



การศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซ
คาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์

นายภูเบศร์ ด้วงกลาง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซ
คาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงร่างวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อย
ก๊าซคาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์

โดย นายภูเบศวร์ ด้วงกลาง

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้า

ภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ปรเมษฐาณวัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุตดาจันทร์)

กรรมการภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ สีสำนาน)

ชื่อ : นายภูเบศวร์ ด้วงกลาง
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ใน
 กระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน :
 กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการจัดการ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมธฐานวัฒน์
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุตดาจันทร์
 ปีการศึกษา : 2567

ศึกษาใน

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 ข้อมูลจาก World economic forum ระบุว่าอุตสาหกรรมยานยนต์มีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 10% ของโลก โรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นหนึ่งในผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมยานยนต์สัญชาติญี่ปุ่นที่ได้ดำเนินธุรกิจอยู่ในประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันมีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW และหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จโรงงานมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนให้ได้ 10% ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเฝ้าสังเกต (Monitoring) การบริหารจัดการผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป เพื่อเปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ของโซลาร์รูฟท็อปให้ได้ตามเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ ซึ่งจะนำไปสู่ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กร โดยการวิจัยมีขอบเขตในการศึกษาดังต่อไปนี้ (1) ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567- ธันวาคม 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ (2) ศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - ธันวาคม 2567 โดยเปรียบเทียบกับวิธีทางเศรษฐศาสตร์ (3) เปรียบเทียบการได้มาซึ่งคาร์บอนเครดิตระหว่างการซื้อกับการได้มาจากสิทธิสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้าที่แพงขึ้น 50% โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ (1) ทราบถึงการ

นำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) โดยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้ (2) ทราบถึงผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ได้มากกว่าหรือเท่ากับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ (3) สามารถเปรียบเทียบการนำผลประหยัจากโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ไปซื้อคาร์บอนเครดิต เมื่อเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์แล้วองค์กรมีผลกำไร และยังบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กรได้

(มีจำนวนทั้งสิ้น 63 หน้า)

คำสำคัญ : ความเป็นกลางทางคาร์บอน โซลาร์รูฟท็อป ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน คาร์บอนเครดิต

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



Name : Mr. Poobeth Dungklang
Thesis Title : Evaluating the Role of Rooftop Solar Panels in
Decarbonizing Automotive Manufacturing: A Case
Study on Energy Transition Strategies in Assembly
Plants.
Major Field : Engineering Management
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Thesis Advisor : Associate Professor Dr. Thanya Parametthanuwat
Co-Advisor : Assistant Professor Dr. Khridsakhon Booddachan
Academic Year : 2024

ABSTRACT

Thailand and Japan have both set ambitious targets to achieve carbon neutrality by 2050. According to the World Economic Forum, the automotive industry contributes over 10% of global carbon dioxide emissions. This study focuses on a Japanese-operated automobile assembly plant located in Prachinburi, Thailand, which has implemented solar rooftop installations in collaboration with joint venture partners. These installations, completed in two phases with a combined capacity of 5 MW, are intended to reduce the plant's carbon emissions by 10%. The primary objective of this research is to evaluate the actual energy savings achieved from the solar rooftop systems and compare them with the projected targets established during the project's approval stage. The analysis also considers the economic implications of carbon credit acquisition at the plant. Data will be collected from January to December 2024 and used to assess whether the implementation meets both the environmental and financial goals of the organization. Furthermore, the study will examine the economic viability of acquiring carbon credits via direct purchases versus through electricity purchase agreements, the latter being approximately 50% more expensive. The outcomes are expected to offer insights into the cost-effectiveness and environmental benefits of solar energy integration in automotive manufacturing, while also supporting the company's carbon reduction strategy and sustainable image.

(Total 63 Pages)

Keywords: Carbon Neutrality, Solar roof top, Reducing carbon emissions, Carbon Credit

Advisor



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐาวัฒน์และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุตดาจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร ผู้ร่วมวิจัย ที่คอยแนะนำชี้แนะแนวทางในการศึกษา ให้ข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ คอยแนะนำชี้แนะแนวทางปรับปรุงเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี ที่ได้ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณรัฐกร แดงแสงจันทร์ ผู้จัดการฝ่ายและเพื่อนพนักงาน ฝ่ายวิศวกรรมโรงงาน โรงงานประกอบรถยนต์ปทุมธานี สำหรับการสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย

สุดท้ายผู้ดำเนินการวิจัยหวังว่าบทความวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษา และเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป คุณประโยชน์ใดๆ ที่เกิดขึ้น ขอมอบแต่ บิดามารดา ครอบครัว อาจารย์ และเพื่อนๆ ทุกท่าน ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ภูเบศร์ ด้วงกลาง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์.....	
ออกสู่สิ่งแวดล้อม.....	4
2.2 แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)	5
2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กร.....	7
2.4 แนวคิดพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาดจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	8
2.5 ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.....	
ที่ติดตั้งบนหลังคา.....	11
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป.....	
ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม.....	11
2.7 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	15
3.1 แผนดำเนินงานวิจัย.....	15
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	16
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่ลดลงจากกรณี.....	
ที่มีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป.....	24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4	วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	24
3.5	ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	26
3.6	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....	27
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	30
4.1	ข้อมูลโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2.....	30
4.2	ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	32
4.3	ข้อมูลปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	33
4.4	ข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2.....	35
4.5	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป.....	35
4.6	ผลการศึกษาโครงการ.....	36
บทที่ 5	ผลการวิจัย.....	41
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	41
5.2	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....	42
	เอกสารอ้างอิง.....	43
	ภาคผนวก ก.....	44
	รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 และ เฟส 2.....	45
	ภาคผนวก ข.....	52
	บทความทางวิชาการ.....	53
	ประวัติผู้วิจัย.....	63

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
ตารางที่ 3-1 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย.....	14
ตารางที่ 3-2 ข้อมูลแสงอาทิตย์รายเดือนจังหวัดปราจีนบุรี.....	17
ตารางที่ 3-3 ตารางแผนการบำรุงรักษาระบบโซลาร์รูฟท็อปประจำปี.....	18
ตารางที่ 3-4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	19
ตารางที่ 3-5 ค่าไฟฟ้าแบบ TOU.....	21
ตารางที่ 3-6 ราคาการซื้อขายคาร์บอนเครดิตแต่ละประเภทโครงการ.....	22
ตารางที่ 3-7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป.....	24
ตารางที่ 4-1 ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำในแต่ละปีของสัญญาโครงการติดตั้ง โซลาร์รูฟท็อป เฟส 1.....	30
ตารางที่ 4-2 ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำในแต่ละปีของสัญญาโครงการติดตั้ง โซลาร์รูฟท็อป เฟส 2.....	31
ตารางที่ 4-3 แผนประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของ โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	32
ตารางที่ 4-4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในจริงแต่ละเดือนของ โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	32
ตารางที่ 4-5 แผนประมาณการปริมาณที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน ในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	33
ตารางที่ 4-6 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเดือน ของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	33
ตารางที่ 4-7 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1..... และ เฟส 2 ในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	34
ตารางที่ 4-8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้ง โซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์ จังหวัดปราจีนบุรี เฟส 1 และ เฟส 2.....	34
ตารางที่ 4-9 ค่าธรรมเนียมการบอกเลิกสัญญาก่อนกำหนด..... ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 และ เฟส 2.....	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-10 การนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์.....	
ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 มาใช้ในกระบวนการผลิต.....	
เปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ.....	
ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567.....	36
ตารางที่ 4-11 ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์.....	
ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้.....	
ตอนขออนุมัติโครงการ ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567.....	37
ตารางที่ 4-12 ผลการศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง.....	
ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี เปรียบเทียบ.....	
กับส่วนต่างกรณีไม่เลือกรับสิทธิ์คาร์บอนเครดิต ของโซลาร์รูฟท็อป.....	
เฟส 2 ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567.....	38
ตารางที่ 4-13 ผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบ.....	
รถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567 เทียบ.....	
กับเป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน.....	39

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 กราฟ Keeling Curve.....	4
ภาพที่ 2-2 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า.....	9
ภาพที่ 3-1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในวันที่มีการผลิตและวันหยุดการผลิต.....	
ของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี.....	15
ภาพที่ 3-2 ปริมาณการใช้พลังงานตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ.....	16
ภาพที่ 3-3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม 2563.....	17
ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์.....	25
ภาพที่ 3-5 แสดงการวิเคราะห์ความคุ้มทุน.....	27



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 ซึ่งประเทศไทยตั้งเป้าหมายในการดำเนินงานคือลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาด ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการมีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อเข้าสู่การเป็นอุตสาหกรรมเขียว (Green industry) และประเทศญี่ปุ่นตั้งเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 50% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยมีนโยบายให้ผู้ประกอบการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรม

ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดูดกลับคืนมา โดยผ่าน 3 กลไก ได้แก่ (1) “ลด” การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (2) “ชดเชย” ก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ (3) “ชดเชย” การปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit Offset)

ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัญญาจ ชวชน กองติดตามประเมินผลสิ่งแวดล้อม บทความ “ ลดโลกร้อนด้วย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions ” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2567จาก <https://soc.swu.ac.th/news>

“คาร์บอนเครดิต” หมายถึง สิทธิที่เกิดจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ จะเทียบสัดส่วนการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์) รวมถึง การเก็บกัก หรือ การดูดกลับด้วย จากกิจกรรมหรือโครงการ ซึ่งสิทธิดังกล่าวจะต้องมีการรับรองโดยหน่วยรับรอง ตามระเบียบหรือวิธีการของทางราชการที่เป็นที่ยอมรับหรือเทียบได้กับระดับสากล โดยประเทศไทยก็มีหน่วยงานชื่อว่า องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เป็นองค์การมหาชน ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยวิเคราะห์ กลั่นกรอง และรับรองโครงการ

ที่มา : มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. ดร.วิจารณ์ สิมาฉายา ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย บทความ “ คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คืออะไร ” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2567 จาก https://www.tei.or.th/th/article_detail.php?bid=129

ข้อมูลจาก World economic forum ระบุว่าอุตสาหกรรมยานยนต์ได้ประมาณ 80 ล้านคันต่อปี โดยต้องใช้วัสดุจำนวนมหาศาลถึง 112 ล้านตัน และมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 10% ของโลก ดังนั้นอุตสาหกรรมยานยนต์จึงต้องปรับเปลี่ยนและพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายของการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน เพื่อตอบสนองนโยบายของภาครัฐ และโรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นหนึ่งในผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมยานยนต์สัญชาติญี่ปุ่นที่ได้ดำเนินธุรกิจอยู่ในประเทศไทย ทำให้ต้องวางแผนทางการดำเนินธุรกิจและพัฒนาเทคโนโลยี ปรับกระบวนการที่คนใหม่ตั้งแต่กระบวนการผลิต ไปจนถึงการจัดการซาก เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของความเป็นกลางทางคาร์บอน

โรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษา มีเป้าหมายที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ในปี ค.ศ.2050 ภายใต้การดำเนินงาน Triple Action to ZERO ใน 3 ประการ ได้แก่ ความเป็นกลางของคาร์บอน พลังงานสะอาด และการหมุนเวียนทรัพยากร และมีแผนงานระยะกลางคือการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากกิจกรรมขององค์กรและตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 46% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 28% และลดจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

ปัจจุบันมีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW และหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จ โรงงานมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนให้ได้ 10% แต่เนื่องจากรูปแบบสัญญากับผู้ร่วมลงทุน ได้ทำสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้า (Power purchase Agreement :PPA) อายุสัญญา 20 ปี ซึ่งทรัพย์สินและคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) จะเป็นสิทธิ์ของผู้เข้ามาร่วมลงทุน ทำให้ทางโรงงานไม่สามารถนำผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเฝ้าสังเกต (Monitoring) การบริหารจัดการผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป เพื่อนำไปซื้อคาร์บอนเครดิตให้ได้ตามเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ ซึ่งจะนำไปสู่ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์

1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

1.2.3 ศึกษาความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์ในการซื้อคาร์บอนเครดิต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กร

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ

1.3.2 ศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567 ทำการเปรียบเทียบกับวิธีทางเศรษฐศาสตร์

1.3.3 เปรียบเทียบการได้มาซึ่งคาร์บอนเครดิตระหว่างการซื้อกับการได้มาจากสิทธิสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้าที่แพงขึ้น 50% โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธีทางเศรษฐศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) โดยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ได้

1.4.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ได้มากกว่าหรือเท่ากับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้

1.4.3 การนำผลกระทบจากโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ไปซื้อคาร์บอนเครดิต เมื่อเปรียบเทียบกับด้านเศรษฐศาสตร์แล้วองค์กรมีผลกำไร และยังบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กรได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

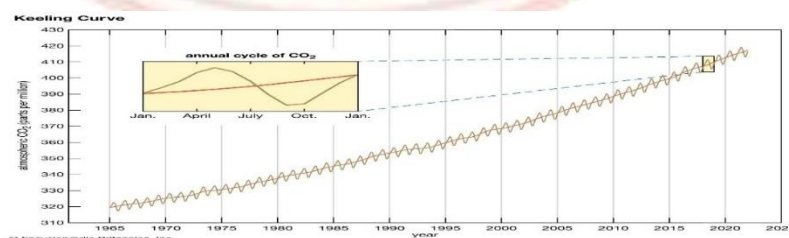
การศึกษางานวิจัยเรื่องการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบในการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัย ดังนี้

1. แนวคิดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม
2. แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)
3. แนวคิดพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาดจากพลังงานแสงอาทิตย์
4. ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
5. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม
6. งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นแนวคิดสำคัญในการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยก๊าซเหล่านี้เข้าสู่บรรยากาศเป็นหลัก

Charles David Keeling (1958): การศึกษาของ Keeling เกี่ยวกับการวัดปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศที่สถานี Mauna Loa ในฮาวาย เป็นการบันทึกการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของ CO_2 ซึ่งต่อมาถูกเรียกว่า "Keeling Curve" Keeling Curve แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระดับ CO_2 ในบรรยากาศอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงที่เริ่มต้นการวัด การวัดนี้ทำให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นที่เป็นระยะยาว และมีความสม่ำเสมอ และกราฟยังแสดงถึงความผันผวนรายปีซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การปล่อย CO_2 จากพืช (ที่ปล่อย CO_2 ระหว่างฤดูหนาว) และการดูดซับ CO_2 โดยพืช (ที่ดูดซับ CO_2 ในช่วงฤดูร้อน) ทำให้กราฟมีลักษณะคลื่นขึ้นและลงเป็นระยะๆ



ภาพที่ 2-1 กราฟ Keeling Curve

ที่มา ; <https://www.britannica.com/science/Keeling-Curve>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): IPCC ได้รับการก่อตั้งในปี 1988 โดยองค์การสหประชาชาติ มีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ที่ใช้ในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ รายงานฉบับปัจจุบันของ IPCC ที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือ รายงานชุดที่หก (Sixth Assessment Report, AR6) - 2021-2022 ได้เน้นถึงความเร่งด่วนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนะนำให้มีการดำเนินการที่รวดเร็วและมีความทะเยอทะยานมากขึ้น โดยเน้นการลดการปล่อย CO₂ ให้เหลือศูนย์ภายในกลางศตวรรษนี้ รวมถึงการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานสะอาดและการพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซ และข้อตกลงระหว่างประเทศที่ได้รับอิทธิพลจาก IPCC ปัจจุบันคือข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) – 2015 ได้กำหนดเป้าหมายที่จะจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกให้ต่ำกว่า 2°C จากระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม และแนะนำให้พยายามจำกัดการเพิ่มขึ้นให้ต่ำกว่า 1.5°C โดยเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างทั่วถึงและเป็นมาตรฐานสำหรับทุกประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญคือจะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 ซึ่งประเทศไทยตั้งเป้าหมายในการดำเนินงานคือลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาด ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการมีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อเข้าสู่การเป็นอุตสาหกรรมเขียว (Green industry) และประเทศญี่ปุ่นตั้งเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 50% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยมีนโยบายให้ผู้ประกอบการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรม

2.2 แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)

ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) คือสถานะที่ปริมาณการปล่อยคาร์บอน (CO₂) เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณคาร์บอนที่ถูกดูดซับกลับคืนมา โดยทั่วไปแล้วการเข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนสามารถดำเนินการได้หลายลักษณะ และแนวทางที่หลายประเทศให้ความสำคัญ คือ การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ การใช้เทคโนโลยีการผลิตและการจัดการของเสียที่สะอาดขึ้น การใช้พลังงานหมุนเวียน พลังงานทางเลือกหรือพลังงานสะอาด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลมแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้ อาจจะทำนายการชดเชยคาร์บอนเครดิต (Carbon offsets) ผ่านการลงทุนในโครงการต่างๆ เช่น การปลูกป่าหรือการซื้อคาร์บอนเครดิตเพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทย เข้าร่วมประชุมระดับผู้นำ (World Leaders Summit) ในการประชุม COP26

หรือการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 ณ เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักร ซึ่งในเวทีดังกล่าวประเทศไทยได้แสดงเจตนารมณ์ในการให้ความสำคัญสูงสุดต่อการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับประชาคมโลก และพร้อมร่วมมือกับทุกประเทศ ทุกภาคส่วน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน จากข้อมูลระบุว่า ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนเพียง ร้อยละ 0.72 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วทั้งโลก ประเทศไทยได้จัดส่ง NDC ฉบับปรับปรุงปี 2020 และยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำให้กับ UNFCCC โดยประเทศไทยตั้งเป้าหมายจะยกระดับการแก้ไขปัญหาสภาพภูมิอากาศอย่างเต็มที่และด้วยทุกวิถีทาง เพื่อให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) ภายในปี 2050 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero greenhouse gas emission) ภายในหรือก่อนหน้า ปี 2065 โดยจะมีการสนับสนุนทางด้านการเงินและเทคโนโลยี รวมถึงการเสริมสร้างขีดความสามารถจากความร่วมมือระหว่างประเทศ (รายงานบทวิเคราะห์เชิงลึก เรื่อง ผลกระทบและโอกาสของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในการก้าวสู่ นโยบายความเป็นกลางของคาร์บอน (carbon neutrality) ที่มา ; รายงานบทวิเคราะห์เชิงลึก เรื่อง ผลกระทบและโอกาสของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในการก้าวสู่ นโยบายความเป็นกลางของคาร์บอน (carbon neutrality) ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2565)

ประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญคือจะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 โดยให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 50% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยมีนโยบายให้ผู้ประกอบการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรม

โรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษา มีเป้าหมายที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ในปี ค.ศ.2050 ภายใต้การดำเนินงาน Triple Action to ZERO ใน 3 ประการ ได้แก่ ความเป็นกลางของคาร์บอน พลังงานสะอาด และการหมุนเวียนทรัพยากร และมีแผนงานระยะกลางคือการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากกิจกรรมขององค์กรและตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 46% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 28% และลดจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

สหภาพยุโรป(EU) และสหรัฐ ได้หยิบยกเรื่องของคาร์บอนเครดิต โดยการออกมาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนของสหภาพยุโรป (CBAM: Carbon Border Adjustment Mechanism) ในปี ค.ศ.2021 คือการกำหนดราคาสินค้านำเข้าบางประเภทป้องกันการนำเข้าสินค้า

ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเข้ามาในกลุ่มประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป (EU :European Union) ซึ่งมาตรการนี้มีการปรับราคาสินค้านำเข้าบางประเภท ได้แก่ บริการไฟฟ้า ซีเมนต์ ปูน เหล็กและเหล็กกล้า อะลูมิเนียม เพื่อป้องกันการนำเข้าสินค้าที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเข้ามาในกลุ่มประเทศสมาชิก EU และปกป้องธุรกิจภายในกลุ่มประเทศสมาชิก EU ที่ต้องแบกรับต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เพราะต้องปฏิบัติตามมาตรการ European Green Deal เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ทำให้การแข่งขันเป็นธรรม เมื่อเทียบกับสินค้านำเข้าจากประเทศที่ 3 นอก EU ที่ราคาสินค้าถูกกว่าเพราะการผลิตไม่มีต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

ปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญในเรื่องนี้เช่นกัน อาทิ นโยบาย Green Plan ของสิงคโปร์ Green New Deal ของเกาหลีใต้ Green Growth Strategy ของญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกาเองก็หันมาให้ความสำคัญเรื่องนี้อย่างมาก โดยมาตรการ European Green Deal อาจส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการสินค้าส่งออกของไทย ทำให้ต้องมีการเตรียมนโยบายและมาตรการรองรับเพื่อ ผลักดันวิกฤตให้กลายเป็นโอกาส ทำให้เกิดระบบคาร์บอนเครดิตแบบ B2B (Business-to-Business) หมายถึงระบบที่บริษัทหนึ่งสามารถซื้อหรือขายเครดิตการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กับอีกบริษัทหนึ่งได้ เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางธุรกิจของตน และระบบคาร์บอนเครดิตในแบบ B2C (Business to Consumer) คือระบบที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสามารถซื้อหรือแลกเปลี่ยนเครดิตที่แสดงถึงการลดการปล่อย CO₂ ที่เกิดจากกิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization) [5] เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัตถุดิบในรูปแบบคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent : CO₂eq) แบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดยในการวิจัยนี้ได้พิจารณาเฉพาะขอบเขตที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ซึ่งขอบเขตที่ 2 สามารถคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้จากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าจากทุกแหล่งขององค์กร (Kwh) คูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂eq/kWh) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้า = 0.466 kgCO₂eq/kWh

ที่มา ; การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่าง ๆ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.4 แนวคิดพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาดจากพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาด (Renewable Energy and Clean Fuels) คือแหล่งพลังงานที่มาจากธรรมชาติซึ่งสามารถผลิตซ้ำได้และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบดั้งเดิม (เช่น ถ่านหิน, น้ำมัน, ก๊าซธรรมชาติ) สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่าพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำและชีวมวล แนวคิดนี้มีความสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดความต้องการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.4.1 พลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้ฟรีจากดวงอาทิตย์และมีการนำพลังงานมาใช้ประโยชน์มาแต่สมัยโบราณ เช่น การตาก หรือ อบสินค้าเกษตร เป็นต้น ได้พยายามนำพลังงานแสงอาทิตย์มาทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นโลกเฉลี่ยประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานร้อยละ 15 แสดงว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ตารางเมตรสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 650 - 750 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าประมาณ 250 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน โดยเราสามารถใช้เวลาพื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.3 ของพื้นที่ประเทศไทยก็จะผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการในปัจจุบันได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตหลายแนวทางด้วยกัน

(1) การทำน้ำให้อุ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสูบน้ำขึ้นไปผ่านเครื่องทำน้ำอุ่นจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้วนำน้ำมาเก็บในถังกักอุณหภูมิ ซึ่งวิธีนี้ถ้าหากต้องการเพียงแค่น้ำอุ่นอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียสก็สามารถนำน้ำมาใช้ได้เลย แต่ถ้าหากต้องการน้ำร้อนก็นำน้ำอุ่นนี้ไปเข้าเครื่องทำน้ำร้อนอีก ทำให้สามารถประหยัดพลังงานในการทำน้ำให้ร้อนได้ประมาณ 30 องศา

(2) ใช้แสงอาทิตย์ฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากในแสงอาทิตย์มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่หลากหลายความถี่ ซึ่งความถี่ UV เป็นความถี่ที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี ในปัจจุบันได้ใช้วิธีนี้ในการฆ่าเชื้อในน้ำประปา

(3) การทำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับสินค้าเกษตรที่เพียงแต่ต้องการลดความชื้นของสินค้าก็เพียงแต่ออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับสินค้าชนิดนั้นๆ ซึ่งทำให้ไม่ต้องใช้ถ่านหินหรือไฟฟ้าในการให้ความร้อน

(4) การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในปัจจุบันได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่สามารถลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน

