การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารตามมาตรฐาน BEC (Building Energy Code) : กรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

The Study of Building Development of Building Energy Code: A Case Study Chaloem Phrakiat 56th Phansa Building at Rajamangala University of Technology Lanna

กาญจนา ปะทะนมปีย์[1*] กิตติกุล ศิริเมืองมูล[1] สุภาวรรณ ปันดี[1] ภาวิดา ชีวยะพันธ์[1] และภูมินทร์ พุทธโกมุท[1]

Khanjana Patanompee[1*] Kittikul Sirimeungmoon[1] Supawan Pundi[1] Pawida Cheewayaphan[1] and Bhumin Bhutdhakomut[1]

Received: *March 11, 2024;* ***Revised:*** *July 9, 2024;* ***Accepted:*** *July 10, 2024*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานสุทธิของอาคารกรณีศึกษา: อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา มีลักษณะการใช้งาน 8 ชั่วโมง และเป็นอาคารที่มีการดำเนินกิจกรรมและการใช้งานมากกว่า 10 - 15 ปี จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงฯ โดยทำการศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรมและสำรวจอาคารเพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคาร วัสดุในระบบกรอบอาคาร งานระบบประกอบอาคาร เพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมตรวจสอบค่าการอนุรักษ์พลังงานออนไลน์ (BEC Web-based) และเปรียบเทียบกับเกณฑ์กฎกระทรวง เรื่อง การกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุง ผลการศึกษาพบว่า กรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง 53.251 W/m^2 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา 37.305 W/m^2 ซึ่งสูงกว่าที่เกณฑ์กฎกระทรวงฯ กำหนด คือสูงกว่า 50 W/m^2 และ 10 W/m^2 ส่วนงานระบบประกอบอาคารเป็นไปตามเกณฑ์ จึงทำการเสนอปรับปรุงอาคาร โดยการเพิ่มฟิล์มกันความร้อนที่มีการเคลือบสารลดความร้อนบนเนื้อฟิล์ม และเพิ่มฉนวนกันความร้อนหลังคาที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำและค่าต้านทานความร้อนสูงพบว่า ค่า OTTV และ

[1] *คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*

[1] *Faculty of Arts and Architecture, Rajamangala University of Technology Lanna*

[*] *Corresponding Author, Tel. 06 5964 2664, E - mail: mikan.change@gmail.com*

ค่า RTTV ลดลงเท่ากับ 38.74 W/m^2 และ 9.50 W/m^2 และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจากเดิมที่ต่ำกว่าอาคารอ้างอิงอยู่ที่ 303,831.88 kWh/Year เมื่อทำการปรับปรุงส่งผลให้ลดลงจากเดิมเท่ากับ 261,010.92 kWh/Year ด้านงบประมาณความเป็นไปได้ในการลงทุนประมาณ 1,761,351.93 บาท ระยะคืนทุน 9.72 ปี และช่วยให้มหาวิทยาลัยประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าลดลงคิดเป็นร้อยละ 53.96 หลังจากการก่อสร้างปรับปรุงอาคาร

คำสำคัญ : อาคารเรียน; ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง; ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา; พลังงาน; โปรแกรม BEC Web-based

Abstract

This research studied the net energy use of a building: Chaloem Phrakiat 56th Anniversary Building. The building was utilized for 8 hours and has been in operation for over 10 - 15 years, necessitating improvements for energy conservation according to ministerial regulations. Architectural studies and building surveys were conducted to assess energy usage in the building, including the building materials and building systems, and to simulate the building using the online Building Energy Code (BEC) Web-based program. The results were compared with the Ministerial Regulation Prescribing Type or Size of Building and Standard, Criteria and Procedure in Designing Building for Energy Conservation B.E. 2563 (2020) to propose improvement measures. The study results found that the total heat transfer value of the walls was 53.251 W/m^2, and the roof was 37.305 W/m^2, which exceeded the ministerial regulation criteria of 50 W/m^2 and 10 W/m^2. The building systems met the ministerial criteria. The proposed improvements included adding heat-insulating film coated with heat-reducing substances and increasing roof insulation with low thermal conductivity and high thermal resistance properties. As a result, the OTTV and RTTV values decreased by 38.74 W/m^2 and 9.50 W/m^2. The overall energy consumption of the building, which was initially less than the reference building at 303,831.88 kWh/year, was reduced to 261,010.92 kWh/year after the improvements. In terms of the budget, the investment feasibility was approximately 1,761,351.93 Baht, with a payback period of 9.72 years. This leads to potential cost saving for the university by reducing electricity expenses by 53.96 % after the building improvement.

