การออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี

FACTORY DESIGN FOR REDUCING CARBON DIOXIDE EMISSIONS UNDER THE CARBON NEUTRALITY CONCEPT: A CASE STUDY OF AN ELECTRONIC PARTS ASSEMBLY FACTORY IN AN INDUSTRIAL ESTATE, SARABURI PROVINCE

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

การออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี

FACTORY DESIGN FOR REDUCING CARBON DIOXIDE EMISSIONS UNDER THE CARBON NEUTRALITY CONCEPT: A CASE STUDY OF AN ELECTRONIC PARTS ASSEMBLY FACTORY IN AN INDUSTRIAL ESTATE, SARABURI PROVINCE

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

กุลรดา ไพบูลย์พรพันธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการบริหารจัดการงานออกแบบ
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2566

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการบริหารจัดการงานออกแบบ

เรื่อง การออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี

ผู้วิจัย กุลรดา ไพบูลย์พรพันธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการสอบ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล

กรรมการสอบ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก) รองศาสตราจารย์ ดร.ธนธร กิตติกานต์

กรรมการสอบ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม) ดร.ภฤศมน คำมะสอน

กรรมการสอบ (อาจารย์ประจำหลักสูตร) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สดานุ สุขเกษม

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

กุลรดา ไพบูลย์พรพันธิ์. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการบริหารจัดการงานออกแบบ, กรกฎาคม 2567, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
การออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี
(163 หน้า)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนธร กิตติกานต์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการออกแบบโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอนผ่านการสร้างจุดอ้างอิงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการหักลบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นแนวทางกรณีสร้างโรงงานใหม่ ซึ่งประเมินผลผ่านเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS ขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก

ผลการวิจัย พบว่า เนื่องจากเป็นโรงงานระบบปิดที่ต้องรักษาอุณหภูมิตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นหัวข้อที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด จึงนำเสนอแนวทางการออกแบบทั้ง 4 มาตรการ ได้แก่ (1) ติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิมโดยเปลี่ยนจากระบบ Direct expansion (Split) ชนิด Non-inverter เป็นระบบ Direct expansion (VRF) ชนิด Inverter หรือระบบ Direct expansion (Split) ชนิด Inverter สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 20.17% และ 7.67% ตามลำดับ (2) เปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยเปลี่ยนจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 48.97% (3) ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เองโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 20.04% (4) ปลูกไม้ยืนต้น สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 0.39% และเมื่อนำมาตรการมาจำลองเป็นฉากทัศน์ พบว่า ฉากทัศน์ที่คุ้มค่าทั้งเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ฉากทัศน์ที่ 1 (ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct expansion (VRF) ชนิด Inverter, หลอดไฟ LED, เซลล์แสงอาทิตย์ และปลูกไม้ยืนต้น) สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด คิดเป็น 42.7% สัดส่วนเงินลงทุน 122,054 บาท/tCO_2eq ระยะเวลาคุ้มทุน 11.38 ปี ซึ่งสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับฉากทัศน์อื่น

คำสำคัญ: ความเป็นกลางทางคาร์บอน, ก๊าซเรือนกระจก, ประหยัดพลังงาน, สาธารณูปโภค, โรงงาน

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

Kulrada, P. Master of Architecture (Innovative Design and Management), July 2024, Graduate School, Bangkok University.

Factory Design for Reducing Carbon Dioxide Emissions under the Carbon Neutrality Concept: A Case Study of an Electronic Parts Assembly Factory in an Industrial Estate, Saraburi Province (163 pp.)

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Thanathorn Kittikant, Ph.D.

ABSTRACT

This research proposes guidelines for electronics assembly factory design for carbon dioxide (CO_2) emission reduction under carbon neutrality concept through establishing a CO_2 emission baseline, balancing carbon dioxide emissions, and offsetting carbon dioxide emissions to serve as a model for new factory construction that can reduce the amount of CO_2 emissions more than the reference factory. The evaluation is conducted using calculation documents under the LESS project of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization.

The research findings reveal that, as a closed-system factory requiring temperature control according to product specifications, the use of electricity from air conditioner and lighting equipment contributes the most to carbon dioxide emissions. Therefore, the following 4 design guidelines are proposed: (1) Installing high-efficiency air conditioners to replace existing units by switching from direct expansion system (Split) Non-inverter type to direct expansion system (VRF) Inverter type or direct expansion system (Split) Inverter type, which can reduce carbon dioxide emissions by 20.17% and 7.67%, respectively. (2) Replacing lighting equipment to increase efficiency by changing from fluorescent lamps to LED lamps, which can reduce carbon dioxide emissions by 48.97%. (3) Generating electricity from renewable energy for self-consumption by installing solar cells, which can reduce carbon dioxide emissions by 20.04%. (4) Planting trees, which can sequester 0.39% of carbon dioxide emissions. When simulating the measures as scenarios, it is found that the scenario that is both technically and economically feasible is Scenario 1 (installing direct expansion system (VRF) Inverter type air conditioners, LED lamps,

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

solar cells, and planting trees). This scenario can reduce carbon dioxide emissions by the highest amount of 42.7%, with an investment ratio of 122,054 baht/tCO_2eq and a payback period of 11.38 years, which is the shortest compared to other scenarios.

Keywords: carbon neutrality, greenhouse gases, energy saving, utilities, factory

BANGKOK
UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดบุคคลทั้งหลายที่จะกล่าวถึงในที่นี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่เคารพ อันได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนธร กิตติกานต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำการศึกษาวิจัยตลอดมา รวมถึงสร้างความมั่นใจให้ผู้วิจัยดำเนินงานวิจัยนี้ได้อย่างราบรื่น และ ดร.ภฤศมน คำมะสอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

ขอขอบพระคุณ ประธานคณะกรรมการด้านพลังงานของโรงงานกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำแนะนำเกี่ยวกับโรงงานและความเป็นกลางทางคาร์บอนที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย รวมถึง บริษัทเอสดับบลิว ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศ และบริษัทตาดีเทคโนโลยี (998) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง อีกทั้งห้างหุ้นส่วนสามัญพรพฤกษชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับไม้ยืนต้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้หากปราศจากข้อมูลของท่าน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ทั้งที่อยู่ในรั้วและนอกรั้วสถาบันการศึกษา ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ระดับปริญญาโท ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งช่วยหล่อหลอมให้ผู้วิจัยมีองค์ความรู้และความเข้าใจในด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ แม้จะไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน เพื่อนำไปต่อยอดในการประกอบอาชีพได้ในอนาคต

สุดท้ายนี้ ขอบคุณพี่ ที่คอยอยู่เคียงข้างให้การสนับสนุน คำแนะนำ กำลังใจ ตลอดการศึกษาวิจัย ขอบคุณฟ้าที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขเสมอมา และขอบคุณครอบครัวสำหรับความรักและความเข้าใจในตัวลูกมาโดยตลอด ทั้งนี้ ข้าพเจ้าหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่กำลังศึกษาหรือผู้ที่สนใจต่อไปในอนาคต

กุลรดา ไพบูลย์พรพันธิ์

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 คำถามของงานวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.4 ขอบเขตและข้อจำกัดการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 กรอบเค้าโครงงานวิจัย	5
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 ความรู้ทั่วไปของอาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ	13
2.2 การสร้างจุดอ้างอิงโดยการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	14
2.3 การสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 โดยการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน	17
2.4 การหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการการสร้างแหล่งดักจับ	19
2.5 อาคารประเภทโรงงานในประเทศไทย	20
2.6 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย	23
2.7 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	25
2.8 กรณีศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
2.9 การคำนวณเงินค่าไฟฟ้าและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์	41
2.10 ข้อมูลลักษณะของโรงงานที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษาที่ได้จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study)	42
2.11 บทสรุปจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	54

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	56
3.1 การกำหนดตัวแปรงานวิจัย	57
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	61
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	78
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	83
4.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบัน	83
4.2 กำหนดรูปแบบของเครื่องปรับอากาศ	88
4.3 กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	89
4.4 กำหนดรูปแบบของเซลล์แสงอาทิตย์	90
4.5 กำหนดรูปแบบของไม้ยืนต้น	90
4.6 ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยคำนวณผ่านเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS	92
4.7 ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	99
4.8 ผลการประเมินปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละตัวเลือก	105
4.9 ผลการประเมินค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก	111
4.10 เปรียบเทียบเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก	114
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	116
5.1 ตัวเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้	118
5.2 ตัวเลือกที่สามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้	124
5.3 กำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของระบบสาธารณูปโภคอื่นสำหรับจำลองฉากทัศน์	126
5.4 ตารางจำลองฉากทัศน์เพื่อการประเมินและเปรียบเทียบ	127
5.5 ประเมินความคุ้มค่าของแต่ละฉากทัศน์	129
บรรณานุกรม	136
ภาคผนวก ก	140
ภาคผนวก ข	153
ภาคผนวก ค	156
ภาคผนวก ง	158

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ 160
ประวัติเจ้าของผลงาน 163

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1: ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (คัดลอกมาบางส่วน) 16

ตารางที่ 2.2: ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้สอยตามกฎหมาย 26

ตารางที่ 2.3: ปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในอาคารพื้นที่ใช้สอย 3,797 ตร.ม. 27

ตารางที่ 2.4: ปริมาณการประหยัดพลังงานกรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 29

ตารางที่ 2.5: เกณฑ์ที่นำมาใช้พิจารณาเลือกเครื่องปรับอากาศ 30

ตารางที่ 2.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละแบบ 32

ตารางที่ 2.7: ผลการทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter และ Non-inverter 32

ตารางที่ 2.8: สรุปข้อมูลเงื่อนไขการจำลองแสงสว่างทั้ง 2 ฉากทัศน์ 35

ตารางที่ 2.9: ค่าการใช้พลังงานและค่าแสดงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์) และฉากทัศน์ที่ 2 (หลอดไฟ LED) 36

ตารางที่ 2.10: เงื่อนไขการทดลองเปลี่ยนจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED 39

ตารางที่ 2.11: เปรียบเทียบค่าแสงสว่างระหว่างติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED 40

ตารางที่ 2.12: รายละเอียดลักษณะของโรงงานแต่ละโรงงานของกรณีศึกษา 44

ตารางที่ 2.13: ขอบเขตการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน 47

ตารางที่ 2.14: แหล่งการเข้าถึงข้อมูลการใช้พลังงานแต่ละประเภท 48

ตารางที่ 2.15: ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน 49

ตารางที่ 2.16: ข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ประเภทที่ 2 จากการใช้ไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน พ.ศ. 2565 50

ตารางที่ 2.17: ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าโรงงานที่ 3 พ.ศ. 2565 51

ตารางที่ 2.18: สรุปเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศตามนโยบายด้านพลังงาน 53

ตารางที่ 2.19: สรุปเวลาการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างตามนโยบายด้านพลังงาน 53

ตารางที่ 2.20: สรุปข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย 54

ตารางที่ 3.1: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศ 62

ตารางที่ 3.2: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศ 63

ตารางที่ 3.3: ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อเครื่องปรับอากาศ 64

ตารางที่ 3.4: เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้อเครื่องปรับอากาศ 65

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 3.5:	สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศภายใต้โครงการ LESS	65
ตารางที่ 3.6:	แสดงรายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศภายใต้โครงการ LESS	66
ตารางที่ 3.7:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	67
ตารางที่ 3.8:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	67
ตารางที่ 3.9:	ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	68
ตารางที่ 3.10:	เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	69
ตารางที่ 3.11:	สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างภายใต้โครงการ LESS	69
ตารางที่ 3.12:	รายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างภายใต้โครงการ LESS	70
ตารางที่ 3.13:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียน	71
ตารางที่ 3.14:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียน	71
ตารางที่ 3.15:	ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์	72
ตารางที่ 3.16:	เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้อพลังงานหมุนเวียน	72
ตารางที่ 3.17:	สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียนภายใต้โครงการ LESS	73
ตารางที่ 3.18:	รายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียนภายใต้โครงการ LESS	73
ตารางที่ 3.19:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อไม้ยืนต้น	75
ตารางที่ 3.20:	แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม ของเอกสารการคำนวณหัวข้อไม้ยืนต้น	75

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 3.21:	ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2	76
ตารางที่ 3.22:	เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 หัวข้อไม้ยืนต้น	76
ตารางที่ 3.23:	แสดงตัวอย่างการกรอกข้อมูลในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ	80
ตารางที่ 4.1:	รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1	83
ตารางที่ 4.2:	รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2	84
ตารางที่ 4.3:	รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1	86
ตารางที่ 4.4:	รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2	86
ตารางที่ 4.5:	รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาใช้คำนวณ	88
ตารางที่ 4.6:	รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 ที่นำมาใช้คำนวณ	89
ตารางที่ 4.7:	รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2 ที่นำมาใช้คำนวณ	89
ตารางที่ 4.8:	รายละเอียดเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้คำนวณ	90
ตารางที่ 4.9:	รายละเอียดไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 ที่จะนำมาใช้คำนวณ	91
ตารางที่ 4.10:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter	92
ตารางที่ 4.11:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter	92
ตารางที่ 4.12:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VAV ชนิด Inverter	93
ตารางที่ 4.13:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VAV ชนิด Inverter	93
ตารางที่ 4.14:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Water Chiller ชนิด Inverter	94
ตารางที่ 4.15:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Water Chiller ชนิด Inverter	94
ตารางที่ 4.16:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด Inverter	95
ตารางที่ 4.17:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด Inverter	95
ตารางที่ 4.18:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภท LED	96
ตารางที่ 4.19:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภท LED	96
ตารางที่ 4.20:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์	97
ตารางที่ 4.21:	ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์	97
ตารางที่ 4.22:	แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2	98

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.23: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 99
ตารางที่ 4.24: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 100
ตารางที่ 4.25: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง 101
ตารางที่ 4.26: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 103
ตารางที่ 4.27: สรุปปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 จากการปลูกไม้ยืนต้น 104
ตารางที่ 4.28: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในแต่ละตัวเลือก 106
ตารางที่ 4.29: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละตัวเลือก 108
ตารางที่ 4.30: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 110
ตารางที่ 4.31: สรุปผลการคำนวณค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก 112
ตารางที่ 4.32: สรุปผลการคำนวณเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก 114
ตารางที่ 5.1: รายละเอียดของทั้ง 4 หัวข้อที่ทำการศึกษาวิจัย 117
ตารางที่ 5.2: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ 118
ตารางที่ 5.3: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง 121
ตารางที่ 5.4: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์ 123
ตารางที่ 5.5: สรุปแนวโน้มของปริมาณการกักเก็บ CO_2 ของไม้ยืนต้น 125
ตารางที่ 5.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอ้างอิงสำหรับสร้างฉากทัศน์ 126
ตารางที่ 5.7: สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น 128
ตารางที่ 5.8: สรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น 129

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1:	กรอบเค้าโครงงานวิจัย	5
ภาพที่ 2.1:	สัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงาน รายภาคเศรษฐกิจ พ.ศ. 2565	21
ภาพที่ 2.2:	โครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	23
ภาพที่ 2.3:	เปรียบเทียบการใช้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้ง 3 ประเภทใน พ.ศ. 2559 – 2561	28
ภาพที่ 2.4:	อาคารกรณีศึกษาและโมเดลอาคารที่สร้างโดยโปรแกรม Design Builder	30
ภาพที่ 2.5:	ผลการพิจารณาเครื่องปรับอากาศทั้ง 5 รูปแบบโดยใช้หลักเกณฑ์ทั้ง 6 หัวข้อ	31
ภาพที่ 2.6:	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED	34
ภาพที่ 2.7:	แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (ซ้าย) และฉากทัศนที่ 2 (ขวา)	35
ภาพที่ 2.8:	แสดงผลการจำลองแสงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (บน) และฉากทัศน์ที่ 2 (ล่าง)	37
ภาพที่ 2.9:	ภาพห้องบรรยายที่ทดลองเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED	38
ภาพที่ 2.10:	ที่ตั้งของโรงงานกรณีศึกษาภายในนิคมอุตสาหกรรม	43
ภาพที่ 2.11:	แผนผังมุมมองด้านบนของโรงงานที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา	43
ภาพที่ 2.12:	สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 1	45
ภาพที่ 2.13:	สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 2	46
ภาพที่ 2.14:	สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 3 ชั้น 1	46
ภาพที่ 2.15:	สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 3 ชั้น 2	47
ภาพที่ 2.16:	เปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน	49
ภาพที่ 2.17:	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าใน 1 ปีของแต่ละโรงงาน	50
ภาพที่ 2.18:	เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคและกระบวนการของโรงงานที่ 3	52
ภาพที่ 2.19:	เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคแต่ละหัวข้อของโรงงานที่ 3	52
ภาพที่ 3.1:	ผังแสดงความเชื่อมโยงขั้นตอนการวิจัย	56
ภาพที่ 3.2:	เปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน	57

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.3: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าใน 1 ปีของแต่ละโรงงาน (หน่วย: tCO_2eq) 58

ภาพที่ 3.4: สัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคและกระบวนการของโรงงานอ้างอิง 58

ภาพที่ 3.5: เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคแต่ละหัวข้อของโรงงานอ้างอิง 59

ภาพที่ 4.1: พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 84

ภาพที่ 4.2: พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2 85

ภาพที่ 4.3: แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 87

ภาพที่ 4.4: แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2 87

ภาพที่ 4.5: แผนผังพอสังเขปกรณีปลูกต้นลีลาวดีบริเวณสนามหญ้า 91

ภาพที่ 4.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวเลือก 100

ภาพที่ 4.7: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (หน่วย: tCO2eq) 102

ภาพที่ 4.8: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 103

ภาพที่ 4.9: ปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้กรณีปลูกและไม่ปลูกไม้ยืนต้น (หน่วย: tCO_2eq) 104

ภาพที่ 4.10: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศต่อปีของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: kWh) 107

ภาพที่ 4.11: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่อปีของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: kWh) 109

ภาพที่ 4.12: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย: kWh) 111

ภาพที่ 4.13: สรุปผลการคำนวณค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: บาท) 113

ภาพที่ 4.14: สรุปผลการคำนวณเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: บาท) 114

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 5.1: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 , ขนาด (BTU) และ ค่า EER/SEER 119

ภาพที่ 5.2: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2, กำลังไฟฟ้ารวม (W) และ ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด (lm) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง 122

ภาพที่ 5.3: ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ลดได้กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 123

ภาพที่ 5.4: ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่กักเก็บได้กรณีปลูกไม้ยืนต้นทั้ง 54 ต้น 125

ภาพที่ 5.5: สรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น 131

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การที่อุณหภูมิโลกสูงขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศจนเกินสมดุลนั้น ได้ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่ส่งกระทบต่อสุขภาพและวิถีชีวิตของมนุษย์ จนนำไปสู่การสูญพันธุ์ของพืชและสัตว์ จึงปฏิเสธไม่ได้เลยว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นภัยคุกคามทางสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรงที่สุดซึ่งโลกของเรากำลังเผชิญหน้าอยู่ ซึ่งหากดูจากสถิติจะพบว่าในประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคอาคารสูงถึง 48 ล้านตัน คิดเป็น 20% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในประเทศ (Rataphong, 2022) สะท้อนให้เห็นว่าภาคอาคารเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะโลกร้อนอย่างชัดเจน ทว่าภาคอาคารนั้นก็มีศักยภาพสูงที่สุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นกัน ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และด้านปริมาณ (Sustainable Building and Climate Initiative, 2009) และถ้าหากดูข้อมูลศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หรือ Global Warming Potential (GWP) ของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ที่เกิดจากมนุษย์ในช่วงระยะเวลา 100 ปี พบว่ามีก๊าซเรือนกระจกหลายชนิดที่มีศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อจากนี้จะเรียกว่า“ก๊าซ CO_2 ”) แต่ก๊าซ CO_2 เป็นก๊าซที่มีความแพร่หลายมากที่สุด และถูกพูดถึงบ่อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศไทย ที่ได้จัดทำเพื่อให้สอดคล้องกับความตกลงปารีสนั้น ประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุดภายใน ค.ศ. 2030 และมุ่งสู่ความเป็นกลางของคาร์บอนภายใน ค.ศ. 2050 โดยมุ่งหวังที่จะยกระดับความร่วมมือระหว่างประเทศ และการสนับสนุนด้านการเงิน เทคโนโลยี และสร้างขีดความสามารถเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว (Ministry of Natural Resources and Environment, 2021) จากเป้าหมายข้างต้น สามารถบ่งชี้ได้ว่าประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะให้ความสำคัญกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ CO_2 มากขึ้นในอนาคต

จากสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้ผู้ประกอบการในประเทศไทยกลายเป็นหนึ่งในผู้ที่ได้รับความเสี่ยง โดยความเสี่ยงในที่นี้ คือ ความเสี่ยงในช่วงเปลี่ยนผ่าน (Transition Risk) เนื่องจากทั้งประเทศไทยและต่างประเทศมีมาตรการเข้าสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ทำให้เกิดมาตรการรองรับต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในด้านนโยบาย กฎเกณฑ์ และเทคโนโลยี ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องเร่งปรับตัว เพื่อปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เข้มงวดมากขึ้น หรือมีการนำเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ ซึ่งถือเป็นการบริหารความเสี่ยงเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ และหนึ่งใน

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ผู้ประกอบการที่ได้รับผลกระทบ คือ ภาคอุตสาหกรรม ที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 เป็นอันดับที่ 2 ของประเทศใน พ.ศ. 2565 คิดเป็น 27% เป็นรองเพียงภาคการผลิตไฟฟ้าที่มีสัดส่วนสูงสุดอยู่ที่ 36% (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2566) อีกทั้งภาคอุตสาหกรรมยังคงไม่มีเครื่องมือประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน เช่น Building Energy Code (BEC) ที่สามารถประเมินได้อย่างรอบด้านเฉกเช่นเดียวกับอาคารควบคุมทั้ง 11 ประเภท เช่น สถานพยาบาล สถานศึกษา โรงแรม ศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า เป็นต้น

จากข้อมูล พ.ศ. 2563 อุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยเป็นการผลิตเพื่อส่งออกเป็นหลัก คิดเป็นสัดส่วน 90-95% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด (วรรณา ยงพิศาลภพ, 2564) ซึ่งเริ่มที่จะได้รับผลกระทบ เนื่องจากหลายประเทศได้มีการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและส่งผลให้ผู้ประกอบการภายในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบผลิตภัณฑ์และกฎหมายท้องถิ่นเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการถูกยกเลิกการใช้งานผลิตภัณฑ์ภายใต้แรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงขึ้น ทั้งนี้ ปัจจุบันหลายประเทศได้เริ่มมีการออกกฎระเบียบผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีนโยบายบางส่วนที่กระทบต่อการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยไปยังสหภาพยุโรป เช่น กลไกการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน และการควบคุมปัญหาคาร์บอนแฝงในสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยได้เริ่มจากผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น อะลูมิเนียม ซีเมนต์ เหล็ก และเหล็กกล้า เป็นต้น ทว่า กฎระเบียบดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์บางรายการในอนาคตที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ (สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย, 2567) นอกจากนั้น ในแถบเอเชีย รัฐบาลญี่ปุ่นยังได้มีการประกาศนโยบายการติดฉลากคาร์บอนบนสินค้าโดยให้ผู้ประกอบการเข้าร่วมโดยสมัครใจเพื่อจูงใจผู้ประกอบการและผู้บริโภคให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากที่กล่าวไปข้างต้น จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ยังไม่ใช้อุตสาหกรรมหลักที่ได้รับผลกระทบจากนโยบายต่าง ๆ แต่มีความเป็นไปได้ที่จะต้องปฏิบัติตามนโยบายอย่างเคร่งครัดในอนาคต ซึ่งถึงแม้อุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำที่ไม่ได้มีการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยตรง แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นอุตสาหกรรมที่ดำเนินการในโรงงานระบบปิดที่ต้องการระบบการปรับอากาศและความชื้นให้เป็นไปตามข้อบังคับของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จึงมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมาทางอ้อม เพื่อขับเคลื่อนระบบต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมมากเป็นพิเศษเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น

ผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดสระบุรี เล็งเห็นถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่จะมาถึงในอนาคตของอุตสาหกรรมประเภทนี้ จึงได้ศึกษาค้นคว้าแนวทางการออกแบบอาคารลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) จากการทบทวนวรรณกรรม และนำมาทดลองในรูปแบบต่าง ๆ ผ่าน

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE

การประยุกต์ใช้เอกสารการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme: LESS) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. เพื่อแสวงหาแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารประเภทโรงงานอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ออกแบบที่สนใจในแนวคิดดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารใหม่หรือปรับปรุงอาคารเดิมได้อีกด้วย

1.2 คำถามของงานวิจัย

1.2.1 สามารถออกแบบโรงงานให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอนได้ด้วยขั้นตอนใดบ้าง

1.2.2 ปัจจัยใดที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดในโรงงานกรณีศึกษา

1.2.3 มาตรการที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบโรงงานกรณีศึกษาให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 มีอะไรบ้าง

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาหาวิธีการออกแบบโรงงานภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอนจากการทบทวนวรรณกรรม และการศึกษากรณีตัวอย่าง

1.3.2 เพื่อศึกษาปัจจัยใดที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดในโรงงานกรณีศึกษา จากการสำรวจและขอความอนุเคราะห์ข้อมูล

1.3.3 เพื่อศึกษาหาวิธีการออกแบบโรงงานกรณีศึกษาให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการทบทวนวรรณกรรม

1.4 ขอบเขตและข้อจำกัดการวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยด้านพื้นที่

1.4.1 เลือกศึกษาเฉพาะอาคารประเภทโรงงานของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี จำนวน 1 โรงงาน ซึ่งเป็นโรงงานที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานอยู่ทำให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล และเป็นอาคารที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิต คลังสินค้า และสำนักงาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถพบในอาคารประเภทโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถเปิดเผยชื่อบริษัทได้เนื่องจากมีข้อมูลที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจของบริษัท

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

1.4.2 เลือกอาคารประเภทโรงงานจำนวน 1 อาคาร จากทั้งหมด 3 อาคารในบริษัท (ต่อจากนี้จะแทนคำว่า อาคารประเภทโรงงานในบริษัทว่า “โรงงาน”) ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโรงงานอื่น ๆ ในพื้นที่บริษัท เป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างโรงงานใหม่ในอนาคต ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร 6,393 ตารางเมตร (โรงงาน 2 ชั้น)

1.4.3 เลือกศึกษาเฉพาะกรณีการสร้างโรงงานใหม่เพิ่มเติมภายในบริษัทที่มีการดำเนินกิจการอยู่แล้ว เพื่อนำปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงานที่มีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากดำเนินมาตรการปรับปรุงด้านพลังงาน

ขอบเขตงานวิจัยด้านประเด็นการศึกษา

1.4.4 เลือกศึกษาก๊าซเรือนกระจก ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) เท่านั้น ดังนั้นในงานวิจัยอาจจะมีการใช้คำว่าก๊าซเรือนกระจกตามความจำเป็น ซึ่งในที่นี้จะสื่อความหมายว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งสิ้น

1.4.5 เลือกศึกษาโดยอ้างอิงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของแต่ละโรงงานในปัจจุบัน และศึกษาเฉพาะหัวข้อที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงสุด 2 อันดับแรก ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

1.4.6 เลือกศึกษาเฉพาะการปล่อยก๊าซ CO_2 ในช่วงเวลาใช้งานอาคาร (Operation Phase)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ขอบเขตงานวิจัยด้านวิธีการวิจัย

1.4.7 ใช้รูปแบบงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยการทบทวนวรรณกรรม สำรวจสถานที่จริง และรวบรวมข้อมูล เพื่อค้นหามาตรการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เหมาะสมกับโรงงานอ้างอิง และเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในกรณีที่ดำเนินมาตรการต่าง ๆ ทั้งนี้ ผู้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลหลัก คือ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม ซึ่งดำรงตำแหน่งเป็นประธานคณะกรรมการด้านพลังงานในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาด้วยอีกหนึ่งตำแหน่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เรียนรู้วิธีการออกแบบโรงงานภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน

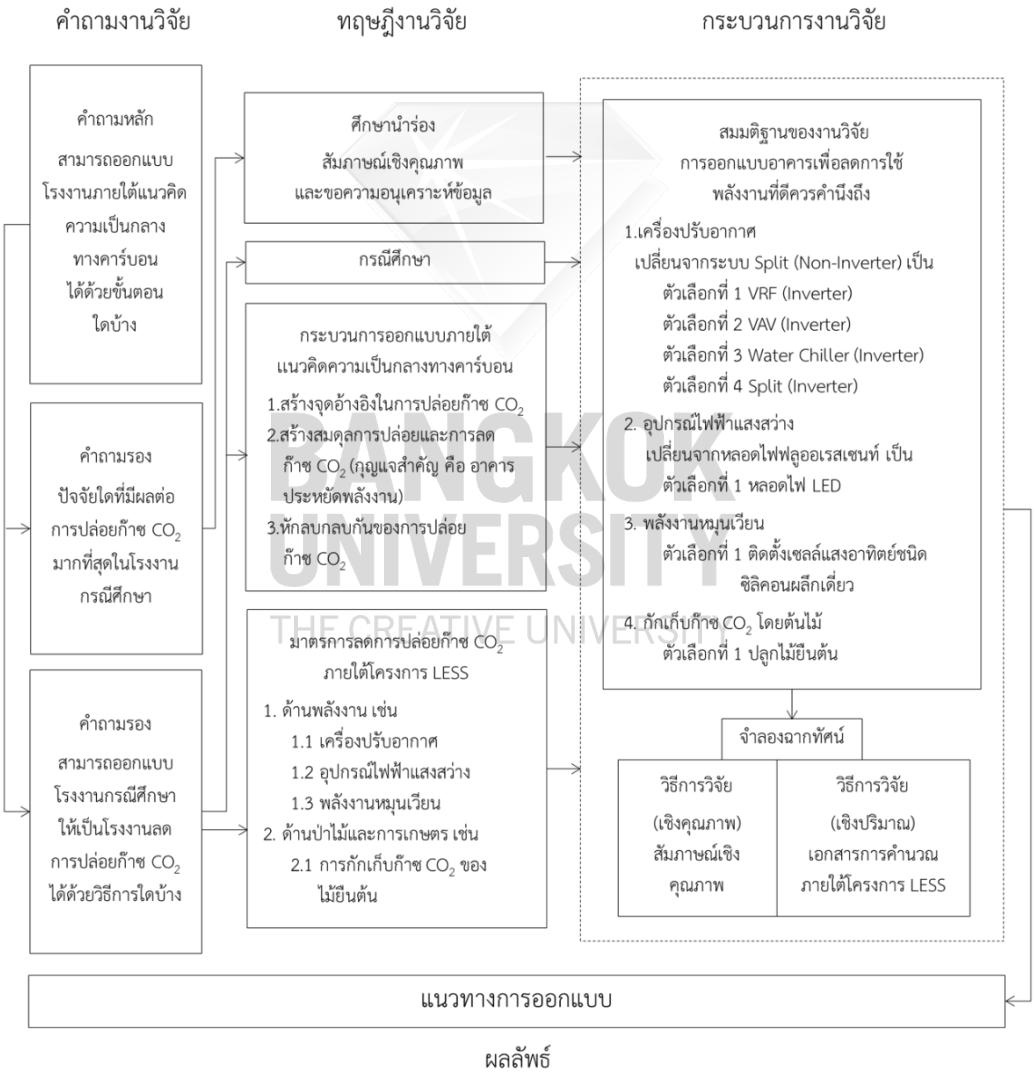
1.6.2 ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

1.6.3 สามารถนำเสนอมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

1.6.4 เป็นแนวทางในการออกแบบโรงงานเพื่อการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน

1.6 กรอบเค้าโครงงานวิจัย

ภาพที่ 1.1: กรอบเค้าโครงงานวิจัย



1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือ Climate Change หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (Average Weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายความรวมถึงลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น (ในความหมายตามกรอบของ

อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ FCCC (Framework Convention on Climate Change) การเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ

1.7.2 ก๊าซเรือนกระจก หรือ Greenhouse Gases หมายถึง กลุ่มก๊าซในชั้นบรรยากาศโลกที่สามารถกักเก็บ และดูดกลืนคลื่นความร้อนหรือรังสีอินฟราเรด (Infrared) ที่ส่งผ่านลงมายังพื้นผิวโลกจากดวงอาทิตย์ได้ดี ก่อนทำการปลดปล่อยพลังงานดังกล่าวออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งทำให้โลกเกิด “ภาวะเรือนกระจก” ที่สามารถช่วยรักษาสมดุลของอุณหภูมิพื้นผิวดาวเคราะห์ไว้ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงของบรรยากาศอย่างฉับพลันในช่วงระหว่างกลางวันและกลางคืน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิที่อบอุ่นและเหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต

1.7.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ก๊าซ CO_2 หมายถึง หนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากธรรมชาติ และเกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือการเกษตรกรรม ก๊าซ CO_2 เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสม ในบรรยากาศของโลกมากที่สุดในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ซึ่งหมายถึงผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิของผิวโลกและชั้นบรรยากาศจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น

1.7.4 Global Warming Potential หรือ GWP หมายถึง ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้น ๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซ CO_2 ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี ยกตัวอย่างเช่น มีเทน (CH4) มีค่า GWP เท่ากับ 25 หมายความว่า มีเทน 1 กิโลกรัม มีความสามารถในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เทียบเท่ากับก๊าซ CO_2 25 กิโลกรัม

1.7.5 ความตกลงปารีส หมายถึง ข้อตกลงตามกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) เพื่อกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ พ.ศ. 2563 ความตกลงดังกล่าวเจรจากันในช่วงการประชุมภาคีสมาชิกของ UNFCCC ครั้งที่ 21 ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส และได้รับความเห็นชอบในวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2558

1.7.6 อาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ (Carbon Neutral Building หรือ CNB) หมายถึง อาคารที่ไม่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 สู่บรรยากาศโลกอย่างสุทธิผ่านกระบวนการคำนวณอย่างโปร่งใสด้วยกระบวนการสองอย่าง ได้แก่ 1) การทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 (Balancing Emission) และ 2) การหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 (Carbon Offset)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

กระบวนการที่ 1 และ 2 ดังกล่าวเมื่อนำมาคำนวณแล้วการปล่อยก๊าซ CO_2 ต้องมีค่าเท่ากับศูนย์หรือต่ำกว่าศูนย์

1.7.7 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หมายถึง เครื่องมือสำคัญที่แสดงข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร ทำให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถวัดปริมาณปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากกิจกรรมในขอบเขตการดำเนินงานระดับองค์กรของตนในรูปก๊าซ CO_2 เทียบเท่า และนำผลที่ได้ไปใช้กำหนดแนวทางบริหารจัดการดำเนินการ ลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ณ แหล่งปล่อยที่มีนัยสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7.8 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ Emission Factor หมายถึง ค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยโดยจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อยก๊าซในแต่ละประเทศ อาจมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่าค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country Specific Emission Factor) ซึ่งได้มาจากการตรวจวัดจริงหรือการทดลอง

1.7.9 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. หมายถึง หน่วยงานภายใต้การกำกับดูแลของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้บริการ ดูแล และกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัด การรายงาน และการทวนสอบ และให้การรับรองปริมาณการปล่อย การลด และการชดเชยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาโครงการและการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง เป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์ดำเนินงานด้าน ก๊าซเรือนกระจก ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

1.7.10 โครงการ LESS หมายถึง โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก หรือ Low Emission Support Scheme ที่จัดทำขึ้นโดย อบก.

1.7.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน หรือปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีฐาน (Baseline Emission) หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือก๊าซ CO_2 ในกรณีที่เป็นการดำเนินงานตามปกติ (Business as Usual) หรือในกรณีที่ยังไม่ได้มีการดำเนินกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือก๊าซ CO_2 ซึ่งระบุอยู่ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS

1.7.12 tCO_2 หมายถึง หน่วยวัดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหน่วยตัน

1.7.13 tCO_2eq หมายถึง หน่วยวัดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 เทียบเท่าในหน่วยตัน

1.7.14 EER หรือ Energy Efficiency Ratio หมายถึง อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศว่าดีหรือไม่ มีหน่วยเป็น (BTU/Hr./W) กล่าวคือ เป็นอัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

(Output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็น (Input) ดังนั้น เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ยิ่งสูง แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดียิ่งขึ้น

1.7.15 SEER หรือ Seasonal Energy Efficiency Ratio หมายถึง ค่าประสิทธิภาพจากการคำนวณของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่ใช้วัดความประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter หรือ Variable Speed การวัดประสิทธิภาพภายใต้อุณหภูมิภายนอกที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลทำให้ประเมินได้แม่นยำมากขึ้น กล่าวคือ ค่า SEER ยิ่งสูงจะประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

1.7.16 BTU หรือ British Thermal Unit หมายถึง หน่วยวัดค่าพลังงานความร้อนตามมาตรฐานสากล เมื่อนำมาใช้ในส่วนของเครื่องปรับอากาศ จะหมายถึงความสามารถในการทำความเย็น ถ่ายเทความร้อนออกจากห้องภายในเวลา 1 ชั่วโมง โดยคำนวณเป็น ความร้อน 1 BTU เท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ ยิ่งตัวเลข BTU เยอะ แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นทำความเย็นได้มาก

1.7.17 คอมเพรสเซอร์ หรือ Compressor หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สร้างความดันในระบบสารทำความเย็น โดยจะอัดสารทำความเย็นในสถานะไอทำให้เกิดการไหลเวียนไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานสูงสุดของระบบ

1.7.18 คอนเดนซิ่งยูนิต หมายถึง ยูนิตในระบบปรับอากาศที่ติดตั้งภายนอกห้อง ซึ่งประกอบด้วยขดท่อความร้อนพัดลม และคอมเพรสเซอร์ คอนเดนซิ่งยูนิต อุปกรณ์สำคัญที่อยู่กับคอนเดนซิ่งยูนิตคือ คอมเพรสเซอร์ และคอนเดนเซอร์ นอกจากนี้ยังมีชุดพัดลม คอนเดนซิ่ง ชุดควบคุมและป้องกันคอมเพรสเซอร์ และเป็นที่ติดตั้งวาล์วบริการของระบบ นอกจากคอนเดนซิ่งยูนิตจะเป็นที่ติดตั้งคอมเพรสเซอร์ที่เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความ ดันของระบบแล้ว ยังเป็นที่ถ่ายเทความร้อนแฝงของการ กลายเป็นไอออกจากสารทำความเย็น และถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศด้วย โดยคอมเพรสเซอร์จะรับการหล่อเย็นจากการทำงานของพัดลม

1.7.19 แฟนคอยล์ยูนิต หมายถึง หนึ่งในอุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็นที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะทำหน้าที่ดูดซับความร้อนจากภายในห้อง โดยมีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวดูดความร้อนเข้ามาผ่านช่องที่เรียกว่า Retum Air ที่มีฟิลเตอร์เป็นตัวกรองฝุ่น เมื่อความร้อนที่ถูกดูดเข้ามานั้นสัมผัสกับคอยล์เย็นที่ทำหน้าที่ควบคู่ไปกับสารทำความเย็น (น้ำยาแอร์) จึงทำให้เกิดการระเหยหรือเกิดการถ่ายเทความเย็นออกมา

1.7.20 Inverter หมายถึง ระบบควบคุมไฟฟ้ามีหน้าที่ปรับสมดุลของอากาศภายในห้องเมื่อถึงอุณหภูมิที่ต้องการคอมเพรสเซอร์ก็ยังคงทำงานต่อไปโดยใช้พลังงานต่ำกว่าเดิม ซึ่งระบบ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

Inverter จะควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้รักษาอุณหภูมิของห้องให้คงที่ เพื่อทำให้ห้องเย็นสบายอย่างต่อเนื่อง

1.7.21 Non-inverter หรือ Fixed Speed หมายถึง ระบบแอร์แบบดั้งเดิมที่คอมเพรสเซอร์จะมีการทำงาน 2 แบบ คือ เปิดและปิด จะตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิในห้องลดลงไปต่ำกว่าตัวเลขที่ตั้งไว้ 2-4 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเริ่มร้อนขึ้นอีก คอมเพรสเซอร์จะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง

1.7.22 Split หมายถึง ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด ส่วนใหญ่ใช้กับห้องปรับอากาศในอาคารและโรงงาน เพราะสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษา ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบใหญ่ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ คอนเดนซิ่งยูนิตที่ติดตั้งภายนอกห้อง ประกอบไปด้วยขอท่อความร้อน พัดลม และคอมเพรสเซอร์ อีกส่วนหนึ่ง คือ แฟนคอยล์ยูนิตที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องประกอบไปด้วยขดท่อความเย็นและพัดลม หลักการทำงานทั่วไป คือ จะทำงานโดยใช้พัดลมดูดหรือเป่าอากาศผ่านขดท่อความเย็น (Evaporator) ทำให้อุณหภูมิแบะความชื้นของอากาศลดลงตามต้องการเพื่อจ่ายไปยังจุดใช้งาน

1.7.23 VAV หรือ Variable Air Volume หมายถึง ระบบปรับอากาศชนิดปริมาตรอากาศแปรเปลี่ยน โดยลมเย็นที่ส่งออกจากชุดส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เข้าสู่บริเวณปรับอากาศโซนต่าง ๆ สามารถแปรเปลี่ยนได้ตามภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศโซนนั้น ๆ ส่วนอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศแต่ละโซนควบคุมให้คงที่ เมื่อภาระการทำความเย็นสูงขึ้น อุณหภูมิของห้องจะสูงขึ้นกว่าค่าที่ตั้งค่าไว้ที่เทอร์โมสตัท เทอร์โมสตัทจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมกล่องปรับปริมาณลม (VAV Box) ให้เปิดวาล์วปรับปริมาณลม (Damper) เพื่อปรับปริมาณลมให้มากขึ้น เป็นผลทำให้ความดันสถิตย์ในท่อลมลดต่ำกว่าค่าที่กำหนด อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณไปสั่งให้ชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive) เพื่อทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมให้สูงขึ้นจนค่าความดันสถิตย์กลับมาที่ค่าเดิม ในทางตรงกันข้ามหากภาระการทำความเย็นลดลง กล่องปรับปริมาณลม (VAV Box) จะปิดวาล์วปรับปริมาณลม (Damper) เพื่อปรับปริมาณลมให้น้อยลง เป็นผลทำให้ความดันสถิตย์ในท่อลมสูงกว่าค่าที่กำหนด อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณไปสั่งให้ชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable speed drive) ทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมให้ลดลงจนค่าความดันสถิตย์กลับมาที่เดิม หากเปรียบเทียบกับระบบปรับอากาศชนิดปริมาตรอากาศคงที่ หรือ VAC (Constant Air Volume) ระบบดังกล่าวจะปล่อยปริมาณลมเย็นจาก ชุดส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เข้าสู่บริเวณปรับอากาศโซนต่าง ๆ ด้วยปริมาณคงที่ ไม่แปรเปลี่ยนไปตามภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศนั้น ๆ เพียงแต่จะปรับเปลี่ยนอุณหภูมิลมเย็นส่งออกเพื่อคงสภาวะอุณหภูมิห้องให้เหมาะสมตามที่ต้องการ ทั้งนี้โดยอาศัยเทอร์โมสตัทเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

1.7.24 VRF หรือ Variable Refrigerant Flow หมายถึง ระบบที่สามารถควบคุมปริมาณการไหลของน้ำยาไปยัง Evaporator แต่ละตัวได้อย่างอิสระ ซึ่งจะทำให้ระบบปรับอากาศทำงานได้หลายสภาวะในขณะเดียวกัน ขึ้นอยู่กับพื้นที่และการใช้งาน เช่น พื้นที่ที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกัน หรือพื้นที่สองโซนทำงานพร้อมกัน โดยโซนหนึ่งต้องการความร้อน อีกโซนหนึ่งต้องการความเย็น อีกทั้งยังสามารถนำความร้อนและความเย็นมาแลกเปลี่ยนกันได้อีกด้วย การควบคุมปริมาณการไหลของน้ำยาโดยใช้ Variable Speed Compressor เป็นหัวใจสำคัญของการทำงานของระบบ โดยระบบ VRF อาจพิจารณาได้ว่าเป็นระบบประเภท Split ที่มีแฟนคอยล์ยูนิตหลายตัวต่อเข้ากับคอนเดนซิ่งยูนิตตัวเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประเภท Water Cooled Water Chiller จะพบว่าประเภท Water Cooled Water Chiller จะต้องอาศัยทั้งระบบท่อน้ำในการหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนออกจากอาคาร ในขณะที่ประเภท VRF จะอาศัยระบบน้ำยาโดยตรงในการหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนออกจากตัวอาคาร แต่ทั้งนี้ระบบเองก็จะต้องใช้ระบบท่อน้ำยาและการควบคุมที่ซับซ้อนกว่า

1.7.25 Water Chiller หมายถึง ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 วงจร คือ วงจรน้ำเย็น เริ่มจากเครื่องสูบน้ำเย็นส่งน้ำเข้าไปรับความเย็นจากสารทำความเย็นที่ Evaporator เพื่อให้อุณหภูมิน้ำเย็นได้ตามต้องการแล้วจึงส่งน้ำเย็นไปยังอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็น โดยอุปกรณ์ส่งจ่ายลงเย็นแต่ละชุดจะมีลิ้นควบคุมปริมาณน้ำซึ่งรับสัญญาณจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยถ้าอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศสูง จะส่งสัญญาณให้ลิ้นเปิดน้ำเข้าขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น หลังจากน้ำรับความร้อนจากอากาศที่แลกเปลี่ยนแล้วจะกลับไปถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่ Evaporator อีกครั้ง โดยการดูดและส่งของเครื่องสูบน้ำเย็น อีกวงจรหนึ่ง คือ วงจรระบายความร้อน จะเริ่มจากเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งน้ำเข้าไปรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ โดยน้ำร้อนที่ได้จะถูกส่งไประบายความร้อนที่หอระบายความร้อน ซึ่งที่หอระบายความร้อนนั้น จะถูกระบายความร้อนด้วยอากาศที่อยู่แวดล้อม หลักจากอุณหภูมิน้ำลดลงตามต้องการ จะถูกส่งไปเข้าคอนเดนเซอร์อีกครั้ง โดยการดูดและส่งของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

1.7.26 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ หมายถึง หลอดที่บรรจุปรอทความดันต่ำเอาไว้ ลักษณะการทำงาน คือ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟ ปรอทจะปล่อยรังสีอุลตราไวโอเลตออกมากระตุ้นกับสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ ทำให้เปล่งแสงให้ความสว่างออกมา แต่การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ต้องมีอุปกรณ์อื่นร่วมด้วย คือ บัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ เพราะหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ไม่สามารถต่อกับวงจรไฟฟ้าในบ้านได้โดยตรง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

1.7.27 บัลลาสต์ หมายถึง อุปกรณ์ช่วยในการจุดติดหลอดไฟ ใช้ในหลอดไฟประเภทปล่อยประจุ

1.7.28 หลอดไฟ LED หมายถึง หลอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า ลักษณะการทำงาน คือ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าและปล่อยแสงสว่างออกมาทันที

1.7.29 โคม หรือ Luminaire หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อติดตั้งหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ เช่น บัลลาสต์ ให้สามารถต่อเข้าระบบไฟฟ้า และเป็นตัวบังคับทิศทางของแสงให้กระจายไปยังพื้นที่ใช้งานได้ ซึ่งจะหมายถึงเฉพาะตัวโคมไม่รวมหลอดไฟฟ้า

1.7.30 ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) หมายถึง ปริมาณแสงทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น Lumen (lm)

1.7.31 ค่าความเข้มของสว่าง หมายถึง ปริมาณแสง (Luminous Flux) ต่อหน่วยพื้นที่ที่รับแสง มีหน่วยเป็น lux

1.7.32 Luminous Eefficacy หมายถึง เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงของหลอดไฟกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (Lumen/Watt)

1.7.33 ค่าประสิทธิภาพของโคมไฟ หรือ Luminaire Efficiency หมายถึง เป็นค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพการใช้แสงของโคมไฟ ซึ่งมาจากค่าอัตราส่วนของแสงโดยรวมที่ออกจากโคมเมื่อเทียบกับแสงที่ออกจากหลอดที่ติดตั้ง เช่น โคมไฟฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงโดยทั่วไป อาจจะมีค่าประสิทธิภาพของโคมไฟ ประมาณ 60% แต่โคมไฟฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงแบบประสิทธิภาพสูงจะมีค่าประสิทธิภาพได้สูงมากถึง 80% หมายความว่า หากหลอดไฟเปล่งแสงออกจากหลอดคิดเป็น 100% เมื่อนำหลอดไฟดังกล่าวไปติดตั้งกับโคมไฟประสิทธิภาพสูงก็จะให้แสงออกจากโคมไปมากถึง 80%

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงทฤษฎีและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน มีเอกสารและทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ดังนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปของอาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ

2.2 การสร้างจุดอ้างอิงโดยการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2.3 การสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 โดยการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

2.4 การหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการการสร้างแหล่งดักจับก๊าซ CO_2

2.5 อาคารประเภทโรงงานในประเทศไทย

2.6 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

2.7 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

- 2.7.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
- 2.7.2 ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง พ.ศ. 2560

2.8 กรณีศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.8.1 Towards a Low Carbon Design, a Case Study of an Industrial Building (Abdellatif, Osman, Alkhaddar, 2020)
- 2.8.2 Selection of HVAC Technology for Buildings in the Tropical Climate (Balbis-Morejón, Cabello-Eras, Rey-Hernández, Isaza-Roldan, & Rey-Martínez, 2023)
- 2.8.3 Comparison of Energy Consumption Between Non-inverter and Inverter-type Air Conditioner in Saudi Arabia (Almogbel, Alkasmoul, Aldawsari, Alsulami, & Alsuwailem, 2020)
- 2.8.4 การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบส่องสว่างในอาคารที่ปรึกษาควบคุมการก่อสร้าง กรณีศึกษารถไฟฟ้าสีน้ำเงิน (จีรพรรณ โพธิ์ปาน และ สุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์, 2563)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.8.5 A Comparative Study of Fluorescent and LED Lighting in Industrial Facilities (Perdahci et al., 2018)
2.8.6 Comparison of LED and Fluorescent Lamps in Terms of Energy Efficiency Vocational School Case Study (Uydur, C. C., 2022)
2.9 การคำนวณเงินค่าไฟฟ้า และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์
2.9.1 การคำนวณเงินค่าไฟฟ้า
2.9.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์
2.10 ลักษณะของโรงงานที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา
2.11 บทสรุปจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปของอาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ

อาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ หมายถึง อาคารที่ไม่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 สู่บรรยากาศโลกอย่างสุทธิ โดยจำเป็นต้องพิสูจน์โดยการคำนวณอย่างโปร่งใสด้วยกระบวนการสองประการ ดังนี้

กระบวนการแรก คือ การทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 (Balance Emission) กล่าวคือ การลดการใช้พลังงานของอาคารจากแหล่งพลังงานที่ปล่อยก๊าซ CO_2 ให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะสามารถเป็นไปได้ และสร้างพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถกระทำได้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

กระบวนการที่สอง คือ การหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 กล่าวคือ การจัดให้มีโครงการที่มีการกำจัดก๊าซ CO_2 ออกจากบรรยากาศ เช่น การจัดสวนและการปลูกพรรณไม้ที่สามารถคำนวณได้ว่าสามารถหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานในอาคารได้

จากทั้งสองกระบวนการ เมื่อนำมาคำนวณแล้วการปล่อยก๊าซ CO_2 ต้องมีค่าเท่ากับศูนย์หรือต่ำกว่าศูนย์