2.4.2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

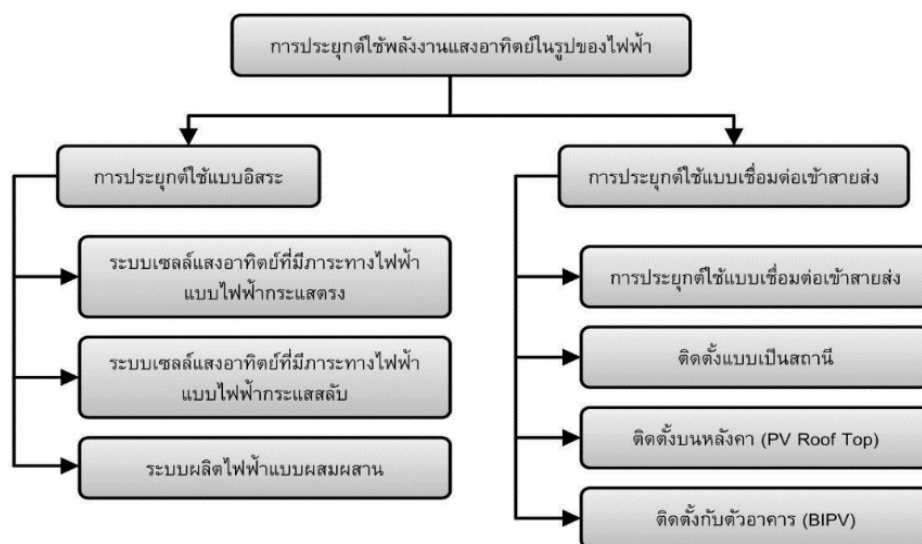
การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้ามีเทคโนโลยีที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง คือ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เพราะการติดตั้งและการดูแลรักษาค่อนข้างสะดวก อีกทั้งอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนาน คือประมาณ 20 ปี ระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System) และระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (PV Grid Connected System) ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีอุปกรณ์ประกอบเช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เครื่องควบคุมประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller) แบตเตอรี่ (Battery) เป็นต้น ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีต่างๆ มีอยู่มากมาย ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เฉพาะบางอย่างเป็นที่นิยมใช้และกำลังได้รับการพัฒนาทั้งในเชิงพาณิชย์

ระบบที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนสูง (High-Temperature) เพื่อที่จะนำไปผลิตไฟฟ้ามีหลักการทำงานคือ เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Concentrator) จะสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังจุดรับเพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนและความร้อนที่ได้จะผ่านไปยัง Turbine เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย Parabolic Through Power Tower หรือ Central Receiver Concentrator และ Dish Stirling Engine

ไฟฟ้าผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมลภาวะทางเสียงเนื่องจากไม่มีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ซึ่งแตกต่างจากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานอื่นๆ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ ที่ต้องเปลี่ยนรูปพลังงานจากเคมีเป็นพลังงานความร้อนด้วยกระบวนการเผาไหม้ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน

ที่มา ; รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสนับสนุนเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการสถานีผลิตพลังงานสีเขียว Distributed Green Generation: DGG (โครงการศึกษาความเป็นไปได้และความ

เหมาะสมของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน อ.จะนะ จ.สงขลา) ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ 2556



ภาพที่ 2-2 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า

ที่มา ; ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ

เทคโนโลยีในการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าดังที่กล่าวมาแล้วซึ่งในแต่ละเทคโนโลยีก็มีข้อจำกัด ข้อดี และข้อเสีย ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 ข้อดีของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

- (1) แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่มีใช้อย่างไม่จำกัด ดวงอาทิตย์ที่จะยังคงอยู่ในจักรวาล โดยค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5 KWh/m²-day
- (2) เป็นแหล่งพลังงานสะอาด ไฟฟ้าผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงาน แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- (3) สามารถออกแบบระบบได้ทุกขนาด เซลล์แสงอาทิตย์สามารถออกแบบเพื่อใช้งานได้ตั้งแต่สเกลเล็กๆ เช่น เพื่องานใช้กับเครื่องคิดเลขจนถึงโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ระดับเมกะวัตต์ไม่ว่าจะขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่
- (4) สามารถติดตั้งใช้งานได้ทุกพื้นที่ (ใกล้กับจุดใช้งาน) สำหรับระบบเซลล์สามารถออกแบบและติดตั้งในบริเวณที่ใช้งานหรือจะติดบนหลังคา เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองได้เลย

(5) ค่าบำรุงรักษาต่ำ เนื่องจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่และไม่มีอุปกรณ์ใดๆ เคลื่อนไหวส่วนใหญ่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์จึงต้องการการบำรุงรักษาค่อนข้างน้อย

2.4.2.2 ข้อจำกัดของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

(1) ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปต่ำ จึงจำเป็นต้องมีการใช้พื้นที่ในการติดตั้งค่อนข้างมาก โดยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 MW จะต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 10 ไร่ ในกรณีที่พื้นที่เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก

(2) ราคาระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาค่อนข้างสูง (ประมาณ 100 ล้านบาทต่อ 1 MW) หากคิดถึงเรื่องต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยจะอยู่ที่ประมาณ 7 – 9 บาทต่อ kWh ในกรณีแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าภายในประเทศ แต่ในกรณีที่ไม่มีสายไฟฟ้าเข้าถึงก็ถือเป็นทางเลือกหนึ่งเนื่องจากศักยภาพของประเทศไทยมีค่อนข้างสูง

2.5 ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าบนหลังคามีข้อดีในด้านการผลิตพลังงานสะอาดและการลดค่าไฟฟ้า แต่การตัดสินใจในการลงทุนต้องพิจารณาหลายปัจจัยรวมถึงต้นทุนการติดตั้ง, ประสิทธิภาพของระบบ, และการคืนทุน การศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดและการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจสามารถช่วยให้การตัดสินใจลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า สุรกิจ ทองสุก และ อรรถพล เจริญพิทักษ์กุล (2561) ได้มีศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา โดยการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและทำการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อวัดปริมาณพลังงานที่ผลิตและประสิทธิภาพของระบบ วัดปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ และประเมินปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ เช่น การมองเห็นแสง, มุมการติดตั้ง, และสภาพอากาศ คำนวณต้นทุนการติดตั้ง, การประหยัดค่าไฟฟ้า, ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และอัตราผลตอบแทน (ROI) ได้ข้อสรุปคือ ประสิทธิภาพของระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีในสภาพแวดล้อมที่มีแสงแดดเพียงพอ แต่มีความแตกต่างตามสภาพอากาศและมุมการติดตั้ง และระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนในระบบเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในช่วงที่คุ้มค่า โดยการคำนวณตามต้นทุนการติดตั้งและการประหยัดค่าไฟฟ้าที่ได้รับ

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ของ ชัยรัฐ ภัทรเวช และศุภฤกษ์ สุขสมาน (2563) ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในแต่ละด้าน ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดังนี้

(1) ด้านประโยชน์เชิงเปรียบเทียบ (Relative Advantage) ผลตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของการช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนรวมถึงการช่วยลดภาวะโลกร้อน เป็นพลังงานที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด การส่งเสริมภาพลักษณ์ในการใส่ใจเรื่อง สิ่งแวดล้อม และได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรออกแบบการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปให้เป็นพลังงานทดแทนที่รักษาสิ่งแวดล้อม และลดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเสมือนการลงทุนเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

(2) ด้านความยุ่งยากในการใช้งาน (Complexity) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของความพร้อมในการให้บริการสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างเต็มที่ ขั้นตอนและกฎระเบียบที่ใช้ในการขอใบอนุญาตในการติดตั้งมีความซับซ้อน และการบำรุงรักษาและทำความสะอาดง่าย สามารถทำเองได้ในระดับเห็นด้วยมาก ดังนั้นผู้ประกอบการควรแนะนำการใช้งานให้ผู้ใช้บริการเพื่อให้ได้รับความสะดวกรวดเร็วใช้งานได้ง่ายโดยการบริการที่เอาใจใส่ ทำให้ผู้ให้บริการรับรู้ได้ถึงความจริงใจ และตรงไปตรงมาส่งผลให้ผู้ใช้บริการมีความไว้วางใจต่อการใช้บริการ และเกิดการบอกต่อให้กับผู้อื่น

(3) ด้านการสังเกตเห็นได้ (Observability) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของการประหยัดค่าไฟฟ้า สามารถตรวจสอบข้อมูลการผลิตไฟฟ้าได้ ตลอดเวลาและมีการแสดงราคาอย่างชัดเจนในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปแล้วสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า กำหนดราคาในการติดตั้งให้เหมาะสมกับคุณภาพแสดงราคา อย่างชัดเจน และการรับประกันหลังการขายมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

(4) ด้านการยอมรับความเสี่ยง (Perceived Risk) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของการรับประกันหลังการติดตั้ง การมีประกันภัยหรือเงินชดเชย สำหรับความเสียหายที่เกิดจากภัยธรรมชาติเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีการรับประกันหลังการติดตั้ง เช่น การประกันภัยหรือเงินชดเชยความเสียหายที่เกิดจากการ ติดตั้งไม่สมบูรณ์ประกันภัยหรือเงินชดเชยสำหรับความเสียหายที่เกิดจากภัยธรรมชาติ เป็นต้น เพื่อให้เกิดการยอมรับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้

(5) การให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้นของผู้ใช้ บริการในปัจจุบัน เป็นโอกาสและช่องทางในการ ทำธุรกิจสำหรับบริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่สร้างสรรค์นวัตกรรมความปลอดภัย มุ่งมั่นใส่ใจในชีวิตเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบกับการส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำโครงการส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อ

ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ประกอบการพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคได้เข้าถึงสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และพัฒนาแนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการขยายตัวของตลาดสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในประเทศ

(6) ปัจจัยภายในองค์กร ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของการได้รับการรับรองมาตรฐานของผู้ให้บริการติดตั้ง การให้บริการตามข้อตกลงในสัญญาของผู้ให้บริการติดตั้ง ผู้ให้บริการติดตั้งเน้นคุณภาพในการให้บริการ ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรสร้าง ความ น่าเชื่อถือในกลุ่มอุตสาหกรรมไทยด้วยการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และบริการให้มีคุณภาพ การจัดส่งสินค้าตาม กำหนดเวลา ตรงตามความต้องการที่ลูกค้ากำหนด เพื่อความสร้างความเชื่อมั่น ความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า รวมทั้งสร้างความรู้สึกให้กับลูกค้าว่าผลิตภัณฑ์มีความโปร่งใส เข้าถึงได้เมื่อเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์ และบริการสามารถสื่อสาร และแก้ไขได้ตลอดเวลา

(7) ปัจจัยภายในองค์กร ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ด้านปัจจัยภายในองค์กร ในเรื่องของการได้รับการรับรองมาตรฐานของผู้ให้บริการติดตั้ง การให้บริการตามข้อตกลงในสัญญาของผู้ให้บริการติดตั้ง ผู้ให้บริการติดตั้งเน้นคุณภาพในการให้บริการ ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรสร้างความ น่าเชื่อถือในกลุ่มอุตสาหกรรมไทยด้วยการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และบริการให้มีคุณภาพ การจัดส่งสินค้าตาม กำหนดเวลา ตรงตามความต้องการที่ลูกค้ากำหนด เพื่อความสร้างความเชื่อมั่น ความพึงพอใจ ให้แก่ลูกค้า รวมทั้ง สร้างความรู้สึกให้กับลูกค้าว่าผลิตภัณฑ์มีความโปร่งใส เข้าถึงได้เมื่อเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์และบริการสามารถสื่อสาร และแก้ไขได้ตลอดเวลา

(8) ปัจจัยระหว่างบุคคล ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ด้านปัจจัยระหว่างบุคคล ในเรื่องของผู้ให้บริการมีการตอบปัญหาหรือข้อสงสัยของลูกค้าอย่างถูกต้อง ความสะดวก รวดเร็วในการติดต่อ ประสานงานกับผู้ให้บริการติดตั้ง มีการสื่อสารที่เข้าใจตรงกันระหว่างลูกค้ากับผู้ให้บริการติดตั้ง และความเต็มใจที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของผู้ให้บริการติดตั้ง ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการ ควรตอบปัญหาหรือข้อสงสัยของผู้ใช้บริการได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว การสื่อสารที่เข้าใจตรงกันรวมถึงการบริการที่เอาใจใส่อย่างดี ส่งผลให้ลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่ดี และพูดถึงประสบการณ์ดี ๆ ที่ได้รับนี้ให้กับครอบครัว มิตรสหาย เพื่อนร่วมงาน หรือบุคคลอื่น ๆ ฟัง จนเกิดการบอกต่อเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

(9) ผู้ประกอบการควรออกแบบโซลาร์รูฟท็อปให้ดูดี มีความทันสมัย และสามารถใช้งานได้ง่าย อาจมีการ ทำคู่มือการใช้งานที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อช่องต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ประชาชนทั่วไปเกิด ความคุ้นเคยในผลิตภัณฑ์ และดึงดูดให้มีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเพิ่มขึ้นจะทำให้ ผู้ใช้บริการมีความเชื่อมั่นในบริการเพิ่มขึ้น

2.7 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการการศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ ได้มีการศึกษางานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มเติมดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี พศ.	ผู้วิจัย	ชื่อเรื่อง	รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	เครื่องมือที่นำมาใช้
2560	ธนาพล ตันติสสัยกุล, พีรพล รัศมีธรรมโชติ และเมธาทพร อ๋อยสกุล	การประเมินผลประโยชน์ทางพลังงานสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	ศึกษาประเมินผลประโยชน์ทางพลังงาน ผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดก๊าซเรือนกระจก และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารเรียน	(1) การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (2) การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซเรือนกระจกของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (3) การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
2562	ธนัทเทพ จิระประวัตติตระกูล และ รุจิระ โรจนประภายนต์	การศึกษาโครงสร้างตลาดและพฤติกรรมตลาดใน ตลาดโซลาร์รูฟท็อปในประเทศไทย	เสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างตลาดและพฤติกรรมตลาดโซลาร์รูฟท็อป ผ่านกระบวนการ	(1)วิเคราะห์ โครงสร้างการตลาด (2)วิเคราะห์การแพร่กระจายนวัตกรรม
2563	ธนกร ทรัพย์บุญมี และศุภชัย อินทร์ศิริ	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา	ศึกษาการลดต้นทุนการจ่ายค่าไฟฟ้าในอนาคต ลดการหยุดกระบวนการผลิต ศึกษาการใช้พลังงานสะอาดเพื่อสิ่งแวดล้อม	1.การรวบรวมปัญหา 2.เปรียบเทียบเวลาการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงาน 3.วิเคราะห์ แบบ PDCA
2565	ศุภชัย ชุมทอง	ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรม การเลือกติดตั้งโซลาร์รูฟบนหลังคาบ้าน ของ ผู้บริโภคใน กรุงเทพมหานคร	(1)ศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเลือกติดตั้งโซลาร์รูฟบนหลังคาบ้าน (2) ศึกษาปัจจัยด้านนโยบายภาครัฐที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเลือกติดตั้งโซลาร์รูฟบนหลังคาบ้านของ	(1)แบบสอบถาม มี 3 ตอน ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ปัจจัยจากการสนับสนุนของภาครัฐ ตอนที่ 3 การตัดสินใจติดตั้งโซลาร์รูฟ (2)ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล
2565	สมคิด จุติยนต์	การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด	การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด เพื่อหาขนาดโหลดพื้นฐานที่เหมาะสม	ใช้โปรแกรมจำลองเป็น Trina Tallmax plus ชนิดผลึกเดี่ยว นำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร

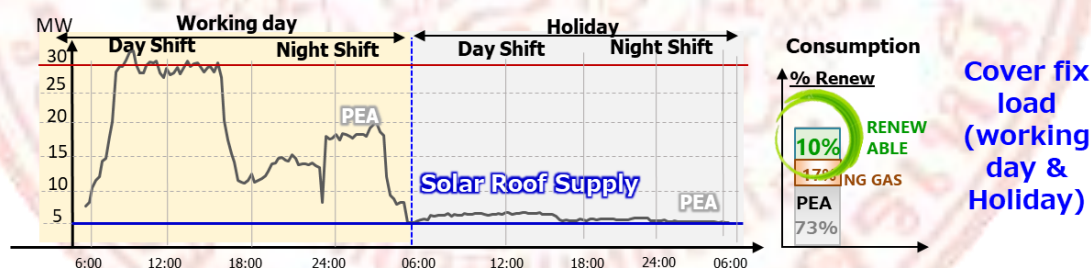
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป (solar rooftop) ขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรที่สามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและผลผลิตของระบบได้ ซึ่งโครงการที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นโครงการที่ติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยวิธีการคำนวณหาจำนวนการติดตั้งแผงโซลาร์ขนาด 540 W ตามสมการที่ 1

$$\text{จำนวนแผง} = \frac{\text{ขนาดของระบบ (W)}}{\text{กำลังผลิตของแผง (W) X ประสิทธิภาพของ Inverter (\%)}} \quad (1)$$

กำลังผลิตของแผง = 540 W

การหาขนาดของระบบสามารถคำนวณได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เป็น Fixed load มีองค์ประกอบ 41% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ระบบความปลอดภัย Emergency system, Exit light ระบบที่ต้องเปิดไว้ 24 ชม.ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater control system) , ระบบ Circulate สี เป็นต้น โดยเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เป็น Fixed load ขึ้นต่ำของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ประมาณ 5 MW/day และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเป้าหมายการลดการใช้ไฟฟ้าจากการนำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ทดแทน 10% แล้วสามารถบรรลุเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ แสดงดังรูปภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในวันที่มีการผลิตและวันหยุดการผลิตของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

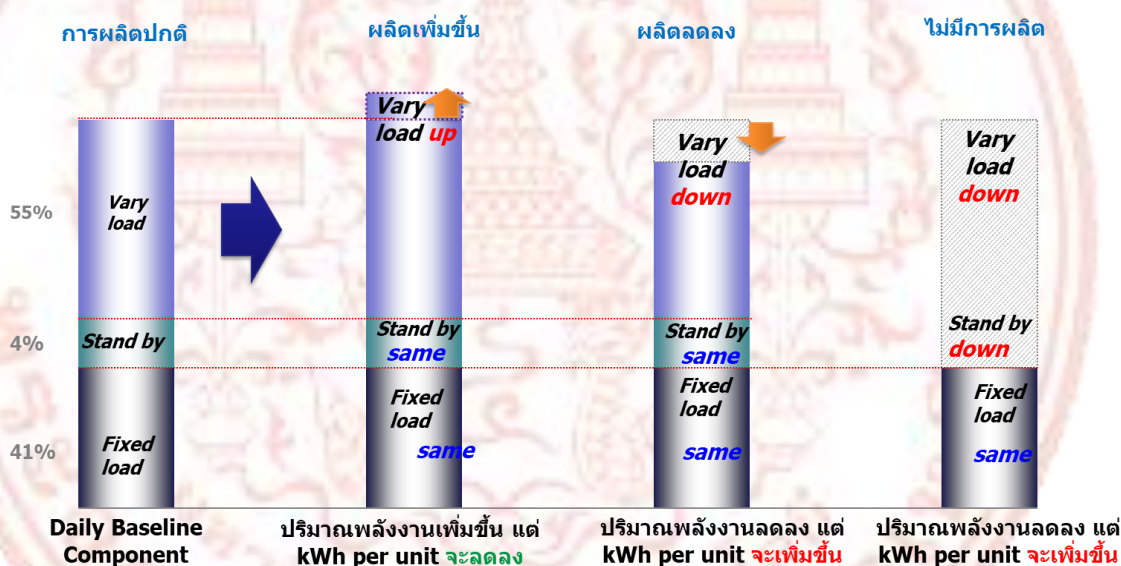
ขนาดของระบบ = 5,000,000 W ; โดย

ประสิทธิภาพของ Inverter = 85%

$$\text{จำนวนแผง} = \frac{5,000,000}{540 \times 85\%} = 10,893.25$$

ดังนั้น พิจารณาติดตั้งแผงโซลาร์ขนาด 540 W จำนวนทั้งหมด 10,895 แผ่น

วิธีการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ Vary load มีองค์ประกอบ 55% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยขึ้นกับจำนวนการผลิตในวันนั้นๆ เช่น Robot, Spot Gun, Air gun, และอื่นๆ Standby load มีองค์ประกอบ 4% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนการผลิต (unit production) ในวันนั้นๆ เช่น Conveyor System, Chiller system, Oven system, Furnace, และอื่นๆ Fixed load มีองค์ประกอบ 41% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ระบบความปลอดภัย Emergency system, Exit light ระบบที่ต้องเปิดไว้ 24 ชม. ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater control system) , ระบบ Circulate สี เป็นต้น โดยปริมาณการใช้พลังงานตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ แสดงดังรูปภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ปริมาณการใช้พลังงานตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ

สูตรคำนวณค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน สามารถคำนวณจากสมการที่ 2

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือน} = (\text{Fix load} + \text{standby load} + \text{vary load}) \times (\text{unit production per Month}) \quad (2)$$

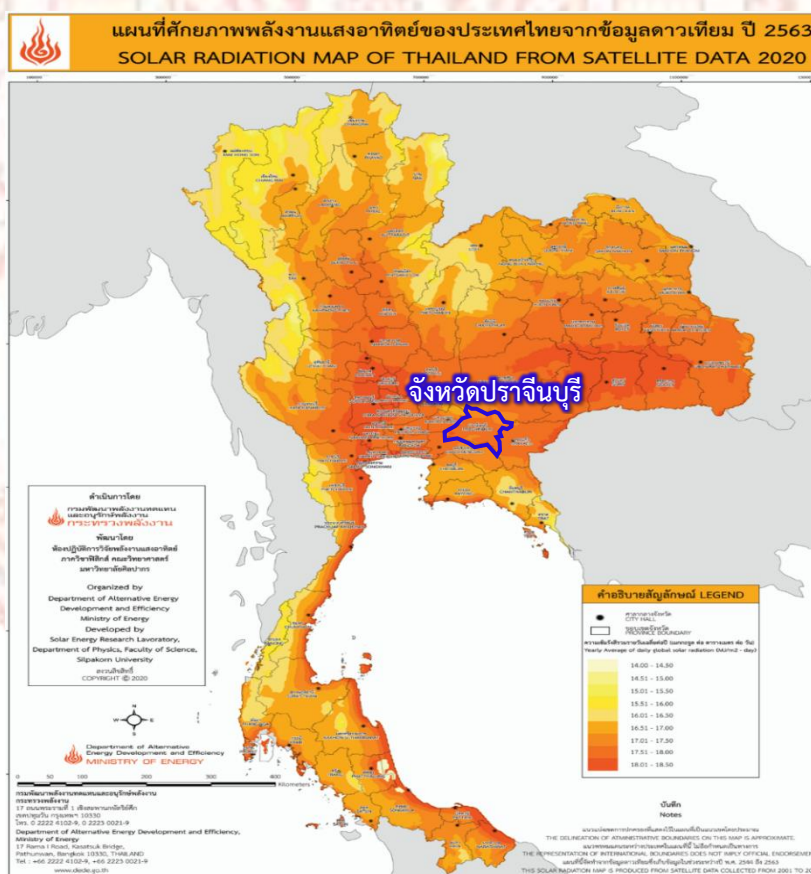
นอกจากนี้ยังมีตัวแปรหลักที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปที่จะทำการควบคุมเพิ่มเติมมีดังต่อไปนี้

การส่องสว่างของแสงแดด (Solar Irradiance): ปริมาณพลังงานแสงแดดที่ตกกระทบต่อแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาและสถานที่ โดยจะเป็นค่าเฉลี่ยของการรับแสงแดดต่อวันในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{kWh/m}^2/\text{day}$) ส่วนข้อมูลแสงอาทิตย์สำหรับจังหวัดปราจีนบุรีมีค่าเฉลี่ยต่อวันประมาณ 4.5 - 5.0 $\text{kWh/m}^2/\text{day}$ และข้อมูลแสงอาทิตย์รายเดือนแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลแสงอาทิตย์รายเดือนจังหวัดปราจีนบุรี

