การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน ด้วยการปรับปรุงกรอบอาคาร กรณีศึกษา: อาคารที่อยู่อาศัย

Application of Building Information Modeling for Reducing Energy Consumption by Building Envelope Improvement, Case study: Residential buildings

นันทพล มหาวัน[1,*] อภิชาต บัวกล้า[2] ฤทธิ์ทยุต ก้อนทอง[3] และ นพรัตน์ เกตุขาว[4]

[1,2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา
[4] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา
**Corresponding author; E-mail address: apichat.bu@up.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารในระบบปรับอากาศด้วยการวิเคราะห์หาการวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกรอบอาคารที่เหมาะสม กรณีศึกษาเป็นอาคารที่พักอาศัยจากแบบมาตรฐานของภาครัฐ โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit วิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งพิจารณาจากค่าภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ลดลง 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

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, การใช้พลังงาน, ค่าภาระการทำความเย็น, วัสดุกรอบอาคาร

Abstract

This paper aimed to study the application of building information modeling to reduce the energy consumption of buildings in air conditioning systems by analyzing suitable building envelope improvement approaches. The case study is a residential building from the government's standard design. Using the Autodesk Revit program, research the appropriate scenario to improve building envelope materials for reducing energy consumption and cost-effective investment by considering the reduced cooling load in the air conditioning system and additional investment in each alternative approach. The results found that four alternatives could reduce electricity consumption by more than 40 % and invest less than 100,000 baht. Changing the glass type to reflective glass and installing 3 inches of fiberglass insulation in the west wall and installing 6 inches of fiberglass insulation on all top floor ceiling areas is the best building envelope improvement scenario, able to reduce annual energy consumption by 44% with an approximate investment cost 47,000 baht and 0.78 years payback period.

Keywords: Building Information Modeling, energy consumption, cooling load, building envelope material

1. คำนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ผลกระทบด้านพลังงานในการก่อสร้างในช่วงเวลาหลังการส่งมอบงานหรือช่วงการใช้งานอาคารนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับช่วงอื่นๆ ของโครงการก่อสร้าง ดังนั้นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงการใช้งานอาคารนั้นจึงเป็นส่วนสำคัญ ที่ทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานลงได้ จากรายงานสถิติพลังงานรายปี 2564 การใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 187,047 ล้านหน่วย ลดลง 3.1 จากปีก่อนเนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ส่งผลต่อสภาวะเศรษฐกิจทั้งในและต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามในช่วง 6 เดือนแรกของปีภาคครัวเรือนมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเทียบกับปีก่อน ประกอบกับมาตรการการอยู่บ้าน หยุดเชื้อเพื่อชาติ และมาตรการทำงานจากที่บ้าน (Work From Home)[1] ทำให้การใช้พลังงานในครัวเรือนยังมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจากคู่มือแนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน เห็นได้ว่าสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ปี 2557 มีการใช้พลังงานในภาคอาคารและที่อยู่อาศัยมากถึง 15.1% โดยแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นของระบบปรับอากาศ 65% และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25%[2] จากสัดส่วนการใช้พลังงานนี้จะเห็นได้ว่า ระบบปรับอากาศเป็นสัดส่วนที่มีการใช้พลังงานสูงการปรับปรุงลดการใช้พลังงานระบบปรับอากาศลงจึงเป็นส่วนสำคัญในการลดการใช้พลังงานอาคารลงด้วย การลดพลังงานระบบปรับอากาศลงสามารถทำได้โดยลดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ซึ่งภาระการทำความเย็นเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายด้านไม่ว่าจะเป็นความร้อนจากภายนอกอย่างแสงอาทิตย์ สภาพอากาศ ความร้อนจากภายในอย่างความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ความร้อนจากคน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศการที่จะวิเคราะห์ผลปัจจัยทั้งหมดนี้จำเป็นจะต้องมีการจัดการข้อมูลที่ดี เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้อง

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร BIM นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) พร้อมกับข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information)[3] ในปัจจุบันแบบจำลองอาคารสารสนเทศถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถผนวกข้อมูลด้านต่างๆของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้การจัดการข้อมูลและการประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการทำได้ดีมากขึ้นส่งผลให้เกิดการแก้ไขข้อผิดพลาดข้อขัดแย้งช่วงการออกแบบได้ก่อนทำการก่อสร้างจริง BIM สามารถแบ่งเป็นมิติตามข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองดังนี้ 1)แบบจำลองอาคาร 3 มิติ การใช้แบบจำลองข้อมูลที่มีข้อมูลแบบโครงสร้างข้อมูลแบบสถาปัตยกรรม และข้อมูลงานระบบร่วมกันเพื่อลดความผิดพลาดความไม่เข้ากันข้อแบบก่อสร้าง 2)แบบจำลองอาคาร 4 มิติ เป็นการนำข้อมูลด้านเวลา รวมเข้ากับ แบบจำลองอาคาร 3 มิติ ทำให้เห็นภาพกราฟิกแบบเรียลไทม์ของการเติบโตหรือความคืบหน้าของการก่อสร้าง 3.แบบจำลองอาคาร 5 มิติ การประมาณต้นทุน การวิเคราะห์ และการติดตามงบประมาณ 4)แบบจำลองอาคาร 6 มิติ การสร้างโครงสร้างที่ยั่งยืนและประหยัดพลังงาน 5)แบบจำลองอาคาร 7 มิติ เป็นการบริหารจัดการข้อมูลอาคาร[4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบแบบจำลองสารสนเทศอาคารมิติที่5 และมิติที่6 ในการวิเคราะห์ผลกระทบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในช่วงการใช้งานอาคาร จากการวางทิศทางที่ไม่เหมาะสมและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านองค์ประกอบเปลือกอาคารบ้านพักอาศัยกับค่าการใช้พลังงานรายปี เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร โดยเปรียบเทียบต้นทุนในการปรับปรุงกับการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี เพื่อเสนอแนวทางการวิเคราะห์ด้านพลังงานร่วมกับระบบอาคารสารสนเทศและเสนอแนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่มีต้นทุนในการปรับปรุงต่ำและสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้พลังงาน

1.2.2 วิเคราะห์ทิศทางที่เหมาะสมของอาคารตามแบบมาตรฐานบ้านพักอาศัย และศึกษาผลกระทบด้านค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในช่วงการใช้งานอาคาร จากการวางทิศทางที่ไม่เหมาะสม ด้วยการใช้โปรแกรม Autodesk Revit

1.2.3 วิเคราะห์แนวการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบต้นทุนในการปรับปรุงและพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงด้วยการใช้โปรแกรม Autodesk Revit

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 โปรแกรมที่ใช้พัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารและวิเคราะห์การใช้พลังงาน คือ Autodesk Revit

1.3.2 แบบมาตรฐานอาคารที่ศึกษาได้แก่ แบบอาคารพักอาศัยบ้านครอบครัวไทยร่วมสมัย 5 ที่จัดทำขึ้นโดย กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

1.3.3 ตำแหน่งที่ตั้งอาคารมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงาน จำนวน 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย ขอนแก่น กรุงเทพฯ และสงขลา ซึ่งเป็นจังหวัดที่ถูกใช้ในการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานรายปีของระบบปรับอากาศอ้างอิงวิธีจากงานวิจัยของรัชนีวรรณและคณะ (2561) [5]

