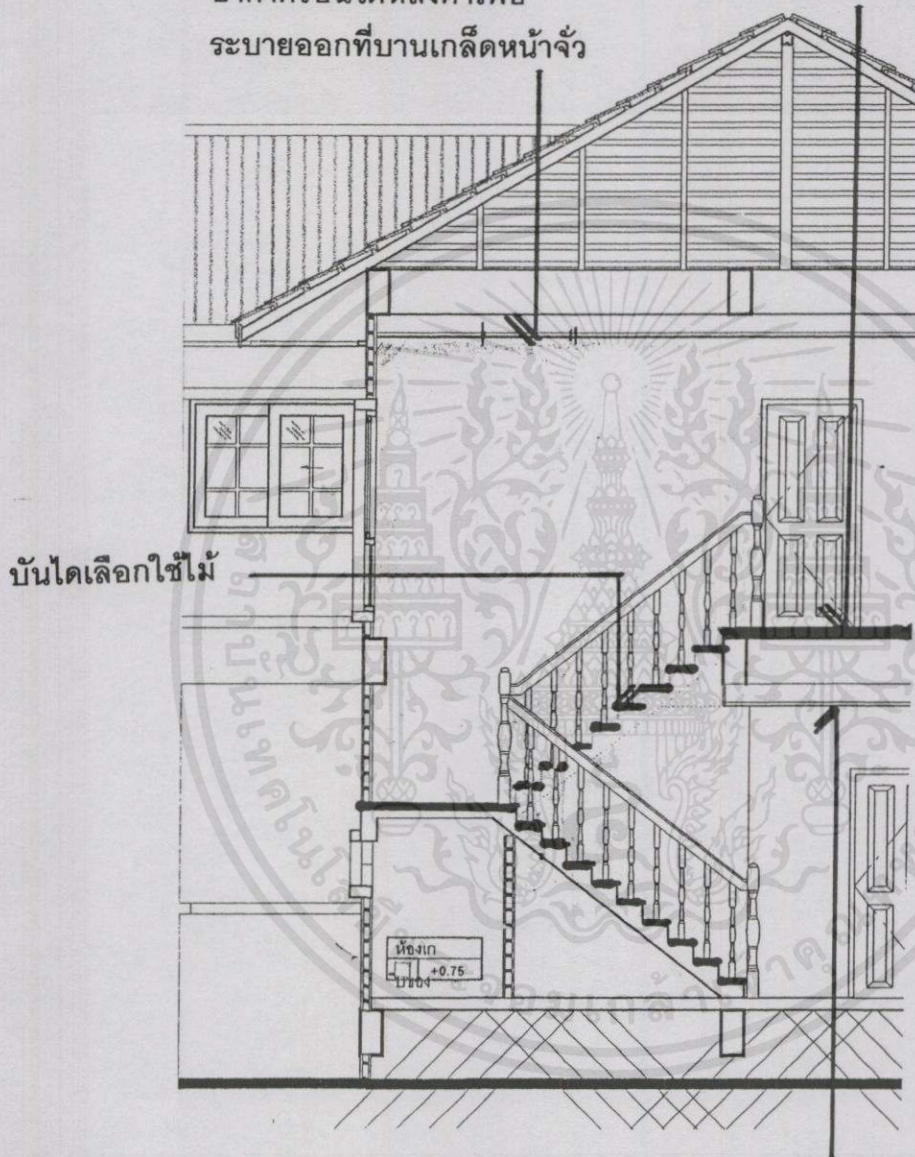


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ภาพที่ 4.23 แสดงแนวความคิดในการออกแบบบริเวณส่วนของบันได

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามคัดลอก หักฉีกแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ้าเพดานบริเวณโถงบันได  
มีช่องระบายอากาศร้อน  
จากภายในบ้าน มารวมกับ  
อากาศร้อนใต้หลังคาเพื่อ  
ระบายออกที่บานเกล็ดหน้าจั่ว

พื้นชั้นบนเป็นพื้นไม้ปูบนตงไม้  
ซึ่งจะมีมวลน้อยกว่าคอนกรีตถึง 3 เท่า  
จะเก็บสะสมความร้อนไว้ในบ้าน  
น้อยกว่าทำให้อุณหภูมิในห้องลดลง  
เร็วกว่าพื้นคอนกรีต

