การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมวิเคราะห์พลังงานสำเร็จรูป และแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

A Comparative Study of Building Energy Evaluation and BIM Software System

รินทร์ลภัส ทัพพ์ดิเรกลาภ[1,*] ธนภัทร สิทธิเชนทร์[2] ภัสสราภรณ์ โสดาวงษ์[3] ธนธรณ์ หงษ์โต[4] พิจิตร เจียมวรางกูร[5] และ กวิน ตันติเสวี[6]

[1-6] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: s6501082856015@email.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

จากความกังวลเกี่ยวกับสภาวะโลกร้อนนำไปสู่แนวคิดการออกแบบอาคารเพื่อความยั่งยืนและนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ผู้ประกอบการอาคารต่างๆจึงต้องให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงานและมีการประเมินการใช้พลังงานในอาคารตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ในปัจจุบันมีเครื่องมือสำหรับช่วยผู้ออกแบบในการคำนวณ เช่น โปรแกรม BEC ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับคำนวณค่าพลังงานของอาคารที่ถูกบังคับใช้ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 โปรแกรม Hourly Analysis Program (HAP) ซึ่งใช้ในการคำนวณหาภาระการปรับอากาศรวมถึงคำนวณค่าพลังงานทุกชั่วโมงในรอบปีได้ และโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่งสามารถช่วยในการถอดปริมาณงานวิเคราะห์พลังงานจากแบบจำลอง 3 มิติ เป็นต้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องมือทั้ง 3 แบบข้างต้น โดยจัดทำกรณีศึกษาในอาคารขนาดใหญ่ เพื่อให้ทราบถึงจุดเด่น-จุดด้อย ตลอดจนแนวทางการพัฒนาในอนาคต เพื่อลดข้อผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานด้านการวิเคราะห์พลังงาน

คำสำคัญ: พลังงาน, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, ปรับอากาศ, BEC

Abstract

A rising concern over global warming has led to emergence of sustainable building design concepts and government policies promoting energy conservation. Consequently, building practitioners need to put emphasis on energy efficiency and is necessary that building energy consumption be assessed during the design phase. Currently, there are software tools available for designers to perform such assessment. For instance, the Building Energy Code (BEC) program is a software tool for evaluating building energy consumption in compliance with the Ministry of Energy's announcements, outlining the standards for energy-efficient building designs in the year 2021. Another tool is the Hourly Analysis Program (HAP), capable of calculating air conditioning loads and energy values for each hour throughout the year. Additionally, there are Building Information Modeling (BIM) software tools that can perform quantity take-off and energy analysis based on a 3D model. This research aims to study and compare these three different approaches for evaluating building energy performance based on a real-world large building project. This research also identifies their strengths and weaknesses, along with opportunities for improvement to minimize errors and enhance efficiency in energy analysis.

Keywords: Energy, BIM, Air Conditioning, BEC

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาสภาวะโลกร้อนก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ สำหรับประเทศไทยพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี มีแนวโน้มสูงขึ้นและข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานก็แสดงให้เห็นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นทุกปีเช่นเดียวกัน [1] ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นคงทางพลังงาน ภาครัฐจึงได้ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานทางเลือก โดยมีการตราพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และกระทรวงพลังงานได้ออกประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564 โดยอาศัยความในพระราชบัญญัติดังกล่าว เพื่อบังคับให้อาคารสร้างใหม่หรือปรับปรุงที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป 9 ประเภท ได้แก่ 1) โรงมหรสพ 2) โรงแรม 3) สถานบริการ 4) สถานพยาบาล 5) สถานศึกษา 6) สำนักงานหรือที่ทำการ 7) ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า 8) อาคารชุด และ 9) อาคารชุมนุมคน จะต้องปฏิบัติตามเพื่อเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) เป็นเครื่องมือประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งในการคำนวณจะแบ่งองค์ประกอบเป็น ระบบเปลือกอาคารผนังอาคารและหลังคาอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานหมุนเวียน และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร [2]

อย่างไรก็ตามในการออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศและระบายอากาศนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะมีเครื่องมือช่วยประเมินภาระการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอย่างละเอียดอยู่แล้ว เช่น ในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วิศวกรจะใช้วิธีการจำลองรายชั่วโมงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์พลังงานโดยอาจแยกตามประเภทของห้อง รวมถึงอุปกรณ์ที่อยู่ใน

ห้อง เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นการใช้โปรแกรม BEC ในการคำนวณที่ตามประกาศกระทรวงพลังงานเพื่อใช้ในการยื่นขออนุญาตก่อสร้างจึงอาจเป็นการทำงานที่ซ้อนกันและอาจเกิดความผิดพลาดในการป้อนข้อมูลเข้าได้ง่าย

นอกจากนั้นในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling : BIM) ช่วยในกระบวนการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารและมีการเชื่อมโยงข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ของอาคารเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณ วิเคราะห์ และออกแบบทางวิศวกรรม ระบบไฟฟ้าและระบบปรับอากาศและระบายอากาศ รวมถึงยังสามารถถอดปริมาณวัสดุ

