



Potential for producing electricity with rooftop solar energy and conserving energy by changing equipment of Chaiphum Rajabhat University

^{1*}Worchate Sangsida, ¹Suprattra Budsareechai, ¹Sukanya Hongthong & ²Wiparat Nisapai

¹Mechanical Engineering Faculty of Arts and Science Chaiphum Rajabhat University

²Production Engineering And Automation Faculty of Arts and Science Chaiphum Rajabhat University

*Corresponding author: w.sangsida@gmail.com

Received	Reviewed	Revised	Accepted
04/01/2024	02/05/2024	31/05/2024	30/06/2024

Abstract

This paper presents the potential of generating electricity with rooftop solar energy and conserving energy by changing the equipment of Chaiphum Rajabhat University by surveying energy use in Chaiphum Rajabhat University. Information regarding building space was collected, including several air conditioning equipment, several lighting equipment, and information on electrical energy usage of Chaiphum Rajabhat University. Then the potential for rooftop solar installations, energy saving potential in lighting systems, and energy saving potential of air conditioning systems proceeded.

As a results, it was found that it was possible to reduce the overall energy cost burden by more than 48.60% from the energy cost compared to before changing the system to the LED system with Built-in IoT. This resulted in reducing 90% energy consumption and 37.50% reduced energy use of Inverter Air Conditioner. Electricity production from solar energy installed on the roof can be designed with a maximum power generation capacity of approximately 450 kWp, resulting in electrical energy savings of 668,172.59 kWh, equivalent to an amount saved of 3,006,766.66 bath/year.

Keywords: Solar energy; Electrical lighting system; Air conditioning system; Energy conservation



ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงานด้วย
การเปลี่ยนอุปกรณ์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

^{1*} วรเชษฐ แสงสีดา, ¹สุพัตรา บุตรเสรีชัย, ¹สุกัญญา หงษ์ทอง และ ²วิภารัตน์ นิสากัย

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

²สาขาวิศวกรรมการผลิตและระบบอัตโนมัติ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

*ผู้พิมพ์หลัก: w.sangsida@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ โดยสำรวจการใช้พลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จะมีการจัดเก็บข้อมูลด้านพื้นที่อาคาร จำนวนอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศ จำนวนอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง และข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จากนั้นดำเนินการประเมินศักยภาพการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ศักยภาพการประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ศักยภาพการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

จากผลการวิจัยพบว่า หากดำเนินการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและการอนุรักษ์พลังงานด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยุมิจะสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ในภาพรวมได้มากกว่า 48.60% ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานส่องสว่างโดยการเปลี่ยนเป็นระบบ LED with Built-in IoT สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 90% และ Inverter Air Conditioner ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 37.50% การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถออกแบบกำลังผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 450 kWp ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า 668,172.59 kWh คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ 3,006,776.66 บาท/ปี

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์; ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง; ระบบปรับอากาศ; การอนุรักษ์พลังงาน



บทนำ

พลังงานมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศในด้านประชากร เศรษฐกิจ และสังคมมนุษย์ ในปัจจุบันนี้โลกกำลังเผชิญกับยุคแห่งความไม่เท่าเทียมกันทางสังคมและปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน แนวคิดที่ว่าระบบการผลิตพลังงานแบบกระจายอำนาจสามารถปฏิวัติวิธีการบริโภคและการผลิตไฟฟ้าของเรานั้นกำลังได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น (Ford, 2011; Child, 2017) ความสามารถผลิตไฟฟ้าได้เอง เป็นข้อได้เปรียบในความยืดหยุ่นด้านพลังงานของเมือง และเผชิญกับการขาดแคลนพลังงานทั่วโลก หนึ่งในแนวทางแก้ไขหลักที่นำไปใช้และศึกษาในปัจจุบันในหลายเมืองทั่วโลกคือการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ในอาคาร (PV) เช่น การติดตั้งบนหลังคา (Khan, 2016; Singh, 2016; Byrne, 2015)