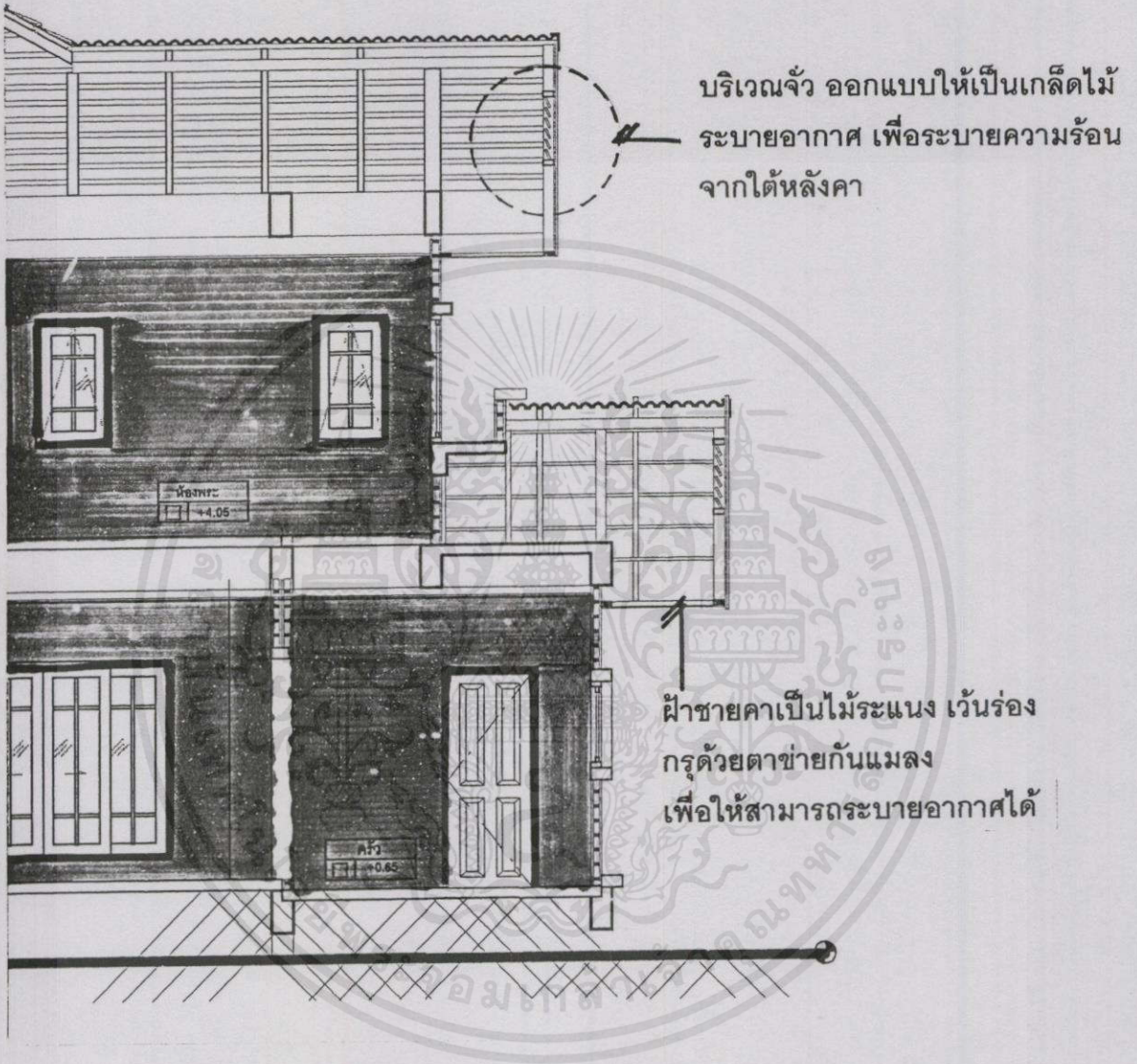


ฝ้าเพดานภายใน เลือกใช้ฝ้ายิปซัม  
ฉาบเรียบ เพราะใช้เป็นส่วนป้องกัน  
ความร้อน ถ่ายเทจากหลังคา  
เป็นที่สะสมของอากาศร้อนใต้หลังคา

