การศึกษาความเป็นไปได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง คอปเปอร์ อินเดียม-แกลเลียม ไดซิลิไนด์(CIGS) สำหรับอาคารชุดพักอาศัย ในประเทศไทย

Feasibility Study of Copper Indium Gallium (di)Selenide (CIGS) for Condominium in Thailand

วราภรณ์ แห้วเพ็ชร์[1*] พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[3] และ วรรัตน์ ปัตรประกร[2]

[1]นักศึกษา [3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี [2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS สำหรับอาคารชุดในประเทศไทย โดยศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของอาคารชุด ซึ่งแบ่งตามกลุ่มผู้ใช้กลางวันและผู้ใช้กลางคืน ศึกษาแนวทางการใช้และความเป็นไปได้เมื่อติดตั้ง CIGS กับอาคารชุด ทำการประเมินการใช้พลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนติดตั้ง CIGS เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารชุด จากการจำลองลักษณะการใช้พลังงานและการให้พลังงานของ CIGS กับอาคารชุด พบว่าเมื่อติดตั้ง CIGS ขนาด 110 Watts/m^2 กับพื้นที่หน้าต่างของห้องชุดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ให้ค่าพลังงานไฟฟ้า 2.51 kWh, 2.81 kWh และ3.75 kWh ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40 ของค่าพลังงานทั้งหมด ให้ค่าการใช้พลังงานลดลงต่อเดือน 75.30 kWh, 84.30 kWh และ112.50 kWh โดยราคาต้นทุน CIGS ต่อตาราเมตรประมาณ 23,000 - 35,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 3 ของราคาตลาดอาคารชุด และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 8 ปี จากผลการศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า CIGS ยังไม่สามารถให้ค่าพลังงานของอาคารได้ทั้งหมด แต่จากการประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามีความน่าสนใจในการลงทุน และท้ายที่สุดแล้วอาจจะเป็นนโยบายที่น่าสนใจสำหรับรัฐบาลในการบังคับว่าอาคารชุดควรจะติด CIGS เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

Abstract

This research was to study the feasibility of CIGS for condominiums in Thailand by studying the energy consumption of building which divide by behavior of users which interested in day time users and night time users. Then study approach and feasibility to apply CIGS for condominiums by consider energy consumption and economic efficiency of installation CIGS for energy conservation. The result showed that when installed 110 watts/m^2 of CIGSs on windows in a room type can be provide electricity 2.51 kWh per day, 2.81 kWh per day and 3.75 kWh per day which can be represented 40 percent of the total energy consumption. In other word, can be reduce energy supply from grid per month 75.30 kWh, 84.3 kWh and 112.50 kWh. While investment cost per square meter of CIGS is about 23,000 - 35,000 baht which equivalent to 3 percent of total condominium price that mean payback period is about 8 years. Although CIGS is not able to provide all of electric consumption in building but from the assessment of economics found that there is a very interesting to investment, it should be interested policy for the government to enforce condominium to install CIGS for sustainable development.

คำสำคัญ : อาคารชุดพักอาศัย เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS พลังงานแสงอาทิตย์ การจัดการพลังงานไฟฟ้า

Keywords : Condominium, CIGS, Solar Energy, Power Management

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ nuhang.waan@gmail.com โทร. 08 3210 4478

