



การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร:

กรณีศึกษาอาคาร MR.D.I.Y.

**Electrical Energy Saving of a Building According to Heat Reduction Measures
through the Building Frame: A Case Study of the MR. D.I.Y. Building**

นายภิรมสรันย์ อุบลแก้วศิริ

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

เรื่อง

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร:
กรณีศึกษาอาคาร MR. D.I.Y.

Electrical Energy Saving of a Building According to Heat Reduction Measures
through the Building Frame: A Case Study of the MR. D.I.Y. Building

ผู้วิจัย

นายภิมสรณ์ อุบลแก้วศิริ

Mr. Phimsaran Ubonkaewsiri

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

วทศธ ไรธราโณ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ไสตรโณ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุทรชัย บรรเทงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 2 เดือน 3.ค. พ.ศ. 2569

บทคัดย่อ

เรื่อง : การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบ
อาคาร: กรณีศึกษาอาคาร MR. D.I.Y.
โดย : นายกิมสรณ์ อุดมแก้วศิริ
ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา: ๓๓๓๖ ไร่ธนาโย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสทรโยม)
..... 2 8 6๙

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) จำลองการใช้พลังงานของอาคาร และเปรียบเทียบการใช้พลังงานจริง (2) ประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร และวิเคราะห์การลงทุน และ (3) ประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก โดยใช้โปรแกรมจำลองพลังงานของอาคาร ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร ก่อนและหลังการปรับปรุง มีมาตรการปรับปรุงประกอบด้วย 6 มาตรการ ได้แก่ 1. การติดฉนวนที่ผนังอาคาร 2. การติดฟิล์มกระจก 3. การติดฉนวนหลังคา 4. การเพิ่มความหนาฉนวนหลังคามากขึ้น 5. การรวมมาตรการ 1, 2 และ 3 เข้าด้วยกัน 6. การรวมมาตรการ 1, 2 และ 4 เข้าด้วยกัน ผลการศึกษาพบว่า (1) มาตรการที่ 6 (ติดฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 มม. การติดฟิล์มกระจก และติดฉนวนหลังคา หนา 150 มม.) ให้ผลการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ร้อยละ 2.23 และ (2) เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มีเพียงมาตรการที่ 2 (ติดฟิล์มที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกที่ 3,805.49 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 1.28 และระยะเวลาคืนทุน 26.15 ปี แม้จะให้ผลประหยัดพลังงานเพียงร้อยละ 0.23 ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ และ (3) มาตรการที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด คือมาตรการที่ 6 ลดได้ 1,159.18 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการพิจารณาปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ควบคู่ไปกับประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงานอาคาร กรอบอาคาร แบบจำลองพลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ABSTRACT

Title : Electrical Energy Saving of a Building According to Heat Reduction Measures
 through the Building Frame: A Case Study of the MR. D.I.Y. Building
 By : Mr. Phimsaran Ubonkaewsiri
 Degree : Master of Engineering
 Major Field : Engineering Management
 Advisor : *Athit Sode-Yome*

(Asst. Prof. Dr. Athit Sode-Yome)

.....2...../.....8...../.....26.....

This research aimed to (1) simulate building energy consumption and compare energy used, (2) evaluate building frame energy-reduction measures and analyze the investment, and (3) assess the reduction in carbon dioxide emissions, using a retail commercial building as a case study. The study adopted a building energy simulation program applied to the building before and after the improvement. Six building frame improvement measures were examined: (1) installing wall insulation, (2) applying window film, (3) installing roof insulation, (4) increasing the thickness of the roof insulation, (5) combining measures 1, 2, and 3, and (6) combining measures 1, 2, and 4. The results showed that (1) Measure 6 (65-mm wall insulation, window film, and 150-mm roof insulation) yielded the highest energy savings, at 2.23%; and (2) economic feasibility analysis found that only Measure 2 (window film applied to the entire building) produced a positive Net Present Value (NPV) of 3,805.49 Baht, an Internal Rate of Return (IRR) of 1.28%, and a payback period of 26.15 years — despite offering the lowest energy savings, at only 0.23% — owing to its lower investment cost relative to the other measures. Furthermore, (3) the greatest reduction in carbon dioxide emissions was achieved by Measure 6, which reduced emissions by 1,159.18 kgCO₂-equivalent per kWh per year. These findings underscore the importance of weighing economic factors alongside energy-saving performance when making investment decisions for building energy-efficiency improvements.

Keywords: building energy conservation, building envelope, energy modeling, economic feasibility analysis, carbon dioxide reduction

Approve by

Y. B. T.

 Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยการได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์นิขทวี รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บันเทิงจิตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง และคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัยสาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ทุก ๆ ท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ ให้ประโยชน์ให้ความรู้รวมไปถึงการติดตามดูแลมาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ พี่น้อง มิตรสหาย รวมถึงผู้แต่งหนังสือ หรือเอกสารทางวิชาการ ที่ข้าพเจ้าได้ใช้เป็นเอกสารอ้างอิง รวมทั้งหัวหน้างาน เพื่อนร่วมงานทุกคน ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่างๆ จนช่วยให้สามารถทำการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

กิมสรณ์ย์ อุบลแก้วศิริ
ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย	5
2.2 สถานภาพของประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทย.....	7
2.3 แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคาร.....	22
2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์.....	27
2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพอาคารและการใช้พลังงานไฟฟ้า.....	43
3.2 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร	50
3.3 การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากการใช้พลังงานของมาตรการปรับปรุง	52
3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม	52

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้าที่

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร.....	54
4.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....	63
4.3 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO ₂	64

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 อภิปรายผล	67
5.3 ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก	71
ประวัติผู้วิจัย	88

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้าที่

2-1 การใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี และสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศของอาคารขนาดใหญ่.....	9
2-2 ดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร.....	9
2-3 อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ	10
2-4 การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างและพิสัยระดับความสว่าง.....	12
2-5 การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี.....	12
2-6 อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคาร	15
2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (r) และความจุความร้อนจำเพาะ (cp) ของวัสดุ	17
2-8 การกำหนดเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552.....	26
3-1 ข้อมูลอาคารตัวอย่างกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก	48
3-2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าอาคารตัวอย่างกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก	49
3-3 ข้อมูลอ้างอิงสมบัติที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทางความร้อนอาคารกรณีศึกษา	50
3-4 มาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน	51
3-5 ราคาวัตถุดิบค่าแรงสำหรับมาตรการปรับปรุงกรอบอาคาร	51
4-1 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารต้นแบบ	55
4-2 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 1	56
4-3 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 2	58
4-4 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 3	59
4-5 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 4	60
4-6 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 5	62
4-7 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 6	63
4-8 การเปรียบเทียบค่า Energy Use หลังการปรับปรุง และค่าตอบแทนการลงทุน.....	64
4-9 การใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร	65

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2-1 การกระจายของค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก.....	10
2-2 การกระจายของค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดหอยโข่ง.....	11
2-3 การกระจายของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคา (RTTV) ..	13
2-4 ลักษณะของผนัง	23
2-5 ลักษณะของท่อนำแสง.....	25
2-6 ลักษณะของหีงสะท้อนแสง.....	26
2-7 การปล่อยก๊าซ CO ₂ และการใช้พลังงานของไทย	31
2-8 การปล่อยก๊าซ CO ₂ รายชนิดเชื้อเพลิง	32
2-9 การปล่อยก๊าซ CO ₂ จากการใช้พลังงานรายสาขาเศรษฐกิจ	33
2-10 การปล่อยก๊าซ CO ₂ ภาคการผลิตไฟฟ้ารายชนิดเชื้อเพลิง.....	34
2-11 การปล่อยก๊าซ CO ₂ ภาคการขนส่งแยกรายชนิดเชื้อเพลิง.....	35
2-12 การปล่อยก๊าซ CO ₂ ภาคอุตสาหกรรมแยกรายชนิดเชื้อเพลิง.....	36
2-13 การปล่อยก๊าซ CO ₂ ภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ	37
2-14 การปล่อยก๊าซ CO ₂ ต่อการใช้พลังงาน	38
3-1 สถานที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษ.....	44
3-2 ลักษณะของอาคารที่ทำการศึกษ	44
3-3 แปลนพื้นอาคารที่ทำการศึกษ	45
3-4 แปลนหลังคาอาคารที่ทำการศึกษ.....	45
3-5 ด้านหน้าอาคารที่ทำการศึกษ.....	46
3-6 ด้านขวาอาคารที่ทำการศึกษ.....	46
3-7 ด้านหลังอาคารที่ทำการศึกษ.....	46
3-8 ด้านซ้ายอาคารที่ทำการศึกษ.....	47
3-9 แปลนไฟฟ้าแสงสว่างอาคารที่ทำการศึกษ	47
3-10 แปลนระบบปรับอากาศอาคารที่ทำการศึกษ	48
4-1 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารต้นแบบ แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	54
4-2 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 1 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
4-3 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 2 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	57
4-4 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 3 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	58
4-5 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 4 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	60
4-6 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 5 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	61
4-7 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 6 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน	62



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โลกเราทุกวันนี้เข้าสู่ยุคของอินเทอร์เน็ตไปแล้ว การจะทำอะไรหรือหาข้อมูลเพิ่มเติมตรงไหนก็สามารถหาได้จากอินเทอร์เน็ตได้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการทำอาหาร งานบ้าน งานสวน งานซ่อมแซมต่าง ๆ หาข้อมูลได้ทั้งอุปกรณ์ในการทำวัตถุดิบที่ต้องใช้ อีกทั้งเศรษฐกิจก็ไม่ดีเท่าที่ควร งานซ่อมแซมต่าง ๆ งานทำสวน หรืองานตกแต่งบ้าน ถ้าเกิดคนในบ้านทำเองก็จะสะดวก ประหยัดทั้งเวลา และประหยัดทั้งเงินอีกด้วย สินค้าเบ็ดเตล็ดและเครื่องมือช่างที่อยู่ในศูนย์การค้าที่พวกเราที่พอจะเคยเห็น ไม่ว่าจะเป็นร้าน MR. D.I.Y. หรือร้านอมรที่คุ้นเคย (เปรมยศ ประสมศักดิ์, 2561) ซึ่งในปัจจุบันธุรกิจค้าปลีกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งไทย ธุรกิจค้าปลีกที่กำลังเติบโตขยายธุรกิจอย่างรวดเร็วในเวลานี้ และเชื่อว่าผู้บริโภคไทยเริ่มคุ้นเคยจากการเห็นหน้าร้าน หรือเคยเข้าไปใช้บริการกันมาบ้างแล้ว หนึ่งในนั้นคือ MR. D.I.Y. เป็นค้าปลีกสินค้าตกแต่งและซ่อมแซมบ้านจากมาเลเซีย (Home Improvement Retailer) มีกว่า 2,000 สาขา ใน 10 ประเทศทั่วโลก ในจำนวนนี้เป็นสาขาในประเทศไทยมากถึง 500 ร้าน ครอบคลุม 70 จังหวัด พร้อมทั้งตั้งเป้าในปี พ.ศ. 2565 มีจำนวน 550 สาขา และภายในปี พ.ศ. 2569 มี 1,000 สาขาในไทย

ในปัจจุบันโลกมีสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง และประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้การกำหนดนโยบายทางด้านพลังงานและการพัฒนาผังเมืองให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนนั้นทำได้ยากมากยิ่งขึ้น โดยมีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพียงร้อยละ 19 โดยส่วนมากประชากรของโลกทั้งหมดจะอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่เมืองคิดเป็นประมาณร้อยละ 55 และคาดการณ์ว่าในอนาคตตัวเลขของประชากรของโลกจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 68 ภายในปี 2050 นั้นหมายความว่ามีความต้องการใช้พลังงานในทุก ๆ ด้านเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ส่งผลโดยตรงให้มีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas-GHG) เขตพื้นที่ที่อาศัยในเขตชุมชนเมืองมีการใช้พลังงานถึงร้อยละ 70 และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 66 การใช้พลังงานในพื้นที่ชุมชนเมืองนั้นมีความเกี่ยวข้องกับทรัพยากรและสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นนัยสำคัญเนื่องจากพื้นที่ชุมชนเมืองนั้นใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นหลัก

หากสามารถลดการใช้พลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนมาเป็นการใช้พลังงานจากพลังงานหมุนเวียนแทน เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ การติดตั้งกังหันลม การใช้พลังงานชีวมวล และอื่น ๆ เพื่อรองรับความต้องการในการใช้พลังงานภายในอาคารที่พักอาศัยหรืออาคารสาธารณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผงโซลาร์เซลล์นั้น สามารถติดตั้งกับหลังคาและผนังของอาคารที่มีอยู่เดิมได้ ประชาชนโดยทั่วไปสามารถหาซื้อและนำมาใช้ได้อย่างทั่วถึง และยังมีอีกหนึ่งมาตรการที่สามารถลดการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างยั่งยืนโดยทำการปรับปรุงอาคารเดิมหรือออกแบบอาคารใหม่ให้เข้าสู่เกณฑ์อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ไม่ว่าจะเป็นการปรับเปลี่ยนกรอบหน้าต่างอาคาร การติดฟิล์มกันความร้อนภายในอาคาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน การปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่เน้นไปทางด้านลดการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้ปรับเปลี่ยนหลอดไฟ พลังงาน และอื่น ๆ นั้นล้วนแต่เป็นมาตรการเชิงรุกที่มุ่งไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำภายในอนาคตได้ (ณัฐ นาคกร และคณะ, 2566)

ประเทศไทยวางเป้าหมายเพื่อดำเนินการขจัดปัญหาสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง หลังสิ้นสุดปี พ.ศ. 2563 โดยตั้งเป้าหมายจะทำให้ก๊าซเรือนกระจกลดน้อยลงในปี พ.ศ. 2573 อย่างน้อย 20 % ภายใต้เจตจำนงของภาครัฐ คือการมีส่วนร่วมทำให้ได้แสดงเจตจำนงในการแก้ไขสภาพภูมิอากาศที่เกิดปัญหา ซึ่งจัดทำข้อเสนอในส่วนของการดำเนินงานสภาพภูมิอากาศที่เกิดปัญหา ในส่วนของประเทศที่ประสงค์จะลดก๊าซเรือนกระจก ให้ได้ใน พ.ศ. 2563 โดยกำหนดเป้าหมายจากกรณีปกติ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ 20-25 % ซึ่งถือว่าเป็นการขับเคลื่อนโดยภาครัฐในการดำเนินงาน โดยอาศัยการดำเนินการจากทุกภาคส่วนในการมีส่วนร่วมตามมาตรการในการแสดงศักยภาพจากนโยบายและแผน และภาครัฐ ในทุกสาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ ภาคขนส่ง พลังงานและพลังงาน มี 9 มาตรการ จากการผลิตไฟฟ้า และการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ภาคอาคาร อุตสาหกรรมการผลิต และการคมนาคมขนส่ง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน การพัฒนาพลังงานทดแทน และการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ภาคของเสีย มี 4 มาตรการ ครอบคลุมการจัดการขยะ น้ำเสียอุตสาหกรรมและชุมชน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะมีค่าสุทธิเป็นศูนย์ทั่วทั้งโลก โดยที่หลากหลายประเทศต่างตอบรับที่จะค้นหาและทำทุกวิธีเพื่อนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีค่าเป็นศูนย์ การผลิตพลังงานไฟฟ้า ระบบพลังงานหมุนเวียนมีอัตราเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยที่ระบบหลักคือระบบไฟฟ้านั่นเอง ทำให้พนักงานรวมถึงเจ้าหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติงานในการดูแลระบบอาคารที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานจากทุก ๆ มุมโลกมีความใส่ใจในเรื่องนี้เป็นอันดับแรก โดยที่บริษัท ไอริน่า พบข้อมูลว่า ในปี ค.ศ. 2019 มีการวางระบบและกำลังการผลิตของพลังงานทดแทนอยู่ประมาณ 25 เพอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 2,468 กิกะวัตต์ ในส่วนของการผลิต จากระบบการใช้เชื้อเพลิงทุกชนิด ซึ่งยังคงมีสัญลักษณ์ สัญลักษณ์ และร่องรอยในการเติบโตมากขึ้น ใน ปี ค.ศ. 2018 (ยอดตรง เม่นสิน และคณะ, 2565)

ธุรกิจค้าปลีกนั้นในแต่ละปีจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการใช้อาคารเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มการขยายกิจการมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่ามีงานวิจัยในอาคารประเภทธุรกิจมีอยู่น้อย ดังนั้นบทความวิจัยนี้มุ่งเน้นที่อาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก อีกทั้งยังสามารถนำวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้กับอาคารธุรกิจค้าปลีกอื่น ๆ ได้อีกด้วย งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษการเลือกใช้วัสดุผนัง และหลังคาของอาคารที่มีความหลากหลายและสามารถหาซื้อได้ในปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการเลือกใช้วัสดุรวมถึงการวิเคราะห์การลงทุน ในการวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารได้เลือกใช้แบบจำลองพลังงาน OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการใช้พลังงาน การใช้แบบจำลองพลังงานในอาคารเข้ามาช่วยในการตัดสินใจนั้นพบว่า เป็นวิธีการวิจัยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา อีกทั้งในปัจจุบัน OpenStudio และ EnergyPlus ถือว่าเป็นแบบจำลองพลังงานในอาคารที่นิยมใช้และมีความถูกต้องที่ยอมรับได้สูง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา อาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก และทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและวิเคราะห์การลงทุนตามหลักการ LifeCycle Cost (LCC) ของการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารจำนวน 6 มาตรการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคาร และเปรียบเทียบการใช้พลังงาน โดยใช้กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก
2. เพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารและวิเคราะห์การลงทุน โดยใช้กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก
3. เพื่อประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษา สํารวจและจัดเก็บข้อมูลอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก สถานที่ตั้งอยู่ที่หมู่ 5 ตำบลบางแม่นาง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ศึกษาการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก นำเสนอมาตรการและวิธีการลดการใช้พลังงานในอาคาร เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทดสอบการจำลองมาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานผ่านโปรแกรม และเปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารจริง
2. เจ้าของหรือผู้ประกอบการธุรกิจได้บทสรุป จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุน (LCC) ตามมาตรการปรับปรุงอาคารประกอบการตัดสินใจก่อนการปรับปรุงอาคาร
3. งานวิจัยนี้ช่วยประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของอาคาร ลดสถานะเรือนกระจกเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคมและส่วนรวม
4. งานวิจัยนี้ให้ความรู้และเป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาต่อยอดเพื่อหามาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานกับอาคารประเภทอื่นได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคาร เปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร ประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงิน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ รวมทั้งแนวความคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการวิจัย ดังนี้

- 2.1 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย
- 2.2 สถานภาพของประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทย
- 2.3 แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคาร
- 2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์
- 2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในประเทศไทย

ตั้งแต่ประเทศไทยเริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับแรกเป็นต้นมา เศรษฐกิจของประเทศไทยได้เจริญเติบโตมาเป็นลำดับ ความเจริญทางเศรษฐกิจก่อให้เกิดการขยายตัวของเมือง และการเพิ่มขึ้นของอาคารขนาดใหญ่ที่เป็นอาคารสาธารณะและการพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มมากขึ้นเมื่อพิจารณาสถิติการใช้ไฟฟ้าพบว่ามีการใช้ไฟฟ้าต่อหัวของประชากรเพิ่มขึ้นจาก 411 หน่วยต่อหัวในปีพ.ศ. 2526 มาเป็น 2,984 หน่วยต่อหัวในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งเป็นการเติบโตถึง 7 เท่าตัว โดยเชื้อเพลิงพลังงานส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศนั้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2566)

เมื่อเริ่มโครงการประเทศไทยได้ประสานความร่วมมือทางวิชาการระหว่างอาเซียนและสหรัฐอเมริกาซึ่งมีเรื่องของความร่วมมือทางด้านวิชาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานรวมอยู่ด้วยในปี พ.ศ. 2526 และได้เกิดโครงการความร่วมมือทางวิชาการในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดย

องค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศของสหรัฐอเมริกา (United States Agency for International Development – SAID) สนับสนุนให้สำนักงานวิจัยแห่งชาติลอเรนตีเวอร์มอร์เบอร์คลี (Lawrence Livermore Berkeley National Laboratory) ร่วมมือกับอาเซียนในการจัดทำเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารให้แก่ประเทศอาเซียนในโครงการความร่วมมือดังกล่าว และต่อมากระทรวงพลังงานโดย พพ. (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) ได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอาคารและได้จัดตั้ง "ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" ณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ขึ้นในปีงบประมาณ 2553 มีหน้าที่ให้คำแนะนำให้มีการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบ การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 กำหนดให้อาคารก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคาร ที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียว ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไปในกลุ่ม 9 ประเภทอาคาร ได้แก่ โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงานหรือที่ทำการ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า อาคารชุด และอาคารชุมนุมคน จะต้องออกแบบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน และจัดทำรายงานการตรวจประเมินก่อนการยื่นขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร และขอเปิดใช้งานอาคาร และมีการออกประกาศกระทรวงพลังงานและประกาศกรมที่สอดคล้องกันอีก 3 ฉบับ คือ

1. ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

2. ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ พ.ศ. 2564

3. ประกาศกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง การรับรองผู้ทำหน้าที่ผู้ตรวจประเมินในการออกแบบก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

รวมถึงการจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Building Energy Code Program (BEC) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ออกแบบ และผู้ตรวจประเมิน ซึ่งนำไปใช้ประกอบการคำนวณเพื่อตรวจสอบแบบอาคารว่ามีค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์

พลังงาน เป็นไปตามกำหนดหรือไม่ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 20 ระบุไว้ว่า ถ้าคณะกรรมการควบคุมอาคารให้ความเห็นชอบให้ถือเสมือนกฎกระทรวงฯ และประกาศอื่น ๆ ที่ออกตามมาตรา 19 นั้น ถือเสมือนออกตามมาตรา 8 ของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งจะส่งผลให้อาคารที่เข้าข่ายตามกฎกระทรวงฯ จะต้องปฏิบัติก่อนที่จะขออนุญาตก่อสร้างอาคาร หรือขอเปิดใช้งานอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 นอกจากนั้นกฎกระทรวงฯ ยังครอบคลุมถึงกระบวนการตรวจประเมินเพื่อใช้ประกอบการขออนุญาตก่อสร้าง (อ.1) หรือขอเปิดใช้งานอาคาร (อ.5) ไว้ดังนี้

ข้อ 14 การตรวจประเมิน ให้กระทำโดยผู้ได้รับใบประกอบวิชาชีพให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม หรือผู้ได้รับใบประกอบวิชาชีพให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม และได้รับการรับรองจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ว่าเป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมตามหลักสูตรที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกำหนด

ข้อ 15 การรับรองผลตรวจประเมิน ให้เจ้าของอาคารมีหน้าที่จัดทำรายงานผลการตรวจประเมินในการออกแบบก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามแบบที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด และจัดหาผู้ที่มีคุณสมบัติในการตรวจประเมินตามที่กำหนดในข้อ ๑๔ เป็นผู้รับรอง เพื่อประกอบการยื่นคำขอรับใบอนุญาตหรือแจ้งก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร เมื่อได้มีการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารแล้วเสร็จให้เจ้าของอาคารมีหน้าที่ ยื่นเอกสารที่มีการรับรองว่าอาคารได้มีการออกแบบและก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอีกครั้งหนึ่ง เพื่อใช้ประกอบการยื่นขอใบรับรองการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

2.2 สถานภาพของประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีการเริ่มก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่เป็นอาคารสูงเมื่อประมาณ 50 ปีที่แล้ว ก่อนที่เริ่มมีการปรับอากาศเพื่อความสบายเชิงอุณหภูมิเพียงไม่นาน ซึ่งทำให้ระบบปรับอากาศมีบทบาทในการสร้างอาคารที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น และเนื่องจากความจำเป็นในป้องกันลมเย็นที่รั่วจากบริเวณปรับอากาศ และความจำเป็นที่ต้องใช้กระจกบริเวณกรอบอาคารด้านนอกเพื่อให้ได้ทัศนียภาพนั้น ทำให้บริเวณกรอบอาคารมีสภาพเป็นเรือนกระจกที่รังสีอาทิตย์ผ่านเข้าได้แต่พลังงานความร้อนไม่สามารถผ่านออกได้ ดังนั้นจึงมีการใช้กระจกสะท้อนความร้อน ใม่มัน มู่ลี่ และวิธีอื่นในการลดทอนการส่งรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร ผลสืบเนื่องคือไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติที่เคยใช้ส่องสว่างในอาคารได้เต็มที่ ดังนั้นอาคารที่มีการปรับอากาศจึงต้องพึ่งพาระบบไฟฟ้าส่องสว่างในการให้แสงสว่างภายในอาคารจำนวนมาก ซึ่งทำให้อาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้า

ในระบบปรับอากาศถึงประมาณร้อยละ 50 ของการใช้ไฟฟ้าของทั้งอาคาร และระบบไฟฟ้าแสงสว่างประมาณร้อยละ 20 ของการใช้ไฟฟ้าของทั้งอาคาร

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2535 มีสาระสำคัญในการกำหนดให้มีการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย ในขั้นต่อมาได้มีพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และมีการตรากฎกระทรวงกำหนดให้อาคารควบคุมต้องสำรวจและจัดทำรายงานการใช้พลังงานประสิทธิภาพพลังงานและศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อกำหนดแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในรายงานการสำรวจการใช้พลังงานมีการคำนวณและแสดงค่าดัชนีประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ (ผนังและหลังคา) ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ พพ. จึงได้รวบรวมและจัดทำสรุปข้อมูลจากรายงานดังกล่าว และจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อการตรวจสอบและสนับสนุนแผนงานการอนุรักษ์พลังงาน ในการกำหนดสถานภาพของประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขนาดใหญ่ในประเทศไทยดังนี้

2.2.1 สถานภาพของประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขนาดใหญ่

อาคารขนาดใหญ่ที่เป็นอาคารสาธารณะในประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศ การให้แสงสว่าง การขับเคลื่อนลิฟต์และบันไดเลื่อน และสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีขนาดใหญ่ในเมืองจะมีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศในระดับสูง เช่น อาคารประเภทห้างสรรพสินค้า (Department store) โรงแรม (Hotel) อาคารสำนักงาน (Office) โรงพยาบาล (Hospital) และอาคารสถานศึกษา (School) ที่มีแนวโน้มในการปรับอากาศในสัดส่วนพื้นที่ที่สูงขึ้น