ภาพที่ 4.24 แสดงแนวความคิดในการออกแบบบริเวณส่วนของโถงบันได

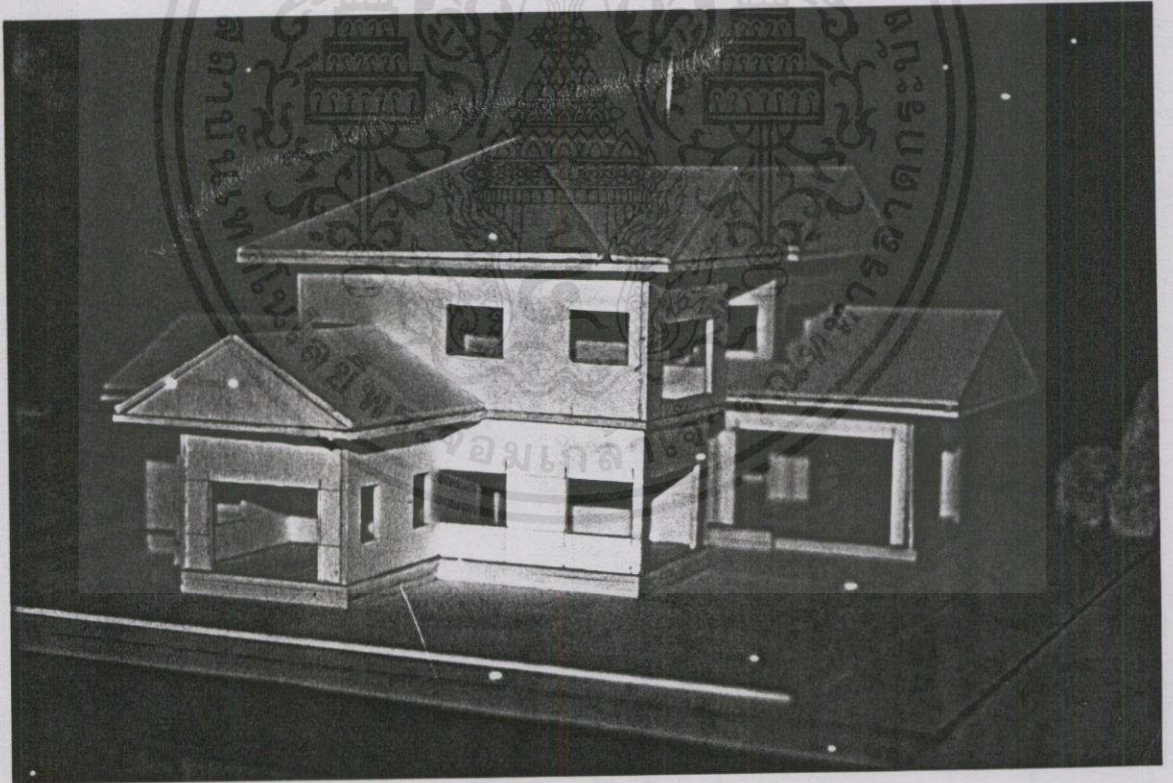
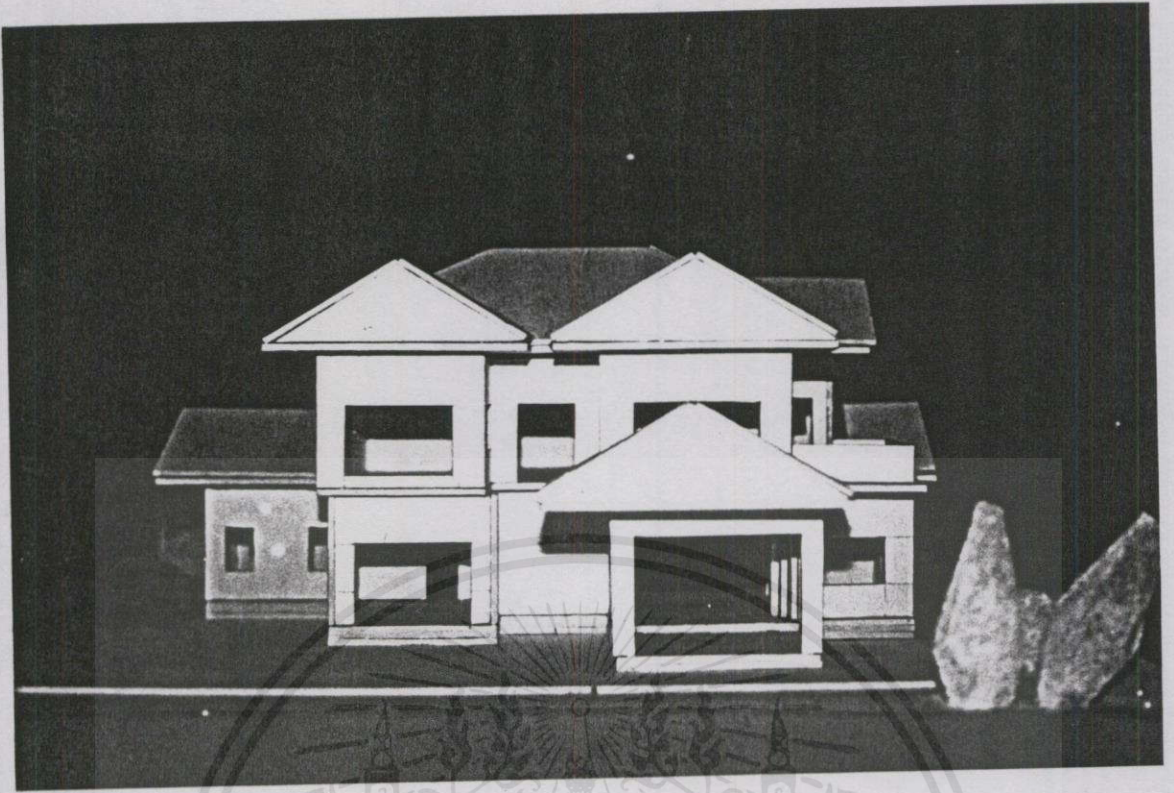
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 แสดงแนวความคิดในการออกแบบขยายบริเวณฝ้าชายคาและบริเวณजू