เนื่องจากผู้ออกแบบมีทางเลือกในการใช้เครื่องมือในการออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่หลากหลาย งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการเปรียบเทียบเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิศวกรผู้ออกแบบตัดสินใจเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์พลังงานของอาคาร ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานด้านพลังงานของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงกรณีโดยใช้โครงการก่อสร้างอาคารโรงมหรสพ ความสูง 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 2,931 ตารางเมตร เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์พลังงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 3 โปรแกรม ประกอบด้วย โปรแกรม BEC Web-based V2.6.0 โปรแกรม Hourly Analysis Program 5.11 และโปรแกรม Autodesk Revit 2023

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพื่อให้ทราบความแตกต่างของการวิเคราะห์พลังงานของอาคารในแต่ละโปรแกรม
2) เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์พลังงาน

2. ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดค่ามาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2564

ประกาศกระทรวงฉบับนี้ [2] มีเป้าหมายหลัก เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้การออกแบบและก่อสร้างอาคารมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินค่าพลังงานของอาคารแบ่งออกเป็น 4 หมวดหลัก ได้แก่

2.1.1 หมวดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร

แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (overall thermal transfer value : OTTV) คือ ค่าที่ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านนอกของอาคารเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผนัง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (roof thermal transfer value : RTTV) คือค่าที่ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของอาคารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หลังค่า มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) โดย ค่า OTTV และ RTTV ต้องมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

- สถานศึกษา สำนักงานหรือที่ทำการ 50 W/m² และ 10 W/m² ตามลำดับ
- โรงมหรสพ สถานบริการ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า อาคารชุมนุมคน 40 W/m² และ 8 W/m² ตามลำดับ
- โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด 30 W/m² และ 6 W/m² ตามลำดับ

2.1.2 หมวดค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของอาคาร (lighting power density : LPD)

ปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างแสงสว่างในหนึ่งหน่วยพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) ต้องมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

- สถานศึกษา สำนักงานหรือที่ทำการ 10 W/m²
- โรงมหรสพ สถานบริการ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า อาคารชุมนุมคน 11 W/m²
- โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด 12 W/m²

2.1.3 หมวดค่าประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

-เครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์ ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล เป็นไปตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (ขั้นต่ำ) ในปัจจุบันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

- เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ อ้างอิงจากการทดสอบสภาวะมาตรฐานที่มีค่าอุณหภูมิน้ำออกจากระบบจ่ายน้ำเย็น 7.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำออกจากระบบระบายความร้อน 32.2 องศาเซลเซียส ต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นไม่เกินค่า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบอัดไอ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)	ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	ทุกขนาด	1.12
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	0.88
	แบบโรตารีหรือแบบสกรู	ทุกขนาด	0.7
	แบบสครอลล์	ทุกขนาด	0.89
	แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 มากกว่า 300	0.67 0.61

ส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ระบบระบาย ความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นรวมกันไม่เกิน 0.5 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

- เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบดูดกลืน ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำแล้วแต่กรณีไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด ดังนี้

  - กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิเย็นเข้า 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเย็นออก 7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น 32 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องควบแน่น ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้

  1) ประเภทขั้นเดียว 0.105 ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์ มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ 0.65

2) ประเภทสองชั้น 0.079 ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์ มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ 1.10

- กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิเย็นเข้า 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเย็นออก 7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น 32 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำออกเครื่องควบแน่น 37.5 องศาเซลเซียส ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้

1) ประเภทชั้นเดียว มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ 0.65

2) ประเภทสองชั้น มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ 1.10

ทั้งนี้ การคิดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะจะคิดเฉพาะค่าความร้อนเท่านั้น โดยไม่รวมกำลังไฟฟ้าในระบบ

2.1.4 หมวดค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

- หม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน (steam boiler and hot water boiler) ต้องมีค่าประสิทธิภาพ ต้องมีค่าประสิทธิภาพ ไม่ต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำที่กำหนด ดังนี้

1) หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ค่าประสิทธิภาพ ขั้นต่ำ 85

2) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง และหม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ค่าประสิทธิภาพ ขั้นต่ำ 80

- เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบอากาศสู่อากาศ (air-source heat pump water heater) อุณหภูมิน้ำเข้า 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำที่กำหนด ดังนี้

1) อุณหภูมิน้ำออก 50 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะขั้นต่ำ 3.5

2) อุณหภูมิน้ำออก 60 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะขั้นต่ำ 3.0

จากการประเมิน 4 หมวดข้างต้นในการออกแบบอาคารควรจะต้องผ่านเกณฑ์ในแต่ละหมวด แต่หากมีหมวดในหมวดที่ 1-3 (ระบบเปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ก็จะพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวม ถ้าหากการใช้พลังงานโดยรวมไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะถือว่าผ่านเกณฑ์การออกแบบใน 3 หมวดดังกล่าว ทั้งนี้จำเป็นจำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ในหมวดอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การออกแบบ [2]

2.2 โปรแกรมวิเคราะห์ค่าพลังงานของอาคาร

2.2.1 โปรแกรม Building Energy Code (BEC) Web-based

โปรแกรม BEC Web-based พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงพลังงานเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงพลังงาน ประกอบด้วยการคำนวณภาระการทำความเย็น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานหมุนเวียน และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ปัจจุบันโปรแกรมอยู่ในรูปแบบออนไลน์ สามารถใช้งานได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต นอกจากนั้นข้อดีของโปรแกรมคือสามารถติดตามตรวจสอบการใช้งานของผู้ตรวจประเมินได้ สามารถสร้างแบบฟอร์มสรุปผลการประเมินค่าอนุรักษ์พลังงานฯประกอบในเอกสารเพื่อใช้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร (อ.1) และขอใบอนุญาตใช้งานอาคาร (อ.5) [3, 4]