Keywords: Educational Building; Overall Thermal Transfer Value; Roof Thermal Transfer Value; Energy; BEC Web-based

บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานในประเทศไทย มีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของภาคประชาชน ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากทรัพยากรพลังงานภายในประเทศมีค่อนข้างจำกัด จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ แนวทางสำคัญที่จะช่วยลดอัตราการเพิ่มความต้องการการใช้พลังงานในประเทศ คือการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพในทุกภาคส่วน [1]

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน (Building Energy Code หรือ BEC) [2]

บังคับอาคารตามกฎหมายที่มีการก่อสร้างอาคารหรือดัดแปลงที่มีพื้นที่รวมทั้งหมดตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป และอยู่ใน 9 ประเภท ได้แก่ โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ สถานพยาบาล สถานศึกษา ห้างสรรพสินค้า อาคารชุด อาคารชุมนุม ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกฎกระทรวงฯ ได้มีการบังคับใช้เมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา โดยที่อาคารในภาครัฐที่มีการก่อสร้างและใช้งานในระยะเวลา 10 - 15 ปีที่ผ่านมา จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงฯ

อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีลักษณะการใช้งาน 8 ชั่วโมง ซึ่งมีทั้งส่วนสำนักงานและห้องเรียน ตามกฎกระทรวงฯ ข้างต้นที่ต้องมีการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน และเข้าข่ายอาคารที่มีการก่อสร้างและใช้งานอยู่ในระยะเวลา 10 - 15 ปี และตามนโยบายการจัดการพลังงานของทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จะดำเนินการและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นส่วนหนึ่งของหน่วยงานให้สอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง [3] จึงเลือกอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา (รูปที่ 1) เป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากกิจกรรมและการใช้งานของอาคารเป็นรูปแบบอาคารเรียนและสำนักงานที่มีกลุ่มผู้ใช้งานที่แน่นอนและมีการใช้พลังงานที่ค่อนข้างมาก ขนาดอาคารและการแบ่งพื้นที่ชัดเจน เหมาะสมต่อการศึกษา สะดวกต่อการเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูล และยังเป็นประโยชน์ให้แก่มหาวิทยาลัย ที่จะนำผลการศึกษานี้ ไปเป็นแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

รูปที่ 1 อาคารกรณีศึกษา: อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

จากการศึกษากระบวนการและวิธีการประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร [4] พบว่า โปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code เป็นเครื่องมือคำนวณค่าการอนุรักษ์พลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งประกอบด้วย ระบบเปลือกอาคาร ผนังอาคาร และหลังคาอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานหมุนเวียนและการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร โดยโปรแกรม BEC ได้บรรจุค่าเกณฑ์มาตรฐานและสมการการคำนวณตามที่กฎกระทรวงฯ กำหนด และได้มีการนำไปเป็นเครื่องมือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร อาทิการศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาของ [5] วิธีการดำเนินการวิจัยคือ กำหนดอาคารที่จะทำการศึกษาเป็นอาคารสถานศึกษา ซึ่งเข้าข่ายอาคาร 9 ประเภทตามกฎกระทรวงฯ โดยได้ใช้เครื่องมือในการจำลอง คือ โปรแกรม BEC (BEC Version 1.0.5) ในการประเมินค่าการใช้พลังงานและประสิทธิภาพพลังงานระหว่างระบบ ผลการวิจัยพบว่า แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่ใช้เดิมนั้นสามารถทำให้อาคารประหยัดพลังงานได้ โดยการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-Value) ซึ่งจากการปรับปรุงวัสดุดังกล่าวทำให้อาคารกรณีศึกษา มีค่า OTTV และค่า RTTV ในส่วนที่มีการปรับอากาศ สามารถผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อปรับปรุงอาคารนั้น