Latitude	Longitude	ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน ปี 2563 (หน่วย : $\text{kWh/m}^2/\text{day}$)											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
14°03'03.3"N	101°22'09.5"E	5.0	5.2	5.5	5.6	5.0	4.8	4.6	4.5	4.4	4.5	4.7	4.9

ที่มา ; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



ภาพที่ 3-3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียม ปี 2563

ที่มา ; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System): ประสิทธิภาพของระบบจัดการพลังงานที่ใช้ในการจัดเก็บและบริหารการใช้พลังงาน ได้มีนโยบายพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินระบบการจัดการพลังงาน ส่งเสริม พัฒนา และปรับปรุง การใช้พลังงานขององค์กรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดย

- จัดการและลดปริมาณพลังงานที่สูญเสียภายในองค์กร
- ควบคุมการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและยั่งยืน
- ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานขององค์กร
- ปฏิบัติให้สอดคล้องกับกฎหมายพลังงานและข้อกำหนดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน
- มุ่งมั่นสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี ค.ศ.2050

นอกจากนี้ในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปและปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริงของโครงการที่ศึกษา ได้กำหนดตัวแปร ตามตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือน	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน	เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือนที่ 10%
	ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในแต่ละเดือน	ปริมาณการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปของแต่ละเดือน	ทำสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้า เฟส 1 ลดค่าไฟต่ำกว่าซื้อจาก PEA. 37% เฟส 2 ลดค่าไฟต่ำกว่าซื้อจาก PEA. 51%
อัตราค่าไฟฟ้าจาก PEA. ในแต่ละเดือน		
ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือนที่ 10%

การคำนวณหาเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน สามารถคำนวณได้จากการนำเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กร มาสะท้อนปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือนที่ลดลง ตามสมการที่ 3

$$Target = Baseline - Saving \quad (3)$$

Target = เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน (kWh)

Baseline = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน (kWh)

Saving = เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กร (kWh)

จากนั้นสามารถแปลงปริมาณพลังงานไฟฟ้าเป็น CO₂ (kg-CO₂) จากสมการที่ 4

$$CO_2 (kg - CO_2) = \text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า}(kWh) \times \text{Factor } CO_2 \quad (4)$$

Factor CO₂ = 0.466 kWh/kg-CO₂

การซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป ภายใต้ข้อกำหนดและเงื่อนไขการซื้อไฟฟ้าที่ราคาสุทธิ (ซึ่งรวมถึงค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าปรับอัตราไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ) เท่ากับราคาที่ผู้ซื้อจะต้องชำระให้แก่ กฟผ. หากผู้ซื้อยังคงซื้อไฟฟ้าจาก กฟผ. ในปริมาณเท่ากันในอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟผ. ในรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องหักด้วยตัวแปรส่วนลด (“ตัวแปรส่วนลด”) ตามที่กำหนดไว้ด้านล่าง (“ราคารับซื้อไฟฟ้า”) ตามสมการที่ 5-7

$$EPP = (1 - DF) \times (EC + FC) \quad (5)$$

$$EC = (C_p \times kWh_p) + (C_{op} \times kWh_{op}) \quad (6)$$

$$FC = F_t \times (kWh_p + kWh_{op}) \quad (7)$$

EPP = ราคาซื้อไฟฟ้า ตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบาท

EC = ค่าพลังงานไฟฟ้าตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบาท

FC = ค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบาท

DF = ตัวแปรส่วนลด Phase 1 เท่ากับ 37 % และตัวแปรส่วนลด Phase 2 เท่ากับ 51 %

C_p = อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับช่วงเวลา peak ของอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟผ. ตามอัตราประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ (อัตราตามช่วงเวลาการใช้) ที่แรงดันไฟฟ้า 115 kV ตามที่กำหนดไว้ใน PEA-ERB และอาจมีการปรับเปลี่ยนเป็นครั้งคราว ซึ่ง ณ วันที่ลงนามสัญญา $C_p = 4.1025$ บาทต่อกิโลวัตต์

C_{op} = อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับช่วงเวลา off-peak ของอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟผ. ตามประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ (อัตราตามช่วงเวลาการใช้) ที่แรงดันไฟฟ้า 115 kV ตามที่กำหนดไว้ใน PEA-ERB และอาจมีการปรับเปลี่ยนเป็นครั้งคราว ซึ่ง ณ วันที่ลงนามสัญญา $C_{op} = 2.5849$ บาทต่อกิโลวัตต์

F_t = อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติของ กฟผ. คำนวณตาม PEA-ERB

kWh_p = ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ซื้อได้ใช้ตามจริง (มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สำหรับชั่วโมง peak ในระหว่างรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า

kWh_{op} = ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ซื้อได้ใช้ตามจริง (มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง) สำหรับชั่วโมง off-peak ในระหว่างรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า

“อัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ.” (PEA Rates) หมายถึง อัตราที่กำหนดไว้ใน PEA-ERB ในประเภทที่ 4 – กิจการขนาดใหญ่ ประเภทอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หรืออัตราค่าไฟฟ้าที่คิดตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) แบ่งเป็นช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) ตามตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ค่าไฟฟ้าแบบ TOU

ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้า	ช่วงเวลา	ราคาค่าไฟฟ้า
ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak)	ช่วงเวลา 09.00-22.00 น. (จันทร์-ศุกร์)	5.2674 บาท/หน่วย
ช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)	ช่วงเวลา 22.00-09.00 น. (จันทร์-ศุกร์)	2.1827 บาท/หน่วย
	ช่วงเวลา 00.00-24.00 (เสาร์-อาทิตย์) วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)	

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การบันทึกข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป สามารถอ่านค่าจากอุปกรณ์มาตรวัดไฟฟ้าในระยะใกล้ด้วยการเชื่อมต่อทางอินเทอร์เน็ตกับระบบผลิตไฟฟ้า และการบันทึกข้อมูลใดๆ ที่ได้จากอุปกรณ์มาตรวัดไฟฟ้าและเครื่องมือในการตรวจวัดอื่นๆ กำหนดให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญไม่เกินกว่าร้อยละ 0.5 (ศูนย์จุดห้า)

การเรียกเก็บเงินและการชำระเงิน รอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า สำหรับจำนวนเงินที่ต้องชำระทั้งหมดตามสัญญาที่ยังคงค้างอยู่ ณ วันสุดท้ายของรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าก่อนหน้า ใบแจ้งหนี้แต่ละฉบับ จะมีข้อความแสดงปริมาณไฟฟ้าที่จ่ายให้ในรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าก่อนหน้านี้ รวมถึงราคาซื้อไฟฟ้าด้วย ส่วนการชำระเงินทั้งหมดในจำนวนที่ไม่มีข้อพิพาทโต้แย้ง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง หากไม่ชำระเงินทั้งหมดในจำนวนที่ไม่มีข้อพิพาทโต้แย้งภายในระยะเวลาดังกล่าว จะต้องเสียดอกเบี้ยในอัตรดอกเบี้ยผิดนัดนับตั้งแต่วันที่ครบกำหนดการชำระเงินจนถึงวันที่ชำระเงินดังกล่าว

“องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)” เรียกโดยย่อว่า “อบก.” หรือ “TGO” ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และมีตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ผ่านโครงการ T-VER ปัจจุบันราคาคาร์บอนเครดิต ในปี 2567 อยู่ที่ 180 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับโครงการประเภทพลังงานแสงอาทิตย์ และราคาการซื้อขายคาร์บอนเครดิตแต่ละประเภทโครงการ แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ราคาการซื้อขายคาร์บอนเครดิตแต่ละประเภทโครงการ

ลำดับ	ประเภทโครงการ	ประเภทย่อย	ปีที่เกิดกิจกรรม	ราคาเฉลี่ย (บาท/tCO ₂ eq)	ราคาต่ำสุด (บาท/tCO ₂ eq)	ราคาสูงสุด (บาท/tCO ₂ eq)
1	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2562	36.99	35.00	180.00
2	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2560	45.00	45.00	45.00
3	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	พลังงานแสงอาทิตย์	2560	74.51	55.00	75.00
4	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2561	75.94	60.00	100.00
5	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2563	78.68	35.00	200.00
6	การจัดการขยะมูลฝอย	เชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอย	2564	80.00	80.00	80.00
7	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2558	180.00	180.00	180.00
8	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	พลังงานแสงอาทิตย์	2562	182.66	180.00	250.00
9	การจัดการขยะมูลฝอย	ทำปุ๋ยหมัก	2565	200.00	200.00	200.00
10	พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	ชีวมวล	2564	250.00	250.00	250.00

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่ลดลงจากที่มีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนทั้งหมดของโรงงานประกอบรถยนต์ จังหวัดปราจีนบุรี มีแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนหลักที่นำมาคำนวณทั้งหมด 2 แหล่ง ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_2\text{eq/kWh}$) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้า = $0.466 \text{ kgCO}_2\text{eq/kWh}$ และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) คูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_2\text{eq/MMBtu}$) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) = $50.52 \text{ kgCO}_2\text{eq/MMBtu}$ การคำนวณหาปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากโซลาร์รูฟท็อปสามารถคำนวณจากสมการที่ 8

$$CO_2 \text{ from Solar generate} = (kWh \text{ solar} \times 0.466) - 1 \quad (8)$$

และการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนคงเหลือสุทธิขององค์กรสามารถคำนวณจากสมการที่ 9

$$Final CO_2 = CO_2 \text{ from all source} - (CO_2 \text{ from solar generate}) \quad (9)$$

3.4 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

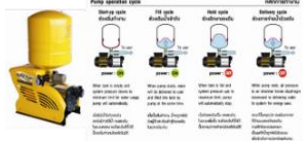
การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปจำเป็นต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์หลายชนิดเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยหลักการสำคัญในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์มีดังนี้

- (1) การเลือกแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panels) ควรเลือกแผงแบบ Monocrystalline หากต้องการประสิทธิภาพสูงและมีพื้นที่จำกัด หรือ Polycrystalline หากต้องการลดต้นทุน แผงที่มีประสิทธิภาพสูงจะผลิตไฟได้มากในพื้นที่จำกัด มีมาตรฐานรับรอง เช่น IEC, TUV, CE เพื่อรับรองความปลอดภัยและคุณภาพ และควรมีการรับประกันประสิทธิภาพ 25 ปี และตัวแผง 10-12 ปี
- (2) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ควรเลือกมีแบบ String Inverter และ Micro Inverter ควรเลือกตามขนาดและลักษณะการติดตั้ง บางรุ่นรองรับระบบ Hybrid หรือสามารถเชื่อมต่อแบตเตอรี่ได้ในอนาคต มาตรฐานความปลอดภัยต้องมีระบบตัดไฟเมื่อเกิดไฟย้อนหรือระบบป้องกันแรงดันเกิน
- (3) โครงสร้างติดตั้ง (Mounting Structure) วัสดุที่ใช้อลูมิเนียมหรือเหล็กชุบสังกะสีเพื่อทนต่อสภาพอากาศและป้องกันสนิม การออกแบบต้องสามารถระบายอากาศได้ดี มีมุมเอียงเหมาะสมเพื่อรับแสงสูงสุด และต้องรองรับน้ำหนักแผงได้ และต้านทานแรงลมตามมาตรฐานอาคาร
- (4) สายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟ DC/AC ต้องใช้สายที่ออกแบบเฉพาะสำหรับโซลาร์เซลล์ มีฉนวนกัน UV และความร้อน MC4 Connector เป็นหัวต่อมาตรฐานที่มีความปลอดภัยสูง ตัวควบคุม

ไฟฟ้า (Combiner Box / AC DB) ต้องมีเบรกเกอร์, SPD (Surge Protection Device), และฟิวส์ สำหรับป้องกันระบบ มีระบบกราวด์และสายดิน (Grounding System) ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรหรือ ไฟดูด เชื่อมต่อทุกส่วนที่เป็นโลหะเข้ากับระบบสายดิน

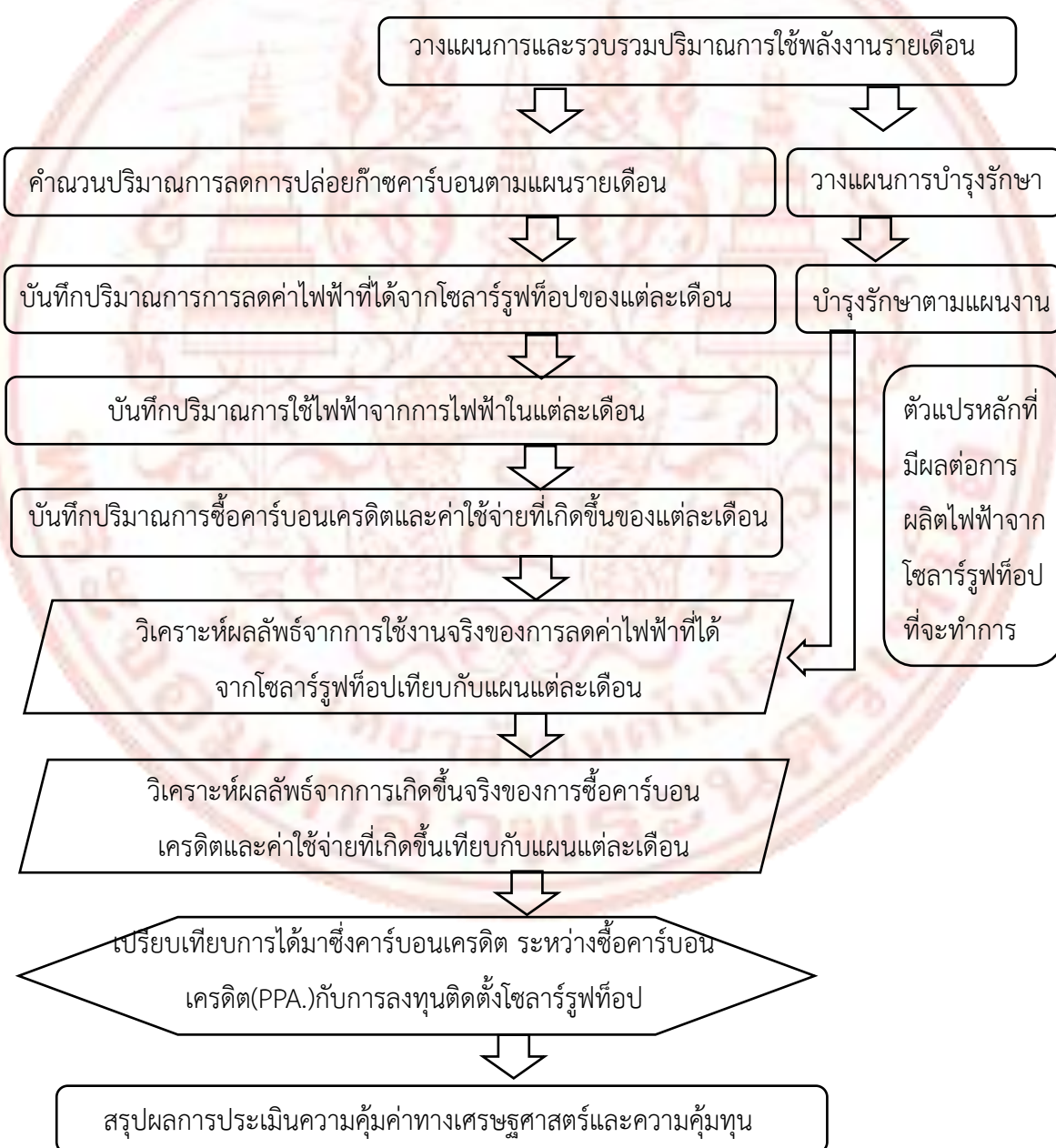
โดยวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ประกอบด้วยตามตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่การทำงาน	รูปภาพอุปกรณ์
1	Solar Panels	แผงโซลาร์เซลล์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงแสงอาทิตย์ เป็น “ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)”	
2	Inverter	แปลงกระแสไฟฟ้าตรงที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังตู้ PV-MDB ต่อไปอินเวอร์เตอร์	
3	Abnormal situation, Fault, Failure and Primary troubleshooting	ไฟแสดงสถานะเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น จะมีไฟเตือนสีแดงขึ้นมาตรง Alarm/Maintenance LED Status	
4	DC Combiner Box	ป้องกันและตัดต่อวงจรขณะไม่ได้จ่ายโหลดทางไฟฟ้าทางด้าน ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)	
5	PV-Main Distribution Board	ป้องกันและตัดต่อวงจรทางฝั่ง ไฟฟ้ากระแสสลับระหว่าง ทางฝั่งตู้ MDB ของโรงงาน กับ อินเวอร์เตอร์	
6	Water Booster Pump	ใช้ปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำขึ้นไป เพื่อใช้ล้างแผงบนหลังคา โดยใช้ปั๊มน้ำรุ่น Mitsubishi booster pump UMCH Series	

3.5 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนในการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปกับปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิต จะเน้นศึกษาปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน ปริมาณการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปของแต่ละเดือน ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละเดือนโดยผู้วิจัยได้เรียบเรียงลำดับแจกแจงในรายละเอียดของขั้นตอน ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Economic Engineering Analysis) ของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อประเมินความคุ้มค่าและประสิทธิภาพของการลงทุนในโซลาร์รูฟท็อป การวิเคราะห์จะพิจารณาปัจจัยหลัก ดังต่อไปนี้

3.6.1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Initial Investment)

ต้นทุนการติดตั้ง (Installation Costs): ค่าแผงโซลาร์เซลล์, อินเวอร์เตอร์, ระบบยึดติด, การติดตั้ง, และรวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ต้นทุนเพิ่มเติม (Additional Costs): รวมถึงค่าบำรุงรักษา, ค่าประกัน, และค่าธรรมเนียมต่างๆ

3.6.2. การประหยัดพลังงาน (Energy Savings)

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (Electricity Savings): การคำนวณจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์กับค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายตามอัตราของผู้ให้บริการพลังงาน

การผลิตพลังงาน (Energy Production): จำนวนพลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ตลอดปี ซึ่งคำนวณจากกำลังผลิตสูงสุด, ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย, และระยะเวลา

3.6.3. ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment - ROI) สามารถคำนวณจากสมการที่ 10

$$ROI = \frac{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี}}{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}} \times 100 \quad (10)$$

อัตราผลตอบแทน (Return Rate): คำนวณอัตราผลตอบแทนตามระยะเวลา เช่น รายปี

3.6.4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) สามารถคำนวณจากสมการที่ 11

$$Payback Period = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}}{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี}} \quad (11)$$

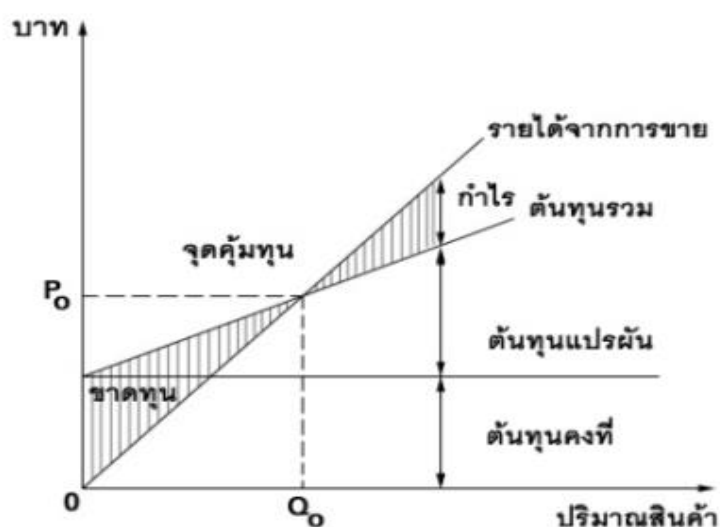
ระยะเวลาคืนทุนเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการคืนทุนจากการลงทุนในระบบโซลาร์เซลล์ ซึ่งต้องการพิจารณาค่าใช้จ่ายเริ่มต้นและการประหยัดพลังงาน

3.6.5 จุดคุ้มทุน (Break-Even Point): เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ทางการเงินที่ช่วยให้เราเข้าใจว่าธุรกิจหรือโครงการจะเริ่มมีกำไรได้เมื่อไหร่ โดยการหาจุดที่รายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวม สามารถคำนวณจากสมการที่ 12

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}}{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี} - \text{ต้นทุนผันแปรต่อปี}} \quad (12)$$

ต้นทุนผันแปรต่อปี : ค่าบำรุงรักษา , Operation Cost

การคิดกราฟจุดคุ้มทุนช่วยให้เห็นภาพรวมของความเสี่ยงและผลกำไรได้ชัดเจนขึ้น เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวางแผนและการตัดสินใจทางธุรกิจดังภาพ



ภาพที่ 3-5 แสดงการวิเคราะห์ความคุ้มทุน

ที่มา: ไพโรจน์ ปรณวัฒน์กุลชัย, 2545

3.6.6. ปัจจัยเสริม

แรงจูงใจทางภาษีและเงินอุดหนุน (Incentives and Subsidies): เงินอุดหนุนหรือภาษีที่รัฐบาลช่วยเหลือ

ค่าไฟฟ้าในอนาคต (Future Electricity Prices): การเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าจะช่วยเพิ่มความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์

Green Factory หรือ "โรงงานสีเขียว" คือแนวทางในการดำเนินการผลิตที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานสีเขียวมักจะรวมถึงแนวปฏิบัติที่ดีในการลดการใช้พลังงาน คุณลักษณะหลักของโรงงานสีเขียวประการหนึ่งคือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้เทคโนโลยีที่ประหยัดพลังงาน เช่น ระบบไฟฟ้า LED, เครื่องจักรที่มี

ประสิทธิภาพสูง ใช้แหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม และหากไม่ทำตามแนวทาง Green Factory องค์กรอาจได้รับผลกระทบดังต่อไปนี้

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม: การไม่ดำเนินการอาจทำให้เกิดมลพิษเพิ่มขึ้น การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และการสร้างของเสียมากเกินไป ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

ความเสี่ยงด้านกฎหมายและข้อบังคับ: โรงงานที่ไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม ต้องได้รับการลงโทษทางกฎหมาย หรือค่าปรับจากหน่วยงานควบคุมสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของแบรนด์: การไม่ใช้แนวทางสีเขียวอาจทำให้ลูกค้าและผู้บริโภคมองว่าโรงงานนั้นไม่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจทำให้สูญเสียลูกค้าและความเชื่อมั่น

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น: การจัดการกับของเสียและมลพิษอาจมีค่าใช้จ่ายสูง และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นโอกาสในการตลาดที่ลดลง: หลายบริษัทและลูกค้าสนใจในการทำธุรกิจกับพันธมิตรที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม หากโรงงานไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาจสูญเสียโอกาสในการเข้าถึงตลาดใหม่หรือกลุ่มลูกค้าเฉพาะความไม่ยั่งยืนในระยะยาว: การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีที่ยั่งยืนอาจทำให้เกิดปัญหาในอนาคตเมื่อทรัพยากรที่ใช้เริ่มขาดแคลนการนำแนวทาง Green Factory มาใช้ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถนำไปสู่การประหยัดต้นทุนในระยะยาวและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดขององค์กรด้วย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - ธันวาคม 2567 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ ตอนขออนุมัติโครงการ ศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ และเปรียบเทียบการได้มาซึ่งคาร์บอนเครดิตระหว่างการซื้อกับการได้มาจากสิทธิ์สัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้าที่แพงขึ้น 50% โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูลโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2