2.2.1.1 ดัชนีการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ดัชนีการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เป็นดัชนีการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี และสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ สามารถบ่งบอกสถานการณ์ประสิทธิภาพพลังงานโดยรวมของอาคารได้ ดังตารางที่ 2-1 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปีของอาคาร 8 ประเภท ซึ่งข้อมูลในตารางบ่งชี้ว่าอาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอยสูงจะมีค่าการใช้การใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยสูงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าอาคารประเภทสำนักงานและสถานศึกษาบางแห่งที่ไม่มีการปรับอากาศหรือมีพื้นที่ปรับอากาศน้อยจะมีการใช้ไฟฟ้าในระดับต่ำ

ตารางที่ 2-1 การใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี และสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศของอาคารขนาดใหญ่

อาคาร	การใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี, กิโลวัตต์-ชม.ต่อตร.ม.-ปี (kWh/m ² Y)			สัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อ พื้นที่ใช้สอย, (%)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
สำนักงาน	25.5	660.1	102.9	28
โรงแรม	109.4	618.1	148.4	65
โรงพยาบาล	83.8	520.8	116.0	41
สถานศึกษา	33.3	171.4	37.3	27
อาคารชุด	37.6	659.4	66.1	26
ห้างสรรพสินค้าขายปลีก	111.0	1,165.4	268.7	68
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและขายส่ง	32.8	793.7	359.6	72
อาคารอื่นๆ	27.0	717.9	117.5	32

2.2.1.2 การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ จำนวนชั่วโมงการใช้งานและระดับภาระการปรับอากาศในพื้นที่นั้น อาคารที่มีภาระการปรับอากาศต่ำและมีระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและมีจำนวนชั่วโมงการใช้งานน้อย ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศก็จะน้อยลงด้วย ดังตารางที่ 2-2 แสดงค่าการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศต่อปี และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารแต่ละประเภท

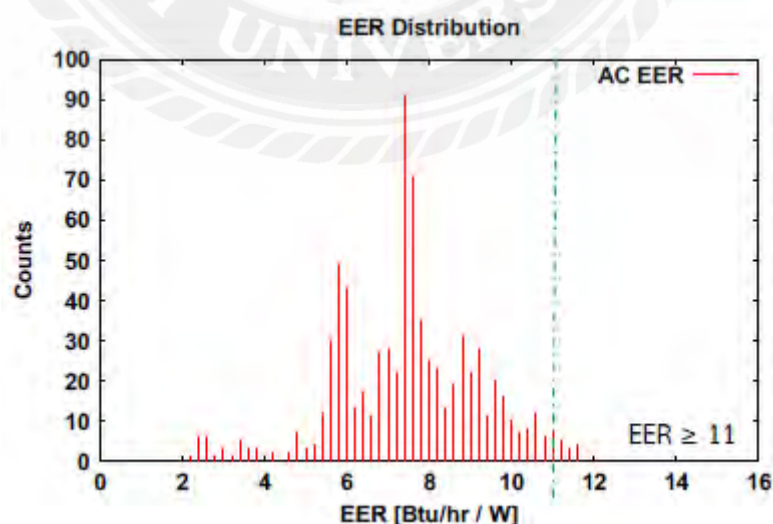
ตารางที่ 2-2 ดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อการไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร

อาคาร	การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ ปรับอากาศ, กิโลวัตต์-ชม.ต่อตร.ม.-ปี (kWh/m ² Y)			สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในระบบ ปรับอากาศต่อการไฟฟ้า ทั้งหมดของอาคาร, (%)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
สำนักงาน	26.0	810.0	115.2	41
โรงแรม	114.3	256.4	143.2	64
โรงพยาบาล	100.2	258.9	162.1	56
สถานศึกษา	63.6	165.0	76.2	53
อาคารชุด	13.5	750.0	168.1	58
ห้างสรรพสินค้าขายปลีก	70.4	585.6	184.9	52
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและส่ง	13.9	756.2	165.4	39
อาคารอื่นๆ	29.1	979.3	216.5	43

จากข้อมูลในตารางที่ 2-2 แสดงให้เห็นว่าอาคารที่มีจำนวนชั่วโมงการใช้งานมาก เช่น โรงแรม โรงพยาบาล จะมีค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศสูงกว่าอาคารที่มีชั่วโมงการใช้งานน้อย เช่น อาคารสำนักงานหรือสถานศึกษา สำหรับค่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับภาระการปรับอากาศสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอย จำนวนชั่วโมงการใช้งานและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศซึ่งพบว่าอาคารทุก 8 ประเภทดังกล่าวมีสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้ารวมอยู่ระหว่าง 39% - 64% โดยมีภาระการปรับอากาศและเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นปัจจัยในการกำหนดขนาดการทำความเย็นของระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ ตารางที่ 2-3 แสดงพิสัยและค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดการทำความเย็น มีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อตันความเย็น

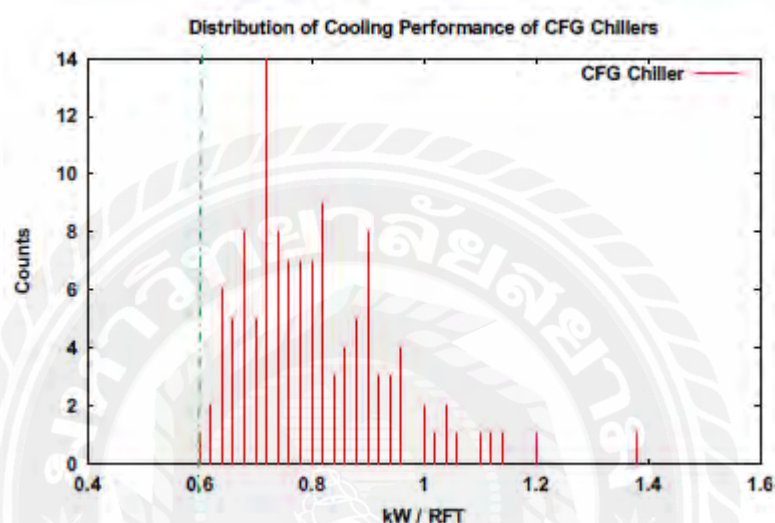
ตารางที่ 2-3 อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

อาคาร	อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดการทำความเย็น ของระบบปรับอากาศ, ตร.ม.ต่อตันความเย็น (m^2/TR)	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
สำนักงาน	5.4 – 33.6	14.4
โรงแรม	10.2 – 20.4	15.4
โรงพยาบาล	5.3 – 27.3	15.6
ห้างสรรพสินค้าชายปลีก	11.5 – 37.5	21.5
สถานศึกษา	5.2 – 41.2	19.9



ภาพที่ 2-1 การกระจายของค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ภาพที่ 2-1 แสดงการกระจายของค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน (Split type air-conditioner) ข้อมูลในรูปแสดงให้เห็นว่าระบบปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพระดับฉลากเบอร์ 5 (EER มากกว่าหรือเท่ากับ 11) มีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบการใช้งานโดยรวม



ภาพที่ 2-2 การกระจายของค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดหอยโข่ง

ภาพที่ 2-2 แสดงการกระจายของค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดหอยโข่งซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง มีหน่วยเป็นค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) น้อยกว่า 0.6 ซึ่งมีปริมาณน้อย

2.2.1.3 การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่าง

อาคารขนาดใหญ่และอาคารพาณิชย์ที่มีการปรับอากาศใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างในบริเวณปรับอากาศตลอดแม้ในเวลากลางวัน หลอดไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นฟลูออเรสเซนต์และใช้บัลลาสต์แม่เหล็กธรรมดา และสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้ามีการใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal halide) หลอดฮาโลเจน (Halogen) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก (Compact fluorescent) เพื่อเน้นสินค้าให้ดูสวยงามอาคารในประเทศไทยมีการใช้หลอดไฟฟ้าประเภทฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังคงมีระดับแสงสว่างที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งการออกแบบที่ให้ระดับแสงสว่างผ่านตามมาตรฐานก็จะมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าสูงมากขึ้นด้วย ดังนั้นอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าชายปลีก และขายส่งมักมีระดับความสว่างและใช้กำลังไฟฟ้าสูง ดังแสดงในตารางที่ 2-4 และตารางที่ 2-5 แสดงการใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพื้นที่

ต่อปีของอาคารประเภทต่าง ๆ จะได้ว่าห้างสรรพสินค้ามีการใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างสูงที่สุด เนื่องจากมีการใช้กำลังไฟฟ้าส่องสว่างและมีชั่วโมงการใช้งานในระดับที่สูง

ตารางที่ 2-4 การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างและพิสัยระดับความสว่าง

อาคาร	การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่าง, วัตต์ต่อตร.ม. (W/m ²)			พิสัยระดับความสว่าง, ลักซ์ (lux)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	พิสัย
สำนักงาน	2.0	29.5	9.3	130-580
โรงแรม	4.5	28.8	7.8	190-350
โรงพยาบาล	2.0	50.6	7.7	200-400
ห้างสรรพสินค้าขายปลีก	3.4	30.2	14.6	450-1,200
สถานศึกษา	3.7	33.7	9.5	200-550

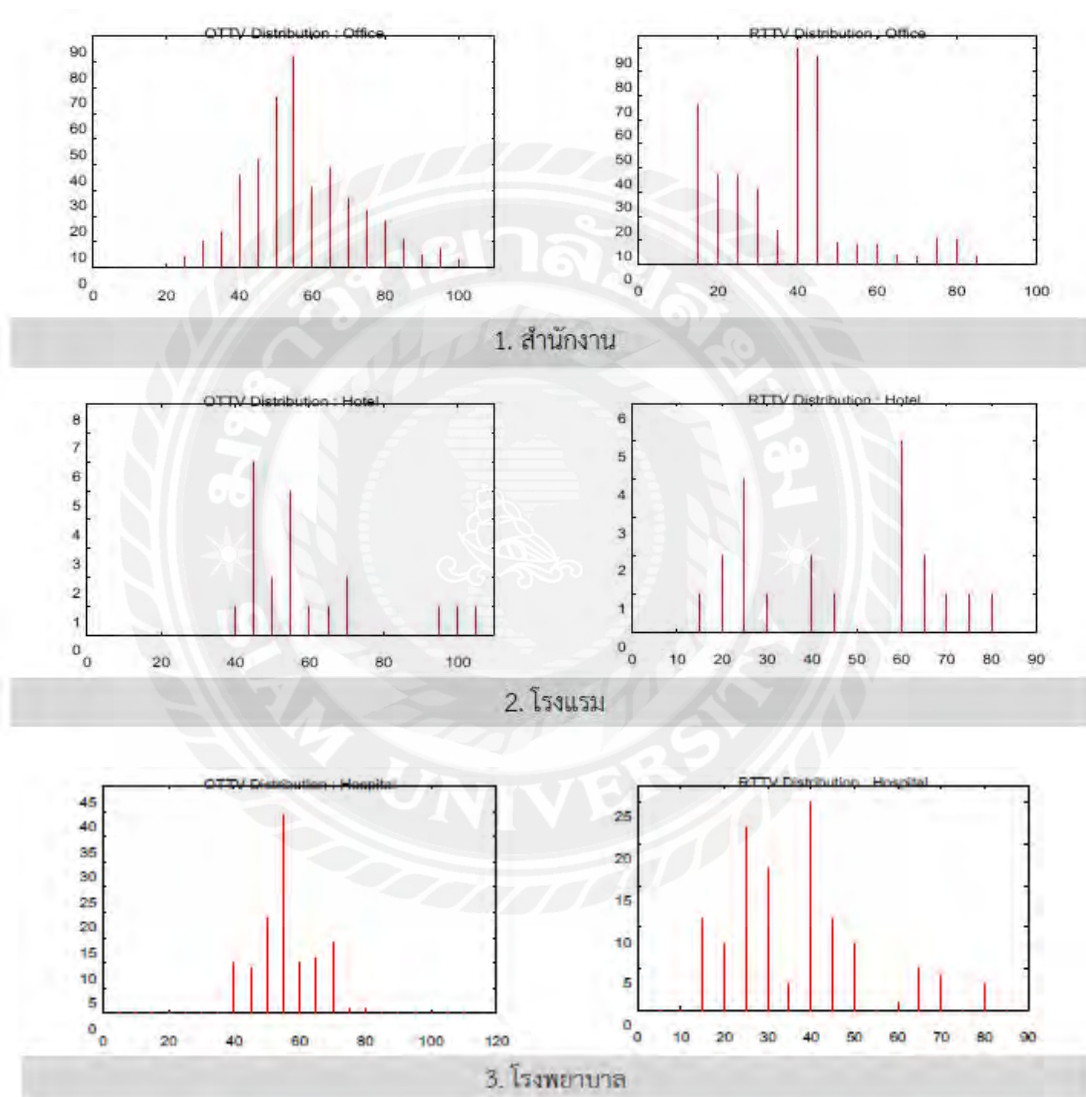
ตารางที่ 2-5 การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพื้นที่ที่ใช้สอยต่อปี

อาคาร	การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพื้นที่, กิโลวัตต์-ชม.ต่อตร.ม.-ปี (kWh/m ² Y)			สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการ ส่องสว่างต่อการใช้ไฟฟ้า ทั้งหมดของอาคาร, (%)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
สำนักงาน	4.8	94.5	12.9	22
โรงแรม	20.7	38.2	27.0	19
โรงพยาบาล	11.0	32.9	24.1	22
ห้างสรรพสินค้าขายปลีก	13.6	163.5	56.2	22
สถานศึกษา	11.4	171.4	11.1	32
อาคารชุด	2.6	135.9	12.2	22
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและส่ง	7.5	176.2	84.8	24
อาคารอื่นๆ	3.5	82.9	26.0	20

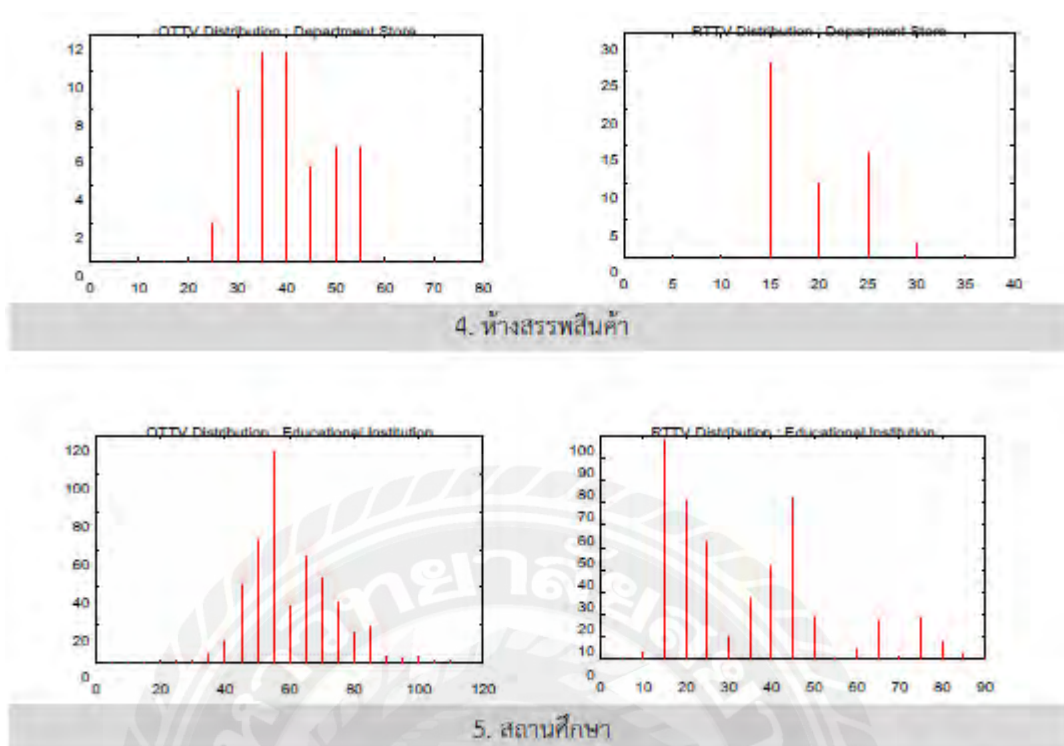
2.2.1.4 ประสิทธิภาพของกรอบอาคาร

อาคารขนาดใหญ่ที่มีการปรับอากาศ มีส่วนที่ได้รับความร้อนส่งผลกระทบต่อระบบปรับอากาศโดยตรงคือส่วนของกรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยผนังด้านนอกอาคาร และหลังคา ซึ่งเปรียบเสมือนเกราะกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังด้านนอกของอาคาร (Overall thermal transfer value, OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof thermal transfer value, RTTV) จึงถือเป็นดัชนีบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการด้านการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและระดับภาระการปรับอากาศ

สูตรการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ที่ใช้ในประเทศไทยที่ผ่านมาได้พัฒนาขึ้นสำหรับใช้กับอาคารที่ใช้เฉพาะเวลากลางวันเป็นหลัก ดังนั้นค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังและหลังคาของอาคารที่ใช้อยู่แสดงถึงประสิทธิภาพความต้านทานการถ่ายเทความร้อนแต่ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งจากรูปที่ 2-3 แสดงการกระจายของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคา (RTTV) ของอาคารบางประเภทที่คำนวณได้ตามสูตรการคำนวณเดิม



ภาพที่ 2-3 การกระจายของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคา (RTTV)



ภาพที่ 2-3 การกระจายของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคา (RTTV) (ต่อ)

อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังอาคาร (Window to wall ratio, WWR) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผนังโปร่งแสงหรือกระจกต่อพื้นที่รวมของผนังอาคารทั้งหมด และเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกสลับเนื่องจากรังสีอาทิตย์มีค่าสูง อัตราส่วน WWR จึงมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร OTTV และ RTTV อย่างมาก โดยตารางที่ 2.6 แสดงค่าอัตราส่วน WWR สำหรับอาคารประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากรูปแบบอาคารที่อาจใช้ผนังโปร่งแสงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2-6 อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคาร

อาคาร	อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังอาคาร, (%)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
สำนักงาน	10	90	29
โรงแรม	10	80	29
โรงพยาบาล	13	77	26
ห้างสรรพสินค้า	13	76	22
สถานศึกษา	14	86	26
อาคารชุด	13	25	20
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและขายส่ง	11	51	20
อาคารอื่นๆ	12	72	32

2.2.2 ความจำเป็นที่ต้องมีเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

การพัฒนาและการนำเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคารมาใช้ทั้งภาคบังคับและภาคสมัครใจมีความจำเป็นและเป็นประโยชน์แก่สังคม อาศัยพื้นฐานที่ว่าอาคารหลังหนึ่ง ๆ เมื่อสร้างเสร็จแล้วจะใช้พลังงานในระดับที่เป็นไปตามลักษณะของทั้งการใช้งานอาคารที่ออกแบบไว้ตั้งแต่แรกจนถึงกำหนดเวลาในการเปลี่ยนระบบหรือส่วนประกอบหลักของอาคารซึ่งมักจะเกิดขึ้นทุก 30 – 40 ปี ซึ่งการเลือกออกแบบอาคารวัสดุก่อสร้างอาคาร เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ทำให้อาคารมีประสิทธิภาพพลังงานสูงสามารถทำได้ โดยมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าอาคารทั่วไปไม่มากนัก ซึ่งในบางกรณีการออกแบบที่ดีจะได้อาคารที่มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแต่ราคาค่าก่อสร้าง และค่างานระบบอาจไม่สูงกว่าอาคารทั่วไปก็ได้ และสำหรับการปรับปรุงหรือแก้ไขอาคารที่มีอยู่แล้วแต่ยังคงมีอายุการใช้งานยาวนานอยู่ก็ต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในด้านโครงสร้างและผลประหยัดที่ได้จากการปรับปรุงด้วย ดังนั้นความคุ้มค่าในการปรับปรุงหรือแก้ไขอาคารที่มีอยู่แล้วจึงต้องพิจารณาเป็นเฉพาะกรณีไป

เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานที่มีการใช้และปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอจะช่วยเพิ่มโอกาสให้อาคารที่มีอยู่เกิดแนวคิดในการปรับปรุงหรือแก้ไขอาคารได้สมเหตุสมผลกว่าการรอปรับปรุงหรือแก้ไขเมื่อระบบต่าง ๆ หมดอายุการใช้งาน ซึ่งจะเกิดการประหยัดต่อทั้งเจ้าของอาคารและประเทศชาติทันที สามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งพลังงานและลดต้นทุนในการขยายการผลิตได้ด้วย ในสภาพปัจจุบันยังคงมีอุปสรรคในการก่อสร้างและการใช้อาคารที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงอยู่มาก เพราะเจ้าของอาคารและผู้ใช้อาคารให้ความสำคัญต่ออาคารที่มีความสะดวกสบาย หรูหรา สวยงาม และมีค่านิยมเป็นผนังกระจกทั้งหมดอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงถือเป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบที่จะต้องให้ความรู้แก่เจ้าของอาคารในการเลือกใช้วัสดุการเลือกใช้

งานระบบต่าง ๆ ซึ่งบางทีการใช้กระจกสะท้อนความร้อน (Heat reflective glass) สะท้อนรังสีอาทิตย์ และความร้อนได้ก็อาจมีคุณสมบัติที่ดีกว่าผนังทึบก็เป็นได้ การออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูง แม้ว่าจะต้องเพิ่มงบประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้าง ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่สูงแล้ว แต่ในแง่ของรายรับและรายจ่ายก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนระยะยาวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการพัฒนา การกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานในอาคาร และการเผยแพร่ให้เกิดค่านิยมที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารจึงเป็นสิ่งที่ดีเหมาะแก่การสนับสนุน

2.2.3 ค่าสมบัติทางความร้อนของวัสดุ

สมบัติทางความร้อนหนึ่ง ๆ ของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วยค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ดังตารางที่ 2-7 ในกรณีที่ไม่มีค่าในตารางให้ใช้ผลจากการทดสอบหรือค่าที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ซึ่งคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารของวัสดุก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (Thermal conductivity, k) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ(ตารางเมตร-องศาเซลเซียส) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ความหนาแน่นของวัสดุ (Density, ρ) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) และค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat, cp) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อ(กิโลกรัม-องศาเซลเซียส) ($kJ/kg \cdot ^\circ C$) ซึ่งทั้ง 3 สมบัตินี้จะส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ผนังดูดกลืนและระยะเวลาที่ผนังอาคารสามารถหน่วงการส่งผ่านความร้อน (Thermal time lag) จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับวัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิวของผนังภายนอกอาคาร ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับรังสีอาทิตย์โดยตรงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorptance) และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Thermal emittance) ของผิววัสดุฉาบก็จะมีผลต่อการได้รับและการสูญเสียความร้อนของผนังอาคารด้วย

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (r) และความจุความร้อนจำเพาะ (cp) ของวัสดุ

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² . °C)	ρ (kg/m ³)	c _p (kJ/kg. °C)
1	วัสดุผนังหลังคา/คานคาน (Roof material)			
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	0.395	2,000	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	0.384	1,700	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	0.441	2,000	1.00
	กระเบื้องปูคานคานมวลเบา	0.541	930	0.88
	กระเบื้องใยแก้วโปรแรงเรียบ	0.213	1,340	1.88
	กระเบื้องใยแก้วโปรแรงลอนใหญ่	0.181	1,700	1.88
	กระเบื้องใยแก้วลอนคู่สีขาวขุ่น	0.202	1,500	1.88
	กระเบื้องอิฐฟลูโปรแรง	0.160	1,340	1.88
	กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2,400	0.79
	วัสดุผนังหลังคาแอลูมิเนียม	0.421	1,500	1.51
	กระเบื้องคอนกรีต ซีเมนต์โมเนีย สีแดง	0.993	2,400	0.79
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ หนา 6 มม.	0.507	1,722	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ หนา 8 มม.	0.511	1,708	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่สีเขียวเข้ม	0.395	2,000	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่สีเทาคลุก	0.382	1,800	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็กไม่มีสี	0.384	1,700	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็กสีเขียว	0.389	2,055	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็กสีเหลือง	0.239	1,800	1.00
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่ไม่มีสี	0.441	2,000	1.00
	กระเบื้องใยแก้วโปรแรงแผ่นเรียบสีขาวขุ่น	0.157	1,325	1.88
	กระเบื้องใยแก้วโปรแรงแผ่นเรียบสีขาวใส	0.201	1,342	1.88
	กระเบื้องอิฐฟลูโปรแรง ซีเมนต์โมเนีย	0.160	1,340	1.88
2	วัสดุพื้น/ผนัง (Wall and floor material)			
	กระดานอัด	0.086	400	1.38
	กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1,700	1.00
	กระเบื้องเซรามิก	0.338	2,100	0.80
	กระเบื้องยาง	0.575	1,900	1.26
	คอนกรีต	1.442	2,400	0.92
	คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉนวน	0.546	2,210	0.92
	คอนกรีตมวลเบา	0.476	1,280	0.64
	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1120 กก.ต่อลบ.ม.	0.346	1,120	0.64

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และความจุความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุ (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² .°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg. °C)
	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1,280 กก.ต่อลบ.ม.	0.476	1,280	0.84
	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 620 กก.ต่อลบ.ม.	0.180	620	0.84
	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 700 กก.ต่อลบ.ม.	0.210	700	0.84
	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 960 กก.ต่อลบ.ม.	0.303	960	0.84
	คอนกรีตเสริมเหล็ก	1.442	2,400	0.92
	เซลล์โกลด์ชนิดขี้พริก	0.106	500	1.30
	เซลล์โกลด์ชนิดโฟม	0.068	300	1.30
	ทองแดง	388	8,784	0.39
	ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1,860	0.84
	ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.326	1,200	0.84
	ปูนซีเมนต์	0.533	1,568	0.84
	แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30
	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์	0.052	250	1.26
	แผ่นไม้ก๊อก	0.042	144	2.01
	แผ่นอิฐซีเมนต์	0.282	800	1.09
	แผ่นอิฐซีเมนต์	0.191	880	1.09
	พลาสติกโฟมฉนวนอิฐซีเมนต์	0.250	720	1.09
	ไม้เนื้อแข็ง	0.217	800	1.30
	ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	0.176	600	1.30
	ไม้เนื้ออ่อน	0.131	500	1.30
	ไม้ปาร์เก้	0.167	690	0.96
	ไม้สัก	0.213	900	1.21
	ไม้สักสีทึบ	0.144	800	1.30
	โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	211	2,672	0.896
	โพลีเอสเตอร์ (พรมน้ำมัน)	0.227	1,200	1.26
	หินกาบ	0.290	2,640	0.96
	หินแกรนิต	1.276	2,600	0.79
	หินทราย	0.721	2,440	0.96
	หินอ่อน	1.250	2,700	0.80
	เหล็กกล้า	47.600	7,840	0.50
	อิฐฉาบปูนปิดด้วยกระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1,760	0.84
	อิฐฉาบปูนปิดด้วยแผ่นไม้	0.807	1,760	0.84
	อิฐฉาบปูนฉาบสี	1.102	1,700	0.79
	อิฐฉาบปูนฉาบ	0.473	1,600	0.79