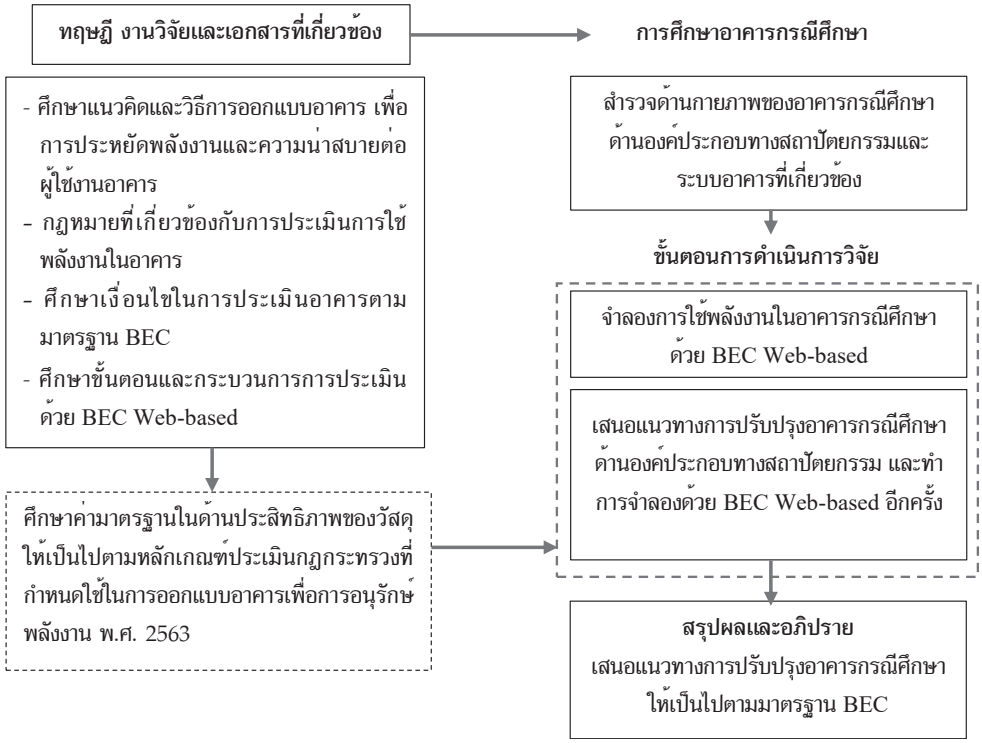
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารเพิ่มขึ้น 2.02 % ของราคาก่อสร้าง การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงคิดเป็น 6.23 % ของการใช้พลังงานอาคารก่อนการปรับปรุง และการศึกษาของ [6] ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด เพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งอยู่ในประเภทกลุ่มอาคารที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง เช่นเดียวกับอาคารกรณีศึกษา โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยคือ ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาคาร รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมากำหนดแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร และใช้โปรแกรม BEC (BEC Version 1.0.6) เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารก่อนการปรับปรุง และทำการนำแนวทางการปรับปรุงดังกล่าวมาศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุน เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสม โดยผลการศึกษาพบว่า กรอบอาคารก่อนการปรับปรุงไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์และเหมาะสมด้านการลงทุน แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปรับปรุงเฉพาะผนังทึบ โดยเสริมแผ่นยิปซั่มหนา 9 มม. ชนิดบุฉนวน EPS หนา 35 มม. และเว้นช่องอากาศ 3 ซม. ทำให้ค่า OTTV ลดลง ระยะคืนทุน 5.43 ปี เป็นแนวทางที่ค่าลงทุนถูกและคืนทุนเร็วที่สุด กรณีที่ 2 ปรับปรุงผนังทึบร่วมกับผนังโปร่งแสง โดยเสริมแผ่นยิปซั่มหนา 12 มม. ชนิดบุแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ และเว้นช่องอากาศ 9 ซม. ร่วมกับการเปลี่ยนชนิดกระจก เป็นกระจกโฟลตสีเขียวเข้ม 6 มม. (SHGC 0.55) ทำให้ค่า OTTV ลดลง ระยะคืนทุน 5.36 ปี เป็นแนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานได้สูงสุดและคืนทุนเร็วที่สุด ส่วนการปรับปรุงหลังคาอาคาร โดยการปูฉนวนใยแก้วแบบม้วน หนา 75 มม. หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เหนือฝ้าเพดานเดิมมีค่า RTTV ลดลง ระยะคืนทุน 1.24 ปี เป็นแนวทางที่ค่าลงทุนถูกและคืนทุนเร็วที่สุด เมื่อพิจารณาความเหมาะสมด้านการลงทุนกับแนวทางการปรับปรุง โดยพิจารณาที่ระยะคืนทุน พบว่าแนวทางที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด อาจจะไม่ใช่แนวทางที่เหมาะสมด้านการลงทุน เนื่องจากอาจเป็นแนวทางที่มีค่าใช้จ่ายสูงได้ จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นพบว่า แนวทางการปรับปรุงกรอบอาคาร เพื่อให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านตามที่กฎกระทรวงฯ กำหนด จะต้องเพิ่มความต้านทานความร้อนของกรอบอาคาร เช่น การปรับปรุงผนังทึบและหลังคา ต้องมีการเพิ่มฉนวน การปรับปรุงผนังโปร่งแสง อาจจะทำการโดยเปลี่ยนชนิดกระจกหรือติดฟิล์มกันความร้อน การใช้งานโปรแกรม BEC จะต้องทำการศึกษารายละเอียดของส่วนประกอบของอาคารให้ชัดเจน ทั้งส่วนกรอบอาคารและงานระบบที่เกี่ยวข้อง เพื่อจะทำให้ทราบปริมาณการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง และปัจจุบันตามนโยบาย Thailand 4.0 ของประเทศไทย และ Energy 4.0 ของกระทรวงพลังงาน ได้พัฒนาและปรับปรุงโปรแกรม BEC ให้สามารถใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เรียกว่า “โปรแกรม BEC Web-based” ซึ่งสามารถป้อนข้อมูล ประเมินผลและจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งระบบการทำงานโดยพื้นฐานคล้ายกับโปรแกรม BEC เดิม