4.1.1 ข้อมูลโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1

โครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 เป็นการร่วมลงทุน (Joint venture) ระหว่างโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี (ผู้ซื้อ) กับบริษัทดับบลิวเอชเอ โซลาร์ จำกัด (ผู้ขาย) เพื่อก่อสร้าง พัฒนา และดำเนินการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีขนาดประมาณ 2.471 MW มูลค่าการลงทุน 85,940,000 บาท ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และการดูแลบำรุงรักษาระบบทั้งหมดตลอดอายุสัญญา เช่น การบำรุงรักษาประจำปี การล้างแผงโซลาร์เซลล์ เป็นต้น ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งหมด ระยะเวลาสัญญา 20 ปี นับตั้งแต่เริ่มมีการซื้อขายไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2563 โดยผู้ขายจะขายและผู้ซื้อจะซื้อไฟฟ้าที่ราคาสุทธิเท่ากับราคาของผู้ซื้อจะต้องชำระให้แก่ กฟภ. หักด้วยตัวแปรส่วนลด 37 % ผู้ซื้อเป็นผู้มีสิทธิ์ในผลประโยชน์และสิทธิกระทำการอื่นใดเพื่อประโยชน์ของตนในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็นลักษณะใดที่สะสมมาจากหรือเกิดขึ้นจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ส่วนเงินช่วยเหลือ หรือเงินสนับสนุนต่างๆ รวมถึงเงินช่วยเหลือสนับสนุนสิทธิหรือประโยชน์อื่นในลักษณะเดียวกันที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือว่าเป็นสิทธิของผู้ขาย โดยในแต่ละปีสัญญา ผู้ขายตกลงจะขายไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในปริมาณไม่น้อยกว่าปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำที่ได้ระบุไว้ ในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำในแต่ละปีของสัญญาโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1

ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)	ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)	ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)
1	3,096,000	8	2,973,748	15	2,851,495
2	3,078,555	9	2,956,283	16	2,834,031
3	3,061,071	10	2,938,818	17	2,816,566
4	3,043,606	11	2,921,354	18	2,799,102
5	4,026,142	12	2,903,889	19	2,781,637
6	3,008,677	13	2,886,245	20	2,764,172
7	2,991,212	14	2,868,960		

4.1.2 ข้อมูลโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 2

โครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 2 เป็นการร่วมระหว่างโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี (ผู้ซื้อ) กับบริษัท กัลฟ์ 1 จำกัด (ผู้ขาย) เพื่อก่อสร้าง พัฒนา และดำเนินการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีขนาดประมาณ 3.812 MW มูลค่าการลงทุน 82,000,000 บาท ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และการดูแลบำรุงรักษาระบบทั้งหมดตลอดอายุสัญญา เช่น การบำรุงรักษาประจำปี การล้างแผงโซลาร์เซลล์ เป็นต้น ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งหมด ระยะเวลาสัญญา 20 ปี นับตั้งแต่เริ่มมีการซื้อขายไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ เมื่อวันที่ 17 มกราคม 2565 โดยผู้ขายจะขายและผู้ซื้อจะซื้อไฟฟ้าที่ราคาสุทธิเท่ากับราคาที่ผู้ซื้อจะต้องชำระให้แก่ กฟผ. หักด้วยตัวแปรส่วนลด 51 % ผู้ขายเป็นผู้มีสิทธิในผลประโยชน์และสิทธิกระทำการอื่นใดเพื่อประโยชน์ของตนในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็นลักษณะใดที่สะสมมาจากหรือเกิดขึ้นจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา รวมไปถึงเงินช่วยเหลือ หรือเงินสนับสนุนต่างๆ เงินช่วยเหลือสนับสนุนสิทธิหรือประโยชน์อื่นในลักษณะเดียวกันที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผู้ซื้อจะไม่สามารถนำสิทธิในผลประโยชน์และสิทธิกระทำการอื่นใด ไม่ว่าจะเป็นลักษณะใดที่สะสมมาจากหรือที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา มาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผู้ซื้อได้ โดยในแต่ละปีสัญญา ผู้ขายตกลงจะขายไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในปริมาณไม่น้อยกว่าปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำที่ได้ระบุไว้ในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำในแต่ละปีของสัญญาโครงการติดตั้งโซลาร์ฟลท้อปเฟส 2

ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)	ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)	ปีที่สัญญา	ปริมาณไฟฟ้าขั้นต่ำ (Kw)
1	2,710,525	8	2,604,040	15	2,497,555
2	2,695,313	9	2,588,828	16	2,482,343
3	2,680,101	10	2,573,616	17	2,467,131
4	2,664,889	11	2,558,404	18	2,451,919
5	2,649,767	12	2,543,192	19	2,46,707
6	2,634,464	13	2,527,979	20	2,421,949
7	2,619,252	14	2,512,767		

4.2 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี มีวิธีในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ Vary load มีองค์ประกอบ 55% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยขึ้นกับจำนวนการผลิตในวันนั้นๆ เช่น Robot, Spot Gun, Air gun, และอื่นๆ Standby load มีองค์ประกอบ 4% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนการผลิต (unit production) ในวันนั้นๆ เช่น Conveyor System, Chiller system, Oven system, Furnace, และอื่นๆ Fixed load มีองค์ประกอบ 41% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ระบบความปลอดภัย Emergency system, Exit light ระบบที่ต้องเปิดไว้ 24 ชม. ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater control system), ระบบ Circulate สี ซึ่งการคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนสามารถหาได้จากสมการที่ 2 ดังตัวอย่าง

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมกราคม } 2567 &= (347.71 + 457.95 + 42.40) \times 10,000 \\ &= 8,480,603 \text{ kw} \end{aligned}$$

ในมกราคม 2567 มีกำลังการผลิต 10,000 คันต่อเดือน

โดยสามารถคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้ตามตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แผนประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

เดือน	แผนประมาณการใช้ไฟฟ้า Kw	เดือน	แผนประมาณการใช้ไฟฟ้า Kw
มกราคม 2567	8,480,603	กรกฎาคม 2567	6,126,586
กุมภาพันธ์ 2567	7,695,907	สิงหาคม 2567	6,088,190
มีนาคม 2567	7,360,211	กันยายน 2567	6,251,089
เมษายน 2567	5,175,275	ตุลาคม 2567	6,293,991
พฤษภาคม 2567	6,100,639	พฤศจิกายน 2567	6,176,298
มิถุนายน 2567	5,805,922	ธันวาคม 2567	6,182,814

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจริงในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้มีการใช้ไฟฟ้าตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในจริงแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

เดือน	ปริมาณไฟฟ้า (Kw)	เดือน	ปริมาณไฟฟ้า (Kw)
มกราคม 2567	3,109,437	กรกฎาคม 2567	3,058,580
กุมภาพันธ์ 2567	2,763,956	สิงหาคม 2567	2,282,219
มีนาคม 2567	2,767,702	กันยายน 2567	2,303,359
เมษายน 2567	3,783,356	ตุลาคม 2567	2,185,030
พฤษภาคม 2567	2,346,204	พฤศจิกายน 2567	2,087,229
มิถุนายน 2567	3,176,523	ธันวาคม 2567	1,931,985

4.3 ข้อมูลปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

การวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนทั้งหมดของโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี มีแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนหลักที่นำมาคำนวณ ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด โดยการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากการนำปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้า = $0.466 \text{ kgCO}_2\text{eq/kWh}$ ซึ่งเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในกระบวนการผลิต ซึ่งการคำนวณหาปริมาณสามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนในแต่ละเดือนสามารถหาได้จากสมการที่ 3 และ 4 ดังตัวอย่าง

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน มกราคม 2567 = $8,480,603 \text{ kWh} \times 0.466 \text{ kgCO}_2\text{eq/kWh}$

$$= 3,951,961 \text{ KgCO}_2$$

เป้าหมายที่ต้องนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

$$= 3,951,961 \text{ KgCO}_2 \times 18\% = 711,353 \text{ KgCO}_2$$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนในมกราคม 2567 หลังจากการลด 18%

$$= 3,951,961 - 711,353 = 3,240,608 \text{ KgCO}_2$$

ทำให้สามารถคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ตามตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แผนประมาณการปริมาณที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนในแต่ละเดือนของโรงงาน
ประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

เดือน	เป้าหมายที่สามารถปล่อย ก๊าซคาร์บอน KgCO ₂	เดือน	เป้าหมายที่สามารถปล่อย ก๊าซคาร์บอน KgCO ₂
มกราคม 2567	3,240,608	กรกฎาคม 2567	2,341,091
กุมภาพันธ์ 2567	2,940,760	สิงหาคม 2567	2,326,419
มีนาคม 2567	2,812,484	กันยายน 2567	2,388,666
เมษายน 2567	1,977,576	ตุลาคม 2567	2,405,060
พฤษภาคม 2567	2,331,176	พฤศจิกายน 2567	2,360,087
มิถุนายน 2567	2,218,559	ธันวาคม 2567	2,362,577

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ได้ตามตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์
ปราจีนบุรี

เดือน	ปริมาณการปล่อยก๊าซ คาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง KgCO ₂	เดือน	ปริมาณการปล่อยก๊าซ คาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง KgCO ₂
มกราคม 2567	2,675,726	กรกฎาคม 2567	2,068,126
กุมภาพันธ์ 2567	2,437,693	สิงหาคม 2567	2,150,271
มีนาคม 2567	2,387,951	กันยายน 2567	2,227,848
เมษายน 2567	1,526,507	ตุลาคม 2567	2,159,912
พฤษภาคม 2567	1,954,031	พฤศจิกายน 2567	2,132,374
มิถุนายน 2567	1,965,125	ธันวาคม 2567	1,993,907

4.4 ข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2

การนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 มาใช้ในกระบวนการผลิต มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับกระบวนการผลิต โดยจะเริ่มขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า และจะค่อย ๆ จ่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปทดแทนไฟฟ้าที่ซื้อจาก กฟภ. ทั้งในทุกวันที่มีการใช้ไฟฟ้า ซึ่งปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2 ที่จ่ายให้กับโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในแต่ละเดือนได้แสดงตามตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 และ เฟส 2 ในแต่ละเดือนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

เดือน	ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง		เดือน	ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง	
	เฟส1 (kw)	เฟส2 (kw)		เฟส1 (kw)	เฟส2 (kw)
มกราคม 2567	254,765	365,391	กรกฎาคม 2567	248,725	356,542
กุมภาพันธ์ 2567	239,573	309,010	สิงหาคม 2567	285,938	417,222
มีนาคม 2567	273,068	366,125	กันยายน 2567	232,984	383,058
เมษายน 2567	290,873	374,548	ตุลาคม 2567	248,747	374,964
พฤษภาคม 2567	278,545	378,663	พฤศจิกายน 2567	262,019	256,515
มิถุนายน 2567	269,220	358,938	ธันวาคม 2567	276,843	196,331

4.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี เฟส 1 และ เฟส 2 เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของผู้ร่วมลงทุนหรือผู้ขาย เนื่องจากผู้ขายลงทุนและบำรุงรักษาระบบเองทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการที่ 10 , 11, 12 และแสดงตามตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี เฟส 1 และ เฟส 2

โซลาร์รูฟท็อป	เงินลงทุน	ผลประโยชน์ต่อปี	ค่าบำรุงรักษาต่อปี	ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) %	ระยะเวลาคืนทุน ปี	จุดคุ้มทุน ปี
เฟส 1	85,940,000	4,597,473	429,700	5	19	21
เฟส 2	82,000,000	8,710,936	2,460,000	11	9	13

จากตารางที่ 4-8 ทำให้ทราบว่าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (ROI) 5 % มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 19 ปี และมีจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) 21 ปี ซึ่งเลยอายุสัญญาที่ 20 ปี ส่วนโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (ROI) 11 % มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 9 ปี และมีจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) 13 ปี

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในส่วนของผู้ซื้อจะเป็นความเสี่ยงในการจ่ายค่าธรรมเนียมเมื่อมีการบอกเลิกสัญญา หากผู้ซื้อทำการยกเลิกสัญญาก่อนกำหนด ผู้ซื้อต้องชำระค่าธรรมเนียมการบอกเลิกสัญญาตามตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่าธรรมเนียมการบอกเลิกสัญญาก่อนกำหนด ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 และ เฟส 2

ปีที่	โซลาร์รูฟท็อป		ปีที่	โซลาร์รูฟท็อป	
	เฟส 1	เฟส 2		เฟส 1	เฟส 2
1	-	82,000,000	11	32,769,000	41,000,000
2	-	77,900,000	12	32,550,000	36,500,000
3	-	73,800,000	13	28,394,000	32,600,000
4	-	69,700,000	14	25,317,000	28,300,000
5	-	61,500,000	15	21,700,000	24,600,000
6	49,153,000	61,500,000	16	18,084,000	20,200,000
7	45,877,000	57,000,000	17	17,185,000	16,000,000
8	42,600,000	52,900,000	18	12,889,000	12,000,000
9	39,323,000	49,000,000	19	8,593,000	8,200,000
10	36,046,000	44,600,000	20	4,297,000	3,900,000

4.6 ผลการศึกษาโครงการ

(1) ผลการศึกษาการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน เปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 – ธันวาคม 2567

ทำให้ทราบว่า การนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 12 เดือน ในเฟส 1 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3,161,300 kWh หรือ 10% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ เฟส 2 1 สามารถผลิตไฟฟ้าได้

4,137,307 kWh หรือ 13% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. รวมทั้ง 2 เฟส 1 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 7,298,607 kWh หรือ 23% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. ซึ่งดีกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18% ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. ทั้งหมด โดยแสดงได้ตามตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 การนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1

และ เฟส 2 มาใช้ในกระบวนการผลิต เปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ.

ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567

เดือน	PEA. (Kwh)	เฟส 1		เฟส 2		เฟส1+ 2 (%)
		Kwh	%	Kwh	%	
มกราคม 2567	3,109,437	254,765	8%	365,391	12%	20%
กุมภาพันธ์ 2567	2,763,956	239,573	9%	309,010	11%	20%
มีนาคม 2567	2,767,702	273,068	10%	366,125	13%	23%
เมษายน 2567	3,783,356	290,873	8%	374,548	10%	18%
พฤษภาคม 2567	2,346,204	278,545	12%	378,663	16%	28%
มิถุนายน 2567	3,176,523	269,220	8%	358,938	11%	20%
กรกฎาคม 2567	3,058,580	248,725	8%	356,542	12%	20%
สิงหาคม 2567	2,282,219	285,938	13%	417,222	18%	31%
กันยายน 2567	2,303,359	232,984	10%	383,058	17%	27%
ตุลาคม 2567	2,185,030	248,747	11%	374,964	17%	29%
พฤศจิกายน 2567	2,087,229	262,019	13%	256,515	12%	25%
ธันวาคม 2567	1,931,985	276,843	14%	196,331	10%	25%
รวม	31,795,580	3,161,300	10%	4,137,307	13%	23%

(2) การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ในเฟส 1 และ เฟส 2 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - ธันวาคม 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ

ทำให้ทราบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 12 เดือน ในเฟส 1 ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 4,597,473 บาท ดีกว่าแผนอยู่ 430,776 บาท หรือ 10% ของเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ และ เฟส 2 ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 8,710,936 บาท ดีกว่าแผนอยู่ 3,624,880 บาท หรือ 71% ของ

เป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ ซึ่งการวางแผนผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 ใช้วันที่มีการผลิต 251 วัน แต่วันที่มีการจ่ายไฟฟ้าจริงมีวันที่มีการผลิตเพิ่มมา 15 วัน และในวันหยุดการผลิตมีการจ่ายไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักร และ Standby load ครบทั้ง 365 วัน รวมทั้ง 2 เฟส ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 13,308,408 บาท ดีกว่าแผน 4,055,656 บาท หรือ 44% ของเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ โดยแสดงได้ตามตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีใน เฟส 1 และ เฟส 2 เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567

เดือน	เฟส 1 (-37% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ.)		เฟส 2 (-51%จากอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ.)	
	Plan (บาท)	Actual (บาท)	Plan (บาท)	Actual (บาท)
มกราคม 2567	(4,166,697)	(375,010)	(5,086,056)	(774,433)
กุมภาพันธ์ 2567		(357,285)		(665,190)
มีนาคม 2567		(393,642)		(767,582)
เมษายน 2567		(434,783)		(786,049)
พฤษภาคม 2567		(394,741)		(804,479)
มิถุนายน 2567		(378,932)		(770,132)
กรกฎาคม 2567		(366,686)		(900,292)
สิงหาคม 2567		(409,164)		(833,552)
กันยายน 2567		(341,680)		(760,236)
ตุลาคม 2567		(367,412)		(754,373)
พฤศจิกายน 2567		(384,981)		(514,895)
ธันวาคม 2567		(393,156)		(379,723)
รวม	(4,166,697)	(4,597,473)	(5,086,056)	(8,710,936)

(3) การศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งอ้างอิงจากเฟส 2 ที่องค์กรไม่ได้เลือกรับสิทธิ์คาร์บอนเครดิต แต่เลือกรับสิทธิ์ส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ. ทดแทน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - ธันวาคม 2567 ทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลในตารางที่ 4-10 ตลอดระยะเวลา 12 เดือน โซลาร์รูฟท็อปเฟส 1 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 3,161,300 kWh คิดเป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน 10 % ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่

5,723,204 kWh คิดเป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน 18% ทำให้ต้องทำการซื้อคาร์บอนเครดิต เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายทดแทนอีก 2,561,904 Kwh หรือ 1,194 ตันคาร์บอน ราคา 180 THB/tonCO₂ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 214,893 บาท

ตารางที่ 4-12 ผลการศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์ จังหวัดปราจีนบุรี เปรียบเทียบกับส่วนต่างกรณีไม่เลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต ของ โซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567

เดือน	A=(-51%จากอัตรา ค่าไฟฟ้าของ กฟภ.) บาท	B=(-37%จากอัตรา ค่าไฟฟ้าของ กฟภ.) บาท	ส่วนต่างกรณีไม่ เลือกรับสิทธิ คาร์บอนเครดิต =A-B บาท	การซื้อ คาร์บอน เครดิต ปี 2567 บาท
มกราคม 2567	(774,433)	(561,844)	(212,589)	214,893
กุมภาพันธ์ 2567	(665,190)	(482,589)	(182,601)	
มีนาคม 2567	(767,582)	(556,873)	(210,709)	
เมษายน 2567	(786,049)	(570,271)	(215,778)	
พฤษภาคม 2567	(804,479)	(583,642)	(220,837)	
มิถุนายน 2567	(770,132)	(558,723)	(211,409)	
กรกฎาคม 2567	(900,292)	(653,153)	(247,139)	
สิงหาคม 2567	(833,552)	(604,734)	(228,818)	
กันยายน 2567	(760,236)	(551,544)	(208,692)	
ตุลาคม 2567	(754,373)	(547,290)	(207,083)	
พฤศจิกายน 2567	(514,895)	(373,551)	(141,344)	
ธันวาคม 2567	(379,723)	(275,485)	(104,238)	
รวม	(8,710,936)	(6,319,699)	(2,391,237)	

จากข้อมูลในตารางที่ 4-12 ตลอดระยะเวลา 12 เดือน การเลือกรับสิทธิส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ.ทดแทนการเลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต ในเฟส 2 แล้วเลือกใช้วิธีการซื้อคาร์บอนเครดิตทดแทน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรตลอดทั้งปีทำให้องค์กรมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อยู่ที่ 2,176,344 บาท

(4) ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่ลดลงที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 12 เดือน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 – ธันวาคม 2567 ทำการเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน

ทำให้ทราบว่า ตลอดระยะเวลา 12 เดือน เป้าหมายปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนของ โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีเท่ากับ 29,705,063 KgCO₂ และการก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 25,679,471 KgCO₂ ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ 4,025,592 KgCO₂ หรือ 14% ตามตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์ จังหวัดปราจีนบุรี ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-ธันวาคม 2567 เทียบกับเป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน

เดือน	เป้าหมายที่สามารถปล่อย ก๊าซคาร์บอน (A) KgCO ₂	ปริมาณการปล่อยกาซ คาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง(B) KgCO ₂	ส่วนต่าง = B-A KgCO ₂
มกราคม 2567	3,240,608	2,675,726	(564,882)
กุมภาพันธ์ 2567	2,940,760	2,437,693	(503,067)
มีนาคม 2567	2,812,484	2,387,951	(424,533)
เมษายน 2567	1,977,576	1,526,507	(451,069)
พฤษภาคม 2567	2,331,176	1,954,031	(377,145)
มิถุนายน 2567	2,218,559	1,965,125	(253,434)
กรกฎาคม 2567	2,341,091	2,068,126	(272,965)
สิงหาคม 2567	2,326,419	2,150,271	(176,148)
กันยายน 2567	2,388,666	2,227,848	(160,818)
ตุลาคม 2567	2,405,060	2,159,912	(245,148)
พฤศจิกายน 2567	2,360,087	2,132,374	(227,713)
ธันวาคม 2567	2,362,577	1,993,907	(368,670)
รวม	29,705,063	25,679,471	(4,025,592)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยโครงการ การนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ทำให้ทราบว่าการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 12 เดือน รวมทั้ง 2 เฟส ทำได้ 7,298,607 kWh หรือ 23% ดีกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 12 เดือน รวมทั้ง 2 เฟส สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 13,308,408 บาท ดีกว่าแผน 4,055,656 บาท หรือ 44%

การเลือกรับสิทธิส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA ทดแทนการเลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต ในเฟส 2 แล้วเลือกใช้วิธีการซื้อคาร์บอนเครดิตทดแทน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรตลอดทั้งปีทำให้องค์กรมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อยู่ที่ 2,176,344 บาท

เมื่อมีการการนำโครงการการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เฟส 1 และ เฟส 2 ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 25,679,471 KgCO₂ ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ 4,025,592 KgCO₂ หรือ 14%

และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี เฟส 1 และ เฟส 2 ทำให้ทราบว่าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (ROI) 5 % มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 19 ปี และมีจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) 21 ปี ซึ่งเลยอายุสัญญาที่ 20 ปี ส่วนโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (ROI) 11 % มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 9 ปี และมีจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) 13 ปี ส่วนการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของผู้ซื้อจะเป็นความเสี่ยงในการจ่ายค่าธรรมเนียมเมื่อมีการบอกเลิกสัญญา หากผู้ซื้อทำการยกเลิกสัญญาก่อนกำหนด ตามปีอายุสัญญาคงเหลือ

นอกจากนี้องค์กรยังได้ ภาพลักษณ์ที่ดีของแบรนด์ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการใช้แหล่งพลังงานทดแทน โดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์รูฟท็อป ทำให้ลูกค้าและผู้บริโภคมองว่าโรงงานนั้นใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดความเชื่อมั่น สร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดขององค์กรด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- (1) การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์นี้ สามารถศึกษาเงื่อนไขต่างๆ เพิ่มเติมได้ เช่น ระยะเวลาที่เหมาะสมของสัญญา สิทธิส่วนลดค่าส่วนต่างจากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA มีเหมาะสม ความเหมาะสมระหว่างการลงทุนติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเองกับการร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) เพื่อให้องค์กรมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด
- (2) การประเมินความคุ้มค่าของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป นอกจากจะสามารถประเมินออกมาในรูปแบบของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ยังสามารถประเมินภาพลักษณ์ที่ดีของแบรนด์ เพื่อให้องค์กรมีความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดด้วย
- (3) การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจลงทุนติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป โดยอาจจะพิจารณาลงทุนติดตั้งเอง หรือร่วมร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) หรือหากต้องการคาร์บอนเครดิตเพียงอย่างเดียวอาจใช้วิธีการซื้อจากหน่วยงานที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) รับรอง โดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป
- (4) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Emissions) จากการ กำจัดแผงโซลาร์เซลล์หลังหมดอายุการใช้งาน โดยเมื่อมีการนำไปกำจัดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.637 kgCO₂eq/แผง รวมทั้งหมดทั้งโครงการเมื่อแผ่นโซลาร์เซลล์หมดอายุแล้วจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 94,100 kgCO₂eq

บรรณานุกรม

- อัฐจารจ ชาวชน. “ลดโลกร้อนด้วย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions.” วารสาร คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [วารสารออนไลน์] 2566. [สืบค้น วันที่ 14 กรกฎาคม 2567]. จาก <https://soc.swu.ac.th/news/ลดโลกร้อนด้วย-carbon-neutrality-net-zero-emissions>
- วิจารณ์ สิมานายา “คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คืออะไร.” วารสารมูลนิธิสถาบัน สิ่งแวดล้อมไทย. [วารสารออนไลน์] 2565. [สืบค้นวันที่ 14 กรกฎาคม 2567]. จาก https://www.tei.or.th/th/article_detail.php?bid=129.
- หน่วยวิจัยพลังงานที่ยั่งยืนและสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. IPCC AR6 รายงานการสังเคราะห์. (สำหรับผู้นำหนดนโยบาย). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม, 2567
- ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ผลกระทบและโอกาสของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในการก้าวสู่ นโยบายความเป็น กลางของคาร์บอน (carbon neutrality). [ออนไลน์] 2565. [สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2567]. จาก <https://packaginglibrary.agro.ku.ac.th/storage/file-doc/6329415087.pdf>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. จำนวน 100,000 เล่ม. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561
- สุรกิจ ทองสุข และ อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล. การศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดและการวิเคราะห์ทาง เศรษฐกิจสามารถช่วยให้การตัดสินใจลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2561.
- ชัยรัฐ ภัทรเวท และศุภฤกษ์ สุขสมาน. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์ รูฟท็อป ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขา บริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 และ เฟส 2