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (Power Development Plan, 2018) จะมีกำลังผลิตไฟฟ้าในระบบ 3 การไฟฟ้า ในปลายปี 2580 รวมสุทธิ 77,211 เมกะวัตต์ โดยประกอบด้วยกำลังผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ณ สิ้นปี 2560 เท่ากับ 46,090 เมกะวัตต์ โดยเป็นกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าใหม่รวม 56,431 เมกะวัตต์ และมีการปลดกำลังผลิตโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุในช่วงปี 2561 - 2580 จำนวน 25,310 เมกะวัตต์ การจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้จัดทำประมาณการ แนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจระยะยาว (GDP) ปี 2560-2580 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.8 ต่อปี ใช้อัตราการเพิ่มของประชากรเฉลี่ยร้อยละ 0.02 ต่อปี สำหรับค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดทำแผน PDP2018 ในช่วงปี 2561 - 2580 พบว่าค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิของระบบ 3 การไฟฟ้า และพลังไฟฟ้าสูงสุดสุทธิในปี 2580 มีค่าประมาณ 367,458 ล้านหน่วย และ 53,997 เมกะวัตต์ (Power Development Plan, 2018) ตามลำดับ ประกอบกับแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan, 2015) ได้กำหนดให้ลดอัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อผลของกิจกรรมหรือลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงอย่างน้อยร้อยละ 30 ภายในปี 2579 เมื่อเทียบกับปี 2553 หรือประมาณ 56,142 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) และเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (Alternative Energy Development Plan, 2015) ที่ต้องการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน โดยการพิจารณาถึงศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาพัฒนาได้ทั้งในรูป ไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2579 หรือเทียบเท่า 39,388.67 ktoe

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยม และให้ความสนใจจากหน่วยงาน องค์กร และภาคประชาชน จากข้อมูลพัฒนาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ปี พ.ศ. 2560 ฉบับใหม่สำหรับประเทศไทยซึ่งจัดทำโดยมหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แบบจำลอง

ดังกล่าวคำนึงถึงการดูกลืนรังสีอาทิตย์ ของโอโซน ใต้น้ำ และการลดทอนของฝุ่นละอองข้อมูลดาวเทียมที่ใช้เป็นข้อมูลจากดาวเทียม GMS5 GOES9 และ MTSAT1R รวมระยะเวลา 15 ปี (ค.ศ. 2001 - 2015) โดยได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปคำนวณรังสีดวงอาทิตย์ ทั่วประเทศ และนำผลที่ได้ไปจัดแสดงในรูปแผนที่รายเดือน และรายปี จากแผนที่รายเดือน พบว่า การกระจายตามพื้นที่ของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจาย ตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ($18-20\text{ MJ/m}^2\text{day}$) จะอยู่ในบริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ดังFigure 1 โดยบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศมีพื้นที่ซึ่งมีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงอยู่ในช่วง $20-22\text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ปรากฏ อยู่เป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ และ บริเวณใกล้เคียง เมื่อพิจารณาความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน สำหรับประเทศไทยจะเห็นว่ามีค่าสูงเหมาะแก่การใช้งานเป็นพลังงานทางเลือก



Figure 1 Average daily solar energy potentia

ภาพรวมสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ มีอาคารและสถานที่ประกอบกิจกรรมจำนวนมากเพื่อรองรับกิจกรรมของคณะบุคลากร และนักศึกษาบนพื้นที่กว่า 1,482 ไร่ เพื่อพัฒนาทักษะและองค์ความรู้ให้แก่นักศึกษา ซึ่งทางมหาวิทยาลัยต้องติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่บุคลากร และนักศึกษา การใช้พลังงานจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ มีการใช้งานยาวนานกว่า 10 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งยังไม่นับรวมเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และใช้ในการทดลองวิจัย และการทำงานด้านต่าง ๆ ทำให้มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ มีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากกว่า 4.5 ล้าน kWh ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 18 ล้านบาท โดยการใช้พลังงานส่วนใหญ่เกิดจากเครื่องปรับอากาศและระบบส่องสว่าง ซึ่งอุปกรณ์ในระบบ



ส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานมานานหลายปี ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ และอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่เก่าล้าหลัง ทำให้มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานสั้น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงอยู่บ่อยครั้ง ประกอบกับฟังก์ชันการทำงานที่ค่อนข้างจำกัดและมีประสิทธิภาพต่ำทำให้ประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานทำได้ไม่ดี สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้อุปกรณ์ในระบบส่องสว่างและปรับอากาศด้วยเทคโนโลยีใหม่ อาทิเช่น หลอดไฟ LED with Built-in IoT ระบบเครื่องปรับอากาศ Inverter