งานวิจัยนี้ศึกษาอาคารกรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา เนื่องจากอาคารดังกล่าวเป็นอาคารสูง 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 9,544.28 ตารางเมตร และดำเนินกิจกรรมและการใช้งานมากกว่า 10 - 15 ปี เป็นรูปแบบอาคารเรียนและสำนักงาน (8 ชั่วโมง) ที่มีกลุ่มผู้ใช้งานที่แน่นอน และมีการใช้พลังงานที่ค่อนข้างมาก จึงเหมาะแก่การศึกษาโดยการใช้โปรแกรม BEC Web-based เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อการประเมินค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารระหว่างการใช้งานในรอบ 1 ปี ของอาคารกรณีศึกษา (Whole Building Energy) รวมถึงศึกษาวัสดุกรอบอาคาร งานระบบประกอบอาคารที่เกี่ยวข้อง เพื่อการวิเคราะห์และเสนอแนวทางปรับปรุงอาคารให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากขึ้น ให้เป็นไปตามที่กฎกระทรวงฯ กำหนดและยังเป็นประโยชน์ให้แก่มหาวิทยาลัย ที่จะนำผลการศึกษานี้ ไปเป็นแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารตามมาตรฐาน BEC โดยวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานโดยรวมทั้งอาคาร มีการแสดงผลในส่วนของค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร (OTTV และ RTTV) ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ นำมาเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานและสมการการคำนวณตามที่กฎกระทรวงฯ กำหนด เพื่อสรุปผลพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ให้เป็นไปตามมาตรฐาน BEC ต่อไป ซึ่งมีกรอบแนวคิดในการดำเนินงานตามรูปที่ 2 ดังนี้



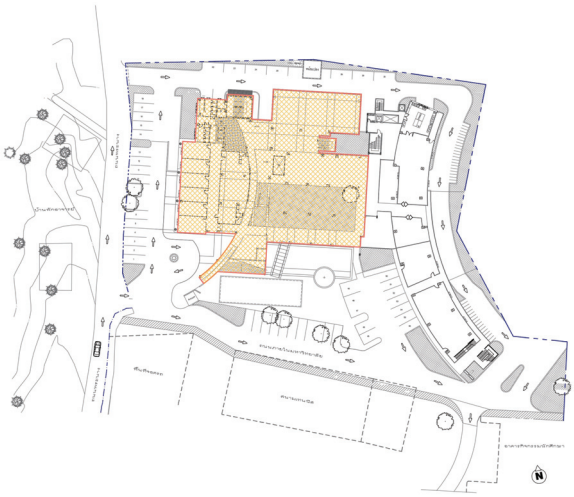
รูปที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษา อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ตามกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ได้กำหนดให้อาคารที่มีลักษณะการใช้งานรูปแบบนี้ อยู่ในกลุ่มอาคารประเภทที่ 1 สำนักงานและสถานศึกษา ที่มีการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน [7]

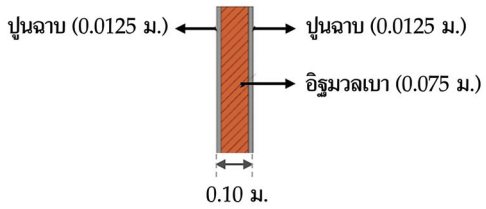
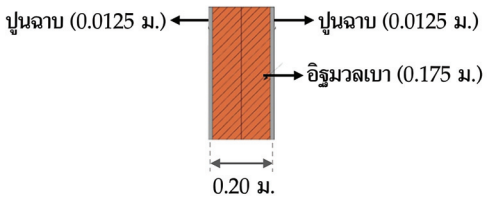
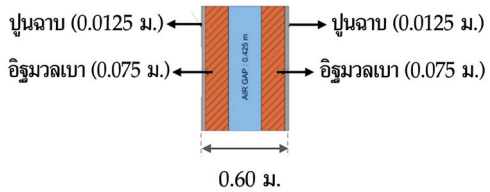
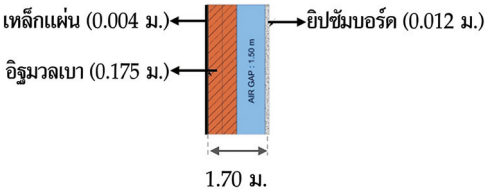
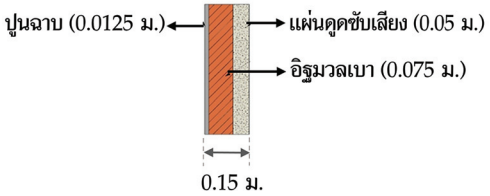
โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารดังนี้ อาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารสูง 8 ชั้น ตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ดังรูปที่ 3 มีพื้นที่ใช้สอยรวม 9,544.28 ตารางเมตร พื้นที่ปรับอากาศ 3,753.89 ตารางเมตร พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 5,790.39 ตารางเมตร และพื้นที่จอดรถในอาคาร 443.616 ตารางเมตร ด้านทิศตะวันตกติดกับถนนพระนาง ด้านทิศเหนือติดกับอาคารหอพัก ทิศตะวันออกติดกับอาคาร (ที่พักรายวัน) และทิศใต้ติดกับถนนภายในมหาวิทยาลัยและที่จอดรถ

