



การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร  
กองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก

DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF SOLAR ROOFTOP ELECTRIC SYSTEM ON THE  
BUILDING OF POST ENGINEER DEPARTMENT

พันตรี วิรัตน์ พิชิตกัญชร<sup>1,2</sup> และรองศาสตราจารย์ ดร.เกียรติ ชยะกุลคีรี<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> กรมยุทธโยธาทหารบก กองทัพบก

<sup>2</sup> หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

\* E-mail: keerati.ch@sut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจากพิกัดของสถานที่ติดตั้งจริงและข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ สำหรับเป็นแนวทางการศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามนโยบายของกองทัพบก ซึ่งต้องการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหน่วยทหารลง 10% รวมทั้งศึกษาระยะเวลาคืนทุนและอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผลจากการจำลองการติดตั้งพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 5% โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 34,809 หน่วยต่อเดือน ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 1,670,832 บาทต่อปี ทำให้ระบบดังกล่าวจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 18% ทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

คำสำคัญ พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร, การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน, อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ABSTRACT

This paper presents the design and economic analysis of solar rooftop electricity system for the Post Engineer Department, Royal Thai Army (RTA). The program computer is used for estimate the electricity energy obtained from the installed solar panel using actual building location and historical weather. The project is aimed to be the pilot project for designing and development

Major.Wirut Pichitkunchorn<sup>1,2</sup> and Associate Professor Dr.Keerati Chayakulkheeree<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Post Engineer Department, Royal Thai Army.

<sup>2</sup> Master of Engineering in Energy and Environmental Management Curriculum, School of Engineering, Sripatum University.

<sup>3</sup> School of Electrical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

of solar electricity installation in other building of RTA and in order to fulfill the RTA's energy conservation policy with target of 10% electricity reduction. The payback period and the reduction of greenhouse gas (GHG) emission are also investigated in this study. The simulation results shown that the solar panel installed on the South-East side roof top of the building provide approximately 5% higher electricity generation than those of installed on the North-West side. The total electricity generation is 34,809 kWh/month which is equivalent to 1,670,832 Baht/year. As a result, the project payback period is approximately 7 years and provides 18% of electricity reduction. Moreover, the GHG emission is reduced by 225.56 ton of CO<sub>2</sub> e/year.

**KEYWORDS:** Solar roof top electricity, economic analysis, greenhouse gas emission

## 1. บทนำ

จากสถานการณ์พลังงานของประเทศและแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย (2558-2579) [1] ซึ่งกระทรวงพลังงาน ได้วางกรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ โดยให้ความสำคัญ 3 ด้าน อันประกอบด้วย ด้านความมั่นคงทางพลังงาน ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยทั้งหมดนั้นเป็นการดำเนินการเพื่อตอบสนองและเพื่อความสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตของประชากร ความต้องการการใช้พลังงาน รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ทั้งนี้กองทัพบกได้เล็งเห็นถึงความสำคัญทั้ง 3 ด้านตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย โดยเฉพาะหัวข้อด้านความไม่มั่นคงทางพลังงาน และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกองทัพบกมีหน่วยงานขึ้นตรงต่อสายการบังคับบัญชาอยู่เป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งแยกออกตามพื้นที่ความรับผิดชอบเป็น 4 กองทัพอากาศทั่วประเทศ ทำให้มีอัตราการบริโภคพลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันการไฟฟ้าฯ ได้คิดค่าบริการ การใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนเป็นแบบ TOU [2] ซึ่งปรับเปลี่ยนส่วนราชการและหน่วยงานไม่แสวงหากำไร ให้จัดเข้าอยู่ในกลุ่มประเภทธุรกิจและกิจการขนาดเล็กแทนซึ่งจะแบ่งการคิดค่าไฟฟ้า ตามอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้า ตามแบบการทำงานเป็นกะของหน่วยงานภาคเอกชนได้ จึงมุ่งเน้นทางด้านการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้ารายวัน ในช่วง On peak และที่สำคัญต้องเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับสำนักงานและอุปกรณ์ที่มีความสำคัญได้โดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชนอื่นๆ ในกรณีเกิดความไม่มั่นคงภายในประเทศหรือยามสงคราม