2.2.2 โปรแกรม Hourly Analysis Program 5.11

โปรแกรม HAP พัฒนาโดยบริษัท Carrier เป็นเครื่องมือที่ช่วยวิศวกรในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับอาคารพาณิชย์ โดยใช้วิธีการถ่ายโอนพลังงานโดยการจำลองพลังงานในระยะเวลา 8,760 ชั่วโมงต่อปี โปรแกรม HAP สามารถใช้คำนวณภาระการทำความเย็นแต่ละห้องในอาคาร และออกแบบระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคาร และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานรายชั่วโมงของอาคาร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการปรับปรุงหรือออกแบบระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2.3 โปรแกรม Autodesk Revit

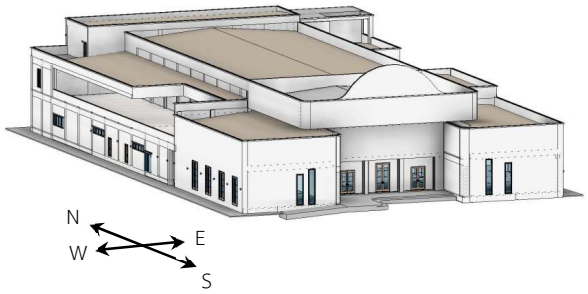
โปรแกรม Autodesk Revit เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่งเป็นแบบจำลองอาคาร 3 มิติ ที่ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ขององค์ประกอบอาคาร ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นมุมมองอาคารแบบเสมือนจริงทำให้ง่ายต่อการวางแผนและการทำงานร่วมกัน โดยภายในโปรแกรม Autodesk Revit มีโปรแกรมเสริมสำหรับวิเคราะห์พลังงาน ด้วยการระบุคุณสมบัติของวัสดุและองค์ประกอบอาคาร เช่น คุณสมบัติการนำความร้อน ความหนา พื้นที่ของผนัง หน้าต่าง หลังคา ค่าพลังงานงานของระบบไฟฟ้า ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ จำเป็นต้องระบุปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น [5, 6]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากศึกษากฎหมายและทบทวนงานวิจัยในอดีต จากนั้นจัดทำกรณีศึกษาโดยสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารจากข้อมูลแบบก่อสร้าง 2 มิติ เพื่อนำมาถอดปริมาณวัสดุและพื้นที่ต่าง ๆ จากนั้นจึงนำผลการถอดปริมาณมาใช้ในการวิเคราะห์พลังงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทั้ง 3 โปรแกรม และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พลังงาน

3.1 รายละเอียดกรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ อาคารโรงมหรสพ ความสูง 3 ชั้น มีขนาดพื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 2,931 ตารางเมตร ดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดคุณสมบัติของผนัง หลังค่า และอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ดังในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5



รูปที่ 1 แบบจำลองสารสนเทศอาคารโรงมหรสพ

ตารางที่ 2 ประเภทและคุณสมบัติของหลังคา

ชื่อหลังคา	วัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อน ($(m^2.°C)/W$)	รวมวัสดุค่าความต้านทานความร้อน ($(m^2.°C)/W$)
คอนกรีตหนา 25 ซม.	คอนกรีต หนา 25 ซม.	0.173	0.783
	ช่องว่างอากาศ กว้าง 15 มม. มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.578	
	แผ่นยิปซั่ม หนา 9 มม.	0.0320	
สังกะสีพร้อมฉนวน หนา 26.5 มม.	สังกะสี หนา 1.5 มม.	0.00003	0.71433
	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) หนา 25 มม.	0.7143	
โปร่งแสง	แผ่นโปร่งแสง 1.5 มม.	0.1645	0.1645

ตารางที่ 3 ประเภทและคุณสมบัติของผนัง

ชื่อผนัง	วัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อน ($(m^2.°C)/W$)	รวมวัสดุค่าความต้านทานความร้อน ($(m^2.°C)/W$)
ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น หนา 10 ซม.	พื้นผิวผนังด้านนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.044	0.824
	ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา หนา 15 มม.	0.046	
	คอนกรีตมวลเบา 620 กิโลกรัม/ลบ.ม.	0.389	
	ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา หนา 15 มม.	0.046	
	พื้นผิวผนังด้านใน มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	
ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น หนา 20 ซม.	พื้นผิวผนังด้านนอก มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.044	1.791
	ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา หนา 15 มม.	0.046	
	คอนกรีตมวลเบา 620 กิโลกรัม/ลบ.ม.	0.389	
	ช่องว่างอากาศ กว้าง 15 มม. มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.578	
	คอนกรีตมวลเบา 620 กิโลกรัม/ลบ.ม.	0.389	
	ปูนฉาบคอนกรีตมวลเบา หนา 15 มม.	0.046	
	พื้นผิวผนังด้านใน มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พลังงานของระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์พลังงานของระบบไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ไฟฟ้ากำลังและไฟฟ้าส่องสว่าง โดยแต่ละระบบมีวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละโปรแกรม ดังในตารางที่ 6 ถึงตารางที่ 7