2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตำแหน่งวิเคราะห์อาคาร

ประเทศไทยมีการแบ่งภูมิภาคที่แตกต่างกัน การแบ่งกลุ่มวัฒนธรรมแบบกว้าง ๆ เป็น 4 ภูมิภาค ซึ่งใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 ตามการแบ่งของคณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ โดยมีการกระจายเชิงพื้นที่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากในแต่ละพื้นที่ให้ค่าภาระการทำความเย็นที่ไม่เหมือนกัน และจากข้อมูลจากงานวิจัยของรัชนีวรรณและคณะ (2561)[5] ได้สร้างไฟล์โปรแกรมประเมินการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการคำนวณใช้ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยย้อนหลัง 3ปี (2557-2559) ตามภูมิภาคของประเทศไทยแยกตามกลุ่มข้อมูลช่วงเวลาการใช้งาน จำนวน 6 จังหวัด ประกอบด้วยเชียงใหม่ เชียงราย พิษนุโลก กรุงเทพฯ สงขลา และขอนแก่น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกวิเคราะห์ผลข้อมูลภูมิภาคละ 1 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย กรุงเทพฯ ขอนแก่น และสงขลา

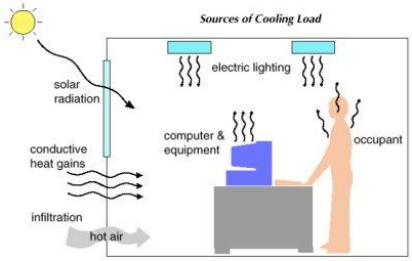


รูปที่ 1 การกระจายตัวของตำแหน่งอาคารที่วิเคราะห์

2.2 ภาระการทำความเย็น

ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) คือ จำนวนความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งจากภายในห้องทำความเย็นและความร้อนจากภายนอกห้องที่ผ่านเข้ามาภายในห้องทำความเย็น ซึ่งภาระทำความเย็นหรือแหล่งความร้อน เกิดจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้ 1) ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก หลังคา และกระจก 2) ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เพดานและพื้นห้อง 3) ความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก 4) ความร้อนจากไฟฟ้า 5) ความร้อนจากคน 6) ความร้อนจากเครื่องมือและอุปกรณ์ 7) ความร้อนจากอากาศภายนอกรั่วผ่านช่องเปิดต่างๆ และการระบายอากาศ

ภาระในการทำความเย็น มีความสำคัญกับการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ทำความเย็นให้เหมาะสมกับความร้อนที่เกิดขึ้น โดยจะมีการเผื่อขนาดประมาณ 10% ของภาระการทำความเย็นเพื่อเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม [6]



รูปที่ 2 ภาระการทำความเย็น

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_w) คือส่วนกลับของความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร คำนวณได้จากสมการที่ 1

— (1)

ค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุใด ๆ ให้คำนวณจากสมการที่ 2

— *(2)*

เมื่อ Δx คือ ค่าความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ (เมตร-องศาเซลเซียส) (W /m.°C)

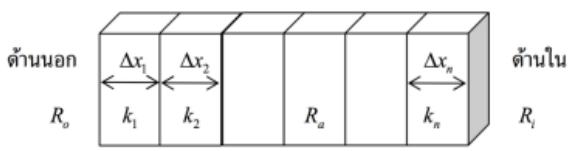
ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร (R_T) เป็นผลรวมของชั้นวัสดุ สำหรับผนังอาคารที่ประกอบขึ้นด้วยวัสดุแตกต่างกันหลายชนิด ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอาคารจะเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารจะถูกส่งผ่านมายังผนังอาคารโดยผ่านฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้านนอกของผนังอาคาร เช่นเดียวกับที่พื้นผิวด้านในของผนังอาคาร ความร้อนที่ถ่ายเทจากผนังอาคารจะถูกส่งผ่านจากพื้นผิวด้านในของผนังอาคารไปยังสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร ดังนั้นฟิล์มอากาศที่พื้นผิวด้านนอกและด้านในของผนังอาคารจึงถือว่ามีความต้านทานความร้อน

กรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด ค่าความต้านทานความร้อนรวม (Total thermal resistance) หรือค่า R_T ของส่วนใด ๆ ของผนังอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน[7]

— — — (3)

เมื่อ R_o คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ (m^2.°C /W)

R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร มีหน่วยเป็น ตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ (m^2.°C /W)



รูปที่ 3 การท่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารซึ่งมีโครงสร้างงประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกันหลายชนิด และมีช่องว่างอากาศ

2.4 ค่าคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ

สมบัติทางความร้อน ของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วยค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ ในงานก่อสร้างทั่วไปประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (Thermal conductivity, k) มีหน่วย เป็นวัตต์ต่อ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส) (W/m^2.° C) ความหนาแน่นของวัสดุ (Density, ρ) มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) และค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat, c_p) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อ (กิโลกรัม-องศาเซลเซียส) (kJ/kg. ° C) ซึ่งทั้ง 3 สมบัติดังกล่าวจะมีผลต่อปริมาณความร้อนที่ผนังดูดกลืนและ ระยะเวลาที่ผนังอาคารสามารถหน่วงการส่งผ่านความร้อน (Thermal time lag) จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับวัสดุที่ใช้ฉาบหรือปิดผิวของผนังภายนอกอาคาร ซึ่งจะต้องสัมผัสกับรังสีอาทิตย์โดยตรง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorptance) และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Thermal emittance) ของผิววัสดุฉาบก็จะมีผลต่อการได้รับและการสูญเสียความร้อนของผนังอาคารด้วย

2.5 ตำแหน่งและทิศทางของอาคาร

ทิศทางเป็นเรื่องสำคัญในการก่อสร้างอาคาร การวางแผนผังตัวอาคารให้เหมาะกับทิศแดด ทิศลมและฝนของประเทศไทย จะช่วยให้อาคารหลบแดดในช่วงฤดูร้อน เปิดรับลมช่วยระบายอากาศ และไม่ต้องเปียกฝนสาดในช่วงฤดูฝน

2.6.1 ทิศแสงแดด

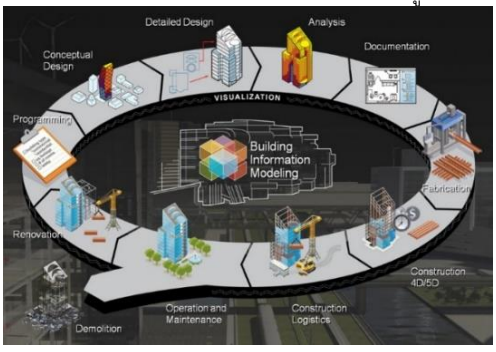
ดวงอาทิตย์จะโคจรอ้อมไปทางทิศใต้นาน 8 เดือน คือช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนเมษายน และอ้อมไปทางทิศเหนือเล็กน้อย 4 เดือน ในช่วงพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ทำให้ทิศใต้เป็นทิศที่รับแดดมากที่สุด แต่ทิศที่ร้อนที่สุดคือทิศตะวันตก เพราะรับแสงแดดโดยตรงในช่วงบ่าย