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ภาพที่ 4.26 แสดงแบบจำลองบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [13]

## สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ หารัลักษณะอาคารที่เหมาะสมและเพื่อเสนอแนวความคิด ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมส่งเสริมพลังงานและ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวความคิดในการออกแบบบ้าน ประหยัดพลังงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์และ การสังเกตเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม อิทธิพลภายนอกต่อการออกแบบลักษณะ รูปทรง และการจัดวางทิศทางของอาคารที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมหัวข้อ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

### 5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ผลวิจัยพบว่า บ้านที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าบนหลังคาบ้านทั้ง 6 หลังนั้น เป็นการลงทุนที่สูงมาก เกินไป ในปัจจุบันคือกระแสไฟฟ้าที่ได้มานั้นยังน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กระแสไฟฟ้าภายใน บ้านและหากเปรียบเทียบระหว่างการลงทุนในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์กับผลผลิตที่ได้มานั้นภายใน 10 ปีก็ยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เนื่องจากราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน มีราคาสูงกว่า แต่ถ้า หากในอนาคตมีผู้ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะมีราคาลดลง ฉะนั้นเพื่อให้โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านนี้เป็น โครงการที่มีประชาชนสนใจเข้าร่วมมากขึ้น ผู้วิจัยเห็นว่าเราจะต้องหันมาให้ความสนใจกับตัวอาคาร ที่ใช้ติดตั้งและผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้กระแสไฟฟ้าภายใน บ้าน เป็นอันดับแรก และอีกเหตุผลหนึ่งก็คือเพื่อส่งเสริมในเรื่องของกระบวนการติดตั้งแผงเซลล์แสง อาทิตย์ ดังที่เคยกล่าวมาแล้วข้างต้นว่า มีผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์ แสงอาทิตย์นี้มาก แต่เจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเข้าไปสำรวจบ้านของผู้ที่สนใจแล้วปรากฏว่า บ้านบางหลังก็ไม่สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ฉะนั้นผู้วิจัยเห็นว่าอาคารที่ เหมาะสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเป็นอาคารที่ถูกออกแบบ โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้คือ

เอกสารที่ 5.1.1.1 ทำเลที่ตั้งและสภาพแวดล้อมจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านทำเลที่ตั้งและสภาพแวดล้อม ของอาคาร ผลการวิจัยพบว่า อาคารที่เหมาะสมในการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์