ตารางที่ 4 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ลำดับที่	ประเภทโคมไฟ	พลังงานรวมต่อ 1 โคมไฟ (W)	จำนวน (โคม)
1	Down light เล็ก, MR16 (5 W) x 1	5	358
2	Down light ใหญ่, MR16 (7 W) x 1	7	30
3	โคมฝังฝ้า, LED T8 (9 W) x 1	9	66
4	Chandelier, LED E14 (2 W) x 6	12	21
5	โคมตกแต่ง, LED E27 (4 W) x 1	4	3
6	โคมตกแต่ง, LED E27 (8 W) x 1	8	7
7	โคมภายนอก, LED E27 (12 W) x 1	12	2

ตารางที่ 5 ขนาดและจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร

ชั้นที่	ชนิด	ขนาด (BTU/H)	จำนวน (เครื่อง)
1	แบบแยกส่วน	18,000	2
1	แบบแยกส่วน	24,000	2
1	แบบแยกส่วน	12,000	1
1	ปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ	24,000	16
1	ปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ	48,000	2
2	แบบแยกส่วน	24,000	4
2	แบบแยกส่วน	18,000	3
2	แบบแยกส่วน	30,000	1
2	ปรับปริมาณสารทำความเย็นอัตโนมัติ	48,000	20
3	แบบแยกส่วน	18,000	2

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมของระบบไฟฟ้ากำลัง

โปรแกรม	ขั้นตอนการวิเคราะห์พลังงานระบบไฟฟ้ากำลัง
BEC	- ต้องสร้างอุปกรณ์ทั้งหมด - บันทึกในส่วนพื้นที่อาคาร ซึ่งอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนจำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน
HAP	- ต้องสร้างเวลาการใช้งานในแต่ละอุปกรณ์ และระบุกำลังไฟฟ้า - บันทึกภายในพื้นที่ที่สร้างไว้
Revit	- สร้าง Model ของอาคาร - สร้าง Space ของห้องในแต่ละห้อง - ระบุค่าพลังงานกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน ตารางเวลาการใช้งาน

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

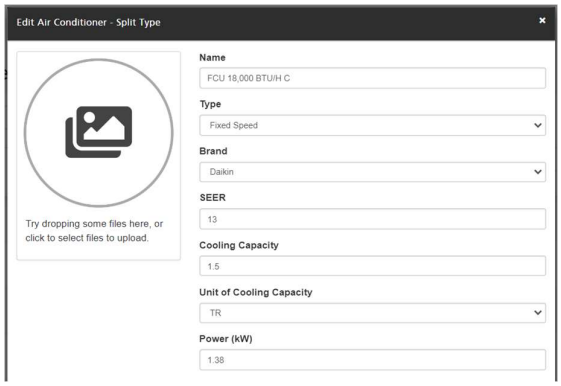
โปรแกรม	ขั้นตอนการวิเคราะห์พลังงานระบบไฟฟ้าส่องสว่าง
BEC	- ต้องสร้างหลอดไฟ บัลลาสต์ นำมาประกอบเป็นชุดโคม - บันทึกในแต่ละโซน
HAP	- ต้องแยกเป็นไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป และไฟฟ้าแสงสว่างไฟตกแต่ง ซึ่งต้องสร้างเวลาการใช้งานของไฟฟ้าส่องสว่าง - ระบุกำลังไฟฟ้า - บันทึกภายในพื้นที่ที่สร้างไว้
Revit	- สร้าง Model ของอาคาร - สร้าง Space ของห้องในแต่ละห้อง - ระบุค่าพลังงานกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน ตารางเวลาการใช้งาน

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์พลังงานของระบบปรับอากาศ

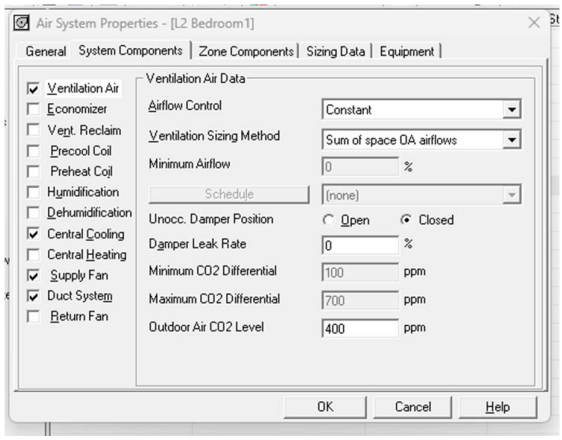
การวิเคราะห์พลังงานของระบบปรับอากาศของแต่ละโปรแกรมจะมีขั้นตอนการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบการใช้งานโปรแกรมของระบบปรับอากาศ