กรมยุทธโยธาทหารบก ในฐานะกรมฝ่ายยุทธบริการ ซึ่งมีการกิจหลักในงานการก่อสร้าง ซ่อมแซมอาคาร สิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภค งานอสังหาริมทรัพย์ การส่งกำลังบำรุงสิ่งอุปกรณ์สายยุทธโยธา จึงได้รับนโยบายให้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับระบบพลังงานทดแทนชนิดต่างๆ เพื่อดำเนินการออกแบบและติดตั้งให้มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้พลังงานของหน่วยงานภายในกองทัพบก โดยระบบพลังงานทดแทนที่จะนำมาดำเนินการติดตั้งนั้น กำลังพลประจำหน่วยจะต้องสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยากและสามารถตรวจสอบซ่อมแซมอุปกรณ์เบื้องต้นได้ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการติดตั้งจากกระทรวงพลังงาน เพื่อตอบสนองกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกและสอดคล้องกับนโยบายพลังงานทดแทนของกองทัพบก ซึ่งข้อมูลจากรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย [3] โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ได้คำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ในประเทศไทยพบว่ามีความสูงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น นับเป็นพลังงานทดแทนที่มีความนิยมค่อนข้างสูงเนื่องจากการติดตั้งและการดูแลรักษาต่ำกว่าพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นๆ แต่หากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีการออกแบบที่ไม่คำนึงถึงหลักการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และภูมิศาสตร์ที่ดีพอก็จะส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการผลิตมีปริมาณที่น้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ได้ ทำให้มีผู้คิดค้นเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณการออกแบบสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก [4] รวมทั้งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ โปรแกรม PVSYST เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ได้อ้างอิงข้อมูลงานวิจัยบางส่วนของ พงศ์ศักดิ์ ก้อนแก้ว [5] ซึ่งได้ศึกษาวิเคราะห์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของอาคารอเนกประสงค์โดยใช้โปรแกรม PVSYST 3.4 ในการออกแบบและศึกษาความความเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับละติจูด และสถานที่ตั้งของอาคาร โดยผลการการศึกษาพบว่าความเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมคือ 13.7 องศา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางด้านทิศใต้ และหันไปตามแนวอาคารเพื่อความเหมาะสมสวยงามที่มุมอะซิมุทเท่ากับ 31 องศา พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.2 และ 6.6 ตามลำดับ จากผลการวิจัยดังกล่าวทำให้รู้ว่ามุมการติดตั้งที่เหมาะสมการพื้นที่ตั้งของประเทศไทยควรทำมุมที่ 14 องศาโดยประมาณจะส่งผลต่อกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เณิมพล นาคบุตร [6] โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Monocrystalline silicon ขนาด 250 วัตต์จำนวน 40 แผงในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับอาคารกรณีศึกษา ทั้งสิ้น 10 อาคารในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่ามุมเอียงที่มีความเหมาะสมกับอาคารกรณีศึกษาและส่งผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงที่สุดอยู่ในช่วงมุมประมาณ 14 – 15 องศาโดยประมาณ เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้งานนิพนธ์ของ อังสนา พจนศิริ [7] ได้ศึกษาคำนวณและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก โดยเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการติดตั้ง เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และนำไปสู่การใช้พลังงานทดแทนในอนาคต โดยพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ระหว่างระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโคดเดี่ยว (Off grid system) โดยศึกษาความคุ้มค่าทางด้านการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้คือ มูลค่าปัจจุบัน สุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะคืนทุน (Payback period) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินด้วยอัตราดอกเบี้ย 6.75% พบว่า ระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีค่า มูลค่าปัจจุบัน สุทธิ (NPV) เป็น 1,694,317.16 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 13% ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 7.23 ปี ส่วนกรณีระบบโคดเดี่ยว (Off grid system) พบว่าค่า มูลค่าปัจจุบัน สุทธิ (NPV) เป็น 324,704.04 บาท ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 8.05 ปี จึงสรุปได้ว่า กรณีระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนถ้าเทียบกับระบบโคดเดี่ยว (Off grid system) ซึ่งในภาวะปัจจุบันต้นทุนในการดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มที่ต่ำกว่าแต่ก่อนอย่างมาก รวมทั้งประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีขึ้นส่งผลทำให้ระยะเวลาคืนทุนพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ยิ่งน้อยลงและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เร็วขึ้นด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ อาทิ งานวิจัยของ A. Orioli และ A. Di Gangi [8] ซึ่งได้ศึกษาคำนวณเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้า (levelized cost of energy, LCOE) จากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าในประเทศอิตาลี ในช่วงเดือน มิถุนายน ค.ศ. 2010 ถึง พฤษภาคม ค.ศ. 2016 โดยใช้ค่าเสื่อมราคาและค่าบำรุงระบบที่ขึ้นอยู่กับความเอียงของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาทาง

ตอนใต้ของอิตาลี พบว่าต้นทุนเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจะต่ำกว่าต้นทุนการซื้อไฟฟ้าจากโครงข่ายในเวลาไม่เกิน 20 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของแผงพลังงานแสงอาทิตย์และอินเวอร์ท นอกจากนี้แล้วงานวิจัยของ Spertino, F. และคณะ [9] ก็วิเคราะห์ได้อย่างน่าสนใจของต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาทั้งในอิตาลีและเยอรมันนี่ซึ่งเป็นโครงการที่ทั้งสองประเทศเข้าร่วมการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 20 ปี การศึกษาได้ใช้ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนพลังงานแสงอาทิตย์ในปี ค.ศ. 2006 ถึง 2012 และทำการศึกษาในรายละเอียดของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 3 kWp ถึง 1 MWp รวม 4 กรณีศึกษา โดยผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในการวิเคราะห์การใช้อัตรากอเบิ้ลเงินกู้เป็นอัตราคิดคำนวณมูลค่าสุทธิ ซึ่งพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการในประเทศอิตาลีมีค่ามากกว่าศูนย์ หรือมีความคุ้มค่าในการลงทุนเฉพาะในกำลังการผลิตขนาดกลาง

การศึกษาอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถหาค่าปริมาณอัตราการลดได้จากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบการปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยงานวิจัยของ พิมลมาศ วรรณคณาพล และคณะ [10] ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.39 เมกะวัตต์ต่อปี โดยมีอายุการใช้งานเท่ากับ 25 ปี สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 19.42 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งหากนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารในส่วนของกองทัพทุกทั่วประเทศ จะสามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ก่อนข้างสูงตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว

จากเหตุผลข้างต้นกรมยุทธโยธาทหารบกจึงเหมาะสมในการที่จะศึกษาในรายละเอียดเป็นโครงการนำร่องในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นกรณีศึกษาให้กับหน่วยงานอื่นๆ ของกองทัพ โดยจะดำเนินการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก ซึ่งจะหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางด้านทิศใต้หรือทิศตะวันตกเฉียงเนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จึงค่อนข้างไปทางด้านทิศใต้ของประเทศตลอดทั้งปี ซึ่งมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูดของสถานที่ดำเนินการติดตั้ง เพราะแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีการกระจายถึงประมาณร้อยละ 50 ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับความเข้มแสงได้ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย ซึ่งสารนิพนธ์ฉบับนี้มีเป้าหมายในการศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งและการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากการลงทุนที่เหมาะสม โดยการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาใช้เฉพาะภายในหน่วยงานของกรมยุทธโยธาทหารบก ซึ่งไม่ได้ขายพลังงานไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯ แต่จะมุ่งเน้นดำเนินการตามแผนการประหยัดพลังงานให้ได้ร้อยละ 25 ภายในปี 2564 และกำหนดระยะเวลาการคุ้มทุนไม่เกิน 10 ปี

ทั้งนี้ในการวิจัยได้ใช้โปรแกรม PVSYST,V5.55 (Demo) ในการออกแบบและศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกและได้ทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากการคำนวณของโปรแกรมฯนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยในพื้นที่ติดตั้งและโหลดการใช้งานจริง เพื่อหาค่า Peak Load ที่สามารถประหยัดได้ในแต่ละวันเพื่อนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าและคำนวณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริเวณที่ติดตั้งและเก็บข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางนำร่องให้กับพื้นที่การติดตั้งอื่นๆต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ให้กับกองบัญชาการระดับกรมของกองทัพบก รวมถึงโครงการพระราชดำริฯ และกองกำลังตามแนวชายแดน ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าและในการพัฒนาพลังงานไฟฟ้าสำรองเพื่อ

นำมาใช้ในกิจการทางด้านทหารโดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่นๆ (Stay Alone) ในสภาวะไม่ปกติหรือเกิดภาวะสงคราม

## 2. อาคารกรมยุทธโยธาทหารบกและการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

อาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก ตั้งอยู่เลขที่ 2254 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่สัน 57-3-68 ไร่ เป็นอาคารสำนักงาน 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอยโดยประมาณ 3,442.5 ตารางเมตร ซึ่งมีลักษณะตามภาพที่ 3.2 ซึ่งจากการตรวจสอบการใช้พลังงาน เมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี 2558 ถึง เดือนตุลาคม ปี 2559 พบว่า มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 108,094.58 หน่วยต่อเดือน โดยแยกเป็นช่วง On Peak มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 50,912.08 หน่วยต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 187,336.09 บาทต่อเดือน (หน่วย ละ 3.6796 บาท) และช่วง Off Peak มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 57,349.17 หน่วยต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 124,791.80 บาทต่อเดือน (หน่วยละ 2.1760 บาท) โดยการคิดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ตามอัตราช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) หัวข้อที่ 3.2.2 ระดับแรงดัน 12-24 กิโลโวลต์ ซึ่งพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก จะอยู่ในช่วงกลางวันและช่วง On Peak จึงส่งผลทำให้ต้องจ่ายอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนค่อนข้างสูง รูปที่ 1. แสดงภาพจำลองและตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษา



รูปที่ 1 ภาพจำลองและตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษา  
ที่มา: กรมยุทธโยธาทหารบก และ Google Earth

## 3. การศึกษาและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารกรมยุทธโยธาทหารบก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารระดับกรมฯ ของกองทัพบก โดยมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารระดับกรมฯ ของกองทัพบก เพื่อเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการติดตั้งและพัฒนาการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่เหมาะสมกับอาคารระดับกรมฯ ของกองทัพบกให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในอาคารระดับกรมฯ ให้ได้ไม่น้อยกว่า 10% ภายในปีถัดไป ตาม

นโยบายของกองทัพบก โดยในการศึกษาได้แบ่งออกเป็นการออกแบบทางเทคนิคและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

### 3.1 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารกรมยุทธโยธาทหารบก

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Poly – Crystalline ขนาด 300 Wp เป็นแบบยึดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคารทั้งสิ้นจำนวน 840 แผง แบ่งออกเป็นหลังคาด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ 420 แผง และหลังคาด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ 420 แผง ใช้อุปกรณ์แปลงพลังงาน ( Inverter ) แบบ On -Grid จำนวน 10 ตัว ซึ่งแต่ละตัวใช้ 6 สตริง โดยจะนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรมกันจำนวน 14 แผงแล้วนำมาต่อขนานกัน และจำลองระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม PVSYSY เพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าพลังงานที่ผลิตได้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่ามุมเอียงของแผงและมุมอะซิมูท (Azimuth)
2. กำหนดข้อมูลของแผงพลังงานแสงอาทิตย์และของอินเวอร์เตอร์
3. ทำการตรวจสอบเงาไกล
4. ทำการออกแบบการติดตั้งและตรวจสอบเงาใกล้
5. ประมวลผลค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ในแต่ละวันใน 1 ปี
6. วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
7. วิเคราะห์ความคุ้มค่าและอัตราลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากโครงการ

ในการกำหนดตัวแปรของระบบโปรแกรม PVSYSY, V5.55 นั้น ประกอบด้วยปัจจัยหลายด้าน แต่สามารถสรุปเป็นปัจจัยหลักสำคัญได้อยู่ 3 ด้าน คือ ตำแหน่งสถานที่การติดตั้ง ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอินเวอร์เตอร์ โดยต้องตั้งค่าข้อมูลสภาพอากาศ (Meteorological) ก่อน และกำหนดสถานที่ตั้งของอาคารที่จะดำเนินการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการทดลองระบบ โดยป้อนค่าทางภูมิศาสตร์ของกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกคือ Latitude 13.83884 °N Longitude 100.57763°E Altitude 10 M และ Time zone 7

จากนั้นทำการกำหนดรายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในกรณีศึกษานี้จะใช้แผงชนิด Poly – Crystalline ขนาดกำลังการผลิต 300 Wp ขนาดของแผง 1,956 x 992 x 35 mm. น้ำหนักแผง 21.1 kg ผลิตภายใต้มาตรฐาน มอก.1843:2553 และกำหนดรายละเอียดของ Inverter ซึ่งในกรณีศึกษานี้จะใช้ Inverter ชนิด On – Grid ขนาด 25 kW 2 MPPT inputs

การกำหนดมุมในการรับรังสีแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับกรณีศึกษานี้จะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 2 ฝั่งตามรูปแบบหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก แบ่งออกเป็นหลังคาทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และหลังคาทิศตะวันออกเฉียงใต้ เป็นลักษณะทรงจั่วทำมุมกับแนวระนาบ 8° ซึ่งตำแหน่งตัวอาคารตั้งอยู่ที่ 13.83844°N ดังนั้นในการกำหนดมุม Azimuth และ มุม Tilt angle จะใช้ข้อมูลจากผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งการติดตั้งแผง ที่มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย กล่าวคือ “ มุมที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดคือหันหน้าแผงไปทางทิศใต้หรือมุม Azimuth 0° และควรยกแผงทำมุมกับพื้นระนาบหรือมุม Tilt angle 15 -16 ° ” จึงส่งผลทำให้สามารถหาค่ามุม Azimuth และ มุม Tilt angle ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ตามลำดับดังนี้

1. หลังคาด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ กำหนดให้มุม Tilt angle ที่ 8° และ มุม Azimuth ที่ 166° ซึ่งแผงจะหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทำมุมกับทิศใต้ 66°