เดือน

รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป

Off-Peak Day

Date

Off Peak (kWh)

On Peak (kWh)

Total (kWh)

EC Cop x kWh (Bath)

EC Cap x kWh (Bath)

FC P x (kWh+p) (Bath)

FC Total (Bath)

EC + FC

I-DPP x (EC + FC)

DF Discount

Off-Peak Rate, Cap

PEA Rates Peak Rate, Cap (Bath/kWh)

FT (Bath/kWh)

New Year

-01-01-2024

8,090.00

8,090.00

20,912.8795

32,111.5050

24,126.8870

11,999.6238

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-02-2024

8,070.87

8,394.64

16,465.51

1,771.1696

1,397.8991

36,042.8477

30,000.0000

15,000.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-03-2024

699.86

8,708.28

9,408.14

1,705.6719

1,375.7248

32,172.0262

1,425.4258

25,956.6033

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-04-2024

641.22

8,976.43

9,617.65

1,611.5414

1,362.8761

31,813.3777

1,212.7032

25,603.2000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-05-2024

641.66

8,713.97

9,355.63

1,663.8613

1,377.2803

32,717.9661

1,151.1111

25,856.8550

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-06-2024

1,147.15

1,147.15

2,816.2337

3,613.3659

27,789.6162

17,185.9130

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Saturday

-01-23-2024

9,213.21

9,213.21

23,864.9883

36,467.0397

30,434.0000

15,217.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Sunday

-01-28-2024

612.82

8,760.79

9,373.61

1,581.0671

1,391.1866

32,173.0919

1,246.4215

25,956.6650

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-29-2024

997.03

7,810.86

8,807.89

1,541.2334

1,234.0842

33,992.3662

3,265.9905

23,826.1220

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-30-2024

607.88

7,756.54

8,364.42

1,570.8009

1,161.1887

33,200.0000

30,714.2679

23,139.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-01-31-2024

533.09

6,968.73

7,501.83

1,429.6811

1,289.2029

29,877.6689

33,006.9817

20,797.1465

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-01-2024

1,116.9

7,111.22

8,228.12

1,327.8910

1,217.8910

30,688.3333

3,106.1925

21,497.1313

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-02-2024

811.90

811.90

20,971.6206

32,222.6041

29,196.6618

15,247.7709

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Sunday

-02-14-2024

8,871.77

8,871.77

22,822.6459

35,252.8675

30,000.0000

16,667.6033

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-15-2024

591.88

8,357.09

8,948.97

1,446.2807

1,246.2807

31,271.8131

3,271.8131

20,721.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-16-2024

575.38

8,756.18

9,331.56

1,277.8066

1,377.8066

32,076.2352

1,116.6811

25,960.4681

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-17-2024

992.98

8,513.71

9,506.69

1,512.7894

1,347.2088

31,617.1708

3,077.0758

23,248.8062

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-18-2024

591.25

8,412.54

9,003.79

1,528.3281

1,258.3281

32,597.0000

3,257.0000

20,786.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-19-2024

149.90

149.90

1,113.36

1,113.36

27,789.6162

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-20-2024

8,587.44

8,587.44

21,721.0000

32,721.0000

30,714.2679

15,209.0113

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-21-2024

7,706.38

7,706.38

19,920.1862

30,600.9732

22,981.1894

14,479.1494

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-22-2024

1,118.8

6,790.44

7,909.24

1,761.22

1,460.6607

28,147.977

3,147.977

20,786.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-23-2024

811.9

6,790.44

7,602.34

1,761.22

1,460.6607

28,147.977

3,147.977

20,786.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-24-2024

606.82

6,956.46

7,563.27

1,568.587

1,288.8696

30,411.135

3,111.5608

20,868.293

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-25-2024

1,118.66

6,791.61

7,910.27

1,761.22

1,460.6607

28,147.977

3,147.977

20,786.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-26-2024

498.26

8,774.41

9,272.70

1,287.9493

1,397.1423

31,968.1977

2,899.9646

20,786.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Sunday

-02-27-2024

8,801.19

8,801.19

22,759.2086

34,939.864

30,246.012

16,531.0072

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-28-2024

7,735.34

7,735.34

19,990.9689

31,077.1785

21,887.5683

15,511.5881

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-29-2024

793.94

8,174.75

8,968.69

1,238.0015

1,318.9164

31,927.2450

3,122.1659

24,073.6456

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-02-30-2024

818.16

8,222.60

9,040.76

1,222.2265

1,318.9164

31,927.2450

3,122.1659

24,073.6456

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-01-2024

529.77

6,817.92

7,347.69

1,364.0051

1,270.5109

29,810.5259

3,295.4219

20,722.6474

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Total

75,325.95

167,239.91

242,565.86

228,215.8219

688,101.7371

101,192.9996

110,250.536

638,530.55

Total Discount

(37,510.011) Bath

Invoice Amount: EPP = (I-DPP) x (EC + FC)

608,331.53

Bath, before VAT

Note: PEA Schedule 4.2 Time of Use Tariff (TOU Tariff)

Off-Peak

Monday - Friday from 09:00 to 22:00

Monday - Friday from 22:00 to 0:00

Saturday - Sunday and normal public holiday

(excludes Full-House and substitute holidays) from 00:00 to 24:00

The above tariffs are effective as from September 2023

Off-Peak Day

Date

Off Peak (kWh)

On Peak (kWh)

Total (kWh)

EC Cop x kWh (Bath)

EC Cap x kWh (Bath)

FC P x (kWh+p) (Bath)

FC Total (Bath)

EC + FC

I-DPP x (EC + FC)

DF Discount

Off-Peak Rate, Cap

PEA Rates Peak Rate, Cap (Bath/kWh)

FT (Bath/kWh)

-03-01-2024

483.34

6,933.32

7,416.66

2,154.5513

28,526.8273

2,979.7163

32,738.0989

28,023.7923

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-02-2024

527.65

8,125.54

8,653.19

1,362.0523

27,895.6925

2,979.7163

32,738.0989

28,023.7923

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-03-2024

6,835.87

6,835.87

17,670.0378

27,103.2027

20,385.2490

12,204.7043

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-04-2024

7,527.06

7,527.06

20,910.6505

34,577.1877

22,331.2776

14,892.7419

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-05-2024

603.12

8,088.77

8,691.89

1,600.3671

28,167.7811

3,457.1807

32,225.3317

24,049.9135

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-06-2024

464.39

7,348.48

7,812.87

2,100.0028

30,147.1419

3,110.2724

34,150.8312

23,204.5414

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-07-2024

538.47

7,973.47

8,511.94

1,614.4075

32,701.7632

3,286.1436

37,533.3168

23,947.8495

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-08-2024

641.91

7,112.51

7,754.42

1,805.6515

30,110.0226

3,196.6227

36,608.6749

24,221.1110

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-09-2024

483.52

7,280.39

7,763.91

1,249.8413

29,887.7959

3,081.8216

34,210.4138

24,196.9222

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-10-2024

8,407.68

8,407.68

23,371.4481

34,239.2902

22,075.7388

15,252.5432

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-11-2024

5,936.66

5,936.66

27,772.8053

33,806.3011

28,579.4318

18,005.0413

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-12-2024

526.76

8,691.25

9,218.01

1,361.8112

33,668.0832

3,692.7398

38,000.0000

23,806.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-13-2024

514.42

8,771.85

9,286.27

1,471.0507

36,396.7734

3,750.8653

40,247.6387

24,221.9332

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-14-2024

533.51

8,283.07

8,816.58

1,430.7756

33,981.2813

3,509.8895

38,191.9484

24,530.8262

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-15-2024

780.81

7,777.33

8,558.14

1,394.9646

31,265.5114

3,265.5114

34,581.0228

24,581.0228

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-16-2024

597.77

7,039.47

7,637.24

1,421.1039

29,879.4212

3,104.1462

33,191.9714

20,988.4120

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-17-2024

5,568.07

5,568.07

13,888.6119

20,011.1097

13,399.7916

10,761.8621

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-18-2024

7,030.19

7,030.19

18,276.7410

25,306.9311

18,276.7410

13,217.6111

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-19-2024

679.91

7,313.52

7,993.43

1,757.9144

27,616.0514

2,918.9136

32,127.3785

20,339.9815

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-20-2024

603.12

8,088.77

8,691.89

1,600.3671

28,167.7811

3,457.1807

32,225.3317

24,049.9135

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-21-2024

708.25

8,145.98

8,854.23

1,924.1222

30,526.5483

3,616.1412

34,142.6895

24,381.8822

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-22-2024

812.42

8,147.47

8,959.89

2,102.5982

34,109.1309

3,621.5185

37,730.6476

24,597.7714

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-23-2024

669.81

8,166.64

8,836.45

1,728.9363

32,124.1290

3,265.5114

35,389.6404

24,581.0228

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-24-2024

817.82

8,178.82

21,841.4119

32,478.6255

24,390.0415

15,363.7286

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-25-2024

731.80

731.80

20,194.7816

31,018.5835

27,795.151

14,877.7014

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-26-2024

812.3

8,511.39

9,323.69

1,862.7812

37,708.499

3,195.5770

40,904.0761

24,767.8187

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-27-2024

793.27

8,177.30

8,970.57

1,477.1390

33,547.3705

3,491.7311

37,039.1021

24,596.2921

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-28-2024

812.3

8,511.39

9,323.69

1,862.7812

37,708.499

3,195.5770

40,904.0761

24,767.8187

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-29-2024

825.62

7,757.39

8,583.02

1,413.1570

31,824.6953

3,409.1737

35,234.0200

24,515.6164

27%

2.5899

1.0205

0.3972

Total

71,043.19

155,528.05

226,571.24

191,399.9328

678,078.8389

95,158.574

105,637.24

608,331.53

Total Discount

(37,285.811) Bath

Invoice Amount: EPP = (I-DPP) x (EC + FC)

608,331.53

Bath, before VAT

Note: PEA Schedule 4.2 Time of Use Tariff (TOU Tariff)

Off-Peak

Monday - Friday from 09:00 to 22:00

Monday - Friday from 22:00 to 0:00

Saturday - Sunday and normal public holiday

(excludes Full-House and substitute holidays) from 00:00 to 24:00

The above tariffs are effective as from September 2023

Off-Peak Day

Date

Off Peak (kWh)

On Peak (kWh)

Total (kWh)

EC Cop x kWh (Bath)

EC Cap x kWh (Bath)

FC P x (kWh+p) (Bath)

FC Total (Bath)

EC + FC

I-DPP x (EC + FC)

DF Discount

Off-Peak Rate, Cap

PEA Rates Peak Rate, Cap (Bath/kWh)

FT (Bath/kWh)

-03-30-2024

789.29

8,158.75

8,948.04

1,988.5388

31,471.2866

3,518.2181

39,006.0350

24,573.8012

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-03-31-2024

837.64

8,773.64

9,611.28

2,162.0512

34,814.8118

3,762.0512

41,576.8630

25,338.9138

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-01-2024

7,707.26

7,707.26

19,917.9670

27,615.2241

22,981.2004

14,479.4210

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-02-2024

812.80

8,995.39

9,808.19

1,811.1468

36,947.1165

3,868.1605

41,576.8630

25,338.9138

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-03-2024

807.41

8,960.54

9,767.95

1,793.751

36,832.4227

3,848.0886

41,576.8630

25,338.9138

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-04-2024

901.80

8,993.51

9,895.31

2,138.6097

35,941.4213

3,959.2186

40,974.6398

24,802.0000

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-05-2024

919.01

919.01

22,785.1218

34,700.3227

24,481.1481

15,769.5452

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-06-2024

883.75

8,812.37

9,696.12

2,281.0552

29,797.7501

3,389.9990

33,287.7501

20,972.1242

27%

2.5899

1.0205

0.3972

-04-07-2024

7,707.95

7,707.95

ตาราง ก-1 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 เดือนมกราคม 2567- ธันวาคม 2567 (ต่อ)

เดือน		รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป															
Off-Peak Day	Date	Off Peak (kWhwp)	On Peak (kWhwp)	Total (kWhwp)	EC (Baht)	FC (kWhwp + Baht)	EC + FC (Baht)	[I-DF] x (EC + FC)	Discount	Off-Peak Rate, Cop (Baht/kWh)	PEA Rate, Peak Rate, Cop (Baht/kWh)	FT (Baht/kWh)					
Chuan Sunday	จ-01-ม.ค.-2024	1,271.92	9,535.50	10,807.42	3,287.5323	39,119.6002	42,407.1325	46,899.6018	24,520.7492	37%	2.5899	4.1025					
	อ-02-ม.ค.-2024	1,211.44	9,066.61	10,278.05	3,111.4177	37,195.7915	40,327.2092	44,809.6714	23,978.9030	37%	2.5899	4.1025					
	พ-03-ม.ค.-2024	1,212.21	8,997.99	10,210.20	3,131.4177	37,195.7915	40,327.2092	44,809.6714	23,978.9030	37%	2.5899	4.1025					
	พ-04-ม.ค.-2024	1,211.44	9,037.84	10,249.28	3,144.3758	37,677.7429	40,822.1187	45,295.1141	24,305.9219	37%	2.5899	4.1025					
	ศ-05-ม.ค.-2024	1,232.29	9,291.30	10,523.59	3,143.8254	38,166.7338	41,310.5592	45,780.1676	24,811.5036	37%	2.5899	4.1025					
	จ-06-ม.ค.-2024	9,902.08		9,902.08	25,995.8947		25,995.8947	29,320.9219	18,603.2778	37%	2.5899	4.1025					
	อ-07-ม.ค.-2024	9,910.24		9,910.24	25,616.9712		25,616.9712	29,533.2173	18,638.5899	37%	2.5899	4.1025					
	พ-08-ม.ค.-2024	1,249.93	9,211.89	10,461.82	3,205.5417	37,791.7960	40,997.3377	45,487.2792	24,236.6193	37%	2.5899	4.1025					
	พ-09-ม.ค.-2024	1,249.93	9,241.80	10,491.73	3,103.7155	33,742.2888	36,846.0043	40,862.6010	23,903.9517	37%	2.5899	4.1025					
	พ-10-ม.ค.-2024	978.18	7,835.63	8,813.81	2,528.9958	32,145.6625	34,674.6583	38,279.0024	24,050.2515	37%	2.5899	4.1025					
	พ-11-ม.ค.-2024	981.23	8,293.36	9,274.59	2,536.3751	33,847.0881	36,383.4632	40,646.2673	24,231.4636	37%	2.5899	4.1025					
Songkhon Songkhon	จ-12-ม.ค.-2024	1,141.78	7,939.09	9,080.87	2,951.9617	32,570.1119	35,522.0736	39,428.4254	24,600.9080	37%	2.5899	4.1025					
	อ-13-ม.ค.-2024	8,291.40		8,291.40	21,422.9329		21,422.9329	24,726.7985	15,577.2331	37%	2.5899	4.1025					
	พ-14-ม.ค.-2024	8,009.37		8,009.37	20,703.1249		20,703.1249	23,884.7560	15,087.9963	37%	2.5899	4.1025					
	พ-15-ม.ค.-2024	9,462.20		9,462.20	24,438.8433		24,438.8433	27,588.3862	18,217.2293	37%	2.5899	4.1025					
	อ-16-ม.ค.-2024	1,391.78	8,878.84	10,270.62	3,097.6370	36,425.4211	40,523.0581	44,502.9271	23,784.5923	37%	2.5899	4.1025					
	พ-17-ม.ค.-2024	1,384.27	8,655.35	10,039.62	3,378.1898	35,508.9737	38,887.1635	43,074.9958	23,136.9124	37%	2.5899	4.1025					
	พ-18-ม.ค.-2024	1,470.15	9,410.97	10,881.12	3,714.8899	38,321.1161	42,036.0060	45,447.7792	24,179.8824	37%	2.5899	4.1025					
	พ-19-ม.ค.-2024	1,241.65	8,975.05	10,216.70	3,106.4878	33,896.1994	36,992.6872	40,263.2237	24,627.1560	37%	2.5899	4.1025					
	ศ-20-ม.ค.-2024	10,029.17		10,029.17	26,411.2765		26,411.2765	40,633.0255	30,304.4020	37%	2.5899	4.1025					
	จ-21-ม.ค.-2024	10,965.22		10,965.22	29,432.5534		29,432.5534	43,847.2967	32,768.8233	37%	2.5899	4.1025					
	อ-22-ม.ค.-2024	1,406.68	8,536.66	9,943.35	3,636.1380	35,021.6636	38,657.8016	42,607.2973	24,842.5973	37%	2.5899	4.1025					
Sunday Sunday	จ-23-ม.ค.-2024	1,496.07	8,601.98	10,098.05	3,807.2789	35,301.3774	40,108.6563	43,181.2332	27,204.1895	37%	2.5899	4.1025					
	อ-24-ม.ค.-2024	1,478.84	9,075.05	10,553.89	3,622.8974	37,232.8338	40,855.7312	44,586.4792	26,580.1012	37%	2.5899	4.1025					
	พ-25-ม.ค.-2024	1,524.55	9,199.38	10,723.93	3,940.8632	37,740.4528	41,681.3160	45,940.7997	28,942.7038	37%	2.5899	4.1025					
	พ-26-ม.ค.-2024	1,390.26	9,075.09	10,465.35	3,599.4383	37,233.0231	40,832.4614	44,900.8931	26,394.1026	37%	2.5899	4.1025					
	อ-27-ม.ค.-2024	1,305.36		1,305.36	29,222.2181		29,222.2181	41,900.4879	21,239.6348	37%	2.5899	4.1025					
	พ-28-ม.ค.-2024	9,681.25		9,681.25	24,895.8302		24,895.8302	38,253.5344	28,721.3656	18,094.4397	37%	2.5899	4.1025				
	อ-29-ม.ค.-2024	1,409.07	8,778.76	10,187.83	3,797.5823	36,014.8663	40,812.4486	43,882.0529	27,646.0993	37%	2.5899	4.1025					
	พ-30-ม.ค.-2024	1,338.87	9,640.54	10,979.41	3,460.8346	39,550.3334	43,011.1680	47,372.1899	29,984.4786	37%	2.5899	4.1025					
	จ-31-ม.ค.-2024	113,842.30	185,701.73	299,544.03	294,770.9522	761,841.3487	1,056,612.2999	1,056,612.2999	1,056,612.2999	37%	2.5899	4.1025					
Total												636,783.741 Baht					
Note: PEA Schedule 4.2 Time of Use Tariff (TDU Tariff)												Invoice Amount, EPP = (I-DF) x (EC + FC) = 740,307.35 THB, before VAT					
Type Voltage Energy Charge (Baht/kWh) FT (Baht/kWh)												4.2.1 >69 kV 4.1025 2.5899 0.9972					
On Peak: Monday - Friday from 09:00 to 22:00																	
Off Peak: Monday - Friday from 22:00 to 9:00																	
Saturday - Sunday and normal public holiday (excludes Fullness and substitute holidays) from 00:00 to 24:00																	
The above tariffs are effective as from September 2023																	
Labor Sunday	จ-01-ก.พ.-2024	10,574.82		10,574.82	27,593.3344		27,593.3344	42,407.0373	31,833.3717	37%	2.5899	4.1025					
	อ-02-ก.พ.-2024	1,383.28	9,205.78	10,589.06	3,176.7203	37,766.7203	40,943.4406	45,372.1018	24,710.4939	37%	2.5899	4.1025					
	พ-03-ก.พ.-2024	1,505.98	9,229.47	10,735.45	3,392.8389	37,904.9393	41,297.7782	46,065.8359	24,921.4880	37%	2.5899	4.1025					
	พ-04-ก.พ.-2024	9,886.49		9,886.49	25,118.7425		25,118.7425	3,995.1296	25,118.7425	37%	2.5899	4.1025					
	อ-05-ก.พ.-2024	8,881.13		8,881.13	22,956.8209		22,956.8209	42,272.8848	16,685.4744	37%	2.5899	4.1025					
	พ-06-ก.พ.-2024	1,379.02	7,143.16	8,522.18	3,562.0562	29,304.7969	32,866.8531	38,841.6229	36,251.4661	37%	2.5899	4.1025					
	พ-07-ก.พ.-2024	1,171.83	7,831.19	9,003.02	3,162.8079	32,145.6625	35,308.4704	40,581.4648	23,977.7781	37%	2.5899	4.1025					
	พ-08-ก.พ.-2024	1,354.53	9,171.28	10,525.81	3,397.9254	37,625.9331	41,023.8585	45,188.0835	26,638.4926	37%	2.5899	4.1025					
	พ-09-ก.พ.-2024	1,487.02	7,060.68	8,547.70	3,813.7923	28,866.4284	32,680.2207	36,205.3652	22,809.3808	37%	2.5899	4.1025					
	อ-10-ก.พ.-2024	1,525.33	9,133.30	10,658.63	3,546.6031	32,118.9232	35,665.5263	40,274.6429	24,165.8175	37%	2.5899	4.1025					
	อ-11-ก.พ.-2024	8,388.54		8,388.54	21,683.5471		21,683.5471	33,313.9296	25,015.6767	37%	2.5899	4.1025					
	จ-12-ก.พ.-2024	10,655.62		10,655.62	27,513.7241		27,513.7241	42,322.1411	31,776.1382	37%	2.5899	4.1025					
Vachon Bua Sunday	อ-13-ก.พ.-2024	977.78	1,996.16	2,973.94	3,127.4338	6,518.2297	9,645.6635	11,027.3608	6,561.7708	37%	2.5899	4.1025					
	พ-14-ก.พ.-2024	1,130.30	9,829.37	10,959.67	2,921.7090	40,124.9948	43,046.7038	47,999.8846	27,999.9273	37%	2.5899	4.1025					
	พ-15-ก.พ.-2024	1,383.28	9,205.78	10,589.06	4,087.7388	37,902.2399	41,990.0007	46,384.2134	29,222.2173	37%	2.5899	4.1025					
	พ-16-ก.พ.-2024	1,033.08	7,831.19	8,864.27	2,618.7115	32,545.9951	35,164.7066	39,185.0615	24,392.8060	37%	2.5899	4.1025					
	พ-17-ก.พ.-2024	1,537.81	8,839.61	10,377.42	3,923.7770	36,264.3796	40,188.1566	44,301.9958	27,910.2574	37%	2.5899	4.1025					
	อ-18-ก.พ.-2024	7,525.24		7,525.24	19,478.1016		19,478.1016	2,993.0372	22,471.1388	14,156.8175	37%	2.5899	4.1025				
	จ-19-ก.พ.-2024	10,437.70		10,437.70	26,880.1187		26,880.1187	41,458.8557	31,126.2794	19,609.5529	37%	2.5899	4.1025				
	อ-20-ก.พ.-2024	1,706.29	7,130.61	8,836.90	3,935.0910	30,484.1901	34,419.2811	38,506.0873	24,238.8320	37%	2.5899	4.1025					
	พ-21-ก.พ.-2024	913.23	2,763.65	3,676.88	3,127.0284	11,377.8507	14,504.8791	16,632.6568	8,799.5609	37%	2.5899	4.1025					
	พ-22-ก.พ.-2024	1,052.91		1,052.91	25,985.7515		25,985.7515	3,930.0139	29,978.7684	18,886.6421	37%	2.5899	4.1025				
	พ-23-ก.พ.-2024	1,146.07	8,186.15	9,332.22	2,962.8812	26,409.4284	30,372.3096	32,603.4279	20,540.1596	37%	2.5899	4.1025					
	อ-24-ก.พ.-2024	966.97	8,596.76	9,563.73	2,684.0116	31,110.8632	33,794.8748	37,407.1838	21,460.5258	37%	2.5899	4.1025					
Sunday Sunday	อ-25-ก.พ.-2024	9,144.95		9,144.95	23,438.7337		23,438.7337	36,322.3730	27,271.1467	37%	2.5899	4.1025					
	จ-26-ก.พ.-2024	10,522.44		10,522.44	27,199.4932		27,199.4932	41,719.3330	31,738.8672	18,768.7493	37%	2.5899	4.1025				
	อ-27-ก.พ.-2024	1,804.64	10,216.89	12,021.53	4,664.8624	41,914.8103	46,579.6727	51,354.6337	32,353.4192	37%	2.5899	4.1025					
	อ-28-ก.พ.-2024	1,688.25	8,807.50	10,495.75	4,363.9192	36,122.7727	40,486.6919	44,665.6329	24,179.3487	37%	2.5899	4.1025					
	พ-29-ก.พ.-2024	1,383.28	9,205.78	10,589.06	4,571.0822	39,399.4042	43,970.4864	48,180.1828	26,108.2121	37%	2.5899	4.1025					
	พ-30-ก.พ.-2024	1,578.11	8,012.12	9,590.23	4,079.2534	32,869.7076	36,948.9610	40,738.1984	25,639.7036	37%	2.5899	4.1025					
	อ-31-ก.พ.-2024	1,218.18	6,773.75	7,991.93	3,149.8737	26,148.2235	30,155.1002	32,122.1332	20,357.0993	37%	2.5899	4.1025					
	Total	122,880.31	135,654.28	258,534.59	127,059.31	438,177.4131	565,236.7262	646,466.7848	472,127.33			</td>					