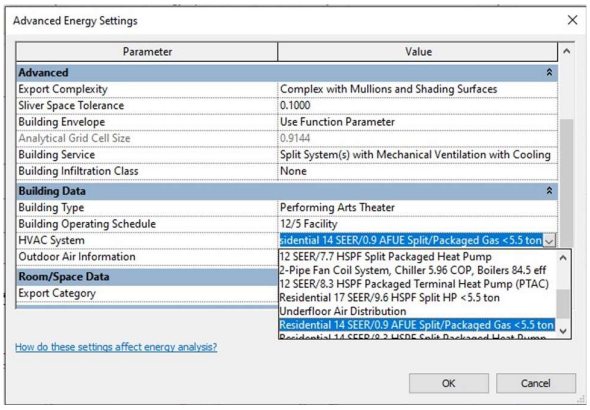
โปรแกรม	วิธีการในการใช้งาน
BEC	- สร้างส่วนเปลือกอาคาร เปลือกอาคาร ชั้นของอาคาร ส่วนพื้นที่อาคาร - สร้างเครื่องปรับอากาศ การกรอกข้อมูลด้านภาระการทำความเย็น - บันทึกข้อมูลเครื่องปรับอากาศลงไปในส่วนพื้นที่อาคาร ดังรูปที่ 2
HAP	- บันทึกความต้องการในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศได้โดยละเอียด - บันทึกข้อมูลด้านภาระการทำความเย็น ต้องแยกประเภทของเครื่องปรับอากาศ - สร้างเวลาการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ระบุกำลังไฟฟ้า - บันทึกภายในระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 3
Revit	- สร้าง Model ของอาคาร - กำหนดค่าวัสดุประกอบอาคาร ประกอบด้วย ความหนาวัสดุ ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าต้านทานความร้อน - สร้าง Space ขอห้องในแต่ละห้อง - ระบุจำนวนคน ค่าความร้อนแฝง ค่าความร้อนสัมผัส ตารางเวลาการใช้งานของคน อุณหภูมิในการปรับอากาศของห้อง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอการตั้งค่าระบบปรับอากาศของโปรแกรม BEC



รูปที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอการตั้งค่าระบบปรับอากาศของโปรแกรม HAP



รูปที่ 4 ตัวอย่างหน้าจอการตั้งค่าระบบปรับอากาศของโปรแกรม Autodesk Revit 2023

4. ผลการวิจัย

หลังจากสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารของอาคารกรณีศึกษา และตรวจสอบความถูกต้องของแบบเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาคำนวณพื้นที่ใช้สอย พื้นที่ผนัง พื้นที่หลังคา และจำนวนอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และนำข้อมูลเหล่านี้ไปกำหนดค่าในโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์พลังงานและเปรียบเทียบผลที่ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการในการวิเคราะห์พลังงาน

โปรแกรม BEC จะมีค่าระยะเวลาการใช้งานแบ่งตามกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือใช้งานไม่เกิน 8, 12 และ 24 ชั่วโมง ที่กำหนดโดยประเภทอาคารตามประกาศกระทรวงพลังงาน และใช้ได้กับประเทศไทย ในขณะที่โปรแกรม HAP และ Revit สามารถกำหนดค่าการใช้งานที่หลากหลายและสามารถใช้กับได้ทุกประเทศ ดังในตารางที่ 9

การกำหนดค่าคุณสมบัติของวัสดุสำหรับผนังและหลังคาทุกโปรแกรมสามารถกำหนดค่าที่หลากหลาย ทั้ง 3 โปรแกรมระบุค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวง

ระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบปรับอากาศ มีการกำหนดพื้นที่เหมือนกัน และมีการกำหนดรายการอุปกรณ์ในแต่ละพื้นที่เหมือนกัน แต่ใน HAP และ Revit สามารถกำหนดตารางโหลด (Load Schedule) ได้

4.2 ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบเปลือกอาคาร

ในการใช้งานโปรแกรม BEC และ HAP จะต้องถอดแบบและวัดพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของอาคารเอง แล้วจึงนำผลการถอดปริมาณมาป้อนลงในโปรแกรมในขณะที่โปรแกรม Autodesk Revit จะต้องเริ่มจากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อน โดยในการสร้างแบบจำลองจะต้องคำนึงถึงวิธีการคำนวณ OTTV และ RTTV ว่ามีการคำนวณอย่างไรเพื่อมาจัดกลุ่มและแบ่งแยกข้อมูลตามองค์ประกอบอาคารแต่ละชั้น เช่น บริเวณพื้นผิวที่จะใช้งาน โดยการตั้งชื่อพื้น ผนัง และหน้าต่างในแต่ละพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ให้แตกต่างกัน เพื่อที่จะใช้ในการจัดกลุ่ม (Aggregation) และคำนวณผลรวมได้สะดวกโดยมีรายละเอียดผลการคำนวณพื้นที่ของอาคาร พื้นที่ผนัง พื้นที่หลังคา และค่า OTTV และ RTTV แสดงในตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ตารางการเปรียบเทียบพารามิเตอร์