2.6.2 ทิศของลมและฝน

ทิศตะวันตกเฉียงใต้จะเป็นทิศที่มีฝนสาดเข้าบ้านมากที่สุด เพราะเป็นฤดูฝนซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูฝนจะเริ่มจากกลางเดือนพฤษภาคมและทิ้งช่วงไปสักพักก่อนจะกลับมาในเดือนกรกฎาคม จนไปสิ้นสุดในเดือนตุลาคม (แต่บางพื้นที่ เช่น ภาคใต้ ยังมีฝนชุกไปจนถึงปลายปี) โดยมีทิศลมประจำถิ่นดังนี้ 1) ช่วงกลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์ มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาอากาศหนาวมา 2) ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงลมเปลี่ยนทิศจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 3) ช่วงกลางเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนตุลาคม มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาฝนและความชื้นมา จากการโคจรและที่ตั้งของประเทศไทย ทำให้สรุปได้คร่าวๆว่าทิศใต้และทิศตะวันตกเป็นทิศที่ร้อนสำหรับการอยู่อาศัย

2.6 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร Building Information Modeling

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling : BIM) เป็นกระบวนการไม่ใช่ซอฟต์แวร์ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อที่จะบูรณาการการทำงาน ของอาคารโดยในการทำ BIM นั้นจะมีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ที่ประกอบด้วยข้อมูลสารสนเทศขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับบูรณาการกระบวนการทำงานที่กล่าวมาทั้งหมดเข้าด้วยกัน แสดงในรูปที่ 4



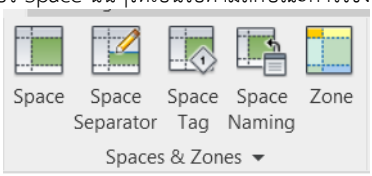
รูปที่ 4 วัฏจักรของ BIM

2.7 หลักการและกระบวนการของ BIM

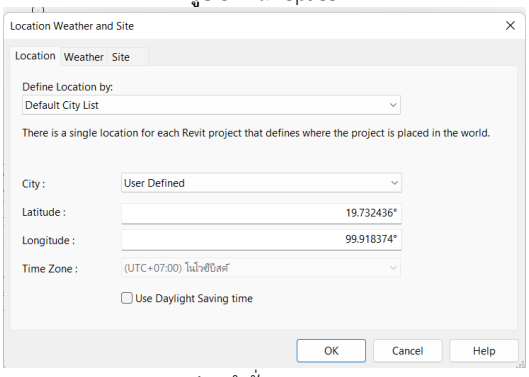
หลักการและกระบวนการ BIM จะต้องทำงานผ่านซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนกระบวนการดังกล่าว ส่วนใหญ่ทำงานในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และมีกลไกในการควบคุมขนาดและสัดส่วนของวัตถุด้วยระบบพารามิเตอร์ (Parametric Object-Based) ซึ่งควบคุมการทำงานจะทำงานผ่านมุมมองต่างๆ และเมื่อรายละเอียดของวัตถุใดๆ ในมุมมองที่เปลี่ยนไปจะส่งผลต่อมุมมองอื่นๆ ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขในส่วนใดส่วนหนึ่งของแบบจำลองที่สร้างขึ้น การปรับเปลี่ยนจะสะท้อนให้เห็นในทุกมุมมองเพื่อทำการปรับเปลี่ยนตามนั้น ทั้งหมดและรวมถึงความสัมพันธ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกราฟิกและไม่ใช่กราฟิก[8]

2.8 การประยุกต์ใช้ BIM ในกระบวนการวิเคราะห์ภาระการทำความเย็น

โปรแกรม Autodesk Revit เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยออกแบบงานด้านอาคาร ได้รับการยอมรับในเรื่องการออกแบบที่มีความสามารถอย่างครบถ้วนของโปรแกรมด้านงาน สถาปัตยกรรม และงานวิศวกรรมโยธา ทำให้สามารถนำแบบจำลอง Building Information Modeling (BIM) ที่มีข้อมูลของอาคารนั้นอย่างครบถ้วนมาปรับปรุงเพื่อสร้างเป็น Energy Analytical Model (EAM) ได้ การวิเคราะห์ด้านพลังงานในส่วนภาระการทำความเย็นด้วยโปรแกรม Autodesk Revit สามารถทำได้โดยเริ่มจากการกำหนดลักษณะการใช้งานพื้นที่โดยใช้ คำสั่ง Space กำหนดพื้นที่ห้องที่ต้องการวิเคราะห์ผลและกำหนดลักษณะการใช้งานด้วยการตั้งค่าพารามิเตอร์ Space นั้นๆให้เป็นไปตามลักษณะการใช้งานพื้นที่จริง

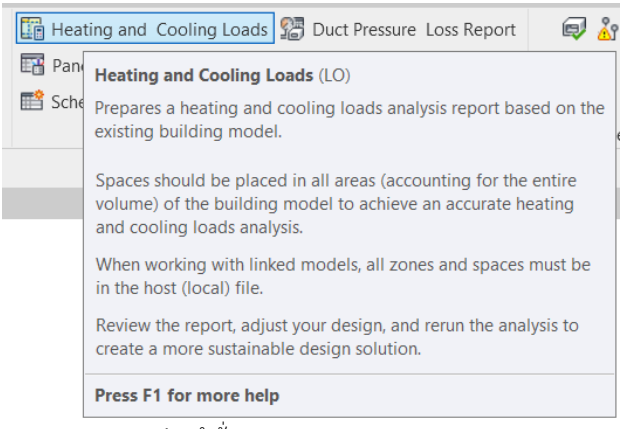


รูป 5 คำสั่ง Space



รูป 6 คำสั่ง Location

ต่อมาใช้คำสั่ง Location ในส่วน Energy Optimization ในการตั้งค่าตำแหน่งที่ตั้งของอาคารเพื่อเป็นการกำหนดข้อมูลตำแหน่งและสถาพอากาศที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

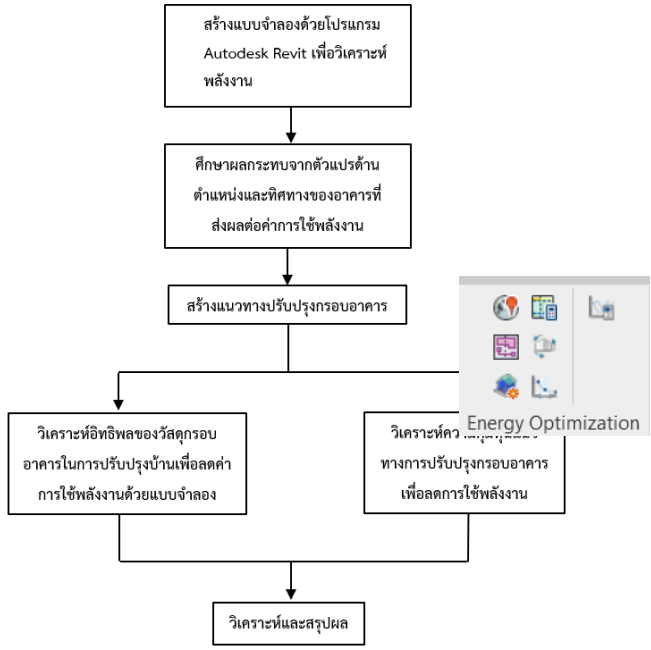


รูป 7 คำสั่ง Heating and Cooling Loads

เมื่อกำหนดลักษณะการใช้งานพื้นที่และกำหนดตำแหน่งที่ตั้งแล้ว การวิเคราะห์ผลภาระการทำความเย็น สามารถทำได้ด้วยการใช้คำสั่ง Heating and Cooling Loads ในการสร้างแบบจำลองด้านพลังงานเมื่อใช้คำสั่งจะมีหน้าต่างแสดงลักษณะแบบจำลองด้านพลังงาน แสดงข้อมูลอาคาร และ มีส่วน ข้อมูลประเภท Details ซึ่งเป็นข้อมูล Spaces ทั้งหมดที่เราสร้างในขั้นตอนก่อนหน้า ในส่วนนี้สามารถใช้ตรวจสอบ Analytical Surfaces ของแต่ละ Space ได้ว่ามีความถูกต้องเป็นไปตามที่ต้องการวิเคราะห์ผลหรือไม่