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และความจุความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุ
(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² .°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.°C)
	อิฐมอดูแห้ง	0.807	1,760	0.79
	กระเบื้องปูพื้น คัมพนา	0.368	2,065	0.8
	กระเบื้องปูพื้น โซซูโก้	0.362	2,093	0.8
	ซูปเปอร์บล็อก หนา 31 มม.	0.340	695	0.84
	ซูปเปอร์บล็อก หนา 50 มม.	0.235	624	0.84
	ซูปเปอร์บล็อก หนา 74.2 มม.	0.208	600	0.84
	เซลล์กรีตชนิดธรรมดา หนา 1 1/2"	0.120	384	1.30
	เซลล์กรีตชนิดธรรมดา หนา 1 1/2"	0.118	608	1.30
	เซลล์กรีตชนิดธรรมดา หนา 1"	0.108	392	1.30
	เซลล์กรีตชนิดธรรมดา หนา 2"	0.124	388	1.30
	เซลล์กรีตชนิดธรรมดา หนา 3/4"	0.117	529	1.30
	เซลล์กรีตชนิดโฟม หนา 1/2"	0.076	377	1.30
	เซลล์กรีตชนิดโฟม หนา 1"	0.083	299	1.30
	เซลล์กรีตชนิดโฟม หนา 3/4"	0.085	272	1.30
	ทราย	0.210	1,640	0.84
	ปูนฉาบผสมเสฉิ่งสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.333	1,182	0.84
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดทนความร้อน	0.297	775	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดทนไฟ	0.353	885	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดธรรมดา หนา 12 มม.	0.318	760	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดธรรมดา หนา 9 มม.	0.306	725	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดปูลายหินไฟ	0.288	745	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดพีวีซี	0.211	684	1.09
	แผ่นยิปซัมดราข้างชนิดอลูมิเนียมฟอยล์	0.322	745	1.09
	แผ่นอิฐคาร์บอน	5.540	1,375	0.897
	โพลียูรีเทนโฟม	0.030	55	1.59
	โฟม (ความหนาแน่น 20 กก.ต่อลบ.ม.)	0.041	20	1.21
	โฟม (ความหนาแน่น 200 กก.ต่อลบ.ม.)	0.047	200	1.21
	โฟม (ความหนาแน่น 9 กก.ต่อลบ.ม.)	0.053	9	1.21
	ไม้จันท	0.139	495	1.30
	ไม้เต็ง	0.259	929	1.30
	ไม้เต็ง	0.224	980	1.30
	ไม้ทุเรียน	0.134	440	1.30
	ไม้ปือปลา	0.137	470	1.30
	ไม้ระเค้า	0.230	788	1.30

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และความจุความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุ
(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² ·°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·°C)
	ไม้แบริด	0.207	676	1.30
	ไม้สน	0.176	600	1.30
	ไม้สัก	0.209	685	1.30
	ไม้แอช	0.191	646	1.30
	ใยแก้ว	0.041	69	0.96
	ใยแก้วติดลูลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน	0.046	130	0.96
	ลีโอเลียม	0.244	1,194	1.26
	หินแกรนิตสีแดง	1.773	2,576	0.79
	หินแกรนิตสีเทา	1.351	2,603	0.79
	หินอ่อนสีขาว	2.350	2,726	0.80
	หินอ่อนสีแดง	1.382	2,718	0.80
	อิฐมวล	0.498	1,615	0.79
	อิฐมวลฉาบฉองหน้า	1.069	1,700	0.79
3	ฉนวนกันความร้อน (Insulation)			
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 16 กก.ต่อลบ.ม.	0.037	16	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 20 กก.ต่อลบ.ม.	0.036	20	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 24 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	24	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 25 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	25	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 26 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	26	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 27 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	27	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 28 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	28	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 29 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	29	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 30 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	30	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 31 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	31	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 32 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	32	1.210
	ฉนวนชนิดโพลีโพลีสไตรีน ความหนาแน่น 9 กก.ต่อลบ.ม.	0.047	9	1.210
	ฉนวนใยแก้ว	0.033	32	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 10 กก.ต่อลบ.ม.	0.046	10	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 12 กก.ต่อลบ.ม.	0.042	12	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 16 กก.ต่อลบ.ม.	0.038	16	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กก.ต่อลบ.ม.	0.035	24	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 32 กก.ต่อลบ.ม.	0.033	32	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 33 กก.ต่อลบ.ม.	0.033	33	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 34 กก.ต่อลบ.ม.	0.033	34	0.960

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และความจุความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุ
(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² .°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.°C)
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 35 กก./ดอลบ.ม.	0.033	35	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 36 กก./ดอลบ.ม.	0.033	36	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 37 กก./ดอลบ.ม.	0.033	37	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 38 กก./ดอลบ.ม.	0.033	38	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 39 กก./ดอลบ.ม.	0.033	39	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 40 กก./ดอลบ.ม.	0.033	40	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 41 กก./ดอลบ.ม.	0.033	41	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 42 กก./ดอลบ.ม.	0.033	42	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 43 กก./ดอลบ.ม.	0.033	43	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 44 กก./ดอลบ.ม.	0.033	44	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 45 กก./ดอลบ.ม.	0.033	45	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 46 กก./ดอลบ.ม.	0.033	46	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 47 กก./ดอลบ.ม.	0.033	47	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 48 กก./ดอลบ.ม.	0.033	48	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 56 กก./ดอลบ.ม.	0.031	56	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 57 กก./ดอลบ.ม.	0.031	57	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 58 กก./ดอลบ.ม.	0.031	58	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 59 กก./ดอลบ.ม.	0.031	59	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 60 กก./ดอลบ.ม.	0.031	60	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 61 กก./ดอลบ.ม.	0.031	61	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 62 กก./ดอลบ.ม.	0.031	62	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 63 กก./ดอลบ.ม.	0.031	63	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 64 กก./ดอลบ.ม.	0.031	64	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 65 กก./ดอลบ.ม.	0.031	65	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 66 กก./ดอลบ.ม.	0.031	66	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 67 กก./ดอลบ.ม.	0.031	67	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 68 กก./ดอลบ.ม.	0.031	68	0.960
	ฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 69 กก./ดอลบ.ม.	0.031	69	0.960
	ฉนวนใยหิน ความหนาแน่น 16 กก./ดอลบ.ม.	0.039	16	0.800
	ฉนวนใยหิน ความหนาแน่น 24 กก./ดอลบ.ม.	0.039	24	0.800
	ฉนวนใยหิน ความหนาแน่น 32 กก./ดอลบ.ม.	0.039	32	0.800
	ฉนวนใยหิน ความหนาแน่น 6.4 กก./ดอลบ.ม.	0.039	6.4	0.800
	ฉนวนใยหิน ความหนาแน่น 8 กก./ดอลบ.ม.	0.039	8	0.800
	โพลีโพรพิลีน ความหนาแน่น 24 กก./ดอลบ.ม.	0.023	24	1.500

ตารางที่ 2-7 ค่าการนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และความจุความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุ (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/m ² . °C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg. °C)
	โพลีโพรพิลีน ความหนาแน่น 40 กก/ลบ.ม.	0.026	40	1,590
	โพลีเอทิลีน	0.029	45	1,210
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 1625 -25mm	0.038	16	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 1650 -50mm	0.038	16	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 2425 -25mm	0.035	24	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 2450 -50mm	0.035	24	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 3225 -25mm	0.033	32	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 3250 -50mm	0.033	32	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 4825 -25mm	0.032	48	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา FSO-G,CRB-G 4850 -50mm	0.032	48	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 1250 -50mm	0.042	12	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 1275 -75mm	0.042	12	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 1625 -25mm	0.036	12	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 1650 -50mm	0.038	12	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 2425 -25mm	0.035	24	0.960
	ฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา SUPER COOL-G 2450 -50mm	0.035	24	0.960
	ฉนวนใยแก้วฉลากประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Premium	0.036	12	0.960
	ฉนวนใยแก้วฉลากประสิทธิภาพสูง Stay Cool 3" Super Save	0.039	12	0.960
	ฉนวนใยแก้วฉลากประสิทธิภาพสูง Stay Cool 6" Premium	0.038	12	0.960

2.3 แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคาร

การศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารสำนักงาน ให้เป็นตัวเลือกในการออกแบบและปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐ ในส่วนของการลดการใช้พลังงานในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้ (วงศิยา อนุศักดิ์กุล, 2559)

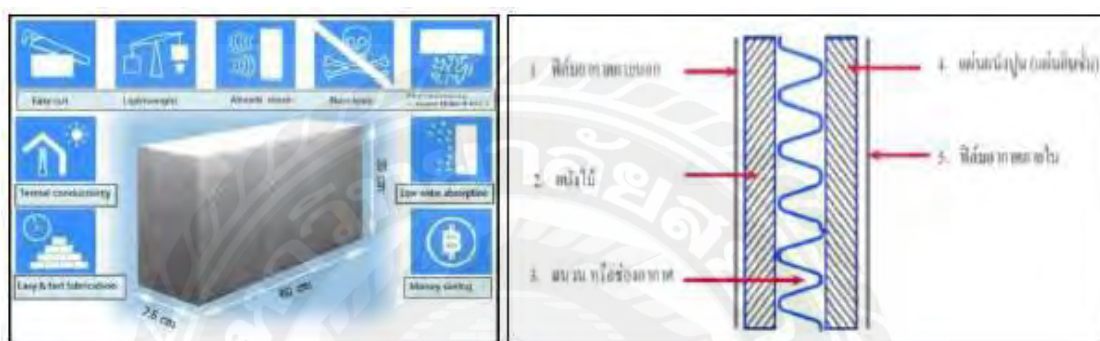
2.3.1 กรอบอาคาร

กรอบอาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร โดยเฉพาะการปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จึงต้องออกแบบสัดส่วนและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

1. ผนังทึบ

วัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนังทึบในปัจจุบันจะมีความหลากหลาย ซึ่งวัสดุต่าง ๆ จะมีการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกันไป โดยค่าการถ่ายเทความร้อนนี้จะส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร

1.1 การเลือกใช้วัสดุผนังทึบในปัจจุบัน คอนกรีตมวลเบาได้รับความนิยมมากขึ้น และยังถือว่าเป็นวัสดุที่กันความร้อนได้ดี มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนมากกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุผนังอื่นๆ



ภาพที่ 2-4 ลักษณะของผนัง

จากการศึกษางานวิจัยของ จริญญาพัฒน์ ภูวนันท์ (2551) ได้ศึกษาการออกแบบและประยุกต์ผนังวัสดุแผ่นประกอบโฟม เพื่อใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยเรียกว่า ผนัง SIP หมายถึง ผนังที่ประกอบขึ้นจากแผ่นวัสดุแข็งอยู่ภายนอกทั้ง 2 ด้าน และมีฉนวนหรือโฟมเป็นแกนกลาง (core) วัสดุแผ่นทั้ง 3 ชั้น ถูกยึดติดกันแน่นด้วยกาว (structural glue) หรือสารยึดเหนี่ยวอื่นซึ่งจะช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังมากกว่าการใช้ผนังที่ไม่มีฉนวนอย่างใดก็ตาม การบุฉนวนและการเว้นช่องว่างอากาศระหว่างผนังนั้น ยังมีการใช้งานน้อย เนื่องจากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการใช้ผนังธรรมดา และความยุ่งยากในการก่อสร้าง

2. กระฉก

นอกจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารแล้ว ยังมีส่วนของผนังโปร่งแสงด้วย โดยการออกแบบและเลือกใช้วัสดุสำหรับผนังโปร่งแสง มีดังนี้

2.1 การเลือกใช้กระฉก ที่สามารถสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์และช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้

2.1.1 กระฉกที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำ จะมีการฉาบสารที่ผิวกระฉก เพื่อลดความร้อนที่จะดูดกลืนไว้ไม่ให้แผ่รังสีเข้าภายในห้อง ซึ่งจะมีประโยชน์มากในฤดูร้อน ขณะที่ช่วยลดการ

สูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอก ซึ่งจะมีประโยชน์ในฤดูหนาว ส่วนมากจะเป็นกระจกแบบ 2 ชั้น มีค่า U ประมาณ 50% ของกระจกชั้นเดียว

2.1.2 การติดฟิล์มกันความร้อนบนกระจก แม้ว่าจะเป็นกระจกชั้นเดียว ก็สามารถเลือกใช้และช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้มากเช่นกัน อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารด้วย

2.2 กระจกที่เหมาะสมกับอาคารอนุรักษ์พลังงานควรมีคุณสมบัติ ต่อไปนี้

2.2.1 กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ (Shading Coefficient: SC) เพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ผ่านกระจกเข้าสู่ภายในอาคาร

2.2.2 กระจกที่มีค่าการส่องผ่านของแสง (Light Transmittance: LT) ปริมาณที่จำเป็นต่อการมองเห็น LT ไม่ควรน้อยกว่า 20%

2.2.3 กระจกที่มีอัตราส่วน LSG (Light to Solar Gain Ratio) สูง โดยค่า LSG เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณของแสงสว่างกับปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจก ดังนั้น ถ้ากระจกมีค่า LSG มากกว่า 1 แสดงว่ามีแสงสว่างผ่านเข้ามาภายในอาคารมากกว่าความร้อน และเหมาะสมสำหรับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

2.2.4 กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) ต่ำ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจก 2 ชั้น หรือกระจก 3 ชั้น

2.2.5 กระจกที่มีค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) ต่ำ ค่า SHGC คือ ผลรวมของความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกกับส่วนของรังสีที่ถูกดูดซับอยู่ภายในกระจก โดยให้ค่า SHGC ไม่เกิน 0.552.3 การติดตั้งอุปกรณ์บังแดด เช่น ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดบริเวณ ชายคา ติดตั้งบานเกล็ดภายนอกหน้าต่าง ติดตั้งกันสาดหรือผ้าใบ ติดตั้งม่านบังตา มู่ลี่แบบใช้ภายนอก เป็นต้น

3. หลังคา

การออกแบบหลังคาให้มีการติดตั้งฉนวน และแผ่นสะท้อนรังสีใต้หลังคา เพื่อลดปริมาณความร้อนรับที่เข้าสู่อาคารผ่านทางหลังคา รวมทั้งใช้หลังคาที่มีสีอ่อนเพื่อช่วยสะท้อนรังสีอาทิตย์

4. ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อน ลักษณะเป็นโพรงเล็ก ๆ และมีช่องอากาศภายใน อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด หรือเส้นใย หรือเซลล์ของตัววัตถุเองซึ่งในปัจจุบันมีวัสดุฉนวนกันความร้อนอยู่มากมาย เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนเอียร์คราย แผ่นสะท้อน

ความร้อน ยิบซัมบอร์ดที่รวมกับแผ่นสะท้อนความร้อน ฉนวนโพรพิลีนรีเทน ฉนวนโพรพิลีนอิทิลีน ฉนวนโพรพิลีนไดรีน เป็นต้น ซึ่งฉนวนที่ดีจะต้องมีค่าความต้านทานความร้อนสูงและนำความร้อนต่ำ

2.3.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ความสว่างบริเวณพื้นที่ทำงาน ต้องมีความสว่างอยู่ที่ 300-500 ลักซ์ ซึ่งการลดการใช้พลังงานด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีดังนี้

1. การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างโดยไม่ต้องลงทุน เช่น

1.1 ปิดไฟเมื่อไม่ใช้งาน ถ้าหากเป็นอาคารสำนักงาน อาจมีการกำหนดช่วงเวลา เปิด-ปิดไฟฟ้าในอาคาร เช่น ปิดไฟตอนพักเที่ยง เป็นต้น

1.2 ปิดไฟ เปิดม่านหรือหน้าต่างเพื่อใช้แสงธรรมชาติแทนการใช้แสงประดิษฐ์

2. การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการลงทุนหรือปรับเปลี่ยนระบบ เช่น

2.1 เปลี่ยนหลอดไฟ เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 หรือการเลือกใช้หลอดไฟ LED ก็จะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่า 33%

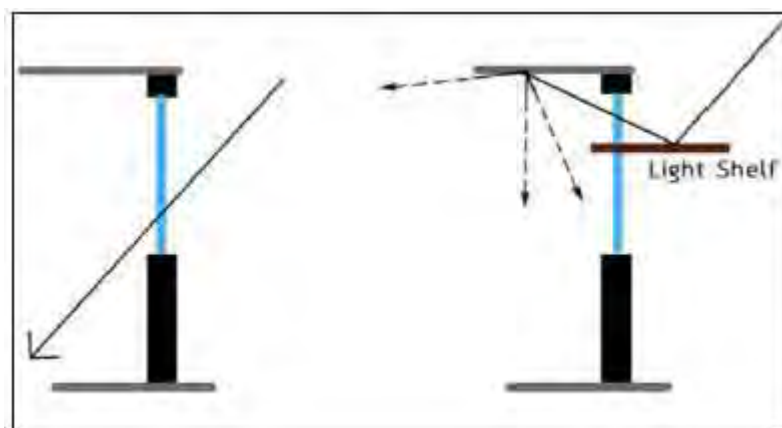
2.2 วางผังการติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิดไฟ เพื่อให้สามารถปิดไฟเฉพาะจุดได้เมื่อไม่ใช้งาน

2.3 การใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าในอาคาร เช่น ระบบ หนีไฟอัตโนมัติ หรือระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.4 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถเพิ่มการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้ เช่น การใช้หิ้งสะท้อนแสง ท่อนำแสง เป็นต้น



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของท่อนำแสง



ภาพที่ 2-6 ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง

2.3.3 ระบบปรับอากาศ

การออกแบบระบบปรับอากาศ ให้มีการใช้พลังงานน้อย ช่วยประหยัดพลังงานในอาคาร นั้น นอกจากจะต้องเลือกขนาดการทำความเย็นที่เหมาะสมกับห้องแล้ว ยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วย ซึ่งถูกกำหนดในกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 ดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 การกำหนดเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552

ขนาดเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)	ค่าประสิทธิภาพพลังงาน
ไม่เกิน 8,000	3.22-4.10
มากกว่า 8,000 แต่ไม่เกิน 12,000	3.22-4.10

ค่าประสิทธิภาพพลังงานดูได้จากข้อมูลของผู้ผลิต และควรเลือกในเครื่องปรับอากาศ ที่มีฉลากประหยัดพลังงาน เช่น ฉลากประหยัดพลังงานเบอร์ 5 เป็นต้น ระบบปรับอากาศในอาคาร แบ่งได้ ดังนี้

1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type) เป็นระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานง่ายแต่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยส่วนใหญ่มีขนาดทำความเย็นไม่เกิน 40,000 บีทียูต่อชั่วโมง ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนหลักคือส่วนของคอยล์ทำความเย็น เรียกว่า คอยล์เย็น (fancoil unit) ติดตั้งในพื้นที่ปรับอากาศ และคอยล์ร้อน (condensing unit) ซึ่งจะมีเครื่องอัดสารทำความเย็น (compressor) อยู่ภายในโดยจะติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร เหมาะสำหรับอาคารที่แบ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็กหลาย ๆ ส่วน เช่น อาคารชุดพัก สำนักงาน เป็นต้น ต้องเผื่อพื้นที่สำหรับวางคอยล์ร้อน

2. ระบบปรับอากาศแบบชุดหรือแพ็คเกจ (package) เป็นระบบที่ติดตั้งง่าย แต่สำหรับเครื่องที่มีขนาดใหญ่ อาจจำเป็นต้องมีห้องเครื่องและระบบส่งจ่ายลมเย็น มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เหมาะสำหรับอาคารที่แบ่งพื้นที่เป็นชั้นและต้องการเปิด ปิดใช้งานอย่างอิสระ เช่น ระบบ VRV ระบบ VRF เป็นต้น

3. ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (chiller) หรือระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เหมาะสำหรับอาคารที่ต้องการปรับอากาศทั้งอาคาร มีความยุ่งยากซับซ้อนในการออกแบบและติดตั้งมากกว่าระบบอื่น มีส่วนประกอบ คือ เครื่องทำน้ำเย็นระบบระบายความร้อน ระบบท่อและอื่น ๆ เป็นระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ต้องมีการเผื่อพื้นที่ห้องงานระบบและความสูงของชั้น เพื่อการเดินท่อ เหมาะสำหรับการใช้งานในสำนักงานขนาดใหญ่ หรือคอนโดมิเนียมอาคารสำนักงานอาจกำหนดช่วงเวลาเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ เช่น เริ่มเปิดใช้งานเวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น. และปิดช่วงเวลาพักเที่ยง เปิดใช้งานอีกเวลา 13.00 น. ถึง 16.00 น. เป็นต้น

2.3.4 ระบบอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์สำนักงานและเครื่องใช้ไฟฟ้า

1. การเลือกใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ควรเลือกใช้รุ่นที่มีเครื่องหมายประหยัดพลังงาน เช่น Energy Star เป็นต้น เปลี่ยนหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นแบบ LCD จะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบได้ 50% หรือการเปลี่ยนมาใช้คอมพิวเตอร์ Notebook ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบได้ 60%

2. เลือกใช้เครื่องพิมพ์เอกสาร หรือเครื่องถ่ายเอกสารที่มีเครื่องหมายประหยัดพลังงาน

3. การเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น พัดลม ตู้เย็น ควรเลือกใช้ที่มีฉลากประหยัดพลังงาน ฉลากเบอร์ 5 และควรมีการทำความสะอาดเครื่องใช้อย่างสม่ำเสมอ

2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential) เป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (พัชรินทร์ อินทมาศ และคณะ, 2565) โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ การพิจารณาโครงการลงทุนจากมูลค่าเงินทุนที่เสียไปกับระยะเวลาที่จะได้รับประโยชน์จากการลงทุนคืน โดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของ

เงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดรับไม่ใช่กำไร หรือขาดทุนของธุรกิจ ระยะเวลาคืนทุนจะเน้นไปที่ระยะเวลาที่ใช้ไปในการลงทุนเพื่อให้ได้รับกระแสเงินสดสุทธิกลับมาคุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไป ระยะเวลาคืนทุนจะคำนวณหาจุดที่ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก ซึ่งนั่นหมายถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่า เมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้เวลาถึงงวดในการคืนทุน วิธีการคิดระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหากระแสเงินสดสะสมสุทธิในแต่ละงวดเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากการติดลบ มาเป็นบวกในงวดเวลาใดก็หมายถึง ระยะเวลาคืนทุนได้เกิดขึ้นภายในงวดเวลานั้นนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-1

$$\text{Payback} = \frac{\text{Total Investment}}{\text{Unit per year} \times \text{FiT}} \quad (2-1)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ Fit คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ (40 ปี)

ดังนั้นการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจึงเป็นการวิเคราะห์โครงการลงทุนที่มีระยะเวลาก่อนข้างนาน และพิจารณาความเสี่ยงจากการลงทุนเพื่อใช้ในการเลือกโครงการลงทุน โดยดูจากระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด เพราะจะทำให้ผู้ลงทุนมีความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยที่สุดด้วย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การลงทุนโดยใช้ระยะเวลากลับทุนเพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสมนัก ควรใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ประกอบการพิจารณาด้วย

2.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หลักการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีค่าของเงินตามกาลเวลา เป็นหลักการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจของโครงการ ความคุ้มค่าของการลงทุน ซึ่งโดยหลักการต้องมีการประมาณการกระแสเงินสดตลอดอายุของโครงการ จากจุดนี้ทำให้เห็นการลงทุนในปีนี้ แต่กระแสเงินสดที่จะได้รับจากโครงการนั้นจะเข้ามาในอนาคต และด้วยหลักการของมูลค่าของเงินตามเวลาทำให้ทราบว่ากระแสเงินสดในอนาคตจะมีค่าไม่เท่ากับกระแสเงินสดในปัจจุบัน ส่งผลให้ไม่สามารถเอามูลค่าที่อยู่กันคนละเวลามาหักกลบกันได้ จึงต้องมีการแปลงค่ากระแสเงินสดในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อน จากนั้นจึงหาผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต แล้วค่อยนำมาหักกลบกับเงินลงทุนที่ใช้ไปในปัจจุบัน ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ จึงเป็นวิธี

คำนวณหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตตามอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ หรือต้นทุนเงินทุนกับต้นทุนเงินทุนเริ่มแรก โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่จะได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการจะมีการคำนวณอัตราส่วนลดที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยอาจจะประมาณการจากอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร ซึ่งมีหลักการตัดสินใจว่าโครงการจะมีความเหมาะสมในการลงทุนต่อเมื่อ $NPV > 0$ หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้นๆ มีความเหมาะสมที่จะลงทุน กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของการลงทุนรวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-2

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Est}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2-2)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), Est คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate), t คือ Time of cash flow
เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการมีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือมีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

2.4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ เป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เป็นที่นิยมเหมือนกับวิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดย IRR และ NPV ทั้งสองวิธีนี้มีหลักการบนพื้นฐานเดียวกัน คือ เป็นการให้ความสำคัญกับค่าของเงินตามระยะเวลา ซึ่งนั่นแปลว่า กระแสเงินสดจำนวนเดียวกันที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างกันนั้น ย่อมมีค่าที่ไม่เท่ากัน การคำนวณด้วย NPV จะใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) หรือจะเรียกว่าเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ของเงินทุนก็ได้ ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้น ส่วนการคำนวณค่า IRR นั้น จะแตกต่างกับ NPV ที่ค่าของตัวแปร r โดยใน IRR ค่า r จะถูกแทนด้วยอัตราคิดลดหรือต้นทุนของเงิน ค่า IRR สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-3

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{Est}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2-3)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, Est คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), I₀ คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก $IRR >$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก $IRR <$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