ทว่า การทำให้อาคารหลังหนึ่ง ๆ ไม่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 เลยนั้นยังเป็นไปไม่ได้ในเวลานี้ แต่กระบวนการออกแบบที่จะทำให้อาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิเป็นไปได้จริงในเชิงปฏิบัติ มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 กระบวนการสร้างจุดอ้างอิงการปล่อยก๊าซ CO_2 ของอาคาร

สร้างจุดอ้างอิงด้านการปล่อยปล่อยก๊าซ CO_2 ของอาคาร เพื่อเป็นจุดอ้างอิงให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างทางเลือกต่าง ๆ ด้านการออกแบบและปรับปรุงอาคาร เพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จนเหลือศูนย์ โดยมักจะใช้หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตรต่อปี ($Co_2eq/m^2/yr$) โดยจุดอ้างอิงนี้จะถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่างทางเลือก

การออกแบบต่าง ๆ เป็นข้อมูลสนับสนุนให้ผู้ออกแบบสามารถประเมินเพื่อเลือกและปรับปรุงการออกแบบต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

2.1.2 กระบวนการทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2

วิธีการทำให้อาคารลดการใช้พลังงานที่มีแหล่งที่มาจากแหล่งพลังงานที่ปล่อยก๊าซ CO_2 ให้ต่ำที่สุดเท่าที่สามารถเป็นไปได้ แบ่งเป็นสองกระบวนการย่อย คือ

1. การลดพลังงานที่เกิดจากการใช้อาคาร (Operational Energy Consumption) ซึ่งจะสำเร็จหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ ความมีประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารนั้น ๆ โดยอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงงานนั้น หมายถึง อาคารที่ลด การใช้พลังงานด้านอาคารให้ได้ต่ำที่สุดโดยที่สามารถตอบสนองการใช้งานและสามารถสร้างสภาวะแวดล้อมภายในอาคารให้ได้ตามต้องการรวมถึงสร้างภาวะน่าสบายแก่ผู้ใช้อาคารได้

2. ติดตั้งระบบสร้างพลังงานจากพลังงานทดแทน (Renewable Energy Source) ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานชีวมวล ระบบพลังงานร่วม เป็นต้น

2.1.3 กระบวนการหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2

สามารถทำให้อาคารที่ยังมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ซึ่งหลงเหลือจากกระบวนการสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 เป็นอาคารที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอนได้ด้วยการใช้การดักจับ กักเก็บก๊าซ หรือการดูดซับ และอาจจะร่วมกับการลงทุนในโครงการดักจับและจัดเก็บก๊าซ CO_2 (กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.2 การสร้างจุดอ้างอิงโดยการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อบก. (2558) ได้อธิบายไว้ว่า ในช่วงแรก โรงงานที่ตั้งขึ้นในประเทศไทยจะเป็นการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ และตู้เย็น ซึ่งชิ้นส่วนที่นำมาใช้ประกอบจะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น แต่ต่อมารัฐบาลมีการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อส่งออก จึงทำให้โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งสามารถระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักการของการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.2.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ ได้แก่ กิจกรรมเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ที่ใช้กับอุปกรณ์การผลิต การเผาไหม้เชื้อเพลิงในงานซ่อมบำรุง การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือมีอำนาจควบคุม

การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ ได้แก่ กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของและเช่าเหมาระยะยาว การรั่วไหลและอื่น ๆ ได้แก่ การใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงแบบใช้ก๊าซ CO_2 การใช้ปุ๋ยเคมีใน การปลูกต้นไม้และสนาม

2.2.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกซื้อจากภายนอกเพื่อนำมาใช้ในองค์กร

2.2.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่น ๆ

การเดินทางของพนักงานโดยรถยนต์ส่วนบุคคลและแบบที่องค์กรจัดหาให้ (องค์กรไม่ได้เป็นเจ้าของหรือเช่าเหมาระยะยาว) การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งวัตถุดิบและสินค้าโดยผู้รับเหมาช่วง การใช้วัสดุสิ้นเปลืองในสำนักงาน เช่น กระดาษ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 และ 2 เป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย ซึ่งต้องพิจารณาและรายงานผลในทุกองค์กร ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 อยู่นอกเหนือข้อกำหนดขั้นต่ำ สามารถยกเว้นการพิจารณาได้ ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 เป็นต้นไป การรายงานข้อมูลคาร์บอนฟุตปริ้นท์ขององค์กรให้แก่ อบก. ต้องแสดงข้อมูลขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท 3 ด้วย (อบก, 2566) โดยในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะใช้หลักคำนวณตามสมการ

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

โดย อบก. (2565) ได้ให้ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยเริ่มบังคับใช้ในวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2565 ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1: ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (คัดลอกมาบางส่วน)

	ชื่อ	Units	EMISSION FACTORS				แหล่งอ้างอิงข้อมูล
			CO_2	CH_4	N_2O	Total	
			[$kgCO_2$/unit]	[$kgCH_4$/unit]	[kgN_2O/unit]	[$kgCO_2eq$/unit]	
Stationary Combustion							
1	Natural gas	scf	5.72E-02	1.02E-06	1.02E-07	0.0573	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
2	Natural gas	MJ	5.61E-02	1.00E-06	1.00E-07	0.0562	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
3	Lignite	kg	1.06E+00	1.05E-05	1.57E-05	1.0619	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
4	Fuel oil A	litre	3.21E+00	1.24E-04	2.49E-05	3.2200	IPCC Vol.2 table 2.2, PTT
5	Fuel oil C	litre	3.24E+00	1.25E-04	2.51E-05	3.2457	IPCC Vol.2 table 2.2, PTT
6	Gas/Diesel oil	litre	2.70E+00	1.09E-04	2.19E-05	2.7078	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
7	Anthracite	kg	3.09E+00	3.14E-05	4.71E-05	3.1000	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
8	Sub-bituminous coal	kg	2.53E+00	2.64E-05	3.96E-05	2.5454	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
9	Jet Kerosene	litre	2.47E+00	1.04E-04	2.07E-05	2.4775	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
10	LPG	litre	1.68E+00	2.66E-05	2.66E-06	1.6812	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
11	LPG	kg	3.11E+00	4.93E-05	4.93E-06	3.1134	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE LPG 1 litre = 0.54 kg
12	Motor gasoline	litre	2.18E+00	9.44E-05	1.89E-05	2.1894	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
13	FUEL WOOD	kg		4.80E-04	6.40E-05	0.0304	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
14	Bagasse	kg		2.26E-04	3.01E-05	0.0143	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
15	Palm kernel shell	kg		5.56E-04	7.41E-05	0.0352	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
16	Cob	kg		5.03E-04	6.71E-05	0.0319	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
17	Biogas	m3		2.09E-05	2.09E-06	0.0011	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
18	FUEL WOOD (CO2only)	kg	1.79E+00			1.7909	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
19	Bagasse (CO2only)	kg	7.53E-01			0.7530	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
20	Palm kernel shell (CO2only)	kg	1.85E+00			1.8530	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
21	Cob (CO2only)	kg	1.68E+00			1.6780	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
22	Biogas (CO2only)	m3	1.14E+00			1.1428	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
Mobile Combustion (On road)							
23	Motor Gasoline - uncontrolled	litre	2.18E+00	1.04E-03	1.01E-04	2.2394	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
24	Motor Gasoline - oxydation catalyst	litre	2.18E+00	7.87E-04	2.52E-04	2.2719	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
25	Motor Gasoline - low mileage light duty vihicle vintage 1995 or later	litre	2.18E+00	1.20E-04	1.79E-04	2.2327	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
26	Gas/ Diesel Oil	litre	2.70E+00	1.42E-04	1.42E-04	2.7406	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
27	Compressed Natural Gas	kg	2.13E+00	3.49E-03	1.14E-04	2.2609	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT
28	Liquified Petroleum Gas	litre	1.68E+00	1.65E-03	5.32E-06	1.7306	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
29	Liquified Petroleum Gas	kg	3.11E+00	3.06E-03	9.86E-06	3.2049	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE LPG 1 litre = 0.54 kg
Mobile Combustion (Off road)							
	Diesel						
30	- Agriculture	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9793	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
31	- Forestry	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9793	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
32	- Industry	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9793	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
33	- Household	litre	2.70E+00	1.51E-04	1.04E-03	2.9793	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
	Motor Gasoline - 4 stroke						
34	- Agriculture	litre	2.18E+00	2.52E-03	6.30E-05	2.2738	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
35	- Forestry	litre	2.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.1816	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
36	- Industry	litre	2.18E+00	1.57E-03	6.30E-05	2.2455	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
37	- Household	litre	2.18E+00	3.78E-03	6.30E-05	2.3116	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
	Motor Gasoline - 2 stroke						
38	- Agriculture	litre	2.18E+00	4.41E-03	1.26E-05	2.3171	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
39	- Forestry	litre	2.18E+00	5.35E-03	1.26E-05	2.3454	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
40	- Industry	litre	2.18E+00	4.09E-03	1.26E-05	2.3077	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
41	- Household	litre	2.18E+00	5.67E-03	1.26E-05	2.3549	IPCC Vol.2 table 3.3.1, DEDE
Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)							
42	ไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kWh	0.4954	6.10E-05	1.04E-05	0.4999	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5 (with TGO electricity 2016-2018)

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (2565). *EMISSION FACTOR CFO (เมษายน 2565)*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/vBKLT

2.3 การสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 โดยการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

2.3.1 กระบวนการย่อย 2 กระบวนที่ทำให้เกิดความสมดุลการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 โดยการลดการใช้พลังงานที่เกิดจากการใช้งานอาคาร

1. สิ่งแรกที่ผู้ออกแบบอาคารและผู้เกี่ยวข้องจะต้องพยายามทำให้สำเร็จ คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารให้มากที่สุดเสียก่อน ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคาร ได้แก่ (1) ปัจจัยด้านสถานที่ตั้งอาคาร (2) ปัจจัยด้านรูปทรงอาคาร (3) ปัจจัยด้านทิศทางการวางอาคาร (4) ปัจจัยด้านลักษณะกรอบอาคาร (5) ปัจจัยด้านอุปกรณ์บังแดด (6) ปัจจัยด้านระบบการสร้างสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีธรรมชาติ (7) ปัจจัยด้านการใช้อุปกรณ์ประกอบอาคารที่มีประสิทธิภาพ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง ระบบทำน้ำร้อน เป็นต้น โดยหลักการแล้วผู้ออกแบบอาคารควรลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในกระบวนการย่อยที่ 1 ให้ได้ประมาณ 80% ของเป้าหมายเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ

2. ลำดับถัดไปที่ผู้ออกแบบอาคารต้องดำเนินการให้การปล่อยก๊าซ CO_2 กับ การลดก๊าซ CO_2 จากอาคารนั้นมีความสมดุล เพื่อการเป็นอาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ ด้วยการติดตั้งระบบสร้างพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทน เช่น การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า หรือระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานงานน้ำขนาดเล็ก โดยหลักการแล้วผู้ออกแบบอาคารควรลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในกระบวนการนี้ (ร่วมกับกระบวนการหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2) ไม่เกิน 20% ของเป้าหมายเนื่องจากมีต้นทุนสูง

เมื่อดำเนินการตาม 2 กระบวนการย่อยดังกล่าวแล้วยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารหลงเหลือจึงค่อยดำเนินการกระบวนการหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อไป เพื่อให้อาคารมีการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ เท่ากับหรือน้อยกว่าศูนย์ ดังสมการ

$$0 \geq Tbe - Rs$$

เมื่อ Tbe คือ การปล่อยก๊าซ CO_2 รวมของอาคาร

Rs คือ การลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานทดแทน (กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

2.3.2 วิธีการประเมินการประหยัดพลังงานของภาคอาคารในประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (พพ.) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมที่ชื่อว่า BEC Web-Based ขึ้นมา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถคำนวณการประหยัดพลังงานตามกฎหมายของอาคารได้อย่างสะดวกและง่ายดาย ทว่า กลุ่มเป้าหมายของโปรแกรมดังกล่าว คือ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

อาคารควบคุมทั้ง 9 ประเภท ได้แก่ (1) สถานศึกษา (2) สำนักงาน (3) อาคารโรงมหรสพ (4) อาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า (5) อาคารสถานบริการ (6) อาคารชุมนุมคน (7) อาคารโรงแรม (8) สถานพยาบาล และ (9) อาคารชุดที่ใช้พื้นที่ใช้สอยในอาคารรวมกันในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังไม่รองรับการคำนวณการประหยัดพลังงานของอาคารประเภทโรงงานควบคุม ประกอบกับผู้วิจัยเล็งเห็นว่าหากใช้โปรแกรมจำลองในปัจจุบันที่มีความซับซ้อนจะเป็นการจำกัดวงของผู้ใช้งานโปรแกรมในองค์กร เนื่องด้วยภายในองค์กรหรือโรงงานหนึ่ง ๆ นั้นอาจจะไม่ได้มีผู้ที่เชี่ยวชาญในเรื่องของสถาปัตยกรรม วิศวกรรม หรือโปรแกรมจำลองเฉพาะทางมากนัก ด้วยเหตุนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าเอกสารคำนวณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่สามารถคำนวณอัตโนมัติได้ด้วยการกรอกข้อมูลลงไปผ่านโปรแกรม Excel ที่จัดทำขึ้นโดย อบก. สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกต่อทุก ๆ ภาคโรงงาน และสามารถคำนวณออกมาได้ในหน่วย $kgCO_2eq$ (การวิจัยจะใช้หน่วย tCO_2eq เนื่องจากปริมาณก๊าซ CO_2 ของโรงงานมีปริมาณมาก) อีกทั้งยังได้รับการยอมรับในวงกว้าง และถูกนำมาใช้โดยบุคคล องค์กร ผู้ประกอบการ และโรงงานในประเทศไทยจำนวนมากกว่า 2,000 แห่ง

เอกสารคำนวณดังกล่าว อบก. ได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนารูปแบบการดำเนินกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยผ่านมาตรการแรงจูงใจทางสังคม โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประเมินทางเทคนิควิชาการ และนำมาผนวกกับแนวคิดการให้การสนับสนุน (Support) จากภาคองค์กรและธุรกิจไปสู่สังคมและชุมชน ทำให้เกิดเป็นโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme: LESS) ซึ่งเป็นกลไกที่จะช่วยให้มุ่งสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำต่อไป โดยประเภทกิจกรรมของโครงการนี้ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

1. โครงการด้านป่าไม้และการเกษตร ได้แก่ การกักเก็บคาร์บอน (ต่อไปจะใช้คำว่าการกักเก็บก๊าซ CO_2) ของต้นไม้, การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร, และการลดการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรโดยนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุคลุมดิน

2. โครงการด้านการจัดการของเสีย ได้แก่ การคัดแยกขยะเพื่อการรีไซเคิล, การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักเศษอาหารแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์, การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์, การคัดแยกกล่องกระดาษบรรจุนมหรือกล่องยูเอชทีไปรีไซเคิล, การผลิตก๊าซชีวภาพและนำไปใช้ประโยชน์, และการนำขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารไปใช้เป็นอาหารสัตว์

3. โครงการด้านพลังงาน ได้แก่ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า, การลดการใช้เชื้อเพลิง, การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ, การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม, การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง, และการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง

4. โครงการอื่น ๆ ได้แก่ การใช้หรือเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฟฟ้า

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

โครงการ LESS จะพิจารณาให้การรับรองก๊าซเรือนกระจก 3 ชนิด ดังนี้

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

2. ก๊าซมีเทน (CH_4)

3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

โดยผู้ขอการรับรองผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกสามารถเลือกใช้วิธีการคำนวณได้ 3 วิธี ดังนี้

1. เอกสารการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก (LESS Evaluation Sheet)

2. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER Methodology)

3. เสนอวิธีการคำนวณตามมาตรฐาน สมมติฐาน กระบวนการ และวิธีอื่น ๆ ตามหลักวิชาการที่เป็นที่ยอมรับหรือตามที่ อบก. กำหนด (อบก, 2566)

ในหมวดโครงการด้านพลังงาน มีกิจกรรมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษา โดยอ้างอิงรายการที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดในภาคอาคารเป็นเกณฑ์ ซึ่งได้แก่ (1) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม (2) การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (3) การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง โดยใน แต่ละกิจกรรมจะมีเอกสารการคำนวณเพื่อกรอกรายละเอียดของสภาพปัจจุบันและรายละเอียดมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ดังที่แสดงในบทที่ 3

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.4 การหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการการสร้างแหล่งดักจับ

จากรายการกิจกรรมภายใต้โครงการ LESS กิจกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการการสร้างแหล่งดักจับ คือ กิจกรรมการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้ ซึ่งมีเงื่อนไข ดังนี้

2.4.1. เงื่อนไขต้นไม้ที่สามารถขอการรับรองจากโครงการ LESS

ต้นไม้ที่โครงการ LESS ให้การรับรองมี 5 ประเภท ได้แก่ กลุ่มพรรณไม้ยืนต้นทั่วไป กลุ่มปาล์ม (ประดับ) กลุ่มพรรณไม้ชายเลน กลุ่มไผ่ และเถาวัลย์ และต้นไม้ที่โครงการ LESS ไม่ให้การรับรอง ได้แก่ กลุ่มไม้ประดับ ไม้พุ่ม พืชอวบน้ำ ยางพารา ยูคาลิปตัส เป็นต้น ทั้งนี้ขนาดของต้นไม้ที่เข้าข่ายสำหรับการประเมินการกักเก็บคาร์บอน เพื่อขอการรับรองกิจกรรมภายใต้โครงการ LESS ต้องเป็นต้นไม้ที่เส้นรอบวงมากกว่า 15 เซนติเมตร (ที่ความสูง 1.3 เมตรจากพื้น) และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร โดยต้นไม้ที่ปลูกต้นทั้งหมดจะถูกเรียกว่า พื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถกำหนดวิธีการนับ 3 กรณี ดังนี้

1.กรณีปลูกเป็นแปลง

ขนาดพื้นที่โครงการน้อยกว่า 100 ไร่ กำหนดให้วางแปลงตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 1 ของพื้นที่ทั้งหมด

ขนาดพื้นที่โครงการตั้งแต่ 100 ไร่ แต่ไม่ถึง 1,000 ไร่ กำหนดให้วางแปลงตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ไม่น้อยกว่า 1 ไร่

ขนาดพื้นที่โครงการตั้งแต่ 1,000 ไร่ ขึ้นไป กำหนดให้วางแปลงตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ไม่น้อยกว่า 5 ไร่

2. กรณีปลูกเป็นแถวเป็นแนว (Strip) มากกว่า 300 ต้น ให้เก็บข้อมูลต้นไม้เพื่อเป็นตัวแทนในกลุ่มต้นไม้ที่ปลูกพร้อมกัน ไม่น้อยกว่า 300 ต้น และให้นับจำนวนต้นไม้ทุกต้นภายใต้กิจกรรมที่ดำเนินการ แต่ถ้าหากปลูกน้อยกว่า 300 ต้น ให้เก็บข้อมูลต้นไม้ทุกต้น

3. กรณีปลูกไม่เป็นระเบียบ จัดสวนรอบ ๆ อาคาร ให้เก็บข้อมูลต้นไม้ทุกต้น

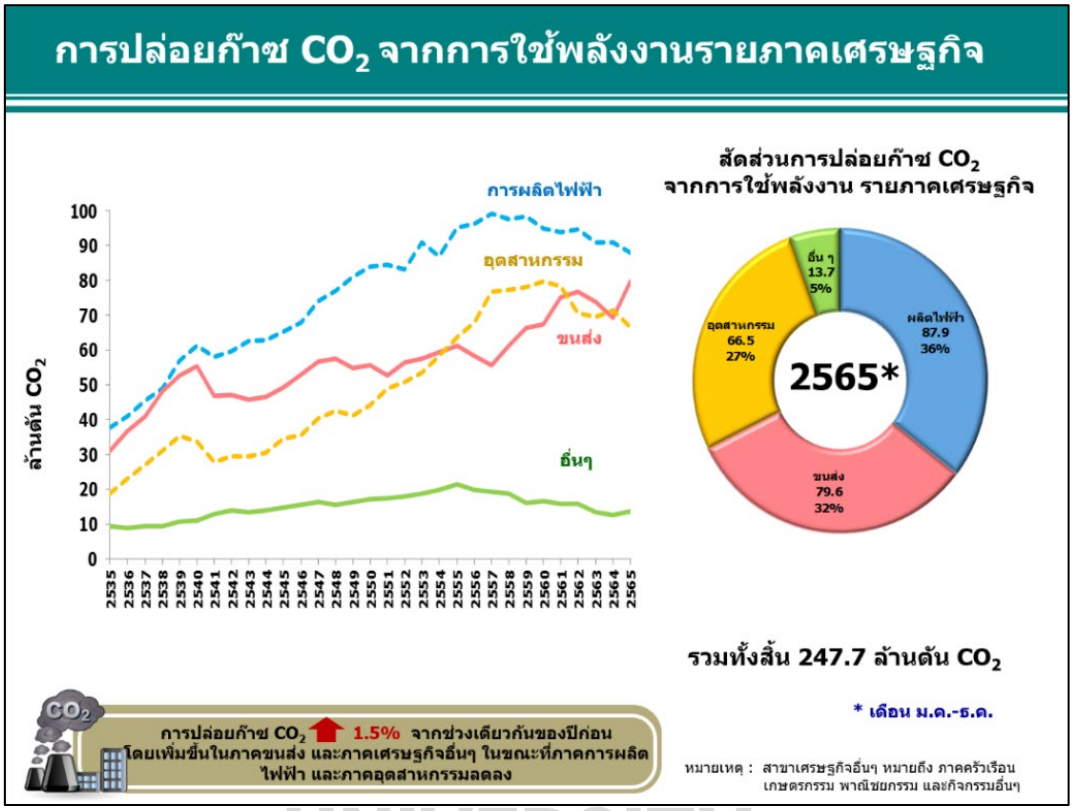
หลังจากนับจำนวนและวัดความสูงของต้นไม้ และเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ความสูง 1.30 เมตร แล้วสามารถนำผลการตรวจวัดมากรอกลงเอกสารการคำนวณการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้ในรูปแบบของไฟล์ Excel เพื่อให้ระบบทำการคำนวณ และสามารถขอรับรองจากโครงการ LESS ได้อีกด้วย

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.5 อาคารประเภทโรงงานในประเทศไทย

โรงงานเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานมากเมื่อเทียบกับอาคารควบคุม 9 ประเภท ซึ่งสอดคล้องกับสถิติการปล่อยการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานใน พ.ศ. 2565 ที่จะเห็นได้ว่าภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากกว่าภาคธุรกิจและครัวเรือน (อื่น ๆ) ตามภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1: สัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงาน รายภาคเศรษฐกิจ พ.ศ. 2565



UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ที่มา: กระทรวงพลังงาน (2566). *การปล่อยก๊าซ CO_2*. สืบค้นจาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/graph-analysis/item/19298-news-170366-01

อาคารประเภทโรงงานจะเป็นอาคารที่มีการทำงานของเครื่องจักรและคน ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ประเภทตามกำลังเครื่องจักรและจำนวนคน ได้แก่

2.5.1 โรงงานที่ใช้เครื่องจักรไม่เกิน 20 แรงม้า และมีคนงานไม่เกิน 20 คน โรงงานประเภทนี้ไม่จำเป็นจะต้องขอใบอนุญาต สามารถดำเนินกิจการได้ทันที (โรงงานบางประเภทถูกจัดรวมเป็นโรงงานประเภทที่ 3 ถึงแม้จะมีจำนวนไม่เป็นไปตามโรงงานจำพวกที่ 3 ก็ตามเพราะกิจการอาจก่อให้เกิดมลพิษ)

2.5.2 โรงงานที่ใช้เครื่องจักร 50-75 แรงม้า และ มีพนักงาน 50-75 คน ไม่ต้องขอใบอนุญาตในการจัดตั้ง แต่จะต้องทำการแจ้งการความจำนงในการประกอบกิจการ และชำระค่าธรรมเนียมรายปี (โรงงานบางประเภทถูกจัดรวมเป็นโรงงานประเภทที่ 3 ถึงแม้จะมีจำนวนไม่เป็นไปตามโรงงานจำพวกที่ 3 ก็ตาม เพราะกิจการอาจก่อให้เกิดมลพิษ)

2.5.3 โรงงานที่ใช้เครื่องจักรมากกว่า 75 แรงม้า และ มีพนักงานในโรงงานมากกว่า 75 คน โรงงานประเภทนี้จะต้องทำการขอใบอนุญาตในการจัดตั้งโรงงาน (ใบร.ง.4) เนื่องจากถือว่าเป็นโรงงานที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะ (วีเคบีคอนแทรคติ้ง, 2565)

จากโรงงานทั้ง 3 ประเภทข้างต้น หากเป็นโรงงานที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,175 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือเป็นโรงงานหรืออาคารที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำพลังงานหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมามีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป จะกลายเป็นโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม ซึ่งจะต้องมีการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติฯ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ที่ได้กำหนดการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม และในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพื่ออนุรักษ์พลังงานไว้ (กระทรวงพลังงาน, 2561) ซึ่งจะใช้ข้อกำหนดเรื่องอาคารอนุรักษ์พลังงานคนละฉบับกับอาคารควบควบคุม 9 ประเภท กล่าวคือ อาคารควบควบคุม 9 ประเภท จะต้องดำเนินการภายใต้กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 แต่โรงงานควบคุมจะต้องดำเนินการภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

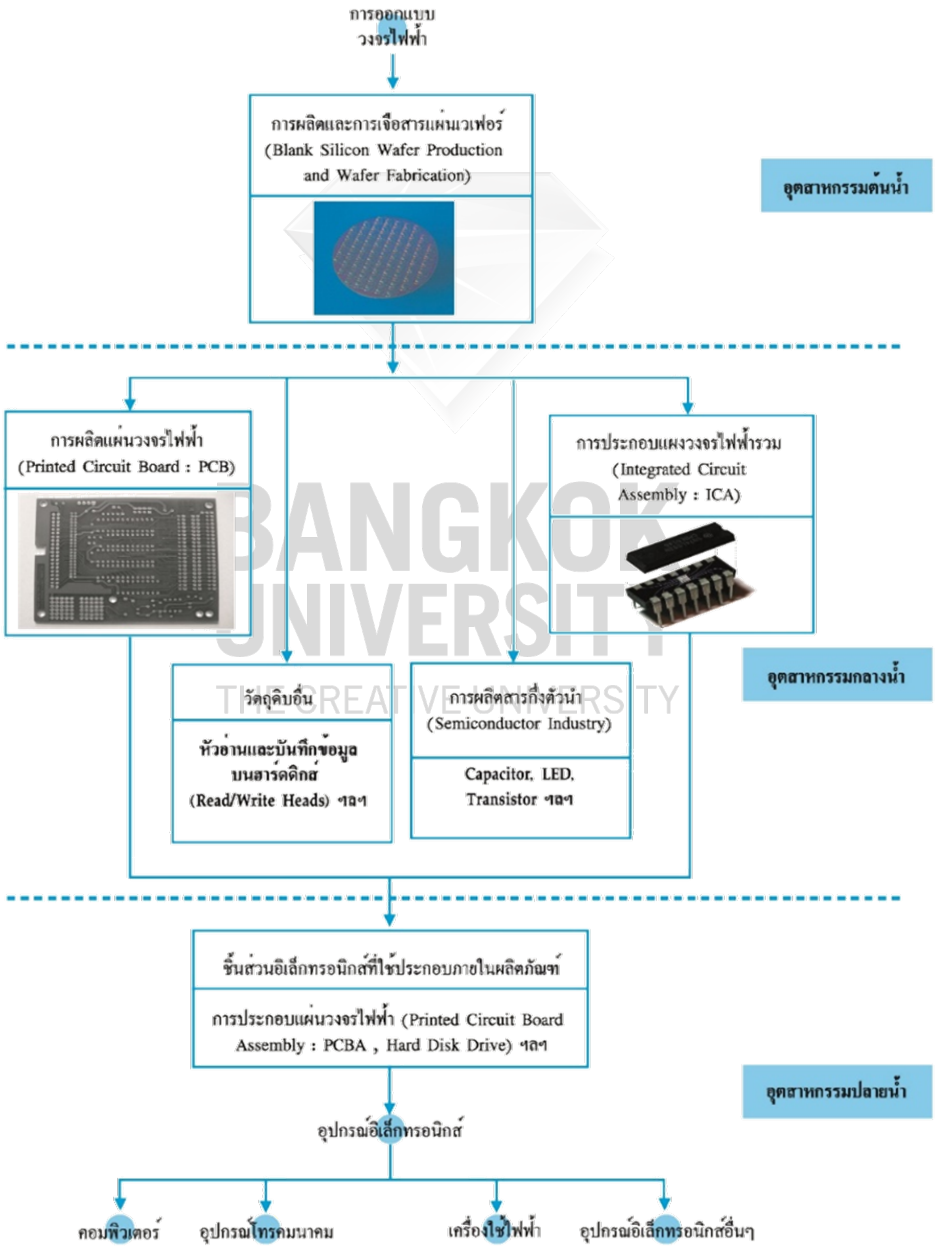
นอกจากนี้ โรงงานยังเป็นอาคารที่อาจก่อปัญหามลภาวะ เหตุเดือดร้อนรำคาญ หรือเหตุอันตราย ให้กับชุมชน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบได้ จึงต้องมีการห้ามรับเหมาก่อสร้างโรงงานในบริเวณบ้านจัดสรรเพื่อการพักอาศัย รวมทั้งต้องมีการเว้นระยะก่อสร้างโรงงานให้ห่างจากเขตติดต่ออาคารควบคุมต่าง ๆ เช่น โรงเรียน สถาบันการศึกษา วัด ศาสนสถาน โรงพยาบาล โบราณสถาน สถานที่ทำงานของหน่วยงานของรัฐ รวมถึงแหล่งอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามที่คณะรัฐมนตรีกำหนด โดยจะต้องตั้งอยู่ในทำเลและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีบริเวณเพียงพอที่จะประกอบกิจการตามประเภทหรือชนิดของโรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายเหตุเดือดร้อนรำคาญหรือความเสียหายต่อบุคคลหรือทรัพย์สินของผู้อื่นด้วย รวมถึงต้องมีการตรวจวัดปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานตามที่กฎหมายกำหนด เช่น ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย ปริมาณสิ่งแปลกปลอมในท่อระบายอากาศ เป็นต้น โดยในปัจจุบันส่วนใหญ่แล้วจะมีการสร้างโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นเขตพื้นที่ดินซึ่งจัดสรรไว้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเข้าไปอยู่รวมกันอย่างเป็นสัดส่วน ซึ่งจะจัดให้มีและให้บริการในระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ซึ่งจำเป็นแก่การประกอบอุตสาหกรรม รวมทั้งจัดให้มีระบบและการจัดการ ด้านสิ่งแวดล้อม การป้องกันและบรรเทาอุบัติภัยจากอุตสาหกรรม (วีเคบีคอนแทรคติ้ง, 2566)

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

2.6 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งตามโครงสร้างการผลิตได้เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2: โครงสร้างการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์



ที่มา: กระทรวงพลังงาน. (2550). *คู่มือชุดความรู้ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.* สืบค้นจาก https://shorturl.at/goBDG

อุตสาหกรรมต้นน้ำ ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากแก่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อส่งไปยังอุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ประกอบด้วยการออกแบบวงจรไฟฟ้า การผลิตและการเจือสารแผ่นเวเฟอร์

อุตสาหกรรมกลางน้ำ ประกอบด้วย การประกอบแผงวงจรไฟฟ้า และการผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าแผ่นปรินซ์ และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ซึ่งเมื่อนำมาประกอบรวมเข้าด้วยกันจะได้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ

อุตสาหกรรมปลายน้ำ เป็นการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อผลิตเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น การประกอบแผ่นวงจรไฟฟ้า ฮาร์ดดิสก์ โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ โทรศัพท์มือถือ กล้องดิจิตอล ฯลฯ โดยขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดผลิตภัณฑ์

การผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต้องกระทำภายในห้องสะอาด (Clean room) คือ ห้องที่มีการปิดมิดชิด มีการควบคุมอนุภาคในอากาศ รวมถึงการควบคุมสภาวะอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และความดัน ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณอนุภาคในอากาศได้จากการใช้ระบบปรับอากาศที่มีแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง รวมถึงการป้องกันสิ่งที่จะก่อให้เกิดความสกปรก อาทิ การใช้พนักงานสวมชุดพิเศษสำหรับห้องสะอาด การทำความสะอาดร่างกายก่อนเข้าห้องสะอาด เป็นต้น

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่สนับสนุนการผลิตที่มีส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก ทั้งในด้านการควบคุมสภาวะแวดล้อมของอากาศเพื่อความสบายของคนที่ทำงานอยู่ภายในโรงงานเอง และเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสะอาดของห้องให้เป็นไปตามมาตรฐานของเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าว ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศสำหรับอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนจึงค่อนข้างสูง และเป็นระบบหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนมากถึงร้อยละ 35-40 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ ดังนั้น การจัดการที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าได้มาก นอกจากนี้การใช้งานและบำรุงรักษาระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ถูกต้อง จะช่วยให้เกิดการประหยัดได้อีกทางหนึ่งด้วย

นอกจากระบบปรับอากาศแล้ว แสงสว่างก็มีความจำเป็นในการทำงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากลักษณะการทำงานที่มีความสะเอียดสูงจึงต้องการความสว่างสูงกว่างานในลักษณะอื่น ๆ ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของโรงงานที่ออกแบบให้เป็นห้องสะอาดและปิดมิดชิดเพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายใน และการให้แสงสว่างตามมาตรฐานการผลิต จึงต้องใช้หลอดไฟจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ นับว่ามีสัดส่วนน้อยมาก เพียงประมาณร้อยละ 5 เท่านั้น แต่เนื่องจากการอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบแสงสว่างนับว่ามีความสะดวกและดำเนินการ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ง่ายที่สุด จึงเป็นระบบแรกที่ผู้รับผิดชอบด้านการอนุรักษ์พลังงานควรให้ความสนใจเป็นประการแรก (กระทรวงพลังงาน, 2550)

2.7 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม มีดังนี้

2.7.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติฉบับนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานในหมวดที่ 1 ซึ่งได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
3. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
4. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
5. การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการ พลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
6. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ในส่วนของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับค่าความเข้มของแสงสว่างที่บังคับใช้ในสถานประกอบการ มีดังนี้

2.7.2 ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ประกาศ ณ วันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ได้ระบุมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณพื้นที่ทั่วไปและบริเวณการผลิตภายในสถานประกอบกิจการ ไว้ดังนี้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 2.2: ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้สอยตามกฎหมาย

ตัวอย่างบริเวณพื้นที่ และ/หรือลักษณะงาน	ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)	จุดที่ความเข้มของแสงสว่างต่ำสุด (ลักซ์)
ทางออกฉุกเฉิน เส้นทางหนีไฟ บันไดทางฉุกเฉิน (กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินไฟดับ โดยวัดตามเส้นทางของ ทางออกที่ระดับพื้น)	10	-
ลานจอดรถ ทางเดิน บันได	50	25
ประตูทางเข้าใหญ่ของสถานประกอบกิจการ	50	-
ทางเดิน บันได ทางเข้าห้องโถง	100	50
ลิฟท์	100	-
ห้องพักฟื้นสำหรับการปฐมพยาบาล ห้องพักผ่อน	50	25
ป้อมยาม	100	-
ห้องสุขา ห้องอาบน้ำ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องลอบบี้หรือบริเวณต้อนรับ ห้องเก็บของ	100	50
โรงอาหาร ห้องปรุงอาหาร ห้องตรวจรักษา	300	150
ห้องสำนักงาน ห้องฝึกอบรม ห้องบรรยาย ห้องสืบค้นหนังสือ/เอกสาร ห้องถ่ายเอกสาร ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องประชุม บริเวณโต๊ะประชาสัมพันธ์ หรือติดต่อลูกค้า พื้นที่ออกแบบเขียนแบบ	300	150
ห้องเก็บวัตถุดิบ บริเวณห้องอบหรือห้องทำให้แห้งของโรงซักรีด	300	50
จุด/ลานขนถ่ายสินค้า คลังสินค้า โกดังเก็บของไว้เพื่อการเคลื่อนย้าย อาคารหม้อน้ำ ห้องควบคุม ห้องสวิตช์	200	100
ห้องสุขา ห้องอาบน้ำ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องลอบบี้หรือบริเวณต้อนรับ ห้องเก็บของ	100	50

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.8 กรณีศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1. Towards a Low Carbon Design a Case Study of an Industrial Building (Abdellatif, et al., 2020)

งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซ CO_2 และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคารอุตสาหกรรมในสหราชอาณาจักรโดยใช้ Carbon Neutral Protocol และทำการจำลองหาวิธีปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ผ่านโปรแกรม

Integrated Environmental Solution (IES-VE) โดยได้ใช้อาคารอุตสาหกรรมเก่าแก่ที่ก่อสร้างใน พ.ศ. 2493 ซึ่งตอนนี้ถูกใช้เป็นสำนักงาน 3 ชั้น พื้นที่ 3,797 ตร.ม. เป็นกรณีศึกษา โดยมีลำดับขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. แจกแจงรายละเอียดกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคาร

2. วัดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามรายละเอียดด้านล่าง อ้างอิงคู่มือการรายงานด้านสิ่งแวดล้อมที่จัดทำโดยกรมสิ่งแวดล้อมของสหราชอาณาจักร

(1) ประเภท 1: การปล่อยก๊าซ CO_2 โดยตรง

(2) ประเภท 2: การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน เช่น การซื้อพลังงานไฟฟ้า

(3) ประเภท 3: การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางอ้อมด้านอื่น ๆ เช่น การเดินทาง, การสูญเสียการส่งผ่านไฟฟ้า, การส่งจ่ายน้ำดื่ม, การกำจัดขยะที่ไม่สามารถควบคุมได้

โดยใช้สูตรในการคำนวนปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ดังนี้

GHG Emissions = Activity Data x Emission Conversion Factor

3. ตั้งเป้าหมายกรอบเวลาในการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน

4. ลดการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยผสมผสานวิธีการลดทั้งภายในและภายนอก

5. ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและโปร่งใสเกี่ยวกับวิธีการบรรลุการรับรองความเป็นกลางทางคาร์บอน นำไปสู่การขอใบรับรองเพื่อสื่อสารให้สังคมรับทราบ

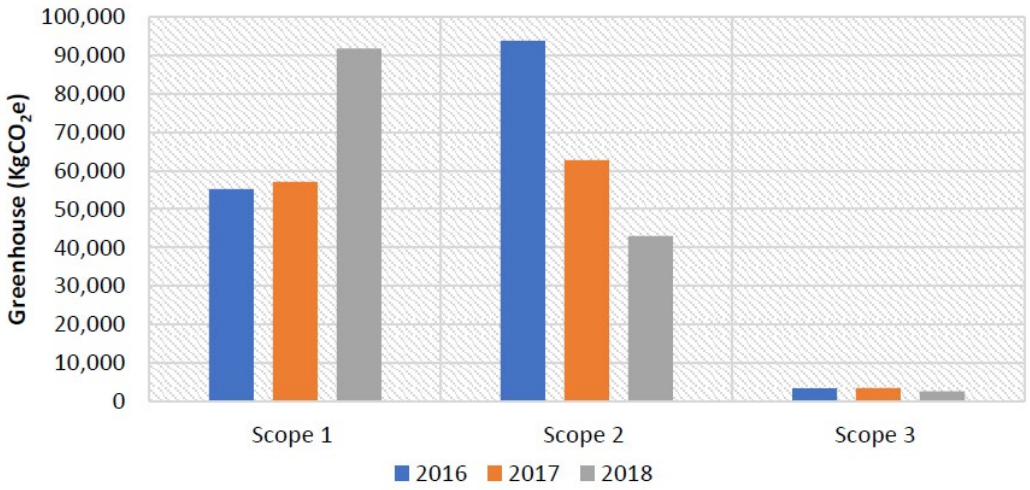
BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากการศึกษา พบว่าการปล่อยก๊าซ CO_2 ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การซื้อพลังงานไฟฟ้า มีปริมาณมากที่สุด และจะเห็นได้ว่าในช่วง 3 ปี การใช้ก๊าซมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลเป็นไปตามตารางที่ 2.3 และภาพที่ 2.3

ตารางที่ 2.3: ปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในอาคารพื้นที่ใช้สอย 3,797 ตร.ม.

Year	Electricity		Gas	
	KWh/ m^2	$KgCO_2/m^2$	KWh/m^2	$KgCO_2/m^2$
2016	60	24.72	59	14.55
2017	47	16.52	61	15.04
2018	40	11.32	98	24.17
Benchmark	95	52.3	120	22.8

ภาพที่ 2.3: เปรียบเทียบการใช้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนทั้ง 3 ประเภทใน พ.ศ. 2559 – 2561



ที่มา: Abdellatif, M, Osman, Y and Al Khaddar, RM. (2020). Towards a Low Carbon Design: A case study of an Industrial Building. In: INTERNATIONAL ARCHITECTURE AND ART CONGRESS, 2020. (3rd International Congress on Architecture and Design, 18 April 2020 - 19 April 2020, Istanbul Turkey)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูล จึงได้ทดลองวิธีการลดการใช้พลังงาน โดยใช้โปรแกรม Integrated Environmental Solution (IES-VE) ในการทดลองวิธีการที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ของอาคาร พบว่าวิธีการที่แนะนำ คือ

1. การปรับปรุงโครงสร้างหลังคา ฉนวนผนัง กระจก 2 ชั้น ซึ่งสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้ 62% และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 372,106 KWh (92 tCO_2eq) เป็น 141,400 KWh (35 tCO_2eq)

2. การใช้แหล่งความร้อนใต้พิภพ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการในทำความร้อน โดยการทำความร้อน 4kW ใช้ไฟฟ้าเพียง 1kW

3. การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขนาดที่เหมาะสม (50KWp) ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าที่ 42,160 KWh หรือคิดเป็น 12 tCO_2eq ดังที่แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4: ปริมาณการประหยัดพลังงานกรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

PV Size in KW	Cost (£)	Area of the Roof	Electricity Generated (KWh)	Annual Tonne CO_2e Reduction	Annual Electricity Saving%	Repayment (Year)
20KWp	28,500	140	16,860	5	11%	13
30KWp	38,900	208	25,290	7	17%	12
50KWp	59,200	340	42,160	12	28%	11

ในการประยุกต์ใช้ทุก ๆ มาตรการอาจจะยังเป็นไปไม่ได้ เนื่องด้วยข้อจำกัดในด้านเศรษฐศาสตร์ และการปฏิบัติจริง โดยในทางทฤษฎี การปล่อยก๊าซ CO_2 ในอาคารทั้งหมดสามารถทำให้เป็นกลางได้ด้วยการหักลบกันของการปล่อยก๊าซ CO_2

ในงานวิจัยนี้ หลังจากจำลองมาตรการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่าง ๆ สามารถลดก๊าซ CO_2 ได้ 50-90% ต่อเนื่องมากกว่า 3 ปี และเพื่อหักลบก๊าซ CO_2 ที่ยังหลงเหลือ ในวิจัยได้เสนอวิธีจ่ายเงินค่าคาร์บอนเครดิตตามมาตรฐาน UN Certified Emission Reduction (CER) Credits เป็นจำนวนเงิน 383 ปอนด์ต่อปี

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.8.2 Selection of HVAC Technology for Buildings in the Tropical Climate (Balbis-Morejón, et al., 2023)

งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยการนำเสนอวิธีการเลือกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับอาคารที่อยู่ในเมืองบาร์รังกิยา ประเทศโคลัมเบีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น โดยอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ อาคารประเภทสถานศึกษา 4 ชั้น ขนาด 1,480 ตร.ม. ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ภายในอาคารมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ขนาด 36,000 BTU/Hr. ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 20°C โดยเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 6:30-21:30 น. ทุกวันจันทร์-เสาร์ ในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

ภาพที่ 2.4: อาคารกรณีศึกษาและโมเดลอาคารที่สร้างโดยโปรแกรม Design Builder

ที่มา: Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M., Isaza-Roldan, C., & Rey-Martínez, F. J. (2023). *Selection of HVAC technology for buildings in the Tropical Climate Case Study*. Alexandria Engineering Journal, 69, 469–481.

ในการทดลองได้ใช้ตัวเลือกเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 5 แบบ 3 ประเภท ดังนี้

1. ระบบ Direct Expansion ได้แก่ (1) Split (2) VRF
2. ระบบ Air Cooled ได้แก่ (1) VAV (2) VAC
3. ระบบ Water Cooled ได้แก่ (1) Water Chiller

สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ มีทั้งหมด 6 หัวข้อ และให้น้ำหนักของแต่ละหัวข้อไม่เท่ากัน โดยวิธีการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาในแต่ละหลักเกณฑ์ เป็นไปตามตารางที่ 2.5

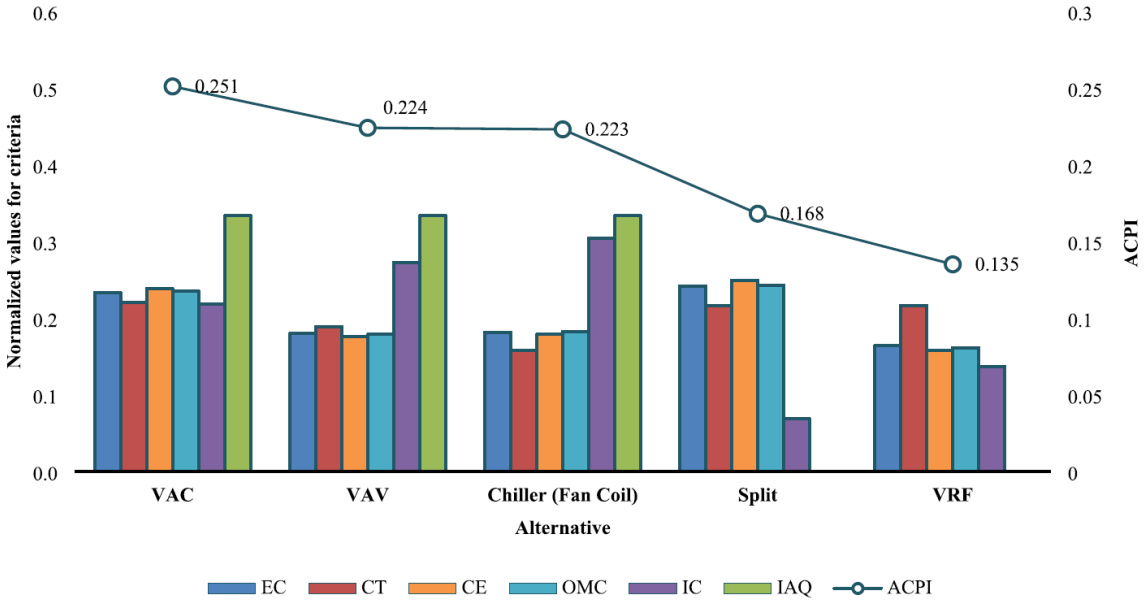
BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 2.5: เกณฑ์ที่นำมาใช้พิจารณาเลือกเครื่องปรับอากาศ

เกณฑ์	ตัวย่อ	น้ำหนัก (%)	วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล
ปริมาณพลังงานที่ใช้	EC	26.6	สร้างโมเดลและทดลองในโปรแกรม Design Builder โดยใช้เครื่องมือ EnergyPlus ฟังก์ชั่น Heat Transfer Function (CTF)
การไหลเวียนของอากาศ	IAQ	20.6	
สภาวะสบายทางอุณหภูมิ	TC	18.6	
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	CE	12.1	
เงินลงทุน	IC	11.6	อ้างอิงราคาตลาด
ค่าไฟ	OMC	10.3	อัตราค่าไฟต่อหน่วย
ค่าบำรุงรักษา			ค่าบำรุงรักษาจากใบเสนอราคาของผู้รับเหมา

จากผลการพิจารณาเครื่องปรับอากาศทั้ง 5 รูปแบบตามหลักเกณฑ์ทั้ง 6 ข้อที่ให้ระดับความสำคัญลดหลั่นกันไปพบว่า เมื่อมองในภาพรวมเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารที่อยู่ในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น คือ ระบบ Air Cooled (VAC และ VAV) , ระบบ Water Cooled (Water Chiller), ระบบ Direct Expansion (Split และ VRF) ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพที่ 2.5 แต่เมื่อพิจารณาดูในหัวข้อปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 เพียงอย่างเดียว ดังตารางที่ 2.6 พบว่ารูปแบบของเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ VRF (ระบบ Direct Expansion), VAV (ระบบ Air Cooled), Chiller (ระบบ Water Cooled), VAC (ระบบ Air Cooled) และ Split (ระบบ Direct Expansion) ตามลำดับ

ภาพที่ 2.5: ผลการพิจารณาเครื่องปรับอากาศทั้ง 5 รูปแบบโดยใช้หลักเกณฑ์ทั้ง 6 หัวข้อ



ที่มา: Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M., Isaza-Roldan, C., & Rey- Martínez, F. J. (2023). *Selection of HVAC technology for buildings in the Tropical Climate Case Study*. Alexandria Engineering Journal, 69, 469–481.

ตารางที่ 2.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละแบบ

Table 6 CE for each AA system alternative.

Description	Alternative				
	Split	VRF	VAV	VAC	Chiller (Fan Coil)
$kgCO_2$	4,117.56	2,606.79	2,912.90	3,949.69	2,953.13

ที่มา: Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M., Isaza-Roldan, C., & Rey- Martínez, F. J. (2023). *Selection of HVAC technology for buildings in the Tropical Climate Case Study*. Alexandria Engineering Journal, 69, 469–481.