บนหลังคาบ้านจะต้องไม่อยู่ใกล้กับอาคารสูงและไม่มีเงาของต้นไม้ใหญ่ เนื่องจากเงาของอาคารนั้นมาบังหลังคาบ้านในบริเวณที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ข้อควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของบ้านประหยัดพลังงานที่ใช้ผลิตระแสไฟฟ้าด้านเซลล์แสงอาทิตย์คือ ปัจจัยธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบ การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลาง ปลูกในบริเวณรอบ ๆ อาคาร นอกจากจะช่วยให้สภาพแวดล้อมได้ต้นไม้ขึ้น ๆ เย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไป เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วใบของต้นไม้ ยังช่วยกรองแสงแดดที่จะส่องลงมาบังผิวดินโดยตรง เช่น การป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากแสงแดดโดยตรง และช่วยในการบังแสงแดดที่จะส่องเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางมุมหรือบางเวลา ตามที่ชนิด ชนิด จินดาวนิก (สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. 2540 : 36) ได้ให้ความเห็นว่าพืชพันธุ์ต้นไม้และต้นไม้ได้สร้างอากาศเย็น (Cool Air Pocket) ขึ้นในที่ตั้งอันมีผลสืบเนื่องมาจากร่มเงาของต้นไม้ใหญ่และผลของ Evaporative Cooling จากต้นไม้เองกับน้ำ Cool Air Pocket มีผลช่วยต่อความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคารอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงร้อนจัด (Peak) ในเวลาบ่าย ดังนั้นถ้าผู้ออกแบบ ออกแบบอาคารโดยการวาง Zoning และตำแหน่งของ Supply Air Intake ที่จะดึงอากาศบริสุทธิ์ แทนที่จะดึงมาจากอากาศที่ร้อนกว่าภายนอก ก็สามารถช่วยลดภาระปรับอากาศได้ ผลที่ตามมาคือ สามารถลดเครื่องปรับอากาศให้เล็กลง และลดพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศได้

5.1.2 อิทธิพลภายนอก ทั้งมีผลกระทบต่อบ้านที่ใช้ผลิตระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาบ้าน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลรอบนอกอาคารสิ่งที่มีอิทธิพลมากในการที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตระแสไฟฟ้าได้มากหรือน้อยจะต้องขึ้นอยู่กับตำแหน่งทิศทาง โคจรของดวงอาทิตย์ ที่มาตกกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้กำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ในทางทิศใต้และไม่มีเงาของอาคารข้างเคียงหรือต้นไม้ใหญ่ ดังที่ ชนิด จินดาวนิก (สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. 2540 : 25) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานว่า องค์ประกอบภายนอกที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่ผู้ออกแบบอาคารวิเคราะห์พิจารณา ได้แก่ ลม ดวงอาทิตย์ และแสงธรรมชาติ โดยอธิบายว่า “ลม นอกเหนือจากลมประจำท้องที่ผู้ออกแบบคุ้นเคยแล้ว องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ได้แก่ อาคารข้างเคียง ต้นไม้ใหญ่หรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วของกระแสลมได้” ดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง ซึ่งสามารถแยกได้สองประเด็น คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ตกลงมาสู่ที่ตั้งกับมุมและวงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) แสงธรรมชาติสำหรับภูมิอากาศในประเทศไทย แสงธรรมชาติในช่วงกลางวันนั้น มีมากพอเพียงตลอดปี ในการพิจารณาแสงธรรมชาติ ผู้ออกแบบต้องแบ่งแยกพิจารณาแสงธรรมชาติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ แสงแดด (Sunlight) และแสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) นอกเหนือจากองค์ประกอบธรรมชาติ Wind Sun และ Light แล้ว องค์ประกอบที่ตั้งก็มีส่วนช่วยที่สามารถเอื้ออำนวยต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน องค์ประกอบเหล่านี้ได้แก่ คิน ต้นไม้ แหล่งน้ำ และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