วัตถุประสงค์การวิจัย

1 เพื่อสำรวจ และสรุปผลการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

2 เพื่อสำรวจ และสรุปผลการอนุรักษ์พลังงานด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เหมาะสมของมหาวิทยาลัย ราชภัฏชัยภูมิ

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในบทความนี้ ได้ทำการสำรวจการใช้พลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จะมีการจัดเก็บข้อมูลด้านพื้นที่อาคาร จำนวนอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศ จำนวนอุปกรณ์ระบบส่องสว่าง และข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จากนั้นดำเนินการประเมินศักยภาพการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ศักยภาพการประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้าส่องสว่าง ศักยภาพการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

ผลการศึกษาวิจัย

ศักยภาพการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

การตรวจสอบสถิติการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิจากการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง 12 เดือน มีหน่วยการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 156,915 kWh/เดือน ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 706,117.5 บาท/เดือน คิดเป็นค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.50 บาท/kWh คิดเป็น 8,473,410 บาท/ปี

เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา มีหน่วยการผลิตไฟฟ้า ที่แตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ ลักษณะการติดตั้ง เพื่อประเมินการผลิตพลังงานตลอดระยะเวลาโครงการได้อย่างเป็นมาตรฐาน จึงได้ดำเนินการจำลองการผลิตพลังงานโดยการใช้โปรแกรม PVsyst ซึ่งเป็นโปรแกรมทางวิศวกรรมที่มีความน่าเชื่อถือในการประเมินการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Byrne, 2015; Kyprianou, 2010; Daut, 2011) จากการพิจารณาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่มีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วงเวลา 06.00 น. ถึงเวลา 18.00 น. มี



ค่าประมาณ 110 kW – 460 kW หรือ 25 – 118 kWh ดังแสดงใน Figure 2 มีหน่วยวัดเป็น kW เทียบกับเวลา และ Figure 3 มีหน่วยวัดเป็น kWh เทียบกับเวลา และจากการสำรวจมีพื้นที่ 2,329 ตารางเมตรที่มีศักยภาพในการติดตั้ง Solar Rooftop จึงสามารถออกแบบกำลังผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 450 kWp ประเมินเงินลงทุนทั้งสิ้น 31,260,000.00 บาท