2.8.3 Comparison of Energy Consumption Between Non-inverter and Inverter-type Air Conditioner in Saudi Arabia (Almogbel, et al., 2020)

งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยเรื่องของการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และค่าการใช้พลังงานระหว่างเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter และ Non-inverter ภายใต้เงื่อนไขของสภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยทำการทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter ขนาด 18,000 BTU ใช้น้ำยาแอร์ R32 ในสำนักงาน 1 ห้อง และ Non-Inverter ขนาด 18,000 BTU ใช้น้ำยาแอร์ R410a ในสำนักงานอีก 1 ห้องที่อยู่ใกล้กัน โดยทั้ง 2 ห้องมีขนาดเท่ากัน จำนวนพนักงานเท่ากัน และใช้กำลังไฟ 220V 60Hz เท่ากัน โดยมีระยะเก็บข้อมูลทั้งสิ้นเป็นระยะเวลา 108 วัน ตลอด 24 ชั่วโมง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากผลการทดลองในตารางที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 44% โดยเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter และ Non-inverter มีค่าการใช้พลังงาน 3,471 kWh และ 6,230 kWh ตามลำดับ และเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้ถึง 49%

ตารางที่ 2.7: ผลการทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter และ Non-inverter

Parameter	Non-inverter	Inverter	Unit	Description
Charge	1.70	1.12	Kg	Refrigerant Charge
GWP	2,088	675	$kgCO_2e/kg$	Global Warming Potential
Leak Rate	10	10	%	Annual Leakage Rate
Lifetime	10	10	Years	Period When AC is Used

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.7 (ต่อ): ผลการทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Inverter และ Non-inverter

Parameter	Non-inverter	Inverter	Unit	Description
α	0	0	%	Refrigerant Recovery Rate at End of Life
Consumption	6,230	3,471	kWh	Annual Energy Consumption
Emission Factor	0.654	0.654	$kgCO_2e/kg$	Emission Factor for Saudi Arabia
Direct Emission	7,099	1,512	-	-
Indirect Emission	40,744	22,700	-	-
TEWI	47,843	24,212	$kgCO_2e$/lifetime	Total Equivalent Warming Impact

2.8.4 การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบส่องสว่างในอาคารที่ปรึกษาควบคุมการก่อสร้าง กรณีศึกษารถไฟฟ้าสีน้ำเงิน (จีรพรรณ โพธิ์ปาน และสุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์, 2563)

งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยเรื่องของการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นชนิดประหยัดพลังงานหรือหลอดไฟ LED กับคงใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เหมือนเดิม โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนสัมฤทธิภาพ (Cost Effectiveness Analysis) ในการประเมินมูลค่าตั้งต้น และใช้หลักเกณฑ์คำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ และอัตราผลตอบแทนของโครงการ โดยใช้อาคารที่ปรึกษาควบคุม การก่อสร้างรถไฟฟ้าสีน้ำเงินเป็นกรณีศึกษา

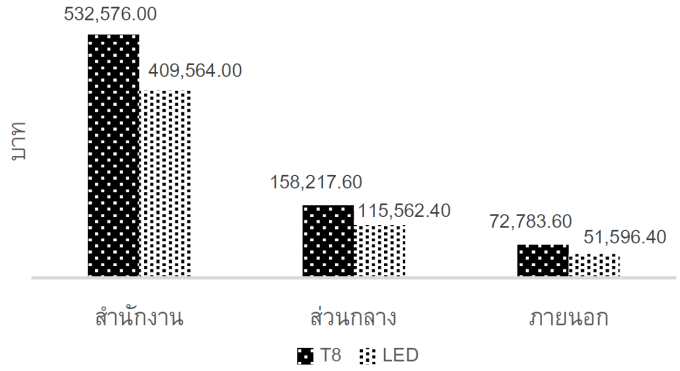
การศึกษาวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลทั่วไป ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีการใช้งานในพื้นที่ต่าง ๆ ของอาคาร วิเคราะห์ข้อมูลการลงทุน พบว่าอาคารที่เป็นกรณีศึกษาใช้ไฟฟ้าจากระบบแสงสว่างคิดเป็น 19% ของพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ขนาด 36 วัตต์ มีอายุการใช้งาน 15,000 ชั่วโมง ใช้บัลลาสต์แกนเหล็กความสูญเสียต่ำ ขนาด 5 วัตต์ ใช้สตาร์ทเตอร์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งสามารถแบ่งอาคารออกเป็น 3 ส่วนแยกตามประเภทการใช้งาน ได้แก่ (1) พื้นที่สำนักงาน ติดตั้งหลอดไฟจำนวน 178 หลอด ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน รวมทั้งสิ้น 312 วัน (2) พื้นที่ส่วนกลาง ติดตั้งหลอดไฟจำนวน 12 หลอด ใช้งาน 16 ชั่วโมงต่อวัน รวมทั้งสิ้น 312 วัน (3) พื้นที่ภายนอก ติดตั้งหลอดไฟจำนวน 12 หลอด ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน รวมทั้งสิ้น 364 วัน

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า หากใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 เหมือนเดิม จะมีค่าใช้จ่ายรวมซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์รวมกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงกว่ากรณีเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED ทั้งในพื้นที่สำนักงาน พื้นที่ส่วนกลาง และพื้นที่ภายนอก ตามภาพที่ 2.6 และเมื่อเมื่อพิจารณา

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากระยะเวลาการคืนทุนของพื้นที่สำนักงาน พื้นที่ส่วนกลาง และพื้นที่ภายนอก จะอยู่ที่ 2.47 ปี 1.39 ปี และ 1.59 ปี ตามลำดับ

ภาพที่ 2.6: เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED



ที่มา: จีรพรรณ โพธิ์ปาน และสุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์ (2563). *การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบส่องสว่างในอาคารที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง กรณีศึกษา รถไฟฟ้ามหานครสายสีน้ำเงิน.* วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย, 6(2), 1-7.

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.8.5 A Comparative Study of Fluorescent and LED Lighting in Industrial Facilities (Perdahci et al., 2018)

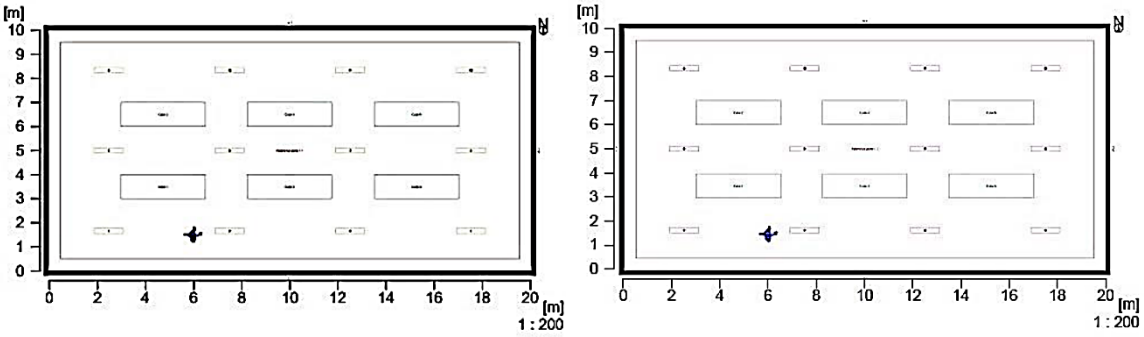
งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยได้มีการเปรียบเทียบค่าการกระจายแสง การแสดงสี การใช้พลังงาน ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และความสบายตาของระบบไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED ในอาคารคลังสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม เมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี ขนาดยาว 20 เมตร กว้าง 10 เมตร สูง 8 เมตร ระดับโต๊ะทำงานสูง 0.75 เมตร และหลอดไฟสูงจากพื้น 7.5 เมตร ซึ่งในงานวิจัยได้ศึกษาผ่านการจำลองทั้งหมด 2 ฉากทัศน์ โดยใช้โปรแกรม Relux โดยเงื่อนไขของทั้ง 2 ฉากทัศน์ไปเป็นตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8: สรุปข้อมูลเงื่อนไขการจำลองแสงสว่างทั้ง 2 ฉากทัศน์

รายละเอียด	ฉากทัศน์ที่ 1	ฉากทัศน์ที่ 2
รูปภาพหลอดไฟ		
ประเภทของหลอดไฟ	ฟลูออเรสเซนต์	LED
Luminaire Efficiency	80%	77%
Luminaire Efficacy	69.13 lm/W	102.23 lm/W
Luminous Flux of the Lamps	4450 lm	14800 lm
Power of the Lamps	54 W	100 W
CIE Flux Codes	53 85 98 100 80	53 85 98 100 80
UGR 4H 8H	22.3 / 21.2	17.8 / 24.1
Whole Circuit Power	113.5 W	112 W
Luminous Flux of the Luminaire	7120 lm	11450 lm
Quantity of the Lamps	2	240
Layout Plan	เหมือนกันทั้ง 2 ฉากทัศน์อ้างอิงภาพที่ 2.7	

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 2.7: แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (ซ้าย) และฉากทัศนที่ 2 (ขวา)



ที่มา: Perdahci, C., Akin, H. C., & Cekic, O. (2018). A comparative study of fluorescent and LED lighting in industrial facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 154, 012010. https://doi.org/10.1088/17551315/154/1/012010

จากเงื่อนไขการทดลองข้างต้น จะเห็นว่าทั้งฉากทัศน์ที่ 1 และฉากทัศน์ที่ 2 กำลังไฟฟ้าต่อโคม มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 113.5 W และ 112 W ตามลำดับ ซึ่งรวมทั้งหมดอย่างละ 12 โคม เท่ากับว่าฉากทัศน์ที่ 1 และ 2 มีการใช้พลังงานทั้งหมด 1362 W และ 1344 W ตามลำดับ และเมื่อดูฟลักซ์การส่องสว่าง พบว่า ถึงแม้ฉากทัศน์ที่ 2 (หลอดไฟ LED) จะมีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า แต่ค่าฟลักซ์การส่องสว่างมากกว่าฉากทัศน์ที่ 1 (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์) โดยฉากทัศน์ที่ 1 (หลอดไฟ LED) และฉากทัศน์ที่ 2 (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์) มีค่า ฟลักซ์การส่องสว่างอยู่ที่ 85440 lm และ 137400 lm ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9: ค่าการใช้พลังงานและค่าแสดงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์) และฉากทัศน์ที่ 2 (หลอดไฟ LED)

Table 4. Power consumption and illumination values for two scenarios

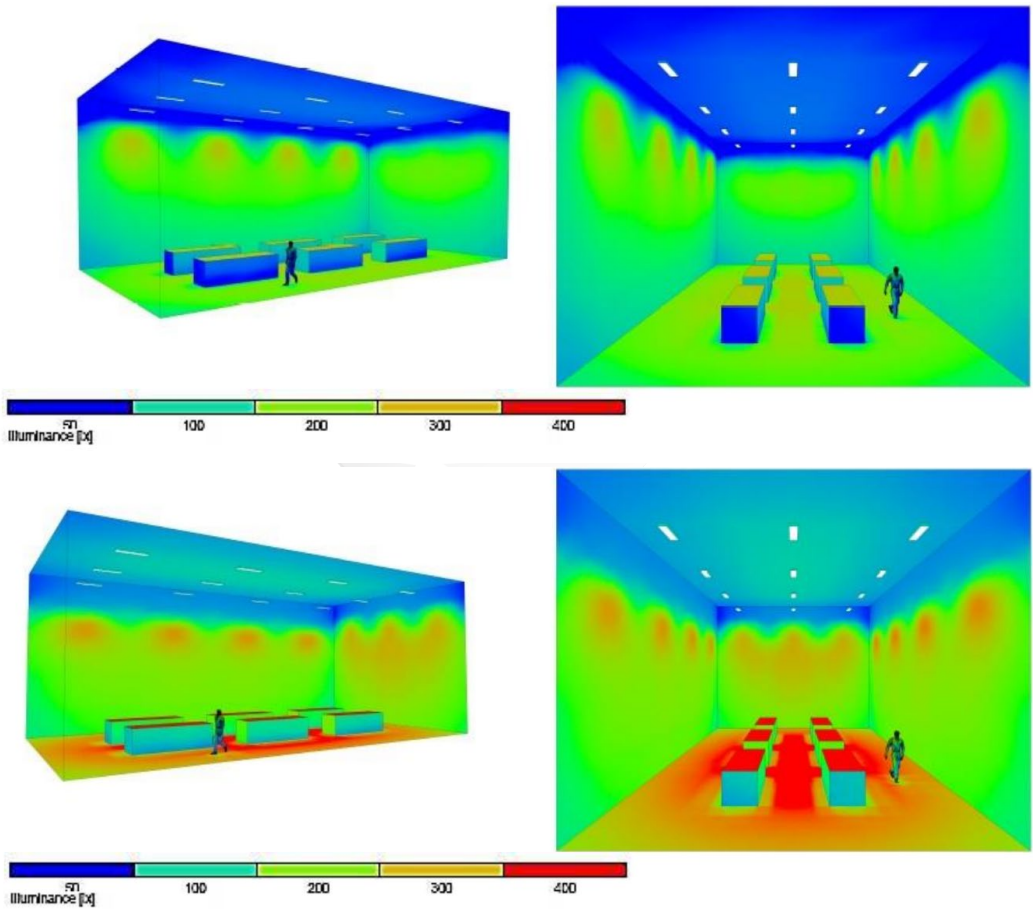
Type	Power Consumed	Total Power Consumed	Luminaire Efficacy	Total Luminous Flux (For 12 Luminaires)
Fluorescent	113,5 W	1362 W	69,13 lm/W	85440 lm
LED	112 W	1344 W	102,23 lm/W	137400 lm

ที่มา: Perdahci, C., Akin, H. C., & Cekic, O. (2018). A comparative study of fluorescent and LED lighting in industrial facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 154, 012010. https://doi.org/10.1088/17551315/154/1/012010

เมื่อดูผลการจำลอง พบว่า ค่าความสว่างในฉากทัศน์ที่ 1 (หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์) เฉลี่ยอยู่ที่ 232 lux (สูงสุด 277 lux และต่ำสุด 156 Lux) ในขณะที่ค่าความสว่างในฉากทัศน์ที่ 2 (หลอดไฟ LED) จะมีค่าความสว่างมากกว่า อยู่ที่ 422 Lux โดยเฉลี่ย (สูงสุด 520 lux และต่ำสุด 270 lux) ซึ่งสามารถอ้างอิงผลการจำลองแสงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 และฉากทัศน์ที่ 2 ผ่านโปรแกรม Relux ได้ดังภาพที่ 2.8

แสดงให้เห็นว่า หลอดไฟ LED มีฟลักซ์การส่องสว่างและค่าความสว่างสูงกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ในระดับการใช้พลังงานเท่ากัน

ภาพที่ 2.8: แสดงผลการจำลองแสงสว่างของฉากทัศน์ที่ 1 (บน) และฉากทัศน์ที่ 2 (ล่าง)



THE CREATIVE UNIVERSITY

ที่มา: Perdahci, C., Akin, H. C., & Cekic, O. (2018). A comparative study of fluorescent and LED lighting in industrial facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 154, 012010. https://doi.org/10.1088/17551315/154/1/012010

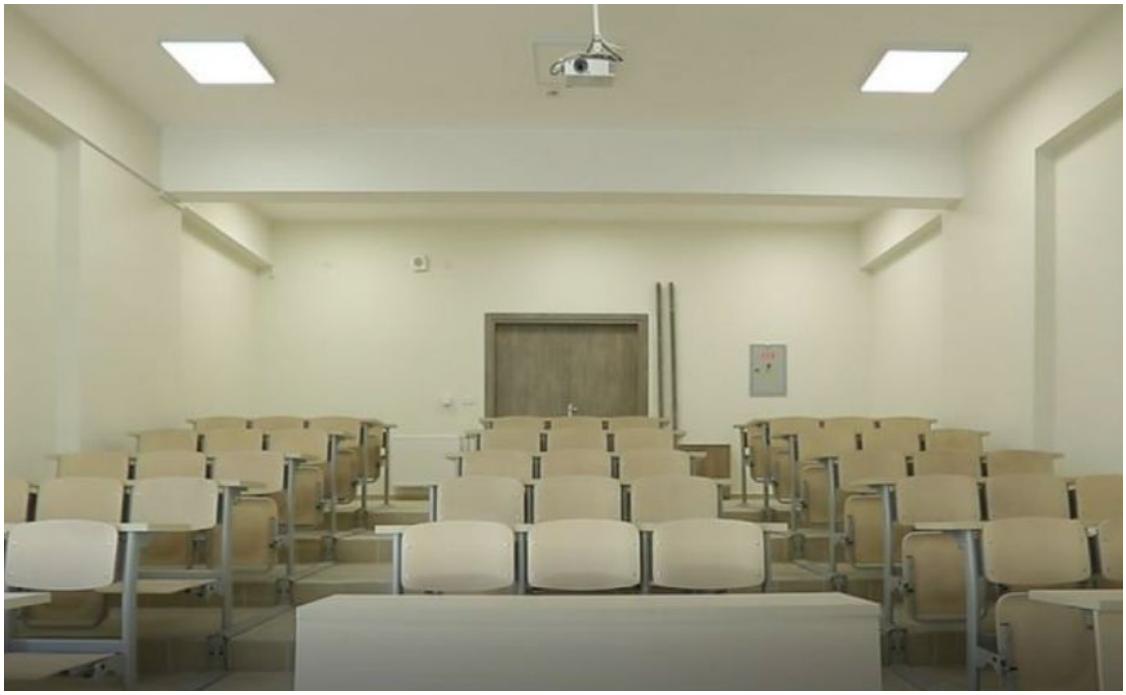
2.8.6 Comparison of LED and Fluorescent Lamps in Terms of Energy Efficiency Vocational School Case Study (Uydur, C. C., 2022)

งานวิจัยฉบับนี้ว่าด้วยเรื่องการปรับปรุงด้านพลังงานที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งได้ดำเนินการวิจัยในอาคารจริง โดยได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยด้านประสิทธิภาพด้านแสงสว่างและการประหยัดพลังงาน รวมถึงต้นทุน ของกรณีการใช้โคมไฟแผง LED 48 W แทนโคมไฟ

ฟลูออเรสเซนต์ 4x18W ในตำแหน่งเดิมทั้งหมด 12 จุดในห้องบรรยายจำนวน 1 ห้องของโรงเรียนอาชีวศึกษาแห่งหนึ่ง ในประเทศตุรกี ตามภาพที่ 2.9 โดยมีเงื่อนไขการทดลองตามตารางที่ 2.10

จากเงื่อนไข จะเห็นได้ว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไฟ LED ที่นำมาใช้ในการทดลองมีกำลังไฟฟ้าต่างกัน (Luminaire Power) แต่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) ใกล้เคียงกัน รวมถึงมีขนาด (Dimension) และอุณหภูมิของสี (Color temperature) เท่ากัน

ภาพที่ 2.9: ภาพห้องบรรยายที่ทดลองเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED



ที่มา: Uydur, C. C. (2022). Comparison of LED and Fluorescent Lamps in Terms of Energy Efficiency: Vocational School Case Study. 1st International Conference on Innovative Academic Studies.

ตารางที่ 2.10: เงื่อนไขการทดลองเปลี่ยนจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED

รายละเอียด	48 W LED	4x18 W ฟลูออเรสเซนต์
รูปภาพ		
Luminaire Power (Watt)	48	80
Luminous Flux (Lumen)	3900	4100
Efficiency (Lumen/Watt)	81	51
Color Temperature	4000°K	4000°K
Luminaire Efficiency	99%	60%
Dimension	595 x 595 x 12 mm.	595 x 595 x 80 mm.
Lifetime (Hour)	35000	15000
Cost by Piece (TL)	250	-
Investment Cost (TL)	87500	-
Usage Time in a Year (Hour)	2250	
Service Life (Year)	15.56	6.67
Number of Luminaries	350	
Installed Power (kW)	16.8	28
Energy Consumption (kWh)	37800	63000
Electricity Cost (TL/kWh)	2.50	
Electricity Price (TL)	94500	157500
Savings Amount (TL)	63000	-
Payback Period (Year)	1.39	-

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ในการทดลองได้ใช้เครื่องวัดแสงยี่ห้อ Lutron Lx-1102 วัดค่าแสงสว่างก่อนและหลังเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED โดยทำการวัดค่าแสงสว่างทั้งหมด 9 โซน (วัดค่าแสงสว่างบนโต๊ะเรียนทั้งหมด 9 โต๊ะ โดยภายในหนึ่งโต๊ะจะทำการวัด 3 จุดที่อยู่ในตำแหน่งต่างกันและนำมาหาค่าเฉลี่ย) ได้ผลดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11: เปรียบเทียบค่าแสงสว่างระหว่างติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED

Zone	48 W LED Panel Illuminance Level (Lux)	4x18 W Fluorescent Illuminance Level (Lux)
1	289	280
2	290	281
3	289	279
4	292	281
5	297	288
6	293	283
7	287	278
8	287	279
9	286	277
Average	**290**	**280.66**

UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ที่มา: Uydur, C. C. (2022). Comparison of LED and Fluorescent Lamps in Terms of Energy Efficiency: Vocational School Case Study. 1st International Conference on Innovative Academic Studies.

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ค่าความสว่างเฉลี่ยเมื่อติดตั้งหลอด LED สูงกว่าเมื่อติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 9.34 lux คิดเป็น 5% และเมื่อติดตั้งหลอดไฟ LED ค่าความสว่างในโซนที่ 1-6 มีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ย และในโซนที่ 5 มีค่าความสว่างมากที่สุดเพราะอยู่กึ่งกลางห้องจึงได้รับแสงสว่างมากที่สุด ในขณะเดียวกัน โซนที่ 7-9 จะมีค่าความสว่างต่ำกว่าโซนอื่น เนื่องจากได้รับผลกระทบจากคานที่ยื่นลงจากเพดาน แต่ไม่ได้มีความต่างจากโซนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งเมื่อดูในฝั่งของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ โซน 7-9 จะเห็นว่าค่าความสว่างกรณีติดตั้งหลอดไฟ LED ยังคงมากกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 8-9 lux และในแง่อายุการใช้งานจะเห็นว่าหลอดไฟ LED มีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 2.3 เท่า อีกทั้งสามารถประหยัดพลังงานได้ 40% และคืนทุนได้ใน 1.39 ปี

จึงสรุปได้ว่า ถึงแม้หลอดไฟ LED จะมีกำลังไฟฟ้า (Luminaire Power) น้อยกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ แต่ถ้าหากค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) อยู่ในระดับใกล้เคียงกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ก็จะสามารถรักษาประสิทธิภาพแสงสว่างให้ใกล้เคียงกับตอนติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ได้ รวมถึงจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย

2.9 การคำนวณเงินค่าไฟฟ้าและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

2.9.1 การคำนวณเงินค่าไฟฟ้าของกรณีศึกษาในปัจจุบัน

การคำนวณเงินค่าไฟฟ้าของกรณีศึกษาในปัจจุบัน สามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (บาท) สามารถคำนวณได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าสูงสุด x ราคาต่อหน่วย

2. ค่าพลังงาน (บาท) สามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ x ราคาต่อหน่วย

3. ค่ากองทุนพัฒนาไฟฟ้า (บาท) สามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ x ราคาต่อหน่วย

4. ค่าไฟฟ้าผันแปรหรือค่า F_t (บาท) สามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ x ราคาต่อหน่วย

5. ค่าธรรมเนียม ผู้ผลิตไฟฟ้าเป็นผู้กำหนด 312.24 บาทต่อเดือน

ซึ่ง 2 ส่วนหลักที่มีความเกี่ยวข้องหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไฟฟ้า คือ (1) ค่าพลังงาน (แบ่งเป็นช่วง Peak คือ ระยะเวลาตั้งแต่วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 09:00-22:00 น.และช่วง Off-peak คือ ระยะเวลาตั้งแต่วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22:00-09:00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการ) และ (2) ค่าไฟฟ้าผันแปรหรือค่า F_t ดังนั้นในการคำนวณค่าไฟในงานวิจัยนี้จะคำนวณจากการหาผลรวมของ 2 ส่วนหลักที่กล่าวไปข้างต้น

2.9.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

การลงทุนสร้างอาคารใหม่ที่มีการประยุกต์ใช้มาตราการประหยัดพลังงานต่าง ๆ นั้น เป็นการลงทุนด้วยเงินจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจร่วมด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนหลายวิธี แต่วิธีที่ทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษา นอกจากนี้ ยังเป็นวิธีที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานแนะนำให้สามารถนำมาใช้พิจารณาเพื่อประเมินโครงการของกองทุน เพื่อการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้ คือ วิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period : PB) ซึ่งเกณฑ์ระยะคืนทุนเป็นเป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลา

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ นั่นคือ ทำการพิจารณาจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุน สามารถคำนวณได้ดังสมการนี้ (โสพิศ ชัยชนะ, 2558)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)}}$$

2.10 ข้อมูลลักษณะของโรงงานที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษาที่ได้จากการศึกษานำร่อง (Pilot Study)

จากการสำรวจพื้นที่จริง และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากประธานคณะกรรมการด้านพลังงานของโรงงานกรณีศึกษา สามารถสรุปข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ได้ดังนี้

2.10.1 ลักษณะทางกายภาพ

1. ที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

บริษัทตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี ประกอบไปด้วยโรงงานทั้งหมด 3 โรงงานในพื้นที่บริษัทดังภาพที่ 2.10 และภาพที่ 2.11 โดยรายละเอียดปีก่อตั้งโรงงาน ได้แก่

(1) โรงงานที่ 1 ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2547

(2) โรงงานที่ 2 ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2549

(3) โรงงานที่ 3 ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2554

ลักษณะภายนอกของโรงงานแต่ละโรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม พื้นที่ใช้สอยโดยรวมทั้งหมดทั้งโรงงานอยู่ที่ 16,185.18 ตารางเมตร มีสภาพแวดล้อมโดยรอบ คือ

(1) ทิศเหนือ (ด้านหลังโรงงาน) เป็น พื้นที่ของบริษัทข้างเคียง

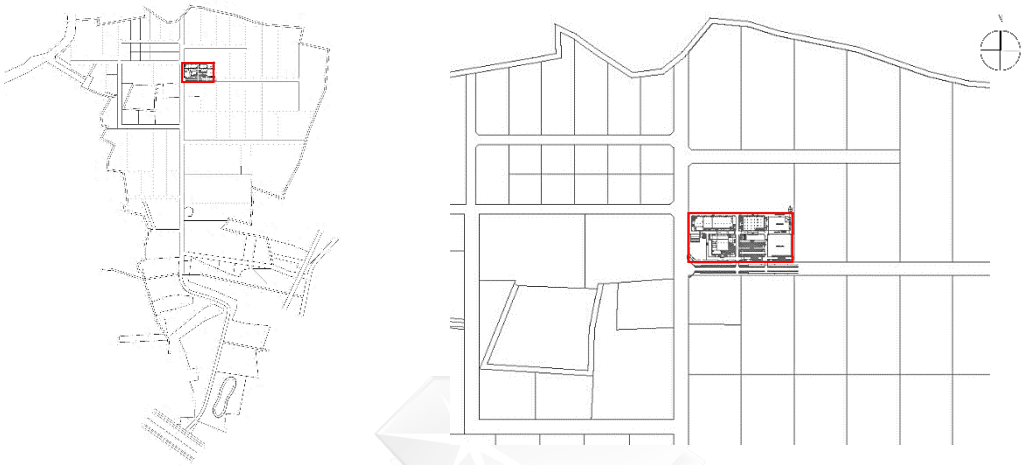
(2) ทิศใต้ (ด้านหน้าโรงงาน) เป็น ถนนภายในนิคมอุตสาหกรรม

(3) ทิศตะวันออก (ด้านข้างโรงงาน) เป็น พื้นที่ของบริษัทข้างเคียง

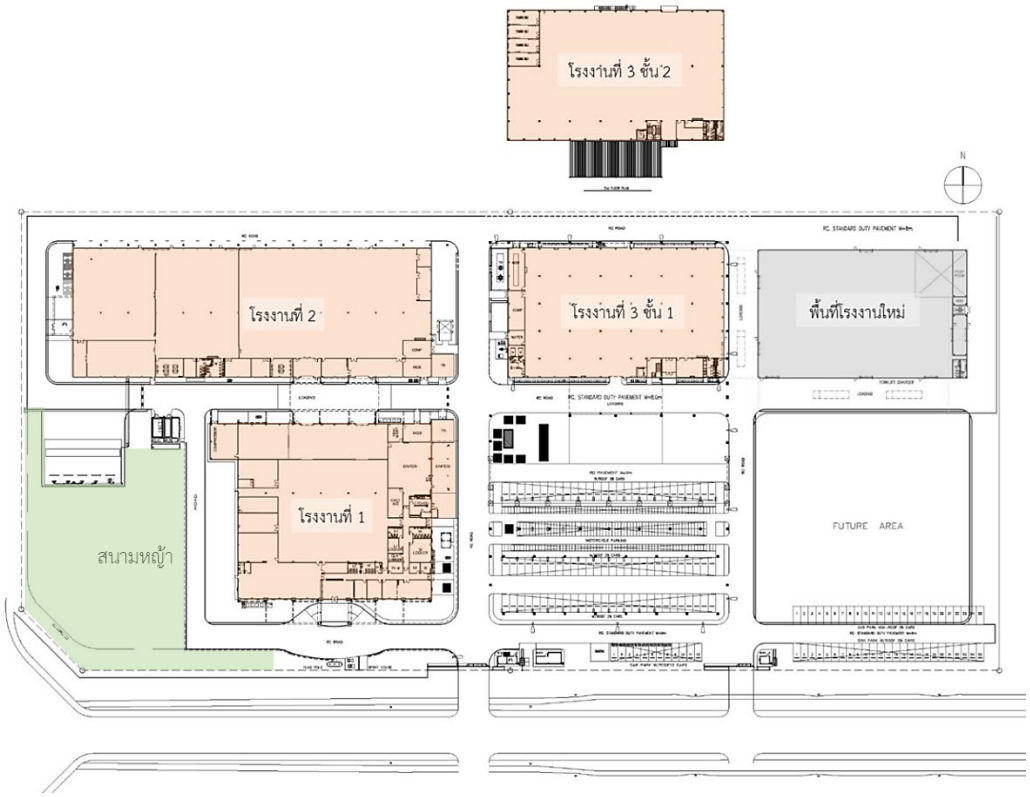
(4) ทิศตะวันออกตก (ด้านข้างโรงงาน) เป็น ถนนภายในนิคมอุตสาหกรรม

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 2.10: ที่ตั้งของโรงงานกรณีศึกษาภายในนิคมอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2.11: แผนผังมุมมองด้านบนของโรงงานที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา



2.10.2 ลักษณะการใช้โรงงาน

ลักษณะการใช้โรงงานแต่ละโรงงานสามารถสรุปออกมาได้ ดังตารางที่ 2.12 โดยสัดส่วนการใช้พื้นที่ของแต่ละโรงงานแบบพอสังเขป อ้างอิงได้ตามภาพที่ 2.12-2.15

ตารางที่ 2.12: รายละเอียดลักษณะของโรงงานแต่ละโรงงานของกรณีศึกษา

รายละเอียด		โรงงานที่ 1		โรงงานที่ 2		โรงงานที่ 3	
พื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร)	สำนักงานหลัก	876	4,468	-	5,325	-	6,393
	สำนักงานการผลิต	312		151		186	
	สำนักงานคลังสินค้า	-		-		82	
	คลังสินค้า	560		980		2,670	
	ไลน์ผลิต	1,200		3,470		2,660	
	อื่น ๆ	1,508		724		795	
พื้นที่ที่สามารถปลูกไม้ยืนต้นเพิ่มได้ (ตารางเมตร)		3,655					
จำนวนชั้น		1 ชั้น		1 ชั้น		2 ชั้น	
ความสูงโรงงาน		6.0 เมตร (Top Roof)		8.5 เมตร (Top Roof)		14.0 เมตร (Top Roof)	
สัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ประเภท 1 : 2 : 3 (โดยประมาณ)		5 : 95 : N/A					
การซื้อพลังงานไฟฟ้า	ชื่อองค์กร	องค์กรเอกชน					
	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	0.000482 tCO_2eq					
สัดส่วนการใช้พลังงาน	กระบวนการผลิต	ประกอบชิ้นส่วน	3.00%	ผลิตและประกอบชิ้นส่วน	4.50%	ประกอบชิ้นส่วน	1.20%
	ระบบสาธารณูปโภค	เครื่องปรับอากาศ	90.50%	เครื่องปรับอากาศ	89.40%	เครื่องปรับอากาศ	91.31%
		ไฟฟ้าแสงสว่าง	5.00%	ไฟฟ้าแสงสว่าง	4.80%	ไฟฟ้าแสงสว่าง	6.04%
		ระบบอัดอากาศ	0.70%	ระบบอัดอากาศ	0.50%	ระบบอัดอากาศ	0.61%
		ระบบปั๊ม	0.40%	ระบบปั๊ม	0.30%	ระบบปั๊ม	0.41%
		อื่น ๆ	0.40%	อื่น ๆ	0.50%	ระบบลิฟต์	0.10%
		-		-		อื่น ๆ	0.33%
สัดส่วน (%) การใช้งานภายในโรงงาน สำนักงาน : ไลน์ผลิต : คลังสินค้า		27 : 27: 13		3 : 65 : 18		4 : 42 : 42	
วัสดุหลักของอาคาร	หลังคา	(1) หลังคาเหล็กเมทัลชีทหนา 0.5 มม. (2) ฉนวนกันความร้อน (3) อลูมิเนียมฟอยล์ หนา 1 นิ้ว, (4) หลังคาแผ่นใส ไฟเบอร์กลาส (Skylight)				(1) หลังคาเหล็กเมทัลชีท หนา 0.5 มม. (2) ฉนวนกันความร้อน (3) อลูมิเนียมฟอยล์ หนา 1 นิ้ว	
	ผนังอาคาร	คอนกรีตบล็อค หนา 90 ซม. ฉาบปูนหนา 20 มม.พร้อมทาสีเท็กซ์เจอร์, แผ่นเหล็กเมทัลชีท กว้าง 650 มม.หนา 0.4 มม.					
จำนวนผู้ใช้งาน		199 คน		182 คน		208 คน	
วันทำการ		จันทร์ – อาทิตย์ (ตามแผนการผลิต)					

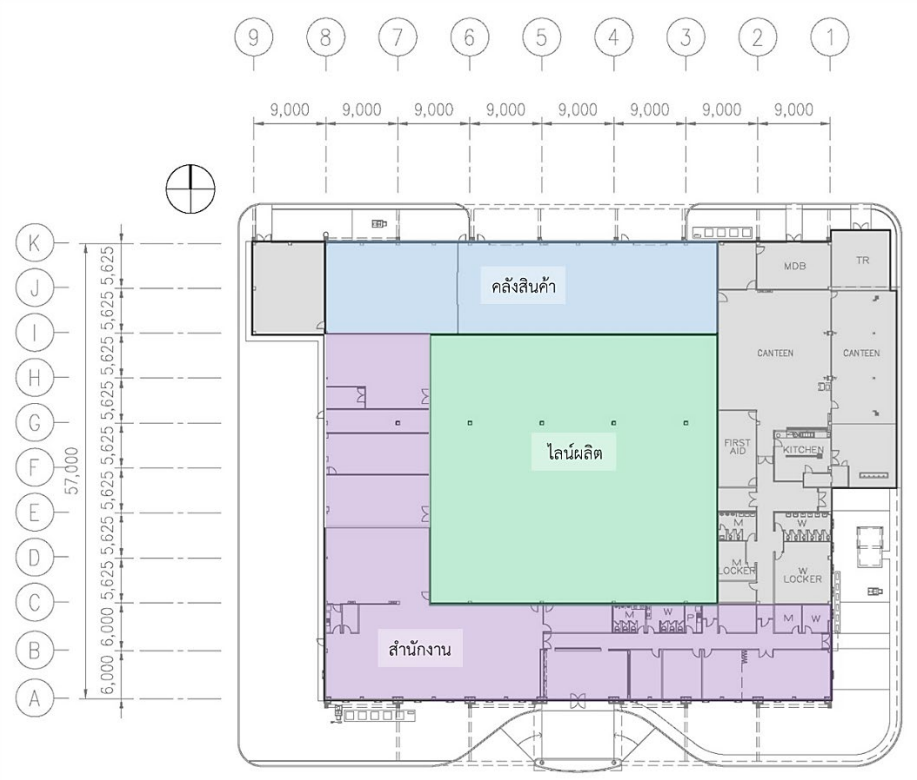
(ตารางมีต่อ)

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

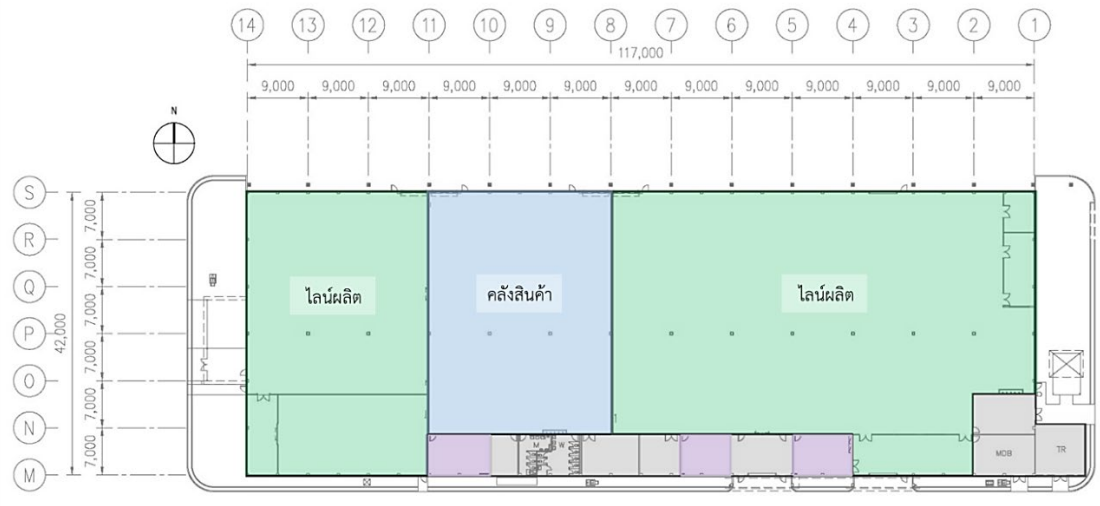
ตารางที่ 2.12 (ต่อ): รายละเอียดลักษณะของโรงงานแต่ละโรงงานของกรณีศึกษา

รายละเอียด				โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3
ชั่วโมงการทำงาน	สำนักงาน	หลัก		12 ชม.	-	-
		การผลิต		-	24 ชม.	24 ชม.
		คลังสินค้า		-	-	12 ชม.
	คลังสินค้า			12 ชม.	12 ชม.	12 ชม. (ชั้นที่ 1)
	ไลน์ผลิต			24 ชม.	24 ชม.	24 ชม. (ชั้นที่ 2)

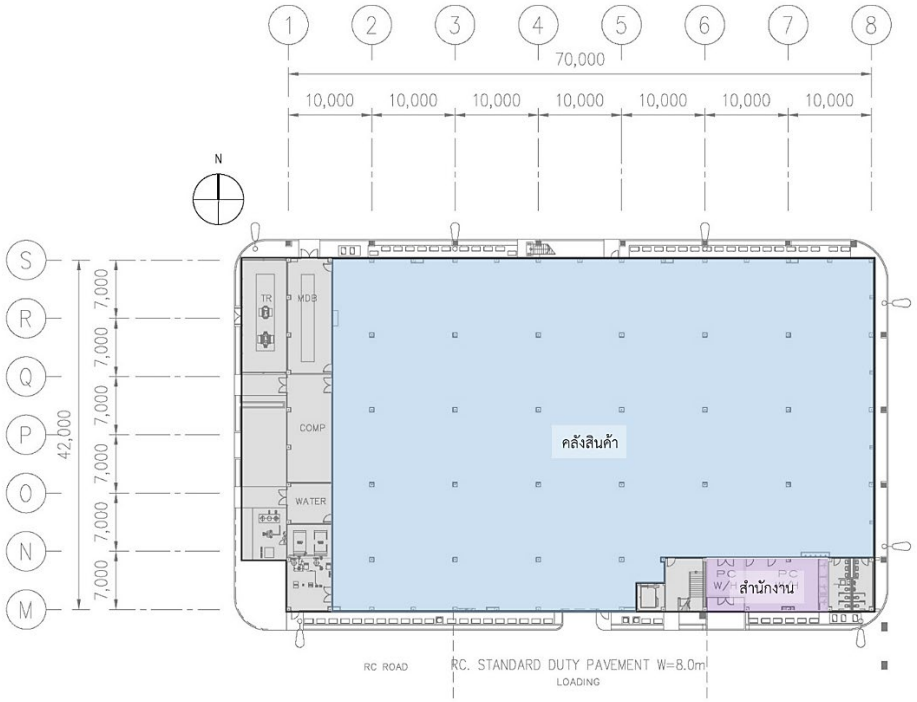
ภาพที่ 2.12: สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 1



ภาพที่ 2.13: สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 2



ภาพที่ 2.14: สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 3 ชั้น 1



ภาพที่ 2.15: สัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงงานที่ 3 ชั้น 2

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

2.10.3 ข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงาน

จากการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากประธานคณะกรรมการด้านพลังงานของโรงงาน ได้รับข้อมูลแสดงขอบเขตการเก็บข้อมูลและปริมาณก๊าซคาร์บอนของโรงงานที่เกี่ยวเนื่องกับภาคอาคารในปี พ.ศ 2565 (เมษายน พ.ศ. 2565 – มีนาคม พ.ศ. 2566) ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13: ขอบเขตการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน

ขอบเขตการเก็บข้อมูลก๊าซการปล่อยก๊าซ CO_2 ของอาคารเป้าหมาย			หมายเหตุ
ข้อมูลทั่วไป	แหล่งที่มาหลักของข้อมูล	คณะกรรมการด้านพลังงานของบริษัท	
	ปีอ้างอิง	เม.ย พ.ศ. 2565 - มี.ค. พ.ศ. 2566 (1 ปี)	
	ปีล่าสุดที่มีการประเมิน	พ.ศ. 2566	
	หลักเกณฑ์	ISO 14064-1	ประเภทที่ 1 ไม่ต้องคำนวณแยกก๊าซ (ข้อตกลงกับลูกค้า)
	การประเมินโดยบุคคลที่ 3	ไม่มี	
	ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่พิจารณา	ก๊าซ CO_2	

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.13 (ต่อ): ขอบเขตการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน

ขอบเขตการเก็บข้อมูลก๊าซการปล่อยก๊าซ CO_2 ของอาคารเป้าหมาย			หมายเหตุ
อาคารเป้าหมาย	หลักเกณฑ์ในการกำหนดอาคารเป้าหมาย	อาคารที่บริษัทควบคุมการดำเนินงาน	
	อาคารที่ทำการเก็บข้อมูล	อาคารประเภทโรงงานภายในบริษัท	
ขอบเขตการเก็บข้อมูล	ประเภทที่ 1 การปล่อย GHG ทางตรง	/	
	ประเภทที่ 2 การปล่อย GHG ทางอ้อม	/	
	ประเภทที่ 3 การปล่อย GHG ทางอ้อมอื่น ๆ	ไม่พิจารณา	ละเว้นได้ตามความสมัครใจ (ข้อตกลงกับลูกค้า)
แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซ CO_2 ในปี พ.ศ. 2565	การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงอาหารและไลน์ผลิต	/	
	การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากรถผู้บริหารและรถรับส่ง	X	ไม่เกี่ยวข้องกับภาคอาคาร
	การใช้ไฟฟ้า	/	
	การใช้แก๊สในไลน์ผลิต	/	
	การใช้ถังดับเพลิงแบบใช้ก๊าซ CO_2 (ข้อมดับเพลิง)	X	ไม่เกี่ยวข้องกับภาคอาคาร
	การรั่วไหลของน้ำยาทำความเย็น	/	
	การเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องตัดหญ้า	X	ไม่เกี่ยวข้องกับภาคอาคาร

หลังจากที่แจกแจงขอบเขตการเก็บข้อมูลแล้ว ได้มีการระบุหัวข้อพลังงานที่มีการใช้งานและกำหนดแหล่งข้อมูลและวิธีเข้าถึงข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2.14

BANGKOK UNIVERSITY
INTERNATIONAL UNIVERSITY

ตารางที่ 2.14: แหล่งการเข้าถึงข้อมูลการใช้พลังงานแต่ละประเภท

ประเภท	คำอธิบาย	พลังงาน		แหล่งข้อมูล/วิธีการเข้าถึงข้อมูล
		ชื่อย่อ	หน่วย	
ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางตรง	การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงอาหารและไลน์ผลิต	LPG	kg	เอกสารใบเสร็จที่ใช้เบิกเงินกับฝ่ายบัญชี
	การใช้แก๊สในไลน์ผลิต	Ar	kg	เอกสารบันทึกประวัติการสั่งซื้อ
		He	kg	เอกสารบันทึกประวัติการสั่งซื้อ
	การรั่วไหลของน้ำยาทำความเย็น	R-22	kg	สอบถามผู้รับผิดชอบฝ่ายซ่อมบำรุง
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางอ้อม	การใช้ไฟฟ้า	ไฟฟ้าเอกชน	kWh	บิลค่าไฟ

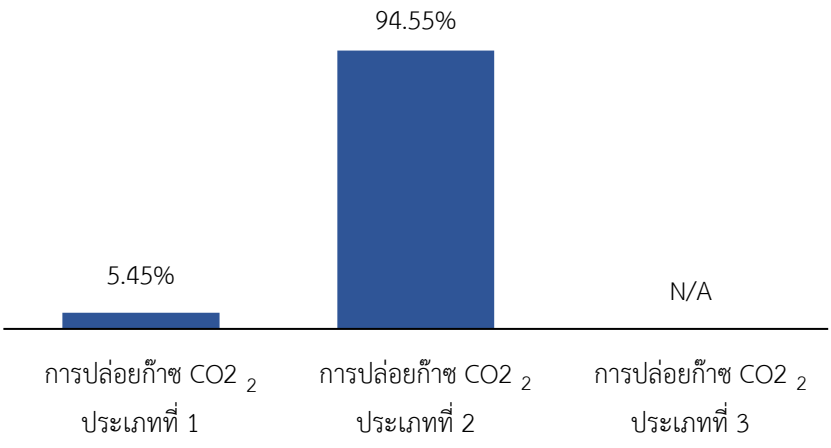
เมื่อระบุหัวข้อพลังงานที่มีการใช้งานและกำหนดแหล่งข้อมูลและวิธีเข้าถึงข้อมูลแล้ว จึงเก็บข้อมูล และนำมาคำนวนโดยการนำปริมาณการใช้มาคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ดังแสดงในตารางที่ 2.15 และภาพที่ 2.16

ตารางที่ 2.15: ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน

ประเภท	คำอธิบาย	ชื่อพลังงาน	ปริมาณการใช้		ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		ปริมาณการการปล่อยก๊าซ CO_2	สัดส่วน
					($kgCO_2eq$)	(tCO_2eq)	(tCO_2eq)	(%)
ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางตรง	การเผาไหม้เชื้อเพลิง	LPG	10,032	kg	3.1134	0.0031134	31.23	0.76
	การใช้แก๊สในไลน์ผลิต	Ar	-	kg	-	-	-	-
		He	3,591	m^3	-	-	-	-
	การรั่วไหลของน้ำยาทำความเย็น	R-22	109.60	kg	1,760.0000	1.7600000	192.90	4.69
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซ CO_2 ทางอ้อม	การใช้ไฟฟ้า	ไฟฟ้าเอกชน	8,065,409	kWh	0.4820	0.0004820	3,887.53	94.55
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งหมด							4,111.66	100%

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 2.16: เปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน



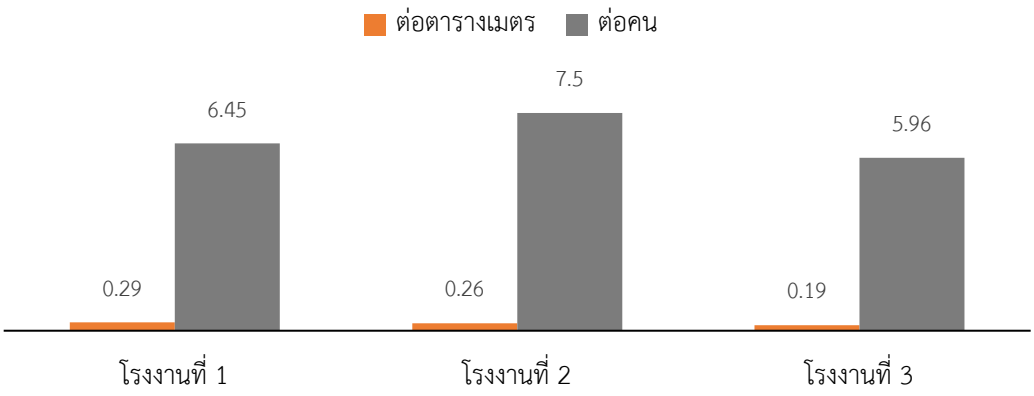
จากตารางที่ 2.15 และภาพที่ 2.16 จะพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยรวมอยู่ที่ 4,111.66 tCO_2eq โดยปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้ามีสัดส่วนมากที่สุดถึง 94.55% ซึ่งหากลองมาแจกแจงเพื่อดูปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน จะพบว่าโรงงานที่ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้า ต่อปี ต่อตารางเมตรต่อปี และต่อคนต่อปี น้อยที่สุด ดังแสดงในตาราง 2.16 และภาพที่ 2.17 ซึ่งมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นโรงงานต้นแบบ เพื่อหามาตรการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าให้น้อยลงอีก

ตารางที่ 2.16: ข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ประเภทที่ 2 จากการใช้ไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน พ.ศ. 2565

คำอธิบาย		โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3
พื้นที่ (ตร.ม.)		4,468	5,325	6,393
จำนวนชั้น		1 ชั้น	←	2 ชั้น
แหล่งที่ตั้ง		ในนิคมอุตสาหกรรม	←	←
วัตถุประสงค์อาคาร		โรงงาน คลังสินค้า สำนักงาน	←	←
จำนวนพนักงานทั้งหมด (คน)		199	182	208
แหล่งที่มาของไฟฟ้า		ซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตภาคเอกชน		
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)		2,661,585.01	2,830,958.60	2,572,865.51
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้า (tCO_2eq)	/ปี	1,282.88	1,364.52	1,240.12
	/ตร.ม./ปี	0.29	0.26	0.19
	/คน/ปี	6.45	7.50	5.96

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 2.17: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าใน 1 ปีของแต่ละโรงงาน
(หน่วย: tCO_2eq)



เมื่อทำการแจกแจงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในโรงงานที่ 3 พบว่าการใช้ไฟฟ้าเพื่อระบบสาธารณูปโภคมีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็น 98.8% และการใช้ไฟฟ้าจากกระบวนการผลิต 1.2% ดังแสดงในตารางที่ 2.17และภาพที่ 2.18 และจะเห็นได้ว่า ในหัวข้อสาธารณูปโภคนั้น หมวดที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด 2 อันดับแรก คือเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คิดเป็น 91.31% และ 6.04% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงงานที่ 3 ทั้งหมด ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.17 และภาพที่ 2.19

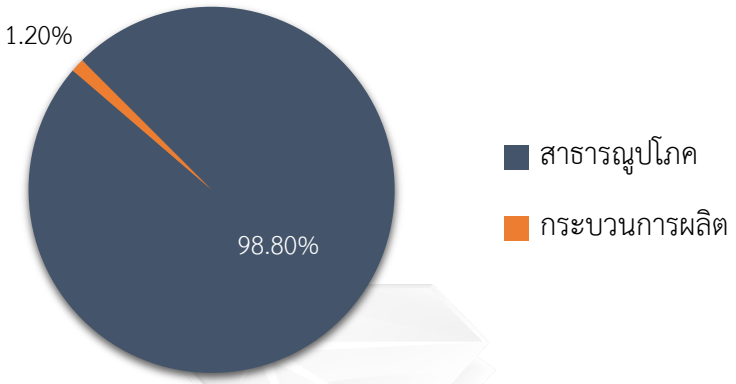
ตารางที่ 2.17: ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าโรงงานที่ 3 พ.ศ. 2565

ประเภท	แหล่งการใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปี		ค่าไฟฟ้าต่อปี [1]	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี
		kWh	สัดส่วน (%)	บาท	tCO_2eq
สาธารณูปโภค	เครื่องปรับอากาศ	2,349,283.50	91.31%	12,258,353	1,132.35
	ไฟฟ้าแสงสว่าง	155,401.08	6.04%	810,869	74.90
	ระบบอัดอากาศ	15,694.48	0.61%	81,892	7.56
	ระบบปั๊มน้ำ	10,548.75	0.41%	55,042	5.08
	ระบบลิฟต์	2,572.87	0.10%	13,425	1.24
	อื่นๆ	8,490.46	0.33%	44,302	4.09
	รวม	2,541,991.12	98.80%	13,263,885	1,225.24
กระบวนการผลิต	เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต	30,874.39	1.20%	161,100	14.88
	รวม	30,874.39	1.20%	161,100	14.88
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า		2,572,865.51	100%	13,424,985	1,240.12

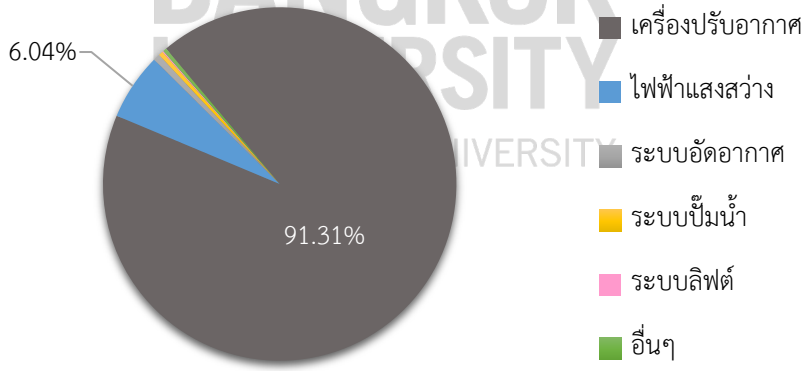
BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