5.1.3 ลักษณะและรูปทรงของอาคารประหยัดพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านของลักษณะและรูปทรงของอาคารที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้กำหนดให้มีพื้นที่ของหลังคาไม่น้อยกว่า 24 ตารางเมตร และหันไปทางทิศใต้เพื่อพลังงานแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ นอกจากนี้การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อลดการใช้กระแสไฟฟ้าภายในบ้านจึงต้องคำนึงถึงรูปทรงของอาคารจะต้องออกแบบให้เสียความร้อนในบรรยากาศน้อยที่สุดในฤดูหนาว และรับความร้อนจากบรรยากาศในฤดูร้อนน้อยที่สุด ดังเช่น สมศรี กาญจนสุด ได้ให้ทัศนะว่าสถาปัตยกรรมที่สร้างขึ้นในเขตร้อนชื้นจะมีปัญหาความต้องการทางป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศ การป้องกันความชื้น การป้องกันมด ปลวก เป็นต้น ลักษณะอาคารในเขตร้อนชื้นจะมีลักษณะโปร่ง มีระแนบหลังคายาวทั้งชายคาเลยจากตัวอาคารมาก เพื่อต้องการแดดและฝน (การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น, รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ. 56) ได้กล่าวถึงการออกแบบที่กันแดดว่า ที่กันแดดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การออกแบบภายนอกอาคารและการออกแบบภายในอาคาร การออกแบบที่กันแดดภายนอกอาคารมีผลดีว่ามากเพราะตัวชิ้นส่วน (Elements) ที่ใช้ในการกันแดดนั้นจะต้องร้อนขึ้นและแผ่รังสีออกมา ซึ่งถ้าหากว่าอยู่ในอาคารแล้วตัวที่กันแดดเองจะคลายความร้อน เพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศภายในอาคารขึ้นอีก ในกรณีนี้ที่กันแดดอยู่ภายนอกอาคาร นอกจากการแผ่รังสีจากตัวที่กันแดดเองจะเข้ามาไม่ถึงแล้ว ยังสามารถให้ลมพัดพาระบายความร้อนจากที่กันแดดภายนอกได้ด้วย ที่กันแดดภายนอกอาคาร อาจจะประยุกต์กับประโยชน์ใช้สอยอื่น ๆ ของอาคารเองเป็นการใช้ประหยัดจากชิ้นส่วนอันเดียวกันได้หลายประการ และทำให้โฉมหน้าของอาคารแตกต่างกันออกไปจากการออกแบบ FAÇADE ของอาคารทั่ว ๆ ไป ทั้งสามารถแก้ปัญหาเรื่องฝุ่น ความสกปรกซึ่งเป็นปัญหาใหญ่สำหรับการออกแบบที่กันแดด ที่กันแดดที่ใช้ประโยชน์กันอยู่ในปัจจุบันพอจะแบ่งตามลักษณะของ Elements ได้ดังนี้

ที่กันแดดภายนอกอาคาร

1. หลังคาเบรุ่ม PARASOL หลังและชายคา
2. พื้นที่ยื่นเป็นกันสาด
3. ส่วนยื่นของโครงสร้างหรือผนังป้องกันมุมเฉียง
4. เฉลียง (BALCONY) หรือ เบนจาย (CANOPY)
5. ครีบหรือแผงกันแดด (FINS)
6. มู่ลี่ไม้ไผ่ มู่ลี่พลาสติก บานปิดต่าง ๆ
7. ร่มเงาจากต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกร ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

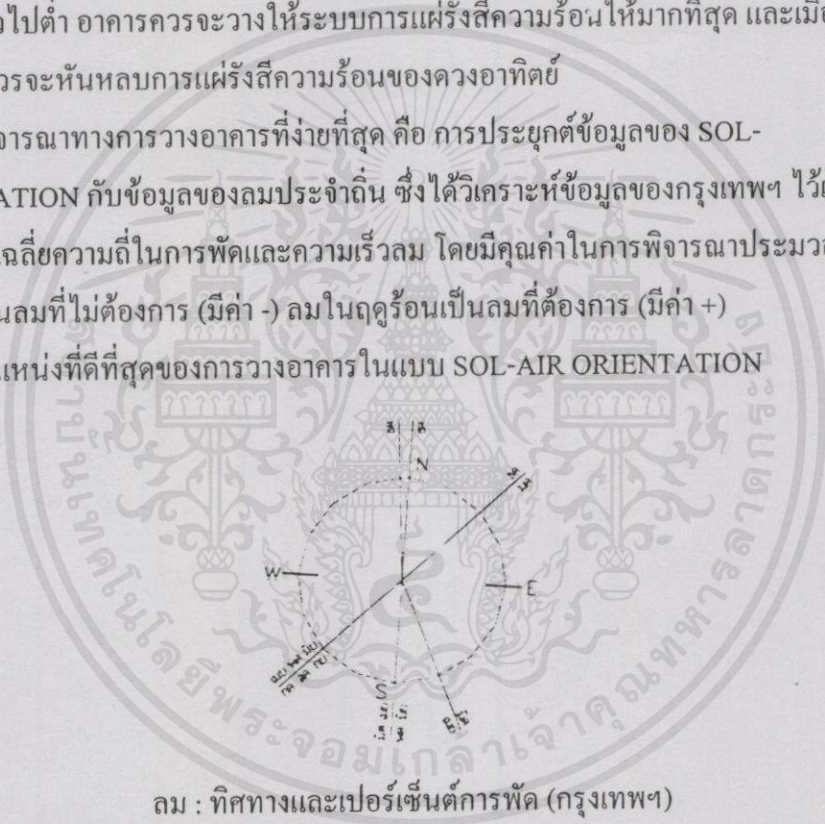
ที่กันแดดภายในอาคาร

1. กระจกตัดแสง (INSULATED GLASS)
2. มู่ลี่ บังตาภายใน (BLINDS)
3. ม่าน (CURTAINS)