1. บทนำ

ปัจจุบันสัดส่วนการเพิ่มมากขึ้นของอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย มีเหตุจากพฤติกรรมการอยู่อาศัยเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆ เช่น ภาวะเศรษฐกิจที่ขึ้นลงซึ่งมีผลกระทบต่อกำลังซื้อของประชาชน ปัญหาอาชญากรรมของการอยู่ชานเมือง ปัญหาการจราจร ปัญหาราคาน้ำมันแพง และการเปลี่ยนแปลงทางสังคมทั้งในเรื่องจำนวนคนต่อครัวเรือนที่ลดลง การสร้างรถไฟฟ้า การเพิ่มจำนวนรถแท็กซี่ ทำให้คนส่วนหนึ่งเลือกที่จะอยู่อาคารชุด ซึ่งเป็นที่พักอาศัยในเมืองที่มีราคาต่ำ โดยไม่ต้องมีรถยนต์เหมือนก่อน จากสถิติการจดทะเบียนอาคารชุดในกทม. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2553 พบว่า จำนวนโครงการอาคารชุดที่จดทะเบียนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 โดยมีจำนวนอาคารชุด 12,000 หน่วย และเพิ่มมากขึ้นจนถึงปัจจุบันมีจำนวนอาคารชุดมากกว่า 350,000 หน่วย ไม่เพียงแต่อาคารชุดเท่านั้นที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นด้วย จากสถานการณ์พลังงานในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานรวมในภาคที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 ถึงร้อยละ 9.2 (DEDE, 2010) ส่งผลให้มีการนำเข้าของพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 ถึงร้อยละ 220 และคาดว่าจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจและกระแสความต้องการอาคารชุดที่เพิ่มขึ้น จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (2554-2573) มีเป้าหมายในการลดพลังงานไฟฟ้าของอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ 27,000 GWh จาก 50,000 GWh ให้เหลือ 23,000 GWh ในปี พ.ศ. 2573 และจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25%ใน 10ปี (พ.ศ.2555-2564) โดยปี พ.ศ. 2564 มีเป้าหมายในการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ คือ 2,000 MW ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 75.48 MW โดยเน้นส่งเสริมโครงการระบบขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งในระดับชุมชนและครัวเรือนรวมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ให้ได้ 1,000 MW ภายใน 10 ปี โดยอาจพิจารณาให้รวมถึงระบบที่ติดตั้งในบ้านของประชาชน อาคาร สำนักงาน โครงการบ้านจัดสรรหรือคอนโดมิ เนียม และอาคารภาครัฐ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายชนิดและประสิทธิภาพก็ต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก (Crystalline), ชนิดฟิล์มบาง (CIGS) และชนิดที่พัฒนาจากชนิดผลึกและชนิดฟิล์มบาง (CdTe, CIS) ฯลฯ โดย CIGS เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำมาใช้งานได้อย่างยืดหยุ่น โดยสามารถติดตั้งได้ทั้งบนหลังคา, ผนัง และกระจกอาคาร และเป็นเทคโนโลยีที่มีวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS สำหรับอาคารชุดพักอาศัย เพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของอาคารโดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้กลางวันและกลุ่มผู้ใช้กลางคืน ศึกษาแนวทางการใช้ และความเป็นไปได้สำหรับอาคารชุดเมื่อทำการติดตั้ง CIGS ทำการประเมินการใช้พลังงาน และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนติดตั้ง CIGS เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารชุด และได้ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจาก CIGS ที่สูงที่สุด โดยมีการลงทุนที่เหมาะสม

2. วิธีการทดลอง

2.1 ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคารชุด

ศึกษาข้อมูลจำนวนอาคารชุดในปัจจุบัน ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ไฟฟ้า เช่น ห้องชุด มีการแบ่งขนาดโดยประเมินจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ขนาดเล็ก, ขนาดกลาง, ขนาดใหญ่) จำนวนและขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เวลาที่ใช้งาน และลักษณะการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มผู้ใช้กลางวันและกลุ่มผู้ใช้กลางคืน รวมถึงที่ตั้ง ทิศทาง รูปแบบการจัดวางอาคารชุด

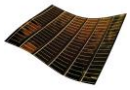
2.2 ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์

ศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย และระยะเวลาการรับแสงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยต่อวันในแต่ละพื้นที่ เพื่อหาประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้

2.3 ข้อมูลเซลล์แสงอาทิตย์

ศึกษาหลักการทำงานปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาคือ CIGS อุปกรณ์ประกอบระบบ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และรูปแบบการติดตั้ง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางประเภทต่าง ๆ (European Photovoltaic Industry Association, 2011)

ประเภท	Thin Film			
	a-Si	CdTe	CIGS	Dye s. cell
				
ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์	4-7%	8-10%	7-11%	2-4%
ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์				
พื้นที่รวม/kW	~15 m^2	~11 m^2	~10 m^2	~12 m^2