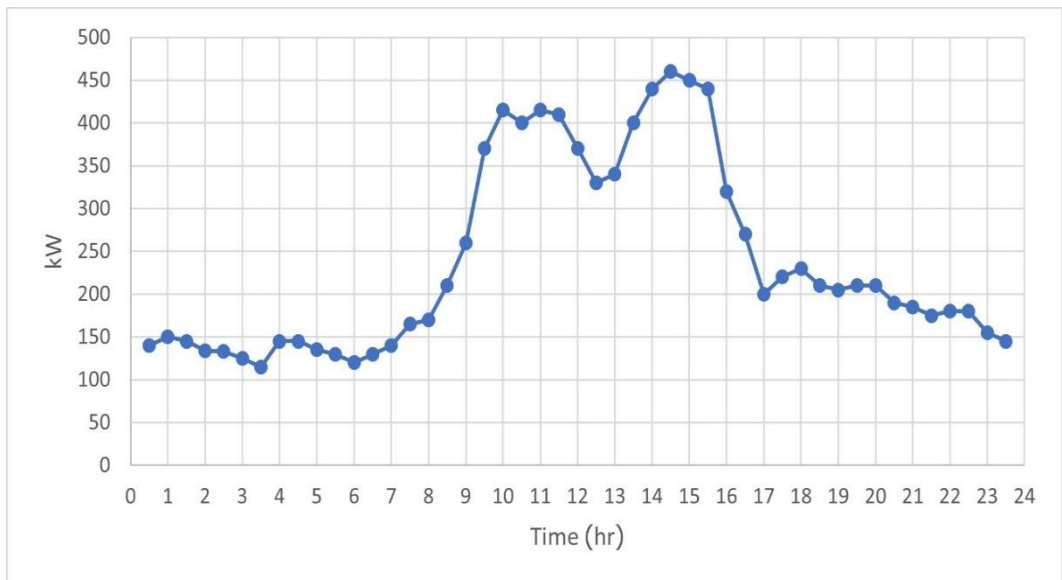


Figure 2 Electricity usage behavior of Chaiyaphum Rajabhat University, unit kW

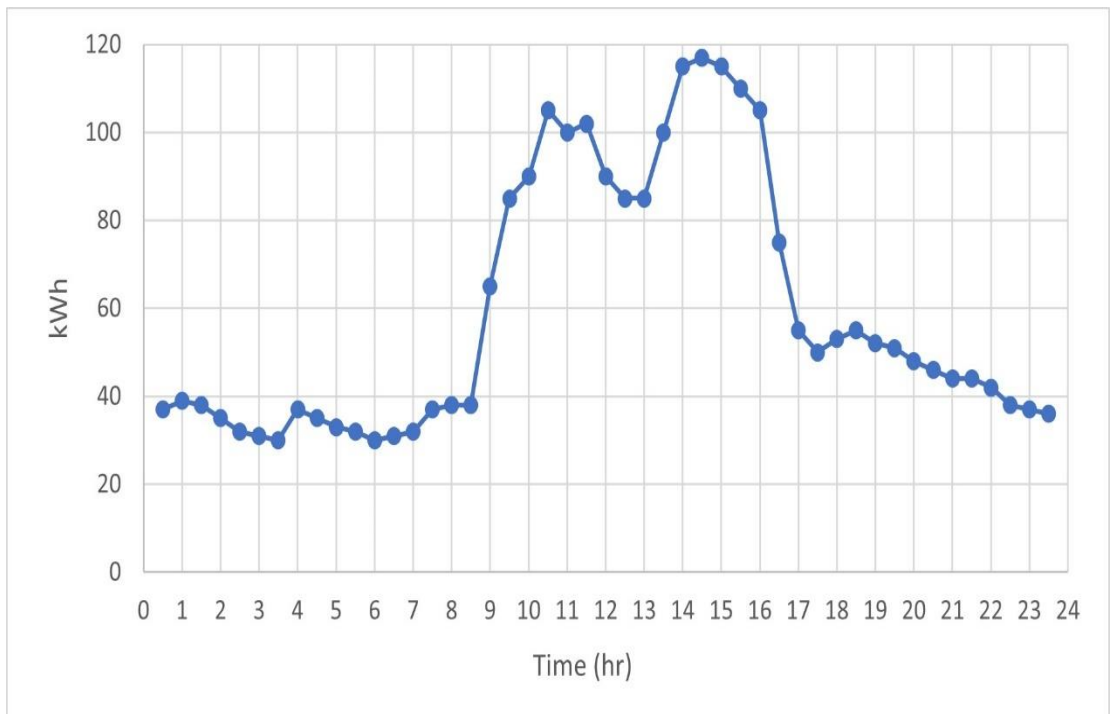


Figure 3 Electricity usage behavior of Chaiyaphum Rajabhat University, unit kWh

Table 1 Data used in the analysis.

ข้อมูลเบื้องต้น		
- จำนวนวันใช้งาน	365	วัน/ปี
- กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง (Wp)	310	วัตต์
- Energy yield derating factor (EF)	0.7	
- Peak sun hour (ชั่วโมงการทำงาน)	5.23	ชั่วโมง/วัน
- ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	4.50	บาท/kWh
- จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง	1,613	แผง



กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง (kW)

$$\begin{aligned} &= (310 \text{ W} / 1000) \times 0.7 \\ &= 0.217 \text{ kW} \end{aligned}$$

กำลังไฟฟ้าสูงสุดรวม (kW)

$$\begin{aligned} &= 0.217 \text{ (kW)} \times 1,613 \text{ (แผง)} \\ &= 350.021 \text{ kW} \end{aligned}$$

ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า (kWh)

$$\begin{aligned} &= 350.021 \text{ (kW)} \times 5.23 \text{ (ชั่วโมง/วัน)} \times 365 \text{ (วัน/ปี)} \\ &= 668,172.59 \text{ kWh/ปี} \end{aligned}$$