กรอบอาคาร (Envelop) : ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐมวลเบา และกระจกใส ร่วมกับอุปกรณ์บังแดด หลังคา 2 แบบ คือ หลังคาคอนกรีต และหลังคาแผ่นเหล็กรีดลอน โดยรายละเอียดตามตารางที่ 1 - 3 เพื่อนำไปกรอกในโปรแกรม BEC Web-based หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (RTTV) ต่อไป

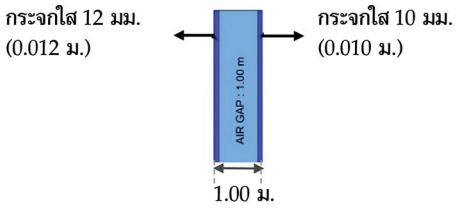
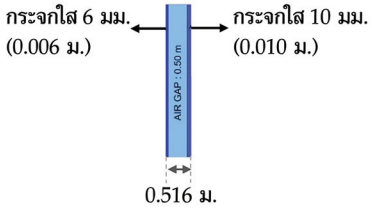


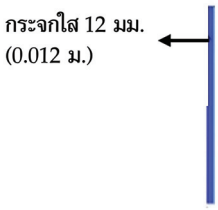
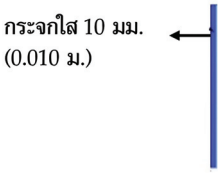
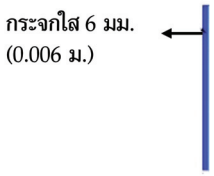
รูปที่ 3 ผังบริเวณอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

ตารางที่ 1 รายละเอียดของกรอบอาคารส่วนผนังทึบ

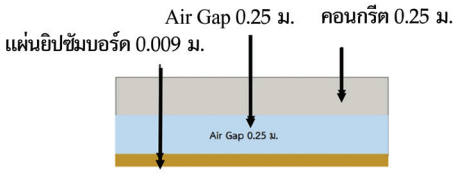
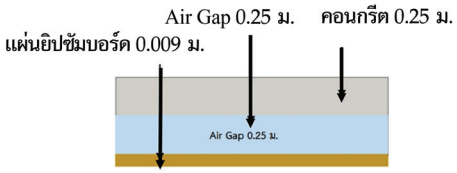
แบบที่ 1 ผนังก่ออิฐมวลเบา ครึ่งแผ่น	แบบที่ 2 ผนังก่ออิฐมวลเบา เต็มแผ่น
	
แบบที่ 3 ผนัง 2 ชั้น มี Air Gap 0.425 ม.	**แบบที่ 4 ผนังก่ออิฐมวลเบา โครงเคร่าเหล็กบุโลหะบาง**
	
แบบที่ 5 ผนังก่ออิฐมวลเบา กรุฟองน้ำด้านใน	
	

ตารางที่ 2 รายละเอียดของกรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสง

แบบที่ 1 ผนังกระจกใส 12 มม. + กระจกใส 10 มม.	แบบที่ 2 ผนังกระจกใส 6 มม.+กระจกใสติดตาย 10 มม.
	

แบบที่ 3 กระจกใส 12 มม.	แบบที่ 4 กระจกใส 10 มม.	แบบที่ 5 กระจกใส 6 มม.
		

ตารางที่ 3 รายละเอียดของกรอบอาคารส่วนหลังคา

แบบที่ 1 หลังคาคอนกรีต	แบบที่ 2 หลังคาแผ่นเหล็กรีดลอน
	

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System): ประกอบด้วย อุปกรณ์ให้แสงสว่าง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แบบเปลือย กล่องเหล็ก (แบบสะท้อน), หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบกลม กล่องเหล็กกลม, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบ) และหลอดไฟแอลอีดี ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง โดยรายละเอียดตามตารางที่ 4 และรูปที่ 4 เพื่อนำไปกรอกในโปรแกรม BEC Web-based หาปริมาณการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร

ตารางที่ 4 รายละเอียดและจำนวนของหลอดไฟภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