2. หลังคาด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ กำหนดให้มุม Tilt angle ที่  $8^\circ$  และ มุม Azimuth ที่  $-14^\circ$  ซึ่งแผงจะหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำมุมกับทิศใต้  $104^\circ$

ในขั้นตอนการตรวจสอบเงาไกลหรือเงาขอบฟ้าพบว่า เงาขอบฟ้าเกิดการบดบังในช่วงเวลา 07.00 และ 18.00 น. สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่บนหลังคาด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และจะเกิดการบดบังในช่วงเวลา 18.00 น. สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่บนหลังคาด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

การออกแบบและตรวจสอบเงาไกลการตรวจสอบเงาไกล เป็นการใช้โปรแกรม PVSYSY, V5.55 วิเคราะห์การเกิดบังเงาระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแถว (Shading loss) เป็นต้น โดยการสร้างเป็นภาพ 3 มิติของพื้นที่โครงการแล้วทำการวิเคราะห์ผล จากนั้นทำการประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากจำนวนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ที่ต้องติดตั้ง ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในแต่ละช่วงเวลาเป็นรายชั่วโมงตลอด 1 ปี ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยนี้มีข้อจำกัดของข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้ 1 เดือน แต่เนื่องจากลักษณะการทำงานเป็นอาคารหน่วยงานภาครัฐ ทำให้มีการใช้พลังงานที่มีลักษณะเดียวกันเกือบตลอดปี และนอกจากนี้เนื่องการเป็นกรณีของการลงทุนเพื่อลดพลังงานที่ใช้ในหน่วยงานทำให้ลักษณะการใช้พลังงานในกรณีนี้ไม่กระทบต่อผลประโยชน์ที่ได้ ส่วนข้อมูลของแสงอาทิตย์นั้นเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ที่คำนึงถึงสภาพภูมิอากาศและฤดูกาลดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

### 3.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

การศึกษาผลประโยชน์ที่ได้รับจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า สำหรับหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกในกรณีของบทความนี้เป็นกรณีของหน่วยงานภาครัฐที่ไม่แสวงหาผลกำไรจากการลงทุน รวมทั้งการลงทุนมาจากงบประมาณของรัฐบาลซึ่งมีแนวทางในการบริหารแตกต่างจากภาคเอกชน โดยเฉพาะอัตราค่าความเสื่อมมูลค่า (Discount Rate) จึงได้ใช้วัตถุประสงค์ของการลงทุนเป็นระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตามนโยบายของหน่วยงานที่เป็นกรณีศึกษา และไม่ได้วิเคราะห์กรณีที่เป็น Discount payback period รวมทั้ง NPV และ IRR เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนในวัตถุประสงค์ของการลงทุนที่แตกต่างจากภาคเอกชน นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Greenhouse gas emissions and removals) ซึ่งการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นกับราคาของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้กับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งถ้าอุปกรณ์นั้นมีรับประกันอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ยาวนาน และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง ทำให้ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตไฟฟ้าในแต่ละวันอยู่ในเกณฑ์สูง ปัจจัยที่กล่าวข้างต้นนั้นจะส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสิ้น

เกณฑ์การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ระยะเวลาที่โครงการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งๆ จะสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ร่วมกับโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารนั้น โดยคิดในรูปของการลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารายเดือนลง และชดเชยกับราคาค่าต้นทุนในการผลิตระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ภายในระยะเวลาที่ปี หากค่า PB มีค่าน้อย หมายถึงระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อมาชดเชยราคาค่าต้นทุนการติดตั้งได้เร็ว และสามารถใช้เวลาที่เหลือของอายุการใช้งานของอุปกรณ์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่มีต้นทุนได้นานขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากค่า PB มีค่ามาก หมายถึงระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อมาชดเชยราคาค่าต้นทุนการติดตั้งได้ช้า และสามารถใช้เวลาที่เหลือของอายุการใช้งานของอุปกรณ์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่มีต้นทุนได้ไม่นาน

การคำนวณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ โดยจะใช้ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยในปี พ.ศ.2555 เท่ากับ 43.33 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือคิดเป็น 0.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไฟฟ้า [11] โดยสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$CO_{2\text{ Emission}} = ER * 0.54 \quad \text{kgCO}_2 \text{ e/year} \quad (1)$$

โดยที่

$CO_{2\text{ Emission}}$  คือ อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO<sub>2</sub> e/year)

$ER$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (หน่วย)

โดยผลการศึกษ้อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ แสดงถึงปริมาณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บริษัทผู้ผลิตรับประกันที่ 25 ปี ดังนั้นแสดงว่ายิ่งกำลังการผลิตไฟฟ้าบนหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธามีปริมาณมากเท่าใดก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย

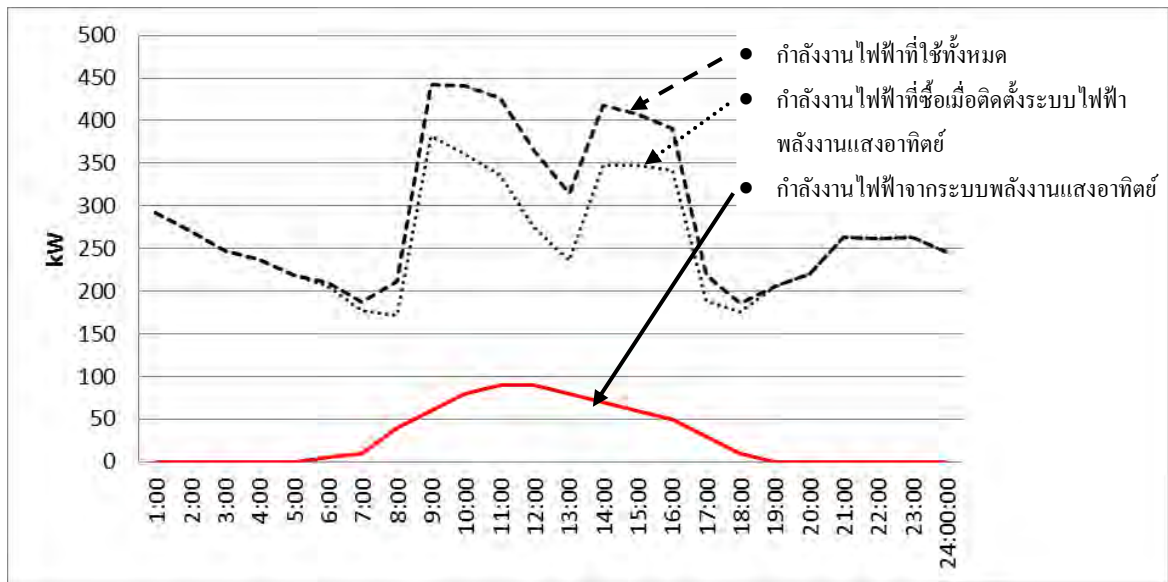
#### 4. ผลลัพธ์ของการศึกษา

จากข้อมูลที่ได้ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารทั้ง 2 ฟังของกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกนั้น พบว่าค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ของฝั่งหลังคาอาคารทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่ามากกว่าพลังงานไฟฟ้าทางฝั่งทิศตะวันตกเฉียงเหนือ อันเนื่องมาจากตำแหน่งการติดตั้ง ทิศทางการหันแผง และเงาตกกระทบซึ่งมีผลกระทบกับการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก เช่น รูปร่างและวัสดุของหลังคาอาคาร จำนวนแผงที่จะต้องดำเนินการติดตั้ง และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ ส่งผลให้เกิดค่าพลังงานสูญเสียทางฝั่งหลังคาทิศด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณร้อยละ 5 ของพลังงานที่ควรจะได้รับ

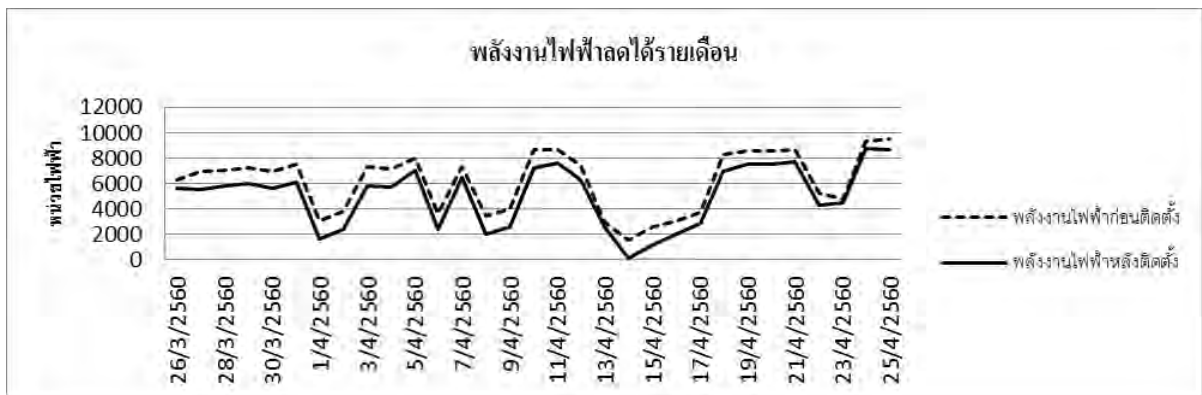
##### 4.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ประมวลผลได้และข้อมูลการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังของหน่วยงานจะสามารถนำมาวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในวันทำงานปกติ (Weekday) ได้ดังรูปที่ 2. โดยพลังงานไฟฟ้าของการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งวิเคราะห์จากโปรแกรม PVSYS นั้นมีปริมาณการเริ่มผลิตไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 07.00 – 18.00 น. ซึ่งจะส่งผลทำให้ช่วยลดค่า Peak สูงสุดในแต่ละวันได้ และยังช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันลดลงได้ด้วย ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงปฏิบัติงานของหน่วยงาน ทำให้มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง ส่วนในวันหยุดนั้นระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันลงได้ในเวลาเดียวกัน แต่เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีการปฏิบัติงาน โหลดไฟฟ้าส่วนใหญ่จึงเกิดเฉพาะที่บ้านพักข้าราชการ ส่งผลทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เหลือมากกว่าที่โหลดใช้จริงในบางช่วงเวลา