เมื่อรวบรวมและทำการศึกษาข้อมูลอาคารชุด, ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ และข้อมูลเซลล์แสงอาทิตย์ จึงนำมาจำลองแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุด นำมาคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ CIGS สามารถผลิตได้ต่อหนึ่งห้องได้ดังสมการที่ 1 คำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ คิดเป็นราคาประหยัด (บาท) หามูลค่าปัจจุบันสุทธิดังสมการที่ 2 คำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน และคำนวณระยะเวลาคืนทุน ซึ่งเป้าหมายหนึ่งของงานวิจัยนี้ คือ การลดภาระค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าของอาคารชุดพักอาศัยให้ได้ร้อยละ 60 หรือมากกว่า (คำนวณจากการจำลองลักษณะการใช้ไฟฟ้าของห้องชุดแต่ละขนาด และตามกลุ่มผู้ใช้)

$$P_{cell} = \frac{Pi}{Q \times A \times B \times \frac{C}{D}} \qquad (1)$$

กำหนดให้

P_{cell} = กำลังการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (kW)

P_i = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (kWh)

Q = พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (Wh/m^2)
โดยพื้นที่กรุงเทพฯ มีค่า 4.66 kWh/m^2.day
(DEDE, 2007 as cited in kruangam, 2011)

A = ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ (0.80)

B = ค่าชดเชยความสูญเสียเชิงความร้อน (0.85)

C = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (0.85)

D = ความเข้มแสงปกติ (1 kWh/m^2)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{Bt}{(1+i)1^t} - (\sum_{t=1}^{n} \frac{Ct}{(1+i)1^t} + Co) \qquad (2)$$

กำหนดให้

B_t = มูลค่าผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t (t = 1, 2, 3..., n)

C_t = มูลค่าต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t (t = 1, 2, 3..., n)

C_o = ต้นทุนปีที่เริ่มแรก (บาท)

t = ระยะเวลาของโครงการ (ปี)
n = อายุโครงการมีหน่วยเป็นปี
i = อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม (Discount rate)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

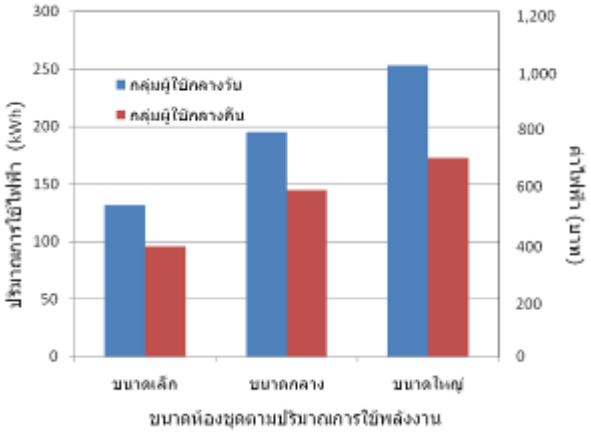
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของอาคารชุด

จากการศึกษาข้อมูลอาคารชุดโดยแบ่งขนาดของห้องชุดเป็น ห้องชุดขนาดเล็กมีปริมาณการใช้พลังงาน 150 หน่วยต่อเดือน ห้องชุดขนาดกลางมีปริมาณการใช้พลังงาน 151-250 หน่วยต่อเดือน ห้องชุดขนาดใหญ่ใช้พลังงานตั้งแต่ 250 หน่วยต่อเดือนขึ้นไป ศึกษาข้อมูลจำนวน ขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้า เวลาที่ใช้งาน และทิศทางการจัดวางอาคารชุด สามารถนำมาจำลองลักษณะการใช้ไฟฟ้าตามกลุ่มผู้ใช้งาน พบว่า ห้องชุดขนาดเล็ก ห้องชุดขนาดกลาง และห้องชุดขนาดใหญ่ มีการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนของกลุ่มผู้ใช้กลางวันและกลุ่มผู้ใช้กลางคืน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้พลังงานต่อเดือนของห้องชุดแต่ละขนาด แยกตามกลุ่มผู้ใช้