หลอดไฟ	ขนาดวัตต์ต่อชุดดวงโคม	จำนวน (ชุดดวงโคม)	พื้นที่ใช้งาน
1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แบบเปลือย ขนาด 1 x 36 วัตต์ ใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็ก ประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์	- ชุดโคมฟลูออเรสเซนต์ T8 (1 x 36) + 6 = 42 วัตต์	60	ที่จอดรถใต้ดิน/ ใต้ถุนชั้น 1/ ทางเดิน/ ห้องงานระบบ
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แบบเปลือย ขนาด 2 x 36 วัตต์ ใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็ก ประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์	- ชุดโคมฟลูออเรสเซนต์ T8 (2 x 36) + 6 = 78 วัตต์	470	ห้องเตรียมสอน/ ศูนย์ภาษา/ ห้องปฏิบัติการครัว/ ห้องเรียน

ตารางที่ 4 รายละเอียดและจำนวนของหลอดไฟภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา (ต่อ)

หลอดไฟ	ขนาดวัตต์ต่อชุดดวงโคม	จำนวน (ชุดดวงโคม)	พื้นที่ใช้งาน
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบกลม ขนาด 1 x 32 วัตต์ ใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์	- ชุดโคมฟลูออเรสเซนต์แบบกลม (1 x 32) + 6 = 38 วัตต์	69	ห้องน้ำ
4. หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แบบเปลือย ขนาด 1 x 18 วัตต์ ใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง 6 วัตต์	- ชุดโคมฟลูออเรสเซนต์ T8 (1 x 18) + 6 = 24 วัตต์	48	ห้องเก็บของ
5. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 11 วัตต์	11 วัตต์	180	บันได/โถงลิฟท์/ทางเดิน
6. หลอดไฟแอลอีดีขนาด 12 วัตต์	12 วัตต์	89	ทางเดินเชื่อมอาคาร

(ก) ห้องเรียน (ข) ใต้ถุนชั้น 1 (ค) ทางดินเชื่อมอาคาร (ง) ทางเดิน

รูปที่ 4 ลักษณะดวงโคมและหลอดไฟภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

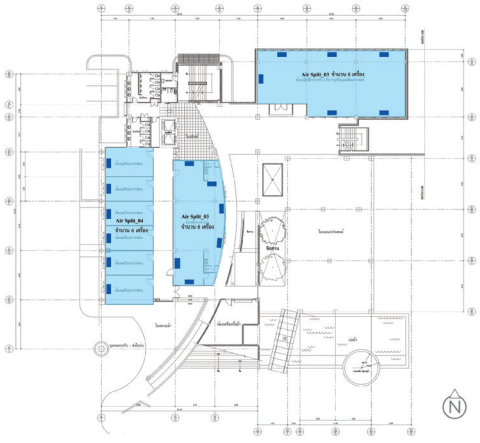
ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System) : พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร ได้แก่ ห้องทำงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการครัว ห้องพักอาจารย์ และห้องประชุม มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) และเครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Unit) โดยรายละเอียดและจำนวนเครื่อง ตามตารางที่ 5 และรูปที่ 5 เพื่อนำไปกรอกในโปรแกรม BEC Web-based หาปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร

ตารางที่ 5 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศและจำนวนของแต่ละพื้นที่ภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

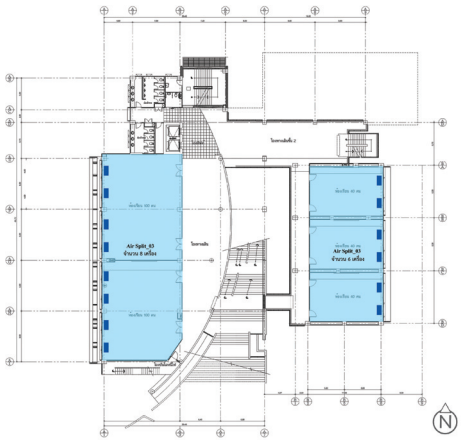
เครื่องปรับอากาศ	อัตราการทำความเย็น (BTU/hr)	พลังงานที่ใช้ (kW)	COP (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ)	พื้นที่ใช้งาน (เครื่อง)	จำนวน
1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน					
Air Split_01	12,000	1.090	3.226	ห้องทำงาน ชั้น 6 - 7	8
Air Split_02	24,000	2.180	3.226	ห้องทำงาน ชั้น 7	5
Air Split_03	26,560	2.250	3.459	ห้องเรียน ชั้น 1 - 6 ห้องปฏิบัติการครัว ชั้น 1	
Air Split_04	30,510	2.500	3.576	ห้องเตรียมสอน ชั้น 1 ห้องทำงาน ชั้น 7 - 8	8
Air Split_05	32,000	2.910	3.226	ห้องทำงาน ชั้น 6	2