หมายเหตุ [1] คำนวณโดยใช้ค่าพลังงานเฉลี่ย 5.2179 บาท/kWh ซึ่งค่าเฉลี่ยคำนวณจาก การใช้ไฟฟ้าช่วง Peak (วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 09:00-22:00 น. รวม 246 วันต่อปี) 4.1839 บาท/kWh, การใช้ไฟฟ้าช่วง Off-peak (วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22:00-09:00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการ ทั้งวัน รวม 119 วันต่อปี) 2.6037 บาท/kWh และค่า Ft. 1.5492 บาท/kWh (อ้างอิงอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง/การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกาศ ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2566)

ภาพที่ 2.18: เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคและกระบวนการของโรงงานที่ 3



ภาพที่ 2.19: เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคแต่ละหัวข้อของโรงงานที่ 3



2.10.4 นโยบายด้านพลังงานของโรงงานใน พ.ศ. 2567

1. นโยบายด้านการประหยัดพลังงานสำหรับกระบวนการผลิต

ปิดเครื่องจักรกรณีที่ไม่ใช้งาน หรือปรับเครื่องจักรให้เข้าสู่โหมด Stand by กรณีหยุดในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น เวลาพักเบรค

2. นโยบายด้านการประหยัดพลังงานสำหรับระบบสาธารณูปโภค

(1) นโยบายที่เกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ

ตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์และนโยบายด้านพลังงาน นอกจากตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25±3^{0}C ในโซนสำนักงานและไลน์ผลิต และอุณหภูมิ 27±3 ^{0}C ในโซนคลังสินค้า (ยกเว้นเฉพาะห้อง Laboratory จะตั้งค่ามาตรฐานที่ 23^{0}C±2) แล้ว ยังมีนโยบายปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักเบรค โดยแยกตามพื้นที่ ดังนี้

ตารางที่ 2.18: สรุปเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศตามนโยบายด้านพลังงาน

ชื่อพื้นที่	ระยะเวลาที่ใช้งานพื้นที่ต่อวัน	ระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศต่อวัน	ระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศต่อวัน
สำนักงานหลัก	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
สำนักงานการผลิต	24 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางวัน	2 ชม.
		ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางคืน	
ห้องฝึกอบรม	8 ชม. (2 วัน/สัปดาห์)	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
สำนักงานคลังสินค้า	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
คลังสินค้า	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
ไลน์ผลิต	24 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางวัน	2 ชม.
		ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางคืน	
ห้องประชุม/อื่นๆ	ขึ้นอยู่กับสถานการณ์	เปิดเฉพาะมีการใช้งาน และปิดทุกครั้งเมื่อไม่มีการใช้ห้อง	

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

(2) นโยบายที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

1. ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างช่วงพักเบรค โดยแยกตามพื้นที่ ดังนี้

ตารางที่ 2.19: สรุปเวลาการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างตามนโยบายด้านพลังงาน

ชื่อพื้นที่	ระยะเวลาที่ใช้งานพื้นที่ต่อวัน	ระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศต่อวัน	ระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศต่อวัน
สำนักงานหลัก	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
สำนักงานการผลิต	24 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางวัน	2 ชม.
		ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางคืน	
ห้องฝึกอบรม	8 ชม. (2 วัน/สัปดาห์)	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
สำนักงานคลังสินค้า	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
คลังสินค้า	12 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม.	1 ชม.
ไลน์ผลิต	24 ชม.	ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางวัน	2 ชม.
		ช่วงพักเบรค 1 ชม./กะกลางคืน	
ห้องประชุม/อื่นๆ	ขึ้นอยู่กับสถานการณ์	เปิดเฉพาะมีการใช้งาน และปิดทุกครั้งเมื่อไม่มีการใช้ห้อง	

(3) นโยบายที่เกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน

ระหว่าง พ.ศ. 2566 – 2568 มีแผนการปรับปรุงระบบแสงสว่างพื้นฐานให้ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ไฟแสงสว่างอาคารจอดรถ, ไฟแสงสว่างถนน และไฟแสงสว่างภายนอกอาคาร เป็นต้น รวมถึงอยู่ในช่วงศึกษาเพื่อยื่นของบประมาณสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2568

2.11 บทสรุปจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงองค์ความรู้ต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.20: สรุปข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

หัวข้อวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย
ความรู้ทั่วไปของอาคารที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิ	1. สร้างจุดอ้างอิงของการปล่อยก๊าซ CO_2 ก่อนดำเนินการออกแบบอาคาร 2. การออกแบบอาคารภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอนจำเป็นต้องสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยก๊าซ CO_2 และการดูดซับ (กักเก็บ)
การสร้างจุดอ้างอิงโดยการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรประเภทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	1. การเก็บข้อมูลการปล่อยคาร์บอนต้องแยกประเภทออกเป็นสามประเภท 2. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้นำปริมาณการใช้พลังงานมาคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ
การสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 โดยการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน	1. ปัจจัยสำคัญในการสร้างสมดุลระหว่างการปล่อยและการลดก๊าซ CO_2 คือ อาคารประหยัดพลังงาน 2. ลดการใช้พลังงานของอาคารให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยใช้เงินลงทุนน้อย แล้วจึงใช้วิธีที่ต้องใช้เงินลงทุนมากตามลำดับ 3. อาคารที่ไม่มีมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกมาเลยยังเป็นไปไม่ได้ ณ ขณะนี้
การหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการการสร้างแหล่งดักจับ	1. สามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ที่ยังคงถูกปล่อยออกมาจากภาคอาคารได้โดยการปลูกไม้ยืนต้นที่สามารถคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้

(ตารางมีต่อ)

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 2.20 (ต่อ): สรุปข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

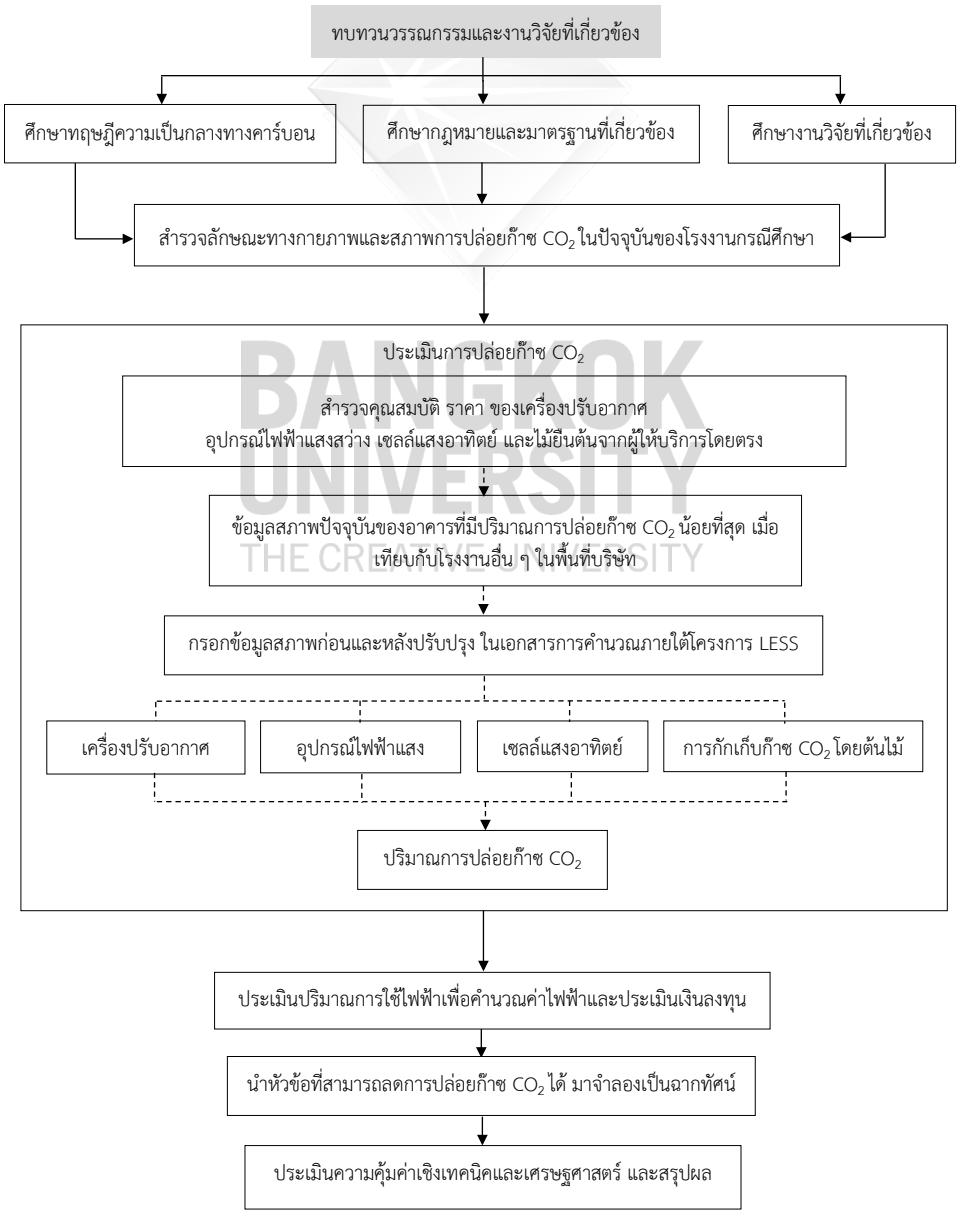
หัวข้อวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ข้อค้นพบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย
กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	1. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน และการเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง เป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงานควบคุมตามกฎหมาย 2. การใช้อุปกรณ์แสงสว่างต้องคำนึงถึงค่าความเข้มของแสงสว่างซึ่งแยกตามวัตถุประสงค์การใช้พื้นที่ภายในโรงงานตามกฎหมาย
กรณีศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1. ประเภทระบบของเครื่องปรับอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ 2. เครื่องปรับอากาศชนิด Inverter และ Non-inverter ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานต่างกัน 3. หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์และประเภท LED ส่งผลต่อการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่างกัน 4. ถ้ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟ LED เท่ากัน แต่ค่าฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ LED มากกว่าจะทำให้ค่าความสว่างเมื่อติดตั้งหลอดไฟ LED มากกว่า 5. เมื่อติดตั้งหลอดไฟ LED ที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ แต่ฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน (LED > FLu 200 lm) จะมีค่าความสว่างในพื้นที่ใช้งานมากกว่า 10 lux โดยเฉลี่ย หรือคิดเป็น 5%
การคำนวณเงินค่าไฟฟ้าและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์	1. ตัวแปรที่จะต้องนำมาใช้เพื่อคำนวณเงินค่าไฟฟ้า 2. โครงการที่จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนมาก จำเป็นต้องพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบการตัดสินใจ 3. วิธีประเมินความคุ้มค่าด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period : PB) เป็นวิธีคำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อการออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี มีแนวทางการดำเนินการวิจัย ตามแผนภาพดังนี้

ภาพที่ 3.1: ผังแสดงความเชื่อมโยงขั้นตอนการวิจัย



การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาการออกแบบโรงงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยใช้โรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี เป็นกรณีศึกษา ซึ่งในการศึกษาวิจัยจะมุ่งเน้นในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งจากการศึกษานำร่องพบว่าเป็นหัวข้อที่เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมามากที่สุด รวมถึงมุ่งเน้นในหัวข้อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (เซลล์แสงอาทิตย์) เพื่อลดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้า และการกักเก็บก๊าซ CO_2 โดยการปลูกไม้ยืนต้น ตามทฤษฎีความเป็นกลางทางคาร์บอน ในงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงไม้ยืนต้นสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2 มาคำนวณปริมาณการปล่อยหรือกักเก็บก๊าซ CO_2 ผ่านเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS และจากนั้นจะเป็นการคำนวณหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกมาตรการในการออกแบบอาคารลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยในบทนี้จะเป็นการนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย ซึ่งมีดังต่อไปนี้

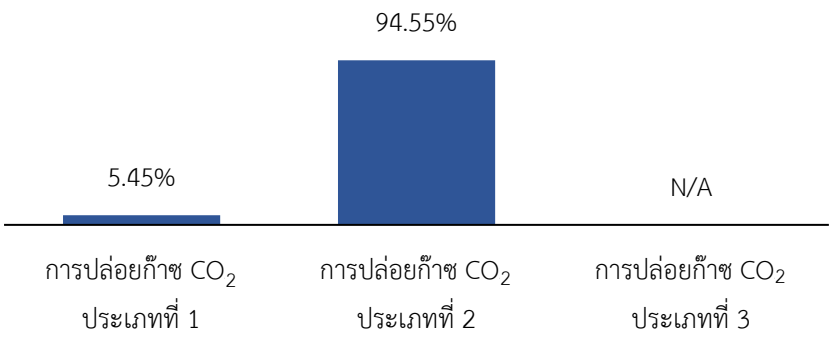
3.1 การกำหนดตัวแปรงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและศึกษานำร่อง สามารถกำหนดตัวแปรในการวิจัยได้ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรต้น

จากการศึกษานำร่องเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซ CO_2 ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.9.3 ทำให้ค้นพบว่าจากข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกี่ยวข้องกับภาคอาคารของบริษัท ชี้ให้เห็นว่า การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้ามีสัดส่วนมากที่สุดถึง 94.55% ตามภาพที่ 3.2

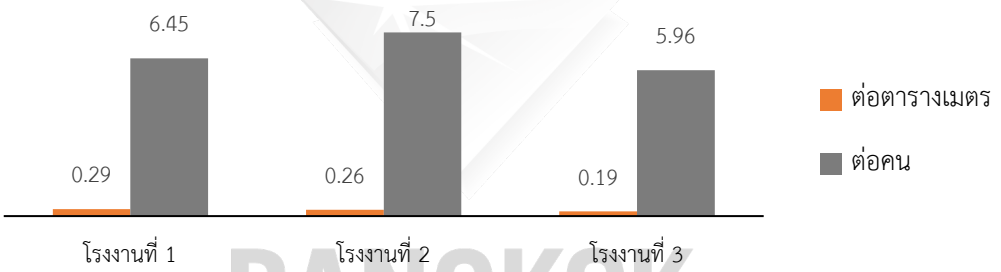
ภาพที่ 3.2: เปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 พ.ศ. 2565 รวมทั้ง 3 โรงงาน



BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

และจากข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าแยกตามแต่ละโรงงานภายในพื้นที่บริษัท พบว่า โรงงานที่ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้า ต่อปีต่อตารางเมตรต่อปี และต่อคนต่อปี น้อยที่สุด ดังปรากฏในภาพที่ 3.3 ดังนั้นในการเลือกโรงงานขึ้นมา 1 โรงงานเพื่อเป็นต้นแบบที่ดีในการสร้างโรงงานแห่งใหม่ ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าควรเลือก โรงงานที่ 3 (โรงงานอ้างอิง) และค้นหามาตรการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าในโรงงานดังกล่าวให้น้อยลงอีก เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างโรงงานใหม่ที่ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากภาคอาคารน้อยกว่าทั้ง 3 โรงงานที่ตั้งอยู่ในปัจจุบัน

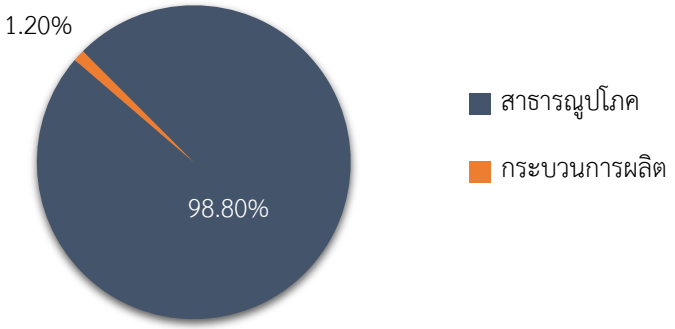
ภาพที่ 3.3: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าใน 1 ปีของแต่ละโรงงาน (หน่วย: tCO_2eq)



BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

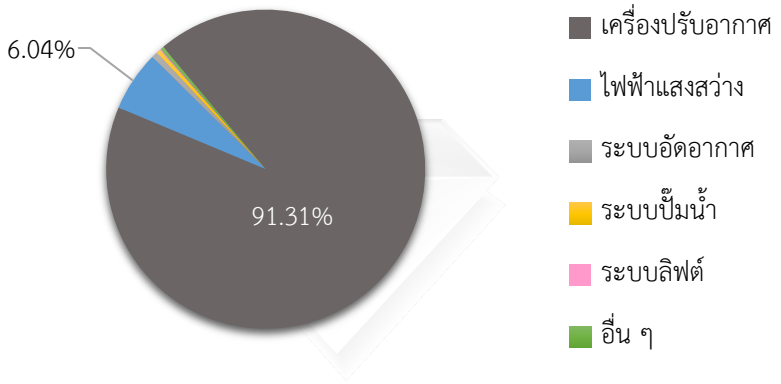
ดังนั้น เพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอ้างอิง จึงมุ่งเน้นไปยังการใช้ไฟฟ้าในระบบสาธารณูปโภคซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็น 98.80% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานอ้างอิง ดังปรากฏในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4: สัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคและกระบวนการของโรงงานอ้างอิง



โดยเมื่อเจาะจงในรายละเอียดการใช้ไฟฟ้าในระบบสาธารณูปโภค พบว่า หัวข้อที่มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด 2 อันดับแรก คือ เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ดังปรากฏในภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5: เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างการใช้ไฟฟ้าของสาธารณูปโภคแต่ละหัวข้อของโรงงานอ้างอิง



จากข้อมูลดังที่กล่าวไปข้างต้น ดังนั้นในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวแปรต้นที่มีความสอดคล้องกับหัวข้อที่มีการการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในโรงงานอ้างอิง และสอดคล้องกับหลักแนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน ทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่

1. เครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศเป็นหัวข้อที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด โดยผู้วิจัยเลือกรูปแบบของเครื่องปรับอากาศโดยอ้างอิงจากบททบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าประเภทเครื่องปรับอากาศที่ปล่อยก๊าซ CO_2 เรียงจากน้อยไปมาก คือ ระบบ Direct Expansion (VRF), ระบบ Air Cooled (VAV), ระบบ Water Cooled (Water Chiller) และ ระบบ Direct Expansion (Split) ตามลำดับ นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศชนิด Inverter ยังมีการทดลองแล้วว่าประหยัดพลังงานมากกว่าชนิด Non-inveter ทั้งนี้เครื่องปรับอากาศแต่ละรูปแบบมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์มากน้อยต่างกัน เพราะฉะนั้นในการคำนวณ จึงเลือกพิจารณาเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 รูปแบบ โดยจะศึกษากรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจากเดิมที่เป็นระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Non-inverter เป็นเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท ดังนี้

(1) ระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter

(2) ระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter

(3) ระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ชนิด Inverter

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

(4) ระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหัวข้อที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมามากที่สุดเป็นอันดับสอง รองจากเครื่องปรับอากาศ โดยผู้วิจัยเลือกรูปแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างจากบททบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า หลอดไฟประเภท LED มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน มากกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ โดยเมื่อติดตั้งหลอดไฟประเภท LED ที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์แต่ฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน พื้นที่ ที่มีการติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จะมีค่าความสว่างในพื้นที่ใช้งานมากกว่าเล็กน้อย เพราะฉะนั้นในการคำนวณจะพิจารณากรณีเปลี่ยนจากหลอดไฟแบบเดิมที่เป็นประเภทฟลูออเรสเซนต์ที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,240 lm กำลังไฟฟ้า 36 W และค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 1,350 lm กำลังไฟฟ้า 18 W ในบางพื้นที่ เป็นประเภทหลอดไฟ ดังต่อไปนี้

(1) หลอดไฟประเภท LED ฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23W

3. อุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

จากการศึกษานำร่อง ได้รับข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทางโรงงานกำลังอยู่ในช่วงพิจารณาติดตั้งในอนาคตเพื่อปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน ประกอบกับการเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง เป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ดังนั้นจึงกำหนดตัวแปรในหัวข้ออุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ดังนี้

(1) ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง ไว้ที่หลังคาของโรงงาน

(2) ไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ใด ๆ

4. ไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2

จากการบททบทวนวรรณกรรม พบว่าการหักลบการปล่อยก๊าซ CO_2 ถือเป็นหนึ่งกิจกรรมในทฤษฎีการออกแบบอาคารภายใต้ความเป็นกลางทางคาร์บอน ประกอบกับจากการศึกษานำร่องโรงงานกรณีศึกษา พบว่า โรงงานมีความประสงค์ที่จะปลูกต้นลีลาวดี หรือ *Plumeria obtusa L.* (ต่อจากนี้จะเรียกว่า ลีลาวดี เพียงชื่อเดียว) เนื่องจากพรรณไม้ยืนต้นประมาณ 95% ที่มีการปลูกในพื้นที่โรงงานส่วนใหญ่เป็นต้นลีลาวดี ซึ่งถูกมองว่าเป็นไม้ยืนต้นประจำบริษัท โรงงานจึงมีความประสงค์ที่จะสนับสนุนให้มีการปลูกต้นลีลาวดีภายในโรงงาน อีกทั้งในปัจจุบันมีพื้นที่สนามหญ้าฝั่งทิศตะวันตกของบริษัทที่สามารถปลูกไม้ยืนต้นได้จำนวนมาก ซึ่งโรงงานมีการพิจารณาที่จะทำเป็นสนามหรือสวนสำหรับออกกำลังกายให้พนักงาน เป็นสวัสดิการหนึ่งของบริษัท ดังนั้นไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 ที่จะนำมาใช้คำนวณ คือ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

(1) ต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตร เมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

3.1.2 ตัวแปรตาม

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2

การเปลี่ยนแปลงประเภทของเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และการติดตั้งหรือไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงการปลูกไม้ยืนต้น จะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงาน

2. งบประมาณที่ใช้ในการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน

ในการนำแต่ละตัวแปรเข้ามาใช้ในโรงงาน จะมีปริมาณของเงินที่ลงทุนและระยะเวลาคืนทุนต่างกันออกไป ซึ่งเงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุนเป็นหัวข้อหลักอีกหนึ่งหัวข้อที่สถานประกอบการ เช่น โรงงาน จะต้องพิจารณาหากจะลงทุนโครงการใดโครงการหนึ่ง เพราะฉะนั้นจึงพิจารณาปัจจัยนี้ร่วมด้วย

3.1.3 ตัวแปรแทรกซ้อน

1. การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

หากพิจารณาคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์จะพบว่าในแต่ละปีจะมีการเสื่อมสภาพซึ่งส่งผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำให้ลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้น้อยลง แต่เพื่อเป็นการกระชับการศึกษาวิจัยให้อยู่ในขอบเขตการประเมินผลโดยใช้เครื่องมือการวิจัยที่กำหนด จึงไม่ได้นำอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในคำนวณร่วมด้วย แต่จะมีการแนบผลการคำนวณไว้ในส่วนของภาคผนวก

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

3.1.4 ตัวแปรควบคุม

ในการออกแบบโรงงานหนึ่ง ๆ จะไม่พิจารณาเฉพาะระบบสาธารณูปโภค อย่างเช่น เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ หรือไม้ยืนต้นเท่านั้น แต่จำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งตัวแปรดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ และเพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ จึงกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ นอกจากที่ระบุในหัวข้อตัวแปรต้น มีลักษณะเหมือนกับโรงงานที่ 3 ซึ่งเป็นโรงงานต้นแบบ (โรงงานอ้างอิง) ในการสร้างโรงงานใหม่ทั้งหมด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS

เอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS อยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel สามารถดาวน์โหลด

ได้ที่เว็บไซต์หลักของโครงการ LESS ที่จัดทำขึ้นโดย อบก. (https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document.html) ซึ่งโครงสร้างของเอกสารการคำนวณแต่ละโครงการจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะกิจกรรม เป็นส่วนที่อธิบายประเภทของกิจกรรม ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย ก๊าซเป้าหมายในการดำเนินโครงการ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม เป็นส่วนที่ผู้ดำเนินโครงการจะต้องกรอกข้อมูลรายละเอียดของสิ่งที่ดำเนินการ และหากเป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีการแยกชีทเป็น 2 ชีท คือ กรณีที่ผู้ดำเนินโครงการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง (ระบุต่อท้ายชื่อชีทว่า “สายส่ง”) และกรณีที่ซื้อจากผู้ผลิตไฟฟ้าอื่นที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง (ระบุต่อท้ายชื่อชีทว่า “Captive”) โดยผู้ดำเนินโครงการจะต้องเลือกกรอกชีทที่ตรงกับลักษณะการซื้อไฟฟ้าในปัจจุบัน

ส่วนที่ 3 สรุปผลการประเมิน เป็นส่วนที่แสดงผลการคำนวณ โดยจะแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (กรณีที่ยังไม่ได้ดำเนินโครงการ) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ และปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ซึ่งแสดงผลในหน่วย $kgCO_2eq$

ส่วนที่ 4 อ้างอิง เป็นส่วนที่แสดงสมการที่ใช้คำนวณ และแหล่งที่มาของสมการ

โดย อบก. (2566) ได้จัดทำเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ประเมินผลปริมาณการปล่อยหรือการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้โดยมีความสอดคล้องกับตัวแปรต้นทั้ง 4 ตัวแปร ได้แก่

1. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม เป็นกิจกรรมภายใต้โครงการด้านพลังงาน รหัสเอกสาร LESS-EE-25 เวอร์ชั่น 9 มีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะกิจกรรม มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 3.1: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศ

ประเภทกิจกรรม	ประเภทการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน
ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	1.ติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม
	2.เครื่องปรับอากาศใหม่ที่ติดตั้งต้องมีขนาด (หน่วย BTU) ที่ใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศเดิม
	3.การติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปรับอากาศในบริเวณที่ติดตั้ง
ก๊าซเป้าหมายกรณีฐานและจากการดำเนินโครงการ	ก๊าซ CO_2

BANGKOK UNIVERSITY
THE CRE/ UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม รายละเอียดที่ต้องกรอกข้อมูลและตัวอย่างเอกสาร เป็นไปตามตารางที่ 3.2 ซึ่งจะต้องนำมากรอกลงในเอกสารคำนวณ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศ

ชื่อชีท	3.ข้อมูลกิจกรรม Inv_captive	
รายละเอียดโครงการ	ติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง	
ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการกรอกข้อมูล	(1) ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่	บีทียู
	(2) จำนวนที่เปลี่ยน	ตัว
	(3) ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม	(บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)
	(4) ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่	(บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)
	(5) ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	ชั่วโมงต่อวัน
	(6) จำนวนวัน	วัน
	(7) รวมชั่วโมงการใช้งาน	ชั่วโมง
	(8) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้	$kgCO_2eq$

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3: ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อเครื่องปรับอากาศ

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

หมายเหตุ 1) ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบ Inverter (SEER) ดูได้จากฉลากประหยัดไฟที่ติดบนเครื่องปรับอากาศ

2) กรณีไม่ทราบค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม ให้ใช้ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศต่ำสุดที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 (EER = 10.6 บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ [ ] $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1								-	-	-
2								-	-	-
3								-	-	-
4								-	-	-
5								-	-	-
6								-	-	-
7								-	-	-
8								-	-	-
9								-	-	-
10								-	-	-
รวม								-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อเครื่องปรับอากาศเดิม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/541-less-ee-25.html

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ส่วนที่ 3 สรุปผลการประเมิน สามารถดูผลการคำนวณที่ออกมาในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซ $kgCO_2eq$ ได้ที่ชีทประเมินผล ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4: เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้อเครื่องปรับอากาศ

กรณีใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
-	=	-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อเครื่องปรับอากาศเดิม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/541-less-ee-25.html

ส่วนที่ 4 อ้างอิง แสดงสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังตารางที่ 3.5 และ 3.6

BANGKOK UNIVERSITY

ตารางที่ 3.5: สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อเครื่องปรับอากาศภายใต้โครงการ LESS

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$) - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	= $(BTU_{new} / EER_{old}) \times N\ air \times h \times EF_{elec} /1000$
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	= $(BTU_{new} / EER_{new}) \times N\ air \times h \times EF_{elec} /1000$ = $(BTU_{new} / ((-0.02*SEER^2)+(1.12*SEER))) \times N\ air \times h \times EF_{elec} /1000$

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อเครื่องปรับอากาศเดิม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/541-less-ee-25.html

ตารางที่ 3.6: แสดงรายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อ เครื่องปรับอากาศภายใต้โครงการ LESS

ลำดับ	ตัวแปร	รายละเอียด	แหล่งที่มาข้อมูล	หน่วย	ค่า
1	BTU_{new}	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่	ตรวจสอบจาก Spec. ของอุปกรณ์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	บีทียู	บันทึก
2	EER_{old}	ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศเดิม	ตรวจสอบจาก Spec. ของอุปกรณ์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง	บันทึก
3	EER_{new}	ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศใหม่	ตรวจสอบจาก Spec. ของอุปกรณ์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง	บันทึก
4	$SEER_{new}$	ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศใหม่ (สำหรับ Inverter)	ตรวจสอบจาก Spec. ของอุปกรณ์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง	บันทึก
5	Comp	อัตราส่วนการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (หากไม่ทราบใช้ค่าเท่ากับ 75)	ตรวจสอบจาก Spec. ของอุปกรณ์, ตรวจวัด	%	บันทึก
6	N air	จำนวนเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยนทดแทนของเดิม	บันทึกการตรวจนับ, แบบแปลน/แผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์แสงสว่าง, เอกสารจากตรวจรับงาน, รูปภาพ	ชุด	บันทึก
7	h	จำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศใหม่ตลอดช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรอง	จำนวนวันทำงานขององค์กร หรือบันทึกจำนวนชั่วโมงการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ, Timer ควบคุมการเปิด-ปิด	ชั่วโมง	บันทึก
8	EF_{elec}	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่ง สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า	รายงานผลการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยฉบับล่าสุด โดย อบก.	$kgCO_2eq$/kWh	
9	1000	ค่าแปลงหน่วยจาก วัตต์ เป็นกิโลวัตต์			
10	$EF_{captive}$	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น	รายงาน ผู้ผลิตไฟฟ้า (หากไม่ทราบ ให้ใช้ค่า 0.319 $kgCO_2eq$/kWh อ้างอิงจากโครงการ JCM วิธีการคำนวณ TH_AM001 Installation of Solar PV System Ver2.0)	$kgCO_2eq$/kWh	

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อเครื่องปรับอากาศเดิม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/541-less-ee-25.html

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

2. การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

เป็นกิจกรรมภายใต้โครงการด้านพลังงาน รหัสเอกสาร LESS-EE-03 เวอร์ชั่น 9 มีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะกิจกรรม มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 3.7: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

ประเภทกิจกรรม	ประเภทการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน
ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	1.มีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเดิมเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างใหม่ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้นเพื่อลดการพลังงานไฟฟ้า เช่น การเปลี่ยนประเภทหลอดไฟ การเปลี่ยนประเภทบัลลาสต์
	2.เป็นการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างบางส่วนหรือทั้งหมด
	3.ไม่นับรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีการใช้งานจากพื้นที่อื่นแล้วนำมาติดตั้งในพื้นที่โครงการ
	4.ค่าความส่องสว่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนด หรือมาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย
ก๊าซเป้าหมายกรณีฐานและจากการดำเนินโครงการ	ก๊าซ CO_2

ส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม รายละเอียดที่ต้องกรอกข้อมูล ได้แก่

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 3.8: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

ชื่อชีท	ข้อมูลกิจกรรม (ไฟฟ้า captive)	
รายละเอียดโครงการ	เปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ	
ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการกรอกข้อมูล	(1) ชื่อพื้นที่ที่ติดตั้ง	-
	(2) ประเภทหลอด/บัลลาสต์เดิม	-
	(3) จำนวนหลอดเดิม	ชุด
	(4) กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์เดิม	วัตต์
	(5) ประเภทหลอด/บัลลาสต์ใหม่	-
	(6) จำนวนหลอดใหม่ที่เปลี่ยนใหม่	ชุด
	(7) กำลังไฟฟ้าของหลอดใหม่และบัลลาสต์ที่เปลี่ยนใหม่	วัตต์
	(8) ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	ชั่วโมงต่อวัน
	(9) จำนวนวัน	วัน
	(10) รวมชั่วโมงการใช้งาน	ชั่วโมง
	(11) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้	$kgCO_2eq$

ตารางที่ 3.9: ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ _____ $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี).....													
ลำดับ	รายละเอียด	ประเภทหลอด/บัลลาสต์เดิม	จำนวนหลอดเดิม (ชุด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์เดิม (วัตต์)	ประเภทหลอด/บัลลาสต์ใหม่	จำนวนหลอดใหม่ที่เปลี่ยนใหม่ (ชุด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดใหม่และบัลลาสต์ที่เปลี่ยนใหม่ (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1											-	-	-
2											-	-	-
3											-	-	-
4											-	-	-
5											-	-	-
6											-	-	-
7											-	-	-
8											-	-	-
9											-	-	-
10											-	-	-
รวม											-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/516-less-ee-03.html

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ส่วนที่ 3 สรุปผลการประเมิน สามารถดูผลการคำนวณที่ออกมาในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซ $kgCO_2eq$ ได้ที่ชีทประเมินผล ดังภาพที่ 3.10

ตารางที่ 3.10: เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี).....

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
-	=	-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/516-less-ee-03.html

ส่วนที่ 4 อ้างอิง แสดงสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ตารางที่ 3.11 และ 3.12

ตารางที่ 3.11: สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างภายใต้โครงการ LESS

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$) - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	$= (P_{BL}/1000) \times N_{BL} \times h \times EF_{elec}$
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	$= (P_{PJ}/1000) \times N_{PJ} \times h \times EF_{elec}$

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/516-less-ee-03.html

ตารางที่ 3.12: รายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างภายใต้โครงการ LESS

ลำดับ	ตัวแปร	รายละเอียด	แหล่งที่มาข้อมูล	หน่วย	ค่า
1		ประเภทหลอด/บัลลาสต์เดิม เช่น หลอดฮาโลเจน หลอดฟลูออเรส-เซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก เป็นต้น	อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเดิม (ก่อนเปลี่ยน), ภาพถ่าย		บันทึก
2	N_{BL}	จำนวนหลอดไฟฟ้าที่ใช้เดิมก่อนดำเนินการเปลี่ยน	บันทึกการตรวจนับ, แบบแปลน/แผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์แสงสว่าง, เอกสารจากตรวจรับงาน, รูปภาพ	ชุด	บันทึก
3	P_{BL}	กำลังไฟฟ้าของหลอดเดิม รวมกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์	ตรวจสอบจาก Spec. ของหลอดไฟ และบัลลาสต์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	วัตต์	บันทึก
4		ประเภท/ชนิดของหลอดไฟฟ้าใหม่ เช่น LED เป็นต้น	อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างใหม่ (ก่อนเปลี่ยน), ภาพถ่าย		บันทึก
5	N_{PJ}	จำนวนหลอดไฟฟ้าใหม่ที่เปลี่ยนทดแทนหลอดเดิม	บันทึกการตรวจนับ, แบบแปลน/แผนผังแสดงตำแหน่งอุปกรณ์แสงสว่าง, เอกสารจากตรวจรับงาน, รูปภาพ	ชุด	บันทึก
6	P_{PJ}	กำลังไฟฟ้าของหลอดเดิม รวมกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์	ตรวจสอบจาก Spec. ของหลอดไฟ และบัลลาสต์, เอกสารจัดซื้อ/ตรวจรับงาน, ภาพถ่าย	วัตต์	บันทึก
7	h	จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ส่องสว่างใหม่ตลอดช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรอง	จำนวนวันทำงานขององค์กร หรือบันทึกจำนวนชั่วโมงการเปิด-ปิด ไฟ, ระบบควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์แสงสว่าง	ชั่วโมง	บันทึก
8	EF_{elec}	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่ง สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า	รายงานผลการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยฉบับล่าสุด โดย อบก.	$kgCO_2eq$/kWh	
9	1000	ค่าแปลงหน่วยจาก วัตต์ เป็นกิโลวัตต์			
10	$EF_{captive}$	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น	รายงาน ผู้ผลิตไฟฟ้า (หากไม่ทราบ ให้ใช้ค่า 0.319 $kgCO_2eq$/kWh อ้างอิงจาก โครงการ JCM วิธีการคำนวณ TH_AM001 Installation of Solar PV System Ver2.0)	$kgCO_2eq$/kWh	

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/516-less-ee-03.html

3. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง

เป็นกิจกรรมภายใต้โครงการด้านพลังงาน รหัสเอกสาร LESS-AE-02 เวอร์ชั่น 7 มีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ส่วนที่ 1 ลักษณะกิจกรรม มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 3.13: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียน

ประเภทกิจกรรม	ประเภทพลังงาน
ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	1.การซื้อไฟฟ้าจากระบบสายส่ง หรือ
	2.การซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง เช่น โรงไฟฟ้าในนิคมอุตสาหกรรม หรือ
	3. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของเครื่องจักร/อุปกรณ์ เช่น การใช้น้ำมันดีเซลในระบบสูบน้ำ หรือ
	4. การใช้โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Lighting)
ก๊าซเป้าหมายกรณีฐานและจากการดำเนินโครงการ	ก๊าซ CO_2

ส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม รายละเอียดที่ต้องกรอกข้อมูล ได้แก่

ตารางที่ 3.14: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียน

ชื่อชีท	ข้อมูลกิจกรรม (ทดแทนผู้ผลิตอื่น)	
รายละเอียดโครงการ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง (ทดแทนการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Capitve ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง)	
ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการกรอกข้อมูล (กรณีไม่มีมิเตอร์)	(1) กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	วัตต์/แผง
	(2) จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผง
	(3) จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	วัน
	(4) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	(5) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้	$kgCO_2eq$

โดยข้อมูลข้างต้นสามารถนำมากรอกไว้ในเอกสาร ดังตารางที่ 3.15

BANGKOK UNIVERSITY

ตารางที่ 3.15: ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง (ทดแทนการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Capitve ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง)								
โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้						$kgCO_2eq/kWh$		
ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)								
ลำดับ	กรณีมีมิเตอร์	กรณีไม่มีมิเตอร์			ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้/ใช้จากพลังงานหมุนเวียน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์/แผง)	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)	จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (วัน)				
1						-	-	-
2								
3								
4								
5								
6								
7								
รวม	-		-	-		-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จากhttps://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/546-less-ae-02.html

ส่วนที่ 3 สรุปผลการประเมิน สามารถดูผลการคำนวณที่ออกมาในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ที่ชีทประเมินผล ดังตารางที่ 3.16

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 3.16: เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 หัวข้อพลังงานหมุนเวียน

กรณีทดแทนการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Capitve ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง				
ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)				
ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
-	=	-	-	-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จากhttps://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/546-less-ae-02.html

ส่วนที่ 4 อ้างอิง แสดงสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังตารางที่ 3.17 และ 3.18

ตารางที่ 3.17: สูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียนภายใต้โครงการ LESS

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$) - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	กรณีผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ = ((กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์/1,000) x จำนวนแผง x จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้า x ช่วงระยะเวลาที่มีความเข้มของแดดสูงสุด x EF_{elec}) *หมายเหตุ: 1,000 คือ ค่าแปลงจาก วัตต์เป็นกิโลวัตต์*
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	= (ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าหรือในการดำเนินกิจกรรม x EF_{elec})

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จากhttps://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/546-less-ae-02.html

ตารางที่ 3.18: รายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียนภายใต้โครงการ LESS

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ลำดับ	ตัวแปร	รายละเอียด	แหล่งที่มาข้อมูล	หน่วย	ค่า
1	EG	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต/ใช้จากพลังงานหมุนเวียน	มิเตอร์, ใบเสร็จค่าไฟ, ข้อมูลการตรวจวัด, Name Plate	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บันทึก
2	EC	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า	มิเตอร์, ใบเสร็จค่าไฟ, ข้อมูลการตรวจวัด, Name Plate	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	บันทึก
3	EF_{elec}	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่ง สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า	รายงานผลการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับล่าสุด โดย อบก.	$kgCO_2eq$/kWh	

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 3.18 (ต่อ) : รายละเอียดของตัวแปรในสูตรคำนวณที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อพลังงานหมุนเวียนภายใต้โครงการ LESS

ลำดับ	ตัวแปร	รายละเอียด	แหล่งที่มาข้อมูล	หน่วย	ค่า
4	H	ระยะเวลาที่มีความเข้มของแสงแดดสูงสุดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 วัน	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ชั่วโมง/วัน	4.00
5		อัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อพลังงานที่เข้าสู่ระบบ			0.30
6	$EF_{captive}$	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น	รายงาน ผู้ผลิตไฟฟ้า (หากไม่ทราบ ให้ใช้ค่า 0.319 $kgCO_2eq/kWh$ อ้างอิงจากโครงการ JCM วิธีการคำนวณ TH_AM001 Installation of Solar PV System Ver2.0)	$kgCO_2eq/kWh$	

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จากhttps://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/546-less-ae-02.html

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

4. การกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้

เป็นกิจกรรมภายใต้โครงการด้านป่าไม้และการเกษตร รหัสเอกสาร LESS-FOR-01 เวอร์ชั่น 6 มีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 3.19: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 1 ของเอกสารการคำนวณหัวข้อไม้ยืนต้น

ประเภทกิจกรรม	ประเภทการปลูกป่า/ต้นไม้
ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	1.การปลูก ดูแล และการจัดการอย่างถูกวิธี
	2.เป็นไม้ยืนต้น (ความสูงตั้งแต่ 1.3 ม. ขึ้นไป และมีเส้นรอบวงตั้งแต่ 15 ซม. ขึ้นไป)
	3.ไม้ยืนต้นที่ขอการรับรองสามารถเป็นไม้เศรษฐกิจโตเร็วตามประกาศของ อบก. ได้ไม่เกินร้อยละ 50 และต้องเป็นการปลูกเพื่ออนุรักษ์โดยไม่มีการตัดขาย
	4.กรณีกิจกรรมการปลูกพืชเกษตรยืนต้น เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ทุเรียน เป็นต้น ให้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยตามวิธีการคำนวณเรื่องการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร (LESS-AGR-01) ร่วมด้วย
	5.มีหนังสือแสดงสิทธิการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมาย หรือหนังสือยินยอมให้ดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ ในพื้นที่จากเจ้าของที่ดิน
	6.ต้องเป็นการดำเนินกิจกรรมที่เป็นส่วนเพิ่มเติมจากที่กฎหมายบังคับให้ดำเนินการอยู่แล้ว แต่ทั้งนี้จะต้องไม่เป็นการขัดหรือแย้งต่อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมนั้นๆ ด้วย ยกเว้นกิจกรรมของหน่วยงานภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานภายในกำกับของรัฐ
ก๊าซเป้าหมายกรณีฐานและจากการดำเนินโครงการ	ก๊าซ CO_2

ส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม รายละเอียดที่ต้องกรอกข้อมูล ได้แก่

ตารางที่ 3.20: แสดงรายละเอียดในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม ของเอกสารการคำนวณหัวข้อไม้ยืนต้น

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ชื่อชีท	ข้อมูลกิจกรรม (ต้นไม้)	
รายละเอียดโครงการ	การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้	
ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการกรอกข้อมูล	(1) ชื่อพรรณไม้	-
	(2) กลุ่มชนิดพรรณไม้	-
	(3) ความสูง	เมตร
	(4) เส้นรอบวงของต้นไม้	เซนติเมตร

โดยข้อมูลข้างต้นสามารถนำมากรอกไว้ในเอกสาร ดังภาพที่ 3.21

ตารางที่ 3.21: ตัวอย่างเอกสารสำหรับกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ข้อมูลกิจกรรมของหัวข้อไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)....					
ลำ ดับ	ชื่อพรรณไม้	กลุ่มชนิดพรรณไม้	ความสูง (เมตร)	เส้นรอบวงของต้นไม้ (เซนติเมตร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้ ($kgCO_2eq$)
1					-
2					-
3					-
4					-
5					-

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). *การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้*. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-forest-agriculture/item/551-less-for-01.html

ส่วนที่ 3 สรุปผลการประเมิน สามารถดูผลการคำนวณที่ออกมาในรูปของปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้ที่ชีทประเมินผล ดังตารางที่ 3.22

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 3.22: เอกสารแสดงผลการคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 หัวข้อไม้ยืนต้น

รูปแบบการปลูก	ปลูกไม่เป็นระเบียบ จัดสวน รอบ ๆ อาคารสถานที่	
จำนวนต้นไม้ หรือพื้นที่ปลูกต้นไม้ทั้งหมด		ต้น
จำนวนพื้นที่แปลงตัวอย่างรวม (กรณีปลูกเป็นแปลง)		ต้น

ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)

สรุปข้อมูลต้นไม้ที่ทำการสำรวจ		
กลุ่มชนิดไม้	จำนวน (ต้น)	ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
พรรณไม้ทั่วไป		
พรรณไม้ป่าชายเลน		
กลุ่มปาล์ม		
เถาวัลย์		
ไผ่		
รวม		

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). *การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้*. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-forest-agriculture/item/551-less-for-01.html

ส่วนที่ 4 อ้างอิง สูตรที่ อบก. ใช้ในเอกสารคำนวณหัวข้อการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้ คือ

$$C = M \times CF \times 44/12 \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของไม้ยืนต้น 1 ต้น ($kgCO_2eq$)
M คือ มวลชีวภาพของไม้ยืนต้น
CF คือ สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ (กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป มีค่าเท่ากับ 0.47)
44/12 คือ สัดส่วนของน้ำหนักโมเลกุล CO_2 ต่อ C มีค่าเป็น 44/12

จากสมการ (1) สามารถคำนวณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นหรือค่า M ของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป ได้จาก

M = มวลชีวภาพเหนือดินของไม้ยืนต้น+ มวลชีวภาพใต้ดินของไม้ยืนต้น (2)

จากสมการ (2) สามารถคำนวณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ยืนต้น ได้จากสมการที่ (3)

$$W_S = 0.0396 (D2H)^{0.933}$$
$$W_B = 0.00349 (D2H)^{1.030}$$
$$W_L = (28/ (WS + WB + 0.025))^{-1}$$
$$W_T = W_S + W_B + W_L \quad (3)$$

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)
W_B คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)
W_L คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)
W_T คือ มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง + ใบ (กิโลกรัม)
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ยืนต้นที่ความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)
H คือ ความสูง (เมตร)

จากสมการ (2) สามารถคำนวณมวลชีวภาพใต้ดินของไม้ยืนต้นได้จากสมการคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (4) ดังนี้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น x สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้น (4)

โดย กำหนดให้สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป มีค่าเท่ากับ 0.27

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

เมื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้อยู่ในขอบเขตและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในงานวิจัยแล้ว ต่อไปจะเป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.3.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบัน

ข้อมูลจากการสำรวจสภาพปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่

1. เครื่องปรับอากาศ ประกอบไปด้วย ชื่อพื้นที่, ขนาดพื้นที่, ประเภทเครื่องปรับอากาศ, ยี่ห้อ/รุ่น, จำนวนเครื่อง, ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU), ค่า EER, ระยะเวลาการใช้งาน

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ประกอบไปด้วย ชื่อพื้นที่, ขนาดพื้นที่, ประเภทหลอดไฟ, ฟลักซ์การส่องสว่าง, จำนวน, กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ, ระยะเวลาการใช้งาน, การผ่านเกณฑ์แสงสว่างตามกฎกระทรวง

3.3.2 กำหนดรูปแบบและรวบรวมข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ

จากบททบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จะพิจารณากรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจากเดิมที่เป็นระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Non-inverter เป็นเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับโรงงาน ประกอบไปด้วย ยี่ห้อ/รุ่น, ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU), จำนวน, ค่า SEER รวมถึงราคาจากบริษัทรับเหมาที่ชื่อบริษัทเอสดับบลิว ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด โดยเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ประเภท ดังกล่าว มีดังนี้

ตัวเลือกที่ 1 ระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 2 ระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 3 ระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 4 ระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter

3.3.3 กำหนดรูปแบบและรวบรวมข้อมูลและกำหนดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

จากบททบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จะพิจารณากรณีเปลี่ยนจากหลอดไฟแบบเดิมที่เป็นประเภทฟลูออเรสเซนต์ที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,240 lm และกำลังไฟฟ้า 36 W และค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 1,350 lm และกำลังไฟฟ้า 18 W ในบางพื้นที่ เป็นหลอดไฟประเภท LED ทั้งหมด โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของหลอดไฟประเภท LED (ขนาดเท่าของเดิม) ที่เหมาะสม

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

กับโรงงาน ประกอบไปด้วย ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง, จำนวน, กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ รวมถึงราคาจากบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย (บริษัทตาดีเทคโนโลยี (998) จำกัด) ซึ่งตัวเลือกหลอดไฟดังกล่าวมีดังนี้

ตัวเลือกที่ 1 หลอดไฟประเภท LED ฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W

3.3.4 กำหนดรูปแบบและรวบรวมข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษานำร่อง ได้รับทราบว่าทางโรงงานกำลังอยู่ในช่วงพิจารณาติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ของบริษัทพานาโซนิค โซลูชั่นส์ (ประเทศไทย) ในอนาคตเพื่อปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน จึงขอความอนุเคราะห์จากโรงงาน สำหรับข้อมูลคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ อันประกอบไปด้วย ยี่ห้อ, รุ่น, ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์, กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์/แผง), ขนาดต่อแผง (มิลลิเมตร), จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง), ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดจากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp), จำนวนชั่วโมงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (ชม./วัน), จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์ (วัน/ปี), จำนวนชั่วโมงในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าต่อปี (ชั่วโมง), ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี), อัตราการเสื่อม และราคา ซึ่งตัวเลือกในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์ มีดังนี้

ตัวเลือกที่ 1 ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง ไว้ที่หลังคาของโรงงาน

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

3.3.5 กำหนดรูปแบบและรวบรวมข้อมูลของไม้ยืนต้น

จากการศึกษานำร่อง ได้รับข้อมูลว่าต้นลีลาวดีเป็นไม้ยืนต้นประจำบริษัท ประกอบกับโรงงานอยู่ในช่วงการพิจารณาที่จะใช้พื้นที่สนามหญ้าโล่งเป็นสวนสำหรับออกกำลังกายให้กับพนักงาน ซึ่งเป็นสวัสดิการหนึ่งของบริษัท ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของโรงงาน และแผนโครงการในอนาคตของโรงงาน โรงงานจึงมีความประสงค์ที่จะสนับสนุนให้มีการปลูกต้นลีลาวดีภายในโรงงาน ดังนั้นจึงกำหนดรูปแบบและรวบรวมข้อมูลของต้นลีลาวดีเหมาะสม โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลไปยังบริษัทผู้จำหน่ายและให้บริการครบวงจรที่ชื่อห้างหุ้นส่วนสามัญพรพฤกษชาติ ซึ่งตัวเลือกในหัวข้อไม้ยืนต้น มีดังนี้

ตัวเลือกที่ 1 ปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและเส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

3.3.6 ประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยการคำนวณผ่านเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS

หลังจากสำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบัน รวมถึงกำหนดรูปแบบของเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ ไม้ยืนต้นแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลต่าง ๆ

มากรอกลงในเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS โดยในการกรอกข้อมูลในเอกสารการคำนวณดังกล่าว มีข้อควรระวังดังนี้