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)

$$\begin{aligned} &= 668,172.59 \text{ kWh/ปี} \times 4.50 \text{ (บาท/kWh)} \\ &= 3,006,776.66 \text{ (บาท/ปี)} \end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุน (เงินลงทุน / เงินที่ประหยัดได้)

$$= 31,260,000.00 / 3,006,776.66 = 10.40 \text{ ปี}$$

เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ (คิดที่ไฟฟ้า 1 kWh เท่ากับ 0.0000852 toe)

$$\begin{aligned} &= 668,172.59 \times 0.0000852 \text{ toe} \\ &= 56.93 \text{ toe เทียบเท่า้ำมันดิบ} \end{aligned}$$

ปล่อยก๊าซ CO₂ ได้ประมาณ

$$= 374.8 \text{ ton-CO}_2/\text{ปี}$$

B/C Ratio ของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด = ((อัตราประหยัดพลังงาน x อายุการใช้งาน) / เงินลงทุน)

$$= (3,006,776.66 \times 20) / 31,260,000.00 = 1.92$$

การอนุรักษ์พลังงาน

อนุรักษ์พลังงานระบบส่องสว่าง

**Table 2** Survey of lighting systems within buildings of Chaiyaphum Rajabhat University.

ชนิดหลอดไฟ	Watt	จำนวน	พลังงานที่ สูญเสียใน ระบบ (Watt)	ชั่วโมง/ วัน	วัน/ปี	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า(บาท/ ปี)
Downlight 18 W	18	1298	10	8	264	76,758.53	345,413.38
Fluorescent 36W	36	8054	10	8	264	782,462.21	3,521,079.94
Fluorescent 18W	18	1164	10	8	264	68,834.30	309,754.37
High Bay 400 W	400	31	80	8	264	31,426.56	141,419.52
Spot Light 400W	400	16	80	8	264	16,220.16	72,990.72
รวมยอด						975,701.76	4,390,657.96

Table 2 เป็นการสำรวจระบบส่องสว่างที่ใช้ภายในและนอกอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ เพื่อทำการวัดและประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบส่องสว่างทั้งหมด พบว่า มีการใช้หลอดไฟประเภท Downlight 18W, Fluorescent 36W, Fluorescent 18W, High Bay 400W, Spot Light 400W ซึ่งเป็น หลอดไฟฟ้าชนิดที่มีการใช้พลังงานที่สูง หากเปรียบเทียบกับหลอดไฟฟ้าชนิด LED ที่มีใช้ในเทคโนโลยี ปัจจุบัน จากการสำรวจ การใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นอัตรา 8 ชั่วโมงต่อวัน 264 วันต่อปี จะมีการใช้พลังงาน 975,701.76 kWh ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 4,390,657.96 บาทต่อปี

**Table 3** Lighting system inside the building after renovation to LED bulbs.

ชนิดหลอดไฟ	Watt	จำนวน	พลังงานที่ ลดลงจาก IoT -kWh/ปี	ชั่วโมง/ วัน	วัน/ปี	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)
LED A60 E27 Bulb 8 W	8	1,298	-	8	264	21,931.01	98689.55
LED Tube 120cm. 16 W +IoT	16	8,054	204,121	8	264	68,040.19	306180.90
LED Tube 60cm. 8 W +IoT	8	1,164	14,750	8	264	4,916.74	22125.33
LED High Bay 210 W +IoT	210	31	10,312	8	264	3,437.28	15467.76
LED Flood Light 200W +IoT	200	16	5,069	8	264	1,689.60	7603.20
รวมยอด						100,014.82	450,066.70

Table 3 เป็นการออกแบบการใช้ระบบส่องสว่างใหม่ที่ใช้อยู่ในและนอกอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ เพื่อทำการประเมินผลการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเพ้าส่องสว่างประเภทหลอด LED และระบบควบคุม lot และใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบส่องสว่างทั้งหมด โดยประเมินการลงทุนทั้งสิ้น 46,091,100.00 บาท พบว่ามีการใช้หลอดไฟประเภท LED A60, E27 Bulb 8 W, LED Tube 120cm. 16W + IoT, LED Tube 60cm. 8W + IoT, LED High Bay 210W + IoT, LED Flood Light 200W + IoT ซึ่งเป็นหลอดไฟฟ้าชนิดที่มีการใช้พลังงานที่ประหยัดไฟฟ้าสูงสุดที่มีใช้ในเทคโนโลยีปัจจุบัน จากการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นอัตรา 8 ชั่วโมงต่อวัน 264 วันต่อปี มีการใช้พลังงาน 100,014.82 kWh ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 450,066.70 บาทต่อปี สามารถประหยัดการใช้พลังงานลงได้ 875,686.94 kWh ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 3,940,591.26 บาทต่อปี