เดือน

รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป

Off-Peak Day

Date

Off Peak (kWhwp)

On Peak (kWhwp)

Total (kWhwp)

EC (Baht)

FC (kWhwp + Baht)

EC + FC (Baht)

[I-DF] x (EC + FC)

Discount

Off-Peak Rate, Cop (Baht/kWh)

PEA Rate, Peak Rate, Cop (Baht/kWh)

FT (Baht/kWh)

Chuan Sunday

Songkhon Songkhon

Sunday Sunday

พฤษภาคม 2567

Yachon Bua Sunday

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

มกราคม 2567

ตาราง ก-1 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 เดือนมกราคม 2567- ธันวาคม 2567 (ต่อ)

เดือน		รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป																												
Off-Peak Day	Date	Off Peak (kWhop)	On Peak (kWhop)	Total (kWhop)	EC Cop x kWhop (Bath)	FC Cp x kWhop (Bath)	FC Ft x (kWhop + kWhop) (Bath)	EC + FC Total (Bath)	I-DF x (EC + FC) (Bath)	DF Discount	Off-Peak Rate, Cp (Bath/kWh)	PEA Rates Peak Rate, Cp (Bath/kWh)	Pt (Bath/kWh)																	
กรกฎาคม 2567	a-01-a-2024	1,260.08	7,113.74	8,373.82	2,257.3824	30,114.8980	4,193.9797	37,117.2711	23,383.8808	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-02-a-2024	1,364.09	10,419.06	11,783.15	3,526.0364	42,744.1900	4,680.2669	50,950.4935	32,088.8109	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-03-a-2024	1,327.30	7,138.48	8,465.78	3,430.9433	29,277.4042	3,164.8138	36,070.1614	22,724.2017	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-04-a-2024	374.90	4,843.93	5,218.83	906.0671	19,833.1308	2,069.3137	22,873.7274	14,110.4164	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-05-a-2024	1,088.53	8,713.22	9,801.74	2,813.7339	35,745.9714	3,893.2527	42,452.9580	26,745.3636	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-06-a-2024	9,926.07		9,926.07	25,657.5101		19,424.368	29,800.5169	18,648.3145	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Sunday a-07-a-2024	7,790.74		7,790.74	20,118.9020		3,094.8833	23,212.7798	14,636.6188	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-08-a-2024	1,519.13	8,806.73	10,325.86	3,926.7956	36,129.9970	4,101.4288	44,157.8224	27,819.4281	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-09-a-2024	1,632.72	5,483.81	7,116.53	4,220.1332	22,497.3322	2,826.6832	29,544.1405	18,622.9912	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-10-a-2024	1,271.31	3,816.81	5,088.14	3,286.1982	15,458.5714	2,821.0301	20,965.7796	13,177.4516	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-11-a-2024	886.70	7,736.70	8,623.40	2,162.7977	31,739.8055	3,405.3557	37,307.9589	23,504.0141	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-12-a-2024	986.35		986.35	2,239.4225		3,847.4747	42,068.1059	24,773.2059	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-13-a-2024	8,335.89		8,335.89	21,547.6316		3,311.0139	24,858.6455	15,660.8206	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Sunday a-14-a-2024	9,703.75		9,703.75	25,083.2236		3,854.1295	28,937.5531	18,230.6381	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-15-a-2024	527.29	6,199.68	6,726.97	1,362.8889	23,270.6700	2,162.8024	27,061.4113	17,070.5690	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-16-a-2024	595.57	5,188.72	5,784.29	1,539.9014	21,286.7091	2,297.5205	25,123.7309	15,827.9555	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-17-a-2024	625.14	8,954.96	9,580.10	1,615.9178	36,737.7203	3,805.2144	42,158.8525	26,560.0770	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-18-a-2024	915.19	7,005.66	7,920.85	2,185.5181	28,762.7294	3,118.0803	34,041.7379	21,486.4849	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-19-a-2024	737.65	5,136.70	5,874.35	1,856.7420	21,073.2266	2,333.2918	25,113.3605	15,947.1731	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-20-a-2024	1,276.42		1,276.42	18,808.8221		2,850.1996	22,699.0207	13,576.2809	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-21-a-2024	2,596.32		2,596.32	19,266.9817		2,897.2297	22,963.8914	14,177.4516	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-22-a-2024	943.97	7,637.75	8,581.72	3,876.73	2,400.7278	3,106.8753	37,160.1195	23,110.8753	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-23-a-2024	926.63		926.63	2,127.2227		3,199.6683	29,239.6212	17,070.5690	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-24-a-2024	1,316.88	7,597.45	8,914.33	3,404.0122	31,168.5399	3,540.7730	38,113.3210	24,001.3923	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-25-a-2024	987.76	8,220.48	9,208.25	3,126.48	33,725.5589	3,625.8196	39,897.6548	25,609.5225	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-26-a-2024	693.96	7,463.18	8,157.14	1,783.0295	30,740.7796	3,215.8110	35,766.5154	22,545.5047	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-27-a-2024	6,025.07		6,025.07	15,374.1933		2,393.1562	17,967.3496	11,219.4032	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Sunday a-28-a-2024	6,762.07		6,762.07	17,479.3880		2,685.8932	20,165.1611	12,704.0515	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-29-a-2024	427.15	6,316.35	6,743.50	1,385.4824	25,512.8202	2,740.1520	29,364.1504	18,764.5247	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-30-a-2024	612.52	7,760.00	8,372.53	1,606.7793	31,815.4143	3,329.4130	36,771.1366	23,165.8160	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-31-a-2024	333.40	6,947.20	7,280.60	861.8006	28,500.8905	2,891.8538	32,254.5849	20,120.3633	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
Total:		61,940.05	64,425.20	216,725.25	218,394.023	673,960.1237	98,783.6676	914,147.77	(366,685.82) Bath																					
Total Discount		(366,685.82) Bath																												
Note: PEA Schedule 4.2 Time of Use Tariff (TOU Tariff)		Invoice Amount, EPP = (I-DF) x (EC + FC) 624,356.95 THB, before VAT																												
Type	Voltage	Energy Charge (Bath/kWh)	On Peak (Cp)	Off Peak (Cp)	Pt (Bath/kWh)																									
4.2.1	>69 kV	4.1025	2.5899	0.3972																										
On Peak:		Monday - Friday from 09:00 to 22:00																												
Off Peak:		Monday - Friday from 22:00 to 9:00 Saturday - Sunday and normal public holiday (excludes full-holiday and substitute holidays) from 00:00 to 24:00																												
The above tariffs are effective as from September 2023																														
Off-Peak Day	Date	Off Peak (kWhop)	On Peak (kWhop)	Total (kWhop)	EC Cop x kWhop (Bath)	FC Cp x kWhop (Bath)	FC Ft x (kWhop + kWhop) (Bath)	EC + FC Total (Bath)	I-DF x (EC + FC) (Bath)	DF Discount	Off-Peak Rate, Cp (Bath/kWh)	PEA Rates Peak Rate, Cp (Bath/kWh)	Pt (Bath/kWh)																	
สิงหาคม 2567	W-01-a-2024	934.52	5,803.74	6,738.26	2,115.6430	23,809.8947	2,621.1378	28,906.9306	18,208.2162	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-02-a-2024	668.23	6,712.81	7,381.06	1,227.3116	27,539.7292	2,931.7571	32,198.4778	20,285.0221	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-03-a-2024	7,841.26		7,841.26	20,268.8633		31,114.9470	23,383.4105	14,731.5186	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-04-a-2024	1,212.74		1,212.74	1,851.1996		4,012.4114	30,124.1010	17,918.3726	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-05-a-2024	1,454.58	9,173.61	10,628.22	3,799.9551	37,634.8532	4,221.5302	45,646.3385	28,738.3923	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-06-a-2024	1,293.59	9,811.45	11,105.05	3,483.8129	40,251.4863	4,103.0499	48,266.2210	30,143.9205	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-07-a-2024	1,201.23	9,220.04	10,429.35	3,255.9457	32,075.3121	3,442.0289	40,593.6942	26,409.0262	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-08-a-2024	1,077.00	5,637.75	6,714.75	2,763.5259	23,128.8783	2,647.0978	28,579.5021	18,005.3383	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-09-a-2024	1,283.77	8,379.98	9,663.75	3,118.4241	34,378.8677	3,481.4125	41,353.7193	24,167.3126	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-10-a-2024	11,140.117		11,140.117	29,766.2627		4,747.8773	37,220.1119	24,629.1016	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Sunday a-11-a-2024	10,296.15		10,296.15	26,599.0037		4,087.2468	30,686.2505	19,332.3378	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Mothers Day a-12-a-2024	7,872.56		7,872.56	20,393.7626		33,689.9812	23,776.7638	14,700.2612	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-13-a-2024	1,322.72	9,217.75	10,540.47	3,421.6885	37,897.8997	4,115.0167	43,914.6848	28,841.1783	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-14-a-2024	1,322.38	9,074.24	10,396.63	3,418.2282	37,227.0775	4,125.5395	45,774.8451	28,808.1524	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-15-a-2024	1,116.18	8,586.05	9,702.23	3,466.0929	35,265.2617	3,576.8779	42,902.8225	27,028.7845	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-16-a-2024	1,409.04	11,206.21	12,615.25	3,642.2216	36,435.1472	4,087.2802	44,164.6070	27,823.7330	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-17-a-2024	8,307.27		8,307.27	21,773.4750		3,299.4496	24,773.1216	15,607.0685	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-18-a-2024	8,405.28		8,405.28	21,726.9024		3,335.5791	25,062.3995	15,791.2017	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-19-a-2024	1,328.74	8,499.20	9,827.94	3,424.3149	34,967.9600	3,920.0673	42,194.3422	26,982.9356	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-20-a-2024	1,085.41	7,251.31	8,336.72	2,805.8877	29,748.5001	3,311.3170	33,865.5318	22,295.2669	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-21-a-2024	1,365.12	9,395.82	10,760.94	3,828.2017	38,546.3437	4,274.1455	46,399.2819	29,205.0552	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	W-22-a-2024	1,282.42	8,508.63	9,791.05	3,314.9222	34,906.6670	3,889.0055	42,110.5947	26,826.8746	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-23-a-2024	1,397.74	7,618.91	9,016.65	3,372.6205	33,447.2048	3,472.7338	39,172.519	24,648.8130	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Saturday a-24-a-2024	8,699.59		8,699.59	22,487.5644		3,415.0766	25,910.0100	16,344.1171	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	Sunday a-25-a-2024	10,098.64		10,098.64	26,103.9891		4,011.1814	30,115.1655	18,972.5519	37%	2.5899	4.1025	0.3972																	
	a-26-a-26																													

ตาราง ก-1 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 เดือนมกราคม 2567-
ธันวาคม 2567 (ต่อ)

เดือน	รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป												

2. รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2

ตาราง ก-2 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 เดือนมกราคม 2567-
ธันวาคม 2567

เดือน	รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป																																																																								
มกราคม 2567	Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์ปทุมธานี Tariff: 22kV TOU Delivery Period: Jan-24 PEA Electricity Rate C_p Energy Charge Rate - Peak = 4.1839 Baht/kWh C_{op} Energy Charge Rate - Off Peak = 2.6037 Baht/kWh P_t Fuel Transfer Rate = 0.3972 Baht/kWh (1) Energy Charge - Peak = 1,117,318.86 Baht $(C_p \times kWh_p)$ Baht kWh_p Energy Consumption - Peak = 267,052 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 256,045.25 Baht $(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht kWh_{op} Energy Consumption - Off Peak = 98,339 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 January 2024</td><td>3,795,852</td><td>2,341,719</td><td>325,064</td><td>1,128,869</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 February 2024</td><td>4,161,043</td><td>2,608,771</td><td>346,764</td><td>1,205,508</td></tr></table> กุมภาพันธ์ 2567 Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์ปทุมธานี Tariff: 22kV TOU Delivery Period: Feb-24 PEA Electricity Rate C_p Energy Charge Rate - Peak = 4.3839 Baht/kWh C_{op} Energy Charge Rate - Off Peak = 2.8037 Baht/kWh P_t Fuel Transfer Rate = 0.3972 Baht/kWh (1) Energy Charge - Peak = 998,148.84 Baht $(C_p \times kWh_p)$ Baht kWh_p Energy Consumption - Peak = 228,589 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 183,407.23 Baht $(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht kWh_{op} Energy Consumption - Off Peak = 70,411 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 February 2024</td><td>4,161,043</td><td>2,608,771</td><td>346,764</td><td>1,205,508</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 March 2024</td><td>4,470,053</td><td>2,897,310</td><td>368,081</td><td>1,294,632</td></tr></table> มีนาคม 2567 Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์ปทุมธานี Tariff: 22kV TOU Delivery Period: Mar-24 PEA Electricity Rate C_p Energy Charge Rate - Peak = 4.3839 Baht/kWh C_{op} Energy Charge Rate - Off Peak = 2.8037 Baht/kWh P_t Fuel Transfer Rate = 0.3972 Baht/kWh (1) Energy Charge - Peak = 1,075,919.17 Baht $(C_p \times kWh_p)$ Baht kWh_p Energy Consumption - Peak = 237,157 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 283,719.98 Baht $(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht kWh_{op} Energy Consumption - Off Peak = 108,568 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 March 2024</td><td>4,470,053</td><td>2,897,310</td><td>368,081</td><td>1,294,632</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 April 2024</td><td>4,836,078</td><td>3,104,197</td><td>395,149</td><td>1,336,732</td></tr></table> เมษายน 2567 Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์ปทุมธานี Tariff: 22kV TOU Delivery Period: Apr-24 PEA Electricity Rate C_p Energy Charge Rate - Peak = 4.3839 Baht/kWh C_{op} Energy Charge Rate - Off Peak = 2.8037 Baht/kWh P_t Fuel Transfer Rate = 0.3972 Baht/kWh (1) Energy Charge - Peak = 1,047,272.01 Baht $(C_p \times kWh_p)$ Baht kWh_p Energy Consumption - Peak = 239,310 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 342,352.70 Baht $(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht kWh_{op} Energy Consumption - Off Peak = 132,487 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 April 2024</td><td>4,836,078</td><td>3,104,197</td><td>395,149</td><td>1,336,732</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 May 2024</td><td>5,217,975</td><td>3,354,807</td><td>433,508</td><td>1,429,665</td></tr></table>	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 January 2024	3,795,852	2,341,719	325,064	1,128,869	Present	1 February 2024	4,161,043	2,608,771	346,764	1,205,508	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 February 2024	4,161,043	2,608,771	346,764	1,205,508	Present	1 March 2024	4,470,053	2,897,310	368,081	1,294,632	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 March 2024	4,470,053	2,897,310	368,081	1,294,632	Present	1 April 2024	4,836,078	3,104,197	395,149	1,336,732	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 April 2024	4,836,078	3,104,197	395,149	1,336,732	Present	1 May 2024	5,217,975	3,354,807	433,508	1,429,665
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																																																																				
Previous	1 January 2024	3,795,852	2,341,719	325,064	1,128,869																																																																				
Present	1 February 2024	4,161,043	2,608,771	346,764	1,205,508																																																																				
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																																																																				
Previous	1 February 2024	4,161,043	2,608,771	346,764	1,205,508																																																																				
Present	1 March 2024	4,470,053	2,897,310	368,081	1,294,632																																																																				
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																																																																				
Previous	1 March 2024	4,470,053	2,897,310	368,081	1,294,632																																																																				
Present	1 April 2024	4,836,078	3,104,197	395,149	1,336,732																																																																				
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																																																																				
Previous	1 April 2024	4,836,078	3,104,197	395,149	1,336,732																																																																				
Present	1 May 2024	5,217,975	3,354,807	433,508	1,429,665																																																																				

ตาราง ก-2 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์ฟาร์มที่อป เฟส 2 เดือนมกราคม 2567-
ธันวาคม 2567 (ต่อ)

เดือน

พฤษภาคม 2567

รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์ฟาร์มที่อป

Calculation Detail of Electricity Payment

Company: โรงงานแปรรูปถ่านหินรายวัน
Tariff: 22kV TOU

Delivery Period: May-24

PEA Electricity Rate

C_p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.3839	Baht/kWh
C_{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.8037	Baht/kWh
FT	Fuel Transfer Rate	=	0.3972	Baht/kWh

(1) Energy Charge - Peak

= 1,072,480.01 Baht

$(C_p \times kWh_p)$ Baht

WWh_p Energy Consumption - Peak

= 236,135 kWh

(2) Energy Charge - Off Peak

= 349,757.62 Baht

$(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht

WWh_{op} Energy Consumption - Off Peak

= 1,241,331 kWh

Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday
Previous	1 May 2024	5,217,975	3,354,807	433,503	1,429,665
Present	1 June 2024	5,606,661	3,611,142	476,752	1,520,767

(3) Fuel Transfer Charge

= 155,172.54 Baht

$(WWh_p + WWh_{op}) \times FT$

(4) Discount

= (804,479.18) Baht

Total Electricity Charge for Discount

= (1) + (2) + (3) Baht

= 1,577,410.17 Baht

DK Discount Rate

= 51.0%

(5) Total Charge

= 772,930.99 Baht

= (1) + (2) + (3) + (4)

มิถุนายน 2567

Calculation Detail of Electricity Payment

Company: โรงงานแปรรูปถ่านหินรายวัน
Tariff: 22kV TOU

Delivery Period: Jun-24

PEA Electricity Rate

C_p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.3839	Baht/kWh
C_{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.8037	Baht/kWh
FT	Fuel Transfer Rate	=	0.3972	Baht/kWh

(1) Energy Charge - Peak

= 989,220.40 Baht

$(C_p \times kWh_p)$ Baht

WWh_p Energy Consumption - Peak

= 226,135 kWh

(2) Energy Charge - Off Peak

= 370,423.19 Baht

$(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht

WWh_{op} Energy Consumption - Off Peak

= 1,320,268 kWh

Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday
Previous	1 June 2024	5,606,661	3,611,142	476,752	1,520,767
Present	1 July 2024	5,987,364	3,847,577	516,636	1,623,131

(3) Fuel Transfer Charge

= 150,420.83 Baht

$(WWh_p + WWh_{op}) \times FT$

(4) Discount

= (770,132.85) Baht

Total Electricity Charge for Discount

= (1) + (2) + (3) Baht

= 1,510,661.42 Baht

DK Discount Rate

= 51.0%

(5) Total Charge

= 739,931.57 Baht

= (1) + (2) + (3) + (4)

กรกฎาคม 2567

Calculation Detail of Electricity Payment

Company: โรงงานแปรรูปถ่านหินรายวัน
Tariff: > 69 KV TOU

Delivery Period: Jul-24

PEA Electricity Rate

C_p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.3225	Baht/kWh
C_{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.3819	Baht/kWh
FT	Fuel Transfer Rate	=	0.3972	Baht/kWh

(1) Energy Charge - Peak

= 979,869.82 Baht

$(C_p \times kWh_p)$ Baht

WWh_p Energy Consumption - Peak

= 226,817 kWh

(2) Energy Charge - Off Peak

= 304,229.81 Baht

$(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht

WWh_{op} Energy Consumption - Off Peak

= 127,895 kWh

Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday
Previous	1 July 2024	5,987,364	3,847,577	516,636	1,623,131
Present	1 August 2024	6,341,886	4,086,424	550,389	1,707,073

(3) Fuel Transfer Charge

= 141,618.48 Baht

$(WWh_p + WWh_{op}) \times FT$

(4) Discount

= (727,116.22) Baht

Total Electricity Charge for Discount

= (1) + (2) + (3) Baht

= 1,425,718.11 Baht

DK Discount Rate

= 51.0%

(5) Total Charge

= 698,601.88 Baht

= (1) + (2) + (3) + (4)

สิงหาคม 2567

Calculation Detail of Electricity Payment

Company: โรงงานแปรรูปถ่านหินรายวัน
Tariff: > 69 KV TOU

Delivery Period: Aug-24

PEA Electricity Rate

C_p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.3225	Baht/kWh
C_{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.3819	Baht/kWh
FT	Fuel Transfer Rate	=	0.3972	Baht/kWh

(1) Energy Charge - Peak

= 1,054,867.62 Baht

$(C_p \times kWh_p)$ Baht

WWh_p Energy Consumption - Peak

= 237,128 kWh

(2) Energy Charge - Off Peak

= 413,826.98 Baht

$(C_{op} \times kWh_{op})$ Baht

WWh_{op} Energy Consumption - Off Peak

= 180,091 kWh

Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday
Previous	1 August 2024	6,341,886	4,086,424	550,389	1,707,073
Present	1 September 2024	6,764,108	4,343,552	596,772	1,826,784

(3) Fuel Transfer Charge

= 165,720.58 Baht

$(WWh_p + WWh_{op}) \times FT$

(4) Discount

= (833,551.74) Baht

Total Electricity Charge for Discount

= (1) + (2) + (3) Baht

= 1,634,415.18 Baht

DK Discount Rate

= 51.0%

(5) Total Charge

= 800,863.44 Baht

= (1) + (2) + (3) + (4)

ตาราง ก-2 รายละเอียดการคำนวณการชำระค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป เฟส 2 เดือนมกราคม 2567-
ธันวาคม 2567 (ต่อ)