ระบบ	BEC	HAP	Revit
ข้อมูลพื้นฐาน	Building Type - 9 types Location (Thailand) - Latitude, Longitude	Location - Latitude, Longitude Measurement Unit	Location - Latitude, Longitude Measurement Unit
กรอบอาคาร	Opaque Material - Name, Density, Thermal Conductivity, Specific Heat Transparent Material - Name, Thickness, SHGC, Visible Transmittance, U-value Opaque Component - Name, Outer Surface Color, Inner Surface, Select Materials, Thickness, Order Transparent Component - Name, Inner Surface, Select Materials Create Floor Create Zone Create Envelope Create Section of Envelope Shading Coefficient (Calculator) - Window (Width, Height) - Shading (X, Y, Z, Width, Height)	Wall, Roof - Name, Outside Surface Color, Absorptivity, Layer, Thickness, Density, Specific Heat, R-Value, Weight Window - Name, Detailed Input, Height, Width, Frame Type, Internal Shade Type, Glass Type, Gap Type Door - Name, Gross Area, Door U-Value, Glass Area, Glass U-Value, Glass Shade Coefficient, Glass Shaded All Day Shading - Name, Reveal Depth, Fin, Overhang, Projection from surface, Height above window	Wall, Roof - Function, Material, Behavior, Thermal Conductivity, Specific Heat, Density, Emissivity, Permeability, Porosity, Reflectivity, Electrical Resistivity, Thickness Door, Window - Frame material, Material main, Material secondary, Gap above header OH, Header offset left CL, Header offset right CR, Opening Width LB, Opening Height LH, Thickness, Define Thermal Properties by, Visual Light Transmittance, Solar Heat Gain Coefficient, Heat Transfer Coefficient
ไฟฟ้ากำลัง	Other Equipment - Name, Power Zone (Add Equipment) - Select Other Equipment, Quantity	Space - Electrical Equipment, Wattage, Schedule Misc. Energy - Name, Process Load, Energy or Fuel Type, Peak Use, Schedule	Energy Analysis - Power Load Density, Power Schedule
ไฟฟ้าแสงสว่าง	Lamp - Name, Brand, Type, Power Ballast - Name, Brand, Type, Power Luminaire - Name, Select Lamp, Select Ballast, Quantity Zone (Add Equipment) - Select Luminaire, Quantity	Space - Overhead Lighting, Fixture Type, Wattage, Ballast Multiplier, Schedule	Energy Analysis - Lighting Load Density, Lighting Schedule
ปรับอากาศและระบายอากาศ	Split Type - Air Conditioning - Name, Type, Brand, SEER, Cooling Capacity, Unit of Cooling Capacity, Power Zone (Add Equipment) - Select Split Type, Quantity	Ventilation Air - Airflow Control, Ventilation Sizing Method, Minimum Airflow, Schedule, Damper Leak Rate, Outdoor Air CO2 Level Central Cooling - Supply Temp., Coil Bypass Factor, Cooling Source, Schedule, Capacity Control	Energy Settings - Building Operating Schedule, HVAC System, Outdoor Air Information Energy Analysis - Sensible/Latent Heat Gain, Cooling Set Point Analyze > Energy Optimization - Create Energy Model - Create System Analysis

ตารางที่ 10 พื้นที่ใช้สอยของอาคาร

	พื้นที่ (ตร.ม.)		
บริเวณ	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
ปรับอากาศ	1276.00	115.00	37.00
ไม่ปรับอากาศ	758.92	520.03	145.10
หลังคา	1276.00	115.00	37.00

ตารางที่ 11 พื้นที่ผนังและกระจก บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ จำแนกตามทิศ

ทิศ	ชั้นที่	พื้นที่ผนัง (ตร.ม.)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)
เหนือ	2	49.00	10.00
	3	16.00	8.00
ใต้	1	71.00	42.215
	2	33.00	-
ตะวันออก	1	94.00	83.2.00
	2	97.00	20.00
ตะวันตก	1	153.00	53.00
	2	16.00	2.00

ตารางที่ 12 ผลลัพธ์ค่า OTTV และ RTTV เทียบกับเกณฑ์ตามกฎหมาย

โปรแกรม	BEC	HAP	Revit
OTTV (W/m2)	45.051	-	-
RTTV (W/m2)	14.632	-	-

4.3 ผลการวิเคราะห์พลังงานจากระบบไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ไฟฟ้ากำลัง และไฟฟ้าส่องสว่างค่าพลังงานของระบบไฟฟ้าจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากโปรแกรมมีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกันคือ ระบุค่ากำลังไฟฟ้า ระยะเวลาในการใช้งานคือ 12 ชั่วโมง โดย โปรแกรม HAP และ Revit ตั้งที่เวลา 10:00 – 22.00 น. ส่วนโปรแกรม BEC ไม่สามารถตั้งค่าเวลาในการใช้งานได้โดยโปรแกรมจะตั้งค่าตามประเภทอาคาร ผลลัพธ์ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี ระบบไฟฟ้าในแต่ละโปรแกรม

โปรแกรม / ผลลัพธ์ที่ได้	BEC	HAP	Revit
ค่าพลังงานของระบบไฟฟ้ากำลัง (kWh/ปี)	205,108.83	243,275.48	196,112.68
ค่าพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (kWh/ปี)	15,097.86	12,160.88	10,005.64

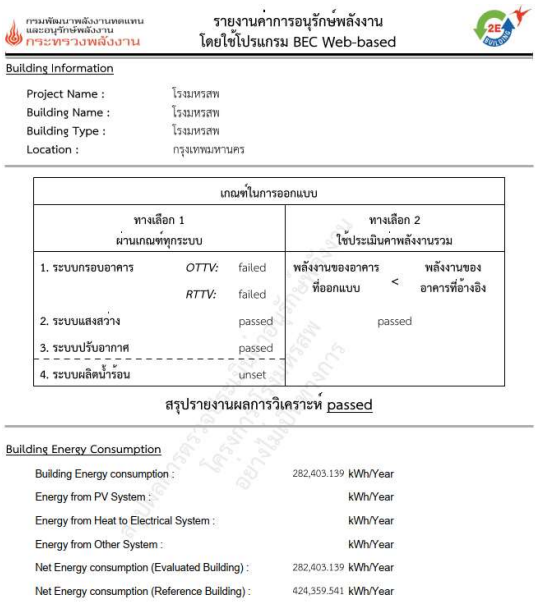
4.4 ผลการวิเคราะห์พลังงานจากระบบปรับอากาศ