3. วิธีดำเนินงาน

งานวิจัยการศึกษาการวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคารกรณีศึกษาอาคารที่อยู่อาศัย ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 6 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

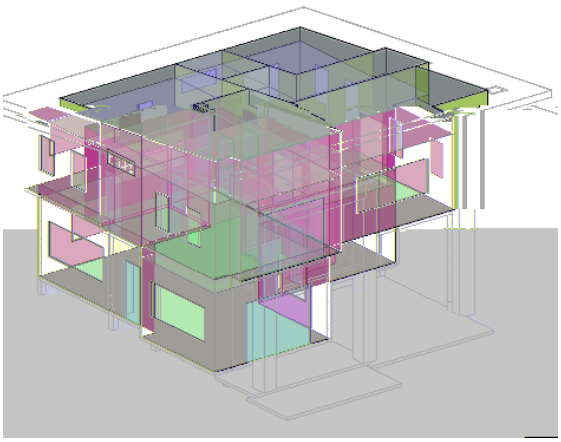
3.1 สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อวิเคราะห์พลังงาน

การศึกษาในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาการ สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อวิเคราะห์ผลด้านพลังงาน ค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) โดยเลือกใช้แบบบ้านครอบครัวไทยร่วมสมัย 5 ซึ่งเป็นแบบบ้านจากแบบมาตรฐานที่จัดทำขึ้นโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย โครงการแบบบ้านสานฝัน ของขวัญปีใหม่ คนไทยมีความสุข[9] มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลการใช้พลังงาน เนื่องจากเป็นแบบก่อสร้างนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ประชาชนโดยออกแบบให้มีความสอดคล้อง กับราคาก่อสร้าง และวิถีของครอบครัวคนไทยในปัจจุบัน



รูปที่ 9 แบบจำลองสถาปัตยกรรมอาคาร

การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลภาระการทำความเย็นมีขั้นตอนเบื้องต้นดังนี้ การสร้างแบบจำลองสถาปัตยกรรมอาคาร ตัวอย่างในรูปที่ 9 ทำการตั้งค่าวัสดุและข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของอาคารให้แสดงผลข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์พลังงานอย่างถูกต้อง จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองด้านพลังงานโดยการใช้คำสั่ง Heating and Cooling Load เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผล



รูปที่ 10 แบบจำลองด้านพลังงาน
จากการใช้คำสั่ง Heating and Cooling Load

3.2 ศึกษาผลกระทบจากตัวแปรด้านตำแหน่งและทิศทางของอาคารที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงาน

การศึกษาผลกระทบจากตัวแปรด้านตำแหน่งและทิศทางของอาคารในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบตัวแปรด้านทิศทางและตำแหน่งที่ตั้งว่าส่งผลกับการวิเคราะห์ผล ภาระการทำความเย็น(Cooling loads) จากโปรแกรม Autodesk Revit หรือไม่อย่างไร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทิศทางโดยกำหนดทิศทางเริ่มต้น 0 องศาที่ทิศใต้ และกำหนดด้านหน้าของอาคารเริ่มต้นที่ ทิศใต้ ปรับเพิ่มทีละ 10 องศาในทิศตามเข็มนาฬิกา การวิเคราะห์ข้อมูลด้านตำแหน่งทำการศึกษา 4 ตำแหน่งได้แก่ เชียงราย กรุงเทพฯ ขอนแก่น และสงขลา กระจายภูมิภาคละ 1 จังหวัด และสรุปผลทิศทางที่ทำให้เกิดการ

3.3 สร้างแนวทางปรับปรุงกรอบอาคาร

งานวิจัยส่วนนี้เลือกทำการวิเคราะห์ปรับปรุงอาคารในทิศทางที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานรายปีมากที่สุดของจังหวัดเชียงรายมาทำการหาแนวทางการลดต้นทุนการปรับปรุงกรอบอาคาร โดยใช้การวิเคราะห์ผลกระทบด้านแสงอาทิตย์ที่กระทำกับอาคารเพื่อในการคาดการแนวทางในการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเฉพาะด้าน โดยได้ประยุกต์ใช้คำสั่ง Solar ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม insight โปรแกรมนี้เป็นส่วนเสริมที่สามารถโหลดเพิ่มเข้าไปในโปรแกรม Autodesk Revit ในการวิเคราะห์ผลด้านพลังงานจากแสงอาทิตย์ และแสดงผลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำกับกรอบอาคาร ทำให้สามารถคาดการผลกระทบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละด้านของอาคารได้ จากนั้นสร้างกรณีการปรับปรุงวัสดุโดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีดังนี้ 1) ปรับปรุงวัสดุทั้งอาคาร 2) ปรับปรุงวัสดุเฉพาะส่วนที่เป็นห้องปรับอากาศ 3) ปรับปรุงกรอบอาคารเพียง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด และ 4) ปรับปรุงกรอบอาคาร 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด เพื่อหาแนวทางปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่สามารถลดพลังงานได้มากที่สุด

3.4 วิเคราะห์อิทธิพลของวัสดุกรอบอาคารในการปรับปรุงบ้านเพื่อลดค่าการใช้พลังงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศ

ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ผลและผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นเมื่อทำการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ใช้เป็นกรอบอาคาร โดยเลือกทิศที่ทำให้เกิดค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุด ในตำแหน่งการวิเคราะห์ผลจังหวัดเชียงรายมาใช้ในการศึกษาในขั้นตอนการปรับปรุงวัสดุนี้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาการปรับกรอบอาคารสามส่วนได้แก่ ปรับปรุงเพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนังด้านนอกอาคาร ปรับปรุงเพิ่มฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วที่ฝ้าหลังคา และปรับปรุงกระจกโดยการเลือกใช้กระจกสะท้อนแสง ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงที่ดีที่สุดสามอันอับแรกในงานวิจัยของจารุวรรณ (2558)[10] และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ 4 กลุ่มกรณีปรับปรุงอาคาร คือ 1) ปรับปรุงวัสดุทั้งอาคาร 2) ปรับปรุงวัสดุเฉพาะส่วนที่เป็นห้องปรับอากาศ 3) ปรับปรุงกรอบอาคารเพียง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด และ 4) ปรับปรุงกรอบอาคาร 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด ทำให้การศึกษาครั้งนี้ได้แนวทางการปรับปรุงรวมทั้งสิ้น 26 แนวทาง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร

กรณีศึกษาการปรับปรุง	แนวทางการปรับปรุงที่	แนวทางการปรับปรุง		
		กระจกสะท้อนแสง	ผนังอิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว 3"	ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด+ฉนวนใยแก้ว6"
ปรับปรุงวัสดุทั้งอาคาร	1	/		
	2		/	
	3			/
	4	/	/	
	5	/		/
	6		/	/
	7	/	/	/
ปรับปรุงวัสดุส่วนที่เป็นห้องปรับอากาศ	8	/		
	9		/	
	10			/
	11	/	/	
	12	/		/
	13		/	/
	14	/	/	/
ปรับปรุง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด	15	/		
	16		/	
	17	/	/	
	18	/		/
	19		/	/
	20	/	/	/
ปรับปรุง 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด	21	/		
	22		/	
	23	/	/	
	24	/		/
	25		/	/
	26	/	/	/

3.5 วิเคราะห์ความคุ้มทุนแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงาน

ทำการประมาณราคาการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารตามแนวทางทั้ง 26 กรณี ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ซึ่งคำนวณจากค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 26 กรณี อ้างอิงวิธีจากงานวิจัยของรัชนีวรรณและคณะ (2561)[5] หลังจากนั้นการปรับปรุงในทุกกรณีจะนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้เปรียบเทียบกับเงินลงทุนที่ใช้ เพื่อแสดงค่าระยะเวลาคืนทุนในการปรับปรุงตามแนวทางต่างๆ

3.6 วิเคราะห์และสรุปผล

การวิเคราะห์ผลด้านพลังงานจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารกรณีศึกษาอาคารที่อยู่อาศัย เมื่อวิเคราะห์ตัวแปรทิศทางและตำแหน่งจะทำให้สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ 1) ทิศทางที่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นมากที่สุดและน้อยที่สุดของแต่ละตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ 2) เปรียบเทียบค่าการใช้พลังเมื่อเปลี่ยนทิศทางจากทิศทางที่แย่ที่สุดไปทิศทางที่ดีที่สุดในแต่ละตำแหน่ง เมื่อได้ทิศที่ทำให้เกิดค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุดแล้วจึงนำทิศทางนั้นมาวิเคราะห์ผลด้านพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำกับด้านต่างๆของอาคารเมื่อวางอาคารในทิศทางที่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นมากที่สุดเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง และทำการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารพร้อมทั้งทำการประมาณราคาการปรับปรุงวัสดุแบ่งออกเป็น 4 กรณี 1) ปรับปรุงวัสดุทั้งอาคาร 2) ปรับปรุงวัสดุเฉพาะส่วนที่เป็นห้องปรับอากาศ 3) ปรับปรุงกรอบอาคารเพียง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด และ 4) ปรับปรุงกรอบอาคาร 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด เพื่อหาแนวทางปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่สามารถลดพลังงานได้มากที่สุด และสรุปแนวทางที่ให้ระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด พร้อมทั้งสรุปผลแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารที่เหมาะสม โดยกำหนดให้เงินลงทุนที่พิจารณาน้อยกว่า 100,000 บาท และทำให้สามารถลดการใช้พลังงานรายปีลงระบบปรับอากาศได้มากกว่า 40 %

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคารกรณีศึกษาอาคารที่อยู่อาศัย ได้แบ่งการหัวข้อศึกษาเป็น 2 ช่วงในช่วงแรกทำการวิเคราะห์ผลกระทบด้านตำแหน่งและทิศทางโดยวิเคราะห์ตัวแปรตำแหน่งจำนวน 5 ตำแหน่ง ได้แก่ เชียงราย กรุงเทพฯ ขอนแก่น และสงขลา ช่วงที่สองเป็นการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานระบบปรับอากาศ ซึ่งเลือกทำการปรับปรุงทิศทางที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานมากที่สุด ที่ตำแหน่งทำการวิเคราะห์จังหวัดเชียงราย และได้ทำการแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 เรื่องดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์และวิเคราะห์ผลกระทบจากตัวแปรด้านตำแหน่งและทิศทางของอาคารที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์ผลกระทบจากตัวแปรด้านตำแหน่งและทิศทางของอาคารที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ สามารถวิเคราะห์ผลได้จากการ ใช้โปรแกรม Autodesk Revit วิเคราะห์ผลภาระการทำความเย็น ในทิศทางที่ต่างกันเริ่มจากทิศใต้ตั้งแต่ 0 องศาถึง 350 องศา รวม 37 ทิศทางต่อ 1 ตำแหน่ง โดยทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง รวมเป็น 148 กรณี สามารถแสดงทิศทางที่ทำให้เกิดภาระการทำความร้อนมากที่สุดและน้อยที่สุดในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2 ทิศทางการวางอาคารที่ทำให้เกิดภาระการทำความร้อนมากสุดและน้อยสุด

	!! ข ข ข !!!!!!! ข		!! ข ข ข !!!!!!	
	ข	ข !)	ข	ข !)
เชียงราย	40	42,575	270	33,723
กรุงเทพ	40	44,423	190	37,267
ขอนแก่น	40	44,699	270	37,841
สงขลา	50	41,386	110	34,536

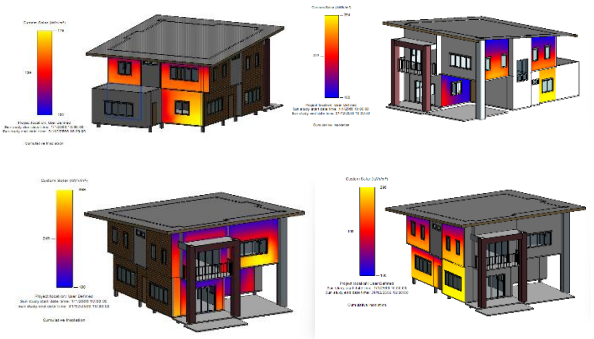
เมื่อนำค่าภาระการทำความเย็นจากตารางที่ 2 มาคำนวณค่าการใช้พลังงานรายปีจะทำให้ได้ผลเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานรายปีดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานรายปี

	!! ข ข ข !!!! !!!! ข		!! ข ข ข !!!!! !		ข
	ข !)	!)	ข !)	!)	
เชียงราย	42,575	136,415	33,723	108,051.87	21%
กรุงเทพ	44,423	142,336	37,267	119,407.21	16%
ขอนแก่น	44,699	143,220	37,841	121,246.36	15%
สงขลา	41,386	132,605	34,536	110,656.81	17%

4.2 ผลแนวทางการลดต้นทุนการปรับปรุงกรอบอาคาร

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้ คำสั่ง Solar ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม insight โปรแกรมนี้เป็นส่วนเสริมที่สามารถโหลดเพิ่มเข้าไปในโปรแกรม Autodesk Revit ในการวิเคราะห์หาค่าปริมาณการฉายรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวที่กำหนดในช่วงเวลาหนึ่ง (Solar Insolation) แต่ละด้านของอาคาร เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้