เดือน	รายละเอียดการคำนวณการชำระเงินค่าไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อป																																	
กันยายน 2567	Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์แห่งใหม่ Tariff: > 69 KV TOU Delivery Period: Sep-24 PEA Electricity Rate <table><tr><td>C_p</td><td>Energy Charge Rate - Peak</td><td>=</td><td>4.8025</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>C_{op}</td><td>Energy Charge Rate - Off Peak</td><td>=</td><td>2.9819</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>PT</td><td>Fuel Transfer Rate</td><td>=</td><td>0.3872</td><td>Baht/kWh</td></tr></table> (1) Energy Charge - Peak = 941,663.24 Baht Wh_p Energy Consumption - Peak = (C_p × Wh_p) Baht = 228,531 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 396,844.19 Baht Wh_{op} Energy Consumption - Off Peak = (C_{op} × Wh_{op}) Baht = 131,524 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 September 2024</td><td>6,761,888</td><td>4,343,552</td><td>590,772</td><td>1,828,764</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 October 2024</td><td>7,141,366</td><td>4,573,086</td><td>621,432</td><td>1,949,648</td></tr></table> (3) Fuel Transfer Charge = 152,150.64 Baht = (Wh_p + Wh_{op}) × PT (4) Discount = (760,235.61) Baht Total Electricity Charge for Discount = (1) + (2) + (3) Baht = 1,490,638.06 Baht OR Discount Rate = 51.0% (5) Total Charge = 730,422.46 Baht = (1) + (2) + (3) + (4) Baht	C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh	C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh	PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 September 2024	6,761,888	4,343,552	590,772	1,828,764	Present	1 October 2024	7,141,366	4,573,086	621,432	1,949,648
C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh																														
C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh																														
PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh																														
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																													
Previous	1 September 2024	6,761,888	4,343,552	590,772	1,828,764																													
Present	1 October 2024	7,141,366	4,573,086	621,432	1,949,648																													
ตุลาคม 2567	Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์แห่งใหม่ Tariff: > 69 KV TOU Delivery Period: Oct-24 PEA Electricity Rate <table><tr><td>C_p</td><td>Energy Charge Rate - Peak</td><td>=</td><td>4.8025</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>C_{op}</td><td>Energy Charge Rate - Off Peak</td><td>=</td><td>2.9819</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>PT</td><td>Fuel Transfer Rate</td><td>=</td><td>0.3872</td><td>Baht/kWh</td></tr></table> (1) Energy Charge - Peak = 975,837.06 Baht Wh_p Energy Consumption - Peak = (C_p × Wh_p) Baht = 227,864 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 354,389.79 Baht Wh_{op} Energy Consumption - Off Peak = (C_{op} × Wh_{op}) Baht = 137,100 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 October 2024</td><td>7,141,366</td><td>4,573,086</td><td>621,432</td><td>1,949,648</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 November 2024</td><td>7,516,130</td><td>4,810,950</td><td>662,205</td><td>2,045,885</td></tr></table> (3) Fuel Transfer Charge = 148,935.70 Baht = (Wh_p + Wh_{op}) × PT (4) Discount = (754,372.90) Baht Total Electricity Charge for Discount = (1) + (2) + (3) Baht = 1,479,162.55 Baht OR Discount Rate = 51.0% (5) Total Charge = 724,789.65 Baht = (1) + (2) + (3) + (4) Baht	C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh	C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh	PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 October 2024	7,141,366	4,573,086	621,432	1,949,648	Present	1 November 2024	7,516,130	4,810,950	662,205	2,045,885
C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh																														
C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh																														
PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh																														
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																													
Previous	1 October 2024	7,141,366	4,573,086	621,432	1,949,648																													
Present	1 November 2024	7,516,130	4,810,950	662,205	2,045,885																													
พฤศจิกายน 2567	Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์แห่งใหม่ Tariff: > 69 KV TOU Delivery Period: Nov-24 PEA Electricity Rate <table><tr><td>C_p</td><td>Energy Charge Rate - Peak</td><td>=</td><td>4.8025</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>C_{op}</td><td>Energy Charge Rate - Off Peak</td><td>=</td><td>2.9819</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>PT</td><td>Fuel Transfer Rate</td><td>=</td><td>0.3872</td><td>Baht/kWh</td></tr></table> (1) Energy Charge - Peak = 661,343.51 Baht Wh_p Energy Consumption - Peak = (C_p × Wh_p) Baht = 138,205 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 246,366.82 Baht Wh_{op} Energy Consumption - Off Peak = (C_{op} × Wh_{op}) Baht = 85,310 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 November 2024</td><td>7,516,130</td><td>4,810,950</td><td>662,205</td><td>2,045,885</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 December 2024</td><td>7,775,945</td><td>4,972,155</td><td>697,830</td><td>2,105,657</td></tr></table> (3) Fuel Transfer Charge = 101,887.76 Baht = (Wh_p + Wh_{op}) × PT (4) Discount = (514,895.03) Baht Total Electricity Charge for Discount = (1) + (2) + (3) Baht = 1,009,598.09 Baht OR Discount Rate = 51.0% (5) Total Charge = 494,703.06 Baht = (1) + (2) + (3) + (4) Baht	C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh	C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh	PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 November 2024	7,516,130	4,810,950	662,205	2,045,885	Present	1 December 2024	7,775,945	4,972,155	697,830	2,105,657
C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh																														
C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh																														
PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh																														
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																													
Previous	1 November 2024	7,516,130	4,810,950	662,205	2,045,885																													
Present	1 December 2024	7,775,945	4,972,155	697,830	2,105,657																													
ธันวาคม 2567	Calculation Detail of Electricity Payment Company: โรงงานประกอบรถยนต์แห่งใหม่ Tariff: > 69 KV TOU Delivery Period: Dec-24 PEA Electricity Rate <table><tr><td>C_p</td><td>Energy Charge Rate - Peak</td><td>=</td><td>4.8025</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>C_{op}</td><td>Energy Charge Rate - Off Peak</td><td>=</td><td>2.9819</td><td>Baht/kWh</td></tr><tr><td>PT</td><td>Fuel Transfer Rate</td><td>=</td><td>0.3872</td><td>Baht/kWh</td></tr></table> (1) Energy Charge - Peak = 430,028.15 Baht Wh_p Energy Consumption - Peak = (C_p × Wh_p) Baht = 139,821 kWh (2) Energy Charge - Off Peak = 236,544.20 Baht Wh_{op} Energy Consumption - Off Peak = (C_{op} × Wh_{op}) Baht = 85,510 kWh <table><tr><th>Meter Recording</th><th>Date</th><th>kWh Total Charge</th><th>kWh Peak</th><th>kWh Off Peak</th><th>kWh Holiday</th></tr><tr><td>Previous</td><td>1 December 2024</td><td>7,775,945</td><td>4,972,155</td><td>697,830</td><td>2,105,657</td></tr><tr><td>Present</td><td>1 January 2025</td><td>7,974,976</td><td>5,076,976</td><td>719,389</td><td>2,175,413</td></tr></table> (3) Fuel Transfer Charge = 77,982.67 Baht = (Wh_p + Wh_{op}) × PT (4) Discount = (379,723.06) Baht Total Electricity Charge for Discount = (1) + (2) + (3) Baht = 744,555.02 Baht OR Discount Rate = 51.0% (5) Total Charge = 364,831.96 Baht = (1) + (2) + (3) + (4) Baht	C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh	C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh	PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh	Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday	Previous	1 December 2024	7,775,945	4,972,155	697,830	2,105,657	Present	1 January 2025	7,974,976	5,076,976	719,389	2,175,413
C _p	Energy Charge Rate - Peak	=	4.8025	Baht/kWh																														
C _{op}	Energy Charge Rate - Off Peak	=	2.9819	Baht/kWh																														
PT	Fuel Transfer Rate	=	0.3872	Baht/kWh																														
Meter Recording	Date	kWh Total Charge	kWh Peak	kWh Off Peak	kWh Holiday																													
Previous	1 December 2024	7,775,945	4,972,155	697,830	2,105,657																													
Present	1 January 2025	7,974,976	5,076,976	719,389	2,175,413																													

ภาคผนวก ข
บทความทางวิชาการ

3. เรื่อง “การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์” จากการประชุมวิชาการ เรื่องการถ่ายทอดพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 24) วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2568 ณ กรีนเลค รีสอร์ท เชียงใหม่





การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อย ก๊าซคาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ EVALUATING THE ROLE OF ROOFTOP SOLAR PANELS IN DECARBONIZING AUTOMOTIVE MANUFACTURING: A CASE STUDY ON ENERGY TRANSITION STRATEGIES IN ASSEMBLY PLANTS

ภูเบศร์ ด่วงกลาง

กฤษฎากร บุตดาจันทร์

นิพนธ์ ภูเกียรติกำจร

อัญญา ประเมธฐานวัฒน์

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่อ

อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการ

จัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ

นครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25230

^{*}Corresponding author:

Tel.: 081-8649682

E-mail address:

Thanya.p@itn.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 ข้อมูลจาก World economic forum ระบุว่าอุตสาหกรรมยานยนต์มีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 10% ของโลก โรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นหนึ่งในผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมยานยนต์สำคัญชาติญี่ปุ่นที่ได้ดำเนินธุรกิจอยู่ในประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันมีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW และหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จโรงงานมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนให้ได้ 10% ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเฝ้าสังเกต (Monitoring) การบริหารจัดการผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป เพื่อเปรียบเทียบผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ของโซลาร์รูฟท็อปให้ได้ตามเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ ซึ่งจะนำไปสู่ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กร โดยการวิจัยมีขอบเขตในการศึกษาดังต่อไปนี้ (1) ผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567-มิถุนายน 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้เดือนของอนุมัติโครงการ (2) ศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 โดยเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ (3) เปรียบเทียบการได้มาซึ่งคาร์บอนเครดิตระหว่างการซื้อกับการได้มาจากสิทธิสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 50% โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ (1) ทราบถึงการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) โดยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้ (2) ทราบถึงผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้มากกว่าหรือเท่ากับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ (3) สามารถเปรียบเทียบการนำผลประหยัจากโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ไปซื้อคาร์บอนเครดิต เมื่อเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์แล้วองค์กรมีผลกำไร และยังบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กรได้

คำสำคัญ: ความเป็นกลางทางคาร์บอน; โซลาร์รูฟท็อป; ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน; คาร์บอนเครดิต

Abstract

Currently, Thailand and Japan have announced an important goal of achieving carbon neutrality by 2050. Data from the World Economic Forum indicates that the automotive industry contributes to more than 10% of the world's carbon dioxide emissions. The automobile assembly plant studied in this thesis is one of the Japanese automotive industry operators located in Thailand. At present, solar rooftops have been installed in collaboration with joint ventures at the Prachinburi automobile assembly plant, in both Phase 1



ในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW และหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จโรงงานมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนให้ได้ 10% แต่เนื่องจากรูปแบบสัญญาที่ผู้ร่วมลงทุน ได้ทำสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้า (Power purchase Agreement :PPA) อายุสัญญา 20 ปี ซึ่งทรัพย์สินและคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) จะเป็นสิทธิของผู้เข้าร่วมลงทุน ทำให้ทางโรงงานไม่สามารถนำผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเฝ้าสังเกต (Monitoring) การบริหารจัดการผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป เพื่อนำไปซื้อคาร์บอนเครดิตให้ได้ตามเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ ซึ่งจะนำไปสู่ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กร

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 ศึกษาการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์

1.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี

1.1.3 ศึกษาความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์ในการซื้อคาร์บอนเครดิต เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กร

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ

1.2.2 ศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 ทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์

1.2.3 เปรียบเทียบการได้มาซึ่งคาร์บอนเครดิตระหว่างการซื้อกับการได้มาจากสิทธิสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 50% โดยทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) โดยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีได้

1.3.2 ผลประหยัที่เกิดขึ้นจริงของโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ได้มากกว่าหรือเท่ากับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้

1.3.3 การนำผลประหยัจากโซลาร์รูฟท็อปของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ไปซื้อคาร์บอนเครดิต เมื่อเปรียบเทียบกับด้านเศรษฐศาสตร์แล้วองค์กรมีผลกำไร และยังบรรลุเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนขององค์กรได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษานวนคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบในการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัย ดังนี้

2.1 แนวคิดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นแนวคิดสำคัญในการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยก๊าซเหล่านี้สู่บรรยากาศเป็นหลัก

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): IPCC ได้รับการก่อตั้งในปี ค.ศ. 1988 โดยองค์การสหประชาชาติ มีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ที่ใช้ในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ รายงานฉบับปัจจุบันของ IPCC ที่เกี่ยวข้องกับ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือ รายงานชุดที่หก (Sixth Assessment Report, AR6) - 2021-2022 ได้เน้นถึงความเร่งด่วนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนะนำให้มีการดำเนินการที่รวดเร็วและมีความทะเยอทะยานมากขึ้น โดยเน้นการลดการปล่อย CO₂ ให้เหลือศูนย์ภายในกลางศตวรรษนี้ รวมถึงการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานสะอาดและการพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซ และข้อตกลงระหว่างประเทศที่ได้รับอิทธิพลจาก IPCC ปัจจุบันคือข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) - 2015 ได้กำหนดเป้าหมายที่จะจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกให้ต่ำกว่า 2°C จากระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม และแนะนำให้พยายามจำกัดการเพิ่มขึ้นให้ต่ำกว่า 1.5°C โดยเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างทั่วถึงและเป็นมาตรฐานสำหรับทุกประเทศ [3]

2.2 แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)

ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) คือสถานะที่ปริมาณการปล่อยคาร์บอน (CO₂) เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณคาร์บอนที่ถูกดูดซับกลับคืนมา โดยทั่วไปแล้วการเข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนสามารถดำเนินการได้หลายลักษณะ และแนวทางที่หลายประเทศให้ความสำคัญ คือ การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ การใช้เทคโนโลยีการผลิต และการจัดการของเสียที่สะอาดขึ้น การใช้พลังงานหมุนเวียน พลังงานทางเลือกหรือพลังงานสะอาด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลมแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้ อาจจะใช้การชดเชยคาร์บอนเครดิต (Carbon offsets) ผ่านการลงทุนในโครงการต่าง ๆ เช่น การปลูกป่าหรือการซื้อคาร์บอนเครดิตเพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเทศไทย เข้าร่วมประชุมระดับผู้นำ (World Leaders Summit) ในการประชุม COP26 หรือการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 ณ เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักร ซึ่งในเวทีดังกล่าวประเทศไทยได้



แสดงเจตนารมณ์ในการให้ความสำคัญสูงสุดต่อการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับประชาคมโลก และพร้อมร่วมมือกับทุกประเทศ ทุกภาคส่วน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน จากข้อมูลระบุว่า ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนเพียง ร้อยละ 0.72 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก ประเทศไทยได้จัดส่ง NDC ฉบับปรับปรุงปี 2020 และยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำให้กับ UNFCCC โดยประเทศไทยตั้งเป้าหมายจะยกระดับการแก้ไขปัญหาสภาพภูมิอากาศอย่างเต็มที่และด้วยทุกวิถีทาง เพื่อให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Greenhouse Gas Emission) ภายในหรือก่อนหน้าปี ค.ศ. 2065 โดยจะมีการสนับสนุนทางด้านการเงินและเทคโนโลยี รวมถึงการเสริมสร้างขีดความสามารถจากความร่วมมือระหว่างประเทศ [4]

ประเทศญี่ปุ่นได้ประกาศเป้าหมายสำคัญคือจะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 โดยให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน 50% ภายในปี ค.ศ.2030 โดยมีนโยบายให้ผู้ประกอบการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรม

โรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษา มีเป้าหมายที่จะเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ.2050 ภายใต้การดำเนินงาน Triple Action to ZERO ใน 3 ประการ ได้แก่ ความเป็นกลางของคาร์บอน พลังงานสะอาด และการหมุนเวียนทรัพยากร และมีแผนงานระยะกลางคือการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากกิจกรรมขององค์กรและตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 46% ภายในปี ค.ศ. 2030 โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 28% และลดจากการนำไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

ปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญในเรื่องนี้เช่นกัน อาทิ นโยบาย Green Plan ของสิงคโปร์ Green New Deal ของเกาหลีใต้ Green Growth Strategy ของญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกาเองก็หันมาให้ความสำคัญเรื่องนี้อย่างมาก โดยมาตรการ European Green Deal อาจส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการสินค้าส่งออกของไทย ทำให้ต้องมีการเตรียมนโยบายและมาตรการรองรับเพื่อผลักดันวิกฤตให้กลายเป็นโอกาส ทำให้เกิดระบบคาร์บอนเครดิตแบบ B2B (Business-to-Business) หมายถึงระบบที่บริษัทหนึ่งสามารถซื้อหรือขายเครดิตการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กับอีกบริษัทหนึ่งได้ เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางธุรกิจของตน และระบบคาร์บอนเครดิตแบบ B2C (Business to Consumer) คือระบบที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสามารถซื้อหรือแลกเปลี่ยนเครดิตที่แสดงถึงการลดการปล่อย CO₂ ที่เกิดจากกิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint of Organization) [5] เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัตถุดิบในรูปแบบคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent : CO₂eq) แบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้า และ ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดยในการวิจัยนี้ได้พิจารณาเฉพาะขอบเขตที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานประกอบรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ซึ่งขอบเขตที่ 2 สามารถคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ได้จากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าจากทุกแหล่งขององค์กร (Kwh) คูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂eq/kWh) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้า = 0.5821 kgCO₂eq/kWh

2.4 แนวคิดพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาดจากพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาด (Renewable Energy and Clean Fuels) คือแหล่งพลังงานที่มาจากธรรมชาติซึ่งสามารถผลิตซ้ำได้และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบดั้งเดิม (เช่น ถ่านหิน, น้ำมัน, ก๊าซธรรมชาติ) สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีกเรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำและชีวมวล แนวคิดนี้มีความสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดความต้องการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.4.1 พลังงานแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้ฟรีจากดวงอาทิตย์และมีการนำมาใช้ประโยชน์มาแต่สมัยโบราณ เช่น การตาก หรือ อบสินค้าเกษตร เป็นต้น ได้พยายามนำพลังงานแสงอาทิตย์มาทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นโลกเฉลี่ยประมาณ 4-5 kW-hr/m².day ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงาน 15% แสดงว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ตารางเมตรสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 650 - 750 Wh/m².day ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าประมาณ 250 MWh/day โดยเราสามารถใช้พื้นที่ประมาณ 1,500 km² ซึ่งคิดเป็น 0.3% ของพื้นที่ประเทศไทยก็จะผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ

2.4.2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้ามีเทคโนโลยีที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง คือ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เพราะการติดตั้งและการดูแลรักษาค่อนข้างสะดวก อีกทั้งอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนานคือประมาณ 20 ปี ระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System) และระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (PV Grid Connected System) ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีอุปกรณ์ประกอบเช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เครื่องควบคุมประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller) แบตเตอรี่ (Battery) เป็นต้น ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีต่างๆ มีอยู่มากมาย ดังนั้นในที่นี้จะขอกล่าวถึงเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เฉพาะบางอย่างเป็นที่นิยมใช้และกำลังได้รับการพัฒนาทั้งในเชิงพาณิชย์

ระบบที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนสูง (High-Temperature) เพื่อที่จะนำไปผลิตไฟฟ้ามีหลักการทำงานคือ เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Concentrator) จะ



สะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังจุดรับเพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนและความร้อนที่ได้จะผ่านไปยัง Turbine เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย Parabolic Through Power Tower หรือ Central Receiver Concentrator และ Dish Stirling Engine



รูปที่ 1 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบโรงไฟฟ้า

2.5 ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าบนหลังคาที่มีข้อดีในด้านการผลิตพลังงานสะอาดและการลดค่าไฟฟ้า แต่การตัดสินใจในการลงทุนต้องพิจารณาหลายปัจจัยรวมถึงต้นทุนการติดตั้ง, ประสิทธิภาพของระบบ, และการคืนทุน การศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สามารถช่วยให้การตัดสินใจลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า สุรกิจ ทองสุข และ อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล (2561) [6] ได้มีศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา โดยการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและทำการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อวัดปริมาณพลังงานที่ผลิตและประสิทธิภาพของระบบ วัดปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ และประเมินปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ เช่น การมองเห็นแสง, มุมการติดตั้ง, และสภาพอากาศ คำนวณต้นทุนการติดตั้ง, การประหยัดค่าไฟฟ้า, ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และอัตราผลตอบแทน (ROI) ได้ข้อสรุปคือ ประสิทธิภาพของระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีในสภาพแวดล้อมที่มีแสงแดดเพียงพอ แต่มีความแตกต่างตามสภาพอากาศและมุมการติดตั้ง และระยะเวลาคืนทุนสำหรับการลงทุนในระบบเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในช่วงที่คุ้มค่า โดยการคำนวณตามต้นทุนการติดตั้งและการประหยัดค่าไฟฟ้าที่ได้รับ

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ของ ชัยรัฐ ภัทรเวท และศุภฤกษ์ สุขสมาน (2563) [7] ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในแต่ละด้าน ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

(1) ด้านประโยชน์เชิงเปรียบเทียบ (Relative Advantage) ผลตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของ

ช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนรวมถึงการช่วยลดภาวะโลกร้อน เป็นพลังงานที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด การส่งเสริมภาพลักษณ์ในการใส่ใจเรื่อง สิ่งแวดล้อม และได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิต และจำหน่ายไฟฟ้า ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรออกแบบการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปให้เป็นพลังงานทดแทนที่สามารถรักษาสีสิ่งแวดล้อม และลดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเสมือนการลงทุนเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

(2) ด้านความยุ่งยากในการใช้งาน (Complexity) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของความพร้อมในการให้บริการสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างเต็มที่ ขั้นตอน และกฎระเบียบที่ใช้ในการขอใบอนุญาตในการติดตั้งมีความซับซ้อน และการบำรุงรักษาและทำความสะอาดง่าย สามารถทำเองได้ในระดับเห็นด้วยมาก ดังนั้นผู้ประกอบการควรแนะนำการใช้งานให้ผู้ใช้บริการเพื่อให้ได้รับความสะดวกรวดเร็วใช้งานได้ง่ายโดยการบริการที่เอาใจใส่ ทำให้ผู้ใช้บริการรับรู้ได้ถึงความจริงใจ และตรงไปตรงมาส่งผลให้ผู้ใช้บริการมีความไว้วางใจต่อการใช้บริการ และเกิดการบอกต่อให้กับผู้อื่น

(3) ด้านการสังเกตเห็นได้ (Observability) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า สามารถตรวจสอบข้อมูลการผลิตไฟฟ้าได้ ตลอดเวลาและมีการแสดงราคาอย่างชัดเจนในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปแล้วสามารถประหยัดค่าไฟฟ้า กำหนดราคาในการติดตั้งให้เหมาะสมกับคุณภาพ แสดงราคาอย่างชัดเจน และการรับประกันหลังการขายให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

(4) ด้านการยอมรับความเสี่ยง (Perceived Risk) ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของการรับประกันหลังการติดตั้ง การมีประกันภัยหรือเงินชดเชย สำหรับความเสี่ยงภัยที่เกิดจากภัยธรรมชาติเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีการรับประกันหลังการติดตั้ง เช่น การประกันภัยหรือเงินชดเชยความเสี่ยงภัยที่เกิดจากการติดตั้งไม่สมบูรณ์ ประกันภัยหรือเงินชดเชยสำหรับความเสี่ยงภัยที่เกิดจากภัยธรรมชาติ เป็นต้น เพื่อให้เกิดการยอมรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

(5) การให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้นของผู้ใช้บริการในปัจจุบัน เป็นโอกาสและช่องทางในการ ทำธุรกิจสำหรับบริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่สร้างสรรค์นวัตกรรมความปลอดภัย มุ่งมั่นใส่ใจในชีวิตรเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบกับการส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำโครงการส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ประกอบการพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคได้เข้าถึงสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และพัฒนาแนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการขยายตัวของตลาดสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในประเทศ

(6) ปัจจัยภายในองค์กร ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในเรื่องของได้รับการรับรองมาตรฐานของผู้



ให้บริการติดตั้งการให้บริการตามข้อตกลงในสัญญาของผู้ให้บริการติดตั้ง ผู้ให้บริการติดตั้งเน้นคุณภาพในการให้บริการ ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรสร้างความน่าเชื่อถือในกลุ่มอุตสาหกรรมไทยด้วยการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพ การจัดส่งสินค้าตามกำหนดเวลา ตรงตามความต้องการที่ลูกค้ากำหนด เพื่อสร้างความเชื่อมั่น ความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า รวมทั้งสร้างความรู้สึกให้กับลูกค้าว่าผลิตภัณฑ์มีความโปร่งใส เข้าถึงได้เมื่อเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์ และบริการสามารถสื่อสาร และแก้ไขได้ตลอดเวลา

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

การผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป (solar rooftop) ขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรที่สามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและผลผลิตของระบบได้ ซึ่งโครงการที่ทำการศึกษาวีจยเป็นโครงการที่ติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยวิธีการคำนวณหาจำนวนการติดตั้งแผงโซลาร์ขนาด 540 W ตามสูตรต่อไปนี้

$$\text{จำนวนแผง} = \frac{\text{ขนาดของระบบ (W)}}{\text{กำลังผลิตของแผง (W) X ประสิทธิภาพของ Inverter (\%)}} \quad (1)$$

กำลังผลิตของแผง = 540 W

ขนาดของระบบ = 5,000,000 W

โดยพิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่โซลาร์รูฟท็อปสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด และพื้นที่หลังคาที่สามารถรองรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างเพียงพอ