ผลการประหยัดพลังงาน (ก่อนติดตั้ง - หลังติดตั้ง)

$$= 975,701.76 - 100,014.82 = 875,686.94 \text{ kWh/ปี}$$

ผลประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงาน (ก่อนติดตั้ง - หลังติดตั้ง)

$$= 4,390,657.96 - 450,066.70 = 3,940,591.26 \text{ บาท/ปี}$$

ระยะเวลาคืนทุน (เงินลงทุน / เงินที่ประหยัดได้)

$$= 46,091,100.00 / 3,940,591.26 = 11.70 \text{ ปี}$$

$$\text{Kilotonnes of oil equivalent (ktoe)} = \text{ผลการประหยัดพลังงาน} / 11,630,000$$



$$= 3,940,591.26 / 11,630,000$$

$$= 0.34 \text{ ktoe}$$

Tonnes of carbon dioxide (tons-CO₂) = การปล่อยก๊าซ CO₂ 6 เดือนแรก ปี พ.ศ. 2560 ใน
ประเทศไทยต่อการใช้พลังงาน 1ktoe

$$= 1,810 \times 0.34$$

$$= 615.4 \text{ tonnes-CO}_2$$

Table 4 Survey of indoor air conditioning systems at Chaiyaphum Rajabhat University.

Rated BTU	จำนวน	ชั่วโมง ต่อวัน	Factor ใช้งาน	วันต่อปี	กำลังไฟฟ้า (kW)	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)
9,000	15	8	0.8	264	1.50	38,016.00	171,072
12,000	12	8	0.8	264	1.50	30,412.80	136,857.6
13,000	5	8	0.8	264	1.60	13,516.80	60,825.6
16,000	2	8	0.8	264	1.60	5,406.72	24,330.24
17,000	2	8	0.8	264	1.70	5,744.64	25,850.88
18,000	46	8	0.8	264	1.70	132,126.72	594,570.2
19,000	3	8	0.8	264	2.15	10,897.92	49,040.64
23,000	3	8	0.8	264	2.60	13,178.88	59,304.96
24,000	98	8	0.8	264	2.60	430,510.08	1,937,295
25,000	140	8	0.8	264	3.50	827,904.00	3,725,568
26,000	59	8	0.8	264	3.50	348,902.40	1,570,061
27,000	6	8	0.8	264	3.50	35,481.60	159,667.2
29,000	3	8	0.8	264	3.50	17,740.80	79,833.6
30,000	58	8	0.8	264	3.50	342,988.80	1,543,450
31,000	6	8	0.8	264	4.00	40,550.40	182,476.8
32,000	1	8	0.8	264	4.00	6,758.40	30,412.8
33,000	18	8	0.8	264	4.10	124,692.48	561,116.2



Rated BTU	จำนวน	ชั่วโมง ต่อวัน	Factor ใช้งาน	วันต่อปี	กำลังไฟฟ้า (kW)	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)
34,000	4	8	0.8	264	4.10	27,709.44	124,692.5
36,000	73	8	0.8	264	4.20	518,031.36	2,331,141
38,000	15	8	0.8	264	4.55	115,315.20	518,918.4
40,000	1	8	0.8	264	4.55	7,687.68	34,594.56
48,000	2	8	0.8	264	6.12	20,680.70	93,063.15
60,000	38	8	0.8	264	7.83	502,723.58	2,262,256
รวมยอด						3,616,977.40	16,276,398

Table 4 เป็นสำรวจการใช้งานระบบปรับอากาศที่ใช้ภายในอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ เพื่อทำวัดและประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศทั้งหมด พบว่า มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 9,000 - 60,000 BTU ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน ตั้งแต่ 7 - 15 ปี ซึ่งเป็น เครื่องปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง หากเทียบกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน จากการสำรวจการใช้ พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นอัตรา 8 ชั่วโมงต่อวัน 264 วันต่อปี มีการใช้พลังงาน 3,616,977.40 kWh ต่อปี คิดเป็น มูลค่า 16,276,398 บาทต่อปี