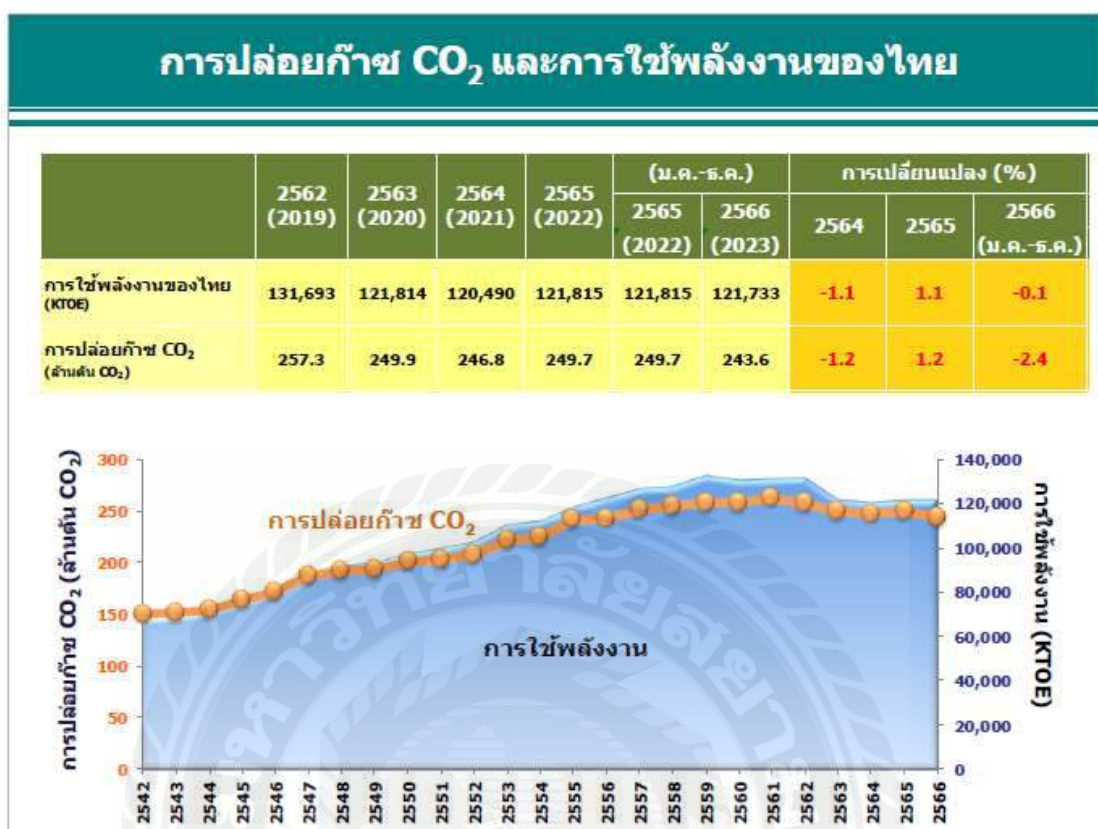
ทั้งนี้ IRR จะเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์หรือผลตอบแทนที่ได้รับเท่ากับเงินลงทุนครั้งแรก อัตราผลตอบแทนภายในที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนที่คาดหวังจากการลงทุน ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่กิจการต้องการจากการลงทุน ผู้ลงทุนก็สามารถยอมรับการลงทุนในโครงการนั้น ๆ ได้ แต่ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการก็ควรจะปฏิเสธการลงทุน

2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงาน ปี 2566

การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานของประเทศไทย ปี 2566 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2566) ลดลงร้อยละ 2.4 เมื่อเทียบกับปีก่อน ถึงแม้ว่าเศรษฐกิจของประเทศจะกลับเข้าสู่ภาวะปกติ โดยเฉพาะการบริโภคภาคเอกชน ภาคการท่องเที่ยวและบริการที่ฟื้นตัวอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามจากเศรษฐกิจโลกที่ยังมีความเปราะบาง อุปสงค์ในตลาดโลก มีความต้องการสินค้าลดลง ส่งผลให้การผลิตในภาคอุตสาหกรรมและการส่งออกชะลอตัวทำให้การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมลดลง ทั้งนี้ การใช้พลังงานในปี 2566 ลดลงเล็กน้อยที่ร้อยละ 0.1 เมื่อเทียบกับปีก่อน โดยการปล่อยก๊าซ CO₂ ในปี 2566 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานของประเทศ

การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี 2566 อยู่ที่ระดับ 243.6 ล้านตัน CO₂ ลดลงร้อยละ 2.4 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งสอดคล้องกับการใช้พลังงานของประเทศไทยที่ลดลงเล็กน้อย โดยในภาคอุตสาหกรรมและภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ (ภาคครัวเรือน เกษตรกรรม พาณิชยกรรม และกิจกรรมอื่น ๆ) มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เมื่อเทียบกับปีก่อนลดลงที่ร้อยละ 9.7 และ 3.5 ตามลำดับ ในขณะที่ภาคการผลิตไฟฟ้าและภาคการขนส่งมีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ร้อยละ 0.8 และ 0.1 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-7 การปล่อยก๊าซ CO₂ และการใช้พลังงานของไทย

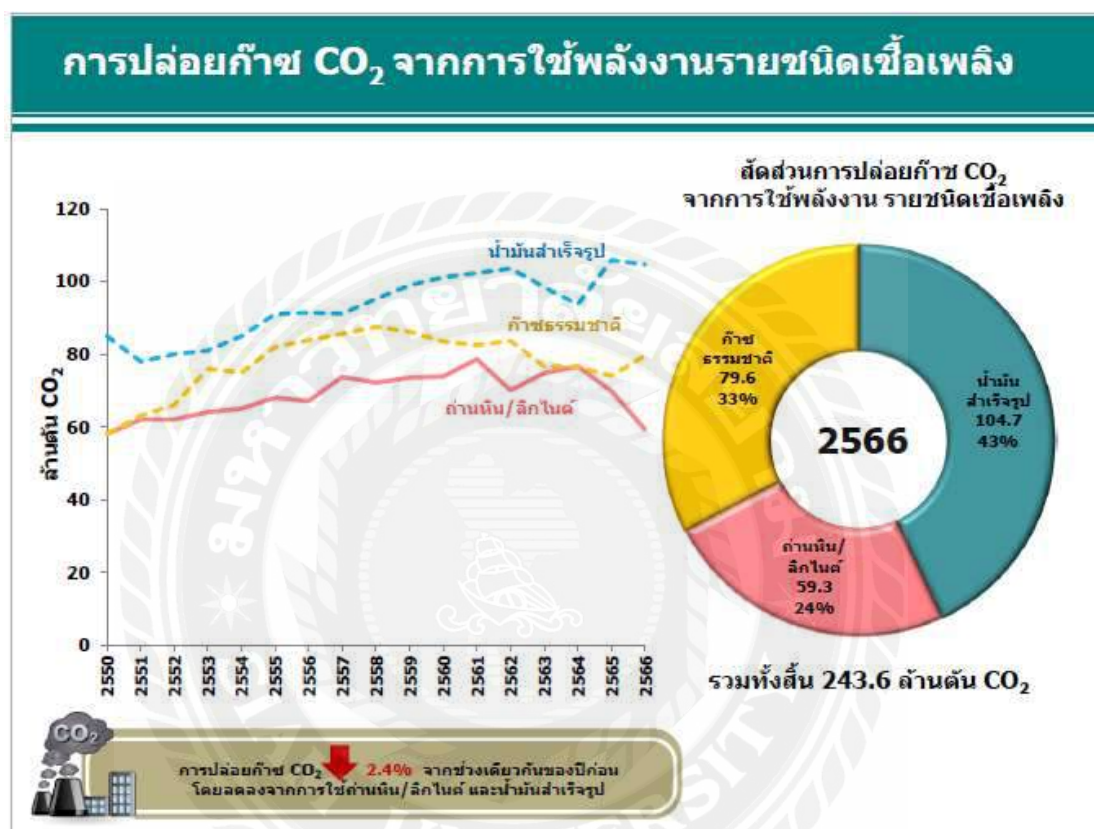
2.5.2 การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิงและรายภาคเศรษฐกิจ

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้รายงานอัตราการเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจไทย (GDP) ในไตรมาสที่ 4 ของปี 2566 ว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ของไทยในไตรมาสที่ 4 ขยายตัวร้อยละ 1.7 เติบโตจากการขยายตัวร้อยละ 1.4 ในไตรมาสก่อน เมื่อรวมทั้งปี 2566 เศรษฐกิจไทยขยายตัวร้อยละ 1.9 โดยชะลอตัวลงจากการขยายตัวร้อยละ 2.5 ในปี 2565 ทั้งนี้ สาขาการบริโภคภาคเอกชน สาขาที่พักแรมและบริการด้านอาหาร และสาขาขนส่งขยายตัวในเกณฑ์ดี ส่วนด้านการอุปโภคภาครัฐบาล การผลิตในสาขาเกษตรกรรม สาขาอุตสาหกรรมและสาขาก่อสร้างหดตัว โดยปัจจัยดังกล่าว ได้ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงาน ดังนี้

2.5.3 การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิง ในปี 2566 พบว่า การปล่อยก๊าซ CO₂ จากน้ำมันสำเร็จรูปมีส่วนการปล่อยสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 43 รองลงมาคือ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ มีสัดส่วนร้อยละ 33 และ 24 ตามลำดับ ทั้งนี้ การปล่อยก๊าซ CO₂

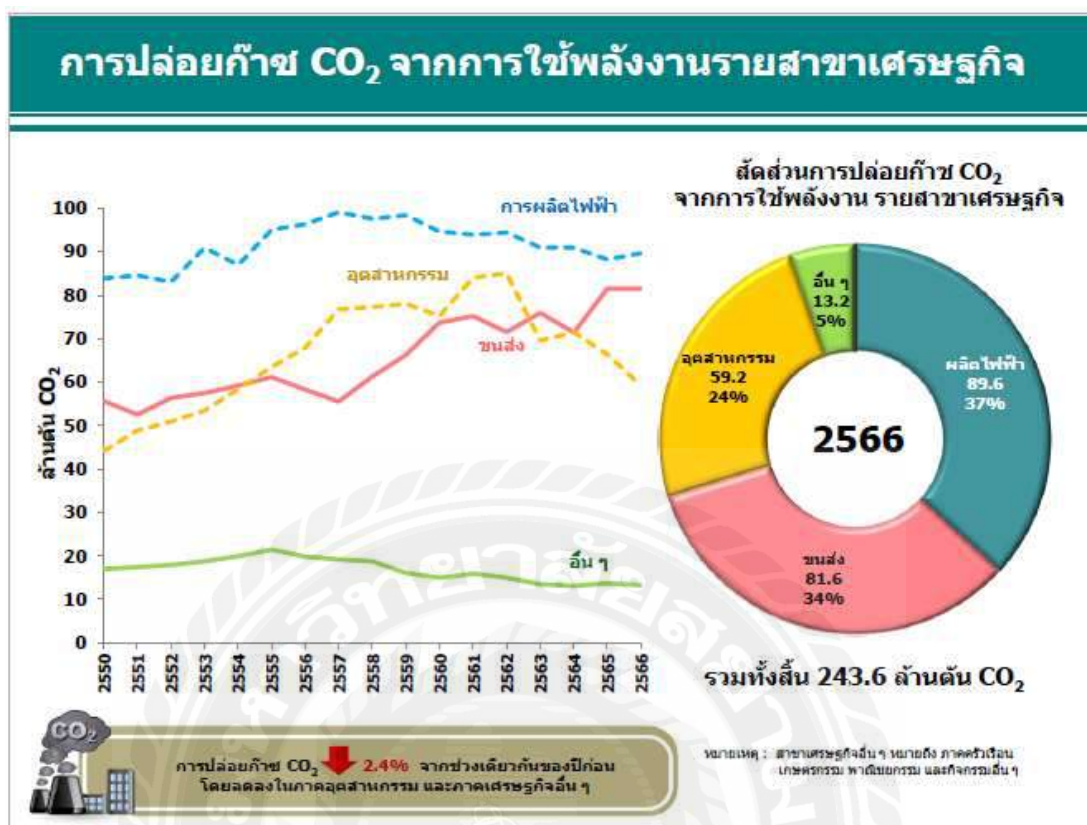
จากการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ และน้ำมันสำเร็จรูป ในปี 2566 เมื่อเทียบกับปีก่อน ลดลงร้อยละ 15.0 และ 1.1 ตามลำดับ ในขณะที่การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.5 ซึ่ง สอดคล้องกับปริมาณการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ ในปี 2566 ที่ลดลง ในขณะที่การใช้ก๊าซธรรมชาติ เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีก่อนในภาพที่ 2-31 และภาพที่ 2-32



ภาพที่ 2-8 การปล่อยก๊าซ CO₂ รายชนิดเชื้อเพลิง

2.5.4 การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานแยกรายภาคเศรษฐกิจ

การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานแยกรายภาคเศรษฐกิจ ปี 2566 ในภาพรวม มีการปล่อย CO₂ ลดลงร้อยละ 2.4 เมื่อเทียบกับปีก่อน โดย ภาคอุตสาหกรรม ที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO₂ ร้อยละ 24 พบว่า ในปี 2566 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ ลดลงร้อยละ 9.7 เมื่อเทียบกับปีก่อน ภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ ซึ่งมีสัดส่วน การปล่อยก๊าซ CO₂ ร้อยละ 5 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ ลดลงร้อยละ 3.5 ในขณะที่ ภาคการขนส่ง ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO₂ ร้อยละ 33 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1 และ ภาคการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO₂ ร้อยละ 37 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 เมื่อเทียบกับปีก่อน



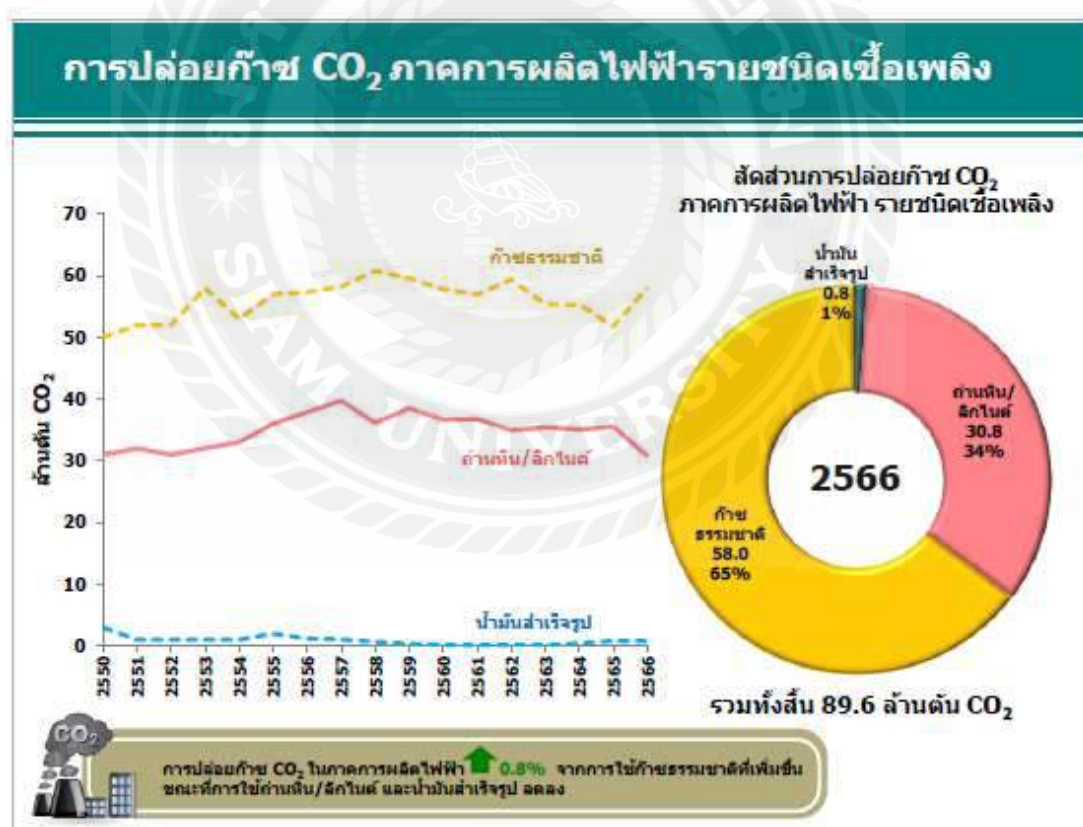
ภาพที่ 2-9 การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานรายสาขาเศรษฐกิจ

ภาคการผลิตไฟฟ้า มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 เมื่อเทียบกับปีก่อน โดยมาจากการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า (มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 65) เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.0 ในขณะที่การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้น้ำมัน/ลิกไนต์ ลดลงถึงร้อยละ 15.0 และการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป ลดลงร้อยละ 6.8 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งสอดคล้องกับการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นจากฐานที่ต่ำกว่าปกติของปีก่อน เนื่องจากมีนโยบายให้มีการใช้น้ำมันดีเซล ในการผลิตไฟฟ้าทดแทน LNG ในช่วงที่มีราคาสูง ขณะที่การใช้น้ำมันสำเร็จรูปผลิตไฟฟ้าลดลงจากฐานที่สูงกว่าปกติของปีก่อน ส่วนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน/ลิกไนต์ลดลงเนื่องจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน 3 โรง ได้รับคำสั่งจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ให้หยุดเดินเครื่องตั้งแต่เดือนมีนาคม – ตุลาคม 2566 เป็นอย่างน้อย และสั่งเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่ต้นทุนต่ำกว่าทดแทนเพื่อไม่ให้กระทบต่อค่าไฟฟ้าของประชาชน ดังแสดงในภาพที่ 2-33 และภาพที่ 2-34

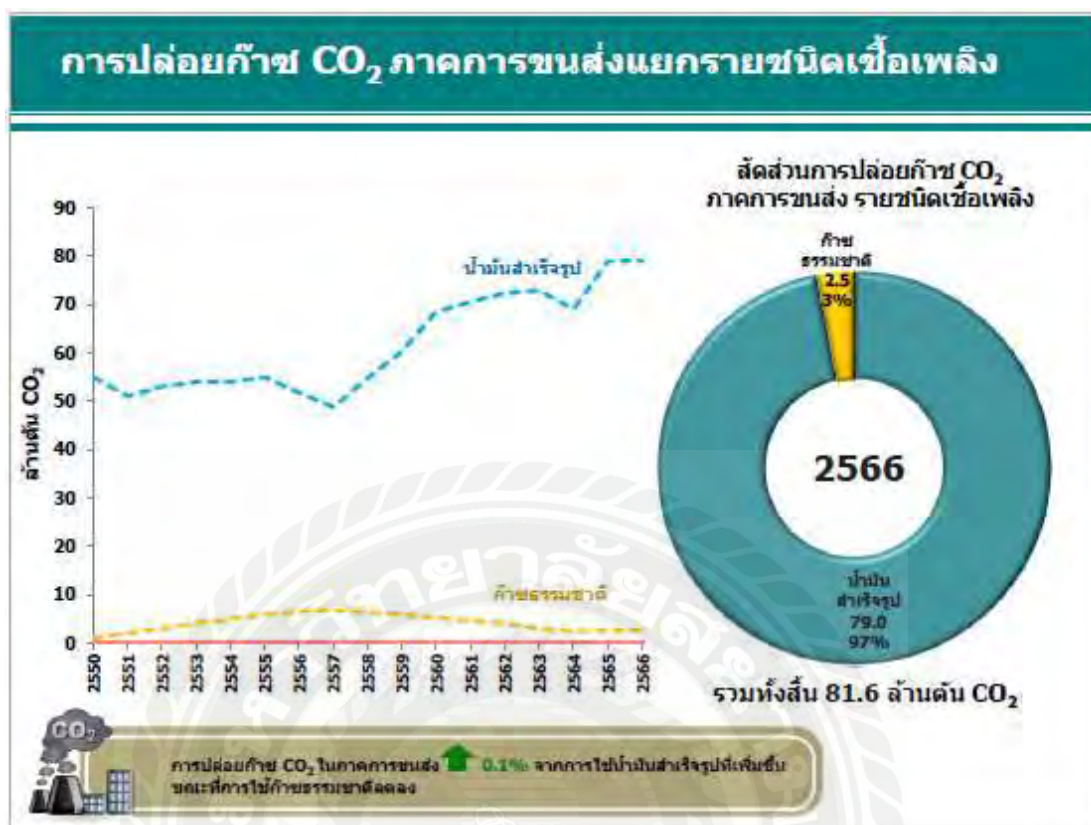
ภาคการขนส่ง มีการปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ร้อยละ 0.1 โดยเป็นการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1 ในขณะที่การปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ก๊าซธรรมชาติลดลงร้อยละ 2.5 เมื่อเทียบกับปีก่อน สอดคล้องกับการใช้ NGV ที่ลดลง ส่วนหนึ่งเป็น

ผลจากราคาขายปลีก NGV เริ่มทยอยปรับขึ้นภายหลังสิ้นสุดมาตรการคงราคาขายปลีก NGV สำหรับรถยนต์ทั่วไปที่ 17.59 บาทต่อกิโลกรัมเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชน (ตั้งแต่วันที่ 16 ธันวาคม 2565 ถึง 15 มิถุนายน 2566) โดย ณ เดือนธันวาคม 2566 ราคา NGV อยู่ที่ 19.59 บาทต่อกิโลกรัม

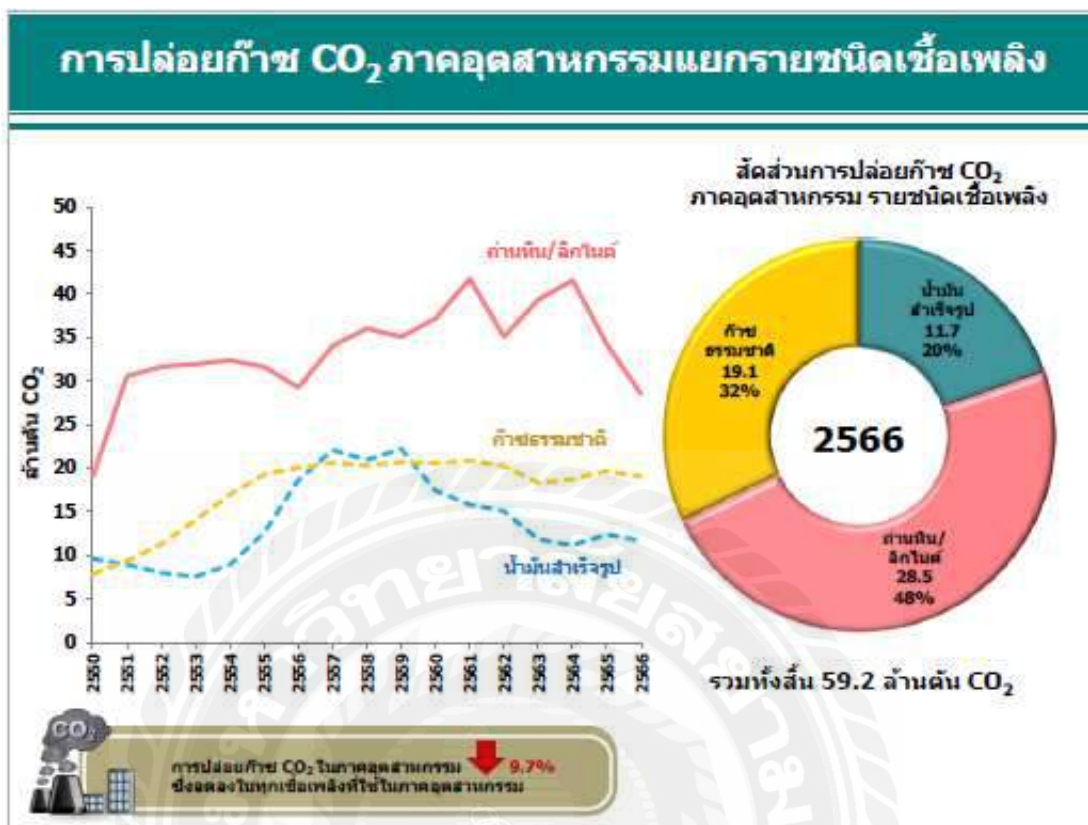
ภาคอุตสาหกรรม ในปี 2566 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ ลดลงจากปีก่อน ร้อยละ 9.7 ซึ่งลดลงในทุกชนิดเชื้อเพลิง สอดคล้องกับข้อมูลอัตราการใช้กำลังผลิตสินค้าอุตสาหกรรม ปี 2566 เหลืออยู่ที่ร้อยละ 59 ต่ำกว่าปีก่อนที่ร้อยละ 63 เนื่องจากการผลิตสินค้าเพื่อส่งออกที่หดตัวในช่วง 3 ไตรมาสแรกของปี 2566 จากเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัว โดยการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ (สัดส่วนการปล่อย CO₂ ร้อยละ 48) ลดลงถึงร้อยละ 15.0 ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ในภาคอุตสาหกรรมที่ลดลงร้อยละ 14.8 ทั้งนี้ ในส่วนของการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันสำเร็จรูป ลดลงร้อยละ 3.2 และ 5.8 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-10 การปล่อยก๊าซ CO₂ ภาคการผลิตไฟฟ้ารายชนิดเชื้อเพลิง



ภาพที่ 2-11 การปล่อยก๊าซ CO₂ ภาคการขนส่งแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