1. การแปลงหน่วยต่าง ๆ ในเอกสารการคำนวณ เช่น หน่วยของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ใช้ปริมาณ kg เป็นหลัก เช่น หน่วย $kgCO_2eq/kWh$ เพราะฉะนั้น หากหน่วยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมามีความแตกต่างไปจากนี้ ก่อนกรอกข้อมูลให้ทำการเปลี่ยนหน่วยให้ตรงกับที่เอกสารการคำนวณระบุ หรือข้อมูลค่า EER หรือ SEER ของเครื่องปรับอากาศที่ต้องกรอกในเอกสารจะใช้หน่วยบีทียู/วัตต์-ชั่วโมง แต่ในข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศบางรุ่นอาจจะระบุเป็นหน่วยกิโลกรัม-แคลอรี/วัตต์-ชั่วโมง เพราะฉะนั้นจำต้องนำค่า EER หรือ SEER ที่มีหน่วยกิโลกรัม-แคลอรี/วัตต์-ชั่วโมง มาคูณกับ 3.9683207193 ก่อน (1 กิโลกรัม-แคลอรี/ชั่วโมง = 3.9683207193 บีทียู/ชั่วโมง) จึงจะได้ค่า EER หรือ SEER ที่มีหน่วยบีทียู/วัตต์-ชั่วโมง แล้วจึงจะกรอกลงในเอกสารได้

2. ในหมวดของเครื่องปรับอากาศระบุไว้ว่าเครื่องปรับอากาศใหม่ที่ติดตั้งต้องมีขนาด (หน่วย BTU) ที่ใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศเดิม แต่เครื่องปรับอากาศบางประเภทที่จะทำการเปรียบเทียบนั้น มีความจำเป็นต้องเพิ่มหรือลดจำนวนเครื่อง เพื่อรักษาขนาด (BTU) ให้ใกล้เคียงเดิม เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องกรอกแยกบรรทัดกันระหว่างกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ เนื่องจากจำนวนเครื่องไม่เท่าของเดิม โดยสามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 3.23

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 3.23: แสดงตัวอย่างการกรอกข้อมูลในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ

เนื่องจากกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ ไม่สามารถใช้คอลัมน์“จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)” ร่วมกันได้จึงต้องกรอกไว้คนละบรรทัด

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	ใส่ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศเดิม								-	-
2	ใส่ข้อมูลของเครื่องปรับอากาศที่ทำการเปลี่ยน							-		-
3							-	-	-	-
4							-	-	-	-
5							-	-	-	-
6							-	-	-	-
7							-	-	-	-
8							-	-	-	-
9							-	-	-	-
10							-	-	-	-
รวม								-	-	-

แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเครื่องปรับอากาศ

แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเครื่องปรับอากาศ

3.3.7 คำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละหัวข้อ

เพื่อประเมินความคุ้มทุนจึงจำเป็นต้องคำนวณหาค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้หากดำเนินการในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในการคำนวณหาค่าไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) ของแต่ละหัวข้อเสียก่อน ซึ่งในการคำนวณผู้วิจัยจะประยุกต์ใช้สูตรคำนวณที่ อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS

โดยในหัวข้อเครื่องปรับอากาศจะนำค่าขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU), ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามฤดูกาล (SEER), จำนวนเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยน, จำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศต่อปี และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น ($kgCO_2/kWh$) มาคำนวณหาคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) เพื่อคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อไป

หัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างจะนำค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์แสงสว่างใหม่ (W), จำนวนอุปกรณ์แสงสว่างใหม่ที่เปลี่ยนทดแทนหลอดเดิม, จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่างใหม่ และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น ($kgCO_2/kWh$) มาคำนวณหาคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) เพื่อคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อไป

หัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์จะนำค่ากำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์, จำนวนแผง, จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้า, ช่วงระยะเวลาที่มีความเข้มของแดดสูงสุด และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น ($kgCO_2/kWh$) มาคำนวณหาคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) เพื่อคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อไป

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

3.3.8 ประเมินค่าไฟฟ้าของแต่ละหัวข้อ

หลังจากคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละหัวข้อแล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาค่าไฟฟ้า โดยได้ขอความอนุเคราะห์ไปยังโรงงานกรณีศึกษา สำหรับรายการที่จำเป็นในการคำนวณและราคาต่อหน่วยที่กำหนดโดยผู้ผลิตไฟฟ้า อันประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ค่าพลังงานและค่าไฟฟ้าผันแปรหรือค่า F_t (บาท)

3.3.9 สรุปเงินลงทุนของแต่ละหัวข้อ

สรุปเงินลงทุนของแต่หัวข้อ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าอุปกรณ์และค่าติดตั้ง ในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ อุปกรณไฟฟ้าแสงสว่าง และเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงค่าไม้ยืนต้นและค่าปลูกในหัวข้อไม้ยืนต้น ทั้งนี้ เพื่อนำมาประเมินความคุ้มค่าต่อไป โดยขอความความอนุเคราะห์ข้อมูลขจากบริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทผู้ให้บริการโดยตรง

3.3.10 สรุปผลและอภิปรายผล

ในการสรุปผลและอภิปรายผล จะทำการสรุปในภาพรวมของผลการประเมินความคุ้มค่าทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของแต่ละฉากทัศน์ เปรียบเทียบกับโรงงานอ้างอิง โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์คำนวณ และข้อมูลต่าง ๆ มาสรุปรวมกันในรูปแบบที่สามารถมองเห็นความแตกต่าง

ได้ชัดเจน ทั้งนี้ เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบโรงงานใหม่ภายใต้ความเป็นกลางทางคาร์บอนที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา หรือโรงงานที่มีลักษณะความคล้ายคลึงกับโรงงานกรณีศึกษา โดยการสรุปผลและอภิปรายผลนั้น จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1. สร้างตารางจำลองฉากทัศน์เพื่อการประเมินและเปรียบเทียบ

หลังจากทราบปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของแต่ละหัวข้อผ่านการคำนวณผ่านเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS แล้วได้ จะนำแต่ละตัวเลือกที่เมื่อดำเนินการแล้วจะได้ผลดีขึ้น กล่าวคือ ตัวเลือกที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และสามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้มาจำลองเป็นฉากทัศน์ เนื่องจากในโรงงานสามารถดำเนินการแต่ละหัวข้อไปพร้อมกันได้

2. ประเมินความคุ้มค่าของแต่ละฉากทัศน์

ในการประเมินความคุ้มค่าของแต่ละฉากทัศน์นั้น นอกจากจะพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ซึ่งเป็นหัวข้อในเชิงเทคนิคแล้ว จะพิจารณาหัวข้อในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนร่วมด้วย ดังนั้นในการพิจารณาระยะเวลาคืนทุน จะคำนวณจากเงินลงทุน และค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ของแต่ละฉากทัศน์ และสรุปเป็นผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลหรือแนวทางในการดำเนินการต่อไป

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

ในการทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ผ่านการคำนวณโดยใช้เอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS และการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้า รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ มีผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

4.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบัน

ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสำรวจโรงงานอ้างอิง (ดูภาพโรงงานอ้างอิงได้ที่ภาคผนวก จ) มีดังนี้

4.1.1 เครื่องปรับอากาศ

จากการสำรวจโรงงานที่ 3 ชั้น 1 และชั้น 2 และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากประธานคณะกรรมการด้านพลังงานของโรงงานกรณีศึกษา จึงสามารถสรุปรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีการติดตั้งใน พ.ศ. 2554 ได้ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 และอ้างอิงพื้นที่ปรับอากาศของโรงงอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 และ 2 ได้ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.1: รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1

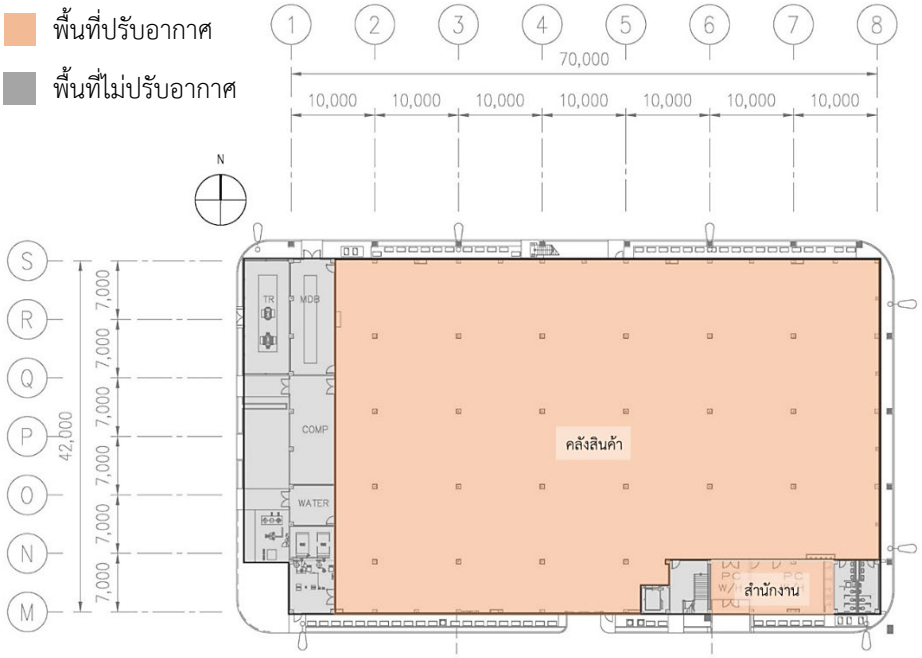
พื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ประเภท/ระบบเครื่องปรับอากาศ	ยี่ห้อ/รุ่น	จำนวน (เครื่อง)	BTU	รวมขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)	EER	ระยะเวลาการใช้งาน	
								ชั่วโมงต่อวัน	วันต่อปี
1.สำนักงานหลัก									
2.สำนักงานการผลิต									
3.สำนักงานคลังสินค้า	62	Split/ Non-inverter	Mitsubishi/ PC-4KAKLT	1	36,000	36,000	10.8	11	260
	20	Split/ Non-inverter	Daikin/ AFU45EV1W	1	18,000	18,000	8.57	11	260
4.คลังสินค้า	2,670	Split/ Non-inverter	Mitsubishi/ SPF-20YA	12	200,000	2,400,000	9.64	11	260
5.ไลน์ผลิต									
6.อื่นๆ									
รวม	2,752			14		2,454,000			

ตารางที่ 4.2: รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2

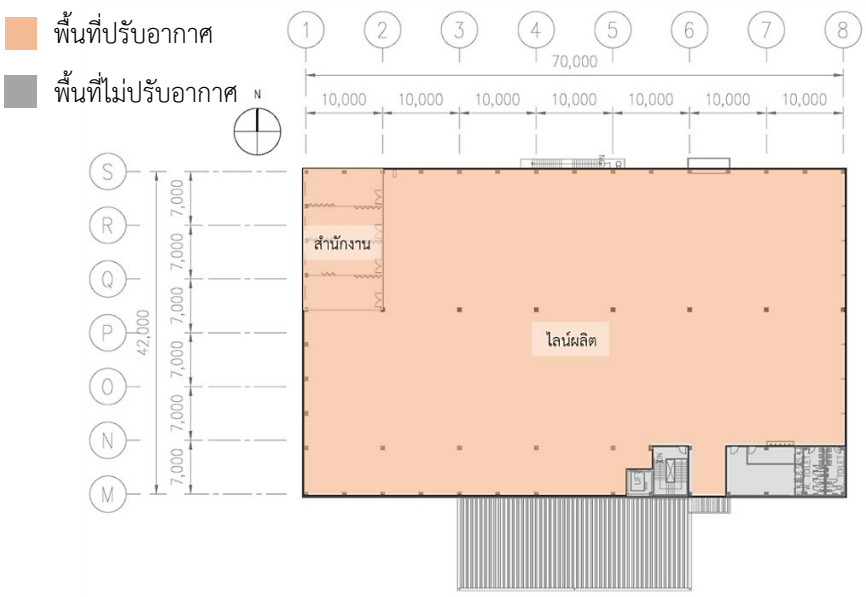
พื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ประเภท/ระบบเครื่องปรับอากาศ	ยี่ห้อ/รุ่น	จำนวน (เครื่อง)	BTU	รวมขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)	EER	ระยะเวลาการใช้งาน	
								ชั่วโมงต่อวัน	วันต่อปีต่อปี
1.สำนักงานหลัก									
2.สำนักงานการผลิต	139	Split Non-inverter	Daikin/ FHNQ48MV2S	3	48,000	144,000	8.71	22	260
	47	Split Non-inverter	Daikin/ FHNQ48MV2S	1	48,000	48,000	8.71	7	96
3.สำนักงานคลังสินค้า									
4.คลังสินค้า									
5.ไลน์ผลิต	2,660	Split Non-inverter	Mitsubishi/ SPF-20YA	12	200,000	2,400,000	9.64	22	260
6.อื่นๆ									
รวม	2,846			16		2,592,000			

ภาพที่ 4.1: พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1

BANGKOK



ภาพที่ 4.2: พื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2



4.1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

จากการสำรวจโรงงานที่ 3 ชั้น 1 และชั้น 2 และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากประธานคณะกรรมการด้านพลังงานของโรงงานกรณีศึกษา จึงสามารถสรุปรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันได้ดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 และสามารถอ้างอิงแผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ได้ดังภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.3: รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1

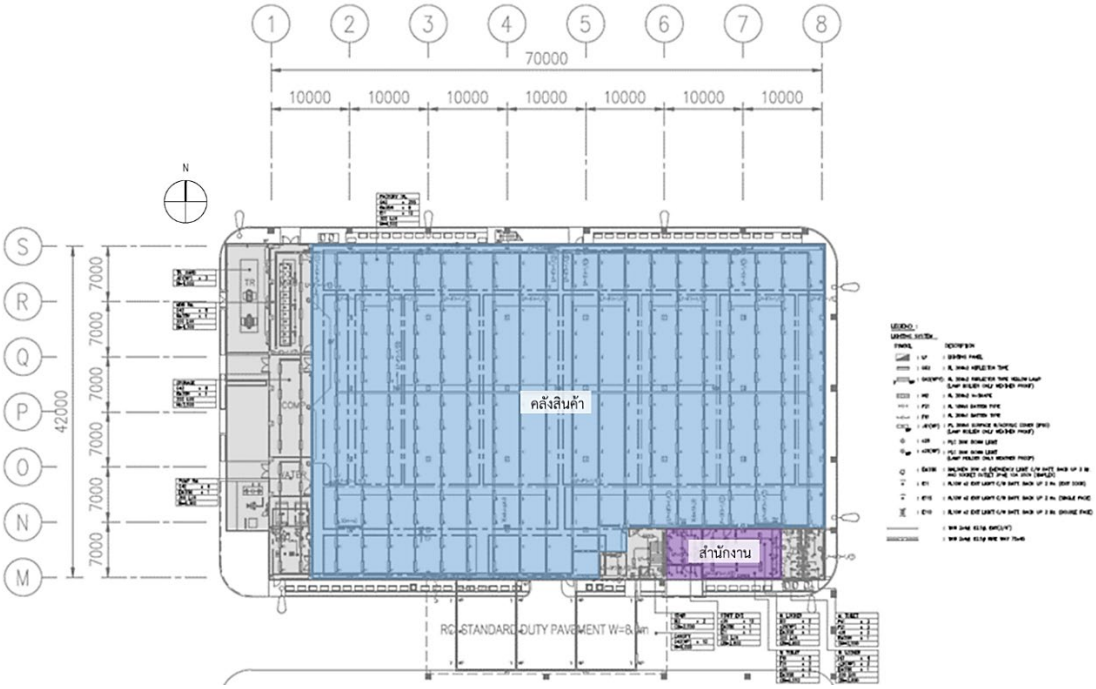
รายละเอียด	สีในแผนผัง	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ประเภทหลอด	ค่าพิกัดการส่องสว่าง (lm)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วันต่อปี)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมงต่อปี)	ผ่านเกณฑ์แสงสว่าง (วัดโดยบุคคลที่ 3)
1.สำนักงานหลัก												
2.สำนักงานการผลิต												
3.สำนักงานคลังสินค้า		62	ฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์แกนเหล็ก	3,240	12	36	10	552	11	260	2,860	ผ่าน
		20			12	36	10	552	11	260	2,860	ผ่าน
4.คลังสินค้า		2,670			510	36	10	23,460	11	260	2,860	ผ่าน
5.ไลน์ผลิต												
6.อื่นๆ		620	ฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์แกนเหล็ก	3,240	3	36	10	138	11	260	2,860	ผ่าน
					40	36	10	1,840	11	260	2,860	ผ่าน
					24	36	10	1,104	11	260	2,860	ผ่าน
					12	36	10	552	11	260	2,860	ผ่าน
					3	36	10	138	11	260	2,860	ผ่าน
				1,350	3	18	10	84	11	260	2,860	ผ่าน
รวม		3,372			619			28,420				ผ่าน

ตารางที่ 4.4: รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2

รายละเอียด	สีในแผนผัง	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ประเภทหลอด	ค่าพิกัดการส่องสว่าง (lm)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วันต่อปี)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมงต่อปี)	ผ่านเกณฑ์แสงสว่าง (วัดโดยบุคคลที่ 3)
1.สำนักงานหลัก												
2.สำนักงานการผลิต		139	ฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์แกนเหล็ก	3,240	27	36	10	1,242	22	260	5,720	ผ่าน
		47			9	36	10	414	7	96	672	ผ่าน
3.สำนักงานคลังสินค้า												
4.คลังสินค้า												
5.ไลน์ผลิต		2,660	ฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์แกนเหล็ก	3,240	263	36	10	12,098	22	260	5,720	ผ่าน
6.อื่นๆ		175		3,240	14	36	10	644	22	260	5,720	ผ่าน
					7	36	10	322	22	260	5,720	ผ่าน
				1,350	3	18	10	84	22	260	5,720	ผ่าน
รวม		3,021			323			14,804				ผ่าน

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 4.3: แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1



BANGKOK UNIVERSITY

ภาพที่ 4.4: แผนผังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2

4.2 กำหนดรูปแบบของเครื่องปรับอากาศ

ข้อมูลเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ตัวเลือกด้านล่างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทรับเหมา (บริษัทเอสดับบลิว ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น) มีดังต่อไปนี้

ตัวเลือกที่ 1 ระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 2 ระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 3 ระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ชนิด Inverter

ตัวเลือกที่ 4 ระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter

ตารางที่ 4.5: รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาใช้คำนวณ

ตัวเลือก	ระบบ (ชนิด)	ชั้นที่ติดตั้ง	ยี่ห้อ/รุ่น	ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)	จำนวน (เครื่อง)	รวมขนาดของเครื่องปรับอากาศ (BTU)	SEER	ระยะเวลาการใช้งาน	
								ต่อวัน (ชม.)	ต่อปี (วัน)
1	VRF (Inverter)	1	Daikin/ RXQ24AMYS(W)	229,000	12	2,748,000	16.71	11	260
		2	Daikin/ RXQ24AMYS(W)	229,000	12	2,748,000	16.71	22	260
2	VAV (Inverter)	1	Daikin/ EWAD830CZXS	2,825,253	1	2,825,253	4.89	11	260
		2	Daikin/ EWAD830CZXS	2,825,253	1	2,825,253	4.89	22	260
3	Water Chiller (Inverter)	1	Daikin/ EWWDVZPS794	2,709,241	1	2,709,241	8.84	11	260
		2	Daikin/ EWWDVZPS794	2,709,241	1	2,709,241	8.84	22	260
4	Split (Inverter)	1	Daikin/ FDR20QY2S	200,000	12	2,400,000	11.57	11	260
		2	Daikin/ FDR20QY2S	200,000	12	2,400,000	11.57	22	260
		2	Daikin/ FCTF48AV2S	48,000	3	144,000	17.70	22	260
		2	Daikin/ FCTF48AV2S	48,000	1	48,000	17.70	7	96
		1	Daikin/ FCTF36AV2S	36,230	1	36,230	19.50	11	260
		1	Daikin/ FCTF18AV2S	18,090	1	18,090	25.98	11	260

4.3 กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างดังตัวเลือกด้านล่างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทรับเหมา (บริษัทตาดีเทคโนโลยี (998) จำกัด) มีดังต่อไปนี้

ตัวเลือกที่ 1 หลอดไฟประเภท LED ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W

ตารางที่ 4.6: รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 1 ที่นำมาใช้คำนวณ

ตัวเลือก	ประเภท	พื้นที่ที่ติดตั้ง	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ระยะเวลาการใช้งาน		
									ชั่วโมงต่อวัน	วันต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	LED	สำนักงาน	62	3,200	12	23	-	276	11	260	2,860
		คลังสินค้า	20	3,200	12	23	-	276	11	260	2,860
		คลังสินค้า	2,670	3,200	510	23	-	11,730	11	260	2,860
		อื่น ๆ	620	3,200	3	23	-	69	11	260	2,860
				3,200	40	23	-	920	11	260	2,860
				3,200	24	23	-	552	11	260	2,860
				3,200	12	23	-	276	11	260	2,860
				3,200	3	23	-	69	11	260	2,860
				3,200	3	23	-	69	11	260	2,860
		รวม	3,372	-	619	207	-	14,237	-	-	-

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.7: รายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่ 3 ชั้นที่ 2 ที่นำมาใช้คำนวณ

ตัวเลือก	ประเภท	พื้นที่ที่ติดตั้ง	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ระยะเวลาการใช้งาน		
									ชั่วโมงต่อวัน	วันต่อปี	ชั่วโมงต่อปี
1	LED	สำนักงานการผลิต	139	3,200	27	23	-	621	22	260	5,720
			47	3,200	9	23	-	207	7	96	672
		ไลน์ผลิต	2,660	3,200	263	23	-	6,049	22	260	5,720
		อื่นๆ	175	3,200	14	23	-	322	22	260	5,720
				3,200	7	23	-	161	22	260	5,720
				3,200	3	23	-	69	22	260	5,720
		รวม	2,835	-	323	30	-	7,429	-	-	-

4.4 กำหนดรูปแบบของเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อมูลเซลล์แสงอาทิตย์ดังตัวเลือกด้านล่างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากโรงงานกรณีศึกษา มีดังต่อไปนี้

ตัวเลือกที่ 1 ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง ของบริษัทพานาโซนิค โซลูชั่นส์ (ประเทศไทย) ไว้ที่หลังคาของโรงงาน

ตารางที่ 4.8: รายละเอียดเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้คำนวณ

รายละเอียดเซลล์แสงอาทิตย์		ตัวเลือกที่ 1
รุ่น	AE14HXXXVHC10B	ติดตั้ง
ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	ซิลิคอนผลึกเดี่ยว	
กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์/แผง)	545	
ขนาดต่อแผง (มิลลิเมตร)	2279 x 1134 x 35	
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)	648	
ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดจากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)	353,160	
จำนวนชั่วโมงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (ชม./วัน)	4	
จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (วัน/ปี)	365	
จำนวนชั่วโมงในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าต่อปี (ชั่วโมง)	1,460	
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี)	515,614	
อัตราการเสื่อม	2% (ปีแรก)	
	0.55% (ปีที่ 2-25)	
เงินลงทุน (บาท)	14,040,481	

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

4.5 กำหนดรูปแบบของไม้ยืนต้น

ข้อมูลต้นลีลาวดีดังตัวเลือกด้านล่างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทผู้จำหน่ายและให้บริการครบวงจร (ห้างหุ้นส่วนสามัญพรพฤกษชาติ) มีดังต่อไปนี้

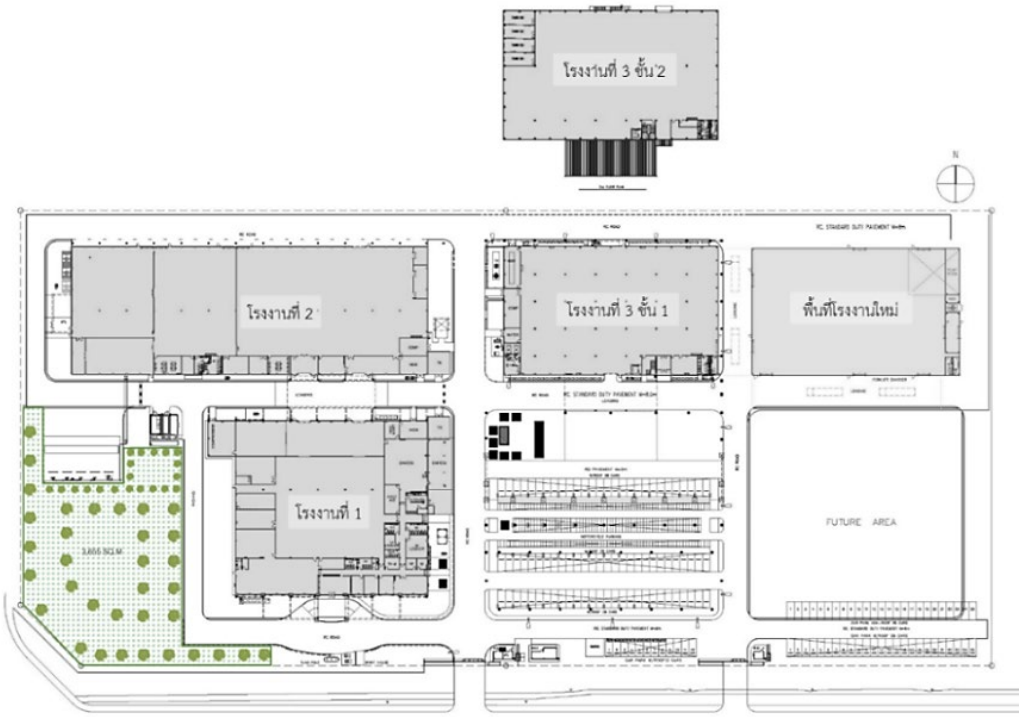
ตัวเลือกที่ 1 ปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและเส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

ตารางที่ 4.9: รายละเอียดไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 ที่จะนำมาใช้คำนวณ

รายละเอียดไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2		ตัวเลือกที่ 1
ชื่อพรรณไม้	ต้นลีลาวดี	ปลูก
ชื่อสามัญ	Singapore Plumeria, Temple tree	
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Plumeria obtusa L.*	
วงศ์	APOCYNACEAE	
กลุ่มชนิดพรรณไม้	ไม้ยืนต้น	
ความสูง (เมตร)	6	
เส้นรอบวงของพรรณไม้ (เซนติเมตร)	48	
จำนวน (ต้น)	54	

โดยจะดำเนินการปลูกบริเวณสนามหญ้าขนาด 6,355 ตารางเมตร ตามภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.5: แผนผังพอสังเขปกรณีปลูกต้นลีลาวดีบริเวณสนามหญ้า



4.6 ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยคำนวณผ่านเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS

หลังจากสำรวจและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบัน รวมถึงกำหนดรูปแบบของเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ ไม้ยืนต้นแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลต่าง ๆ มากรอกลงในเอกสารการคำนวณ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ 0.482 $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	36,000	1	10.80		11	260	2,860	4,595.07	-	4,595.07
2	18,000	1	8.57		11	260	2,860	2,895.37	-	2,895.37
3	200,000	12	9.64		11	260	2,860	343,200.00	-	343,200.00
4	48,000	3	8.71		22	260	5,720	45,573.87	-	45,573.87
5	48,000	1	8.71		7	96	672	1,784.71	-	1,784.71
6	200,000	12	9.64		22	260	5,720	686,400.00	-	686,400.00
7	229,000	12		16.71	11	260	2,860	-	288,497.02	(288,497.02)
8	229,000	12		16.71	22	260	5,720	-	576,994.03	(576,994.03)
9							-	-	-	-
10							-	-	-	-
รวม								**1,084,449.02**	**865,491.05**	**218,957.00**

UNIVERSITY
THE ORATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.11: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter

รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-EE-25
ชื่อวิธีการคำนวณ	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม			Version	9
ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	6
ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
218,957.00	=	**1,084,449.02**	-	**865,491.05**

ตารางที่ 4.12: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VAV ชนิด Inverter

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ 0.482 $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	36,000	1	10.80		11	260	2,860	4,595.07	-	4,595.07
2	18,000	1	8.57		11	260	2,860	2,895.37	-	2,895.37
3	200,000	12	9.64		11	260	2,860	343,200.00	-	343,200.00
4	48,000	3	8.71		22	260	5,720	45,573.87	-	45,573.87
5	48,000	1	8.71		7	96	672	1,784.71	-	1,784.71
6	200,000	12	9.64		22	260	5,720	686,400.00	-	686,400.00
7	2,825,253	1		4.89	11	260	2,860	-	779,158.34	(779,158.34)
8	2,825,253	1		4.89	22	260	5,720	-	1,558,316.67	(1,558,316.67)
9							-	-	-	-
10							-	-	-	-
รวม								**1,084,449.02**	**2,337,475.01**	**(1,253,025.00)**

ตารางที่ 4.13: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ VAV ชนิด Inverter

รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-EE-25
ชื่อวิธีการคำนวณ	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม			Version	9
ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	6
ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
- 1,253,025.00	=	1,084,449.02	-	2,337,475.01

BANGKOK UNIVERSITY THE BREAKTHROUGH UNIVERSITY

ตารางที่ 4.14: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Water Chiller ชนิด Inverter

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ 0.482 $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	36,000	1	10.80		11	260	2,860	4,595.07	-	4,595.07
2	18,000	1	8.57		11	260	2,860	2,895.37	-	2,895.37
3	200,000	12	2.43		11	260	2,860	1,361,501.23	-	1,361,501.23
4	48,000	3	8.71		22	260	5,720	45,573.87	-	45,573.87
5	48,000	1	8.71		7	96	672	1,784.71	-	1,784.71
6	200,000	12	2.43		22	260	5,720	2,723,002.47	-	2,723,002.47
7	2,709,241	1		8.84	11	260	2,860	-	447,924.29	(447,924.29)
8	2,709,241	1		8.84	22	260	5,720	-	895,848.58	(895,848.58)
9							-	-	-	-
10							-	-	-	-
รวม								4,139,352.73	1,343,772.87	2,795,579.00

ตารางที่ 4.15: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Water Chiller ชนิด Inverter

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-EE-25
ชื่อวิธีการคำนวณ	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม			Version	9
ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	6
ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
2,795,579.00	=	4,139,352.73	-	1,343,772.87

ตารางที่ 4.16: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด Inverter

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ 0.482 $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...										
ลำดับ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู)	จำนวนที่เปลี่ยน (ตัว)	ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศเดิม (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ค่า SEER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งใหม่ (บีทียู/วัตต์-ชั่วโมง)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	36,000	1	10.80		11	260	2,860	4,595.07	-	4,595.07
2	18,000	1	8.57		11	260	2,860	2,895.37	-	2,895.37
3	200,000	12	9.64		11	260	2,860	343,200.00	-	343,200.00
4	48,000	3	8.71		22	260	5,720	45,573.87	-	45,573.87
5	48,000	1	8.71		7	96	672	1,784.71	-	1,784.71
6	200,000	12	9.64		22	260	5,720	686,400.00	-	686,400.00
7	200,000	12		11.57	11	260	2,860	-	321,798.97	(321,798.97)
8	200,000	12		11.57	22	260	5,720	-	643,597.93	(643,597.93)
9	48,000	3		17.70	22	260	5,720	-	29,282.19	(29,282.19)
10	48,000	1		17.70	7	96	672	-	1,146.72	(1,146.72)
11	36,230	1		19.50	11	260	2,860	-	3,508.52	(3,508.52)
12	18,090	1		25.98	11	260	2,860	-	1,598.72	(1,598.72)
รวม								**1,084,449.02**	**1,000,933.04**	**83,515.00**

ตารางที่ 4.17: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด Inverter

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

	รายละเอียดวิธีการคำนวณ			รหัส	LESS-EE-25
	ชื่อวิธีการคำนวณ	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิม		Version	9
	ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล		หน้าที่	6
	ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์ กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

กรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ...(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)...

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
83,515.00	=	**1,084,449.02**	-	**1,000,933.04**

ตารางที่ 4.18: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภท LED

โครงการมีการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ **0.482** $kgCO_2eq/kWh$

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี).....													
ลำดับ	รายละเอียด	ประเภทหลอด/บัลลาสต์ เดิม	จำนวนหลอด เดิม (ชุด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์ เดิม (วัตต์)	ประเภทหลอด/บัลลาสต์ ใหม่	จำนวนหลอดใหม่ที่เปลี่ยนใหม่ (ชุด)	กำลังไฟฟ้าของหลอดใหม่และบัลลาสต์ที่เปลี่ยนใหม่ (วัตต์)	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	จำนวนวัน (วัน)	รวมชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
1	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 1 สำนักงานคลังสินค้า (62 ตร.ม.)	FLU	12	45.2	LED	12	23	11	260	**2,860**	**748**	**380**	367
2	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 1 สำนักงานคลังสินค้า (20 ตร.ม.)	FLU	12	45.2	LED	12	23	11	260	**2,860**	**748**	**380**	367
3	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 1 คลังสินค้า (2,670 ตร.ม.)	FLU	510	45.2	LED	510	23	11	260	**2,860**	**31,778**	**16,170**	15,608
4	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 1 พื้นที่อื่น ๆ (620 ตร.ม.)	FLU	82	45.2	LED	82	23	11	260	**2,860**	**5,109**	**2,600**	2,509
5	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 1 พื้นที่อื่น ๆ (620 ตร.ม.)	FLU	3	27.0	LED	3	23	11	260	**2,860**	**112**	**95**	17
6	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 2 สำนักงานการผลิต (139 ตร.ม.)	FLU	27	45.2	LED	27	23	22	260	**5,720**	**3,365**	**1,712**	1,653
7	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 2 ห้องฝึกอบรม (47ตร.ม.)	FLU	9	45.2	LED	9	23	7	96	**672**	**132**	**67**	65
8	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 2 ไลน์การผลิต (2,660 ตร.ม.)	FLU	263	45.2	LED	263	23	22	260	**5,720**	**32,775**	**16,677**	16,097
9	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 2 พื้นที่อื่น ๆ (175 ตร.ม.)	FLU	21	45.2	LED	21	23	22	260	**5,720**	**2,617**	**1,332**	1,285
10	โรงงานที่ 3 ชั้นที่ 2 พื้นที่อื่น ๆ (175 ตร.ม.)	FLU	3	27.0	LED	3	23	22	260	**5,720**	**223**	**190**	33
รวม			**942**			**942**					**77,605.42**	**39,604.38**	**38,001.00**

THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.19: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภท LED

	รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-EE-03
	ชื่อวิธีการคำ นวณ	การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ			Version	8
	ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	4
	ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีใช้ไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Captive ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี).....

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
38,001.00	=	**77,605.42**	-	**39,604.38**

ตารางที่ 4.20: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง (ทดแทนการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Capitve ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง)								
โปรดระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้					0.482	$kgCO_2eq/kWh$		
ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)								
ลำดับ	กรณีมีมิเตอร์	กรณีไม่มีมิเตอร์			ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้/ใช้จากพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์/แผง)	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แผง)	จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์				
1		545	648	365	2,572,865.51	248,525.76	1,240,121.18	(991,595.42)
รวม	-		648	365		248,525.76	1,240,121.18	(991,595.00)

ตารางที่ 4.21: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์

รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-AE-02
ชื่อวิธีการคำ นวณ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง			Version	7
ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	5
ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	20/9/2566

กรณีทดแทนการซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่น หรือโรงไฟฟ้า Capitve ที่ไม่ผ่านระบบสายส่ง

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจากกรณีฐาน ($kgCO_2eq$)	-	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจากการดำเนินโครงการ ($kgCO_2eq$)
- 991,595.00	=	248,525.76	-	1,240,121.18

ตารางที่ 4.22: แสดงการกรอกข้อมูลในส่วนของไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2

ช่วงระยะเวลาที่ขอการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้ ....(ระบุช่วงเวลา วัน เดือน ปี - วัน เดือน ปี)....					
ลำดับ	ชื่อพรรณไม้	กลุ่มชนิดพรรณไม้	ความสูง (เมตร)	เส้นรอบวงของต้นไม้ (เซนติเมตร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้ ($kgCO_2eq$)
1	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
2	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
3	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
4	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
5	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
6	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
7	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
8	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
9	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
10	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
11	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
12	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
13	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
14	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
15	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
16	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
17	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
18	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
19	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
20	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
21	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
22	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
23	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
24	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
25	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
26	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
27	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
28	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
29	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
30	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
31	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
32	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
33	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
34	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
35	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
36	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
37	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
38	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
39	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
40	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
41	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
42	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
43	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
44	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
45	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
46	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
47	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
48	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
49	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
50	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
51	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
52	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
53	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45
54	ลีลาวดี	พรรณไม้ทั่วไป	6	48	90.45

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.23: ผลการประเมินข้อมูลในส่วนของไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2

รายละเอียดวิธีการคำนวณ				รหัส	LESS-FOR-01
ชื่อวิธีการคำนวณ	การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้			Version	6
ชื่อองค์กร	กรอกข้อมูล			หน้าที่	4
ชื่อผู้จัดทำ	กรอกข้อมูล	เบอร์โทรศัพท์	กรอกข้อมูล	วันที่จัดทำ	12/15/2564

โปรดเลือก รูปแบบการปลูก และจำนวนต้นไม้ หรือพื้นที่ปลูกต้นไม้ทั้งหมด

(สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ Sheet: วิธีการจัดเก็บข้อมูล)

รูปแบบการปลูก	ปลูกไม่เป็นระเบียบ จัดสวน รอบ ๆ อาคารสถานที่	
จำนวนต้นไม้ หรือพื้นที่ปลูกต้นไม้ทั้งหมด	54	ต้น
จำนวนพื้นที่แปลงตัวอย่างรวม (กรณีปลูกเป็นแปลง)	54	ต้น

ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือน
4,884

สรุปข้อมูลต้นไม้ที่ทำการสำรวจ		
กลุ่มชนิดไม้	จำนวน (ต้น)	ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
พรรณไม้ทั่วไป	54	4,884.28
พรรณไม้ป่าชายเลน	0	-
กลุ่มปาล์ม	0	-
เถาวัลย์	0	-
ไผ่	0	-
รวม	**54**	**4,884.00**

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

4.7 ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2

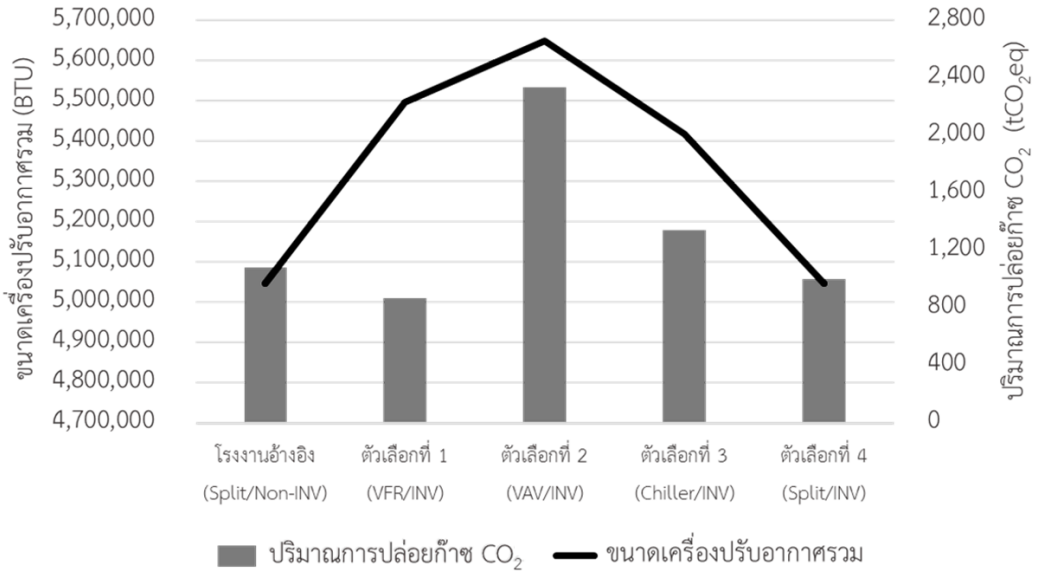
4.7.1 เครื่องปรับอากาศ

ในการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจากเดิมที่เป็นระบบ Direction Expansion (Split) ชนิด Non-inverter เป็นเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ระบบ จะทำการเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงานอ้างอิง ซึ่งแยกตามพื้นที่ใช้สอย มีผลจากการคำนวณ ดังนี้

ตารางที่ 4.24: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ชั้น	รายละเอียด	หน่วย	เครื่องปรับอากาศ				
			โรงงานอ้างอิง	ตัวเลือกที่ 1	ตัวเลือกที่ 2	ตัวเลือกที่ 3	ตัวเลือกที่ 4
			Split	VRF	VAV	Water Chiller	Split
			Non-inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
ชั้นที่ 1	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	2,752	2,752	2,752	2,752	2,752
	ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม	BTU	2,454,000	2,748,000	2,825,253	2,709,241	2,454,320
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	350,583	288,497	779,158	447,924	326,906
ชั้นที่ 2	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	2,846	2,846	2,846	2,846	2,846
	ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม	BTU	2,592,000	2,748,000	2,825,253	2,709,241	2,592,000
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	733,544	576,994	1,558,317	895,849	674,027
รวม 2 ชั้น	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	5,598	5,598	5,598	5,598	5,598
	ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม	BTU	5,046,000	5,496,000	5,650,507	5,418,481	5,046,320
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	1,084,126.64	865,491.05	2,337,475.01	1,343,772.87	1,000,933.04
		tCO_2eq/ปี	1,084.13	865.49	2,337.48	1,343.77	1,000.93

ภาพที่ 4.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวเลือก



จากผลการคำนวณ ชี้ให้เห็นว่าในเงื่อนไขขนาดพื้นที่เท่ากัน และขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU) ที่ใกล้เคียงกัน เครื่องปรับอากาศที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าเรียงจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด คือเครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter, ระบบ Split ชนิด Inverter), ระบบ Water Chiller ชนิด Inverter), ระบบ VAV ชนิด Inverter ตามลำดับ คิดเป็น 865.49 tCO_2eq/ปี, 1,000.93 tCO_2eq/ปี, 1,343.77 tCO_2eq/ปี และ 2,337.48 tCO_2eq/ปี ตามลำดับ

4.7.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

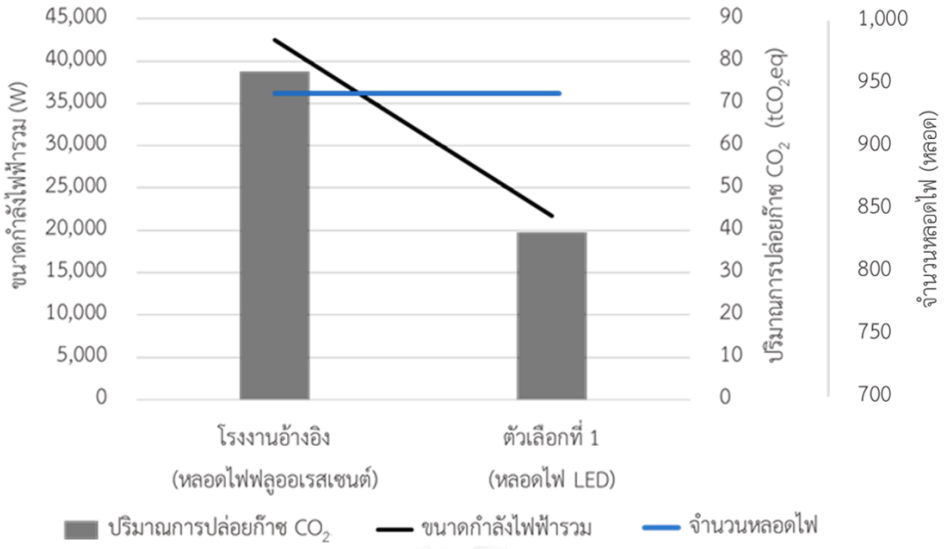
ในการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีเปลี่ยนจากหลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์ กำลังไฟฟ้า 36 W และ 18 W ในบางพื้นที่ เป็นเป็นหลอดไฟประเภท LED ทั้งหมด จะทำการเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงานอ้างอิง ซึ่งแยกตามพื้นที่ใช้สอย มีผลจากการคำนวณ ดังนี้

ตารางที่ 4.25: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

ชั้น	รายละเอียด	หน่วย	อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	
			โรงงานอ้างอิง	ตัวเลือกที่ 1
			หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก	หลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก
ชั้นที่ 1	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	3,372	3,372
	จำนวนหลอดไฟ	หลอด	619	619
	ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด	lm	3,240	3,200
	ขนาดกำลังไฟฟ้ารวม	W	27,923	14,237
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	38,495	19,625
ชั้นที่ 2	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	3,021	3,021
	จำนวนหลอดไฟ	หลอด	323	323
	ขนาดกำลังไฟฟ้ารวม	W	14,545	7,429
	ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด	lm	3,240	3,200
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	39,112	19,978
ชั้นที่ 1 และ 2	ขนาดพื้นที่รวม	ตร.ม	6,393	6,393
	จำนวนหลอดไฟ	หลอด	942	942
	ขนาดกำลังไฟฟ้ารวม	W	42,468	21,666
	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	$kgCO_2eq$/ปี	77,605	39,604
		tCO_2eq/ปี	77.61	39.60

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 4.7: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (หน่วย: tCO_2eq)



จากผลการคำนวณ ชี้ให้เห็นว่าในเงื่อนไขขนาดพื้นที่เท่ากัน จำนวนหลอดไฟเท่ากัน และค่าฟลักซ์การส่องสว่างใกล้เคียงกัน หลอดไฟ LED มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าและมีการสูญเสียพลังงานจากบัลลาสต์แกนเหล็ก จึงทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าลดลงจากเดิมที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟลดลงจากเดิม โดยปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟ LED และหลอดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ คิดเป็น 39.60 tCO_2eq และ 77.61 tCO_2eq ตามลำดับ

BANGKOK UNIVERSITY
THE SUBLIME UNIVERSITY

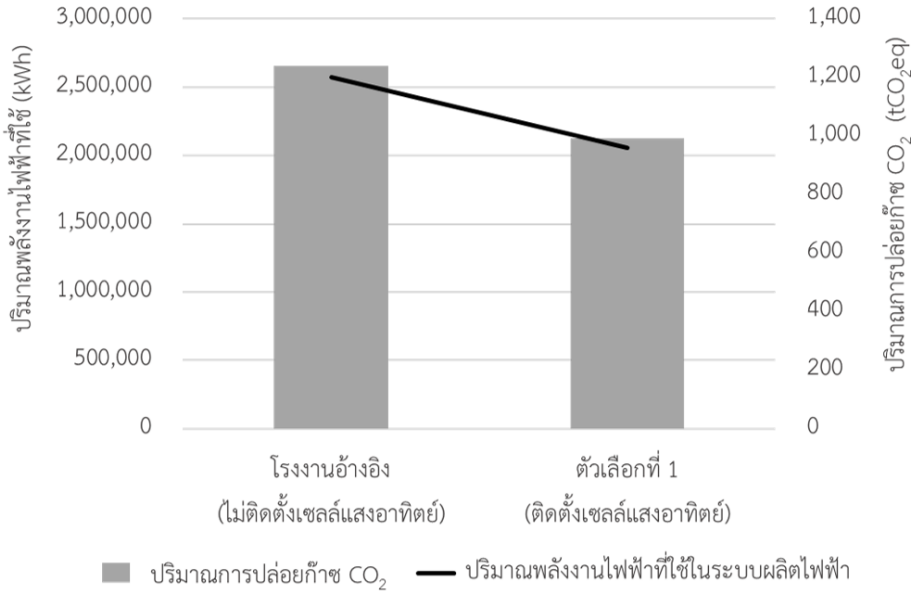
4.7.3 เซลล์แสงอาทิตย์

ผลการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีที่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมจากปัจจุบันที่โรงงานอ้างอิงไม่ได้มีการติดตั้ง มีดังนี้

ตารางที่ 4.26: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

หัวข้อ	หน่วย	เซลล์แสงอาทิตย์	
		โรงงานอ้างอิง	ตัวเลือกที่ 1
		ไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์
กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	วัตต์/แผง	-	545
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผง	-	648
จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	วัน	-	365
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียน	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0	515,614
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	2,572,866	2,057,252
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 (ปีแรก)	$kgCO_2eq$/ปี	1,240,121	991,595
	tCO_2eq/ปี	1,240.12	991.60

ภาพที่ 4.8: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปีของกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย: tCO_2eq)



จากผลการคำนวณ ชี้ให้เห็นว่าหากติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าว เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 515,614 kWh ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าจาก 2,572,866 kWh เหลือ 2,057,252 kWh ดังนั้นหากไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าจะอยู่ที่ 1,240.12 tCO_2eq/ปี แต่ถ้าหากติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าในปีแรกของการติดตั้งจะอยู่ที่ 991.60 tCO_2eq/ปี

4.7.4 ไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2

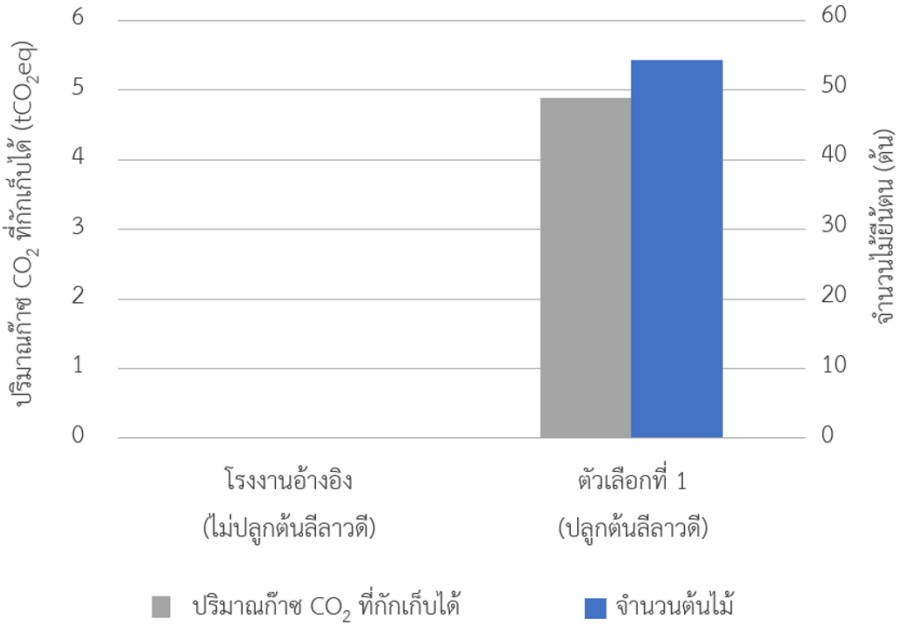
ผลการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีปลูกต้นลีลาวดี จำนวน 54 ต้น เพิ่มเติมจากปัจจุบันที่โรงงานอ้างอิงไม่ได้มีการมีปลูก ดังนี้

ตารางที่ 4.27: สรุปปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 จากการปลูกไม้ยืนต้น

หัวข้อ	หน่วย	ไม้ยืนต้น	
		โรงงานอ้างอิง	ตัวเลือกที่ 1
		ไม่ปลูก	ปลูก
ชื่อพรรณไม้	-	-	ลีลาวดี
ชื่อสามัญ	-	-	Singapore Plumeria, Temple tree
ชื่อวิทยาศาสตร์	-	-	*Plumeria obtusa L.*
วงศ์	-	-	APOCYNACEAE
กลุ่มชนิดพรรณไม้	-	-	ไม้ยืนต้น
ความสูง	เมตร	-	6
เส้นรอบวงของไม้ยืนต้น	เซนติเมตร	-	48
จำนวนต้น	ต้น	-	54
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บได้	$kgCO_2eq$	-	4,884.28
	tCO_2eq	-	4.88