ขนาดห้องชุด	ปริมาณการใช้พลังงาน กลุ่มผู้ใช้กลางวัน (kWh/เดือน)	ปริมาณการใช้พลังงาน กลุ่มผู้ใช้กลางคืน (kWh/เดือน)
ขนาดเล็ก	131.54	95.71
ขนาดกลาง	195.06	144.81
ขนาดใหญ่	253.19	172.56

คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน 526.16 บาท, 382.84 บาท, 782.4 บาท, 579.24 บาท, 1,012.64 บาท, 690.24 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของห้องชุดขนาดต่างๆ

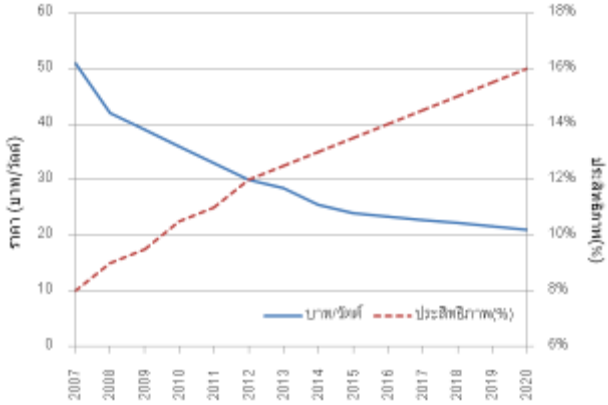
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์

จากแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พบว่า มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบเฉลี่ยสูงถึง 18.2 $MJ/m^2.day$ หรือ 5.04 $kWh/m^2.day$ โดยประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบเส้นศูนย์สูตร จะได้รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบสูงสุด และมีระยะเวลาการรับแสงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั่วประเทศ 4-5 ชั่วโมงต่อวัน (OY Not LLC, 2009) ครอบคลุมระยะเวลาตั้งแต่ 9:00-15:00 น. (Luque & Hegedus, 2011) โดยช่วงเวลาดังกล่าว เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 75 ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ (DeGunther, 2010) ส่งผลให้

ประเทศไทยมีศักยภาพการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์สูงถึง 554,071 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (DEDE, 2012)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเซลล์แสงอาทิตย์

จากกราฟที่ 2 พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ปัจจุบันมีประสิทธิภาพอยู่ประมาณ 13% ซึ่งค่าค่อนข้างสูง และในปี 2020 มีแนวโน้มสูงขึ้นถึง 16% ส่วนราคาปัจจุบัน CIGS ประมาณ 0.90 ดอลลาร์สหรัฐ และมีแนวโน้มจะลดลงถึง 0.70 ดอลลาร์สหรัฐในปี 2020



กราฟที่ 2 แสดงการคาดการณ์ประสิทธิภาพและราคาของ CIGS ระหว่างปี 2007-2020

และจากการศึกษาการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS บนหน้าต่างของอาคารชุดพักอาศัย เป็นพื้นที่ที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มสามารถติดที่กระจกได้เลย ไม่เสียพื้นที่ในการติดตั้ง และช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องชุดลง ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS กับอาคาร

ในส่วนของการศึกษาความเหมาะสมของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS กับการประยุกต์ใช้สำหรับอาคารชุด พบว่า กลุ่มผู้ใช้กลางวันจะได้ประโยชน์สูงสุด เนื่องจากสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้เลยโดยไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานไฟฟ้า ส่วนกลุ่มผู้ใช้กลางคืนต้องใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะมีการลงทุนด้านอุปกรณ์ประกอบระบบเพิ่ม

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องชุดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.79 kWh/day, 5.67 kWh/day และ 7.10 kWh/day ตามลำดับ สามารถนำไปคำนวณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ CIGS ผลิตได้ (อ้างอิงการคำนวณจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 110 W)

ขนาดห้องชุด	พลังงานไฟฟ้าที่ CIGS ผลิตได้ (kWh/Yr)
ขนาดเล็ก	753
ขนาดกลาง	843
ขนาดใหญ่	1125

3.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ในการศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS จากดัชนีชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์ทั่วไป ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน โดยทำการวิเคราะห์จากค่าใช้จ่ายต่างๆ ตลอดกรอบเวลาที่พิจารณา จากการตั้งสมมติฐานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS มีอายุการใช้งาน 20 ปี