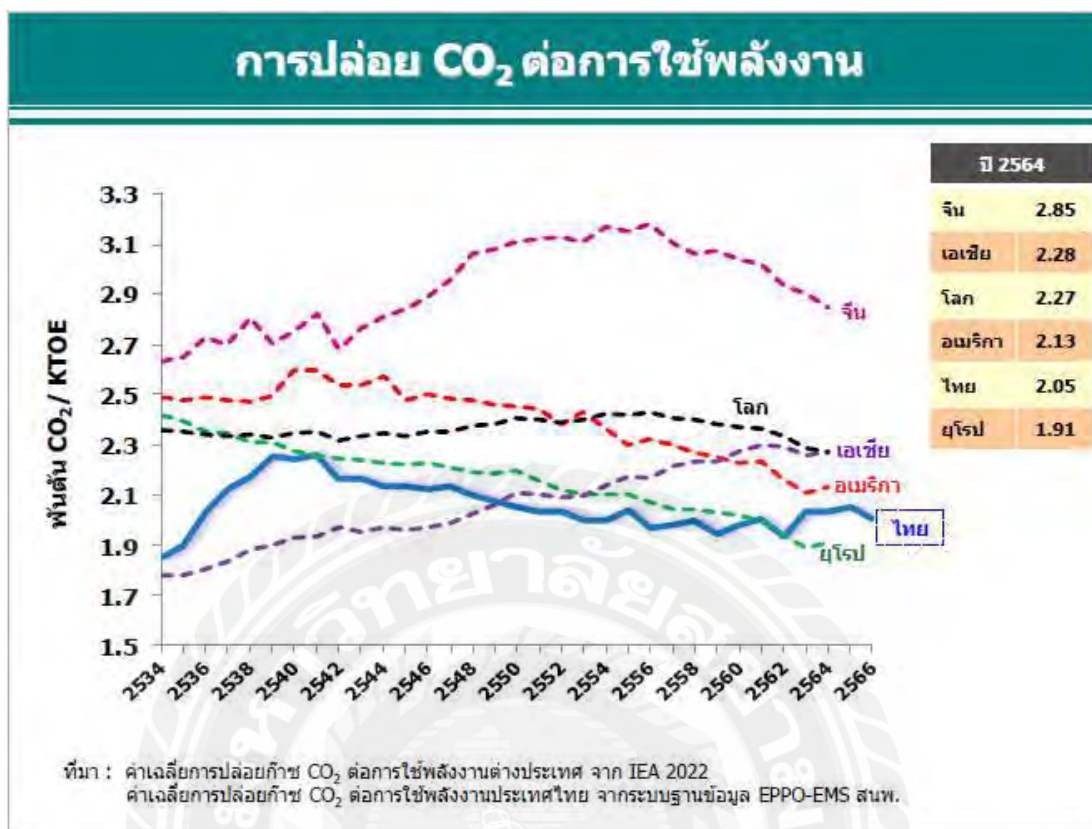


ภาพที่ 2-12 การปล่อยก๊าซ CO₂ ภาคอุตสาหกรรมแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

ภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ การปล่อยก๊าซ CO₂ ในภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้แก่ ภาคครัวเรือน เกษตรกรรมพาณิชยกรรม และกิจกรรมอื่น ๆ มาจากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว โดยในปี 2566 มีการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปในภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ รวม 13.2 ล้านตัน CO₂ ลดลงร้อยละ 3.5%

2.5.5 ดัชนีการปล่อยก๊าซ CO₂, ภาคลพลังงานของไทย

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อการใช้พลังงานของประเทศไทยเทียบกับต่างประเทศ จากข้อมูลของ International Energy Agency (IEA) ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ในปี 2564 ประเทศไทย มีการปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อการใช้พลังงานเฉลี่ย อยู่ที่ 2.05 พันตัน CO₂ ต่อ KTOE ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ภูมิภาคเอเชีย ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจีน ซึ่งอยู่ที่ 2.27 2.28 2.13 และ 2.85 พันตัน CO₂ ต่อ KTOE ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสหภาพยุโรป ซึ่งอยู่ที่ 1.91 พันตัน CO₂ ต่อ KTOE



ภาพที่ 2-14 การปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อการใช้พลังงาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกวรรณ อุสันโน (2550) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารสยามบรมราชกุมารี พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้มีการใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน และ สร้างแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน ในกรณีนี้ก่อให้เกิดผลกระทบตามมาต่อสภาพแวดล้อมและประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ หากปริมาณการใช้ยังเพิ่มสูงขึ้นต่อไป ในอนาคตประเทศไทยอาจประสบกับภาวะการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายต่อความเป็นอยู่ของประชาชน และระบบเศรษฐกิจในระดับชาติได้ อาคารสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีปทุม เป็นอาคารเรียนและสำนักงานขนาดใหญ่อาคารหนึ่ง มีพื้นที่ใช้สอยรวม 27,417 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 2,000,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี การวิเคราะห์และทดสอบเพื่อหาสาเหตุความสิ้นเปลืองพลังงาน และการแก้ปัญหาโดยวิธีการที่เหมาะสม จะเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารให้แก่เจ้าของอาคารอื่น ๆ ที่มีขนาดและลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันได้ นอกจากนี้ยังเป็นกรณีศึกษาสำหรับผู้เกี่ยวข้องได้เตรียมการวางแผน และออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานส่วนใหญ่ของอาคารสยามบรมราชกุมารี มีสาเหตุมาจากความร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ระบายออกทาง Condensing Unit ซึ่งตั้งอยู่ที่ระเบียงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารและติดกับผนังกระจกของห้องที่ทำการปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิผิวกระจกสูงขึ้นและส่งผ่านความร้อนกลับเข้าสู่ภายในห้อง เป็นภาระการทำความเย็นแก่เครื่องปรับอากาศอีกครั้งหนึ่ง แสงแดดที่กระทำต่ออาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตกส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการใช้แสงประดิษฐ์ที่ไม่สัมพันธ์กับความต้องการใช้งาน ทั้งความเข้มในการส่องสว่าง และการกระจายแสง การไม่แบ่งกลุ่มการใช้งานในระบบแสงสว่างและไม่มีการใช้สัญลักษณ์ให้เป็นที่เข้าใจแก่ผู้ใช้อาคาร ทางเดินภายในอาคารที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ ทำให้ความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยติดตั้งปล่องระบายความร้อนให้กับ Condensing Unit ทุกตัว เพื่อระบายความร้อนออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรง การติดตั้งอุปกรณ์กันแดดให้แก่อาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตก เพื่อป้องกันการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งการกระจายแสง และการใช้อุปกรณ์ในระบบแสงประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าลง

แนวทางแก้ปัญหาในประเด็นต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนควบคู่ไปด้วยเพื่อเสนอแนวทางปฏิบัติที่มีความเหมาะสมสูงที่สุด สรุปได้คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้แสงประดิษฐ์ ถึงแม้จะใช้งบประมาณในการลงทุนสูง แต่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนเร็วที่สุด คือ 1 ปี 5 เดือน และสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้มากกว่าวิธีอื่น การติดตั้งปล่องระบายความร้อนสามารถคืนทุนได้ในเวลา 2 ปี การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดดด้านทิศใต้ และทิศตะวันตก ใช้เวลาในการคืนทุนมากกว่า 10 ปี ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอุปกรณ์กันแดดเดิมของอาคารนี้ ซึ่งเป็นกันสาด และระเบียงทางเดิน ต่างก็มีประสิทธิภาพในการกันแดดได้ดีในระดับหนึ่งอยู่แล้ว ส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์นั้น มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ประกอบกับแผง solar cell มีอายุการใช้งานที่จำกัด ในกรณีนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน

นันทพล มหาวิน และคณะ (2565) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยการปรับปรุงกรอบอาคาร กรณีศึกษา: อาคารที่อยู่อาศัย พบว่าศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อ ลดปริมาณการใช้พลังงาน ของอาคารในระบบปรับอากาศด้วยการวิเคราะห์หาการวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกรอบอาคารที่เหมาะสมกรณีศึกษาเป็นอาคารที่พักอาศัย จาก แบบมาตรฐานของภาครัฐโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit วิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุนซึ่ง

พิจารณาจากค่าภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ลดลง และเงินลงทุนเพิ่มเติมในการปรับปรุงกรอบอาคารของแต่ละแนวทางเลือก ผลการศึกษา พบว่า มีการปรับปรุง 4 แนวทางเลือก สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มากกว่า 40 % โดยใช้เงินลงทุนน้อยกว่า 100,000 บาท การปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนชนิดกระจกเป็นกระจกสะท้อนแสงและติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วในผนังทิศตะวันตก พร้อมทั้งติดตั้งฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วบนฝ้าเพดานชั้นบนสุดทั้งหมด เป็นแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารที่ดีที่สุดสำหรับกรณีศึกษานี้ สามารถลดการใช้พลังงานใช้ไฟฟ้ารายปีลงได้ 44 % โดยใช้เงินลงทุนปรับปรุงประมาณ 47,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.78 ปี

ยชนา เชาวนะกมล (2562) ได้ศึกษาการปรับปรุงอาคารสำนักงานเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ : กรณีศึกษาอาคารอำนวยการองค์การเภสัชกรรม พบว่าการศึกษาก่อสร้างของอาคารสำนักงาน อาคารอำนวยการองค์การเภสัชกรรม ให้กรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนเป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 (ปี พ.ศ.2550) รวมทั้งวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการทางการเงินและความคุ้มค่า วิธีการศึกษาการใช้วิธีการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Building Energy Code Software version 1.0.6 (BEC v.1.0.6) โดยรวบรวมข้อมูลกรอบอาคาร อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ จากการจำลองอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทั้งผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) เท่ากับ 34.102 W/m^2 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือต่ำกว่า 50 W/m^2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) เท่ากับ 19.433 W/m^2 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ 15 W/m^2 มีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 14.461 W/m^2 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ 14 W/m^2 ค่าการประเมินศักยภาพด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (EER) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือต่ำกว่า 3.22 W/W และค่าการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารเท่ากับ $813,300 \text{ kWh/Year}$ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือสูงกว่าอาคารอ้างอิงพลังงานที่ใช้ในอาคารส่วนใหญ่มาจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 76.75 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ทั้งนี้ถ้าต้องการลดการใช้พลังงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร จำเป็นต้องปรับปรุงโดยการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นแอลอีดี การติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดโพลีสไตรีนโฟมที่หลังคา และการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเฉพาะเครื่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ให้เป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจะได้ค่า RTTV 13.605 W/m^2 ค่า LPD 6.627 W/m^2 ค่า EER มากกว่า 3.22 W/W มาตรการนี้ทำให้ค่า RTTV ลดลงร้อยละ 30 ซึ่งทำให้อาคารมีการใช้พลังงานรวมลดลงร้อยละ 29.66 โดยมีผลประหยัด 964,972 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 6 ปี 5 เดือน

ณัฐ นาคกร และคณะ (2566) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองพลังงานแบบบูรณาการของอาคารในเมืองพัทยา ประเทศไทย พบว่าการเปลี่ยนผ่านระบบพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความคิดหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ สิ่งเหล่านี้สามารถเข้ามาช่วยสนับสนุนให้รัฐบาลท้องถิ่นและผู้ที่มีส่วนได้เสียในการกำหนดนโยบายด้านพลังงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและนำเสนอวิธีการในการสร้างแบบจำลองพลังงานอาคารแบบบูรณาการ รวมถึงการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในเขตเมือง ในงานวิจัยได้ใช้เมืองพัทยาในประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา โดยมีขอบเขตเฉพาะอาคารประเภทที่อยู่อาศัยเท่านั้น ผลการวิจัยพบว่า จากอาคารทั้ง 6 ประเภทอาคาร คือ (1) บ้านเดี่ยว (2) อาคารเดี่ยว (3) บ้านสองชั้น (4) ทาวน์เฮ้าส์ (5) อาคารพาณิชย์ และ (6) โรงแรมและคอนโดมิเนียม ในกรณีอ้างอิงมีการใช้พลังงานรวม 44,176,062 MWh/yr และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 25,714,886 tCO₂e/yr การวิเคราะห์มาตรการการลดการใช้พลังงาน พบว่าการเปลี่ยนกระจกสองชั้นด้วยการเคลือบแบบ Low-E การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังและหลังคา ฟิล์มกันความร้อน และการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนชั้นดาดฟ้ามีศักยภาพสูงในการประหยัดพลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน มาตรการเหล่านี้นำไปสู่การประหยัดพลังงานรวม 12,908,646 MWh/yr และลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 7,514,123 tCO₂e/yr โดยวิธีการที่นำเสนอใช้สำหรับการตัดสินใจทางด้านพลังงานและความเป็นกลางทางคาร์บอนในเมืองจะเป็นประโยชน์ต่อรัฐบาลท้องถิ่นและผู้กำหนดนโยบายด้านพลังงาน

วิรัตน์ พิชิตบุญชร และกิริติ ชยะกุลศิริ (2561) ได้ศึกษาการออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก พบว่าการออกแบบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารจากพิกัดของสถานที่ติดตั้งจริงและข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ สำหรับเป็นแนวทางการศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งและพัฒนาออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามนโยบายของกองทัพบก ซึ่งต้องการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหน่วยทหารลง 10% รวมทั้งศึกษาระยะเวลาคืนทุนและอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผลจากการจำลองการติดตั้งพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 5% โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 34,809 หน่วยต่อ

เดือน ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 1,670,832 บาทต่อปี ทำให้ระบบดังกล่าวจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 18% ทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ศุภกิจ ทองสุก และอรรถพล เก่งพิทักษ์กุล (2561) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม PVSYST เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ รวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาสองปัจจัยหลักคือ ต้นทุนในการติดตั้งและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ และปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับปรุงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

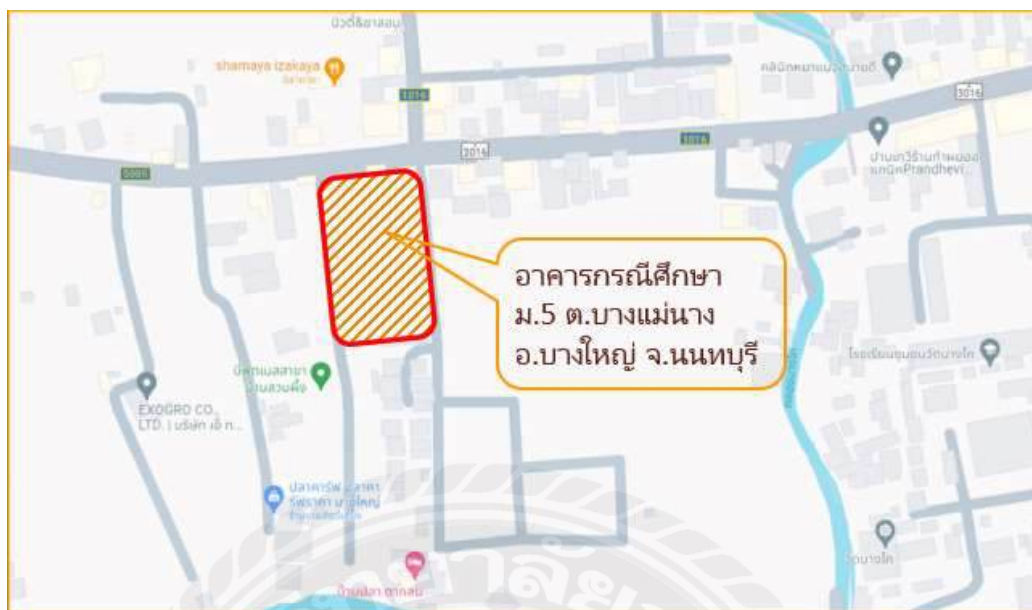
การศึกษาวิจัยเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคาร เปรียบเทียบการใช้พลังงาน เพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร ประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงิน โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 การรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพอาคารและการใช้พลังงานไฟฟ้า
- 3.2 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร
- 3.3 การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงานของมาตรการปรับปรุง
- 3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม

3.1 การรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพอาคารและการใช้พลังงานไฟฟ้า

การศึกษานี้มีการเก็บข้อมูล และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางด้านกายภาพของอาคาร ดังนี้

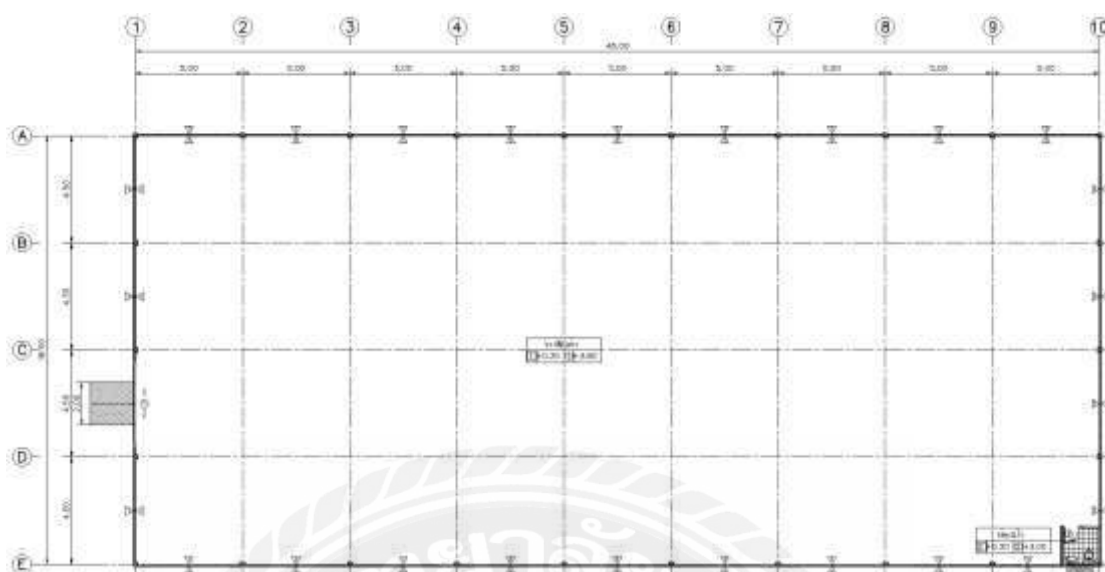
1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางด้านกายภาพของอาคาร สถานที่ตั้งของอาคาร อาคารที่จะทำการศึกษานั้น เป็นอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก ตั้งอยู่ที่ หมู่ 5 ตำบลบางแม่นาง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ดังแสดงในภาพที่ 3-1 ถึง ภาพที่ 3-2
2. ศึกษาพื้นที่ใช้สอยของอาคาร รูปแบบลักษณะการวางผัง การใช้วัสดุสร้างกรอบอาคาร ช่วงเวลาในการใช้งานของอาคาร งานระบบอาคาร สัดส่วนพื้นที่ใช้สอยที่ไม่ปรับอากาศและปรับอากาศ ช่วงเวลาที่ใช้งานอาคาร ลักษณะการใช้สอยของพื้นที่ สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to Wall Ratio: WWR) วัสดุก่อสร้างกรอบอาคาร เพื่อนำมาใช้ในการสร้างเป็นอาคารสมมติ เพื่อใช้เป็นอาคารอ้างอิง ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึง ภาพที่ 3-10 และแสดงตามตารางที่ 3-1 ถึงตารางที่ 3-2



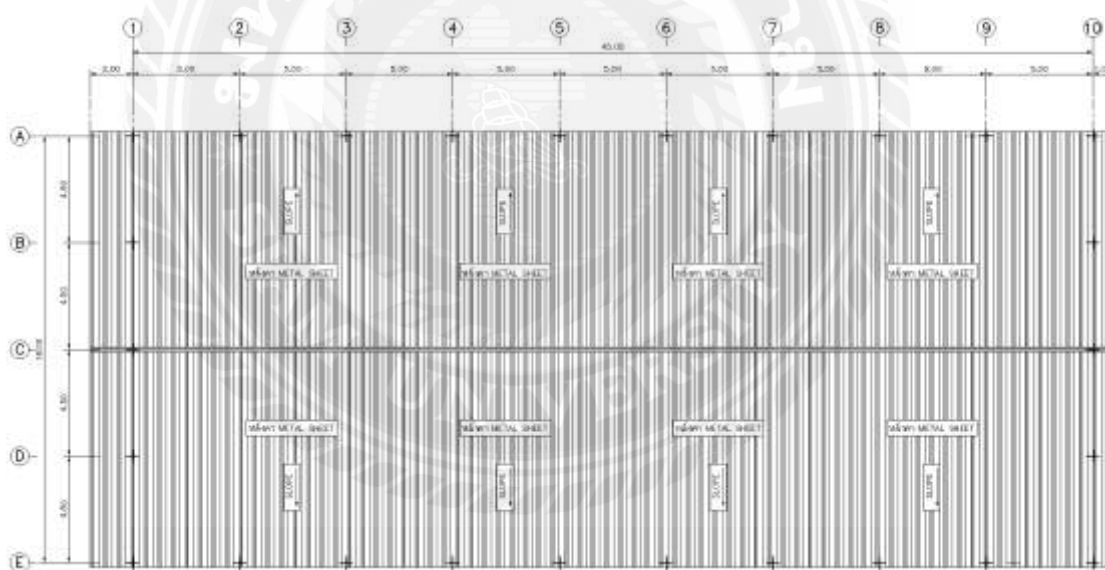
ภาพที่ 3-1 สถานที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษ



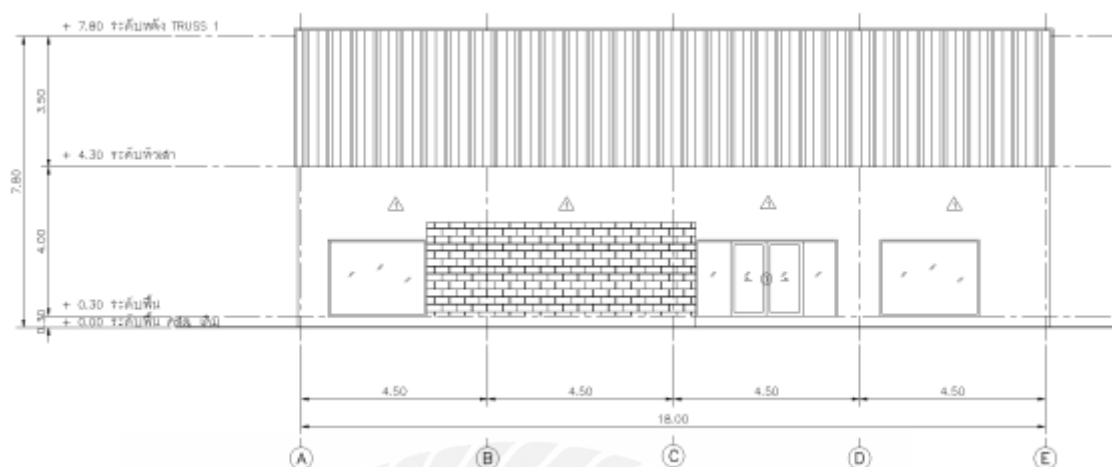
ภาพที่ 3-2 ลักษณะของอาคารที่ทำการศึกษา



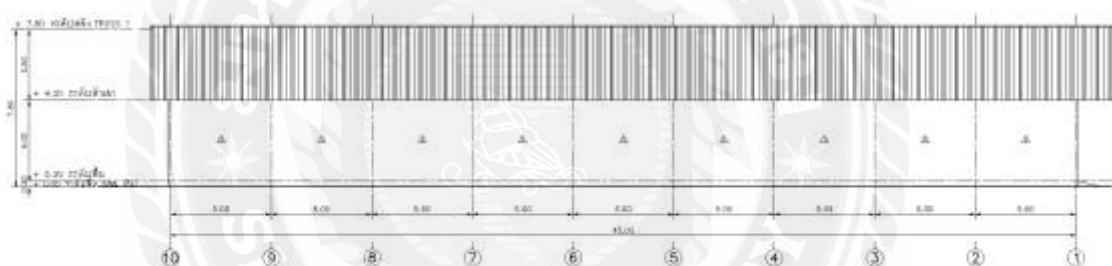
ภาพที่ 3-3 แผนพื้นอาคารที่ทำการศึกษา



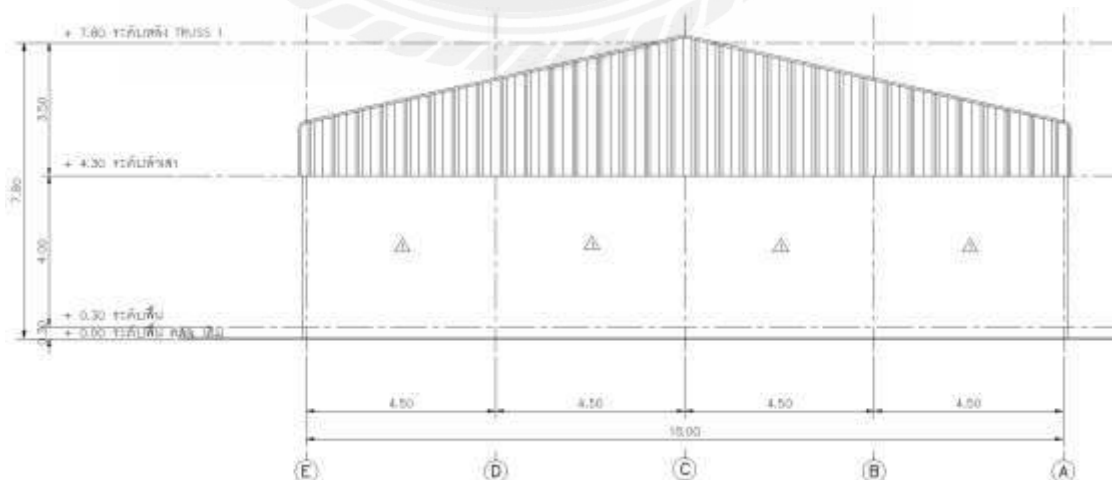
ภาพที่ 3-4 แผนหลังคาอาคารที่ทำการศึกษา



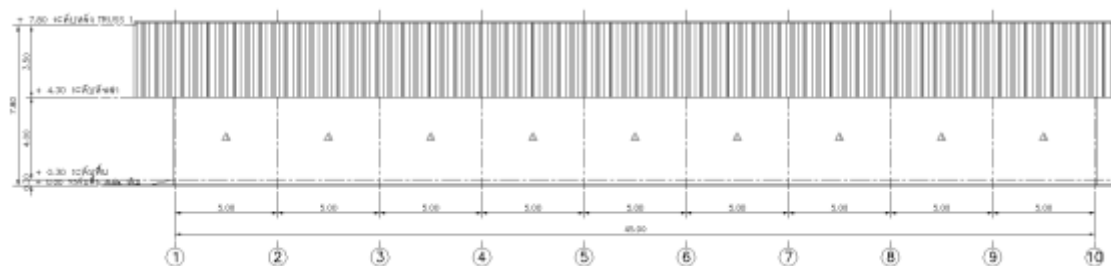
ภาพที่ 3-5 ด้านหน้าอาคารที่ทำการศึกษา



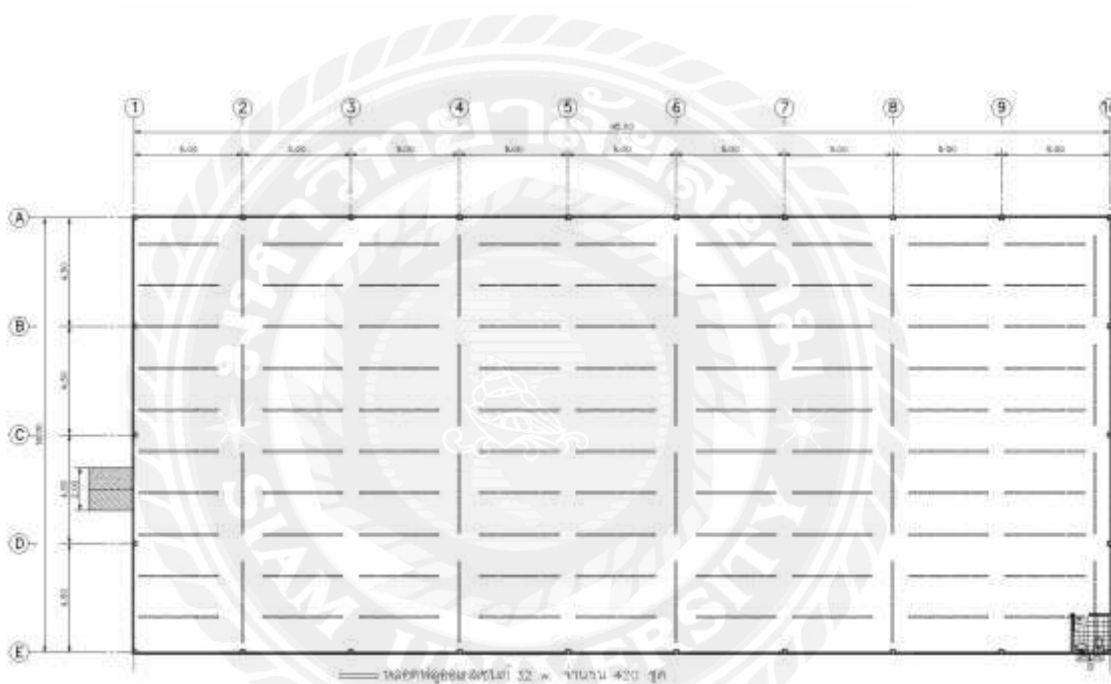
ภาพที่ 3-6 ด้านขวาอาคารที่ทำการศึกษา



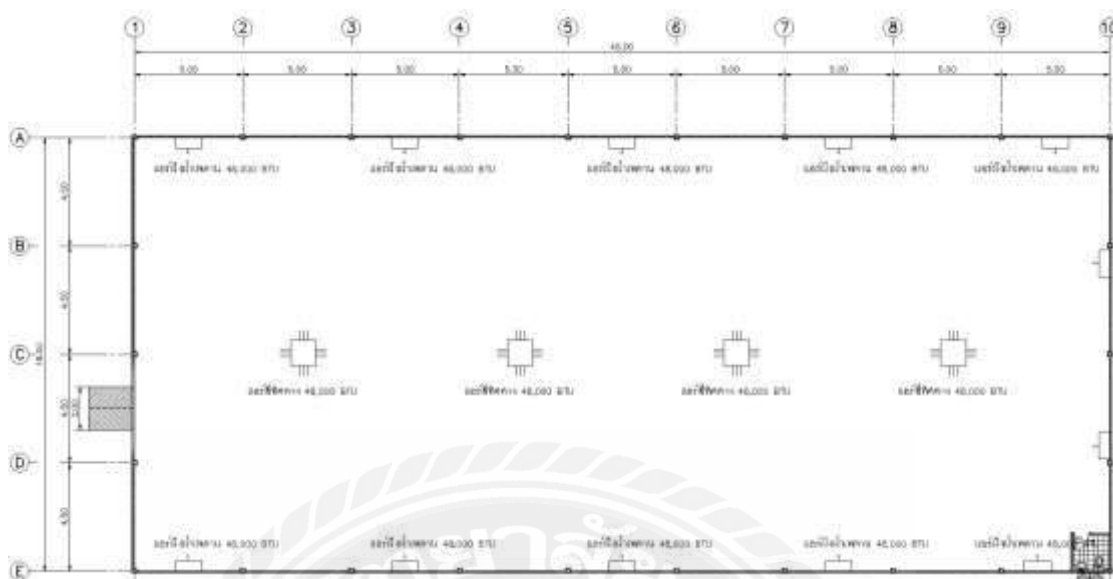
ภาพที่ 3-7 ด้านหลังอาคารที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3-8 ด้านซ้ายอาคารที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3-9 แผนไฟฟ้าแสงสว่างอาคารที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3-10 แปลนระบบปรับอากาศอาคารที่ทำการศึกษ

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลอาคารตัวอย่างกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

ข้อมูลอาคาร	อาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก			
ปีที่เปิดใช้อาคาร	พ.ศ. 2566			
พื้นที่ใช้สอย (m ²)	810			
พื้นที่ปรับอากาศ (m ²)	806			
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ (m ²)	4			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/Year)	87,121.00			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ kWh/(m ² Year)	107.56			
เวลาเปิดใช้อาคาร (hr)	12			
Window-to-Wall Ratio (WWR)	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก
	(N)	(S)	(E)	(W)
	0.3225	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 3-1 อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสูง 1 ชั้น (ดังภาพ 3-2) มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 810.00 m² ผนังอาคารทำด้วยวัสดุ Brick block Wall และ Glass Wall ส่วนของหลังคาใช้วัสดุ Metal Sheet หนา 4 mm โดยอาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี อยู่ที่ 87,121.00 kWh (อ้างอิงจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2567) ลักษณะการใช้สอยพื้นที่เป็นอาคารประเภทค้าปลีก

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญมาก ในการประมวลผลแบบจำลองอาคาร โดยอาคารกรณีศึกษา คืออาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีลักษณะเป็นอาคารประเภทค้าปลีก มีการใช้พลังงานในทุก ๆ วันที่มีผู้คนเข้าไปซื้อสินค้า ลักษณะหรือรูปแบบการจ่ายไฟฟ้าของอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีการรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง มีรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าอาคารตัวอย่างกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

ปี พ.ศ. / เดือน	พ.ศ. 2566 (kWh)	พ.ศ. 2567 (kWh)	หมายเหตุ
มกราคม	7,069.00	7,224.00	
กุมภาพันธ์	7,155.00	7,310.00	
มีนาคม	7,414.00	7,569.00	
เมษายน	7,586.00	7,741.00	
พฤษภาคม	7,328.00	7,483.00	
มิถุนายน	7,155.00	7,310.00	
กรกฎาคม	6,897.00	7,052.00	
สิงหาคม	6,724.00	6,879.00	
กันยายน	6,836.00	7,043.00	
ตุลาคม	6,931.00	7,086.00	
พฤศจิกายน	7,000.00	7,155.00	
ธันวาคม	7,052.00	7,269.00	
รวม	85,147.00	87,121.00	

มาตรการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนผนังและหลังคาที่สามารถนำรูปแบบมาตรการมาประยุกต์ใช้ได้จริง โดยใช้เทคนิคการปรับคุณสมบัติของวัสดุและนวัตกรรมของกรอบอาคารมาใช้ในการปรับปรุงผนังและหลังคาของอาคารที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน โดยทำการรวบรวมสมบัติตัวแปรทางความร้อนของกรอบอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลอ้างอิงคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทางความร้อนอาคารกรณีศึกษา

รายการวัสดุ	ค่า Thermal Conductivity (W/m ² .K)	ค่า Density (kg/m ³)	ค่า Specific Heat (kJ/kg °C)	ค่า SHGC	ค่า Transmittance
1. ผนังอิฐบล็อก ฉาบปูนหนา 75 mm	1.10	1,700	0.79	-	-
2. กระฉกใส หนา 6 mm	-	-	-	0.72	0.846
3. ฉนวนกันความร้อน หนา 65 mm	0.035	24	0.96	-	-
4. ฟิล์ม B4100	-	-	-	0.29	0.128
5. ฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 75 mm	0.036	12	0.96	-	-
6. ฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 150 mm	0.042	12	0.96	-	-

3.2 การสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร ได้มีการสร้างต้นแบบของอาคารในโปรแกรม Sketchup ปลั๊กอินกับโปรแกรม OpenStudio และประมวลผลออกมาด้วย EnergyPlus ในส่วนของผนังรูปแบบต่าง ๆ และในส่วนของหลังคา มีขั้นตอนดังนี้

1. จำลองสภาพของอาคารเพื่อใช้ในการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร
2. วิเคราะห์ฐานข้อมูลการใช้พลังงาน รวมถึงสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร นำมาสร้างเป็นทางเลือกสำหรับการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยน รวมถึงการเลือกวัสดุกรอบอาคารที่ทำให้ประหยัดพลังงานหรือลดการใช้พลังงานได้ โดยมุ่งเน้นระบบการทำความเย็นที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดมาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร โดยวัสดุกรอบอาคารที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนในการประหยัดและลดพลังงาน สมควรจะต้องมีคุณลักษณะ ดังนี้

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างซึ่งหาง่าย วิธีการผลิตไม่ซับซ้อน
- วัสดุชนิดนั้น ๆ ประเทศไทยสามารถผลิตได้เอง
- สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีความเหมาะสมกับวัสดุที่ใช้
- วัสดุที่ใช้ต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์
- วัสดุที่ใช้ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อประเทศในด้านของสภาพแวดล้อม

3. จำลองอาคารที่ทำการศึกษ สัดส่วนการใช้พลังงานในมาตรการและรูปแบบต่าง ๆ และนำอาคารที่เป็นต้นแบบมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของการใช้พลังงานอาคารที่ทำการศึกษา พร้อมคำนวณค่าการประหยัดหรือลดพลังงานไฟฟ้ารายปี ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรูปแบบของหลังคาและกรอบอาคาร

ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบมาตรการปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงานจำนวน 6 มาตรการ โดยทำการวิเคราะห์ตัวแปร สมบัติด้านความร้อนของกรอบอาคารกรณีศึกษา และความเป็นไปได้ในการจำลองการใช้พลังงานและการปฏิบัติจริงดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 มาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

	มาตรการ (Measures)
M1	ติดตั้งที่ผนังอาคาร หน้า 65 mm
M2	ติดฟิล์ม B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร
M3	ติดตั้งหลังคา Stay Cool หน้า 75 mm
M4	ติดตั้งหลังคา Stay Cool หน้า 150 mm
M5	ติดตั้งที่ผนังอาคารหน้า 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หน้า 75 mm
M6	ติดตั้งที่ผนังอาคารหน้า 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หน้า 150 mm

จากนั้นจึงนำมาตรการที่เลือกไว้ไปทำการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ตัวแปรของแต่ละมาตรการที่เลือกไว้ และกำหนดราคาวัสดุที่ใช้สำหรับมาตรการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนผนังและหลังคา โดยใช้การประมาณราคาวัสดุบวกราคาค่าแรง หน่วยเป็น Baht/m² ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ราคาวัสดุบวกค่าแรงสำหรับมาตรการปรับปรุงกรอบอาคาร

รายการวัสดุ	จำนวนพื้นที่ (m ²)	ราคาค่าวัสดุและค่าแรง (Baht/m ²)
1. ผนังก่ออิฐบล็อก ฉาบปูน หน้า 75 mm	400.78	420.00
2. กระจกใส หน้า 6 mm	23.22	251.87
3. ฉนวนกันความร้อน หน้า 65 mm	400.78	352.08
4. ฟิล์ม B4100	23.22	861.11
5. ฉนวนหลังคา Stay Cool หน้า 75 mm	810.00	210.41
6. ฉนวนหลังคา Stay Cool หน้า 150 mm	810.00	268.74

3.3 การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงานของมาตรการปรับปรุง

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เริ่มบังคับใช้ 1 มกราคม 2566 มีค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5986 kgCO₂e/kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3-1)

$$\text{Avoided CO}_2 \text{ Emissions} = \text{ER} * 0.5986 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \quad (3-1)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh) หรือปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนที่ลดลงของการปรับปรุงตามมาตรการ

3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม (Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ในการนำเสนอหรือตัดสินใจว่าการลงทุนในโครงการนี้มีความคุ้มค่าหรือไม่ (พัชรินทร์ อินทมาศ และคณะ, 2565) โดยทั่ว ๆ ไปมีการวิเคราะห์ใน 3 วิธีดังนี้

3.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ซึ่งสามารถบอกระยะเวลาการคืนทุนของโครงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ดังสมการที่ 3-2

$$\text{Payback} = \frac{\text{Total Investment}}{\text{Unit per year} * \text{Fit}} \quad (3-2)$$

3.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ 3-3

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{EST}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3-3)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), EST คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate), t คือ Time of cash flow

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีนี้ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการดังกล่าวมีค่ามากกว่า 0 เป็นผลทำให้สามารถตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับในโครงการนั้นได้ แต่ถ้าหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าติดลบหรือน้อยกว่า 0 หรือ ก็ไม่ควรลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่มีผลกำไรในโครงการที่ได้ลงทุนไปแล้ว

3.4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปี ซึ่งผู้ที่ทำโครงการนั้นจะต้องได้รับจากการที่ลงทุนไปตลอดอายุของโครงการ สามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในได้ดังสมการที่ 3-4

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{EST}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (3-4)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, EST คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), IO คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าสมควรจะลงทุนหรือไม่สมควรจะลงทุน จะพิจารณา ดังนี้

- ถ้าหากค่า $IRR >$ ต้นทุนของเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ สมควรที่จะลงทุน
- ถ้าหากค่า $IRR <$ ต้นทุนของเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ไม่สมควรที่จะลงทุน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

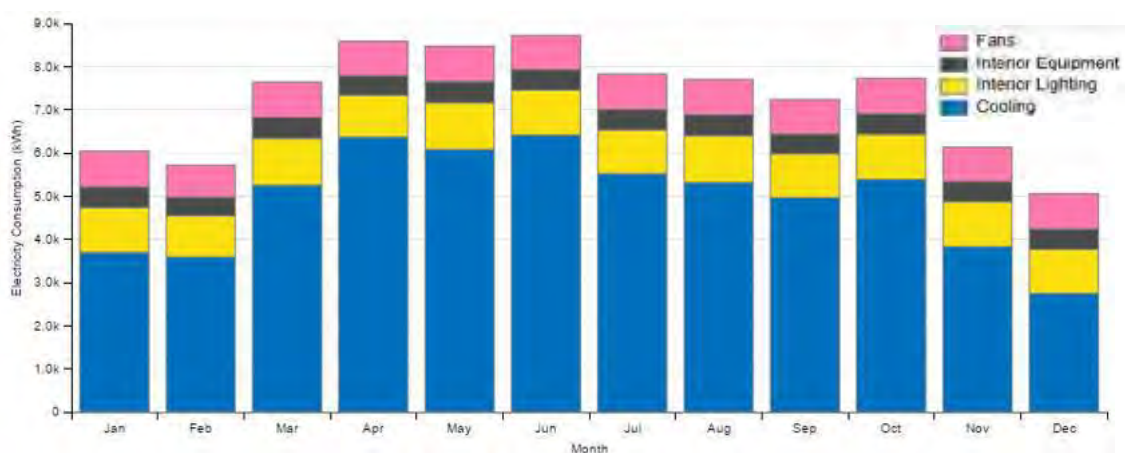
การศึกษาวิจัยเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และข้อมูลกายภาพของอาคาร และนำข้อมูลที่ได้มาจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตารางและความเรียงโดยแบ่งเป็น 3 ตอนดังต่อไปนี้

- 4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร
- 4.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
- 4.3 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ CO₂

4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

4.1.1 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารต้นแบบ

ผลการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษา ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 86,902.22 kWh/Year โดยมีคลาดเคลื่อนจากการใช้ไฟฟ้าจริงของอาคารกรณีศึกษาอยู่ที่ -0.25 % รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารต้นแบบ แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

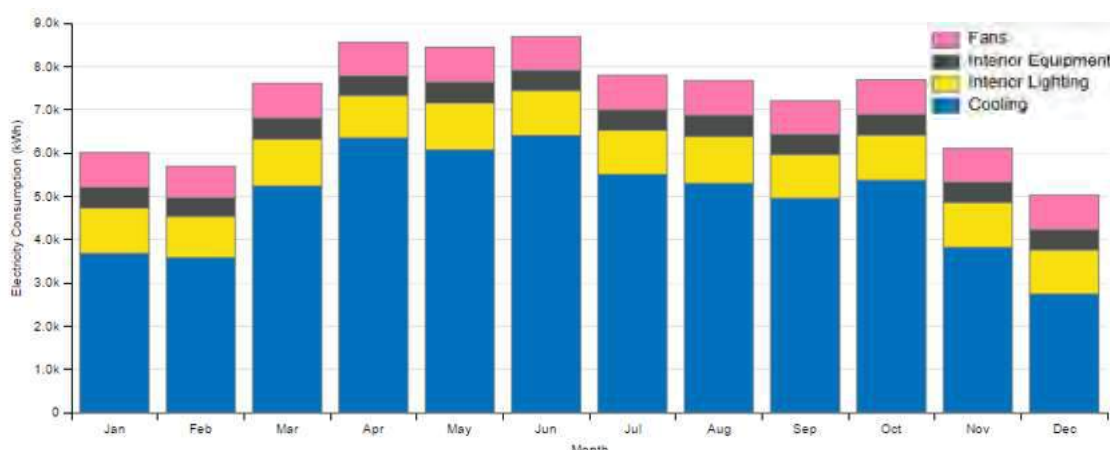
อาคารกรณีศึกษาต้นแบบแยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling เท่ากับ 59,176.84 kWh/yr และในเดือนมิถุนายน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนดังกล่าวสูงที่สุดเท่ากับ 6,418.81 kWh/month ในทางตรงกันข้ามในเดือนธันวาคม อากาศในประเทศไทยจะเข้าสู่ช่วงหน้าหนาวทำให้มีการลดการใช้ระบบ Cooling ตามไปด้วย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงกว่าในช่วงหน้าร้อน ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 2,748.98 kWh/month ดังนั้นสามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารต้นแบบ

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,418.81	2,748.98	59,176.84
Interior Lighting	1,082.50	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	820.16	740.79	9,656.68
รวม			86,902.22

4.1.2 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 1

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคารตาม 6 มาตรการผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 1 คือคิดฉนวนที่ผนังอาคาร หนา 65 mm พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงอยู่ที่ 86,510.87 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือนแสดง ดังแสดงในภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 1 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

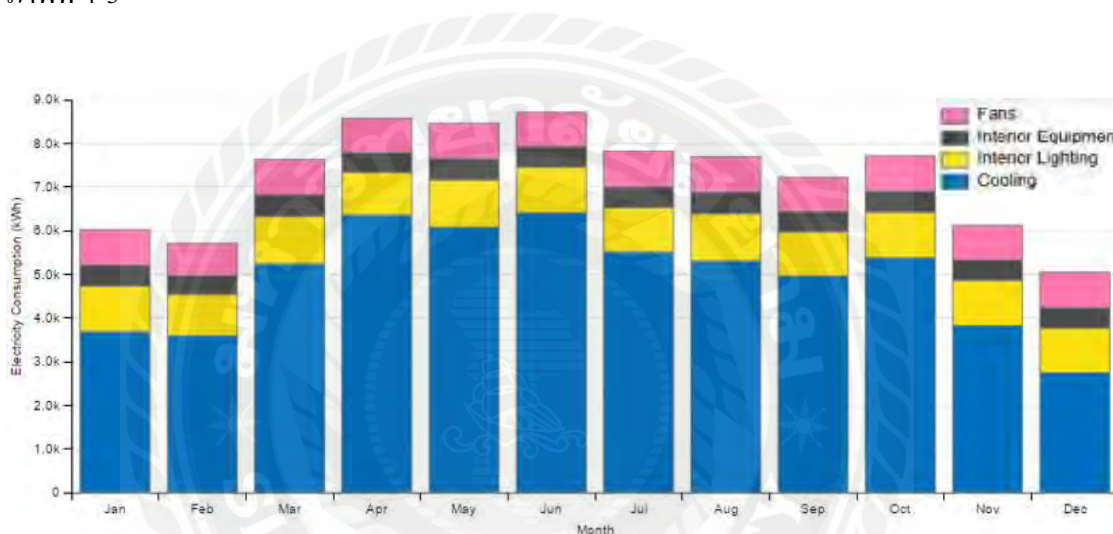
อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก เมื่อปรับปรุงตามมาตรการที่ 1 คือติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคาร หนา 65 mm ผลการจำลองการใช้พลังงานแยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ระบบ Interior Lighting ระบบ Interior Equipment และระบบ Fans เท่ากับ 59,026.91 kWh/yr, 12,384.77 kWh/yr, 5,683.93 kWh/yr และ 9,415.26 kWh/yr ตามลำดับ ดังนั้นในมาตรการที่ 1 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 1

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,405.03	2,739.80	59,026.91
Interior Lighting	1,082.50	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	799.65	722.27	9,415.26
รวม			86,510.87

4.1.3 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 2

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคาร 6 มาตรการ ผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 2 คือติดฟิล์ม B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษา หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 86,704.09 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 2 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

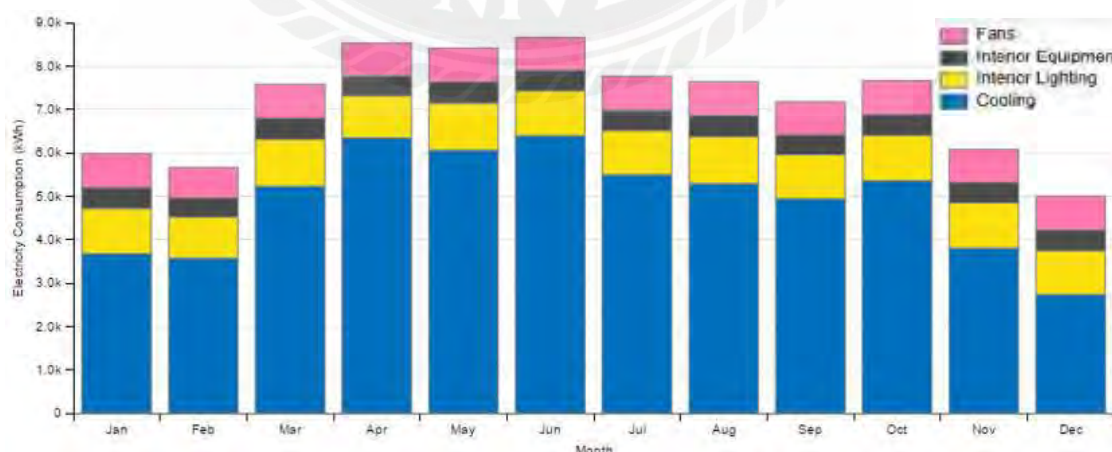
อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก เมื่อปรับปรุงตามมาตรการที่ 2 คือติดฟิล์ม B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร ผลการจำลองการใช้พลังงานแยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ระบบ Interior Lighting ระบบ Interior Equipment และระบบ Fans เท่ากับ 59,100.95 kWh/yr, 12,384.77 kWh/yr, 5,683.93 kWh/yr และ 9,534.44 kWh/yr ตามลำดับ โดยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ในเดือนมิถุนายนสูงที่สุดเท่ากับ 6,411.83 kWh/month และมีค่าการใช้พลังงานในระบบ Cooling น้อยที่สุดคือในเดือนธันวาคม เท่ากับ 2,744.31 kWh/month ดังนั้นในมาตรการที่ 2 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 2

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,411.83	2,744.31	59,100.95
Interior Lighting	1,082.50	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	809.78	731.41	9,534.44
รวม			86,704.09

4.1.4 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 3

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคาร 6 มาตรการ ผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 3 คือ คำนวณหลังคา Stay Cool หนา 75 mm พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษา หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 86,138.40 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 3 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

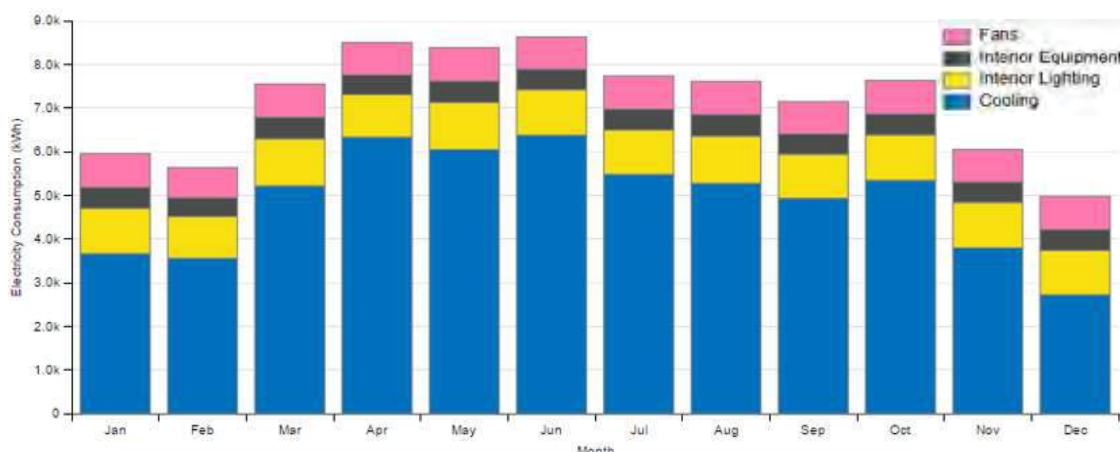
อาคารกรณีศึกษาตามมาตรการที่ 3 แยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงสุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling เท่ากับ 58,884.09 kWh/yr และในเดือนมิถุนายน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนดังกล่าวสูงที่สุดเท่ากับ 6,391.94 kWh/month ในทางตรงกันข้ามในเดือนธันวาคม อากาศในประเทศไทยจะเข้าสู่ช่วงหน้าหนาวทำให้มีการลดการใช้ระบบ Cooling ตามไปด้วย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงกว่าในช่วงหน้าร้อน ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 2,731.06 kWh/month ดังนั้นสามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 3

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,391.94	2,731.06	58,884.09
Interior Lighting	1,043.71	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	780.15	704.65	9,185.61
รวม			86,138.40

4.1.5 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 4

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคาร 6 มาตรการ ผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 4 คือติดฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 150 mm พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษา หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 85,783.16 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 4 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