รูปที่ 11 การวิเคราะห์ด้วยคำสั่ง Solar

ด้านทิศใต้ซึ่งเป็นหน้าของอาคาร 193 kWh/m^2 ด้านทิศตะวันตก 214 kWh/m^2 ด้านทิศเหนือ 143 kWh/m^2 และด้านทิศตะวันออก 205 kWh/m^2 ด้านที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์สูงสุดได้แก่ ด้านทิศตะวันตกของอาคาร รองลงมาคือด้านทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศเหนือตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกทิศตะวันตกและตะวันออกมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารในหัวข้อถัดไป

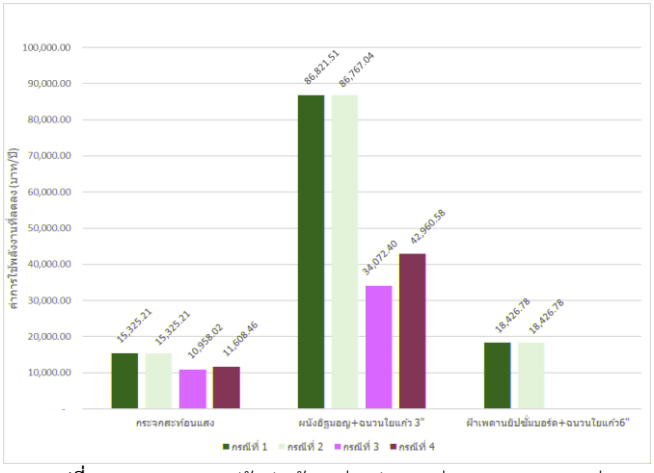
4.3 ผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร

จากแนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารทั้ง 26 แนวทางตามข้อ 3.5 การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบด้านพลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารที่ตำแหน่งวิเคราะห์ผลจังหวัดเชียงรายและเลือกทิศทางที่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) มากที่สุดมาปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร ด้วยการใช้คำสั่ง Heating and Cooling Load ผลการวิเคราะห์ค่า Cooling Load ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ของแบบจำลอง 26 กรณี และคำนวณค่า Cooling Load ที่ได้เป็นค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้ารายปี อ้างอิงวิธีจากงานวิจัยของรัชนีวรรณและคณะ (2561) [10] เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบมาตรฐานก่อนที่จะมีการปรับปรุง สามารถสรุปอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง (%) ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ภาระการทำความเย็นของแต่ละแนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร

แนวทางการปรับปรุงที่	ภาระการทำความเย็น (W)	ภาระการทำความเย็นที่ลดลง (W)	ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี (บาท/ปี)	ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีลดลง (%)
Basecase	42,575		136,414.57	
1	37,792	4,783	121,089.36	11%
2	15,478	27,097	49,593.06	64%
3	36,824	5,751	117,987.79	14%
4	10,607	31,968	33,985.89	75%
5	31,869	10,706	102,111.47	25%
6	13,869	28,706	44,437.67	67%
7	8,948	33,627	28,670.29	79%
8	37,792	4,783	121,089.36	11%
9	15,495	27,080	49,647.53	64%
10	36,824	5,751	117,987.79	14%
11	10,624	31,951	34,040.36	75%
12	31,869	10,706	102,111.47	25%
13	13,886	28,689	44,492.14	67%
14	8,965	33,610	28,724.76	79%
15	39,155	3,420	125,456.55	8%
16	31,941	10,634	102,342.17	25%
17	28,554	14,021	91,489.88	33%
18	33,325	9,250	106,776.64	22%
19	27,155	15,420	87,007.34	36%
20	23,722	18,853	76,007.67	44%
21	38,952	3,623	124,806.11	9%
22	29,167	13,408	93,453.99	31%
23	25,589	16,986	81,989.72	40%
24	33,114	9,461	106,100.58	22%
25	24,771	17,804	79,368.77	42%
26	21,141	21,434	67,737.88	50%

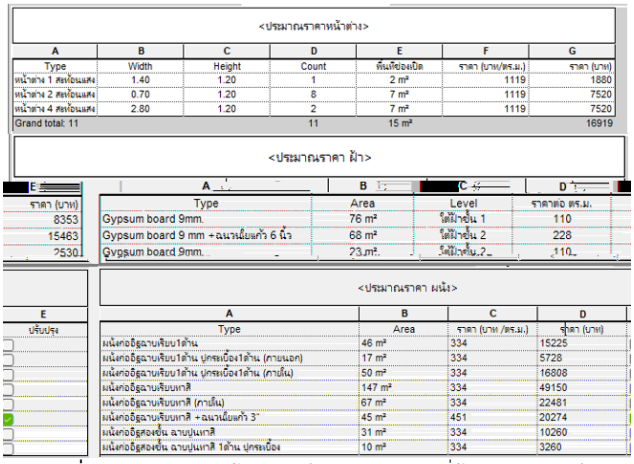
จากข้อมูลการลดลงของค่าภาระการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงวัสดุชนิดเดียวกันแต่ต่างกรณีการลดลงของค่าการใช้พลังงานรายปี สามารถแสดงผลได้ดังนี้



รูปที่ 12 ผลกระทบการปรับปรุงวัสดุแต่ละประเภทต่อการลดลงการของค่าใช้พลังงานต่อปี

4.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มทุนแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงาน

การวิเคราะห์ผลด้านทุนในการปรับปรุงวัสดุกรอบในโปรแกรม Autodesk Revit สามารถทำได้ด้วยการดึงข้อมูลจากแบบจำลองมาสร้างเป็น ตารางข้อมูล(Schedules) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะตารางจะถูกปรับตามเมื่อมีการปรับปรุงหรือแก้ไขส่วนต่างๆของแบบจำลอง



รูปที่ 13 ตัวอย่างตารางข้อมูล องค์ประกอบอารคารที่ต้องการวิเคราะห์จากโปรแกรม Autodesk Revit

ดังนั้น ในบทความนี้ได้จึงได้วิเคราะห์ข้อมูลด้านเงินลงทุนจากการถอดปริมาณวัสดุด้วยการใช้ตารางข้อมูลในโปรแกรม Autodesk Revit และข้อมูลการประมาณค่าการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศด้วยการวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็นในข้อ 4.3 โดยมีราคาวัสดุรวมค่าแรงงานที่ใช้ในการปรับปรุง ดังนี้ 1) กระจกสะท้อนแสง 1,119 บาท/ตารางเมตร 2) ผนังก่ออิฐมอญติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว 451 บาท/ตารางเมตร 3) ฉนวนใยแก้ว 6 นิ้ว 228 บาท/ตารางเมตร มาใช้วิเคราะห์และแสดงผลระยะเวลาคืนทุนในแต่ละแนวทางที่ปรับปรุงได้ดังนี้

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ด้านความคุ้มทุนแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงาน

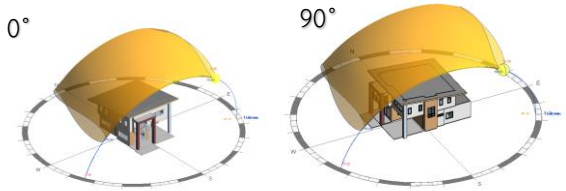
แนวทางการปรับปรุงที่	ภาระการทำความเย็น (W)	เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุง (บาท)	ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่ลดลง (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน
Basecase	42,575	-	-	-
1	37,792	37,207	15,325.21	2.4
2	15,478	100,996	86,821.51	1.2
3	36,824	20,708	18,426.78	1.1
4	10,607	138,203	102,428.68	1.3
5	31,869	57,915	34,303.10	1.7
6	13,869	121,704	91,976.90	1.3
7	8,948	158,911	107,744.28	1.5
8	37,792	30,079	15,325.21	2.0
9	15,495	87,831	86,767.04	1.0
10	36,824	15,463	18,426.78	0.8
11	10,624	117,910	102,374.21	1.2
12	31,869	45,542	34,303.10	1.3
13	13,886	103,294	91,922.43	1.1
14	8,965	133,373	107,689.81	1.2
15	39,155	11,280	10,958.02	1.0
16	31,941	20,274	34,072.40	0.6
17	28,554	31,554	44,924.69	0.7
18	33,325	26,743	29,637.93	0.9
19	27,155	35,737	49,407.23	0.7
20	23,722	47,017	60,406.90	0.8
21	38,952	16,919	11,608.46	1.5
22	29,167	32,979	42,960.58	0.8
23	25,589	49,898	54,424.85	0.9
24	33,114	32,382	30,313.99	1.1
25	24,771	48,372	57,045.80	0.8
26	21,141	65,291	68,676.69	1.0

จากตารางผลการวิเคราะห์ด้านความคุ้มทุนแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงาน แนวทางที่ให้ระยะเวลาการคืนทุนน้อยที่สุดในกรณีที่ 1 และ 2 ได้แก่การปรับปรุงเพิ่มฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วที่ฝ้าเพดาน แนวทางที่ 3 และ 10 ในตาราง สำหรับกรณีที่ 3 และ 4 ได้แก่การปรับปรุงวัสดุผนังโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว แนวทางที่ 16 และ 22

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลกระทบจากตัวแปรด้านตำแหน่งและทิศทางของอาคารที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงาน

ทิศทางแนวการวางอาคารมีผลเป็นอย่างมากต่อการวิเคราะห์ภาระการทำความเย็นซึ่งเป็นค่าที่สามารถใช้บ่งบอกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ จากผลการวิเคราะห์ผลภาระการทำความเย็นด้วย โปรแกรม Autodesk Revit ทำให้ได้ทิศทางที่เหมาะของแต่ละตำแหน่งที่ทำการศึกษาดังนี้ เชียงราย 270 องศา ขอนแก่น 190 องศา กรุงเทพฯ 270 องศา และสงขลา 110 องศา โดยที่ 0 องศา เริ่มต้นที่ด้านทิศใต้



รูป 14 ตัวอย่างการระบุทิศทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

การลดลงของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละตำแหน่งเมื่อเปลี่ยนจากทิศทางที่ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นมากที่สุดไปเป็นทิศทางที่ทำให้เกิดน้อยที่สุด สามารถสรุปผลเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานต่อปีดังนี้ เชียงราย ลดลง 21% ขอนแก่น ลดลง 15% กรุงเทพฯ ลดลง 16% และสงขลา ลดลง 17%

5.2 ผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร

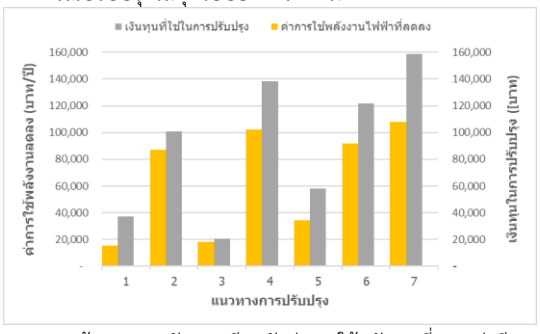
จากการศึกษาการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานสามารถสรุปผลตัวแปรวัสดุที่สามารถลดการใช้พลังงานมากที่สุดสำหรับแบบบ้านที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ การปรับปรุงวัสดุฉนวนผนังอาคารซึ่งปรับปรุงโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนังด้านนอกของอาคารทั้งหมด สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 86821.51 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบเดิมได้ 64% รองลงมาได้แก่การปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดาน โดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วฝ้าชั้นบนทั้งหมด สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 18426.78 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบเดิมได้ 14% และการปรับปรุงชนิดกระจก เปลี่ยนกระจกหน้าต่างทั้งหมดในอาคารมาใช้กระจกสะท้อนแสง สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 15325.21 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบเดิมได้ 11%

และเมื่อทำการปรับปรุงวัสดุทั้งสามชนิดทั้งหลังสามารถลดการใช้พลังงานใช้ไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศลงได้มากถึง 79 % ทั้งอาคารและเท่ากันกับในกรณีที่ปรับปรุงเฉพาะห้องที่ปรับอากาศ ดังนั้นจากการวิเคราะห์การลดลงของพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอาคารด้วยโปรแกรม Autodesk Revit แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารในห้องที่ถูกตั้งค่าให้เป็นห้องที่ไม่ปรับอากาศนั้นส่งผลน้อยมากต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าการใช้พลังงาน

5.3 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มทุนแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดพลังงาน

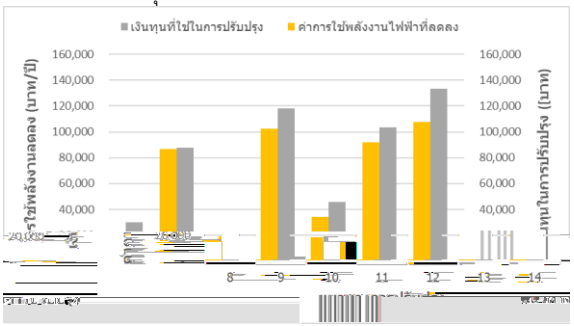
การศึกษาการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานโดยวิเคราะห์ตัวแปรด้านเงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุง ได้แบ่งกรณีการวิเคราะห์ผลออกเป็น 4 กรณี 1) ปรับปรุงวัสดุทั้งอาคาร 2) ปรับปรุงวัสดุเฉพาะส่วนที่เป็นห้องปรับอากาศ 3) ปรับปรุงกรอบอาคารเพียง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด และ 4) ปรับปรุงกรอบอาคาร 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด เมื่อเทียบเงินทุนที่ใช้ในการปรับปรุงกับค่าการใช้พลังงานรายปีที่ลดลง แยกเป็นกรณี สามารถแสดงผลได้ดังนี้

กรณีที่ 1 กรณีปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารทั้งหมด



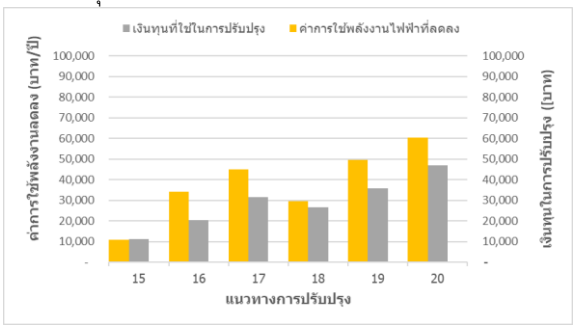
รูปที่ 15 กราฟต้นทุนการปรับปรุงเทียบกับค่าการใช้พลังงานที่ลดลงต่อปี กรณีที่1