Table 5 Inverter Air Conditioner system

Rated BTU	จำนวน	ชั่วโมง ต่อวัน	Factor ใช้งาน	วันต่อปี	กำลังไฟฟ้า (kW)	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)
9,000	15	8	1	264	0.75	23,760.00	106,920
12,000	12	8	1	264	0.75	19,008.00	85,536
13,000	5	8	1	264	0.80	8,448.00	38,016
16,000	2	8	1	264	0.80	3,379.20	15,206.4
17,000	2	8	1	264	0.85	3,590.40	16,156.8
18,000	46	8	1	264	0.85	82,579.20	371,606.4
19,000	3	8	1	264	1.08	6,811.20	30,650.4



Rated BTU	จำนวน	ชั่วโมง ต่อวัน	Factor ใช้งาน	วันต่อปี	กำลังไฟฟ้า (kW)	kWh/ปี	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)
23,000	3	8	1	264	1.30	8,236.80	37,065.6
24,000	98	8	1	264	1.30	269,068.80	1,210,810
25,000	140	8	1	264	1.75	517,440.00	2,328,480
26,000	59	8	1	264	1.75	218,064.00	981,288
27,000	6	8	1	264	1.75	22,176.00	99,792
29,000	3	8	1	264	1.75	11,088.00	49,896
30,000	58	8	1	264	1.75	214,368.00	964,656
31,000	6	8	1	264	2.00	25,344.00	114,048
32,000	1	8	1	264	2.00	4,224.00	19,008
33,000	18	8	1	264	2.05	77,932.80	350,697.6
34,000	4	8	1	264	2.05	17,318.40	77,932.8
36,000	73	8	1	264	2.10	323,769.60	1,456,963
38,000	15	8	1	264	2.28	72,072.00	324,324
40,000	1	8	1	264	2.28	4,804.80	21,621.6
48,000	2	8	1	264	3.06	12,925.44	58,164.48
60,000	38	8	1	264	3.92	314,202.24	1,413,910
รวมยอด						2,260,610.88	10,172,749

Table 5 เป็นออกแบบใช้งานระบบปรับอากาศที่ใช้ภายในอาคารของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ เพื่อประเมินผลการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศทั้งหมด พบว่า มีการใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 9,000 - 60,000 BTU ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน ตั้งแต่ 7 - 15 ปี ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง หากเทียบกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน จากการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นอัตรา 8 ชั่วโมงต่อวัน 264 วันต่อปี มีการใช้พลังงาน 2,260,610.88 kWh ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 10,172,749 บาทต่อปี สามารถประหยัดการใช้พลังงานลงได้ 1,356,366.53 kWh ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่า 5,425,466.11 บาทต่อปี



ผลการประหยัดพลังงาน (ก่อนติดตั้ง - หลังติดตั้ง)

$$= 3,616,977.40 - 2,260,610.88 = 1,356,366.52 \text{ kWh/ปี}$$

ผลประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงาน (ก่อนติดตั้ง - หลังติดตั้ง)

$$= 16,276,398 - 10,172,749 = 6,103,649 \text{ บาท/ปี}$$

ระยะเวลาคืนทุน (เงินลงทุน / เงินที่ประหยัดได้)

$$= 43,891,100.00 / 6,103,649 = 7.19 \text{ ปี}$$

Kilotonnes of oil equivalent (ktoe) = ผลการประหยัดพลังงาน / 11,630,000

$$= 1,356,366.52 / 11,630,000$$

$$= 0.17 \text{ ktoe}$$

Tonnes of carbon dioxide (tons-CO₂) = การปล่อยก๊าซ CO₂ 6 เดือนแรก ปี พ.ศ. 2560 ในประเทศไทยต่อการใช้พลังงาน 1ktoe

$$= 1,810 \times 0.17$$

$$= 307.70 \text{ tonnes-CO}_2$$

B/C Ratio ของการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมด = (อัตราประหยัดของหลอด x อายุการใช้งานของหลอด) + (อัตราประหยัดของเครื่องปรับอากาศ x อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ) / เงินลงทุนทั้งหมด