ค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวิธีการคำนวณของโปรแกรม BEC ค่าพลังงานจากระบบปรับอากาศ คิดที่เครื่องปรับอากาศ แยกออกจากกรอบอาคาร ที่จะแสดงเป็นค่า OTTV และ RTTV ส่วนโปรแกรม HAP และ Revit คำนวณระบบปรับอากาศโดยการจำลองสถานการณ์และคำนึงถึงปัจจัยแวดล้อม เช่น คุณสมบัติของผนังกรอบอาคาร สภาวะห้องที่ปรับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ของอากาศภายนอกอาคาร สถานที่ตั้ง กรอบอาคาร ทิศทางอาคาร ทิศทางลม ปริมาณแสงแดงที่ส่องผ่าน เป็นต้น แต่จะแสดงเป้นค่าพลังงานรวมของระบบปรับอากาศและกรอบอาคาร ผลลัพธ์ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี ระบบปรับอากาศในแต่ละโปรแกรม

โปรแกรม / ผลลัพธ์ที่ได้	BEC	HAP	Revit
ค่าพลังงานของระบบปรับอากาศ (kWh/ปี)	62,196.45	167,032.27	194,329.33

ในรายการคำนวณโปรแกรม BEC Web-Based V2.6.0 สามารถแสดงค่าพลังงานไฟฟ้ารายปีแยกตามระบบ (kWh/ปี) ดังรูปที่ 5 ส่วนโปรแกรม HAP สามารถแสดงค่าตามหมวดหมู่อยู่ในรูปของราคาค่าไฟรายปี (บาท) สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าต่อปี โดยค่าใช้จ่ายทางหลังงานเฉลี่ยนคิดเป็น 4.2 บาท ต่อ kWh ค่าภาษีหัก ณ ที่จ่าย 7% ดังรูปที่ 6 และโปรแกรม Revit สามารถแสดงค่า พลังงานไฟฟ้ารายปีแยกตามระบบ หน่วย GJ สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าต่อปี ดังรูปที่ 7


รายงานค่าการอนุรักษ์พลังงาน
โดยใช้โปรแกรม BEC Web-based

Building Information

Project Name : โรงมหรสพ
Building Name : โรงมหรสพ
Building Type : โรงมหรสพ
Location : กรุงเทพมหานคร

เกณฑ์ในการออกแบบ

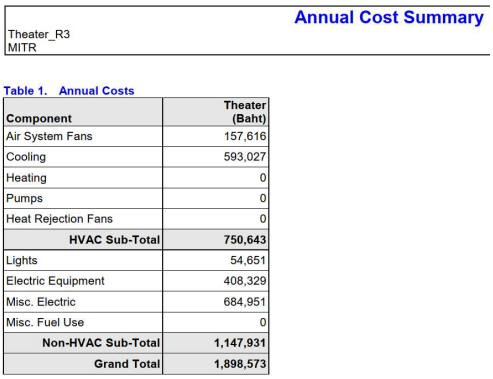
ทางเลือก 1 ผ่านเกณฑ์ทุกระบบ			ทางเลือก 2 ใช้ประเมินค่าพลังงานรวม		
1. ระบบกรอบอาคาร	OTTV:	failed	พลังงานของอาคารที่ออกแบบ	<	พลังงานของอาคารที่อ้างอิง
	RTTV:	failed			
2. ระบบแสงสว่าง		passed		passed	
3. ระบบปรับอากาศ		passed			
4. ระบบผลิตน้ำร้อน		unset			

สรุปรายงานผลการวิเคราะห์ passed

Building Energy Consumption

Building Energy consumption :	282,403.139	kWh/Year
Energy from PV System :		kWh/Year
Energy from Heat to Electrical System :		kWh/Year
Energy from Other System :		kWh/Year
Net Energy consumption (Evaluated Building) :	282,403.139	kWh/Year
Net Energy consumption (Reference Building) :	424,359.541	kWh/Year

รูปที่ 5 รายงานค่าพลังงาน ของโปรแกรม BEC


Annual Cost Summary

Theater_R3
MITR

Table 1. Annual Costs

Component	Theater (Baht)
Air System Fans	157,616
Cooling	593,027
Heating	0
Pumps	0
Heat Rejection Fans	0
HVAC Sub-Total	**750,643**
Lights	54,651
Electric Equipment	408,329
Misc. Electric	684,951
Misc. Fuel Use	0
Non-HVAC Sub-Total	**1,147,931**
Grand Total	**1,898,573**

รูปที่ 6 รายงานค่าพลังงาน ของโปรแกรม HAP

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	699.58
Interior Lighting	36.02	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	706.00	0.00	0.00	0.00