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 4.9: ปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้กรณีปลูกและไม่ปลูกไม้ยืนต้น (หน่วย: tCO_2eq)



จากผลการคำนวณ ชี้ให้เห็นว่าหากทำการปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและเส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น จะสามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้ 4.88 tCO_2eq ซึ่งสามารถนำไปหักลบปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่มีอยู่เดิมได้

4.8 ผลการประเมินปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละตัวเลือก

ในการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวเลือก จะประยุกต์ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS โดยจะแยกเป็น 2 สูตร ได้แก่ สูตรคำนวณปริมาณไฟฟ้าในกรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา หรือ Non-inverter และกรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยการประยุกต์ใช้ในที่นี้ คือ ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ อบก. แต่จะไม่แทนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF_{elec}) ในสมการ จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณไฟฟ้า รายละเอียดสมการ ได้แก่

สูตรคำนวณปริมาณไฟฟ้าในกรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา หรือ Non-inverter เป็นไปตามรายละเอียด ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} \quad \frac{(BTU/\ (EER) \times (Comp/100) \times N_{air} \times h \times EF_{elec}}{1000}$$

(หน่วย $kgCO_2eq$) (หน่วย $kgCO_2eq/kWh$)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

เมื่อ EF_{elec} คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น (ไม่แทนค่า)

BTU คือ ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้ง

EER คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

Comp คือ อัตราส่วนการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (หากไม่ทราบใช้ค่าเท่ากับ 75)

N_{air} คือ จำนวนเครื่องปรับอากาศ

h คือ จำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

สูตรคำนวณปริมาณไฟฟ้าในกรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) มีดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \frac{\text{BTU}/\left((-0.02 \times \text{SEER}^{2}) + (1.12 \times \text{SEER})\right) \times N_{air} \times h \times EF_{elec}}{1000}$$

(หน่วย $kgCO_2eq$) (หน่วย $kgCO_2eq/kWh$)

เมื่อ EF_{elec} คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น (ไม่แทนค่า)

BTU คือ ขนาดของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้ง

SEER คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ

N_{air} คือ จำนวนเครื่องปรับอากาศ

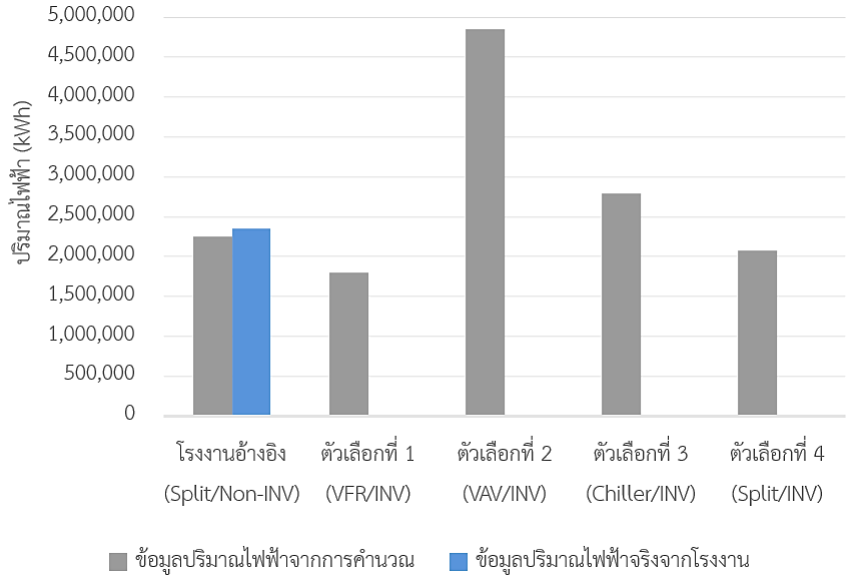
h คือ จำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4.28: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในแต่ละตัวเลือก

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ตัวเลือก	รายละเอียด		ปริมาณไฟฟ้า (kWh/ปี)		ความแตกต่าง
	ระบบ	ชนิด	ข้อมูลจากการคำนวณ	ข้อมูลจริงจากโรงงาน	
โรงงานอ้างอิง	Split	Non-inverter	2,249,225	2,349,283	-4.26%
ตัวเลือกที่ 1	VRF	Inverter	1,795,625	-	-
ตัวเลือกที่ 2	VAV	Inverter	4,849,533	-	-
ตัวเลือกที่ 3	Water Chiller	Inverter	2,787,911	-	-
ตัวเลือกที่ 4	Split	Inverter	2,076,625	-	-

ภาพที่ 4.10: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศต่อปีของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: kWh)



จากตารางที่ 4.28 และภาพที่ 4.10 สามารถสรุปผลโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 โรงงานอ้างอิง เมื่อคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) โดยการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS แล้ว และนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงจากโรงงาน พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าข้อมูลจริงจากโรงงาน 4.26% ซึ่งแตกต่างเพียงเล็กน้อย โดยสาเหตุของความแตกต่างนั้นอันเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ (เดิมที่ติดตั้งอยู่) ที่ใช้คำนวณในเอกสารการคำนวณ เป็นค่า EER ที่อ้างอิงมาจากข้อมูลจำเพาะของสินค้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเครื่องปรับอากาศมีการเสื่อมสภาพลง (อายุการใช้งาน 13 ปี) ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานมากขึ้น ตลอดจนในการปฏิบัติจริงนั้น บางพื้นที่อาจจะมีการปิดระบบปรับอากาศไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นจากการปิดระบบปรับอากาศโดยพนักงานผู้รับผิดชอบพื้นที่ ไม่ตรงตามเวลาที่กำหนดซึ่งมีหน่วยเป็นนาทีที่สะสมในแต่ละวันนั้นก็เป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงของโรงงานมีค่ามากกว่าตัวเลขที่คำนวณในเอกสารการคำนวณ

ส่วนที่ 2 ผลการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) ที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในแต่ละตัวเลือก พบว่า เครื่องปรับอากาศที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ เครื่องปรับอากาศระบบ VRF ชนิด Inverter คิดเป็น 1,795,625 kWh/ปี รองลงมา คือ เครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด

Inverter, ระบบ Water Chiller ชนิด Inverter และระบบ VAV ชนิด Inverter คิดเป็น 2,787,911 kWh/ปี, 3,197,013 kWh/ปี และ 4,849,533 kWh/ปี ตามลำดับ

ในการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง จะประยุกต์ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS โดยการประยุกต์ใช้ในที่นี้ คือ ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ อบก. แต่จะไม่แทนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF_{elec}) ในสมการ จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณไฟฟ้า โดยรายละเอียดของสมการ มีดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (หน่วย $kgCO_2eq$) = $(P/1000) \times N \times h \times EF_{elec}$ (หน่วย $kgCO_2eq/kWh$)

เมื่อ EF_{elec} คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น (ไม่แทนค่า)

P คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (รวมกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์)

N คือ จำนวนหลอดไฟฟ้า

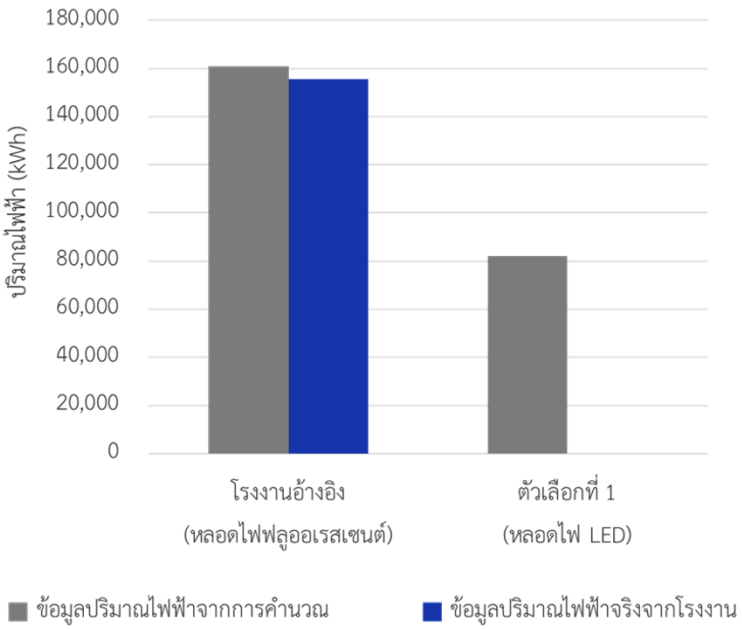
h คือ จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.29: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละตัวเลือก

ตัวเลือก	รายละเอียด	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)		
		ข้อมูลจากการคำนวณ	ข้อมูลจริงจากโรงงาน	ความแตกต่าง (%)
โรงงานอ้างอิง	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก	161,007	155,401	3.61%
ตัวเลือกที่ 1	หลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก	82,167	-	-

ภาพที่ 4.11: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่อปีของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: kWh)



BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.29 และภาพที่ 4.11 สามารถสรุปผลโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 โรงงานอ้างอิง เมื่อคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) โดยการประยุกต์ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ทาง อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS แล้ว และนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงจากโรงงาน พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการคำนวณมีค่ามากกว่าข้อมูลจริงจากโรงงาน 3.61% ซึ่งแตกต่างเพียงเล็กน้อย โดยสาเหตุของความแตกต่างนั้นอันเนื่องมาจาก ระยะเวลาการเปิดและปิดไฟฟ้าแสงสว่างตามการใช้งานจริงจะไม่ได้ตรงเวลาเหมือนการคำนวณที่ต้องทำการใส่ค่าเป็นชั่วโมง แต่ในทางปฏิบัติจริงนั้น บางพื้นที่ เช่น พื้นที่ที่ถูกใช้งานชั่วคราว เป็นต้น จะมีการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างโดยพนักงานผู้รับผิดชอบพื้นที่ ก่อนเวลาที่กำหนดซึ่งมีหน่วยเป็นนาทีที่สะสมในแต่ละวัน จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงน้อยกว่าจากการคำนวณ

ส่วนที่ 2 ผลการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) ที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในแต่ละตัวเลือก พบว่า หลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็กที่มีคุณลักษณะตามเงื่อนไขที่กำหนดจะใช้ปริมาณไฟฟ้า 82,167 kWh/ปี

ในการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ จะประยุกต์ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$) ที่ อบก. ระบุไว้ในเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS โดยการประยุกต์ใช้ในที่นี้ คือ ใช้สูตรคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ อบก. แต่จะไม่แทนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EFelec) ในสมการ จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณไฟฟ้า โดยรายละเอียดของสมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์/1,000) x จำนวนแผง x จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้า x H x EF_{elec}

(หน่วย : $kgCO_2eq$) (หน่วย : $kgCO_2eq/kWh$)

เมื่อ EF_{elec} คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตอื่น (ไม่แทนค่า)

H คือ ระยะเวลาที่มีความเข้มของแสงแดดสูงสุดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในหนึ่งวัน (กำหนดให้เท่ากับ 4 ชั่วโมง/วัน)

N คือ จำนวนหลอดไฟฟ้า

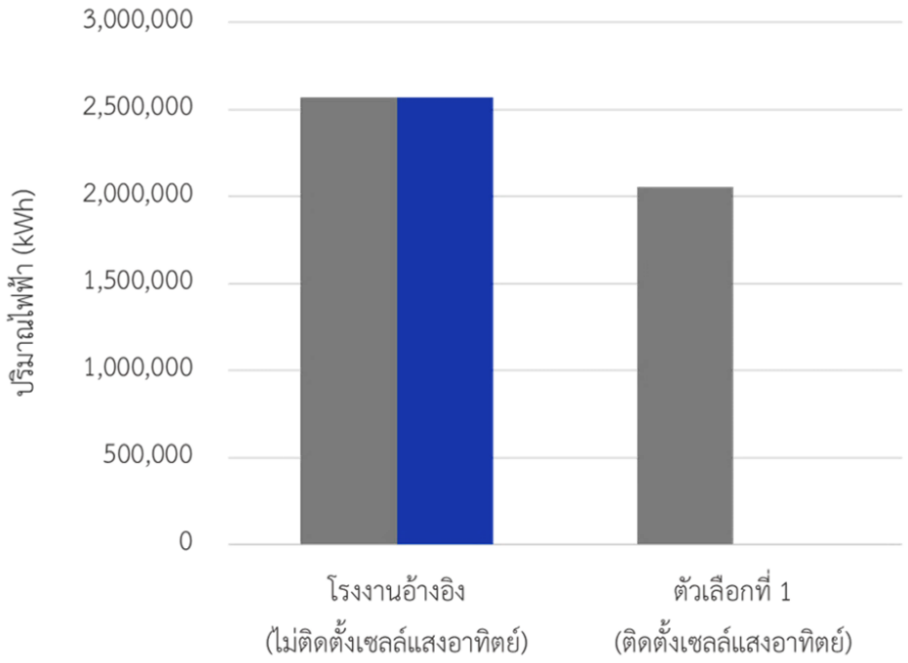
h คือ จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.30: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวเลือก	รายละเอียด	ปริมาณไฟฟ้า (kWh/ปี)		
		ข้อมูลจากการคำนวณ	ข้อมูลจริงจากโรงงาน	ความแตกต่าง (%)
โรงงานอ้างอิง	ไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	2,572,865.51[1]	2,572,865.51	-
ตัวเลือกที่ 1	ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	2,057,251.91	-	-

ภาพที่ 4.12: สรุปปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ (หน่วย: kWh)



หมายเหตุ : [1] ปริมาณไฟฟ้าที่โรงงานอ้างอิงใช้ใน 1 ปีที่ใช้กรอกในเอกสารคำนวณ อ้างอิงมาจากข้อมูลจริงจากโรงงาน อ้างอิงตารางที่ 2.16

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.30 และภาพที่ 4.12 ชี้ให้เห็นว่าในปัจจุบันโรงงานไม่ได้มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่โรงงานอ้างอิง ส่งผลให้มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อจากผู้ผลิตภาคเอกชนทั้งหมด 2,572,865.51 kWh/ปี เปรียบเทียบกับถ้าหากติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ตามเงื่อนไข โรงงานสามารถใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ส่วนหนึ่ง โดยจะยังคงมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อจากผู้ผลิตภาคเอกชนอยู่ที่ 2,057,251.91 kWh/ปี

4.9 ผลการประเมินค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก

จากการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลไปยังโรงงานกรณีศึกษา ได้รับข้อมูลว่า อัตราค่าไฟฟ้าของโรงงานกรณีศึกษาจัดอยู่ในประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม สำนักงาน ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าจะคำนวณค่าไฟตามตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ภายใต้เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้า 22-33 กิโลโวลท์ โดยซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (SPP) ซึ่งสูตรคำนวณที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

ค่าไฟฟ้า = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี) x 5.2179 [1]

(หน่วย : บาท) (หน่วย : บาท/kWh)

หมายเหตุ : [1] ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานและความคุ้มค่าในการลงทุนของแต่ละตัวเลือก ในงานวิจัยนี้เป็นการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วย คือ 5.2179 บาท/kWh ซึ่งคำนวณจากการใช้ไฟฟ้าช่วง Peak (ตั้งแต่วันจันทร์ - วันศุกร์ เวลา 09:00-22:00 น. รวม 246 วันต่อปี) ราคาต่อหน่วย 4.1839 บาท/kWh, การใช้ไฟฟ้าช่วง Off-peak (ตั้งแต่ วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22:00-09:00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการทั้งวัน รวม 119 วันต่อปี) ราคาต่อหน่วย 2.6037 บาท/kWh และ ค่า Ft. 1.5492 บาท/kWh อ้างอิงตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2566

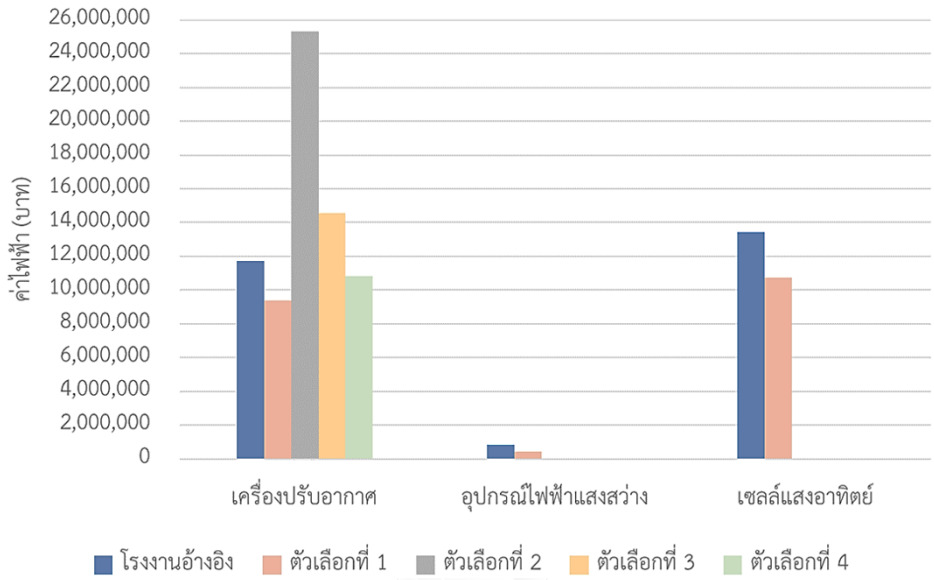
จากสูตรการคำนวณข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าของแต่ละหัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.31

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 4.31: สรุปผลการคำนวณค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก

หัวข้อ	ตัวเลือก	รวมค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ส่วนต่างของค่าไฟฟ้าเปรียบเทียบกับโรงงานอ้างอิง (บาทต่อปี)
เครื่องปรับอากาศ	โรงงานอ้างอิง	11,736,259	-
	ตัวเลือกที่ 1	9,369,410	(2,366,849)
	ตัวเลือกที่ 2	25,304,435	13,568,176
	ตัวเลือกที่ 3	14,547,070	2,810,811
	ตัวเลือกที่ 4	10,835,643	(900,616)
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	โรงงานอ้างอิง	840,121	-
	ตัวเลือกที่ 1	428,739	(411,382)
เซลล์แสงอาทิตย์	โรงงานอ้างอิง	13,424,985	-
	ตัวเลือกที่ 1	10,734,558	(2,690,426)

ภาพที่ 4.13: สรุปผลการคำนวณค่าไฟฟ้าของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: บาท)



จากตารางที่ 4.31 และภาพที่ 4.13 พบว่า ในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ ตัวเลือกที่ค่าไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ ตัวเลือกที่ 1 (เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter) โดยมีมูลค่าอยู่ที่ 9,369,410 บาทต่อปี น้อยกว่าโรงงานอ้างอิง (เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Non-inverter) 2,366,849 บาทต่อปี รองลงมาคือ ตัวเลือกที่ 4 (เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter) โดยมีมูลค่าอยู่ที่ 10,835,643 บาทต่อปี น้อยกว่าโรงงานอ้างอิง 900,616 บาทต่อปี ในขณะที่ค่าไฟฟ้าของตัวเลือกที่ 3 และ 2 (เครื่องปรับอากาศระบบ Water Cooled Water Chiller (Water chiller) ชนิด Inverter และระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter) จะมีมูลค่าสูงกว่าโรงงานอ้างอิง 2,810,811 บาทต่อปี และ 13,568,176 บาทต่อปี ตามลำดับ

ในหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง มูลค่าค่าไฟฟ้าของตัวเลือกที่ 1 (หลอดไฟ LED) อยู่ที่ 428,738.90 บาทต่อปี น้อยกว่าโรงงานอ้างอิง (หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนท์) 411,382 บาทต่อปี

ในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์ มูลค่าค่าไฟฟ้าของตัวเลือกที่ 1 (กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์) อยู่ที่ 10,734,558.41 บาทต่อปี น้อยกว่าโรงงานอ้างอิง (กรณีไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์) 2,690,426.14 บาทต่อปี

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

4.10 เปรียบเทียบเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก

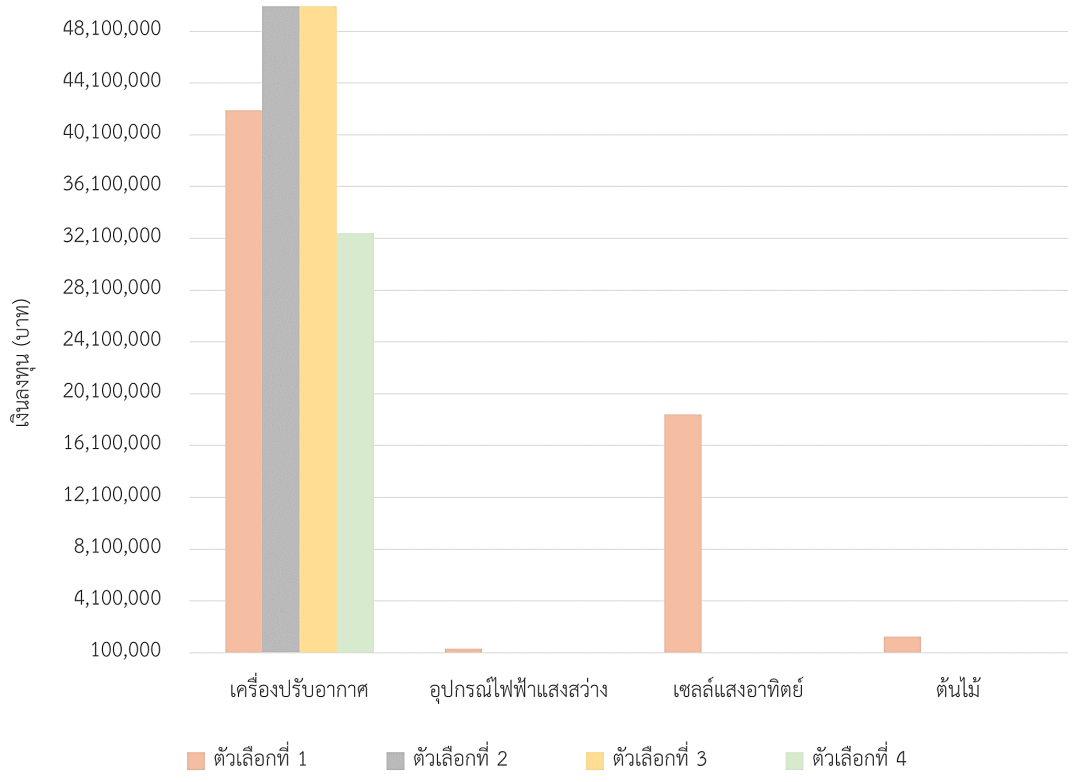
ในการประเมินเงินลงทุน ได้ขอความความอนุเคราะห์ข้อมูลราคาจากบริษัทผู้ผลิตและบริษัทผู้ให้บริการโดยตรง โดยสามารถสรุปเงินลงทุนได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.32: สรุปผลการคำนวณเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก

หัวข้อ	ตัวเลือก	ค่าอุปกรณ์ (บาท)	ค่าติดตั้ง/ค่าปลูก (บาท)	รวมเงินลงทุน (บาท)	หมายเหตุ
เครื่องปรับอากาศ	ตัวเลือกที่ 1	27,160,000	14,840,000	42,000,000	
	ตัวเลือกที่ 2	35,137,200	17,462,800	52,600,000	
	ตัวเลือกที่ 3	40,600,000	16,500,000	57,100,000	
	ตัวเลือกที่ 4	18,880,000	13,620,000	32,500,000	
อุปกรณ์แสงสว่าง	ตัวเลือกที่ 1	423,900	-	423,900	โรงงานติดตั้งเอง
เซลล์แสงอาทิตย์	ติดตั้ง	18,504,000		18,504,000	
ไม้ยืนต้น	ปลูก	1,188,000	137,500	1,325,500	

BANGKOK UNIVERSITY

ภาพที่ 4.14: สรุปผลการคำนวณเงินลงทุนของแต่ละตัวเลือก (หน่วย: บาท)



จากตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.14 พบว่า ในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ ตัวเลือกที่ใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด คือ ตัวเลือกที่ 4 (เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter) โดยมีมูลค่าอยู่ที่ 32,500,000 บาท รองลงมาคือ ตัวเลือกที่ 1 (เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter) โดยมีมูลค่าอยู่ที่ 42,000,000บาท ตามมาด้วยตัวเลือกที่ 2 และ 3 (เครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter และระบบ Water Cooled Water Chiller (Water chiller) ชนิด Inverter) ที่มีมูลค่าเงินลงทุนอยู่ที่ 52,600,000 บาท และ 57,100,000 บาท ตามลำดับ ในหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง มูลค่าเงินลงทุนของตัวเลือกที่ 1 (หลอดไฟ LED) อยู่ที่ 423,900 บาท และในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์ มูลค่าเงินลงทุนของตัวเลือกที่ 1 (ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์) อยู่ที่ 18,504,000 บาท และสุดท้ายหัวข้อไม้ยืนต้น มูลค่าเงินลงทุนของตัวเลือกที่ 1 (ปลูกไม้ยืนต้นลีลาวดี) อยู่ที่ 1,325,500 บาท

BANGKOK
UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจโรงงานที่ใช้เป็นต้นแบบในการสร้างโรงงานแห่งใหม่ ซึ่งโรงงานที่ใช้เป็นต้นแบบ (โรงงานอ้างอิง) นั้น ปัจจุบันเป็นโรงงานระบบปิดที่ดำเนินกิจการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ภายในโรงงานมีระบบปรับอากาศจากเครื่องทำความเย็น (เครื่องปรับอากาศ) พื้นที่หลักของโรงงานประกอบไปด้วย สำนักงานคลังสินค้า คลังสินค้า สำนักงานการผลิต ไลน์ผลิต และเนื่องจากภายในโรงงานเป็นระบบปรับอากาศที่มีการใช้งานตั้งแต่ 7 – 22 ชั่วโมงต่อวัน จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำงานของเครื่องปรับอากาศสูงที่สุด ซึ่งนำไปสู่การปล่อยก๊าซ CO_2 ประเภทที่ 2 ที่มีสัดส่วนมากถึง 91.31% ของการการปล่อยก๊าซ CO_2 ประเภทที่ 2 ของทั้งโรงงาน รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง คิดเป็นสัดส่วน 6.04 % ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีปรับปรุงในหัวข้อเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงกรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มตามนโยบายในอนาคตของโรงงาน และการปลูกไม้ยืนต้นที่สอดคล้องกับนโยบายของโรงงานสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 เพื่อให้เป็นไปตามแนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน ทั้งนี้ ก็เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการดำเนินการในโรงงาน ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการสร้างโรงงานใหม่ที่ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากภาคอาคารน้อยกว่าทั้ง 3 โรงงานที่ตั้งอยู่ในปัจจุบัน โดยไม่ได้มุ่งหวังให้สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้ได้สุทธิเท่ากับศูนย์แต่อย่างใด เนื่องจากการที่จะบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้ได้สุทธิเท่ากับศูนย์นั้น จำเป็นต้องมีการมุ่งเน้นในการปรับปรับปรุงในขอบเขตที่กว้างเกินขอบเขตของงานวิจัยนี้ ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ซึ่งจะศึกษาทั้งความคุ้มค่าเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยในแต่ละหัวข้อจะทำการเปรียบเทียบในหลายตัวเลือก โดยแต่ละตัวเลือกที่ได้นำมาใช้เปรียบเทียบนั้นได้จากการทบทวนวรรณกรรมและการศึกษานำร่อง ได้แก่

(1) หัวข้อเครื่องปรับอากาศ

(2) หัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

(3) หัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์

(4) หัวข้อไม้ยืนต้น

โดยรายละเอียดของแต่ละหัวข้อดังกล่าว เป็นไปตามรายละเอียดในตารางที่ 5.1

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 5.1: รายละเอียดของทั้ง 4 หัวข้อที่ทำการศึกษาวิจัย

หัวข้อ	ตัวเลือก	รายละเอียด
เครื่องปรับอากาศ	โรงงานอ้างอิง	เครื่องปรับอากาศระบบ Split ชนิด Non-inverter จำนวนรวม 14 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,046,000 BTU ค่า EER 8.57 – 10.8
	ตัวเลือกที่ 1	เปลี่ยนจากประเภทที่ติดตั้งอยู่ที่โรงงานอ้างอิง เป็นเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter จำนวนรวม 24 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,496,000 BTU ค่า SEER เท่ากับ 16.71
	ตัวเลือกที่ 2	เปลี่ยนจากประเภทที่ติดตั้งอยู่ที่โรงงานอ้างอิง เป็นเครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter จำนวนรวม 2 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,650,507 BTU ค่า SEER เท่ากับ 4.89
	ตัวเลือกที่ 3	เปลี่ยนจากประเภทที่ติดตั้งอยู่ที่โรงงานอ้างอิง เป็นเครื่องปรับอากาศระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ชนิด Inverter จำนวนรวม 2 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,418,481 BTU ค่า SEER เท่ากับ 8.84
	ตัวเลือกที่ 4	เปลี่ยนจากประเภทที่ติดตั้งอยู่ที่โรงงานอ้างอิง เป็นเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter จำนวนรวม 30 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,046,320 BTU ค่า SEER 11.57-25.98
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	โรงงานอ้างอิง	หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์พร้อมบัลลาสต์แกนเหล็ก จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,240 lm กำลังไฟฟ้า 36 W และค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 1,350 lm และกำลังไฟฟ้า 18 W ในบางพื้นที่
	ตัวเลือกที่ 1	เปลี่ยนจากประเภทที่ติดตั้งอยู่ที่โรงงานอ้างอิง เป็นหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่
เซลล์แสงอาทิตย์	โรงงานอ้างอิง	ไม่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ใด ๆ
	ตัวเลือกที่ 1	มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง
ไม้ยืนต้น	โรงงานอ้างอิง	ไม่มีการปลูกไม้ยืนต้นใด ๆ
	ตัวเลือกที่ 1	มีการปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตร เมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

จากการศึกษาแนวคิดการออกแบบอาคารภายใต้ความเป็นการทางคาร์บอน ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานในภาคอาคาร โดยมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุง 4 หัวข้อของ โรงงานอ้างอิง เพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะให้มีการปรับปรุงในกรณีที่มีการออกแบบโรงงานแห่งใหม่ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ และไม้ยืนต้นสำหรับกักเก็บก๊าซ CO_2 ทั้งนี้ ในการปรับปรุงจะยังคงสภาพแวดล้อมการทำงานให้คงเดิม ตามที่ได้รับการออกแบบจากการผู้รับเหมา ในครั้งที่มีการก่อสร้างโรงงานอ้างอิงให้สอดคล้องกับหลักทางวิศวกรรมและกฎหมายข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ทั้งในเรื่องขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU) ที่เหมาะสม และ

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ความเข้มของแสงจากหลอดไฟ โดยในการศึกษาวิจัยเพื่อหาข้อเสนอแนะให้มีการปรับปรุงกรณีที่มีการออกแบบโรงงานแห่งใหม่นั้น จะทำการเปรียบเทียบทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดของผลสรุป ดังนี้

5.1 ตัวเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้

5.1.1 เครื่องปรับอากาศ

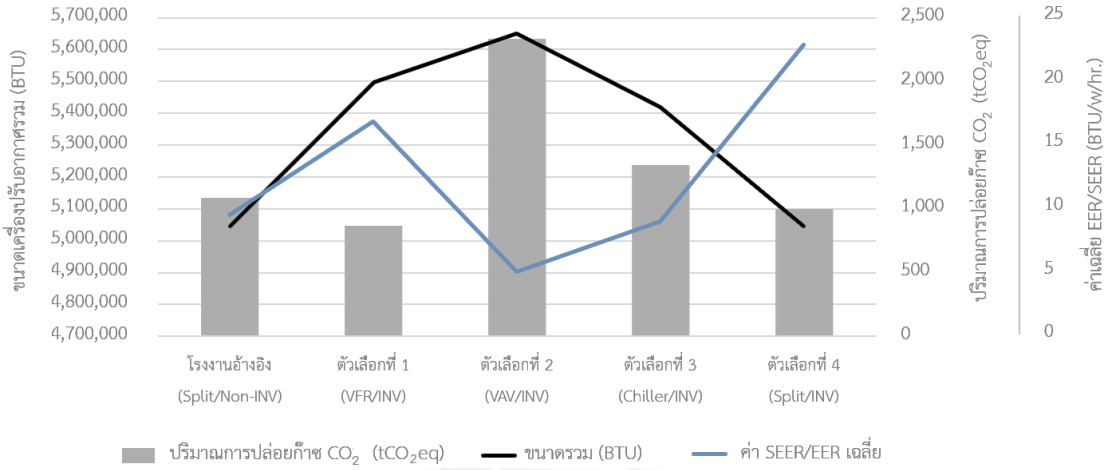
เมื่อนำผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวเลือกจากบทผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล มาเปรียบเทียบแนวโน้มว่า หากดำเนินการตามเงื่อนไขของแต่และตัวเลือกแล้ว ปริมาณการปล่อย CO_2 ออกสู่ชั้นบรรยากาศของแต่ละตัวเลือกจะเพิ่มหรือลดจากโรงงานอ้างอิง ปรากฏผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

ตารางที่ 5.2: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้อเครื่องปรับอากาศ

ตัวเลือก	รายละเอียด			ค่าเฉลี่ย EER/SEER	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ความแตกต่างจากโรงงานอ้างอิง	
	ระบบ	ชนิด	ขนาดรวม (BTU)	BTU/W/Hr	(tCO_2eq)	(tCO_2eq)	(%)
โรงงานอ้างอิง	Split	Non-inverter	5,046,000	9.35	1,084.13	-	-
ตัวเลือกที่ 1	VRF	Inverter	5,496,000	16.71	865.49	(218.64)	20.17%
ตัวเลือกที่ 2	VAV	Inverter	5,650,506	4.89	2,337.48	1,253.35	-115.61%
ตัวเลือกที่ 3	Water Chiller	Inverter	5,418,481	8.84	1,343.77	259.65	-23.95%
ตัวเลือกที่ 4	Split	Inverter	5,046,320	22.74	1000.93	(83.19)	7.67%

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 5.1: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 , ขนาด (BTU) และค่า EER/SEER ของเครื่องปรับอากาศ



จากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับทั้ง 4 ตัวเลือก ผ่านเอกสารการคำนวณสำหรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อแทนที่เครื่องปรับอากาศเดิมภายใต้โครงการ LESS พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศประเภทเดิมที่ติดตั้งอยู่ เครื่องปรับอากาศที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าได้ คือ เครื่องปรับอากาศตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 1 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter จำนวนรวม 24 เครื่อง ขนาดรวม 5,496,000 BTU ค่า SEER เฉลี่ยเท่ากับ 16.71 และเครื่องปรับอากาศตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 4 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter จำนวนรวม 30 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,046,320 BTU ค่า SEER เฉลี่ยเท่ากับ 22.74 ซึ่งลดลงจากเดิม 218.64 tCO_2eq คิดเป็น 20.17% และ 83.19 tCO_2eq คิดเป็น 7.67% ตามลำดับ

ในขณะที่อีก 2 ตัวเลือก ได้แก่ เครื่องปรับอากาศตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 2 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) ชนิด Inverter จำนวนรวม 2 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,650,507 BTU ค่า SEER เฉลี่ยเท่ากับ 4.89 และเครื่องปรับอากาศตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 3 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ชนิด Inverter จำนวนรวม 2 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,418,481 BTU ค่า SEER เฉลี่ยเท่ากับ 8.84 หากติดตั้งแล้ว จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากขึ้นกว่าเดิม 1,253.35 tCO_2eq คิดเป็น 115.61% และ 259.65 tCO_2eq คิดเป็น 23.95%

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการคำนวณมีความแตกต่างไปจากงานวิจัยของ Balbis-Morejón, et al. (2023) ซึ่งได้อธิบายไว้ในบททบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจุดที่มีความแตกต่าง คือ ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) และระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพด้านการปล่อยก๊าซ CO_2 ดีเป็นอันดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แต่ในงานวิจัยนี้ เครื่องปรับอากาศสองระบบดังกล่าว อยู่ใน 2 อันดับสุดท้าย สาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูง คือ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ติดตั้งคอนเดนซิ่งยูนิตของโรงงาน ส่งผลให้บริษัทผู้รับเหมาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล จำเป็นต้องเลือกคอนเดนซิ่งยูนิตสำหรับเครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) และระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ได้อย่างละ 1 ยูนิตต่อชั้นเท่านั้น แต่เมื่อตรวจสอบข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องปรับอากาศในท้องตลาด พบว่า ไม่สามารถค้นหาเครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) และระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ที่มีขนาด (BTU) เท่ากับหรือมากกว่าของเดิมเพียงเล็กน้อยได้ ดังนั้น เพื่อคงประสิทธิภาพการปรับอากาศตามข้อกำหนดของโครงการ LESS จึงจำเป็นต้องเลือกขนาด (BTU) ที่มากกว่าเดิมพอสมควรแต่ให้ใกล้เคียงเดิมมากที่สุด ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น และด้วยข้อจำกัดของเครื่องปรับอากาศทั้งสองระบบนี้ที่รวมศูนย์คอนเดนซิ่งยูนิตได้เพียงชั้นละหนึ่งยูนิตนี้เอง ส่งผลให้จำเป็นต้องกรอกจำนวนชั่วโมงการใช้งานสูงสุดต่อวันของชั้นนั้น ๆ แม้ในบางพื้นที่จะใช้งานไม่ถึงก็ตาม เนื่องจากไม่สามารถแยกพื้นที่คำนวนในเอกสารการคำนวณได้เหมือนกับเครื่องปรับอากาศประเภทอื่นที่มีคอนเดนซิ่งยูนิตหลายยูนิตแยกตามพื้นที่การใช้งาน เพราะฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าเอกสารคำนวณการคำนวณภายใต้โครงการ LESS นั้นเหมาะสมกับการใช้คำนวณสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีคอนเดนซิ่งยูนิตขนาดเล็กแยกหลาย ๆ ยูนิต ตามพื้นที่การใช้งานมากกว่า กลับกันหากโรงงานแก้ไขข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ โดยการสร้างดาดฟ้าไว้เพื่อรองกับคอนเดนซิ่งยูนิตขนาดใหญ่ของเครื่องปรับอากาศระบบ Air Cooled Water Chiller (VAV) และระบบ Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ที่มากกว่า 1 ยูนิตต่อชั้น อาจจะสามารถทำได้ แต่จะต้องเสียพื้นที่ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา รวมถึงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างโรงงานให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น อีกทั้ง ต้องยอมรับในอีกข้อเสียหนึ่งว่าหากเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ระบบนี้ที่มีจำนวนคอนเดนซิ่งยูนิตเพียงไม่กี่ยูนิตเกิดการชำรุดขึ้น จะส่งผลกระทบต่อหลายพื้นที่การทำงานมากกว่ากรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีคอนเดนซิ่งยูนิตแยกตามพื้นที่การใช้งานที่เมื่อเกิดการชำรุดขึ้นก็จะสามารถเข้าไปซ่อมแซมแยกเป็นรายยูนิตได้

กลับกัน เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ก็มีขนาด (BTU) ไม่แตกต่างจากเครื่องปรับอากาศประเภท Air Cooled Water Chiller (VAV) และประเภท Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) มากนักและคำนวณโดยใส่จำนวนชั่วโมงการใช้งานสูงสุดของแต่ละชั้น

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

เหมือนกัน แต่ปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่า สาเหตุเป็นเพราะเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter มีค่า SEER มากกว่า (ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นน้อยกว่า) ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานอ้างอิง จึงสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้มากที่สุด รวมถึงคอนเดนซิ่งยูนิตที่มีขนาดเล็กกว่า จึงสามารถแยกตามพื้นที่การใช้งานได้ ทำให้สะดวกในกรณีที่มีการซ่อมแซม

เพราะฉะนั้น จากข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้น จึงเลือกตัวเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้ทั้ง 2 ตัวเลือก คือ “เครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter และเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter” เพื่อนำไปสร้างฉากทัศน์ร่วมกับตัวเลือกของหัวข้ออื่น ๆ ต่อไป

5.1.2 เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

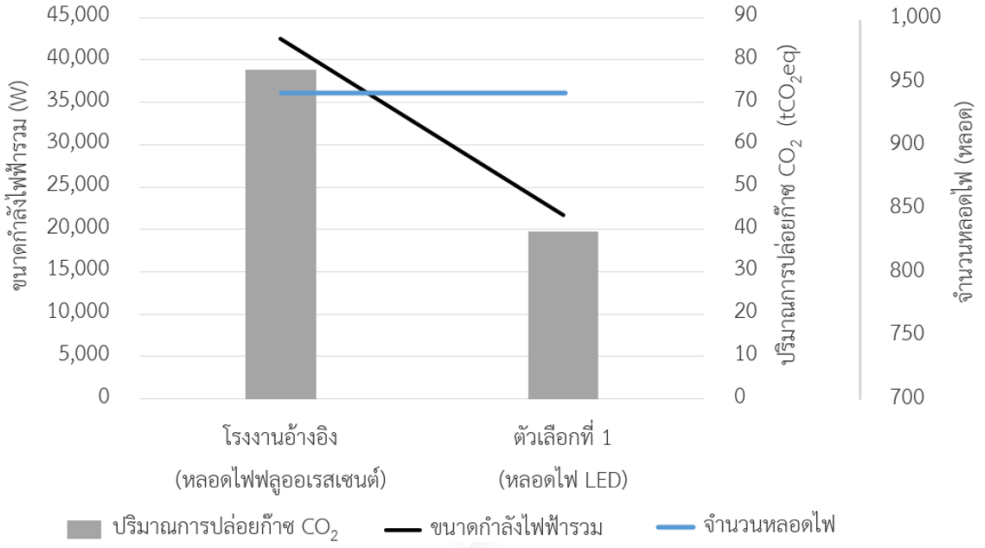
เมื่อนำผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละตัวเลือกจากบทผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล มาเปรียบเทียบแนวโน้มว่า หากดำเนินการตามเงื่อนไขของตัวเลือกนั้น ๆ แล้ว ปริมาณการปล่อย CO_2 ออกสู่ชั้นบรรยากาศของแต่ละตัวเลือกจะเพิ่มหรือลดจากโรงงานอ้างอิง ปรากฏผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 5.3: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้ออุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

ตัวเลือก	รายละเอียด	กำลังไฟฟ้ารวม	ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ความแตกต่างจากโรงงานอ้างอิง	
		(W)	(lm)	(tCO_2eq)	(tCO_2eq)	(%)
โรงงานอ้างอิง	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์แกนเหล็ก	42,469	3,240	77.61	-	-
ตัวเลือกที่ 1	หลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก	21,666	3,200	39.60	38.00	48.97

ภาพที่ 5.2: ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2, กำลังไฟฟ้ารวม (W) และค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด (lm) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง



จากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเอกสารการคำนวณสำหรับการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภายใต้โครงการ LESS พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟเดิมที่ติดตั้งอยู่ (ณ โรงงานอ้างอิง ได้แก่ หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์พร้อมบัลลาสต์แกนเหล็ก จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,240 lm กำลังไฟฟ้า 36 W และค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 1,350 lm และกำลังไฟฟ้า 18 W ในบางพื้นที่) หากเปลี่ยนมาติดตั้งหลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก (ตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 1 ได้แก่ หลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่) จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าได้ 38 tCO_2eq คิดเป็น 48.97%

โดยผลการคำนวณนั้น เป็นไปตามข้อค้นพบที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ว่าเมื่อติดตั้งหลอดไฟประเภท LED แทนหลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์แล้วจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงนำไปสู่การลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้ โดยในการเปลี่ยนนั้น หากเลือกขนาดของหลอดไฟ และค่าฟลักซ์การส่องสว่างให้ใกล้เคียงของเดิมมากที่สุด เพื่อคงประสิทธิภาพของแสงสว่างให้ยังคงเป็นไปตามกำหนด ตามข้อกำหนดของโครงการ LESS จะสามารถกรอกข้อมูลจำนวนหลอดไฟได้โดยง่ายเนื่องจากก่อนและหลังดำเนินการมีจำนวนหลอดไฟเท่ากัน ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานที่ว่าด้วยเรื่องมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

โรงงานจำเป็นต้องมีการวัดค่าความเข้มของแสงสว่างในสถานที่ปฏิบัติงานเป็นประจำทุกปี เพราะฉะนั้น จากข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้น จึงเลือกตัวเลือก “ติดตั้งหลอดไฟ LED ไม่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก” เพื่อนำไปสร้างฉากทัศน์ร่วมกับตัวเลือกของหัวข้ออื่น ๆ

5.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อนำผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวเลือกจากบทผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล มาเปรียบเทียบแนวโน้มว่า หากดำเนินการตามเงื่อนไขของตัวเลือกนั้น ๆ แล้ว ปริมาณการปล่อย CO_2 ออกสู่ชั้นบรรยากาศจะลดลงเหลืออยู่ที่เท่าใด เมื่อเปรียบเทียบจากโรงงานอ้างอิง ปรากฏผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

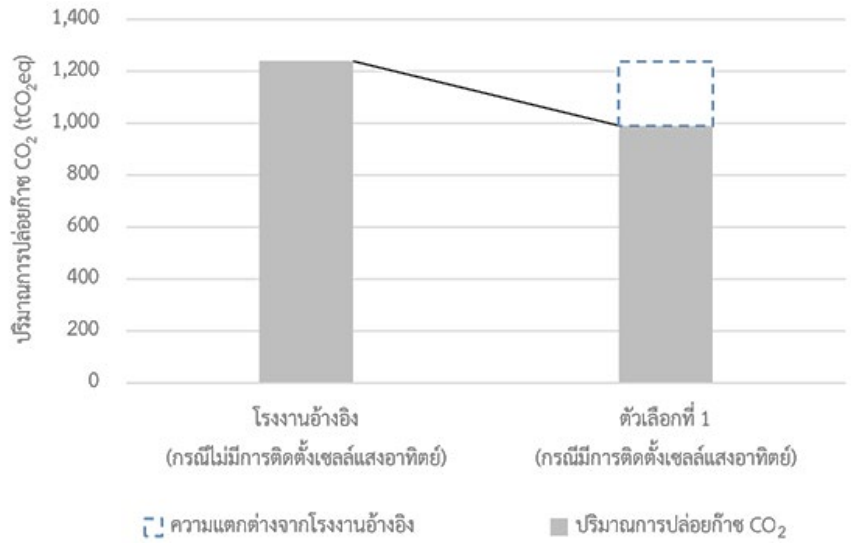
ตารางที่ 5.4: สรุปแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวเลือก	รายละเอียด	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ความแตกต่างจากโรงงานอ้างอิง	
		(tCO_2eq)	(tCO_2eq)	(%)
โรงงานอ้างอิง	ไม่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	1,240.12 [1]	-	-
ตัวเลือกที่ 1	มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	991.60	248.53	20.04

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

หมายเหตุ: [1] เนื่องจากในเอกสารคำนวณกรอกปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงต่อปีของโรงงานอ้างอิงลงไป อ้างอิงตารางที่ 2.16 จึงนำปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีจริงมาเปรียบเทียบ

ภาพที่ 5.3: ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ลดได้กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์



จากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านเอกสารการคำนวณสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เองภายใต้โครงการ LESS พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ใด ๆ หากมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ (ตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 1 ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง) จะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ลดลงจากเดิม 248.53 tCO_2eq คิดเป็น 20.04%

ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้จากในตารางที่ 5.4 เป็นการคำนวณภายใต้เงื่อนไขที่เซลล์แสงอาทิตย์มีอัตราการเสื่อมสภาพ 2% ในปีแรกตามข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ตัวเลขที่คำนวณได้เป็นตัวเลขที่ได้จากการคำนวณภายใต้เงื่อนไขประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 98% และเมื่อดูข้อมูลจำเพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติม จะพบอีกว่าในปีที่ 2-25 เซลล์แสงอาทิตย์จะมีอัตราการเสื่อมสภาพอยู่ที่ 0.55% ต่อปี ซึ่งจะส่งผลกระทบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี กล่าวคือ หากโรงงานกรณีศึกษามีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ จำเป็นต้องยอมรับในเงื่อนไขว่า จะไม่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า และลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้มากเท่ากับในปีแรกที่มีการติดตั้ง ซึ่งหากนำอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ 0.55% ในปีที่ 2-25 (อายุการใช้งานที่ระบุโดยผู้ผลิต) มาร่วมคำนวณด้วย ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จะน้อยกว่าเดิมเฉลี่ย 6.73% ดังตารางการคำนวณเพิ่มเติมที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข ทั้งนี้เนื่องจากความต่าง 6.73% เป็นตัวเลขในเกณฑ์ที่ไม่มาก ดังนั้น ในการศึกษาวิจัย จึงจะสรุปผลโดยไม่ได้นำอัตราการเสื่อมสภาพ 0.55% ของเซลล์แสงอาทิตย์มาคำนวณร่วมด้วย เพื่อเป็นการกระชับการศึกษาวิจัยให้อยู่ในขอบเขตการประเมินผลโดยใช้เอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

จากข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้น จึงเลือกตัวเลือก “ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์” ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว เพื่อนำไปสร้างฉากทัศน์ร่วมกับตัวเลือกของหัวข้ออื่น ๆ

5.2 ตัวเลือกที่สามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้

5.2.1 ไม้ยืนต้นสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2

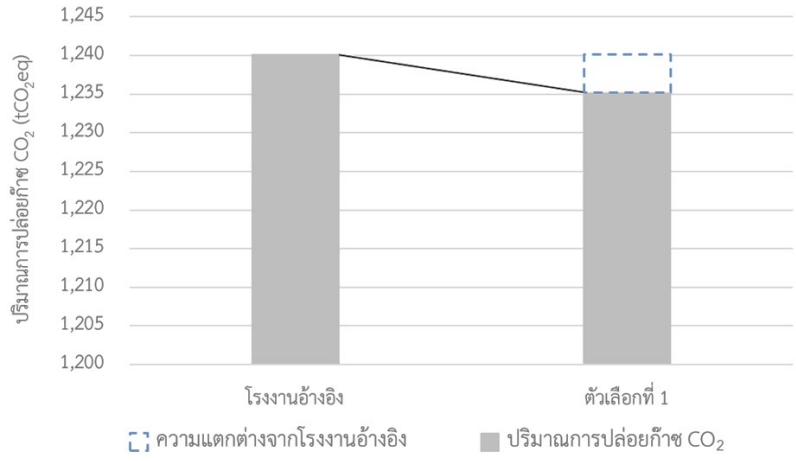
จากการคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 จากกิจกรรมการกักเก็บก๊าซ CO_2 ของต้นไม้ซึ่งเป็นกิจกรรมในโครงการด้านป่าไม้และการเกษตรภายใต้โครงการ LESS พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปลูกไม้ยืนต้นใด ๆ เพื่อกักเก็บก๊าซ CO_2 หากมีการปลูกไม้ยืนต้น (ตามเงื่อนไขของตัวเลือกที่ 1 ได้แก่ ต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตร และเส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น) จะสามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้ 4.88 tCO_2eq โดยรายละเอียดเป็นไปตามตางรางที่ 5.5 และภาพที่ 5.4

ตารางที่ 5.5: สรุปแนวโน้มของปริมาณการกักเก็บ CO_2 ของไม้ยืนต้น

ตัวเลือก	รายละเอียด	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ความแตกต่างจากโรงงานอ้างอิง	
		(tCO_2eq)	(tCO_2eq)	(%)
โรงงานอ้างอิง	ไม่มีการปลูกไม้ยืนต้นใด ๆ	1,240.12 [1]	-	-
ตัวเลือกที่ 1	มีการปลูกต้นลีลาวดี	1,235.24	4.88	0.39%

หมายเหตุ: [1] นำปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีจริงมาเปรียบเทียบเพื่อให้สอดคล้องกับหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์

ภาพที่ 5.4: ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่กักเก็บได้กรณีปลูกไม้ยืนต้นทั้ง 54 ต้น