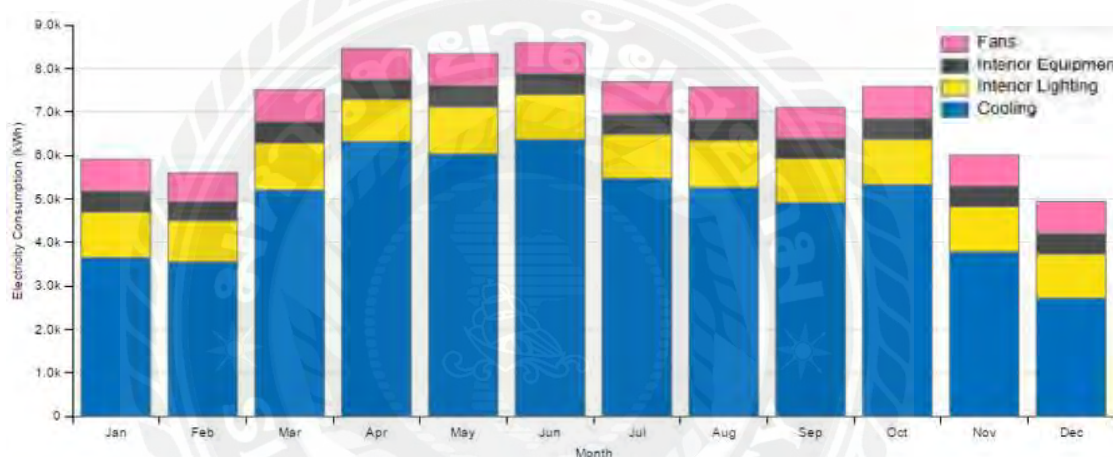
อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก เมื่อปรับปรุงตามมาตรการที่ 4 คือ ติดฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 150 mm ผลการจำลองการใช้พลังงานแยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ระบบ Interior Lighting ระบบ Interior Equipment และระบบ Fans เท่ากับ 58,747.57 kWh/yr, 12,384.77 kWh/yr, 5,683.93 kWh/yr และ 8,966.90 kWh/yr ตามลำดับ ดังนั้นในมาตรการที่ 4 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 4

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,379.42	2,722.68	58,747.57
Interior Lighting	1,082.50	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	761.57	687.87	8,966.90
รวม			85,783.16

4.1.6 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 5

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคาร 6 มาตรการ ผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 5 คือติดฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 75 mm พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษา หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 85,281.52 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 5 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

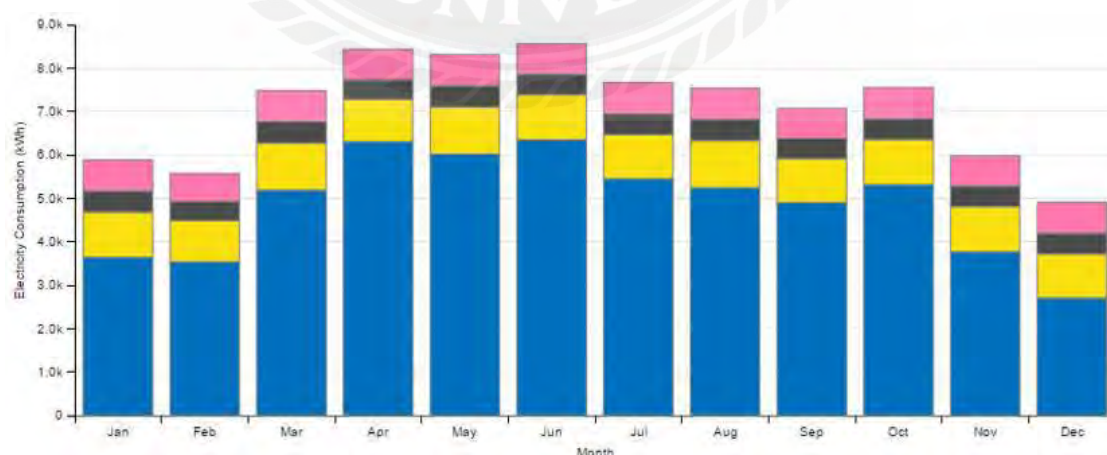
อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก เมื่อปรับปรุงตามมาตรการที่ 5 คือติดฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 75 mm ผลการจำลองการใช้พลังงานแยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ระบบ Interior Lighting ระบบ Interior Equipment และระบบ Fans เท่ากับ 58,555.13 kWh/yr, 12,384.77 kWh/yr, 5,683.93 kWh/yr และ 8,657.70 kWh/yr ตามลำดับ โดยที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling ในเดือนมิถุนายนสูงที่สุดเท่ากับ 6,361.75 kWh/month และมีค่าการใช้พลังงานในระบบ Cooling น้อยที่สุดคือในเดือนธันวาคม เท่ากับ 2,711.04 kWh/month ดังนั้นในมาตรการที่ 6 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 5

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,361.75	2,711.04	58,555.13
Interior Lighting	1,082.50	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	735.31	644.15	8,657.70
รวม			85,281.52

4.1.7 การใช้พลังงานแยกตามสัดส่วนการใช้งานของการปรับปรุงอาคารตามมาตรการที่ 6

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคาร 6 มาตรการ ผลจากการจำลองพลังงานตามมาตรการที่ 6 คือ ติดฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 150 mm พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษาหลังการปรับปรุงอยู่ที่ 84,965.73 kWh/Year รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสัดส่วนการใช้งานของอาคารเป็นรายเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 ภาพรวมการใช้พลังงานรายเดือนของอาคารตามมาตรการที่ 6 แยกตามสัดส่วนการใช้งาน

อาคารกรณีศึกษาตามมาตรการที่ 6 แยกตามการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนและแยกตามสัดส่วนการใช้งาน ดังภาพที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่าระบบ Cooling ใช้พลังงานสูงที่สุดจากสัดส่วนการใช้งานทั้งหมด โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ Cooling เท่ากับ 58,433.88 kWh/yr และในเดือนมิถุนายน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนดังกล่าวสูงที่สุดเท่ากับ 6,350.64 kWh/month ในทางตรงกันข้ามในเดือนธันวาคม อากาศในประเทศไทยจะเข้าสู่ช่วงหน้าหนาวทำให้มีการลดการใช้ระบบ Cooling ตามไปด้วย ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงกว่าในช่วงหน้าร้อน ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 2,703.68 kWh/month สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งาน รวมถึงผลจากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 สรุปค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสัดส่วนการใช้งานของอาคารตามมาตรการที่ 6

รายละเอียด	Maximum (kWh)	Minimum (kWh)	Total (kWh)
Cooling	6,350.64	2,703.68	58,433.88
Interior Lighting	1,043.71	952.32	12,384.77
Interior Equipment	490.56	436.56	5,683.93
Fans	718.79	649.23	8,463.16
รวม			84,965.73

4.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ OpenStudio และEnergyPlus ทำการจำลองการปรับปรุงกรอบอาคารตาม 6 มาตรการ ได้ผลการศึกษาซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบค่า Energy Use ก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-8 จากนั้นวิเคราะห์การลงทุนเพื่อหาความเป็นไปได้ในการลงทุนแต่ละมาตรการโดยนำผลตอบแทนการลงทุนมาวิเคราะห์โอกาสและความเป็นไปได้ของโครงการที่ดีที่สุดในระยะเวลา 40 ปี โดยคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 7 บาท และใช้อัตราคิดลดที่ 5% ดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบค่า Energy Use หลังการปรับปรุง และค่าตอบแทนการลงทุน

มาตรการ	พลังงานหลัง ปรับปรุง kWh/Year	พลังงานหลัง ปรับปรุง kWh/(m ² Year)	การประหยัด พลังงาน (%)	ค่า NPV (บาท)	ค่า IRR (%)	ค่า PB (ปี)
M1	86,510.87	106.80	0.45	-94,098.96	-5.89	เกิน 40 ปี
M2	86,704.08	107.04	0.23	3,805.49	1.28	26.15
M3	86,138.39	106.34	0.88	-78,684.52	-3.66	เกิน 40 ปี
M4	85,819.18	105.95	1.25	-87,590.36	-3.12	เกิน 40 ปี
M5	85,281.53	105.29	1.86	-136,865.62	-3.21	เกิน 40 ปี
M6	84,965.75	104.90	2.23	-146,183.45	-2.97	เกิน 40 ปี

จากตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการปรับปรุงกรอบอาคารทั้ง 6 มาตรการ พบว่ามาตรการ M6 (ติดตั้งที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 150 mm) ให้ผลการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ 2.23% โดยสามารถลดการใช้พลังงานจาก 86,902.23 kWh/Year เหลือเพียง 84,965.75 kWh/Year หรือคิดเป็น 104.90 kWh/(m²·Year) รองลงมาคือมาตรการ M5 (ติดตั้งที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 75 mm) ซึ่งให้ผลประหยัดพลังงานที่ 1.86% ลดการใช้พลังงานลงเหลือ 85,281.53 kWh/Year หรือคิดเป็น 105.29 kWh/(m²·Year) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุน พบว่ามีเพียงมาตรการ M2 (ติดฟิล์ม B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่ให้ค่า NPV เป็นบวกที่ 3,805.49 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็นบวกที่ 1.28% โดยมีระยะเวลาคืนทุน (PB) 26.15 ปี แม้ว่ามาตรการนี้จะให้ผลประหยัดพลังงานเพียง 0.23% ซึ่งน้อยที่สุดในบรรดามาตรการทั้งหมด แต่เนื่องจากมีต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ ทำให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ามาตรการอื่น ๆ ทั้งหมด (M1, M3, M4, M5 และ M6) มีค่า NPV เป็นลบ และ IRR ต่ำกว่าอัตราคิดลด 5% ที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเกิน 40 ปี ซึ่งเกินอายุของโครงการที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่ามาตรการดังกล่าวไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะเวลา 40 ปี

4.3 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO₂

ในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 4-9 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ใน 2 ประเด็นหลักตามมาตรการทั้ง 6 รูปแบบ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ พบว่า มาตรการ M6 (การติดตั้งที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติด

ฟิล์ม B4100 และเพิ่ม Stay Cool หน้า 150 mm) มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ 1,936.48 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 1,159.18 kgCO₂/kWh.Year รองลงมาคือมาตรการ M5 ที่สามารถประหยัดพลังงานได้ 1,620.70 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 970.15 kgCO₂/kWh.Year ขณะที่มาตรการ M2 (การติดฟิล์ม B4100) มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำที่สุด โดยประหยัดได้เพียง 198.15 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 118.61 kgCO₂/kWh.Year แม้ว่ามาตรการนี้จะประหยัดพลังงานได้น้อยที่สุด แต่จากตารางที่ 5 กลับพบว่า เป็นมาตรการเดียวที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยภาพรวม ตารางนี้แสดงให้เห็นว่ามาตรการที่มีการผสมผสานการปรับปรุงหลายส่วนเข้าด้วยกัน (M5 และ M6) สามารถให้ผลลัพธ์ในการประหยัดพลังงาน และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่ามาตรการเดี่ยว ๆ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ปัจจัยด้านต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วยเมื่อต้องตัดสินใจเลือกมาตรการที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4-9 การใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร

มาตรการ	พลังงานหลังปรับปรุง kWh/Year	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ /kWh.Year)	การประหยัดพลังงาน (Energy Use) kWh/(Year)	การลดปริมาณการ ปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ /kWh.Year)
M1	86,510.87	51,785.41	391.36	234.27
M2	86,704.08	51,901.06	198.15	118.61
M3	86,138.39	51,562.44	763.84	457.23
M4	85,819.18	51,371.36	1,083.05	648.31
M5	85,281.53	51,049.52	1,620.70	970.15
M6	84,965.75	50,860.50	1,936.48	1,159.18

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคารและเปรียบเทียบการใช้พลังงาน เพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร และวิเคราะห์การลงทุน และเพื่อประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก สามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงกรอบอาคารด้วยมาตรการต่าง ๆ สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารได้ แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีเพียงมาตรการ M2 (ติดฟิล์ม B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาคารกรณีศึกษามีพื้นที่กระจกเพียง 23.22 m^2 เทียบกับพื้นที่ผนังทั้งหมด 400.78 m^2 ทำให้การปรับปรุงกระจกมีต้นทุนต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การที่พื้นที่กระจกส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ ($WWR = 0.3225$) ซึ่งได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าทิศอื่น ๆ ก็อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลประหยัดพลังงานจากการติดฟิล์มกระจกไม่สูงมากนัก มาตรการที่ให้ผลประหยัดพลังงานสูงสุดคือ M6 และ M5 ซึ่งเป็นการรวมหลายมาตรการเข้าด้วยกัน แต่กลับไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากต้นทุนในการปรับปรุงสูงเกินไปเมื่อเทียบกับผลประหยัดพลังงานที่ได้รับ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเกิน 40 ปี ซึ่งเกินอายุของโครงการที่กำหนดไว้

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้มาตรการปรับปรุงกรอบอาคารจะช่วยลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ แต่ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจลงทุน โดยเฉพาะในอาคารประเภทธุรกิจค้าปลีกที่มีการใช้พลังงานไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารสำนักงาน หรือโรงแรม

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่ามาตรการ M6 ให้ประสิทธิภาพประหยัดพลังงานสูงสุด (2.23%) และลดการปล่อย CO₂ ได้มากที่สุด (1,159.18 kgCO₂/kWh.Year) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประยุทธ์ ฤทธิเดช และคณะ (2564) ที่พบว่า การปรับปรุงกรอบอาคารสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีเพียงมาตรการ M2 ที่มี NPV เป็นบวก และระยะเวลาคืนทุน 26.15 ปี สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของการลงทุนในมาตรการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

ผลการศึกษานี้แตกต่างจากงานวิจัยของ ทินกร เชื้อวงศ์ และคณะ (2567) ที่พบว่า การปรับปรุงกรอบอาคารในอาคารสำนักงานภาครัฐมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะการใช้งานอาคาร ระยะเวลาการเปิดใช้งาน และรูปแบบการใช้พลังงาน

การพิจารณาเฉพาะการลงทุนระยะยาวอาจไม่เพียงพอ ควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ภาพลักษณ์องค์กร นโยบายภาครัฐ และแนวโน้มราคาพลังงานในอนาคต สอดคล้องกับแนวคิดของ (ยศยา ภัทรภูมิมิตร, 2562) ที่เสนอว่า นโยบายสนับสนุนจากภาครัฐเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. การพิจารณาปัจจัยอื่นนอกเหนือจากความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การประเมินความคุ้มค่าของมาตรการประหยัดพลังงานควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ภาพลักษณ์ขององค์กร ในการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือการตอบสนองต่อนโยบายของรัฐในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การพิจารณามาตรการอื่น ๆ นอกเหนือจากการปรับปรุงกรอบอาคารแล้ว ควรพิจารณามาตรการประหยัดพลังงานอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น การปรับปรุงระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง หรือการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งอาจมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า

3. การพิจารณานโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ ภาครัฐควรพิจารณานโยบายสนับสนุนการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน เช่น การให้เงินอุดหนุน หรือสิทธิประโยชน์ทางภาษี เพื่อให้มาตรการประหยัดพลังงานมีความคุ้มค่ามากขึ้น

4. การประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่น การศึกษานี้เป็นกรณีศึกษาเฉพาะอาคารประเภทธุรกิจค้าปลีก ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเฉพาะ ผลการศึกษาอาจแตกต่างกันเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมกับอาคารประเภทอื่น ๆ ด้วย

5. การพิจารณาความไม่แน่นอนของราคาพลังงานในอนาคต การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการศึกษานี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าราคาค่าไฟฟ้าคงที่ที่ 7 บาทต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ 40 ปี ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ราคาค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นในอนาคต การวิเคราะห์ควรพิจารณาความไม่แน่นอนของราคาพลังงานในอนาคตด้วย



บรรณานุกรม

- กนกวรรณ อุสันโน. (2550). แนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารสยามบรมราชกุมารี. ใน มหาวิทยาลัยศรีปทุม (บ.ก.), รายงานการประชุม การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2550 (น. 217–228). มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2566). คู่มือการตรวจประเมินแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563.
- จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. (2551). การออกแบบและประยุกต์ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟมเพื่อใช้ก่อสร้างอาคารพักอาศัย. วารสารวิชาการ สถาปัตยกรรม การออกแบบ และสภาพแวดล้อม, 28(1), 113-134.
- ณัฐ นาคกร, ศุภรัชช์ วรรณ, และอำนาจ ผดุงศิลป์. (กันยายน-ธันวาคม 2566). การพัฒนาแบบจำลองพลังงานแบบบูรณาการของอาคารในเมืองพัทยา ประเทศไทย. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17(3), 56-71.
- ทินกร เชื้อวงศ์, ศุภรัชช์ วรรณ, และประยุทธ์ ฤทธิเดช. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2567). การปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารในอาคารสำนักงานภาครัฐโดยใช้แบบจำลองพลังงาน: กรณีศึกษาสำนักงานเทศบาลเมืองบางแม้นาง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 18(2), 92-106.
- นันทพล มหาวิน, อภิชาติ บัวกล้า, ฤทธิชุต ก้อนทอง, และนพรัตน์ เกตุขาว. (2565). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน ด้วยการปรับปรุงกรอบอาคาร กรณีศึกษา: อาคารที่อยู่อาศัย. ใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา (บ.ก.), การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27 (น. BIM05-1-BIM05-10). มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ประยุทธ์ ฤทธิเดช, อำนาจ ผดุงศิลป์ และศุภรัชช์ วรรณ. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2564). การประเมินผลมาตรการการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารในอาคารสถานศึกษาโดยใช้แบบจำลองพลังงาน กรณีศึกษาในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. วารสารวิชาการปทุมวัน, 11(31), 128-142.
- เปรมยศ ประสมศักดิ์. (2561). คุณภาพบริการ คุณภาพสินค้า ราคา ความพึงพอใจ และความไว้วางใจ ที่ส่งผลต่อความภักดีต่อร้านสินค้าเบ็ดเตล็ดและเครื่องมือช่างของลูกค้าในกรุงเทพมหานคร. (การค้นคว้าแบบอิสระหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ). ฐานข้อมูลงานวิจัย (dspace.bu).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- พัชรินทร์ อินทมาศ, มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร์ สุขสิงห์, ชีระพงษ์ บุญรักษา, และ
พรหมพัคตร์ บุญรักษา. (2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบ
ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในระดับครัวเรือน. *Rattanakosin Journal
of Science and Technology*, 4(3), 47-56.
<https://www.ph02.tcithaijo.org/index.php/RJST/article/view/247422/168184>
- ยชนา เซวานะกมล. (2562). การปรับปรุงอาคารสำนักงานเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ:
กรณีศึกษาอาคารอำนวยการ องค์การเกษตรกรรม. (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (digital.car.chula).
- ยศยา ภัทรภูมิมิตร. (2562). การประเมินประสิทธิภาพพลังงานหลังการเข้าใช้งานของอาคาร
ประหยัดพลังงานที่ได้รับรางวัลตามเกณฑ์ LEED 2009. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).
- ยอดธง เม่นสิน, นิพนธ์ เกตุชัย, วิสุทธิ แซ่มสะอาด, ธวัช สุริวงษ์, พรทิพย์ เม่นสิน,
มาลินี แก้วปัญหา, พัชรินทร์ เขารัตน์, และ ประพิศร์ ธนารักษ์. (2565). เทคโนโลยี
สมาร์ตกริดกับการเปลี่ยนน่านพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน. *วารสาร
นวัตกรรมการเรียนรู้และเทคโนโลยี*, 2(2), 10-26.
<https://www.so06.tcithaijo.org/index.php/JLIT/article/view/258857/175089>
- วงศิยา อนุศักดิ์กุล. (2559). แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทย
ให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). ฐานข้อมูลงานวิจัย (sure.su).
- วิรัตน์ พิชิตบุญชู และ กิรติ ชยะกุลศิริ. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการ
ติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธา
ทหารบก. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 29(1), 25-36.
<https://www.ph02.tci-thaijo.org/index.php/eit-researchjournal/article/view/105854/83940>
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). *การปล่อยก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงาน ปี2566*.
- สุรกิจ ทองสุก และ อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของ
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. *วารสารมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ*, 10(19), 157-169.
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/140598/104218>

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
บทความที่เผยแพร่ตีพิมพ์





การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ

การจัดการในยุคเทคโนโลยีนำการเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 7 ประจำปี 2568 (MDTE 2025)
 หัวข้อ “นวัตกรรมกรรมการบริหารและสหวิทยาการเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน”
 ในวันศุกร์ที่ 23 พฤษภาคม 2568



วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



การประเมินนิเวศการระดับชาติ การจัดการในอุณหภูมิต่ำในด้านการเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 7 ปีงบประมาณ 2560

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร

กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

Energy Saving of Buildings According to Measures to Reduce Heat Through
the Building Frame Case Study of Retail Commercial Building

ภิมสรณ์ อุบลแก้วศิริ¹ และอาทิตย์ โสทรโยม²

Phimsaran Ubonkaewsiri¹ and Athit Sode-Yome²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัย¹

E-mail: ic12.myloveshotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคาร และเปรียบเทียบการใช้พลังงาน (2) เพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร และวิเคราะห์การลงทุน และ (3) เพื่อประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก โดยใช้โปรแกรมจำลองพลังงานของอาคาร ในการจำลองพลังงานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง มาตรการปรับปรุงกรอบอาคารที่ศึกษาประกอบด้วย 6 มาตรการ ได้แก่ การติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคาร การติดตั้งกระจก การติดตั้งฉนวนหลังคา และการรวมมาตรการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ผลการศึกษาพบว่า (1) มาตรการที่ 6 (ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 มม. การติดตั้งกระจก และฉนวนหลังคา หนา 150 มม.) ให้ผลการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ร้อยละ 2.23 และ (2) เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มีเพียงมาตรการที่ 2 (ติดตั้งที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกที่ 3,805.49 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 1.28 และระยะเวลาคืนทุน 26.15 ปี แม้จะให้ผลประหยัดพลังงานเพียงร้อยละ 0.23 ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ และ (3) การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด คือมาตรการที่ 6 ลดได้ 1,159.18 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการพิจารณาปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ควบคู่ไปกับประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงานอาคาร กรอบอาคาร แบบจำลองพลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



Abstract

This research aimed to (1) simulate and compare building energy consumption, (2) evaluate building envelope energy improvement measures and analyze investment feasibility, and (3) assess carbon dioxide emission reduction in a commercial retail building case study. Building energy simulation software was utilized to model energy consumption before and after improvements. Six building envelope improvement measures were studied, including wall insulation installation, window film application, roof insulation installation, and combinations of these measures. The results revealed that: (1) Measure 6 (65 mm wall insulation, window film, and 150 mm roof insulation) provided the maximum energy savings of 2.23%; (2) Economic analysis showed that only Measure 2 (window film application) yielded a positive Net Present Value of 3,805.49 Baht, with an Internal Rate of Return of 1.28% and a Payback Period of 26.15 years, despite providing energy savings of only 0.23%, due to its lower investment cost compared to other measures; and (3) Measure 6 achieved the highest carbon dioxide emission reduction at 1,159.18 kgCO₂e/kWh/year. This study highlights the importance of considering economic factors alongside energy efficiency when making investment decisions for building energy improvements.