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่า การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS มีระยะเวลาการคืนทุนค่อนข้างเร็ว อีกทั้งมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในอีก 20 ปีข้างหน้าเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนภายในคิดเป็นร้อยละ 7 ของมูลค่าในปัจจุบัน จะพบว่า มีความน่าสนใจในการลงทุนกับการติดตั้ง CIGS กับอาคารชุด

ตารางที่ 4 วิเคราะห์การลงทุนด้วยดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ทั่วไป

ขนาดห้องชุด	ค่าลงทุน CIGS (บาท/kWh)	ผลประหยัด (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	NPV (บาท)	IRR (%)
ขนาดเล็ก	23,550	3,010	7.82	17,351	7
ขนาดกลาง	26,400	3,374	7.82	19,452	7
ขนาดใหญ่	35,242	4,504	7.82	25,966	7

หมายเหตุ

1. ค่าการลงทุนคิดในสัดส่วนตามกราฟการคาดการณ์ประสิทธิภาพและราคา ในปีปัจจุบันประมาณ 30 บาท/วัตต์
2. กำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับร้อยละ 4
3. กำหนดระยะเวลาพิจารณาเท่ากับอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 20 ปี

4. สรุป

จากการจำลองการใช้พลังงานห้องชุดแต่ละขนาดของอาคารชุดพักอาศัย พบว่า ห้องชุดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.79 kWh/day, 5.67 kWh/day และ 7.10 kWh/day โดยกำลังการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง CIGS ขนาด 110 Watts จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2.51 kWh/day, 2.81 kWh/day และ 3.75 kWh/day ตามลำดับ ซึ่งสามารถรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องชุดพักอาศัย คิดเป็นร้อยละ 40 ของค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

จากการศึกษาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนเฉลี่ยต่อตารางเมตรของการติดตั้ง CIGS กับห้องชุดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่อยู่ที่ 23,550 บาท, 26,400 บาท และ 35,242 บาท ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 2-3 ของราคาตลาดอาคารชุด มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยประมาณ 8 ปี เท่ากันทุกขนาด และเมื่อคิดอายุการใช้งานที่ 20 ปี จะพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ประมาณ 17,000 บาท, 20,000 บาท และ26,000 บาท ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลกำไร และอัตราผลตอบแทนภายในเป็นร้อยละ 7 ของมูลค่าในปัจจุบัน โดยอัตราคิดลดอยู่ที่ร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งมีความน่าสนใจในการลงทุนสำหรับอาคารชุดพักอาศัย ในประเทศไทย เนื่องจากทุกๆ การลงทุนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะได้ผลกำไรเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ด้วย รวมถึงผลประหยัดที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ด้วยเช่นกัน ทั้งยังสามารถช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้ ช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศลงได้ และจากการศึกษางานวิจัยนี้ จะเป็น

แนวทางที่สำคัญสำหรับรัฐบาลเพื่อออกนโยบายสำหรับอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทยว่า อาคารชุดควรติดตั้ง CIGS ที่หน้าต่าง สำหรับการลงทุนเพิ่มในครั้งแรก เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

5. เอกสารอ้างอิง

Department of Alternative Energy Development and Efficiency [DEDE]. (2012). **ความเข้มแสง และศักยภาพเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วประเทศ** [Solar radiation intensity and solar energy efficiency potential in Thailand]. *Statistic Data*, URL: http://www.dede.go.th, access on 07/12/2012.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency [DEDE]. (2010). **แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573),** URL: http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf, access on 24/04/2013.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency [DEDE]. (2010). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564)** [Alternative Energy Development Plan: AEDP], URL: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf, access on 19/01/2013.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency [DEDE]. (2010). **รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) 2553** [Thailand energy statistics 2010 (preliminary)], URL: http://www.dede.go.th/dede/ images/stories/stat_dede/Th_En_St_2010_p.pdf, access on 10/01/2013.

OY Not LLC. (2009). **World solar insolation map.** Retrieved January 2, 2012, from http://www.oynot.com/solar-insolation-map.html