ทั้งนี้ เงื่อนไขขนาดของต้นลีลาวดีในตัวเลือกที่ 1 นั้น ได้มาจากการประเมินและตัดสินใจโดยผู้รับเหมาครบวงจรที่มีความเชี่ยวชาญ ซึ่งหลักเกณฑ์ คือ เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่ทำการปลูกในด้านการเจริญเติบโต และความสอดคล้องกับสภาพภูมิทัศน์เดิม จึงเลือกต้นลีลาวดีขนาดดังกล่าว แต่เนื่องจากการที่ต้นลีลาวดีจำนวน 54 ต้นจะมีขนาดความสูงที่ 6 เมตรและเส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเท่ากันทุกต้นนั้น เป็นไปได้ยาก ดังนั้นหากทำการปลูกลงดินจริงแล้ว ควรจะวัดขนาดของต้นลีลาวดีใหม่อีกครั้ง เพื่อคำนวณหาปริมาณการกักเก็บก๊าซ CO_2 จริง เพราะฉะนั้น จากข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้นจึงเลือกตัวเลือก “ปลูกต้นลีลาวดี” ตามเงื่อนไข เพื่อนำไปสร้างฉากทัศน์ร่วมกับตัวเลือกของหัวข้ออื่น ๆ

5.3 กำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของระบบสาธารณูปโภคอื่นสำหรับจำลองฉากทัศน์

การใช้ไฟฟ้าในระบบสาธารณปโภคในโรงงานไม่ได้มีเพียงแค่การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นในการที่จะสามารถแจกแจงให้ชัดเจนได้ว่าเมื่อดำเนินมาตรการตามเงื่อนไขของแต่ละตัวเลือกแล้วจะเกิดความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคในภาพรวมเป็นอย่างไร จึงต้องมีการกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของระบบสาธารณูปโภคอื่นที่มีการใช้ในโรงงานอ้างอิงด้วย โดยในบททบทวนวรรณกรรมได้มีการศึกษานำร่องข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว อ้างอิงตารางที่ 2.17 ดังนั้นจะนำข้อมูลของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่นที่โรงงานวัดได้จริง ได้แก่ ระบบอัดอากาศ ระบบปั๊มน้ำ ระบบลิฟต์ และอื่น ๆ ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีรวมอยู่ที่ 17.98 tCO_2eq และข้อมูลของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการผลิตรวม 14.88 tCO_2eq มาผนวกรวมกับข้อมูลของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่คำนวณได้จากเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS โดยรายละเอียดปรากฏดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอ้างอิงสำหรับสร้างฉากทัศน์

ประเภท	แหล่งการใช้ไฟฟ้า	ข้อมูลจริงจากโรงงาน	ข้อมูลของโรงงานอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกับฉากทัศน์อื่น			หมายเหตุ
		ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	
		tCO_2eq	tCO_2eq	kWh	บาท	
สาธารณูปโภคที่ทำการศึกษาวิจัย	เครื่องปรับอากาศ	1,132.35	1,084.13	2,249,225.40	11,736,259.10	[1]
	ไฟฟ้าแสงสว่าง	74.90	77.61	161,007.09	840,121	
	รวม	1,207.26	1,161.73	2,410,232.49	12,576,380	
สาธารณูปโภคอื่น ๆ	ระบบอัดอากาศ	17.98	17.98	37,306.55	194,662.28	ใช้ข้อมูลจริงที่โรงงานวัดได้
	ระบบปั๊มน้ำ					
	ระบบลิฟต์					
	อื่นๆ					
	รวม	17.98	17.98	37,306.55	194,662.28	
กระบวนการผลิต	เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต	14.88	14.88 [2]	30,874.39	161,099.81	
	รวม	14.88	14.88 [2]	30,874.39	161,099.81	
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2		1,240.12	1,194.60	2,478,413.42	12,932,141.91	

หมายเหตุ: [1] ใช้ข้อมูลจากการคำนวณผ่านเอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

5.4 ตารางจำลองฉากทัศน์เพื่อการประเมินและเปรียบเทียบ

ลำดับต่อไป เป็นการนำตัวเลือกของแต่ละหัวข้อที่เมื่อคำนวณแล้วได้ผลลัพธ์ที่มีแนวโน้มไปในทางที่ดี กล่าวคือ ตัวเลือกที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และสามารถกักเก็บก๊าซ CO_2 ได้ มาจำลองเป็นฉากทัศน์ เพื่อประเมินความคุ้มค่าทั้งในเชิงเทคนิค ซึ่งเป็นไปตามรายละเอียดดังนี้

ฉากทัศน์ที่ 1 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter จำนวนรวม 24 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,496,000 BTU ค่า SEER เท่ากับ 16.71, ติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่, ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง และปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

ฉากทัศน์ที่ 2 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter จำนวนรวม 24 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,496,000 BTU ค่า SEER เท่ากับ 16.71, ติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่, ไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง แต่ปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

ฉากทัศน์ที่ 3 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter จำนวนรวม 30 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,046,320 BTU ค่า SEER 11.57-25.98, ติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่, ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง และปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

ฉากทัศน์ที่ 4 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (Split) ชนิด Inverter จำนวนรวม 30 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,046,320 BTU ค่า SEER 11.57-25.98, ติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่, ไม่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง และปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 5.7: สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น

หัวข้อ			โรงงานอ้างอิง	ฉากทัศน์ที่ 1	ฉากทัศน์ที่ 2	ฉากทัศน์ที่ 3	ฉากทัศน์ที่ 4
เครื่องปรับอากาศ		ระบบ	Split	VRF	VRF	Split	Split
		ชนิด	Non-inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง			หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED
เซลล์แสงอาทิตย์			ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง
ไม้ยืนต้น			ไม่มี	ปลูก	ปลูก	ปลูก	ปลูก
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าต่อปี	สำหรับเครื่องปรับอากาศ	tCO_2eq	1,084.13	865.49	865.49	1,000.93	1,000.93
	สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	tCO_2eq	77.61	39.60	39.60	39.60	39.60
	สำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ	tCO_2eq	17.98	17.98	17.98	17.98	17.98
	สำหรับกระบวนการผลิต	tCO_2eq	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88
	รวมทั้งหมด	tCO_2eq	1,194.60	937.96	937.96	1,073.40	1,073.40
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่นำมาหักลบได้	กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	tCO_2eq	-	(248.53)	-	(248.53)	-
	กรณีกักเก็บด้วยไม้ยืนต้น	tCO_2eq	-	(4.88)	(4.88)	(4.88)	(4.88)
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี [1]		tCO_2eq	1,194.60	684.55	933.07	819.99	1,068.52
ก๊าซ CO_2 ที่ลดได้ต่อปี [2]		tCO_2eq	-	510.05	261.52	374.60	126.08
		%	-	42.7%	21.9%	31.4%	10.6%

BANGKOK UNIVERSITY

หมายเหตุ [1] นำผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ของหัวข้อเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ และกระบวนการผลิต มาหักลบกับผลต่างของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่ลดได้กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และกักเก็บได้ด้วยไม้ยืนต้น

[2] นำปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีของแต่ละฉากทัศน์มาหักลบกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีของโรงงานอ้างอิง

5.5 ประเมินความคุ้มค่าของแต่ละฉากทัศน์

ในการหาระยะเวลาการคืนทุน จะใช้สูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)}}$$

จากสูตรการคำนวณข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาใช้คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของแต่ละฉากทัศน์ โดยสำหรับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก จะอ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 4.32 สรุปเงินลงทุน และในส่วนของผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี จะนำค่าไฟที่ประหยัดได้ในปีแรกมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.8: สรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น

หัวข้อ			อาคารอ้างอิง	ฉากทัศน์ที่ 1	ฉากทัศน์ที่ 2	ฉากทัศน์ที่ 3	ฉากทัศน์ที่ 4
เครื่องปรับอากาศ	ประเภท		Split	VRF	VRF	Split	Split
	ระบบ		Non-inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง			หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED	หลอดไฟ LED
เซลล์แสงอาทิตย์			ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง
ไม้ยืนต้น			ไม่มี	ปลูก	ปลูก	ปลูก	ปลูก
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้า	สำหรับเครื่องปรับอากาศ	tCO_2eq	1,084.13	865.49	865.49	1,000.93	1,000.93
	สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	tCO_2eq	77.61	39.60	39.60	39.60	39.60
	สำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ	tCO_2eq	17.98	17.98	17.98	17.98	17.98
	สำหรับระบบกระบวนการผลิต	tCO_2eq	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88
	รวมทุกระบบสาธารณูปโภค	tCO_2eq	1,179.71	923.08	923.08	1,058.52	1,058.52
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่นำมาหักลบได้	กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	tCO_2eq	-	(248.53)	-	(248.53)	-
	กรณีกักเก็บด้วยไม้ยืนต้น	tCO_2eq	-	(4.88)	(4.88)	(4.88)	(4.88)

(ตารางมีต่อ)

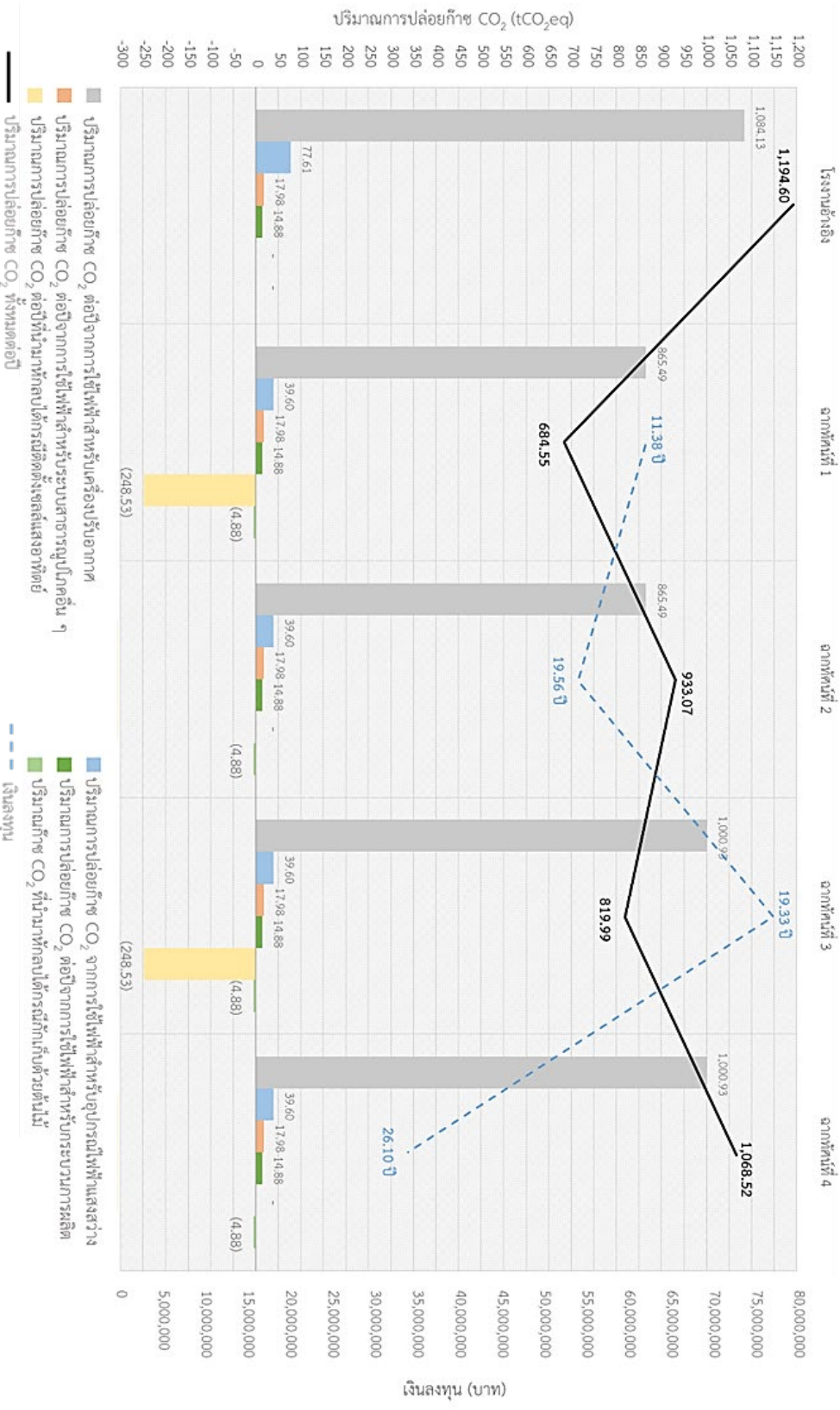
BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 5.8 (ต่อ): สรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น

หัวข้อ			อาคารอ้างอิง	ฉากทัศน์ที่ 1	ฉากทัศน์ที่ 2	ฉากทัศน์ที่ 3	ฉากทัศน์ที่ 4
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี		tCO_2eq	1,194.60	684.55	933.07	819.99	1,068.52
ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ลดได้ต่อปี		tCO_2eq	-	510.05	261.52	374.60	126.08
		%	-	42.7%	21.9%	31.4%	10.6%
ค่าไฟฟ้าต่อปี		บาท	12,932,142	7,463,485	10,153,911	8,929,718	11,620,144
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ต่อปี		บาท	-	5,468,657	2,778,231	4,002,424	1,311,998
		%	-	42.29%	21.48%	30.95%	10.15%
เงินลงทุน		บาท	-	62,253,400	54,349,400	77,353,400	34,249,400
สรุป	ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	11.38	19.56	19.33	26.10
	รวมก๊าซ CO_2 ที่ลดลงได้ต่อปี	tCO_2eq	-	510.05	261.52	374.60	126.08
		%		42.7%	21.9%	31.4%	10.6%
		บาท/ tCO_2eq	-	122,054.32	207,820.47	206,493.42	271,650.49

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 5.5: สรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น



จากตารางที่ 5.8 และ ภาพที่ 5.5 ชี้ให้เห็นว่าฉากทัศน์ที่ 1 (ติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Direct Expansion (VRF) ระบบ Inverter จำนวนรวม 24 เครื่อง ขนาดเครื่องปรับอากาศรวม 5,496,000 BTU ค่า SEER เท่ากับ 16.71, ติดตั้งหลอดไฟประเภท LED จำนวนรวม 942 หลอด ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด 3,200 lm กำลังไฟฟ้า 23 W ในทุกพื้นที่, ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 545 วัตต์/แผง จำนวน 648 แผง และปลูกต้นลีลาวดีที่มีขนาดความสูง 6 เมตรและ เส้นรอบวง 48 เซนติเมตรเมื่อวัดที่ความสูง 1.3 เมตร จำนวน 54 ต้น) เป็นฉากทัศน์ที่มีความคุ้มค่าทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือ ในฉากทัศน์ที่ 1 สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปีได้มากที่สุดในบรรดา 4 ฉากทัศน์ คิดเป็น 510.05 tCO_2eq หรือ 42.7% เมื่อเทียบกับโรงงานอ้างอิง โดยสัดส่วนเงินลงทุน 122,054.32 บาท/ tCO_2eq และระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 11.38 ปี ซึ่งเป็นระยะที่สั้นที่สุดเมื่อเทียบกับฉากทัศน์อื่น ทั้งนี้ยังไม่ได้นำปัจจัยเสี่ยงทางธุรกิจมาร่วมคำนวณด้วย เช่น อัตราเงินเฟ้อ ความผันผวนของค่าไฟ เป็นต้น

จากงานวิจัย สามารถตอบคำถามของงานวิจัยข้อ 1.2.1 (สามารถออกแบบโรงงานให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอนได้ด้วยขั้นตอนใดบ้าง) ได้ว่า แนวทางการออกแบบโรงงานภายใต้แนวคิดความเป็นกลางทางคาร์บอน มีทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. เริ่มจากการหาจุดอ้างอิงเพื่อนำมาเปรียบเทียบในตอนท้ายที่สุดว่าโรงงานที่ออกแบบมานั้นจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้มากกว่าเดิมเพียงใด โดยทำการรวบรวมหาข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากแหล่งต่าง ๆ ในโรงงาน ในขั้นตอนนี้หากมีการกำหนดขอบเขตว่าจะรวบรวมข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในประเภทหรือหมวดหมู่ใด รวมถึงช่วงเวลาใด จะช่วยให้สามารถกระชับและลดภาระงานได้มาก หากในพื้นที่บริษัทมีหลายโรงงานสามารถรวบรวมข้อมูลโดยแยกแต่ละโรงงานเพื่อเลือกโรงงานที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 น้อยที่สุดเป็นโรงงานอ้างอิง และหามาตรการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้น้อยกว่าเดิมต่อไปโดยให้ความสำคัญกับหัวข้อที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดเป็นหลัก เพื่อเป็นแนวทางให้โรงงานแห่งใหม่ที่จะทำการก่อสร้างในอนาคตเป็นโรงงานที่ปล่อยก๊าซ CO_2 ออกมาน้อยที่สุดในพื้นที่บริษัทให้ได้ ทั้งนี้โรงงานอ้างอิงและโรงงานแห่งใหม่ต้องมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายคลึงกัน

2. กำหนดมาตรการสำหรับหัวข้อที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด โดยโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ถือเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำที่ดำเนินการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายในสถานที่ที่มีการปิดมิดชิด มีการควบคุมอนุภาคในอากาศ สภาวะอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และความดัน รวมถึงต้องป้องกันไม่ให้เกิดสิ่งแปลกปลอมหรือความสกปรกในสถานที่ที่ดำเนินการประกอบชิ้นส่วนอีกด้วย ดังนั้นระบบปรับอากาศจึงเป็นระบบที่สนับสนุนที่มีส่วน

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

สำคัญในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก ไม่ใช่แค่การควบคุมสภาวะอากาศ หรือความสะอาดของห้องให้เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ แต่ยังเพื่อความสบายของผู้ที่ทำงานอยู่ภายในโรงงานเองด้วย ซึ่งในปัจจุบันการมีหรือไม่มีระบบปรับอากาศในสถานที่ทำงาน ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสมัครงานเข้าทำงานโรงงานของพนักงานฝ่ายผลิตซึ่งมีอัตราการหมุนเวียนค่อนข้างสูง

ด้วยเหตุผลข้างต้น สามารถตอบคำถามงานวิจัยในข้อ 1.2.2 (ปัจจัยใดที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดในโรงงานกรณีศึกษา) ได้ว่าการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเป็นหัวข้อที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด ส่งผลให้หัวข้อดังกล่าวเป็นหัวข้อที่มีศักยภาพมากพอที่จะทำการมุ่งเน้นเพื่อค้นหามาตรการที่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศ

นอกจากหัวข้อที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดแล้ว ยังสามารถกำหนดมาตรการสำหรับหัวข้ออื่น ๆ ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากในลำดับที่รองลงมาได้ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งเป็นหัวข้อที่ง่าย ไม่ซับซ้อน รวมถึงใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด รวมถึงในเรื่องของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศโดยตรง

โดยสามารถค้นหามาตรการที่เหมาะสมผ่านงานวิจัยที่มีการศึกษามาแล้วก่อนหน้า ซึ่งจะต้องพยายามค้นหามาตรการที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ให้ได้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ภายใต้ขอบเขตหัวข้อที่กำหนด ซึ่งสามารถประเมินผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยใช้เอกสารคำนวณภายใต้โครงการ LESS ของ อบก. ที่อยู่ในรูปแบบของไฟล์ Excel ซึ่งผู้รับผิดชอบที่เกี่ยวข้องในโรงงานสามารถใช้ได้โดยง่าย แม้จะไม่มีความรู้พื้นฐานในการสถาปัตยกรรมหรือวิศวกรรมมากนัก

3. ตามแนวคิดการออกแบบภายใต้ความเป็นการทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) นอกจากลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จำเป็นต้องมีการดูดซับหรือกักเก็บก๊าซ CO_2 ไว้ในแหล่งกักเก็บ โดยวิธีที่สามารถทำได้และได้ประโยชน์ทั้งในด้านการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 และในการปรับปรุงภูมิทัศน์และภาพลักษณ์ของโรงงาน ได้แก่ การปลูกไม้ยืนต้นภายใต้เงื่อนไขของโครงการ LESS

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยตามขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนข้างต้น สามารถตอบคำถามงานวิจัยที่ 1.2.3 (มาตรการที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบโรงงานกรณีศึกษาให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 มีอะไรบ้าง) ได้ว่า โรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสระบุรี ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ควรดำเนินการออกแบบสาธารณูโภคของโรงงานแห่งใหม่ให้เป็นโรงงานลดการปล่อยก๊าซ CO_2 โดยมุ่งเน้นในมาตรการดังต่อไปนี้เป็นหลัก

1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion (VRF) ชนิด Inverter
2. ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภทหลอดไฟ LED
3. ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยวไว้ที่หลังคาโรงงาน

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

4. ปลูกไม้ยืนต้นลีลาวดีตามเงื่อนไข

ทั้งนี้ เพื่อให้โรงงานแห่งใหม่เป็นโรงงานที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทุกโรงงานในพื้นที่บริษัท โดยมีเงื่อนไข คือ โรงงานแห่งใหม่จะต้องมีลักษณะทางกายภาพ และลักษณะการใช้งานที่คล้ายคลึงกับโรงงานอ้างอิงซึ่งเป็นโรงงานที่ดำเนินงานในระบบปิดที่ประกอบไปด้วยระบบปรับอากาศเกือบทั้งหมด กล่าวคือ มาตรการดังกล่าวผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ภายใต้ลักษณะทางกายภาพของโรงงานที่มีข้อจำกัดทางด้านขนาดพื้นที่ การจัดพื้นที่ใช้สอย รวมถึงลักษณะการใช้งานโรงงานประเภทดังกล่าวที่ดำเนินการในระบบปิด โดยใช้โรงงานที่ 3 เป็นโรงงานอ้างอิง

ข้อเสนอแนะ

1. ในการออกแบบโรงงานลดการใช้พลังงานที่นำไปสู่การลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 นั้น หากมุ่งเน้นไปที่ด้านสาธารณูปโภคเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้มากเท่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นควรมีการกำหนดมาตรการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมตามความเหมาะสม เช่น มาตรการด้านสถานที่ตั้งอาคาร รูปทรงอาคาร ทิศทางการวางอาคาร ลักษณะกรอบอาคาร อุปกรณ์บังแดด เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความเกี่ยวข้องกับโหลดความร้อนภายในอาคารซึ่งส่งผลต่อภาระโหลดของระบบปรับอากาศทั้งสิ้น

2. งานวิจัยนี้เลือกศึกษาเฉพาะการปล่อยคาร์บอนในช่วงเวลาใช้งานอาคาร (Operation Phase) ซึ่งมีสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ ในวงจรชีวิตอาคาร ทว่า อาคารอาคารหนึ่งจะมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ตลอดวงจรชีวิตอาคาร ไม่ใช้เพียงแค่ในช่วงเวลาใช้งานอาคาร (Operation Phase) เท่านั้น แต่ยังรวมถึงในช่วงก่อนการใช้งานอาคารหรือช่วงก่อสร้าง (Construction Phase) และช่วงหลังการใช้งานอาคารหรือช่วงรื้อถอน (Demolition Phase) ด้วย ดังนั้นหากมองในแง่ของความยั่งยืน (Sustainability) แล้ว จึงควรกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในช่วงอื่น ๆ ที่ครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตอาคาร

3. เงินลงทุนที่ระบุในงานวิจัยนี้ คือ ตัวเลขที่ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากผู้ให้บริการที่มีความเชี่ยวชาญ ในช่วง พ.ศ. 2566 – 2567 ซึ่งในอนาคตอาจมีความผันผวนทางด้านราคา หรือมีเทคโนโลยีระบบสาธารณูปโภคใหม่ ๆ เข้ามา ดังนั้นจำเป็นต้องคำนวณโดยใช้เทคโนโลยีและราคาในช่วงเวลาที่มีการก่อสร้าง รวมถึงในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำค่าบำรุงรักษาของระบบสาธารณูปโภคมาร่วมคำนวณด้วย ดังนั้นเพื่อทำให้สามารถมองเห็นความคุ้มค่าได้รอบด้าน อาจจะมีการศึกษาค่าบำรุงรักษาร่วมด้วย

4. การจัดเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 ของโรงงาน ควรจัดการอย่างเป็นระบบ เช่น หากเป็นข้อมูลในรูปแบบของใบเสร็จที่ต้องได้รับการตรวจสอบที่แผนกบัญชีของโรงงาน จะมีการแยกข้อมูลไว้ หรือการใช้ข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลของโรงงาน อาจจะเกิดความยุ่งยากเนื่องจาก

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ข้อมูลมีจำนวนมาก หรือบางส่วนมีการตกหล่น จึงต้องร้องขอจากฐานข้อมูลอื่น เช่น จากผู้สั่งซื้อ ดังนั้นโรงงานควรจัดทำระเบียบการเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซ CO_2 และกำหนดผู้รับผิดชอบเพื่อบันทึกข้อมูลตามรอบที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

BANGKOK
UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2560). *ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง.* สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2566 จาก https://osh.labour.go.th/attachments/article/1264/1264.PDF.

กระทรวงพลังงาน. (2550). *คู่มือชุดความรู้ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.* สืบค้นจาก https://shorturl.at/goBDG.

กระทรวงพลังงาน. (2555). *คู่มือการพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติในระบบปรับอากาศ.* สืบค้นจาก https://shorturl.at/BGNS1.

กระทรวงพลังงาน. (2561). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2561.* สืบค้นจาก https://shorturl.at/aekTZ.

กระทรวงพลังงาน. (2563). *พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติม.* สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2566 จาก http://surl.li/ntuyu.

กระทรวงพลังงาน. (2566). *การปล่อยก๊าซ CO_2.* สืบค้นจาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/graph-analysis/item/19298-news-170366-01.

กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป). *คู่มือฝึกอบรม การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/dSVZ1.

กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป). *ภาคธุรกิจ หมวดที่ 2 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning).* สืบค้นจาก https://shorturl.at/vM578.

กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป). *โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม*. สืบค้นจาก http://www2.dede.go.th/handbookbuild/4.pdf.

กระทรวงสาธารณสุข, กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2561). *รายงานการศึกษาโครงการการศึกษาเพื่อกำหนดกรอบแนวคิด ทฤษฎี และเทคนิควิธีการ เพื่อออกแบบอาคารสถานบริการสุขภาพต้นแบบที่ปลอดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิ (Carbon neutral Healthcare Facilities) ด้วยกระบวนการออกแบบบูรณาการ (Intergrated Design Process : IDP)*. สืบค้นจาก https://dcd.hss.moph.go.th/web/attachments/article/356/240918_113348.pdf.

แคเรียร์ (ประเทศไทย). (ม.ป.ป.). *BTU แอร์ เรื่องแรกที่ต้องรู้ก่อนซื้อแอร์.* Carrier Thailand. สืบค้นจาก https://shorturl.at/cmJV2.

แคเรียร์ (ประเทศไทย). (ม.ป.ป.). *EER คืออะไร.* Carrier Thailand. สืบค้นจาก https://www.carrier.co.th/news2015/knowledge/knowledge_2.asp.

BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

แคเรียร์ (ประเทศไทย). (ม.ป.ป.). *รู้ไว้ดีกว่า 10 สิ่งที่ต้องรู้เรื่องแอร์.* Carrier Thailand. สืบค้นจาก https://shorturl.at/dezI0.

จิราวรรณ ฤกษ์ประกอบ. (2563). *การประเมินการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน.* Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก https://digital.car.chula.ac.th/cgi/viewcontent.cgi?article=8167&context=chulaetd.

จีรพรรณ โพธิ์ปาน และสุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์ (2563). *การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบส่องสว่างในอาคารที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง กรณีศึกษา รถไฟฟ้ามหานครสายสีน้ำเงิน.* วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย, 6(2), 1-7.

ไดกิ้น (ประเทศไทย). (2565). เลือกแบบไหนถึงเย็นฉ่ำถูกใจ? แอร์อินเวอร์เตอร์ VS แอร์ธรรมดา. Daikin Thailand. สืบค้นจาก https://shorturl.at/jmrEV.

เรียลเอสเตทมาร์ค. (2563). *หลอดไฟ LED VS หลอดฟลูออเรสเซนต์ ต่างกันอย่างไร.* สืบค้นจาก https://www.real-estate-mark.com/electronic/led-vs-fluorescent-lamp/#.

วรรณา ยงพิศาลภพ. (2564). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566: อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/giqS7.

วีเคบีคอนแทรคติ้ง. (2564). *สิ่งที่จำเป็นต้องรู้ก่อนก่อสร้างโรงงาน*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/aSUY3.

วีเคบีคอนแทรคติ้ง. (2566). *กฎหมายแรงงานและการจัดตั้งโรงงานที่ผู้ประกอบการต้องรู้*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/myEU8.

สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ. (2561). *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2566 จาก https://shorturl.at/mxBRW.

โสพิศ ชัยชนะ. (2558*). แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพื่อประหยัดพลังงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นจาก https://shorturl.at/swyP3.

สำนักข่าวอีไฟแนนซ์ไทย. (2567). *SCB EIC ส่องกระแส Green electronics แรงกดดันด้าน ESG และทางออกในการกอบกู้วิกฤตขยะอิเล็กทรอนิกส์.* สืบค้นจาก https://shorturl.at/ejp59.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2556). *แนวทางพัฒนาโครงการสนับสนุนกิจกรรมก๊าซเรือนกระจก General guideline for low emission support scheme (LESS)*. สืบค้นจาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/about-less/aboutless1/download/7556/175/17.Html.

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2558). *คู่มือการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรรายสาขาอุตสาหกรรม (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). สืบค้นเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2566 จาก https://shorturl.at/glvwM.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2561). *แนวทางการประเมินประสิทธิภาพองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Local Performance Assessment : LPA) เรื่อง รายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.* สืบค้นจาก http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2018/GHG_LPA.pdf.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2562). *คู่มือการพัฒนากิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก*. สืบค้นจาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/download-less/download/2289/1229/32.html.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2565). *ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/tDOR4.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (2565). *EMISSION FACTOR CFO* (เมษายน 2565). สืบค้นจาก https://shorturl.at/vBKLT.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). *การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้*. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-forest-agriculture/item/551-less-for-01.html.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อเครื่องปรับอากาศเดิม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/541-less-ee-25.html.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). *ประกาศองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เรื่อง การรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พ.ศ. ๒๕๖๖*. สืบค้นจาก https://shorturl.at/jq257.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เอง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/546-less-ae-02.html.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2566). การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2566, จาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/calculation/less-calculate-document/less-energy/item/516-less-ee-03.html.

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

Abdellatif, M, Osman, Y and Al Khaddar, RM. (2020). *Towards a Low Carbon Design: A case study of an Industrial Building*. In: INTERNATIONAL ARCHITECTURE AND ART CONGRESS, 2020. (3rd International Congress on Architecture and Design, 18 April 2020 - 19 April 2020, Istanbul Turkey).

Almogbel, A., Alkasmoul, F., Aldawsari, Z., Alsulami, J., & Alsuwailem, A. (2020). Comparison of energy consumption between non-inverter and inverter-type air conditioner in Saudi Arabia. Energy Transitions, 4(2), 191–197. https://doi.org/10.1007/s41825-020-00033-y.

Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M., Isaza-Roldan, C., & Rey-Martínez, F. J. (2023). Selection of HVAC technology for buildings in the Tropical Climate Case Study. Alexandria Engineering Journal, 69, 469–481. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.02.015.

La Roche, P.M. (2017). *Carbon-neutral architectural design* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Ministry of Natural Resources and Environment. (2021). *Thailand Mid-century, Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy*. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Thailand_LTS1.pdf.

Perdahci, C., Akin, H. C., & Cekic, O. (2018). A comparative study of fluorescent and LED lighting in industrial facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 154, 012010. Retrieved from https://doi.org/10.1088/17551315/154/1/012010.

Rataphong Rahong. (2022). Design StrategiestoLead Thailand's Building Sector toward Net-Zero Greenhouse Gas Emissions: A Review. *Thai Environmental Engineering Journal, 36*(2), 9-23.

Sustainable Buildings & Climate Initiative. (2009). *Buildings and climate change: Summary for decision-makers*. Retrieved from https://www.uncclearn.org/wp content/uploads/library/unep207.pdf.

Uydur, C. C. (2022). Comparison of LED and Fluorescent Lamps in Terms of Energy Efficiency: Vocational School Case Study. *1st International Conference on Innovative Academic Studies*.

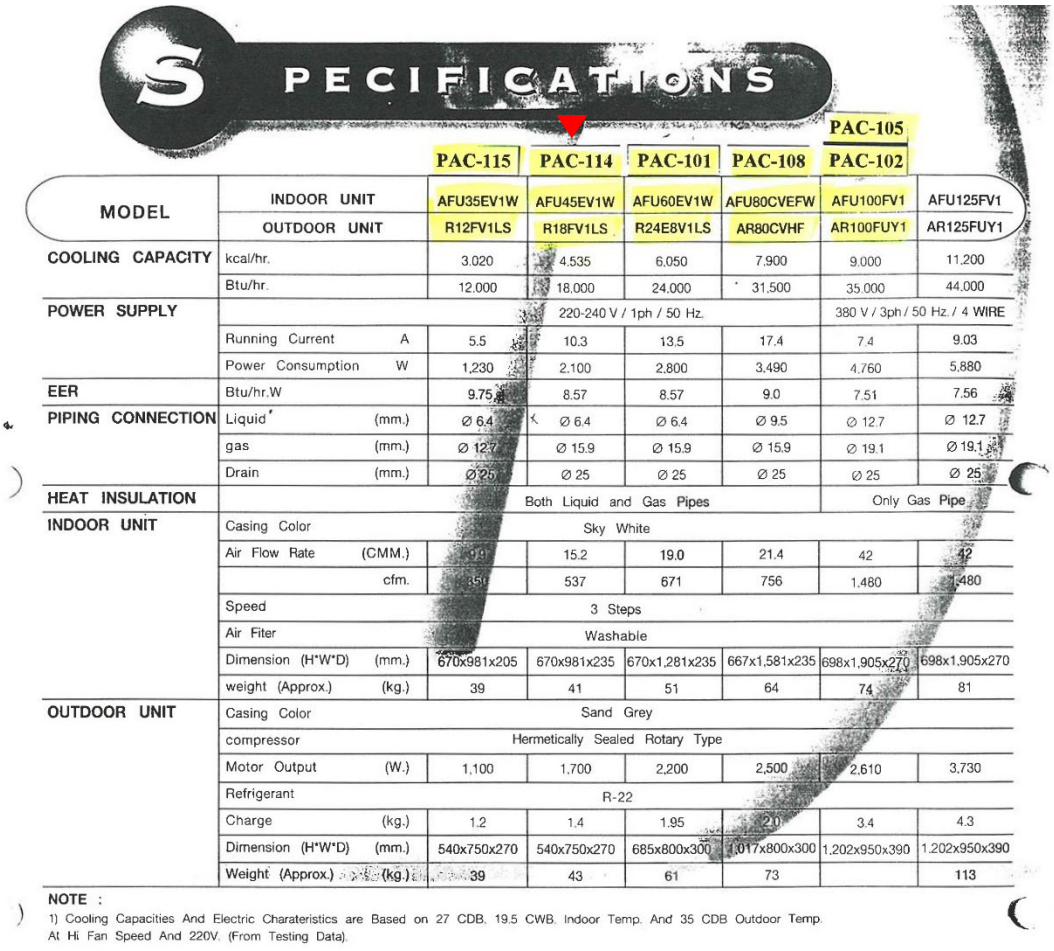
BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ และไม้ยืนต้นที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 1: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Non-inverter ขนาด 18,000 BTU ที่ทำการติดตั้งอยู่ ณ โรงงานอ้างอิง



SPECIFICATIONS

MODEL		PAC-115	PAC-114	PAC-101	PAC-108	PAC-105 / PAC-102	
	INDOOR UNIT	AFU35EV1W	AFU45EV1W	AFU60EV1W	AFU80CVEFW	AFU100FV1	AFU125FV1
	OUTDOOR UNIT	R12FV1LS	R18FV1LS	R24E8V1LS	AR80CVHF	AR100FUY1	AR125FUY1
COOLING CAPACITY	kcal/hr.	3,020	4,535	6,050	7,900	9,000	11,200
	Btu/hr.	12,000	18,000	24,000	31,500	35,000	44,000
POWER SUPPLY		220-240 V / 1ph / 50 Hz.				380 V / 3ph / 50 Hz. / 4 WIRE	
	Running Current A	5.5	10.3	13.5	17.4	7.4	9.03
	Power Consumption W	1,230	2,100	2,800	3,490	4,760	5,880
EER	Btu/hr.W	9.75	8.57	8.57	9.0	7.51	7.56
PIPING CONNECTION	Liquid (mm.)	Ø 6.4	Ø 6.4	Ø 6.4	Ø 9.5	Ø 12.7	Ø 12.7
	gas (mm.)	Ø 12.7	Ø 15.9	Ø 15.9	Ø 15.9	Ø 19.1	Ø 19.1
	Drain (mm.)	Ø 25	Ø 25	Ø 25	Ø 25	Ø 25	Ø 25
HEAT INSULATION		Both Liquid and Gas Pipes				Only Gas Pipe	
INDOOR UNIT	Casing Color	Sky White					
	Air Flow Rate (CMM.)	9.0	15.2	19.0	21.4	42	42
	cfm.	350	537	671	756	1,480	1,480
	Speed	3 Steps					
	Air Fiter	Washable					
	Dimension (H*W*D) (mm.)	670x981x205	670x981x235	670x1,281x235	667x1,581x235	698x1,905x270	698x1,905x270
	weight (Approx.) (kg.)	39	41	51	64	74	81
OUTDOOR UNIT	Casing Color	Sand Grey					
	compressor	Hermetically Sealed Rotary Type					
	Motor Output (W.)	1,100	1,700	2,200	2,500	2,610	3,730
	Refrigerant	R-22					
	Charge (kg.)	1.2	1.4	1.95	2.0	3.4	4.3
	Dimension (H*W*D) (mm.)	540x750x270	540x750x270	685x800x300	1,017x800x300	1,202x950x390	1,202x950x390
	Weight (Approx.) (kg.)	39	43	61	73		113

NOTE :
1) Cooling Capacities And Electric Charateristics are Based on 27 CDB, 19.5 CWB, Indoor Temp. And 35 CDB Outdoor Temp. At Hi Fan Speed And 220V. (From Testing Data).

ตารางที่ 2: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Non-inverter ขนาด 36,000 BTU ที่ทำการติดตั้งอยู่ ณ โรงงานอ้างอิง

SPECIFICATIONS

PC-KAKLT CEILING SUSPENDED รุ่นแขวนใต้ฝ้าเพดาน

รุ่น Models			PC-2.5KAKLT-5	PC-3KAKLT-5	PC-3KAKLT	PC-4KAKLT	PC-4KAKLT-5	PC-5KAKLT	PC-6KAKLT
EGAT Level 5					-	-		-	-
ความสามารถในการทำความเย็น Cooling capacity	50Hz	W	7,200	8,800	8,800	10,600	10,800	12,300	14,100
		BTU/Hr	23,936.2	29,922.9	30,000	36,000	38,790(V) / 38,854.1(Y)	42,000	48,000
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ Total input		kW	2.05	2.50	2.95	3.47(V) / 3.32(Y)	3.32(V) / 3.26(Y)	4.20	5.22
อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ EER		BTU/Hr/W	12.03	12.01	10.20	10.40(V) / 10.80(Y)	11.66(V) / 11.91(Y)	10	9.20
พิกัดกระแสไฟ Total current		A	9.9	12.0	14.0	16.5(V) / 5.9(Y)	16.0(V) / 5.9(Y)	8.4	10.39
ชุดภายในอาคาร Indoor unit — รุ่น Model name			PC-2.5KAKLT-5	PC-3KAKLT-5	PC-3KAKLT	PC-4KAKLT	PC-4KAKLT-5	PC-5KAKLT	PC-6KAKLT
กระแสไฟฟ้า Power Supply	50Hz		1ph 220V						
วัสดุในการทำตัวเครื่อง External finish			Munsell 6.4Y 8.9/0.4						
กำลังขับมอเตอร์ Fan motor output		kW	0.16		0.095	0.16			
ปริมาณลม Airflow (ต่ำ-สูง) (low-high)	50Hz	CMM	24 - 30	25 - 32	16 - 22	24 - 30	27 - 34	25 - 32	27 - 34
		CFM	850 - 1,060	885 - 1,130	565 - 777	847 - 1,059	955 - 1,200	883 - 1,130	953 - 1,200
แรงดันลม External static pressure		Pa (mmAq)	0 (deirect blow)						
การควบคุมการทำงานและตัวควบคุมอุณหภูมิ Operation control & thermostat			Remote control & Built-in						
ระดับเสียง (ต่ำ-สูง) Sound level (low-high)*	50Hz	dB (A)	39 - 45	40 - 46	34 - 42	39 - 45	42 - 48	40 - 46	42 - 48
ขนาดท่อน้ำทิ้ง (วัดด้านนอก) Unit drain pipe O.D.		mm	26						
ขนาดตัวเครื่อง Dimensions — กว้าง W		mm	1,600		1,280	1,600			
ลึก D		mm	680						
สูง H		mm	230						
น้ำหนัก Weight		kg	36	38	32	36	39	38	39
ชุดภายนอกอาคาร Outdoor unit — รุ่น Model name			PU-2.5VAKD-5	PU-3VAKD-5	PU-3VAKD	PU-4V/YAKD	PU-4V/YAKD-5	PU-5YAKD	PU-6YAKD
กระแสไฟฟ้า Power Supply	50Hz		1ph 220V			1ph 220V/3ph 380V		3ph 380V	
วัสดุในการทำตัวเครื่อง External finish			Munsell 3.0Y 7.8/1.1						
วาล์วลดแรงดัน (R22) Refrigerant (R22) control			Capillary Tube						
ขนาดคอมเพรสเซอร์ Compressor output	50Hz	kW	1.6	2.0	2.5	2.7		3.5	4.2
อุปกรณ์ป้องกัน Protection devices			Direct Cut		Inner protector (Compressor)	(V): Inner protector (Compressor) (Y): Inner protector (Compressor) Thermal relay, Anti-phase protector	(V): Direct cut, HP switch (Y): Direct cut, HP switch Thermal relay, Anti-phase protector	Thermal switch,HP switch,LP switch, Anti-phase protector, Thermal relay	
กำลังขับมอเตอร์ Fan motor output		kW	0.075	0.065 + 0.065				0.10 + 0.10	
ระดับความเร็วพัดลม Airflow	50Hz	CMM (CFM)	1,800	3,350	3,354		3,175	3,530	
ระดับเสียง Sound level	50Hz	dB (A)	56	54				55	56
ขนาดตัวเครื่อง (ไม่รวมขาตั้ง) Dimensions — กว้าง W		mm	840	870			970		
ลึก D		mm	330	295 + 24			345 + 24		
สูง H		mm	880	1,258					
น้ำหนัก Weight		kg	65	84	85		(V):97 / (Y):98	111	112
ระดับความต่างสูงสุด MAX.height difference		m	Max. 5m	Max. 20m		Max. 30m		Max. 50m	
ระดับความยาวท่อสูงสุด MAX.piping length		m	Max. 15m	Max. 30m		Max. 40m		Max. 50m	
ขนาดท่อน้ำยา Outer Diameter — Liquid		Ø/mm (inch)	9.52 (3/8)						
Gas		Ø/mm (inch)	15.88 (5/8)			19.05 (3/4)			
ไม่ต้องเติมน้ำยาเพิ่มในกรณีความยาวท่อไม่เกิน No need to add refrigerant if the pipe less than maximum pipe length		m	7					20	

* ระดับเสียงที่วัดได้รองตัวเครื่องเป็นการทดสอบในห้องไร้เสียงสะท้อน ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบมาตรฐานอุตสาหกรรม JIS
The sound pressure measurement is conducted in an anechoic chamber under the test conditions of Japanese industrial Standards.
ระยะการติดตั้งของตัวเครื่องและสภาวะแวดล้อมทางเสียงมีผลต่อระดับเสียงจริงของตัวเครื่อง
The actual sound level depends on the distance from the unit and acoustic environment.

Notes : PC-2.5/3/4KAKLT-5, PC-3/4/5/6KAKLT
*1. Rating condition (ISO T1<JIS B8616>)
Indoor : D.B.27°C (80°F), W.B.19°C (66°F)
Outdoor : D.B.35°C (95°F), W.B.24°C (75°F)
Refrigerant Piping length (one way) :
● PC-2.5/3/4KAKLT-5, PC-3/4KAKLT : 7.5 m (24 ft)
● PC-5/6KAKLT : 5 m (16 ft)

*2. Total input based indicated voltage (In/Out)
● PU-V : 1ph, 220V / 1ph, 220V
● PU-Y : 1ph, 220V / 3ph, 380V
*3. The capacity of crankcase heater (W) shows the case of 220V.