$$= (3,502,747.78 \times 9) + (6,103,649 \times 10) / 43,891,100.00 = 2.11$$

อภิปรายผล

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา มีหน่วยการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างตามสภาพพื้นที่ ลักษณะการติดตั้ง เพื่อประเมินการผลิตพลังงานตลอดระยะเวลาโครงการได้อย่างเป็นมาตรฐาน PEA จึงได้ดำเนินการจำลองการผลิตพลังงานโดยใช้โปรแกรม PVsyst ซึ่งเป็นโปรแกรมทางวิศวกรรมที่มีความน่าเชื่อถือในการประเมินการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จึงสามารถออกแบบกำลังผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ประมาณ 450 kWp ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า 668,172.59 kWh คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ 3,006,776.66 (บาท/ปี)

การอนุรักษ์พลังงานจะช่วยลดภาระการทำงานของหน่วยงานในการดูแลซ่อมบำรุงระบบส่องสว่าง ทำให้สามารถตรวจสอบระบบ ส่องสว่างที่มีการเสียหายชำรุดในบริเวณต่าง ๆ ได้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ และ Smart Phone ส่งผลให้สามารถดูแลระบบส่องสว่างได้อย่างทั่วถึง และแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วและตรงจุด ลดภาระค่าซ่อมบำรุงในระบบ เนื่องจากหลอดไฟ LED มีอายุการใช้งานที่ยาวนานถึง 9 ปี ทำให้ระยะเวลา ในการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่และการซ่อมบำรุงระบบส่องสว่างยืดระยะเวลาออกไปอีกหลายปี ช่วยให้ระบบส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และระบบ Inverter Air Conditioner ที่มีรูปแบบการทำความเย็นที่ให้อุณหภูมิสม่ำเสมออย่างต่อเนื่องแต่ใช้พลังงานต่ำจะเป็น



ต้นแบบให้แก่หน่วยงานอื่น ๆ ในด้านเทคโนโลยีการประหยัดพลังงาน เพื่อให้เกิด ความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานมาใช้กันอย่างแพร่หลายยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานกัน ในวงกว้าง ตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan : EEP 2015) ลด ภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในภาพรวมได้มากกว่า 48.60% จากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเปลี่ยนระบบ มา เป็น ระบบ LED with Built-in IoT ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 90% และ Inverter Air Conditioner ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 37.50%

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิที่สนับสนุนทุนวิจัย และคณะทำงานที่ทำการสนับสนุน ให้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษสำเร็จลุล่วง

References

- Byrne, J., Taminiau, J. Kurdgelashvili, L., Nam Kim K. (2015). A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul Renew. *Sustain. Energy Rev*, 830-844.
- C S.K., Christofides, N.G., Papadakis, A.P. (2010). Feasibility study of a 150 kWp photovoltaic park in Cyprus. *7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*. 7-10 November, Agia Napa, Cyprus.
- Child, M., Kemfert, C., Bogdanov, D & Breyer C. (2019). Flexible electricity generation, grid exchange and storage for the transition to a 100% renewable energy system in Europe Renew. *Energy*, 139, 80-101.
- Daut, I., Irwanto, M., Irwan, Y.M., Gomesh, N., & Ahmad, N.S. (2011) Potential of solar radiation and wind speed for photovoltaic and wind power hybrid generation in Perlis, Northern Malaysia. *The 5th International Power Engineering and Optimization Conference*, Malaysia.
- Ford, R., Walton, S., Stephenson, J., Rees, D., Scott, M., King, G., Williams, J. & Wooliscroft, B. (2017). Emerging energy transitions: PV uptake beyond subsidies Technol. Forecast. Soc. Change, 117, 138-150.
- Karki, P., Adhikary, B & Sherpa, K. (2012). *Comparative study of grid-tied photovoltaic (PV) system in Kathmandu and Berlin using PVsyst*. Nepal: IEEE ICSET.



- Khan, J. & Arsalan M.H. (2016). Estimation of rooftop solar photovoltaic potential using geo-spatial techniques: a perspective from planned neighborhood of Karachi-Pakistan Renew. *Energy*, 90, 188-198.
- Singh, R., Banerjee R. (2015). Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city Sol. *Energy*, 115, 589-602.