Keywords: Building energy conservation, building envelope, energy modeling, economic feasibility analysis, carbon dioxide reduction

บทนำ

ในปัจจุบันโลกมีสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง และประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้การกำหนดนโยบายทางด้านพลังงานและการพัฒนาผังเมืองให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนนั้นทำได้ยากมากยิ่งขึ้น โดยส่วนมากประชากรของโลกทั้งหมดจะอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่เมืองคิดเป็นประมาณร้อยละ 55 และคาดการณ์ว่าในอนาคตประชากรของโลกจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 68 ภายในปี 2050 นั่นหมายความว่ามีความต้องการใช้พลังงานในทุก ๆ ด้านเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ส่งผลโดยตรงให้มีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas-GRG) เขตพื้นที่อาศัยในเขตชุมชนเมืองมีการใช้พลังงานถึงร้อยละ 70 และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 66 การใช้พลังงานในเขตชุมชนเมืองนั้นมีความเกี่ยวข้องกับทรัพยากรและสภาพภูมิอากาศอย่างมากเป็นนัยสำคัญ หากสามารถลดการใช้พลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนมาเป็นการใช้พลังงานจากพลังงานหมุนเวียนแทน เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ การติดตั้งกังหันลม และอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผงโซลาร์เซลล์นั้น สามารถติดตั้งกับหลังคาและผนังของอาคารที่มีอยู่เดิมได้ ประชาชนโดยทั่วไปสามารถหาซื้อและนำมาใช้ได้อย่างทั่วถึง และยังมีอีกหนึ่งมาตรการที่สามารถลดการใช้



พลังงานภายในอาคารได้อย่างยั่งยืนโดยทำการปรับปรุงอาคารเดิมหรือออกแบบอาคารใหม่ให้เข้าสู่เกณฑ์อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ไม่ว่าจะเป็นการปรับเปลี่ยนกรอนน้ำค้างอาคาร การติดตั้งแผงกันความร้อนภายในอาคาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน การปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่เน้นไปทางด้านลดการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้ปรับเปลี่ยนหลอดไฟ พลังงาน และอื่น ๆ นั้นล้วนแต่เป็นมาตรการเชิงรุกที่มุ่งไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำได้ในอนาคต (ณัฐธ นาคร, ศุภรัชชัย วรรัตน์ และอำนาจ มธุระศิลป์, 2566)

MR.D.I.V. เป็นร้านค้าปลีกสินค้าตกแต่งและซ่อมแซมบ้านจากมาเลเซีย มีกว่า 2,000 สาขา ใน 10 ประเทศทั่วโลก (เปรมยศ ประสมศักดิ์, 2561) โดยธุรกิจค้าปลีกนั้นในแต่ละปีจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการใช้อาคารเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มการขยายกิจการมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่ามีงานวิจัยในอาคารประเภทธุรกิจมีอยู่บ่อย ดังนั้นบทความวิจัยนี้มุ่งเน้นที่อาคารประเภทธุรกิจค้าปลีก โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคำเลือกใช้วัสดุผนัง และหลังคาของอาคารที่มีความหลากหลาย เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการเลือกใช้วัสดุรวมทั้งการวิเคราะห์การลงทุน ในการวิเคราะห์สมรรถนะด้านพลังงานของอาคารได้เลือกใช้แบบจำลองพลังงาน OpenStudio และ EnergyPlus ทำการจำลองการใช้พลังงาน (นั่นหละ มหาวิน และคณะ, 2564) ซึ่งการใช้แบบจำลองพลังงานในอาคารเข้ามาช่วยในการตัดสินใจนั้นพบว่าเป็นวิธีการวิจัยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา อีกทั้งในปัจจุบัน OpenStudio และ EnergyPlus ถือว่าเป็นแบบจำลองพลังงานในอาคารที่มีนิยมใช้และมีความถูกต้องเชื่อถือรับได้สูง (ยศยา ภิกขภูมิศร, 2562) จึงได้ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา (อาคาร MR. D.I.V.) และทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและวิเคราะห์การลงทุนตามหลักการ Life Cycle Cost (LCC) (ประยูรชัย ฤทธิเดช, ศุภรัชชัย วรรัตน์ และอำนาจ มธุระศิลป์, 2566) ของการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารจำนวน 6 มาตรการ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อจำลองการใช้พลังงานของอาคาร และเปรียบเทียบการใช้พลังงาน กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก
2. เพื่อประเมินมาตรการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารและวิเคราะห์การลงทุน กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก
3. เพื่อประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

การทบทวนวรรณกรรม

การจำลองพลังงานในอาคาร

การจำลองพลังงานในอาคาร OpenStudio และ EnergyPlus จะคำนวณการใช้พลังงานโดย EnergyPlus ในลักษณะของ Physical Model โดยใช้สมการทางด้านการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างอาคารกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวอาคาร ซึ่ง EnergyPlus นั้นเป็น Simulation Engine ที่ใช้การคำนวณบนพื้นฐานของสมการความร้อน สำหรับ OpenStudio นั้นเป็นโปรแกรมประเภท API (Application Programming



Intersol) ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลของแต่ละตัวแปร ข้อมูลทางด้านสภาวะอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์ได้ใช้จุดข้อมูลของจังหวัดกรุงเทพฯ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้จากการเข้าสำรวจ การทำ Energy Audit และตรวจวัดจากอุปกรณ์ที่ใช้งานสำหรับแบบจำลองพลังงาน Intersol ให้การคำนวณหลักการสมดุลความร้อน ซึ่งรวมถึงสมดุลความร้อนที่พื้นผิว สมดุลความร้อนในอากาศ และการจำลองระบบอาคาร (ปรมฤทธิ์ ฤทธิเดช, อำนวย พงศ์ศิลป์ และศุภวิชัย วรรัตน์, 2564)

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential) เป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคาร ตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร การศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าควรจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (เชิฐรินทร์ อินทนาส และคณะ, 2565) โดยทั่วไปเทคนิคนี้นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PP) วิธีการคิดระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหาระยะเงินสะสมสะสมสุทธิในแต่ละช่วงเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากการติดลบ มาเป็นบวกในระยะเวลาใดก็ตามหมายถึง ระยะเวลาคืนทุนได้เกิดขึ้นภายในระยะเวลานั้นเองสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังสมการที่ 1

$$Payback = \frac{\text{Total Investment}}{\text{Unit per year} \times FIT} \quad (1)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ FIT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุของโครงการ (50 ปี)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นวิธีคำนวณหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตตามอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ด้อยกว่า หรือต้นทุนเงินทุนกับต้นทุนเงินทุนเริ่มแรก โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการจะมีการคำนวณอัตราส่วนลดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยอาจจะประมาณการจากอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร ซึ่งมีหลักการตัดสินใจว่าโครงการจะมีความเหมาะสมในการลงทุนหรือไม่ NPV > 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้นๆ มีความเหมาะสมที่จะลงทุน ได้ดังสมการที่ 2

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Est}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), Est คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate), t คือ Time of cash flow



อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เป็นที่นิยมเหมือนกับวิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดย IRR และ NPV ทั้งสองวิธีนี้ มีหลักการบนพื้นฐานเดียวกัน คือ เป็นการให้ความสำคัญกับค่าของเงินตามระยะเวลา ซึ่งนับแปลว่า กระแสเงินสดจำนวนเดียวกันที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างกันนั้น ย่อมมีค่าที่ไม่เท่ากัน การคำนวณด้วย NPV จะใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) หรือจะเรียกว่าเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) ของเงินทุนก็ได้ ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้น ส่วนการคำนวณค่า IRR นั้น จะแตกต่างกับ NPV ที่ค่าของตัวแปร r โดยใน IRR ค่า r จะถูกแทนด้วยอัตราคิดลดหรือต้นทุนของเงิน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, ES_t คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), I_0 คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก $IRR >$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก $IRR <$ ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงานของมาตรการปรับปรุง

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เริ่มบังคับใช้ 1 มกราคม 2566 มีค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5986 kgCO₂e/kWh (เงินกร เชื้อเพลิง, ศุภวัชรชัย วรรัตน์, และประยุทธ์ (ฤทธิ์เดช, 2567) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$\text{Avoided CO}_2 \text{ Emissions} = ER * 0.5986 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \quad (4)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh) หรือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนที่ลดลงของการปรับปรุงตามมาตรการ



กรอบแนวคิด

กรอบแนวความคิด ได้มาจากการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในอาคาร สามารถสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

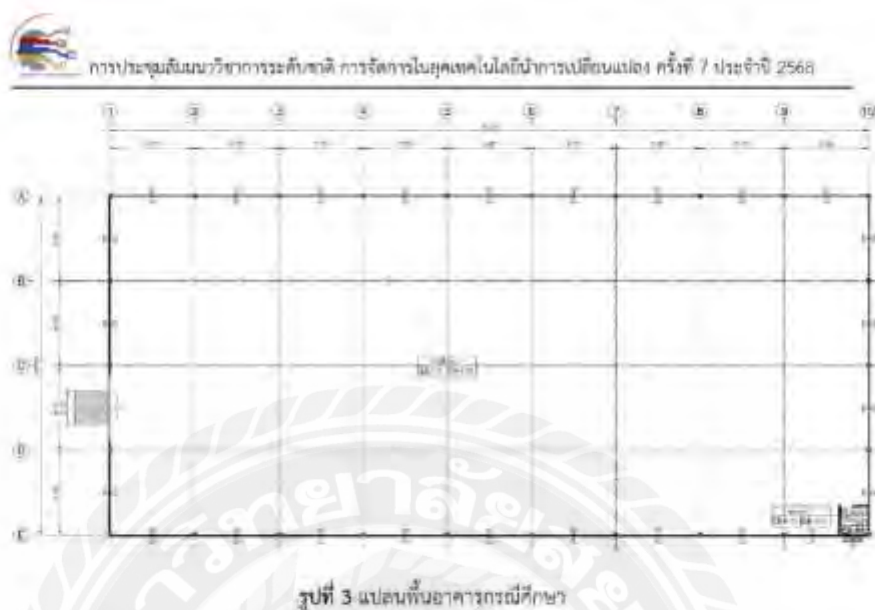
จากรูปที่ 1 เป็นกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ของการวิจัยเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคารตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก สร้างแบบจำลองพลังงานด้วยโปรแกรม OpenStudio และ EnergyPlus ศึกษาผลการปรับปรุงกรอบอาคาร เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ FID, NPV, IRR และประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้แบบจำลองพลังงานในอาคาร OpenStudio และ EnergyPlus ซึ่งเป็นโปรแกรมโดยทำการศึกษากการปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคาร ดังรูปที่ 1 โดยแผนผังวิธีดำเนินงานวิจัยจะประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา ดังรูปที่ 2 ผนังอาคารทำด้วยวัสดุ Masonry Wall และ Glass Wall ส่วนของหลังคาใช้วัสดุ Metal Sheet หนา 4 mm และแบบแปลนของพื้นที่ภายในอาคาร ดังรูปที่ 3 ลักษณะเป็นอาคารประเภทธุรกิจค้าปลีก และข้อมูลต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษาได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 อาคารกรณีศึกษา



ตารางที่ 1 ข้อมูลอาคารตัวอย่างกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

ข้อมูลอาคาร	อาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก			
ปีที่เปิดใช้อาคาร	พ.ศ. 2566			
พื้นที่ใช้สอย (m ²)	810			
พื้นที่รับอากาศ (m ²)	806			
พื้นที่ไม่รับอากาศ (m ²)	4			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/Year)	87,121.00			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ kWh/(m ² Year)	107.56			
เวลาเปิดใช้อาคาร (hr)	12			
Window-to-Wall Ratio (WWR)	ทิศเหนือ (N)	ทิศใต้ (S)	ทิศตะวันออก (E)	ทิศตะวันตก (W)
	0.3225	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 1 นำเสนอข้อมูลพื้นฐานของอาคารกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก ที่ใช้ในการวิจัย แสดงรายละเอียดดังนี้ อาคารเปิดใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่ใช้สอยรวม 810 ตารางเมตร โดยเป็นพื้นที่รับอากาศ 806 ตารางเมตร และพื้นที่ไม่รับอากาศ 4 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 87,121 kWh/Year (อ้างอิงจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2567) คิดเป็น 107.56 kWh/m²Year เปิด



ใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังแสดงอัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ (WWR) ในแต่ละทิศทาง โดยมีทิศเหนือมีค่า 0.3225 ส่วนทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกมีค่าเท่ากับ 1.000

สมบัติทางความร้อนของกรอบอาคาร

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอมาตรการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนผนังและหลังคาที่สามารถนำรูปแบบมาตรการมาประยุกต์ใช้ได้จริง โดยใช้เทคนิคการปรับคุณสมบัติของวัสดุและชนิดกรรมของกรอบอาคารมาใช้ในการปรับปรุงผนังและหลังคาของอาคารที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน โดยทำการรวบรวมคุณสมบัติตัวแปรทางความร้อนของกรอบอาคารที่ส่งผลต่อการให้พลังงานดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลอ้างอิงสมบัติที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทางความร้อนอาคารกรณีศึกษา

รายการวัสดุ	ค่า Thermal Conductivity (W/m ² .K)	ค่า Density (kg/m ³)	ค่า Specific Heat (kJ/kg°C)	ค่า SHGC	ค่า Transmittance
1. ฉนวนอิฐบล็อก ฉาบปูนหนา 75 mm	1.10	1,700	0.79	-	-
2. กระฉกโกลี หนา 6 mm	-	-	-	0.72	0.846
3. ฉนวนกันความร้อน พนา 65 มม.	0.035	24	0.96	-	-
4. พิล์ม B4100	-	-	-	0.29	0.128
5. ฉนวนหุ้มฝ้า Stay Cool หนา 75 mm	0.036	12	0.96	-	-
6. ฉนวนหุ้มฝ้า Stay Cool หนา 150 มม.	0.042	12	0.96	-	-

เมื่อได้สร้างอาคารขึ้นในรูปแบบ 3 มิติโดยใช้โปรแกรม SketchUp แล้วส่งข้อมูลทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของตัวแปรต่าง ๆ ผ่าน OpenStudio เพื่อนำไปให้ EnergyPlus ทำการคำนวณ การสร้างแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลค่าอ้างอิงสมบัติที่เกี่ยวข้องของตัวแปรทางความร้อนของอาคาร ตามรายการวัสดุแต่ละประเภทที่นำมาใช้ในการปรับปรุง โดยตารางที่ 2 ได้แสดงค่า Thermal Conductivity, Density, Specific Heat, Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) และ Transmittance ของวัสดุต่าง ๆ ที่นำมาใช้แทนค่าในแบบจำลอง โดยอัตราส่วนของพื้นที่หน้าต่างภายนอกเทียบกับพื้นที่ผนังของอาคาร (WWR) ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3 พบว่าค่า WWR มากที่สุดจะอยู่ที่ทิศเหนือ (N) เท่ากับ 0.3225 โดยที่ทิศใต้ (S) ทิศตะวันออกและ



ตะวันตกมีอัตราส่วนพื้นที่หน้าต่งภายนอกเทียบกับพื้นที่ผนังของอาคาร (WWR) เท่ากันมีค่าเท่ากับ 1.000 เนื่องจากอาคารมีรูปแบบผนังทับ

มาตรการปรับปรุงหลังงานกรอบอาคารกรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการนำเสนอรูปแบบมาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน จำนวน 6 มาตรการ โดยทำการวิเคราะห์ตัวแปร สัมบัติด้านความร้อนของกรอบอาคารกรณีศึกษา และความเป็นไปได้ในการนำมาตรการใช้พลังงานและการปฏิบัติงานจริงแสดงไว้ในตารางที่ 3 จากนั้นจึงนำมาตรการที่เลือกไปทำการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้ตัวแปรของแต่ละมาตรการ รวมถึงแสดงจำนวนพื้นที่ของผนัง พื้นที่ยังคงค่า ราคาวัสดุและค่าแรงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 มาตรการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

มาตรการ	รายละเอียด
M1	ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคาร หนา 65 มม
M2	ติดตั้งฉนวน R4100 ที่กระจกทั้งอาคาร
M3	ติดตั้งฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 75 มม
M4	ติดตั้งฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 150 มม
M5	ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 มม ติดฟิล์ม R4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 75 มม
M6	ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 มม ติดฟิล์ม R4100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 150 มม

ตารางที่ 4 ราคาวัสดุบวกค่าแรงสำหรับมาตรการปรับปรุงกรอบอาคาร

รายการวัสดุ	จำนวนพื้นที่ (m ²)	ราคาตัววัสดุและค่าแรง (Baht/m ²)
1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 75 มม	400.78	420.00
2. กระจกใส หนา 6 มม	23.22	251.87
3. ฉนวนกันความร้อน หนา 65 มม	400.78	352.08
4. ฟิล์ม R4100	23.22	861.11
5. ฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 75 มม	810.00	210.41
6. ฉนวนหลังคา Stay Cool หนา 150 มม	810.00	268.74



ผลการศึกษา

เมื่อได้แบบจำลองต้นแบบของอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงทำการเพิ่มความสามารถในการป้องกันความร้อน ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ ผลจากการจำลองพลังงานโดยใช้ Open Studio และ Energy Plus ทำการจำลองการปรับปรุงอาคารตาม 6 มาตรการ พบว่าค่าการใช้พลังงาน (Energy Use) ของอาคารกรณีศึกษาอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 86,902.23 kWh/Year โดยมีค่าลดลงจากการใช้ไฟฟ้าจริงของอาคารกรณีศึกษาอยู่ที่ -0.25 % จากการจำลองการใช้พลังงานทั้ง 6 มาตรการ ได้ผลการศึกษาซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบค่า Energy Use ก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 จากนั้นจึงวิเคราะห์การลงทุนเพื่อหาความเป็นไปได้ในการลงทุนแต่ละมาตรการโดยใช้ผลตอบแทนการลงทุนมาช่วยวิเคราะห์โอกาสและความเป็นไปได้ของโครงการที่ดีที่สุดในระยะเวลา 40 ปี โดยคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 7 บาท และใช้อัตราคิดลดที่ 5% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่า Energy Use หลังการปรับปรุง และค่าตอบแทนการลงทุน

มาตรการ	พลังงานหลังปรับปรุง kWh/Year	พลังงานหลังปรับปรุง kWh/(m ² Year)	การประหยัดพลังงาน (%)	ค่า NPV (บาท)	ค่า IRR (%)	ค่า PB (ปี)
M1	86,510.87	106.80	0.45	-91,098.96	-5.89	เกิน 40 ปี
M2	86,704.08	107.04	0.23	3,805.49	1.28	26.15
M3	86,138.39	106.34	0.88	-78,684.52	-3.66	เกิน 40 ปี
M4	85,819.18	105.95	1.25	-87,590.36	-3.12	เกิน 40 ปี
M5	85,281.53	105.29	1.86	-135,865.62	-3.21	เกิน 40 ปี
M6	84,965.75	104.90	2.23	-146,183.05	-2.97	เกิน 40 ปี

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการปรับปรุงอาคารทั้ง 6 มาตรการ พบว่ามาตรการ M6 (ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม 84100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 150 มม.) ให้ผลการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ 2.23% โดยสามารถลดการใช้พลังงานจาก 86,902.23 kWh/Year เหลือเพียง 84,965.75 kWh/Year หรือคิดเป็น 104.90 kWh/(m²Year) รองลงมาคือมาตรการ M5 (ติดตั้งฉนวนที่ผนังอาคารหนา 65 mm ติดฟิล์ม 84100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 75 มม.) ซึ่งให้ผลประหยัดพลังงานที่ 1.86% ลดการใช้พลังงานลงเหลือ 85,281.53 kWh/Year หรือคิดเป็น 105.29 kWh/(m²Year) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุน พบว่ามีเพียงมาตรการ M2 (ติดฟิล์ม 84100 ที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่ให้ค่า NPV เป็นบวกที่ 3,805.49 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็นบวกที่ 1.28% โดยมีระยะเวลาคืนทุน (PB) 26.15 ปี แม้ว่ามาตรการนี้จะให้ผลประหยัดพลังงานเพียง 0.23% ซึ่งน้อย



ที่สุดในบรรดามาตรการทั้งหมด แต่เนื่องจากมีต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ ทำให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ามาตรการอื่น ๆ ทั้งหมด (M1, M3, M4, M5 และ M6) มีค่า NPV เป็นลบ และ IRR ต่ำกว่าอัตราคิดลด 5% ที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเกิน 40 ปี ซึ่งเกินอายุของโครงการที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่ามาตรการดังกล่าวไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะเวลา 40 ปี

ในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงในตารางที่ 6 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ใน 2 ประเด็นหลักตามมาตรการทั้ง 6 รูปแบบ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ พบว่า มาตรการ M6 (การติดตั้งหม้อไอน้ำคาร์บอน 65 mm ติดฟิล์ม 84100 และเพิ่ม Stay Cool หนา 150 mm) มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ 1,936.48 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 1,159.18 kgCO₂/kWh/Year รองลงมาคือมาตรการ M5 ที่สามารถประหยัดพลังงานได้ 1,620.70 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 970.15 kgCO₂/kWh/Year ขณะที่มาตรการ M2 (การติดฟิล์ม 84100) มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำที่สุด โดยประหยัดได้เพียง 198.15 kWh/Year และลดการปล่อย CO₂ ได้ 118.61 kgCO₂/kWh/Year แม้ว่ามาตรการนี้จะประหยัดพลังงานได้น้อยที่สุด แต่จากตารางที่ 5 กลับพบว่าเป็นมาตรการเดียวที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยภาพรวม ตารางนี้แสดงให้เห็นว่ามาตรการที่มีการผสมผสานการปรับปรุงหลายส่วนเข้าด้วยกัน (M5 และ M6) สามารถให้ผลลัพธ์ในการประหยัดพลังงาน และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่ามาตรการเดียว ๆ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ปัจจัยด้านต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนต้องนำมาพิจารณาด้วยเมื่อต้องตัดสินใจเลือกมาตรการที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 6 การใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร

มาตรการ	พลังงานหลังปรับปรุง kWh/Year	ปริมาณการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ /kWh/Year)	การประหยัดพลังงาน (Energy Use) kWh/(Year)	การลดปริมาณการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ /kWh/Year)
M1	86,510.87	51,785.41	391.36	234.27
M2	86,704.08	51,901.06	198.15	118.61
M3	86,138.39	51,562.44	763.84	457.23
M4	85,819.18	51,371.36	1,083.05	648.31
M5	85,281.53	51,049.52	1,620.70	970.15
M6	84,965.75	50,860.50	1,936.48	1,159.18



สรุป

จากผลการศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามมาตรการลดความร้อนผ่านกรอบอาคาร กรณีศึกษา อาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก สามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงกรอบอาคารด้วยมาตรการต่าง ๆ สามารถลดการใช้พลังงานของอาคารได้ แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีเพียงมาตรการ M2 (ติดตั้ง B4100 ที่กระจกทั้งอาคาร) เท่านั้นที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาคารกรณีศึกษาในพื้นที่กระจกเพียง 23.22 % เทียบกับพื้นที่ผนังทั้งหมด 400.78 m² ทำให้การปรับปรุงกระจกมีต้นทุนต่ำกว่ามาตรการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การที่พื้นที่กระจกส่วนใหญ่อยู่ทางทิศเหนือ (WWR = 0.3225) ซึ่งได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าทิศอื่น ๆ ก็อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลประหยัดพลังงานจากการติดตั้งกระจกไม่สูงมากนัก มาตรการที่ให้ผลประหยัดพลังงานสูงสุดคือ M6 และ M5 ซึ่งเป็นการรวมหลายมาตรการเข้าด้วยกัน แต่กลับไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากต้นทุนในการปรับปรุงสูงเกินไปเมื่อเทียบกับผลประหยัดพลังงานที่ได้รับ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเกิน 40 ปี ซึ่งเกินอายุของโครงการที่กำหนดไว้

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้มาตรการปรับปรุงกรอบอาคารจะช่วยลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ แต่ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจลงทุน โดยเฉพาะในอาคารประเภทธุรกิจค้าปลีกที่มีการใช้พลังงานไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารสำนักงาน หรือโรงแรม

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่ามาตรการ M6 ไม่ประสิทธิภาพประหยัดพลังงานสูงสุด (2.23%) และลดการปล่อย CO₂ ได้มากที่สุด (1.159.16 kgCO₂/kWh·Year) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ประยูทธ์ ฤทธิเดช, อานาง มนต์ศิลป์ และศุภรัชชัย วรรัตน์, 2564) ที่พบว่า การปรับปรุงกรอบอาคารสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีเพียงมาตรการ M2 ที่มี NPV เป็นบวก และระยะเวลาคืนทุน 26.15 ปี สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของการลงทุนในมาตรการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารพาณิชย์ประเภทร้านค้าปลีก

ผลการศึกษาเป็นผลพวงจากงานวิจัยของ (จินนกร เขียววงศ์, ศุภรัชชัย วรรัตน์, และประยูทธ์ ฤทธิเดช, 2567) ที่พบว่า การปรับปรุงกรอบอาคารในอาคารสำนักงานภาครัฐมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะการใช้งานอาคาร ระยะเวลาก่อสร้างเปิดใช้งาน และรูปแบบการใช้พลังงาน

การพิจารณาเฉพาะการลงทุนระยะยาวอาจไม่เพียงพอ ควรคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ภาวการณ์เมือง องค์กร นโยบายภาครัฐ และแนวโน้มราคาพลังงานในอนาคต สอดคล้องกับแนวคิดของ (ยศยา กิทธิภูมิวิตร, 2562) ที่เสนอว่านโยบายสนับสนุนจากภาครัฐเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร



ข้อเสนอแนะ

1. การพิจารณาปัจจัยอื่นนอกเหนือจากความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์: การประเมินความคุ้มค่าของมาตรการประหยัดพลังงานควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ภาพลักษณ์ขององค์กรในการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือการตอบสนองค่านิยมของสังคมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การพิจารณามาตรการอื่น ๆ: นอกเหนือจากการปรับปรุงกรอบอาคารแล้ว ควรพิจารณามาตรการประหยัดพลังงานอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น การปรับปรุงระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง หรือการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งอาจมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า

3. การพิจารณานโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ: ภาครัฐควรพิจารณาสนับสนุนการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน เช่น การให้เงินอุดหนุน หรือสิทธิประโยชน์ทางภาษี เพื่อให้มาตรการประหยัดพลังงานมีความคุ้มค่ามากขึ้น

4. การประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่น: การศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะอาคารประเภทธุรกิจค้าปลีก ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเฉพาะ ผลการศึกษาอาจแตกต่างกันไปเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมกับอาคารประเภทอื่น ๆ ด้วย

5. การพิจารณาความไม่แน่นอนของราคาพลังงานในอนาคต: การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการศึกษานี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าราคาค่าไฟฟ้าคงที่ที่ 7 บาทต่อหน่วยตลอดอายุโครงการ 40 ปี ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ราคาค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นในอนาคต การวิเคราะห์ควรพิจารณาความไม่แน่นอนของราคาพลังงานในอนาคตด้วย

บรรณานุกรม

ณัฏฐ์ นาคกร, ศุภรัชชัย วรรัตน์, และ อำนาจ ผดุงศิลป์. (กันยายน-ธันวาคม 2566). การพัฒนาแบบจำลองพลังงานแบบบูรณาการของอาคารในเมืองพัทยา ประเทศไทย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 17(3), 56-71.

ทินกร เชื้อวงศ์, ศุภรัชชัย วรรัตน์, และ ประยุทธ์ ฤทธิเดช. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2567). การปรับปรุงพลังงานของกรอบอาคารในอาคารสำนักงานภาครัฐโดยใช้แบบจำลองพลังงาน: กรณีศึกษาสำนักงานเทศบาลเมืองบางนา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 18(2), 92-106.

นันทพล มหาวิน, อภิชาติ บัวกล้า, ฤทธิพิรุฑ์ ก้อนทอง, และ นพรัตน์ เกตุขาว. (2565). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน ด้วยการปรับปรุงกรอบอาคาร: กรณีศึกษาอาคารที่อยู่อาศัย. ใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา (บ.ก.), *วิศวกรรมโยธาเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*. (น. BIM05-1-BIM05-10)

ประยุทธ์ ฤทธิเดช, ศุภรัชชัย วรรัตน์, และ อำนาจ ผดุงศิลป์. (กันยายน-ธันวาคม 2566). การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของอาคารใน



การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ การจัดการในยุคเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. วารสารวิจัยและพัฒนา โดยอสงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 18(3), 43-55.

ประยูรย์ ฤทธิเดช, อานาณ ผดุงศิลป์ และศุภกิจชัย วรรัตน์. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2561). การประเมินผลมาตรการการปรับปรุงผลงานของกรรณาคารในอาครสถานศึกษาโดยใช้แบบจำลองผลงานกรณีศึกษาในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. วารสารวิชาการชุมชน, 11(31), 128-142.

ประยศ ประสมศักดิ์. (2561). คุณภาพชีวิต คุณภาพสินค้า ราคา ความพึงพอใจ และความไว้วางใจ ที่ส่งผลต่อความภักดีต่อร้าน สีน้าเบคเคตและเครื่องมือช่างของลูกหัวในกรุงเทพมหานคร [สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ]. <http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/4413>

พัชรินทร์ อินทมาศ, มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร สุทธิงษ์, ชีระพงษ์ บุญรักษา และพรหมพิตร บุญรักษา. (กันยายน-ธันวาคม 2561). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในระดับครัวเรือน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์, 4(3), 47-56.

อศยา กัวยภูมิศรี. (2562). การประเมินประสิทธิภาพผลงานหลังการเข้าใช้ระบบกลางการประจักษ์ผลงานที่ได้รับรางวัลตามเกณฑ์ LEEU 2009 [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012MNRAS...72...1000A>

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

นายภิมศรันย์ อุบลแก้วศิริ

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สถานที่ทำงาน

เทศบาลเมืองบางรักพัฒนา