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละเดือน	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือนที่ 10%
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในแต่ละเดือน	ปริมาณการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปของแต่ละเดือน	ทำสัญญาแบบซื้อขายไฟฟ้า เฟส 1 ลดค่าไฟฟ้ากว่าซื้อจาก PEA. 37% เฟส 2 ลดค่าไฟฟ้ากว่าซื้อจาก PEA. 51%
อัตราค่าไฟฟ้าจาก PEA. ในแต่ละเดือน		
ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซื้อคาร์บอนเครดิตของแต่ละเดือน	เป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือนที่ 10%

วิธีในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ Vary load มีองค์ประกอบ 55% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยขึ้นกับจำนวนการผลิตในวันนั้นๆ เช่น Robot, Spot Gun, Air gun, และอื่นๆ Standby load มีองค์ประกอบ 4% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในวันทำงานที่มีการผลิต โดยไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนการผลิต (unit production) ในวันนั้นๆ เช่น Conveyor System, Chiller system, Oven system, Furnace, และอื่นๆ Fixed load มีองค์ประกอบ 41% ของปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละวัน เป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ระบบความปลอดภัย Emergency system, Exit light

ประสิทธิภาพของ Inverter = 85%

$$\text{จำนวนแผง} = \frac{5,000,000}{540 \times 85\%} = 10,893.25$$

ดังนั้น พิจารณาติดตั้งแผงโซลาร์ขนาด 540 W จำนวนทั้งหมด 10,895 แผ่น

การส่องสว่างของแสงแดด (Solar Irradiance): ปริมาณพลังงานแสงแดดที่ตกกระทบบนแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาและสถานที่ โดยจะเป็นค่าเฉลี่ยของการรับแสงแดดต่อวันในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m².day) ส่วนข้อมูลแสงอาทิตย์สำหรับจังหวัดปราจีนบุรีมีค่าเฉลี่ยต่อวันประมาณ 4.5 - 5.0 kWh/m².day และข้อมูลแสงอาทิตย์รายเดือนแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลแสงอาทิตย์รายเดือนจังหวัดปราจีนบุรี

Latitude	Longitude	ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน ปี 2566 (หน่วย : kWh/m ² .day)											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ย.	พ.ย.	ธ.ค.
14°03'03.3"N	101°22'09.5"E	5.0	5.2	5.5	5.6	5.0	4.8	4.6	4.5	4.4	4.5	4.7	4.9

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

นอกจากนี้ในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการผลิตค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปและปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริงของโครงการที่ศึกษา ได้กำหนดตัวแปร ดังแสดงตารางที่ 2

ระบบที่ต้องเปิดไว้ 24 ชม.ระบบบำบัดน้ำเสีย (Waste water control system) , ระบบ Circulate ซี เป็นต้น โดยปริมาณการใช้พลังงานตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ



การซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป ภายใต้ข้อกำหนดและเงื่อนไขการซื้อไฟฟ้าที่ราคาสุทธิ (ซึ่งรวมถึงค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าปรับอัตราไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ) เท่ากับราคาที่ผู้ซื้อจะต้องชำระให้แก่ กฟภ. หากผู้ซื้อยังคงซื้อไฟฟ้าจาก กฟภ. ในปริมาณเท่ากับในอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ. ในรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องหักด้วยตัวแปรส่วนลด ("ตัวแปรส่วนลด") ตามที่กำหนดไว้ด้านล่าง ("ราคารับซื้อไฟฟ้า") ดังสมการต่อไปนี้

$$EPP = (1 - DF) \times (EC + FC) \quad (2)$$

$$EC = (C_p \times kWh_p) + (C_{op} \times kWh_{op}) \quad (3)$$

$$FC = F_t \times (kWh_p + kWh_{op}) \quad (4)$$

EPP = ราคาซื้อไฟฟ้า ตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า (บาท)

EC = ค่าพลังงานไฟฟ้าตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า (บาท)

FC = ค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า (บาท)

DF = ตัวแปรส่วนลด Phase 1 เท่ากับ 37% และตัวแปรส่วนลด Phase 2 เท่ากับ 51%

Cp = อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับช่วงเวลา peak ของอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ. ตามอัตราประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ (อัตราตามช่วงเวลาการใช้) ที่แรงดันไฟฟ้า 115 kV ตามที่กำหนดไว้ใน PEA-

ERB และอาจมีการปรับเปลี่ยนเป็นครั้งคราว ซึ่ง ณ วันที่ลงนามสัญญา นี้ Cp = 4.1025 บาทต่อกิโลวัตต์

Cop = อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับช่วงเวลา off-peak ของอัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ. ตามประเภท ที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ (อัตราตามช่วงเวลาการใช้) ที่แรงดันไฟฟ้า 115 kV ตามที่กำหนดไว้ใน PEA-ERB และอาจมีการปรับเปลี่ยนเป็นครั้งคราว ซึ่ง ณ วันที่ลงนามสัญญา นี้ Cop = 2.5849 THB/kW

F_t = อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติของ กฟภ. จำนวนตาม PEA-ERB kWh_p = ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ซื้อได้ใช้ตามจริง (kWh) สำหรับชั่วโมง peak ในระหว่างรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า

kWh_{op} = ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ซื้อได้ใช้ตามจริง (kWh) สำหรับชั่วโมง off-peak ในระหว่างรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า

"อัตราค่าไฟฟ้าของ กฟภ." (PEA Rates) หมายถึง อัตราที่กำหนดไว้ใน PEA-ERB ในประเภทที่ 4 – กิจการขนาดใหญ่ ประเภทอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หรืออัตราค่าไฟฟ้าที่คิดตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) แบ่งเป็นช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) ดังแสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางค่าไฟฟ้าแบบ TOU

ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้า	ช่วงเวลา	ราคาค่าไฟฟ้า
ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak)	ช่วงเวลา 09.00-22.00 น. (จันทร์-ศุกร์)	5.2674 THB/Unit
ช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)	ช่วงเวลา 22.00-09.00 น. (จันทร์-ศุกร์)	2.1827 THB/Unit
	ช่วงเวลา 00.00-24.00 (เสาร์-อาทิตย์) วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)	

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การบันทึกข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อป สามารถอ่านค่าจากอุปกรณ์มาตรวัดไฟฟ้าในระยะใกล้ด้วยการเชื่อมต่อทางอินเทอร์เน็ตกับระบบผลิตไฟฟ้า และการบันทึกข้อมูลใดๆ ที่ได้จากอุปกรณ์มาตรวัดไฟฟ้าและเครื่องมือในการตรวจวัดอื่นๆ กำหนดให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญไม่เกินกว่า 0.5%

การเรียกเก็บเงินและการชำระเงิน รอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าสำหรับจำนวนเงินที่ต้องชำระทั้งหมดตามสัญญาที่ยังคงค้างอยู่ ณ วันสุดท้ายของรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าก่อนหน้า ใบแจ้งหนี้แต่ละฉบับจะมีความแสดงปริมาณไฟฟ้าที่จ่ายให้ในรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าก่อนหน้านี้ รวมถึงราคารับซื้อไฟฟ้าด้วย ส่วนการชำระเงินทั้งหมดในจำนวนที่ไม่มีข้อพิพาทโต้แย้ง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาตามรอบการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง หากไม่ชำระเงินทั้งหมดในจำนวนที่ไม่มีข้อพิพาทโต้แย้งภายในระยะเวลาดังกล่าว จะต้องเสียดอกเบี้ยในอัตราดอกเบี้ยผิดนัดนับตั้งแต่วันที่ครบกำหนดการชำระเงินจนถึงวันที่ชำระเงินดังกล่าว

"องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)" เรียกโดยย่อว่า "อบก." หรือ "TGO" ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมีหน้าที่การกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และผลิตและซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ผ่าน

โครงการ T-VER ปัจจุบันราคารับซื้อคาร์บอนเครดิต ในปี 2567 อยู่ที่ 180 THB/tonCO₂ เทียบเท่า

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่ลดลงจากกรณีที่มีการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนทั้งหมดของโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี มีแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนหลักที่นำมาคำนวณทั้งหมด 2 แหล่ง ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดคูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂eq/kWh) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ไฟฟ้า = 0.466 kgCO₂eq/kWh และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) คูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG.) = 50.52 kgCO₂eq/MMBtu ส่วนการคำนวณหาปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากโซลาร์รูฟท็อปสามารถคำนวณจากสมการที่ 5 และการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนคงเหลือสุทธิขององค์กรสามารถคำนวณจากสมการที่ 6

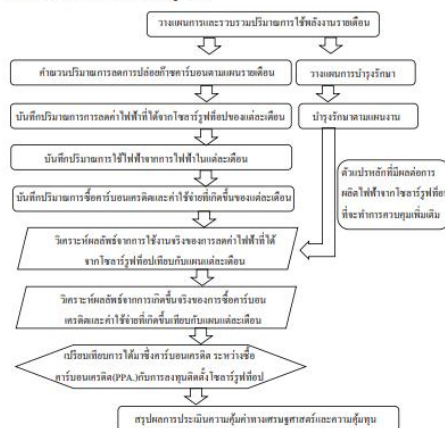
$$CO_2 \text{ from Solar generate} = (kWh \text{ solar} \times 0.466) - 1 \quad (5)$$



$$\text{Final CO}_2 = \text{CO}_2 \text{ from all source} - (\text{CO}_2 \text{ from solar generate}) \quad (6)$$

3.3 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนในการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปกับปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิต จะเน้นศึกษาปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละเดือน ปริมาณการลดค่าไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์รูฟท็อปของแต่ละเดือน ปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละเดือนโดยผู้วิจัยได้เรียบเรียงลำดับแจกแจงในรายละเอียดของขั้นตอนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Economic Engineering Analysis) ของการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปเป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อประเมินความคุ้มค่าและประสิทธิภาพของการลงทุนในโซลาร์รูฟท็อป การวิเคราะห์จะพิจารณาปัจจัยหลัก ดังต่อไปนี้

3.4.1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Initial Investment) ประกอบไปด้วยต้นทุนการติดตั้ง (Installation Costs) ได้แก่ ค่าแผงโซลาร์เซลล์, อินเวอร์เตอร์, ระบบยึดติด, การติดตั้ง, และรวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และต้นทุนเพิ่มเติม (Additional Costs) ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา, ค่าประกัน, และค่าธรรมเนียมต่างๆ

3.4.2. การประหยัดพลังงาน (Energy Savings) ประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้าที่ลดลง (Electricity Savings) สามารถคำนวณจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์กับค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายตามอัตราของผู้ให้บริการพลังงาน และการผลิตพลังงาน (Energy Production) สามารถคำนวณจากจำนวนพลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ตลอดปี ซึ่งคำนวณจากกำลังผลิตสูงสุด, ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย, และระยะเวลา

3.4.3. ผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment - ROI) สามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$ROI = \frac{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี}}{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}} \times 100 \quad (7)$$

3.4.4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) สามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}}{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี}} \quad (8)$$

3.4.5 จุดคุ้มทุน (Break-Even Point): เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ทางการเงินที่ช่วยให้เราเข้าใจว่าธุรกิจหรือโครงการจะเริ่มมีกำไรได้เมื่อไหร่ โดยการหาจุดที่รายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวม สามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น}}{\text{การประหยัดพลังงานต่อปี} - \text{ต้นทุนแปรต่อปี}} \quad (9)$$

3.4.6. บัณฑิตเสริม ได้แก่แรงจูงใจทางภาษีและเงินอุดหนุน (Incentives and Subsidies) หรือภาษีที่รัฐบาลช่วยเหลือ นอกจากนี้ยังมีค่าไฟฟ้าในอนาคต (Future Electricity Prices) ที่เพิ่มขึ้น จะช่วยเพิ่มความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์

Green Factory หรือ "โรงงานสีเขียว" คือแนวทางในการดำเนินการผลิตที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานสีเขียวมักจะรวมถึงแนวปฏิบัติที่ดีในการลดการใช้พลังงาน คุณลักษณะหลักของโรงงานสีเขียวประการหนึ่งคือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้เทคโนโลยีที่ประหยัดพลังงาน เช่น ระบบไฟฟ้า LED, เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้แหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม และหากไม่ทำตามแนวทาง Green Factory องค์กรอาจได้รับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การไม่ดำเนินการอาจทำให้เกิดมลพิษเพิ่มขึ้น การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และการสร้างของเสียมากเกินไป ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว และยังมีความเสี่ยงด้านกฎหมายและข้อบังคับ เมื่อโรงงานที่ไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม ต้องได้รับการลงโทษทางกฎหมาย หรือค่าปรับจากหน่วยงานควบคุมสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของแบรนด์กรณีไม่ใช้แนวทางสีเขียวอาจทำให้ลูกค้าและผู้บริโภคมองว่าโรงงานนั้นไม่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจทำให้สูญเสียลูกค้าและความเชื่อมั่น การนำแนวทาง Green Factory มาใช้ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถนำไปสู่การประหยัดต้นทุนในระยะยาวและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดขององค์กรด้วย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาโครงการ

4.1.1 ผลการศึกษาการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (Solar roof top) ร่วมกับผู้ร่วมลงทุน (Joint venture) มาใช้ในกระบวนการผลิต โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเพลส 1 และ เฟส 2 รวม 5 MW โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนดั่งแสดงตารางที่ 4



ตารางที่ 4 การนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 มาใช้ในกระบวนการผลิต ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-มิถุนายน 2567

ปี	PEA (Kwh)	เฟส 1		เฟส 2		เฟส 1+2 (%)
		Kwh	%	Kwh	%	
ม.ค.	3,109,437	254,765	8%	365,391	12%	20%
ก.พ.	2,763,956	239,573	9%	309,010	11%	20%
มี.ค.	2,767,702	273,068	10%	366,125	13%	23%
เม.ย.	3,783,356	290,873	8%	374,548	10%	18%
พ.ค.	2,346,204	278,545	12%	378,663	16%	28%
มิ.ย.	3,176,523	269,220	8%	358,938	11%	20%
รวม	17,947,178	1,606,044	9%	2,152,675	12%	21%

จากข้อมูลในตารางที่ 4 ทำให้ทราบว่าปริมาณการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 6 เดือน ในเฟส 1 ทำได้ 1,606,044 kWh หรือ 9% และ เฟส 2 ทำได้ 2,152,675 kWh หรือ 12% รวมทั้ง 2 เฟส ทำได้ 3,758,719 kWh หรือ 21% ซึ่งดีกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18%

4.1.2 การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ตอนขออนุมัติโครงการ ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรีในเฟส 1 และ เฟส 2 ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-มิถุนายน 2567

ปี	เฟส 1 (-37% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA) บาท		เฟส 2 (-51%จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA) บาท	
	Plan	Actual	Plan	Actual
ม.ค.	(2,383,355)	(375,010)	(3,836,893)	(774,433)
ก.พ.		(357,285)		(665,190)
มี.ค.		(393,642)		(767,582)
เม.ย.		(434,783)		(786,049)
พ.ค.		(394,741)		(804,479)
มิ.ย.		(378,932)		(770,132)
รวม	(2,383,355)	(2,334,395)	(3,836,893)	(4,567,865)

จากข้อมูลในตารางที่ 5 ทำให้ทราบว่าผลประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 6 เดือน ในเฟส 1 ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 2,334,395 บาท น้อยกว่าแผนอยู่ 48,959 บาท หรือ 2% และ เฟส 2 ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 4,567,865 บาท ดีกว่าแผนอยู่ 730,972 บาท หรือ 19% รวมทั้ง 2 เฟส ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 6,902,261 บาท ดีกว่าแผน 682,013 บาท หรือ 11%

4.1.3 ผลการศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งอ้างอิงจากเฟส 2 ที่องค์กรไม่ได้เลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต แต่เลือกรับสิทธิส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA ทดแทน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 ทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาปริมาณการซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นจริง ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-มิถุนายน 2567

ปี	เฟส 2			
	A=(-51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA) บาท	B=(-37% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA) บาท	ส่วนต่างกรณีไม่เลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต=A-B บาท	การซื้อคาร์บอนเครดิต ปี 2567 บาท
ม.ค.	(774,433)	(561,844)	(212,589)	135,089
ก.พ.	(665,190)	(482,589)	(182,601)	
มี.ค.	(767,582)	(556,873)	(210,709)	
เม.ย.	(786,049)	(570,271)	(215,778)	
พ.ค.	(804,479)	(583,642)	(220,837)	
มิ.ย.	(770,132)	(558,723)	(211,409)	
รวม	(4,567,865)	(3,313,941)	(1,253,924)	

จากข้อมูลในตารางที่ 4 ตลอดระยะเวลา 6 เดือน โซลาร์รูฟท็อป เฟส 1 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1,606,044 kWh คิดเป็นผลการลดการปล่อย CO₂ 9% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่ 3,230,492 kWh คิดเป็นผลการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน 18% ทำให้ต้องทำการซื้อคาร์บอนเครดิตเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายทดแทนอีก 1,624,448 kWh หรือ 750 ตันคาร์บอน ราคา 180 THB/tonCO₂ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 135,089 บาท

จากข้อมูลในตารางที่ 6 ตลอดระยะเวลา 6 เดือน การเลือกรับสิทธิส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA ทดแทนการเลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต ในเฟส 2 แล้วเลือกใช้วิธีการซื้อคาร์บอนเครดิตทดแทน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรตลอดทั้งปี ทำให้องค์กรมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อยู่ที่ 1,118,835 บาท

4.1.4 ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่ลดลงที่เกิดขึ้นจริงจากโซลาร์รูฟท็อป ที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 6 เดือน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 - มิถุนายน 2567 ทำการเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน ดังแสดงตารางที่ 7

จากข้อมูลในตารางที่ 7 ตลอดระยะเวลา 6 เดือน เป้าหมายปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนของโรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรีเท่ากับ 15,521,162 KgCO₂ และการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 12,947,032 KgCO₂ ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ 2,574,130 KgCO₂ หรือ 17%



ตารางที่ 6 ผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงที่โรงงานประกอบรถยนต์จังหวัดปราจีนบุรี ข้อมูลเดือนมกราคม 2567-มิถุนายน 2567 เทียบกับเป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน

ปี	เป้าหมายที่สามารถปล่อยก๊าซคาร์บอน (A) KgCO ₂	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง(B) KgCO ₂	ส่วนต่าง = B-A KgCO ₂
ม.ค.	3,240,608	2,675,726	(564,882)
ก.พ.	2,940,760	2,437,693	(503,067)
มี.ค.	2,812,484	2,387,951	(424,533)
เม.ย.	1,977,576	1,526,507	(451,068)
พ.ค.	2,331,176	1,954,031	(377,146)
มิ.ย.	2,218,559	1,965,125	(253,434)
รวม	15,521,162	12,947,032	(2,574,130)

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยโครงการการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ของโรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี ทำให้ทราบว่ามีการนำไฟฟ้าจากการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป มาใช้ในกระบวนการผลิต ที่โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี รวมระยะเวลา 6 เดือน รวมทั้ง 2 เฟส ทำได้ 3,758,719 Kwh หรือ 21% ซึ่งดีกว่าเป้าหมายที่องค์กรตั้งไว้ที่จะทำการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มาใช้ 18% ซึ่งสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด 6,902,261 บาท ดีกว่าแผน 682,013 บาท หรือ 11% และการเลือกรับสิทธิส่วนลดค่าส่วนต่าง 51% จากอัตราค่าไฟฟ้าของ PEA ทดแทนการเลือกรับสิทธิคาร์บอนเครดิต ในเฟส 2 แล้วเลือกใช้วิธีการซื้อคาร์บอนเครดิตทดแทน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรตลอดทั้งปี ทำให้องค์กรมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อยู่ที่ 1,118,835 บาท และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 12,947,032 KgCO₂ ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ 2,574,130 KgCO₂ หรือ 17% นอกจากนี้องค์กรยังได้ ภาวการณ์ที่ดีของแบรนด์ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการใช้องค์กรพลังงานทดแทน โดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์รูฟท็อป ทำให้ลูกค้าและผู้บริโภคมองว่าโรงงานนั้นใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดความเชื่อมั่น สร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดขององค์กรด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ปรมะฐานวัฒน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุคตาจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ภูเกียรติ์กิจ ผู้ร่วมวิจัย ที่คอยแนะนำชี้แนะแนวทางในการศึกษา ให้ข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ คอยแนะนำชี้แนะแนวทางปรับปรุงเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่ได้ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณรัฐกร แดงแสงจันทร์ ผู้จัดการฝ่ายและเพื่อนพนักงาน ฝ่ายวิศวกรรมโรงงาน โรงงานประกอบรถยนต์ปราจีนบุรี สำหรับการสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย

สุดท้ายผู้ดำเนินการวิจัยหวังว่าบทความวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษา และเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป คุณประโยชน์ใดๆ ที่เกิดขึ้น ขอมอบแต่ บิดา มารดา ครอบครัว อาจารย์ และเพื่อนๆ ทุกท่าน ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อภิธานฯ ชาวชน กองติดตามประเมินผลสิ่งแวดล้อม บทความ " ลดโลกร้อนด้วย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions" . [ออนไลน์]. <https://soc.swu.ac.th/news>.
- [2] มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. ดร.วิจารย์ สิมาฉายา ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย บทความ " คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คืออะไร" . [ออนไลน์]. https://www.tei.or.th/th/article_detail.php?bid=129.
- [3] บัณฑิต ล้อมมีโชคชัย และพรพิมล วิญญูชากริต. IPCC AR6. รายงานการสังเคราะห์ (สำหรับผู้กำหนดนโยบาย), 2030; 1(6): 34-60.
- [4] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ผลกระทบและโอกาสของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในการก้าวสู่ นโยบายความเป็นกลางของคาร์บอน (carbon neutrality). รายงานบทวิเคราะห์เชิงลึก, 2565; 1(1): 1-3.
- [5] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. กรุงเทพมหานคร.
- [6] สุรกิจ ทองสุข และ อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดและการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจสามารถช่วยให้การตัดสินใจลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- [7] ชัยรัฐ ภัทรเวท และศุภฤกษ์ สุขสมาน. (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.



สถาบันวิจัยพหุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ขอมอบประกาศนียบัตรนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
คุณภูเบศร์ ด่วงกลาง, คุณกฤษฎากร บุตดาจันทร์, คุณนิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร และคุณธัญญา ประเมษฐานวัฒน์

ได้เสนอบทความ E-03 เรื่อง
การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิต เพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน :
กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์

ในการประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายทอดพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์
ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 24)

จัดขึ้นระหว่างวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2568
ณ กรีนเลค รีสอร์ท เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ให้ไว้ ณ วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2568

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ มณีโชติ)
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

รองศาสตราจารย์ ดร.อรณิศร์ ดีทายาท)
ประธานการจัดประชุมวิชาการฯ

(ศาสตราจารย์ ดร.ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์)
ที่ปรึกษางานประชุมวิชาการฯ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายภูเบศวร์ ตัวกลาง
ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการนำไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน : กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมการจัดการ
ประวัติ	วันเดือนปีเกิด 13 เมษายน พ.ศ. 2530 ระดับการศึกษา 2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลงานทางวิชาการ 1. เรื่อง “การศึกษาการใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์รูฟท็อปในกระบวนการผลิตเพื่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน: กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์” จากการประชุมวิชาการ เรื่องการถ่ายทอดผลงานความรู้และมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 24) วันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2568 ณ กรีนเลค รีสอร์ท เชียงใหม่ ประสบการณ์ทำงาน 2553 วิศวกรโยธา บริษัท พุกกา เรียล เอสเตท จำกัด (มหาชน) 2554 วิศวกรควบคุมคุณภาพงานโยธา บริษัท ซิโน-ไทย เอ็นจีเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) 2555 พนักงานควบคุมกฎหมายและโครงการใหม่ บริษัท ฮอนด้า ออโตโมบิล (ประเทศไทย) จำกัด 2560 ผู้จัดการกลุ่มงาน 2566 ผู้จัดการแผนก