ตารางที่ 3: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Non-inverter ขนาด 48,000 BTU ที่ทำการติดตั้งอยู่ ณ โรงงานอ้างอิง

DAIKIN

Ceiling Suspended Type
เครื่องปรับอากาศแบบแขวนใต้ฝ้า

FHNQ-MV2S | FHRN55CXV1S

R410A

Models (รุ่น)			FHNQ24MV2S	FHNQ30MV2S		FHNQ36MV2S		FHNQ42MV2S	FHNQ48MV2S	FHRN55CXV1S
Indoor Unit (ชุดภายใน) / Outdoor Unit (ชุดภายนอก)			RNQ24MV2S	RNQ30MV2S1	RNQ30MY2S1	RNQ36MV2S1	RNQ36MY2S1	RNQ42MY2S	RNQ48MY2S	RR55DXY1S
Cooling Capacity (ขนาดการทำความเย็น)		kW	7.0	8.8		10		12.3	14.1	16.1
		BTU/hr	24,000	30,000		34,100		42,000	48,000	55,000
Power Consumption (กำลังไฟฟ้าที่ใช้)		kW	2.33	3.07		3.50		4.51	5.51	6.41
Power Source (แหล่งจ่ายไฟ)		V/Ph/Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz	380 V / 3 Phase / 50 Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz	380 V / 3 Phase / 50 Hz			
SEER (อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงานตามฤดูกาล)			-							
ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5			-							
Indoor Unit (ชุดภายใน)			**FHNQ24MV2S**	**FHNQ30MV2S**		**FHNQ36MV2S**		**FHNQ42MV2S**	**FHNQ48MV2S**	**FHRN55CXV1S**
Colour (สีชุดภายใน)			White (สีขาว)							Light Grey (เทาอ่อน)
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	195 x 1,400 x 680			195 x 1,590 x 680				285 x 1,903 x 680
Air Flow Rate (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)	H/L	m^3/min	26/22	26-27/22-23		38-40/23-25			42-44/24-26	44/37/28
	H/L	cfm	918/777	918-953/777-812		1,341-1,412/812-883			1,483-1,553/847-918	1,550/1,320/1,000
Sound Level (ระดับเสียง)	H/L	dB(A)	45/40			48/42			49/43	56/53/46
Air Filter (แผ่นกรองอากาศ)			Resin net (with mould resistance)							SARANET
Weight (น้ำหนัก)		kg	32			35				70
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Drain	mm	I.D.Ø20 x O.D.Ø26							19.1
Outdoor Unit (ชุดภายนอก)			**RNQ24MV2S**	**RNQ30MV2S1**	**RNQ30MY2S1**	**RNQ36MV2S1**	**RNQ36MY2S1**	**RNQ42MY2S**	**RNQ48MY2S**	**RR55DXY1S**
Colour (สีชุดภายนอก)			Ivory White (สีขางาช้าง)							
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	735 x 825 x 300	990 x 940 x 320		1,430 x 940 x 320		1,345 x 900 x 320		852 x 1,030 x 400
Coil (ชนิดของแผงคอยล์ร้อน)			Cross Fin Coil	Anti-corrosion Alloy Condenser		Cross Fin Coil				
Compressor Type (คอมเพรสเซอร์)			Hermetically sealed rotary type					Hermetically sealed scroll type		Scroll type
Compresser Motor Output (ขนาดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์)		kW	1.9	2.2		2.7		3.75	4.5	5.6
Sound Level (ระดับเสียง)		dB(A)	54	55		57		56	58	65
Weight (น้ำหนัก)		kg	57	77	74	97		107	111	105
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Liquid	inch	Ø 1/4 (Flare)	Ø 3/8 (Flare)						
	Gas	inch	Ø 5/8 (Flare)							Ø 3/4 (Flare)
	Drain	mm	Ø 18.0 (Hole)	Ø 26.0 (Hole)						Ø 19.1 (Hole)
Max. Interunit Piping Length (ความยาวการเดินท่อสูงสุด)		m	30	50 (Equivalent length 70)						35
Max. Interunit Height Difference (ความต่างระดับสูงสุด)		m	15	30						15
Refrigerant (น้ำยา)			R410A							
Refrigerant Charge (ปริมาณน้ำยา)		kg	1.9	1.9		3.4		2.7	3.2	3.2
Chargeless (เดินท่อได้ไกลสูงสุดโดยไม่ต้องเติมน้ำยา)		m	10	15						7.6

หมายเหตุ :
ค่าความสามารถในการทำความเย็นเป็นค่าสุทธิ ซึ่งรวมเอาผลของการลดลงของความเย็น (การเพิ่มขึ้นของความร้อน) จากความร้อนของมอเตอร์พัดลมในชุดคอยล์เย็นไว้แล้ว
1. ความสามารถในการทำความเย็นที่กำหนดนี้ วัดจากสภาวะต่าง ๆ ดังนี้
   o อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิภายในห้อง : 27° CDB, 19° CWB, อุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง : 35° CDB, 24° CWB ความยาวรวมของท่อน้ำยา : 7.5 m (แนวราบ)
2. ค่าที่ได้จากห้องไร้เสียงสะท้อนโดยวัดภายใต้สภาวะตามมาตรฐาน JIS ในระหว่างการทำงานจริง ค่าเหล่านี้อาจจะสูงกว่าที่ระบุไว้เล็กน้อย อันเนื่องมาจากผลของสภาพแวดล้อม

* โปรดอ่านคู่มือการติดตั้งให้เข้าใจก่อนทำการติดตั้ง

ตารางที่ 4: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Non-inverter ขนาด 200,000 BTU ที่ทำการติดตั้งอยู่ ณ โรงงานอ้างอิง

4 SPECIFICATIONS

4.1 STANDARD SPECIFICATIONS

Item				Model name	SPF-8YA	SPF-10YA	SPF-16YA	SPF-20YA
Capacity *1				Btu/h	80,000	100,000	160,000	200,000
				kW	23.4	29.3	46.9	58.6
				kcal/h	20,200	25,200	40,300	50,400
Total input				kW	7.7	10.38	15.4	20.76
EER (system)				kcal/h/w	2.62	2.43	2.62	2.43
COP (system)				W/W	3.04	2.83	3.05	2.82
INDOOR UNIT	Model name				SPF-8YA	SPF-10YA	SPF-16YA	SPF-20YA
	Power supply (phase,cycle,voltage)				3PH 4W 50Hz 380-415V			
		Input		kW	1.05	1.25	2.1	2.5
		Running current		A	2.0	2.3	4	4.4
		Starting current		A	5.0	6.4	31	52
	External finish				PANTONE #406C			
	Heat excharger				Cross fin coil			
	Fan	Fan (drive) X No.			Centrifugal (direct) X 2	Centrifugal (direct) X 2	Centrifugal (belt) X 2	Centrifugal (belt) X 2
		Fan motor output		kW	0.75	0.77	2.2	3.7
		Airflow		CMM	80	90	150	180
				L/s	1,333	1,500	2,500	3,000
		External static pressure	with plenum	Pa	0	0	0	0
			w/o plenum	Pa	80	100	150	200
	Noise level *2			dB(A)	49	51	52	55
	Cond.Drain connection O.D.				25.4	25.4	25.4	25.4
	Dimensions		H (w/o plenum)	mm	1,500	1,500	1,500	1,500
			H (with plenum)	mm	1,850	1,850	1,850	1,850
			W	mm	1,200	1,200	1,860	1,860
			D	mm	500	500	650	650
	Weight		w/o plenum	kg	111	112	220	224
				lbs	245	247	485	494
			with plenum	kg	128	129	249	253
				lbs	282	284	549	558
OUTDOOR UNIT	Model name				PU-8YAKD	PU-10YAKD	PU-8YAKD X 2	PU-10YAKD X 2
	Power supply (phase,cycle,voltage)				3PH 4W 50Hz 380-415V	3PH 4W 50Hz 380-415V	3PH 4W 50Hz 380-415V	3PH 4W 50Hz 380-415V
		Input		kW	6.65	9.13	6.65 X 2	9.13 X 2
		Running current		A	13	16.6	13 X 2	16.6 X 2
		Starting current		A	95	125	108	141.6
	External finish				Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1
	Refrigerant control				Capillary tube	Capillary tube	Capillary tube	Capillary tube
	Compressor				Hermetic	Hermetic	Hermetic	Hermetic
		Model			ZR94KC-TFD	ZR125KC-TFD	ZR94KC-TFD X 2	ZR125KC-TFD X 2
		Motor output		kW	5.6	7.5	5.6 X 2	7.5 X 2
		Starter type			Line start	Line start	Line start	Line start
		Protection devices			Thermal relay, Thermal switch HP switch, LP	Thermal relay, Thermal switch HP switch, LP	Thermal relay, Thermal switch HP switch, LP	Thermal relay, Thermal switch HP switch, LP
	Heat exchanger				Cross fin coil	Cross fin coil	Cross fin coil	Cross fin coil
	Fan	Fan (drive) X No.			Propeller(direct) X 2	Propeller(direct) X 2	Propeller(direct) X 2	Propeller(direct) X 2
		Fan motor output		kW	0.15 x 2	0.15 x 2	(0.15 x 2) X 2	(0.15 x 2) X 2
		Airflow		m3/min	160	160	160 / unit	160 / unit
				L/s	2,667	2,667	2667 / unit	2667 / unit
	Noise level *2			dB(A)	66	66	66 / unit	66 / unit
	Dimensions		H	mm	1480	1480	1480 / unit	1480 / unit
			W	mm	1047	1047	1047 / unit	1047 / unit
			D	mm	547	547	547 / unit	547 / unit
	Weight			kg	197	206	197 / unit	206 / unit
				lbs	433	453	433 / unit	453 / unit
REFRIGERANT PIPING	Refrigerant				R 22	R-22	R-22	R-22
	Charge			kg	6	6.5	6 / unit	6.5 / unit
				lbs	13.2	14.3	13.2 / unit	14.3 / unit
	Pipe size O.D.		Liquid	mm	15.88	15.88	15.88	15.88
			Gas	mm	25.4	28.6	25.4	28.6
	Connection method		Indoor side		Blazed	Blazed	Blazed	Blazed
			Outdoor side		Flared/Flanged	Flared/Flanged	Flared/Flanged	Flared/Flanged
	Between the indoor & outdoor unit		Height difference		Max. 30m	Max. 30m	Max. 30m	Max. 30m
			Piping length		Max. 50m	Max. 50m	Max. 50m	Max. 50m

NOTE : *1 Rating condition
Cooling : Indoor unit D.B. 27°C, W.B.19°C
Outdoor unit D.B. 35°C
Refrigerant piping length (one way) : 7.5m (in case of others)
NOTE : *2 Noise level is for reference only.
NOTE : *3 Guaranteed operating range is ; Outdoor D.B. 20-43°C Indoor W.B. 15-24°C

ตารางที่ 5: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 1 ประเภท Direct Expansion (VRF) ระบบ Inverter ขนาด 210,000 BTU

Specifications

VRV A SERIES

VRV A Series Outdoor Units

MODEL			RXQ20AY1S(W)	RXQ18AMYS(W)	RXQ20AMYS(W)	RXQ22AMYS(W)	RXQ24AMYS(W)	RXQ26AMYS(W)	RXQ28AMYS(W)	RXQ30AMYS(W)
Combination units			–	RXQ8AY1S(W)	RXQ8AY1S(W)	RXQ10AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)
			–	RXQ10AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ12AY1S(W)	RXQ14AY1S(W)	RXQ16AY1S(W)	RXQ18AY1S(W)
Power supply			3 phase 4-wire system, 380-415V/ 380V, 50Hz/ 60Hz							
Cooling capacity		Btu/h	191,000	172,000	191,000	210,000	229,000	251,000	268,000	285,000
		Btu/h*	192,300	173,200	191,900	211,200	230,100	252,500	269,500	286,800
		kW	56.0/56.4*	50.4/50.8*	55.9/56.3*	61.5/61.9*	67.0/67.5*	73.5/74.0*	78.5/79.0*	83.5/84.1*
COP			3.16	4.2	4.02	3.97	3.85	3.79	3.63	3.48
Power consumption		kW	17.7	12.0	13.9	15.5	17.4	19.4	21.6	24.0
Capacity Control		%	7-100	7-100	7-100	6-100	6-100	6-100	5-100	5-100
Casing colour			Ivory white (5Y7.5/1)							
Compressor	Type		Hermetically sealed scroll type							
	Motor Output× Number of Units	kW	(3.8×1)+(6.3×1)	(3.4×1)+(4.5×1)	(3.4×1)+(5.6×1)	(4.5×1)+(5.6×1)	(5.6×1)+(5.6×1)	(5.6×1)+(6.4×1)	(5.6×1)+(3.5×1) +(3.5×1)	(5.6×1)+(4.0×1) +(4.0×1)
Airflow rate		m³/min	297	178+178	178+191		191+191	191+257		
Dimensions (H×W×D)		mm	1,657×1,240×765	(1,657×930×765)+(1,657×930×765)				(1,657×930×765)+(1,657×1,240×765)		
Machine weight		kg	285	175+185		185+185		185+215	185+260	
Sound level		dB(A)	65	60	61		62	63		
Operation range		°CDB	10 to 49							
Refrigerant	Type		R-410A							
	Charge	kg	11.8	5.9+6.7	5.9+6.8	6.7+6.8	6.8+6.8	6.8+7.4	6.8+8.2	6.8+8.4
Piping connections	Liquid	mm	ϕ15.9 (Brazing)					ϕ19.1 (Brazing)		
	Gas	mm	ϕ28.6 (Brazing)				ϕ34.9 (Brazing)			

UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 6: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 2 ประเภท Air Cooled Water Chiller (VAV) ระบบ Inverter ขนาด 2,825,253 BTU (คำนวณจาก 1 kW เท่ากับ 3412.1416331279 Btu/h)

2-1 Technical Specifications					EWAD670CZ XS	EWAD740CZ XS	EWAD830CZ XS	EWAD900CZ XS	EWADC10CZ XS	EWADC11CZ XS	EWADC12CZ XS
Cooling capacity	Nom.			kW	668 (1)	734 (1)	828 (1)	898 (1)	1,033 (1)	1,090 (1)	1,232 (1)
Capacity control	Method				Stepless						
	Minimum capacity			%	20						
Power input	Cooling	Nom.		kW	249 (1)	239 (1)	269 (1)	309 (1)	343 (1)	380 (1)	404 (1)
EER					2.68 (1)	3.07 (1)		2.90 (1)	3.01 (1)	2.87 (1)	3.05 (1)
ESEER					4.64	4.72	4.89	4.88	4.91	4.70	
IPLV					5.47	5.68	5.72	5.79	5.73	5.56	5.58
Casing	Colour				Ivory white						
	Material				Galvanized and painted steel sheet						
Dimensions	Unit	Height		mm	2,540						
		Width		mm	2,285						
		Depth		mm	6,725		7,625		8,525		10,325
Weight	Unit			kg	5,880	6,000	6,620	6,870	7,440		8,570
	Operation weight			kg	6,140	6,250	6,860	7,110	7,880		8,960
Water heat exchanger	Type				Single pass shell & tube						
	Water volume			l	263	248	241		441		383
	Nominal water flow	Cooling		l/s	32.0	35.2	39.7	43.0	49.5	52.3	59.0
	Nominal water pressure drop	Cooling	Heat exchanger	kPa	87	83	58	65	63	70	47
	Insulation material				Closed cell						
Air heat exchanger	Type				High efficiency fin and tube type with integral subcooler						
Fan	Quantity				10	12	14		16		20
	Type				Direct propeller						
	Diameter			mm	800						
	Air flow rate	Nom.		l/s	54,188	65,025	75,863		86,700		108,376
Fan motor	Drive				Direct on line						
	Input	Cooling		W	17,500	21,000	24,500		28,000		35,000
	Speed	Cooling	Nom.	rpm	900						
Sound power level	Cooling	Nom.		dBA	102		103				104
Sound pressure level	Cooling	Nom.		dBA	81						
Compressor	Type				asymmetric single screw compressor						
	Quantity				2						
	Starting method				Inverter driven						
	Oil	Charged volume		l	32		35	38			44
Operation range	Water side	Cooling	Min.	°CDB	-8						
			Max.	°CDB	15						
	Air side	Cooling	Min.	°CDB	-18						
			Max.	°CDB	50						
Refrigerant	Type				R-134a						
	Circuits	Quantity			2						
Refrigerant circuit	Charge			kg	141	161	178		200		235
Piping connections	Evaporator water inlet/outlet (OD)				168.3mm				219.1mm		
Safety devices	Item	01			High discharge pressure (pressure switch)						
		02			High discharge pressure (pressure transducer)						
		03			Low suction pressure (pressure transducer)						
		04			Compressor motor protection						
		05			High discharge temperature						
		06			Low oil pressure						
		07			Low pressure ratio						
		08			High oil filter pressure drop						
		09			Phase monitor						
		10			Emergency stop button						
		11			Water freeze protection controller						

ตารางที่ 7: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 4 ประเภท Water Cooled Water Chiller (Water Chiller) ระบบ Inverter ขนาด 2,709,241 BTU (คำนวณจาก 1 kW เท่ากับ 3412.1416331279 BTU/h)

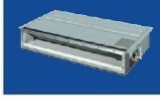
R-134a

EWWD-VZXS

Cooling capacity	Nom. (kW)	**449**	**501**	**613**	**713**	**794**	**901**	**1,053**	**1,194**	**1,305**	**1,407**	**1,593**	**1,748**	**1,912**	**2,074**
Capacity control		Variable													
Minimum capacity	(%)	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10
Cooling Power input	Nom. (kW)	81.2	89.7	108	128	146	159	192	221	244	262	296	329	365	394
EER		5.53	5.58	5.64	5.54	5.43	5.67	5.46	5.38	5.34	5.36	5.38	5.31	5.23	5.25
ESEER		7.51	7.92	8.1	8.2	8.22	7.92	8.17	8.36	8.25	8.47	8.24	8.45	8.2	8.33
IPLV		9.42	9.59	9.52	9.66	9.64	9.48	9.58	9.66	9.67	9.76	9.74	9.82	9.68	9.7
SEER		8.32	8.43	8.88	8.95	8.84	8.64	8.81	8.89	8.76	8.9	8.88	8.89	8.63	8.81
ηs,c	(%)	324.8	329.2	347.2	350	345.6	337.6	344.4	347.6	342.4	348	347.2	347.6	337.2	344.4
Dimensions	Depth (mm)	3,722	3,722	3,750	3,690	3,690	3,822	3,822	4,792	4,792	4,508	4,508	4,750	4,874	4,874
	Height (mm)	2,135	2,135	2,123	2,235	2,235	2,487	2,487	2,296	2,296	2,301	2,350	2,500	2,469	2,493
	Width (mm)	1,178	1,178	1,179	1,189	1,189	1,303	1,303	1,484	1,639	1,579	1,580	1,610	1,704	1,769
Weight	Shipping (kg)	2,968	2,911	3,102	3,470	3,451	4,257	4,552	5,860	6,240	6,520	6,920	7,530	7,790	8,670
	Operating (kg)	3,098	3,006	3,274	3,648	3,611	4,518	4,860	6,370	6,760	7,130	7,530	8,300	8,560	9,630
Water heat exchanger	Evaporator (Type)	Flooded shell and tube													
Water volume	l	70	88	136	134	134	168	199	270	270	320	320	380	480	480
Water flow rate	Nom. (l/s)	21.5	24	29.3	34.1	38	43.2	50.4	57.1	62.5	67.3	76.3	83.6	91.4	99.2
Water pressure drop	Nom (kPa)	89	63	59	63	55	67	59	52	62	52	67	58	49	58
Water heat exchanger	Condenser (Type)	Shell and tube													
Water volume	l	81	92	126	145	126	217	241	240	250	290	290	390	290	480
Water flow rate	Nom. (l/s)	26.4	29.4	35.3	41.2	46.1	52	61	69.8	76.3	82.2	93.2	102	112	121
Water pressure drop	Nom (kPa)	31	28	22	20	24	25	25	28	28	21	32	27	37	28
Compressor	(Type)	Inverter Driven Compressor													
Sound power level	(dBA)	97	99	101	105	105	105	107	106	106	107	107	108	109	110
Sound pressure level	(dBA)	78	80	82	86	86	86	88	87	87	88	88	89	89	90
Refrigerant	(Type)	R-134a													
Charge Quantity	9kg)	95	95	100	110	170	170	180	250	260	290	290	320	320	350
No. of Circuits		1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Piping connections	Evaporator water inlet/outlet (mm)	139.7	139.7	139.7	168.3	168.3	219.1	219.1	219.1	219.1	219.1	219.1	219.1	273	273
	Condenser water inlet/outlet (mm)	168.3	168.3	219.1	219.1	219.1	219.1	219.1	168.3 / 219.1	219.1 / 219.1	219.1 / 219.1	219.1 / 219.1	219.1 / 219.1	219.1 / 219.1	219.1 / 219.1
Unit Running current in Cooling	Nom. (A)	126	140	171	201	229	249	299	340	372	400	450	498	554	596

THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 8: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 4 ประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Inverter ขนาด 18,090 BTU

	ขนาด BTU/hr	13,000	18,000	24,000
Round Flow Cassette Inverter แบบฝังใบพัดกระจายลมรอบทิศทาง	Model Name	FCTF13AV2S	FCTF18AV2S	FCTF24AV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	13,880	18,090	24,230
	Power Consumption (W)	755	1,095	1,815
	SEER	25.98 ***	25.98 ***	22.51 ***
Round Flow Cassette Inverter แบบฝังใบพัดกระจายลมรอบทิศทาง	Model Name	FCF13CV2S	FCF18CV2S	FCF24CV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	13,880	18,090	24,230
	Power Consumption (W)	755	1,095	1,815
	SEER	25.98 ***	25.28 ***	22.51 ***
Ceiling Inverter แบบแขวนใต้ฝ้า	Model Name	FHA13CV2S	FHA18CV2S	FHA24CV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	13,040	18,010	24,010
	Power Consumption (W)	780	1,240	1,880
	SEER	23.27 ***	21.20 **	22.00 **
Middle Static Duct Inverter แบบต่อท่อลมแรงดันปานกลาง	Model Name	FBA13BV2S	FBA18BV2S	FBA24BV2S9
	Cooling Capacity (BTU/hr)	13,040	18,010	24,000
	Power Consumption (W)	810	1,250	1,950
	SEER	19.41 *	20.10 **	20.60 **
Low Static Duct Inverter แบบต่อท่อลมแรงดันเบา 	Model Name	FDF13BV2S	FDF18BV2S	FDF24BV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	13,040	18,010	24,010
	Power Consumption (W)	940	1,590	2,300
	SEER	18.50 *	18.40 *	17.60 *

UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 9: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 4 ประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Inverter ขนาด 36,230 BTU และ 48,000 BTU

	ขนาด BTU/hr	30,000	36,000	38,000	42,000	48,000
Round Flow Cassette Inverter แบบฝังใบพัดกระจายลมรอบทิศทาง	Model Name	FCTF30AV2S	FCTF36AV2S		FCTF42AV2S	FCTF48AV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	30,090	36,230		42,000	48,000
	Power Consumption (W)	2,450	3,250		4,155	5,444
	SEER	20.82 **	19.50 **		19.10 **	17.70 *
Round Flow Cassette Inverter แบบฝังใบพัดกระจายลมรอบทิศทาง	Model Name	FCF30CV2S	FCF36CV2S	FCFS38CV2S	FCF42CV2S	FCF48CV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	30,090	36,230	38,600	42,000	48,000
	Power Consumption (W)	2,450	3,250	3,130	4,155	5,444
	SEER	20.82 **	19.50 **	22.60 ***	19.10 **	17.70 *
Ceiling Inverter แบบแขวนใต้ฝ้า	Model Name	FHA30CV2S	FHA36CV2S	FHAS38CV2S	FHA42CV2S	FHA48CV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	30,070	36,600	38,600	42,000	48,000
	Power Consumption (W)	2,790	3,420	3,170	4,155	5,444
	SEER	20.72 **	20.00 **	21.60 ***	18.00 *	17.00 *
Middle Static Duct Inverter แบบต่อท่อลมแรงดันปานกลาง	Model Name	FBA30BV2S	FBA36BV2S		FBA42BV2S	FBA48BV2S
	Cooling Capacity (BTU/hr)	30,900	36,170		42,000	48,000
	Power Consumption (W)	2,540	3,250		4,155	5,444
	SEER	19.20 **	19.00 **		16.60	16.50

ตารางที่ 10: ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศตัวเลือกที่ 4 ประเภท Direct Expansion (Split) ระบบ Inverter ขนาด 200,000 BTU

Model Name	Indoor unit			FDR08QY2S	FDR10QY2S	FDR12QY2S	FDR16QY2S	FDR18QY2S	FDR20QY2S
	Outdoor unit			RZUR08QY2S	RZUR10QY2S	RZUR12QY2S	RZUR16QY2S	RZUR18QY2S	RZUR20QY2S
Rated cooling capacity*1,5 (Min-Max.)			Btu/h	79,000 (11,000-80,000)	99,000 (21,000-100,000)	118,000 (45,000-120,000)	158,000 (44,000-160,000)	177,000 (47,000-180,000)	197,000 (47,000-200,000)
			kW	23.20 (3.1-23.50)	28.90 (6.1-29.30)	34.70 (13.3-35.20)	46.30 (12.9-46.90)	52.00 (13.7-52.80)	57.70 (13.7-58.60)
Power consumption*1,5			kW	8.92	10.70	11.19	15.69	21.22	26.39
SEER				14.67	14.95	14.13	14.06	11.67	11.57
COP				2.60	2.70	3.10	2.95	2.45	2.19
Indoor unit	Power supply			3 Phase, 380 V, 50 Hz					
	Colour			Ivory White					
	Air flow rate (H)		m³/min	78		120		166	
			cfm	2,750		4,240		5,860	
	External static pressure*3		Pa	98		150			
	Fan	Motor output	kW	1.5				2.2	
		Drive		Belt Drive					
	Dimensions (H×WXD)		mm	500×1,330×850		625×1,980×850		760×2,195×870	
	Machine weight		kg	106		187		216	
	Sound level		dB(A)	57		59		60	
	Drain		mm	PS 3/4B Internal thread		PS 1B Internal thread			
Outdoor unit	Power supply			3 Phase, 380 V, 50 Hz					
	Colour			Ivory white					
	Compressor	Type		Hermetically sealed swing type	Hermetically sealed scroll type				
		Motor output	kW	3.2×1	4.5×1	(3.5×1)+(3.5×1)	(4.9×1)+(4.2×1)		
				Micro Channel	Cross fin coil				
	Air flow rate (H)		m³/min	126	178	257	297		
	Dimensions (H×WXD)		mm	870×1,100×460	1,657×930×765	1,657×1,240×765			
	Machine weight		kg	113	185	260	291		
	Sound level*2		dB(A)	61	57	60	65		
	Operation range		°CDB	10 to 49					
	Refrigerant charge		kg	3.8	6.7	8.2	11.7		
Refrigerant Piping	Liquid		mm	Ø 9.5 (Brazing)		Ø 12.7 (Brazing)		Ø 15.9 (Brazing)	
	Gas		mm	Ø 19.1 (Brazing)	Ø 22.2 (Brazing)	Ø 28.6 (Brazing)			
Max. piping length			m	70 (equivalent length 90 m)					
Max. level difference			m	50*4	50				
Safety Device				High Pressure Switch, Fan Driver Overload Protector, Inverter Overload Protector, Fuse, Bimetal thermostat (Overload Relay)					

UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 11: ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภทฟลูออเรสเซนท์ที่ติดตั้งอยู่ ณ โรงงานอ้างอิง

Product data

General Information	
Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Life to 50% Failures (Nom)	15,000 hour(s)

Light Technical	
Color Code	865 [CCT of 6500K]
Color Designation	Cool Daylight
Correlated Color Temperature (Nom)	6500 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	85 lm/W
Color rendering index (CRI)	80

Operating and Electrical	
Power Consumption	36 W
Lamp Current (Nom)	0.440 A
Voltage (Nom)	103 V
Voltage (Nom)	103 V

Controls and Dimming	
Dimmable	Yes

Mechanical and Housing	
Bulb Shape	T8

Approval and Application	
Mercury (Hg) Content (Nom)	2 mg

Product Data	
Order product name	TL-D 36W/865 1SL/25
Full product name	TL-D 36W/865 1SL/25
Full product code	871829172281600
Order code	927984386585
Material Nr. (12NC)	927984386585
Numerator - Quantity Per Pack	1
EAN/UPC - Product/Case	8718291722816
Numerator - Packs per outer box	25
EAN/UPC - Case	8718291722823

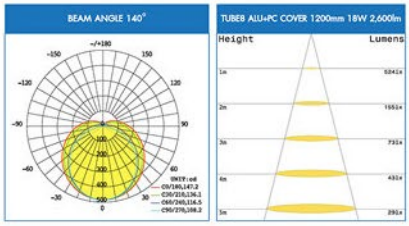
ตารางที่ 12: ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างตัวเลือกที่ 1 หลอดไฟประเภท LED

LED tube 8

ALUMINUM + PC COVER 1200mm LED tube

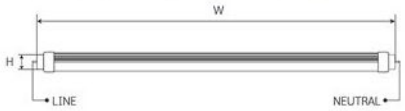
หลอด TDLIGHT LED T8 ที่สุดของคุณสมบัติ แสงสว่างมากกว่าเดิม อายุการใช้งานยาวนาน ระบายความร้อนดีเยี่ยม ประหยัดพลังงาน
สามารถเปลี่ยนทดแทนหลอดชนิดเดิมโดยไม่ต้องเปลี่ยนโคม

LEDtube T8 1200mm



LED MADE IN THAILAND

LED TUBE 8 ALUMINUM + PC COVER DIMENSIONS

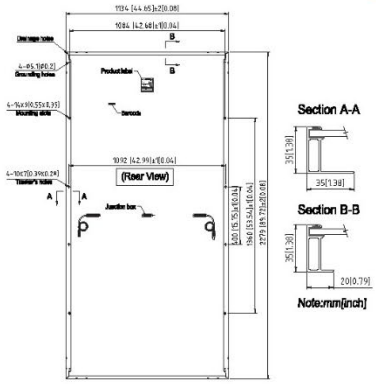


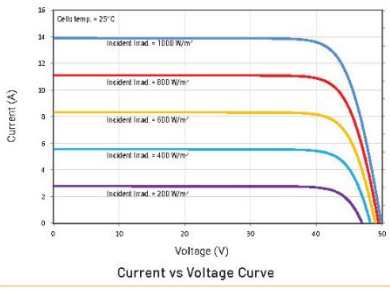
Product type	Power	Lumen output	Efficacy	Rotatable end cap	Beam angle	CRI	Color temp.	LED Lifetime	Dimensions (H x W)	Weight
LEDtube 8	Watt	Lumen	lm/W		Degree		K	Hrs.	mm.	g.
T8-AX18651815X	18	1,800	100				6,500			
T8-AX18652215X	18	2,200	122				6,500			
T8-AX18652415X	18	2,400	133				6,500			
T8-AX18652615X	18	2,600	144				6,500			
T8-AX23653215X	23	3,200	139				6,500			
T8-AX25653615X	25	3,600	144				6,500			
T8-AX28654015X	28	4,000	142	Option	>140	80	6,500	50,000	30 x 1200	240
T8-AX18301715X	18	1,700	95				3,000			
T8-AX18302115X	18	2,100	117				3,000			
T8-AX18302315X	18	2,300	128				3,000			
T8-AX18302515X	18	2,500	138				3,000			
T8-AX23303115X	23	3,100	134				3,000			
T8-AX25303515X	25	3,500	140				3,000			
T8-AX28303915X	28	3,900	139				3,000			

*POWER ± 10% T8-AX18651815X = Lamp holders (X=G13 / R=G13 Rotatable)

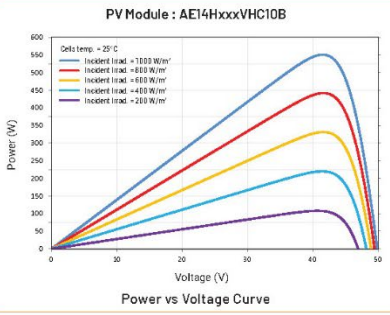
ตารางที่ 13: ข้อมูลจำเพาะของเซลล์แสงอาทิตย์

ANCHOR by Panasonic





Current vs Voltage Curve



Power vs Voltage Curve

Dealer Information

• AE14HXXXVHC10B

Electrical Characteristics

STC	AE14HxxxVHC10B				
Wattage, Wp	550W	545W	540W	535W	530W
Voltage at Max Power, Vmax	42.05V	41.87V	41.75V	41.57V	41.39V
Open Circuit Voltage, Voc	49.88V	49.69V	49.54V	49.39V	49.24V
Current at Max Power, Imax	13.08A	13.02A	12.94A	12.87A	12.81A
Short Circuit Current, Isc	14.01A	13.96A	13.89A	13.83A	13.76A
Module Efficiency	21.3%	21.1%	20.9%	20.7%	20.5%
Operating Temperature (°C)	-40°C ~ +85°C				
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)				
Maximum Series Fuse Rating	25 A				
Power Tolerance	0 to +5Wp				

STC: Irradiance 1000 W/m², Module temperature 25 °C, AM=1.5
Tolerance of Wp is within +/- 3% ;
PLSIND reserves the right to adjust the listed parameters without notice.

NMOT	AE14HxxxVHC10B				
Maximum Power at NMOT, Wp	415.0W	411.5W	408.0W	404.3W	400.6W
Voltage at Max Power, Vmax	38.9V	38.7V	38.6V	38.4V	38.2V
Open Circuit Voltage, Voc	46.9V	46.7V	46.5V	46.4V	46.3V
Current at Max Power, Imax	10.67A	10.63A	10.58A	10.53A	10.47A
Short Circuit Current, Isc	11.22A	11.18A	11.13A	11.08A	11.02A

NMOT: Irradiance 800 W/m2, ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1m/s.
PLSIND reserves the right to adjust the listed parameters without notice.

Temperature Characteristics

Temperature Coefficient of Pmax(γ)	-0.36 %/°C
Temperature Coefficient of Voc(β)	-0.304 %/°C
Temperature Coefficient of Isc(α)	+0.050 %/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42±2°C

Mechanical Characteristics

Cell Type	Monocrystalline Silicon 182 mm
No.of Cells	144 (6 × 24)
Dimensions	2279 × 1134 × 35 mm
Weight	29.1 kg
Front Glass	3.2mm
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4mm² Portrait: (-) 350 mm and (+) 160 mm in length Landscape : (-)1 400 mm and (+) 1400 mm in length or customized length
Connectors	MC4 EVO2, Cable 01S

Packing Configuration

Container	40' HC	Pieces per pallet	31
Pallets per container	20	Pieces per container	620
Packaging box dimensions	2310×1130×1245 mm	Packaging box weight	965 kg

PLSIND stands for Panasonic Life Solutions India Pvt. Ltd.

ตารางที่ 14: ข้อมูลจำเพาะของไม้ยืนต้นลีลาวดี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว/เส้นรอบวง 48 เซนติเมตร)

ห้างหุ้นส่วนสามัญ พรพฤกษชาติ
PORN PERK SA CHAT GARDEN
20/7 หมู่ 5 ตำบลนครหลวง อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13260
20/7 Moo 5 NAKORNLUANG AYUTTHAYA 13260 Tel. 081-5518-565 / www.pornperk-sa-chat.com

ใบเสนอราคา

เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 099-2-00348873-3 วันที่ 25 มีนาคม 2567

เรียน
สถานที่
ที่อยู่

เลขที่ 6705

ลำดับที่ Item	รายการบริการ Description			หน่วย UNIT	จำนวนสินค้า QUANTITY	หน่วยละ UNIT PRICE	จำนวนเงิน AMOUNT
	งานรับเหมา						
1	ต้นลีลาวดี สีขาวพวง หน้า 6"	ความสูงประมาณ 5-6 เมตร	(จัดหาพร้อมส่ง)	ต้น	1	22,000.00	22,000.00
2	ต้นลีลาวดี สีขาวพวง หน้า 6"	ความสูงประมาณ 5-6 เมตร	(จัดหาพร้อมปลูก)	ต้น	1	24,500.00	24,500.00
	"กรณี ไม่ทราบจำนวนต้นที่จะปลูกทั้งหมด"						
	รวมสุทธิ						-

THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีโรงงานอ้างอิงติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์โดยนำอัตราการเสื่อมสภาพ 0.55% ของเซลล์แสงอาทิตย์มาคำนวณร่วมด้วย

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ในงานศึกษาวิจัยในหัวข้อเซลล์แสงอาทิตย์นี้ จะการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ภายใต้เงื่อนไขที่เซลล์แสงอาทิตย์มีอัตราการเสื่อมสภาพ 2% ในปีแรกตามข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ตัวเลขที่คำนวณได้ เป็นตัวเลขที่ได้จากการคำนวณภายใต้เงื่อนไขประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 98% และเมื่อดูข้อมูลจำเพาะของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติม จะพบอีกว่าในปีที่ 2-25 เซลล์แสงอาทิตย์จะมีอัตราการเสื่อมสภาพอยู่ที่ 0.55% ต่อปี ซึ่งจะส่งผลกระทบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี กล่าวคือ หากโรงงานกรณีศึกษามีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ จำเป็นต้องยอมรับในเงื่อนไขว่า จะไม่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า และลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้มากเท่ากับในปีแรกที่มีการติดตั้ง ซึ่งหากนำอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ 0.55% ในปีที่ 2-25 (อายุการใช้งานที่ระบุโดยผู้ผลิต) มาร่วมคำนวณด้วย ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จะน้อยกว่าเดิมเฉลี่ย 6.73% ทั้งนี้ เนื่องจากความต่าง 6.73% เป็นตัวเลขในเกณฑ์ที่ไม่มาก ดังนั้น ในการศึกษาวิจัย จึงจะสรุปผลโดยไม่ได้นำอัตราการเสื่อมสภาพ 0.55% ของเซลล์แสงอาทิตย์มาคำนวณร่วมด้วย เพื่อเป็นการกระชับการศึกษาวิจัยให้อยู่ในขอบเขตการประเมินผลโดยใช้เอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS แต่ในภาคผนวกนี้จะเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีที่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์โดยคำนวณภายใต้ 2 เงื่อนไข คือ คำนวณอัตราค่าเสื่อมของเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมด้วย และไม่คำนวณอัตราค่าเสื่อมของเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมด้วย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 1: แสดงค่าตั้งต้นที่ใช้ในการคำนวณ

รายละเอียด		หน่วย	ค่า	หมายเหตุ
Maximum Power		Watt/Modules	545 W.	ยี่ห้อพานาโซนิค การันตีอายุการใช้งาน 25 ปี อัตราการเสื่อมปีแรก ≤ 2% ปีที่ 2-25 ≤ 0.55%
PV module degradation		%	0.55%	
Number of Modules		Modules	648	บริษัทผู้ให้บริการคำนวณจำนวนโดยอ้างอิงสามารถในการติดตั้งได้ของพื้นที่หลังคา
PV Output (Solar Capacity)		kWp	353.160	(Maximum Power x Number of Modules) / 1000
Inverter		kW.	500	
1st PV Module degradation		%	98.00%	
Solar Generated (Thailand)		Hour/Day	4.0	อ้างอิงเอกสารการคำนวณภายใต้โครงการ LESS เรื่อง ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 วัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยตั้งแต่. ช่วงเวลา 08.00 ถึง 17.00 น.
		Eff.	100%	
		Day/Year	365	
Solar Generated per year		Hour/Year	1,460	
Solar Generated Electricity		**kWh/Year**	**515,614**	(PV Output x Solar Generated per year)
Tariff	Peak + Ft.	THB./kWh	5.7331	อ้างอิงตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนมกราคม 2566 และอัตราค่า Ft. ช่วงเดือนมกราคม - เมษายน 2566
	OFF-PEAK + Ft.	THB./kWh	4.1529	อ้างอิงตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนมกราคม 2566 และอัตราค่า Ft. ช่วงเดือนมกราคม - เมษายน 2566
	Average	THB./kWh	5.2179	
Electricity bill reduction		THB./Year	2,690,426	
CO_2 Emission Factor (PPA.)		kgCO2eq/kWh	0.4820	อ้างอิงจากผู้ผลิตภาคเอกชนที่โรงงานใช้บริการ
CO_2 Emission reduction		**kgCO2eq/Year**	**248,526**	(Solar Generated Electricity x CO_2 Emission Factor)

ตารางที่ 2: แสดงความแตกต่างของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 กรณีคำนวณและไม่คำนวณอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมด้วย

คำนวณอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมด้วย					ไม่ คำนวณอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมด้วย					ผลต่าง	
Year	PV. Modules degradation	PV Output	Generated Electricity	CO_2 Emission Reduction	Year	PV. Modules degradation	PV Output	Generated Electricity	CO_2 Emission Reduction	CO_2 Emission Reduction Diff.	
	(%)	(kWp)	(kWh/Year)	($kgCO_2eq$/Year)		(%)	(kWp)	(kWh/Year)	($kgCO_2eq$/Year)	($kgCO_2eq$/Year)	(%)
1st	98.00%	353	515,614	248,526	1st	98.00%	353	515,614	248,526	0	0%
2nd	97.45%	351	512,720	247,131	2nd	98.00%	353	515,614	248,526	1,395	0.56%
3rd	96.90%	349	509,826	245,736	3rd	98.00%	353	515,614	248,526	2,790	1.12%
4th	96.35%	347	506,932	244,341	4th	98.00%	353	515,614	248,526	4,184	1.68%
5th	95.80%	345	504,039	242,947	5th	98.00%	353	515,614	248,526	5,579	2.24%
6th	95.25%	343	501,145	241,552	6th	98.00%	353	515,614	248,526	6,974	2.81%
7th	94.70%	341	498,251	240,157	7th	98.00%	353	515,614	248,526	8,369	3.37%
8th	94.15%	339	495,357	238,762	8th	98.00%	353	515,614	248,526	9,764	3.93%
9th	93.60%	337	492,464	237,367	9th	98.00%	353	515,614	248,526	11,158	4.49%
10th	93.05%	335	489,570	235,973	10th	98.00%	353	515,614	248,526	12,553	5.05%
11th	92.50%	333	486,676	234,578	11th	98.00%	353	515,614	248,526	13,948	5.61%
12th	91.95%	331	483,782	233,183	12th	98.00%	353	515,614	248,526	15,343	6.17%
13th	91.40%	329	480,889	231,788	13th	98.00%	353	515,614	248,526	16,737	6.73%
14th	90.85%	327	477,995	230,394	14th	98.00%	353	515,614	248,526	18,132	7.30%
15th	90.30%	325	475,101	228,999	15th	98.00%	353	515,614	248,526	19,527	7.86%
16th	89.75%	323	472,207	227,604	16th	98.00%	353	515,614	248,526	20,922	8.42%
17th	89.20%	321	469,314	226,209	17th	98.00%	353	515,614	248,526	22,317	8.98%
18th	88.65%	319	466,420	224,814	18th	98.00%	353	515,614	248,526	23,711	9.54%
19th	88.10%	317	463,526	223,420	19th	98.00%	353	515,614	248,526	25,106	10.10%
20th	87.55%	316	460,632	222,025	20th	98.00%	353	515,614	248,526	26,501	10.66%
21st	87.00%	314	457,739	220,630	21st	98.00%	353	515,614	248,526	27,896	11.22%
22nd	86.45%	312	454,845	219,235	22nd	98.00%	353	515,614	248,526	29,291	11.79%
23rd	85.90%	310	451,951	217,840	23rd	98.00%	353	515,614	248,526	30,685	12.35%
24th	85.35%	308	449,057	216,446	24th	98.00%	353	515,614	248,526	32,080	12.91%
25th	84.80%	306	446,164	215,051	25th	98.00%	353	515,614	248,526	33,475	13.47%
Total		**-**	**12,022,215**	**5,794,708**	**Total**		**-**	**12,890,340**	**6,213,144**	418,436	**6.73%**

ภาคผนวก ค
สมการการคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วยที่ใช้ในงานวิจัย

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานและความคุ้มค่าในการลงทุนของแต่ละตัวเลือก ในงานวิจัยนี้เป็นการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วย คือ 5.2179 บาท/kWh ซึ่งค่าเฉลี่ยคำนวณจากการใช้ไฟฟ้าช่วง Peak (ตั้งแต่วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 09:00-22:00 น. รวม 246 วันต่อปี) ราคา ต่อหน่วย 4.1839 บาท/kWh, การใช้ไฟฟ้าช่วง Off-peak (ตั้งแต่วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22:00-09:00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการทั้งวัน รวม 119 วันต่อปี) ราคาต่อหน่วย 2.6037 บาท/kWh และค่า Ft. 1.5492 บาท/kWh อ้างอิง ตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนมกราคม 2566 ซึ่งสมการการคำนวณ มีดังนี้

$$\text{ค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วย} = \frac{(A \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยช่วง Peak}) + (B \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยช่วง Off-peak})}{C}$$

เมื่อ A คือ ผลรวมของค่าไฟฟ้าต่อหน่วยช่วง Peak และ ค่า Ft. (บาท/kWh)

B คือ ผลรวมของค่าไฟฟ้าต่อหน่วยช่วง Off-peak และ ค่า Ft. (บาท/kWh)

C คือ จำนวนวันที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดใน 1 ปี (บาท/kWh)

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงการคำนวณผลสรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ตารางที่ 1: ตารางแสดงการคำนวณผลสรุปความคุ้มค่าในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ของฉากทัศน์ที่จำลองขึ้น

หัวข้อ			โรงงานอ้างอิง	ฉากทัศน์ที่ 1	ฉากทัศน์ที่ 2	ฉากทัศน์ที่ 3	ฉากทัศน์ที่ 4
เครื่องปรับอากาศ		ประเภท	Split	VRF	VRF	Split	Split
		รูปแบบ	Non-Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (ประเภทหลอดไฟแสงสว่าง)			ฟลูออเรสเซนต์	LED	LED	LED	LED
เซลล์แสงอาทิตย์			ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง
ต้นไม้			ไม่ปลูก	ปลูก	ปลูก	ปลูก	ปลูก
	สำหรับเครื่องปรับอากาศ	tCO_2eq	1,084.13	865.49	865.49	1,000.93	1,000.93
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	tCO_2eq	77.61	39.60	39.60	39.60	39.60
จากการใช้ไฟฟ้า	สำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ	tCO_2eq	17.98	17.98	17.98	17.98	17.98
	สำหรับกระบวนการผลิต	tCO_2eq	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88
	รวมทั้งหมด	tCO_2eq	1,194.60	937.96	937.96	1,073.40	1,073.40
ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2	กรณีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์	tCO_2eq	-	(248.53)	-	(248.53)	-
ที่นำมาหักลบได้	กรณีกักเก็บด้วยไม้ยืนต้น	tCO_2eq	-	(4.88)	(4.88)	(4.88)	(4.88)
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อปี		tCO_2eq	1,194.60	684.55	933.07	819.99	1,068.52
รวมก๊าซ CO_2 ที่ลดได้สุทธิต่อปี		tCO_2eq	-	(510.05)	(261.52)	(374.60)	(126.08)
	สำหรับเครื่องปรับอากาศ	kWh	2,249,225.40	1,795,624.58	1,795,624.58	2,076,624.57	2,076,624.57
ปริมาณพลังงานไฟฟ้า	สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	kWh	161,007.09	82,166.76	82,166.76	82,166.76	82,166.76
ที่ใช้ต่อปี	สำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ	kWh	37,306.55	37,306.55	37,306.55	37,306.55	37,306.55
	สำหรับกระบวนการผลิต	kWh	30,874.39	30,874.39	30,874.39	30,874.39	30,874.39
	รวมทั้งหมด	kWh	2,478,413.42	1,945,972.28	1,945,972.28	2,226,972.27	2,226,972.27
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อปี	กรณีติดตั้งติดเซลล์แสงอาทิตย์	kWh	-	(515,613.60)	-	(515,613.60)	-
ที่นำมาหักลบได้	กรณีกักเก็บด้วยไม้ยืนต้น	kWh	-	-	-	-	-
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี		kWh	2,478,413.42	1,430,358.68	1,945,972.28	1,711,358.67	2,226,972.27
ค่าไฟฟ้าต่อปี	สำหรับเครื่องปรับอากาศ	บาท	11,736,259.10	9,369,410.16	9,369,410.16	10,835,643.22	10,835,643.22
	สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	บาท	840,120.72	428,738.90	428,738.90	428,738.90	428,738.90
	สำหรับระบบสาธารณูปโภคอื่น ๆ	บาท	194,662.28	194,662.28	194,662.28	194,662.28	194,662.28
	สำหรับกระบวนการผลิต	บาท	161,099.81	161,099.81	161,099.81	161,099.81	161,099.81
	รวมทั้งหมด	บาท	12,932,141.91	10,153,911.15	10,153,911.15	11,620,144.21	11,620,144.21
	กรณีติดตั้งติดเซลล์แสงอาทิตย์	บาท	-	(2,690,426.14)	-	(2,690,426.14)	-
	กรณีกักเก็บด้วยไม้ยืนต้น	บาท	-	-	-	-	-
	รวมค่าไฟฟ้าต่อปี	บาท	12,932,141.91	7,463,485.02	10,153,911.15	8,929,718.07	11,620,144.21
เงินลงทุน	เครื่องปรับอากาศ	บาท	-	42,000,000.00	52,600,000.00	57,100,000.00	32,500,000.00
	อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	บาท	-	423,900.00	423,900.00	423,900.00	423,900.00
	เซลล์แสงอาทิตย์	บาท	-	18,504,000.00	-	18,504,000.00	-
	ไม้ยืนต้น	บาท	-	1,325,500.00	1,325,500.00	1,325,500.00	1,325,500.00
	รวมเงินลงทุน	บาท	-	62,253,400.00	54,349,400.00	77,353,400.00	34,249,400.00
ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี		บาท	-	5,468,656.90	2,778,230.76	4,002,423.84	1,311,997.70
จุดคุ้มทุน		ปี	-	11.38	19.56	19.33	26.10
รวมเงินลงทุน		บาท	0	62,253,400.00	54,349,400.00	77,353,400.00	34,249,400.00
รวมก๊าซ CO_2 ที่ลดลงได้ต่อปี		tCO_2eq	-	510.05	261.52	374.60	126.08
สัดส่วนเงินลงทุนต่อก๊าซ CO_2 ที่ลดลงได้ต่อปี		บาท/tCO_2eq	-	122,054.32	207,820.47	206,493.42	271,650.49

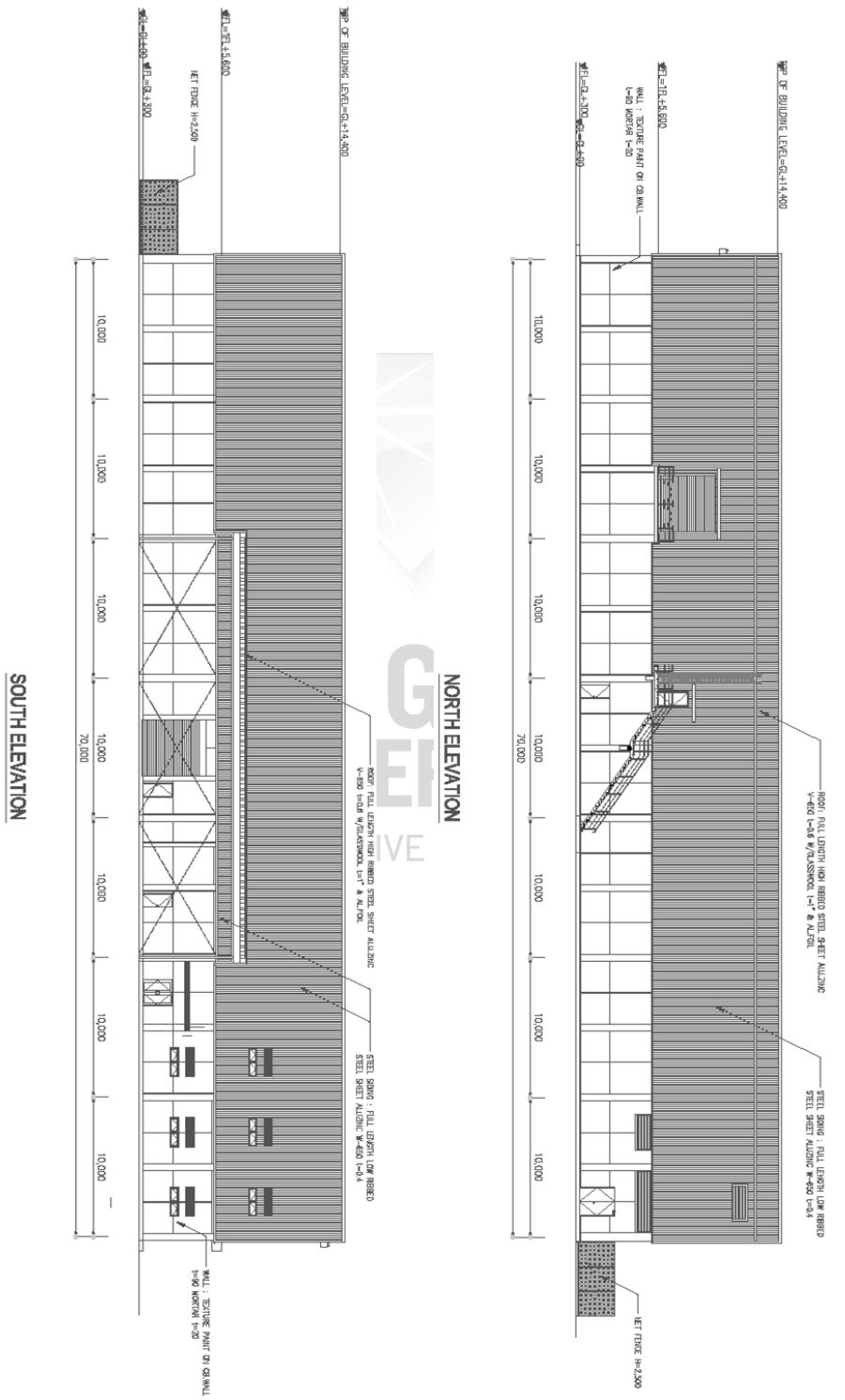
BANGKOK UNIVERSITY THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

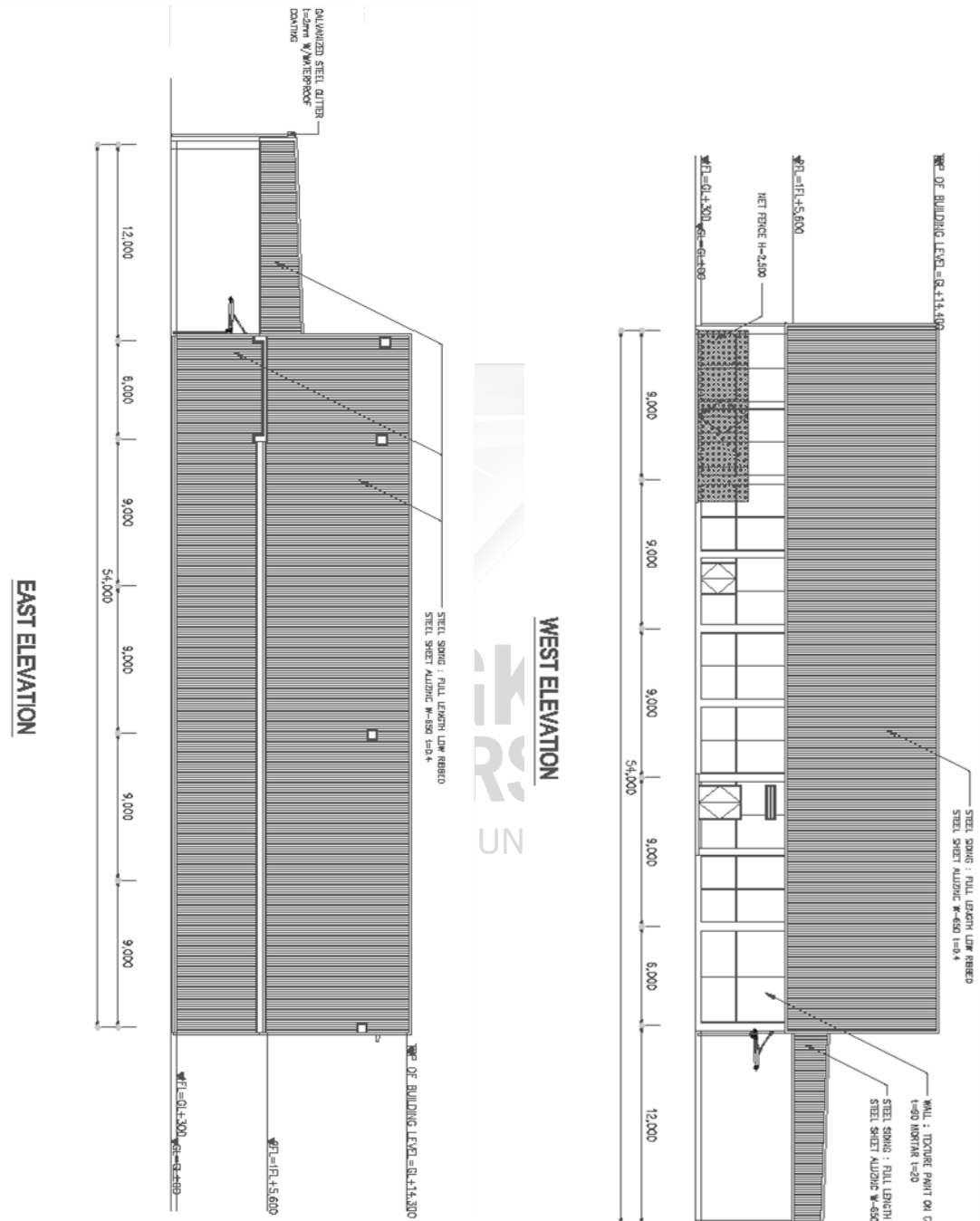
รูปภาพด้าน (Elevation) ของโรงงานอ้างอิง

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY

ภาพที่ 1: รูปภาพด้านของโรงงานอ้างอิงในฝั่งทิศเหนือและทิศใต้



ภาพที่ 2: รูปภาพด้านของโรงงานอ้างอิงในฝั่งทิศตะวันออกและทิศตะวันตก



ประวัติเจ้าของผลงาน

ชื่อ-นามสกุล กุลรดา ไพบูลย์พรพันธิ์
อีเมล kulrada.phai@bumail.net

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขานวัตกรรมและการบริหารจัดการงานออกแบบ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
พ.ศ. 2561	สำเร็จการศึกษาศิลปศาสตรบัณฑิต (ภาษาญี่ปุ่น) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2559	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรภาษาและวัฒนธรรมญี่ปุ่นแบบเร่งรัด สำหรับนักเรียนแลกเปลี่ยน โครงการเมเปิ้ล มหาวิทยาลัยโอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น

BANGKOK UNIVERSITY
THE CREATIVE UNIVERSITY