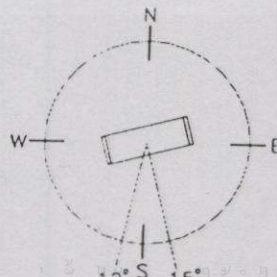
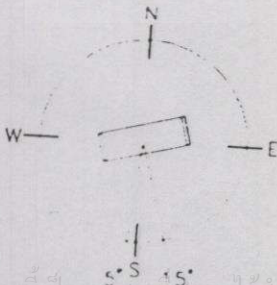
5.1.4 การจัดวางทิศทางของอาคาร จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ผลผลิตวิจัยพบว่า อาคารที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ควรจะเป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีพื้นที่ผนังด้านที่หันไปในทางทิศตะวันออกและตะวันตก ควรเป็นผนังทึบและมีพื้นที่น้อยที่สุด ดังที่ สมสมิทธิ์ นิตยะ ได้ให้ทิศทางของอาคารว่า ปริมาณความร้อนได้รับจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันออกไปตามฤดูกาล และตำแหน่งของห้องชั้นเมื่ออุณหภูมิทั่วไปต่ำ อาคารควรจะวางให้ระบบการแผ่รังสีความร้อนให้มากที่สุด และเมื่ออุณหภูมิทั่วไปสูงเกินควรจะหันหลบการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์

การพิจารณาทางการวางอาคารที่ง่ายที่สุด คือ การประยุกต์ข้อมูลของ SOL-AIR ORIENTATION กับข้อมูลของลมประจำถิ่น ซึ่งได้วิเคราะห์ข้อมูลของกรุงเทพฯ ไว้แล้วดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความถี่ในการพัดและความเร็วลม โดยมีคุณค่าในการพิจารณาประมวลได้ว่าลมในฤดูหนาวเป็นลมที่ไม่ต้องการ (มีค่า -) ลมในฤดูร้อนเป็นลมที่ต้องการ (มีค่า +)
2. ตำแหน่งที่ดีที่สุดของการวางอาคารในแบบ SOL-AIR ORIENTATION



ลม : ทิศทางและเปอร์เซ็นต์การพัด (กรุงเทพฯ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น 12° 15° ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะตีพิมพ์หรือดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารและผู้ที่มีการนำไปใช้  
**การวางอาคารเปิด 2 ด้าน** **การวางทิศทางอาคารเขตร้อนชื้น**

เทศไทย ชกเว้นชายทะเล, ภูเขา

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาลักษณะและรูปแบบอาคารที่เหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยอาศัยแบบสัมภาษณ์และแบบสังเกต โดยการสัมภาษณ์และสังเกต นั้น ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และสังเกตผู้ใช้อาคารที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาบ้าน จำนวน 6 หลัง ของโครงการสาธิตของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยที่ เครื่องมือทั้งสองชุดจะไม่มี ความซ้ำซ้อนกันและใช้ผลการวิเคราะห์จากเครื่องมือทั้งสองชนิด มาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหารูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมสำหรับบ้านที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน จากการศึกษาวิจัยและได้สรุปผลการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

### 5.2.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

1. จากการศึกษาสภาพแวดล้อมและลักษณะบ้านในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า การจัดสภาพแวดล้อมมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น การตั้งตัวอาคารบ้าน ไปตามแนวทางของทิศทางลม, หรือการปลูกต้นไม้บังแสงอาทิตย์ ในส่วนของลักษณะการออกแบบ และการก่อสร้างต้องคำนึงถึงการจัดวางตำแหน่งของห้องต่าง ๆ ให้เหมาะสม และเลือกนำเอาวัสดุ อุปกรณ์ที่จะมาใช้ก่อสร้างให้เหมาะสม เช่น การใช้วัสดุกันความร้อน การเจาะหน้าต่าง รวมไปถึง ความสูงของห้อง การถ่ายเทความร้อน และเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม

### 5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเสนอแนวความคิดในการออกแบบบ้านผลิตกระแสไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์เฉพาะบ้านพักอาศัยเท่านั้น ดังนั้น ผู้ที่จะวิจัยต่อควรจะคิดถึง การนำเซลล์แสงอาทิตย์ ไปใช้กับอาคาร เช่น อาคารขนาดเล็ก จนไปถึงอาคารขนาดใหญ่ ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องคำนึงถึง ลักษณะของ อาคาร สภาพแวดล้อม และการออกแบบเลือกวัสดุให้เหมาะสมเพื่อประหยัดพลังงาน

2. สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งในวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกเฉพาะสำหรับบ้านที่ออกแบบเท่านั้น ดังนั้นการเลือกทำเลที่ตั้งของอาคาร ต้องคำนึงถึงอาคารข้างเคียงและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มี ผลกระทบกับอาคารที่จะออกแบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

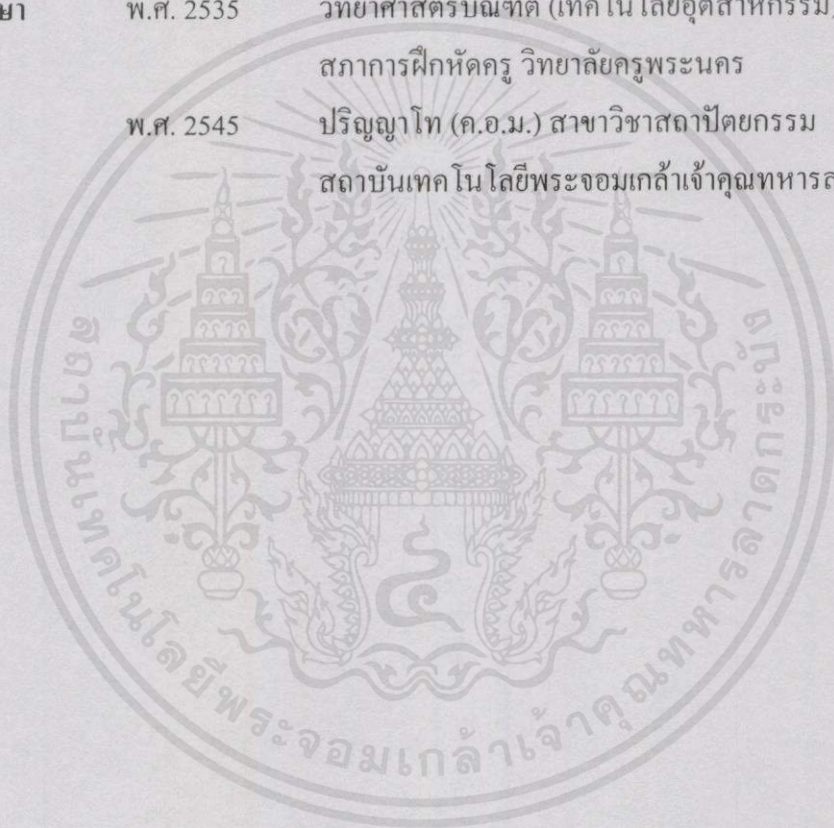
## บรรณานุกรม

- “คณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้คณะกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน” สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กันยายน 2540.
- ชาญวุฒิ วรวรรณ. 2526. สถาปัตยกรรมระบบทิม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธรณี ร. สุรินทร์ทรานูรณ์. 2521. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย.
- ธนิต จินดาวิชิต. 2540. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. 2537. การจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิโรจน์ นิพันธ์วัฒนะ. 2530. การศึกษาการจัดทำรายละเอียดโครงการเพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อน. คณะสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุนทร บุญญธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ (สพช.) สำนักนายกรัฐมนตรี. นโยบายแผนและแนวทางการวิจัยและพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ พ.ศ. 2540-2544. แนวโน้มการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวมุกดา บุญหมั่น
วัน เดือน ปีเกิด	1 กันยายน 2511
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	385 ซอยโรหิตสุข ถ.รัชดาภิเษก เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร
สถานที่ทำงาน	บริษัทสร้างเรือน-แต่งบ้าน
ตำแหน่ง	สถาปนิก
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2535 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) สภาการฝึกหัดครู วิทยาลัยครูพระนคร พ.ศ. 2545 ปริญญาโท (ค.อ.ม.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้