รูปที่ 7 รายงานค่าพลังงาน ของโปรแกรม Revit

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมวิเคราะห์พลังงานสำเร็จรูป และแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จำนวน 3 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม BEC HAP และ Autodesk Revit งานวิจัยนี้พบว่าการคำนวณจากโปรแกรม HAP และ Autodesk Revit จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากโปรแกรม BEC ซึ่งถูกพัฒนาโดยกระทรวงพลังงานสำหรับประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานอาคาร โดยมีรายละเอียดความแตกต่างสรุปดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ตารางการเปรียบเทียบผลที่ได้ของค่าพลังงาน

หัวข้อตามกฎหมาย	รายละเอียด
กรอบอาคาร (OTTV, RTTV)	โปรแกรม HAP และ Autodesk Revit ไม่สามารถแสดงค่าเหมือนโปรแกรม BEC ได้ เนื่องจากกรอบอาคารจะไปรวมเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ
แสงสว่าง (LPD)	โปรแกรม HAP และ Autodesk Revit สามารถหาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ตามโปรแกรม BEC ได้โดยการคำนวณ ค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างรวมต่อพื้นที่ทั้งหมด
ปรับอากาศ	ค่าพลังงานของ BEC จะมีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากคำนวณมาจากขนาดของเครื่องปรับอากาศที่บันทึกข้อมูล ไม่รวมปัจจัยภายนอกอย่างกรอบอาคารแบบ HAP และ Autodesk Revit
ผลิตน้ำร้อน	โปรแกรม BEC พิจารณาเกณฑ์ผ่านจากค่าประสิทธิภาพอุปกรณ์ทำน้ำร้อน ไม่ได้ถูกนำมาคำนวณในการหาค่าการใช้พลังงาน ส่วนโปรแกรม HAP และ Autodesk Revit จะนำค่าประสิทธิภาพอุปกรณ์ทำน้ำร้อนมาคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของอาคาร
ค่าพลังงานรวม	โปรแกรม BEC แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี) ส่วนโปรแกรม HAP และ Revit จะแสดงผลในหน่วย บาท และ GJ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 โปรแกรมพบว่าโปรแกรม BEC และ HAP จำเป็นต้องมีการถอดปริมาณวัสดุต่างๆให้เรียบร้อยก่อนแล้วจึงค่อยนำข้อมูลมาใส่ในโปรแกรมเพื่อคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในระหว่างที่บันทึกข้อมูลได้ ในขณะที่โปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถถอดปริมาณพื้นที่ วัสดุ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เมื่อมีแบบจำลองสารสนเทศที่ใส่ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำแนกอย่างถูกต้องและครบถ้วนเช่น ตำแหน่ง สถานที่ตั้ง พื้นที่ผนัง ช่องเปิด การแบ่งพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องวางแผนตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบว่าจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์พลังงานเพื่อให้การสร้างชิ้นส่วนอาคารและการจัดกลุ่มข้อมูลของพื้นที่อาคาร (Zone) สอดคล้องกับวิธีการคำนวณค่าพลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานตามประกาศกระทรวงพลังงาน ซึ่งแยกตามทิศทางการหันของอาคาร

เมื่อมีการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ที่เหมาะสมแล้ว ผู้ออกแบบอาจใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารนี้ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเบื้องต้น และสามารถทบทวนการออกแบบเพื่อให้มั่นใจว่าอาคารที่ออกแบบจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงานตามกฎหมาย โดยผู้ออกแบบอาจพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อมาช่วยในการคำนวณค่าการใช้พลังงานหรือแปลงหน่วยต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อลดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการออกแบบ ในขณะที่โปรแกรม BEC ยังคงมีความจำเป็นในด้านเอกสารเพื่อใช้ประกอบการขออนุญาต

เอกสารอ้างอิง

[1] ศุทธา ศรีเผด็จ, กฎหมายอนุรักษ์พลังงานในอาคารฉบับใหม่. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล., Arch Journal Issue 2011, 2011

[2] กระทรวงพลังงาน, “กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563” ราชกิจจานุเบกษา. กรุงเทพมหานคร : กระทรวง, 2563. คู่มือแนวทางปฏิบัติตามกฎหมายเกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร. 2564 “หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564.” ราชกิจจานุเบกษา. กรุงเทพมหานคร : กระทรวง, 2564.

[3] ณัฐรดา บุญถัด ศิรเดช สุริต และ ภัทรนันท์ ทักขนนท์, การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ด้วยโปรแกรม REVIT & DYNAMO ตามหลักเกณฑ์การคำนวณของกฎหมายพลังงาน (BEC)Shading Coefficient Calculation Using REVIT & DYNAMO Programs Based on Building Energy Code. นักศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเกษตรศาสตร์, วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2560

[4] สัณศณีย์ คงศิลป ภูบดินทร์ บางระหัด และ จักรพงศ์ ไชยานุพัทธกุล, การศึกษามาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรฐาน Code (BEC) : กรณีศึกษาอาคารสิรินธร, Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST 2020, Volume 2 Issue 3: 1-15, 2020

[5] อภิเกียรติ เจริญสุทธิโยธิน อรรจน์ เศษฐบุตร, แนวทางการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร ในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561

[6] พิมพ์ชนก ธิบดิ์, ติยานันท์ สุดสิ้น และธณัฐฌา ทศไกร, การประยุกต์ใช้ BIM เพื่อนำเสนอเทคนิคการถอดปริมาณงาน : กรณีศึกษาอาคารศูนย์การเรียนรู้ 6 ชั้น. วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง, นครปฐม, 2564