กรณีที่ 2 กรณีปรับปรุงเฉพาะห้องที่ปรับอากาศ



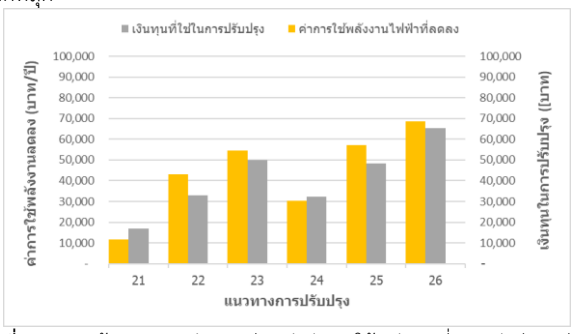
รูปที่ 16 กราฟต้นทุนการปรับปรุงเทียบกับค่าการใช้พลังงานที่ลดลงต่อปีกรณีที่ 2

กรณีที่ 3 กรณีปรับปรุงกรอบอาคารเพียง 1 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด



รูปที่ 17 กราฟต้นทุนการปรับปรุงเทียบกับค่าการใช้พลังงานที่ลดลงต่อปีกรณีที่ 3

กรณีที่ 4 กรณีปรับปรุงกรอบอาคาร 2 ด้านที่มีการสะสมรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด



รูปที่ 18 กราฟต้นทุนการปรับปรุงเทียบกับค่าการใช้พลังงานที่ลดลงต่อปี กรณีที่4

จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ 3 และ 4 แนวทางการปรับปรุงส่วนใหญ่จะให้การลดลงของการใช้พลังงานรายปีมากกว่าทุนที่ใช้ในการปรับปรุง ดังนั้นในกรณีที่ 3 และ 4 จึงเหมาะสมกว่ากรณีที่ 1 และ 2 ในด้านระยะเวลาการคืนทุน โดยแนวทางที่มีระยะเวลาการคือทุนน้อยที่สุดที่ปรับปรุงได้แก่ กรณีที่ 3 แนวทางที่ 16 การปรับปรุงโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนังด้านทิศตะวันตกซึ่งวิเคราะห์ด้วย คำสั่ง Solar แล้วแสดงให้เห็นถึงผลกระทบด้านแสงอาทิตย์มากที่สุด โดยมีระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 0.6 ปี

5.4 *สรุปผลการวิเคราะห์การทดลอง*

การศึกษาการวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคารกรณีศึกษาอาคารที่อยู่อาศัยแบบบ้านครอบครัวไทยร่วมสมัย 5 ตำแหน่งการวิเคราะผลจังหวัดเชียงรายด้านหน้าของอาคารตรงกับ 40 องศาออกจากทิศใต้ในทิศตามเข็มนาฬิกา ซึ่งทำให้เกิดค่าการใช้พลังงานมากที่สุด มาปรับปรุงโดยเปลี่ยนวัสดุกระจกจากกระจกใสมาใช้กระจกสะท้อนแสง เพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนัง และเพิ่มฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วที่ฝ้าเพดา ทำให้เกิดการลดลงของการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศมากถึง 79 % แต่ก็ต้องใช้เงินทุนในการปรับปรุงมากด้วยเช่นกัน ในที่นี้กรณีปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารทั้งหมดใช้เงินลงทุนถึง 158,911 บาท แต่เมื่อประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์ด้านแสงอาทิตย์ คำสั่ง Solar ในการสร้างกรณีแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะด้านที่แสงอาทิตย์มีกระทบมาก ทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารที่ทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศสูงแต่ใช้ทุนในการปรับปรุงที่ต่ำอย่าง แนวทางที่ 16 การปรับปรุงโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนังด้านทิศตะวันตก ที่ทำให้เกิดการลดลงของการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศ 25 % ใช้เงินทุนในการปรับปรุง 20,274 บาท มีระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 0.6 ปี

ทั้งนี้สำหรับผู้ที่มีทุนในการปรับปรุงไม่เกิน 100,000 บาทต้องการลดการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศลงมากกว่า 40 % ผลการศึกษาพบว่า มีการปรับปรุง 4 แนวทางเลือกตามตาราง

ตารางที่ 6 แนวทางการปรับปรุงที่มีทุนในการปรับปรุงไม่เกิน 100,000 บาท และมีการลดการใช้พลังงานรายปีระบบปรับอากาศลงมากกว่า 40 %

แนวทางการปรับปรุงที่	ภาระการทำความเย็นที่ลดลง (W)	เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุง (บาท)	ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีที่ลดลง (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีลดลง (%)
9	27,080	87,831	86,767	1.01	64%
20	18,853	47,017	60,407	0.78	44%
25	17,804	48,372	57,046	0.85	42%
26	21,434	65,291	68,677	0.95	50%

และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการคืนทุน แนวทางการปรับปรุงที่ 20 เป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการเลือกปรับปรุงกรอบอาคารที่ดีที่สุดสำหรับกรณีศึกษานี้ โดยการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนชนิดกระจกเป็นกระจกสะท้อนแสงและติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วในทิศตะวันตก พร้อมทั้งติดตั้งฉนวนใยแก้ว 6 นิ้วบนฝ้าเพดานชั้นบนสุดห้องที่ปรับอากาศ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564. หน้าที่ 16. ค้นวันที่ 1 เมษายน 2565,จาก https://online.anyflip.com/qivjx/rqoo/mobile/index.html

[2] ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. คู่มือ*แนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน*. หน้าที่ 5. ค้นวันที่ 1 เมษายน 2565, จาก http://new.2 e-building.com/sites/default/files/2 0 1 9 - 08/9%20%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%20BEC59_1.pdf

[3] สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมชูปถัมภ์ (2558). แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย.หน้า 1. ค้นวันที่ 1 เมษายน 2565, จาก https://asa.or.th/handbook/handbook20150427/

[4] ทูพลัส ซอฟท์. (2565). Twoplus 7D BIM. สืบค้นเมื่อ 3 เมายน 2565, จาก https://www.twoplussoft.com/twoplus7dbim

[5] รัชนีวรรณ อังกุรบุตร์ ,ทวิน จันดา , สิทธิพร ศรีเมือง และ นพรัตน์ เกตุขาว (2561). การประเมินการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสำหรับประเทศไทย ,การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14, 13 – 15 มิถุนายน 2561 ณ โนโวเทล ระยอง

[6] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2563). Cooling load / ภาระการทำความเย็น. สืบค้น 2 เมษายน 2565, จาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6115/cooling-load

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558). การตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. หน้า 10-3

[8] รศ.วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์ (2563). แบบจำลองสารสนเทศอาคาร. สืบค้น 4 เมษายน 2565, จาก https://www.vrdigital.co.th/2017th/archives/4405

[9] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. (2564). แบบแปลนก่อสร้าง.สืบค้นเมื่อ 4 เมายน 2565.จาก. http://subsites.dpt.go.th/construction/index.php

[10] จารุวรรณ สุขสีดา (2558). การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจากการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารบ้านจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยว เพื่อการประหยัดพลังงานและได้คะแนนในเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงาน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.