รูปที่ 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลประหยัดจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ข้อมูลวันที่ 27 มีนาคม 2560)



รูปที่ 3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้จากช่วงเวลาของการทดลอง

การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ บนหลังคาฝั่งทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้ารวมหลังดำเนินการติดตั้งระบบ Solar System ของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก โดยส่งผลทำให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงของกรมยุทธโยธาทหารบก (ข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวง) อาทิ เช่น กรณีตัวอย่างในช่วงเวลาของการทดลองระยะ 1 เดือน (26 มี.ค. 60 – 25 เม.ย. 60) ตามรูปที่ 3. โดยข้อมูลค่าผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้นั้น จะใช้拿去คำนวณระยะเวลาคุ้มทุนของโครงการดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจและวิเคราะห์ความคุ้มค่ากับงบประมาณการลงทุนได้

#### 4.2 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

#### 4.2.1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีฐาน

เป็นการคำนวณผลจากระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในรูปแบบของกระแสเงินสด โดยมีได้คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาที่เกี่ยวข้อง การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดเท่านั้น ไม่ใช่ตัวกำไรหรือขาดทุนของกิจการ โดย ณ จุดได้ที่ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรกก็จะได้ระยะเวลาคืนทุนนั่นเอง ทำให้การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจึงเหมาะกับการวิเคราะห์โครงการลงทุนที่มีระยะค่อนข้างนานและพิจารณาความเสี่ยงจากการลงทุน เพื่อใช้ในการเลือกโครงการลงทุน โดยดูจากระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 Wp จำนวน 252 kWp ระบบไฟฟ้าด้านกระแสตรง (DC) และ Inverter ขนาด 25 kVA จำนวน 10 ชุด ระบบไฟฟ้าด้านกระแสสลับ (AC) ระบบล่อฟ้าบนหลังคาอาคาร อุปกรณ์ประกอบการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ระบบทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์และอุปกรณ์ความปลอดภัย รวมเป็นยอดเงินทั้งสิ้น 11,866,005.09 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการเก็บข้อมูลและประมวลผลจากโปรแกรม PVSYS, V5.55 (Demo) ในช่วงเดือนตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ (26 มี.ค. 60 – 25 เม.ย. 60) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้เท่ากับ 34,809 หน่วย/เดือน คิดเป็นต่อปีเท่ากับ 417,708 หน่วย/ปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 1,670,832 บาท/ปี ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 11,866,005.09 / 1,670,832 = 7.10 \text{ ปี}$$

#### 4.2.2 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีที่มีการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปจากผลลัพธ์จริง

สำหรับหัวข้อนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์อาจแตกต่างไปจากการคาดการณ์ คือต่ำกว่าค่าคาดการณ์ 10% และในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของราคาอุปกรณ์สูงขึ้น 10% เปรียบเทียบกับกรณีฐาน โดยสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีที่มีการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปจากผลลัพธ์จริง

กรณีศึกษา	ต้นทุน (บาท)	ผลประหยัด (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
กรณีฐาน	11,866,005.09	1,670,832	7.10
กรณีที่มีการลงทุนมีต้นทุนเพิ่มขึ้น 10 %	13052605.60	1,670,832	7.81
กรณีที่มีการผลิตพลังงานต่ำกว่าที่คาดไว้ 10 %	11,866,005.09	1503748.8	7.89

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าในการศึกษานี้แม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ในการลงทุนหรือการคาดการณ์พลังงานที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ไป 10% ก็ยังทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ภายในระยะเวลาไม่เกิน 8 ปี ซึ่งทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในโครงการ

#### 4.3 การคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับผลจากโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกนั้น นอกจากจะลดค่า Peak สูงสุดของกำลังไฟฟ้า และช่วยในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดของอาคารดังกล่าวแล้ว ยังส่งผลที่ดีต่อ

สิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย โดยโครงการดังกล่าวจะสามารถช่วยลดอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของ โรงไฟฟ้าต่างๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตลงได้เป็น

$$CO_2 \text{ Emission} = 417,708 \text{ kWh/ปี} * 0.54 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 225,562.32 \text{ kgCO}_2 \text{ e/year}$$

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร กองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกกรณีศึกษา ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 2,500 ตารางเมตร โดยจะดำเนินการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บน หลังคาทั้ง 2 ฝั่ง ของอาคารคือหลังคาฝั่งทิศตะวันตกเฉียงเหนือ กับทิศตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนทั้งสิ้น 840 แผง ชนิดแผง Poly - Crystalline 72 Cells Series ขนาด 300 Wp ทำให้ได้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์รวมของโครงการฯ จำนวน 252 kWp ซึ่ง ในการศึกษาและวิเคราะห์ผลการติดตั้งระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้ข้อมูลพิกัดที่ตั้ง Latitude , Longitude , Altitude และ Time zone ของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก เพื่อทำการทดลองและประมวลผลภายใต้ข้อมูลสถานะอากาศที่ เกิดขึ้นในแต่ละวันรวมทั้งผลกระทบจากเงาไกล-ใกล้ อันส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์ โดยจะใช้โปรแกรม PVSYST,V5.55 (DEMO) เพื่อช่วยในการประมวลผลเพื่อหาความสูญเสียประสิทธิภาพของ พลังงานดังกล่าวข้างต้น โดยสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 34,809 หน่วย/เดือน ซึ่งจะทำให้โครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบกมีระยะคุ้มทุนภายในระยะเวลา 7 ปี 1 เดือน 6 วัน ซึ่ง ถือว่ามีความคุ้มค่าสูงเนื่องจากยังอยู่ในระยะประกันของอุปกรณ์สำคัญและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ได้ถึง 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีสามารถตอบสนองนโยบายของผู้บังคับบัญชาในส่วนของกองทัพบก ที่มีประสงค์ให้อาคารระดับกรมฯ ต้องลดพลังงานให้ได้อย่างน้อย 10% จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในปีก่อน ซึ่งจากการวิเคราะห์และผลการ ทดลองนี้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 18% ซึ่งถือว่าเกินเป้าหมายที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณกรมโยธาธิการทหารบกในความเอื้อเฟื้อข้อมูลของอาคารรวมทั้งข้อมูลการใช้ไฟฟ้า พร้อมทั้งให้การ สนับสนุนด้านงบประมาณในการศึกษาวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, *Alternative Energy Development Plan: AEDP2015*, 2015
- [2] Metropolitan Electricity Authority, Electricity Tariff, 2016, Available from: <http://www.me.a.or.th/aboutelectric/116/280/form/11>
- [3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand Solar Power Map, 2016, Available from: [http://www.dede.go.th/article\\_attach/solarmap2552.pdf](http://www.dede.go.th/article_attach/solarmap2552.pdf)
- [4] The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage, *Solar Rooftop Installation Standard*, 2016.
- [5] P. Konkeaw, *Study of Solar Rooftop Electricity System for U CHU LIANG Building*, Master of Engineering in Energy Management Technology Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2006.
- [6] C. Nakhbutra, *Analysis of Electricity Generation in the Solar Rooftop System of Office Building Using Simulation Program*, Master of Science in Technical Education (Electrical Engineering) Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2014

- [7] A. Pojsiri, *Cost Analysis of Solar Rooftop Project for Small Building*, Master of Science in Logistic and Supply Chain Management Thesis, Burapha University, 2016.
- [8] A. Orioli, A. and A. Di Gangi. Six-years-long effects of the Italian policies for photovoltaics on the grid parity of grid-connected photovoltaic systems installed in urban contexts. *Energy, Volume*, 130, 1 July 2017, pp. 55-75.
- [9] F. Spertinon, P. Di Leo, V. Cocina. Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 2013, pp. 531-540.
- [10] P. Wankanapon, A. Suwanchaiskul, P. Srisuwan and C. Tantasavasdi. Benefits of Roof-Mounted Solar Cells for Low-Cost Residential Buildings. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 9(2), 2012, pp.49-61.
- [11] Electricity Generating Authority of Thailand, *Carbon Dioxide Emission by EGAT Power Plants*, 2013, Available from: [https://www.egat.co.th/index.php?option=com\\_content&view=article&id=342&Itemid=127&catid=37](https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=342&Itemid=127&catid=37)