ตารางที่ 5 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศและจำนวนของแต่ละพื้นที่ภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา (ต่อ)

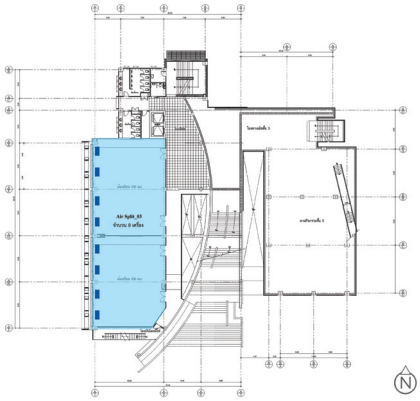
เครื่องปรับอากาศ	อัตราการทำความเย็น (BTU/hr)	พลังงานที่ใช้ (kW)	COP (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ)	พื้นที่ใช้งาน (เครื่อง)	จำนวน
Air Split_06	36,000	3.270	3.226	ห้องทำงาน ชั้น 6 - 7	5
2. เครื่องปรับอากาศแบบชุด					
Package Air_01	110,000	9.160	3.519	ห้องประชุมรวม Slope ชั้น 4	4



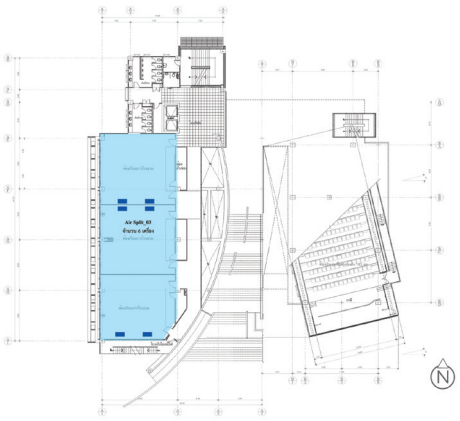
(ก) แปลนชั้นที่ 1



(ข) แปลนชั้นที่ 2

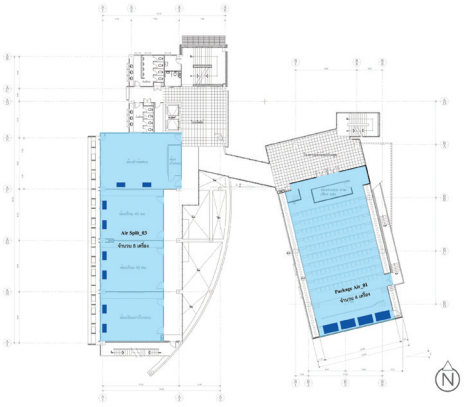


(ค) แปลนชั้นที่ 3

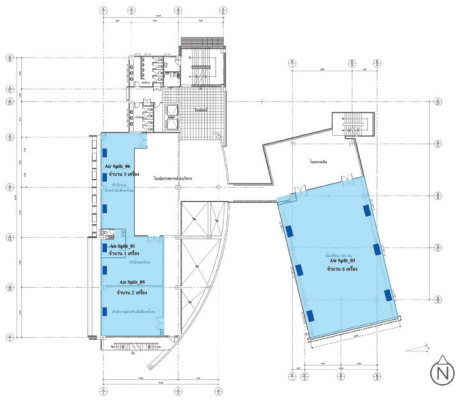


(ง) แปลนชั้นที่ 4

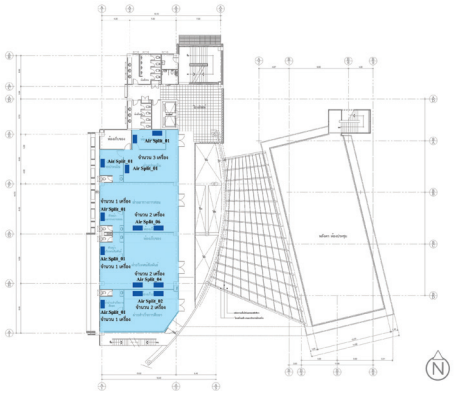
รูปที่ 5 ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศและจำนวนภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา



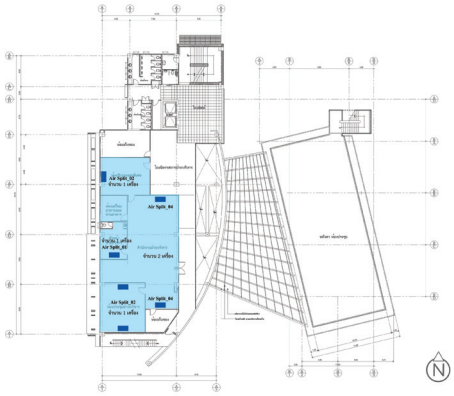
(จ) แปลนชั้นที่ 5



(ฉ) แปลนชั้นที่ 6



(ช) แปลนชั้นที่ 7



(ซ) แปลนชั้นที่ 8

รูปที่ 5 ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศและจำนวนภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา (ต่อ)

อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน (Hot Water System) : ไม่มี

พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) : ไม่มี

จากการเก็บข้อมูล อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา สามารถกำหนดพื้นที่ที่พิจารณาโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) และปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร ส่วนพื้นที่ไม่ปรับอากาศเพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้นำไปกรอกในโปรแกรม BEC Web-based ต่อไป

ผลการศึกษา

1. งานวิจัยนี้พบว่า ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา อยู่ที่ 303,831.88 kWh/Year ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่เมื่อทำการเสนอแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารโดยการเพิ่มฟิล์มกันความร้อนที่ได้รับมาตรฐานฟิล์มประหยัดพลังงานเบอร์ 5 ซึ่งมีคุณสมบัติลดแสงจ้า ลดความร้อนและป้องกันรังสียูวี [8] ให้กับกระจกใส และเพิ่มฉนวนกันความร้อน มีค่าการนำความร้อนต่ำและต้านทานความร้อนได้ดีที่ช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร [9] บริเวณหลังคาทั้ง 2 แบบ ทำให้ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารลดลงจากเดิมถึง 42,820.96 kWh/Year ดังตารางที่ 6

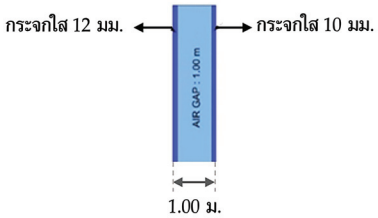
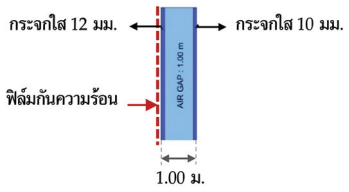
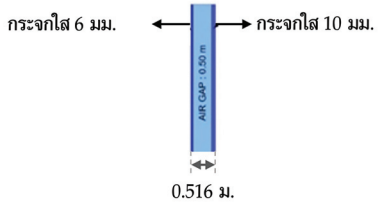
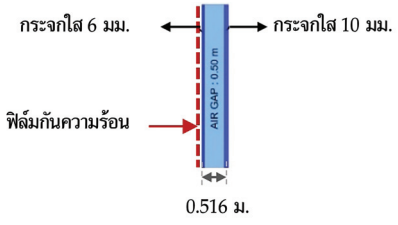
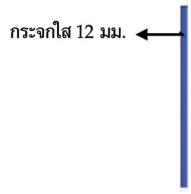
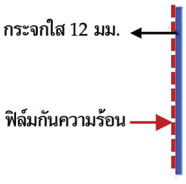
ตารางที่ 6 สรุปผลค่าการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษาตลอดทั้งปี และแนวทางการปรับปรุง

รายละเอียด	อาคารที่ออกแบบ	อาคารอ้างอิง	ผลการเปรียบเทียบ
ตามแบบก่อสร้าง Whole Building Energy (kWh/Year)	303,831.88	383,191.570	79,359.69
ปรับปรุงระบบกรอบอาคาร Whole Building Energy (kWh/Year)	261,010.92	383,191.570	122,180.65

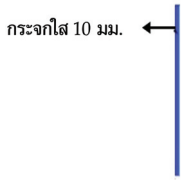
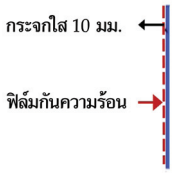
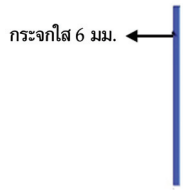
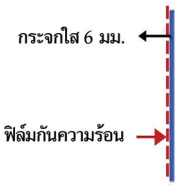
2. จากวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุกรอบอาคารกรณีศึกษา งานระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อการวิเคราะห์และเสนอแนวทางปรับปรุงอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐาน BEC โดยที่อ้างอิงการพิจารณาตามกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2563 ในทางเลือกที่ 1 ต้องผ่านเกณฑ์ทุกระบบ [10] พบว่า กรอบอาคารส่วนผนังทึบไม่ได้มีการเสนอปรับปรุง แต่กรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสงและหลังคา มีการเสนอปรับปรุง โดยมีรูปแบบการติดตั้งตามตารางที่ 7 - 8 และรายละเอียดงานระบบต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษา ดังนี้

2.1 **กรอบอาคาร (Envelope)** ในส่วนผนังโปร่งแสงและหลังคาของอาคาร

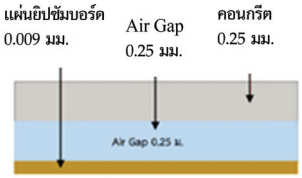
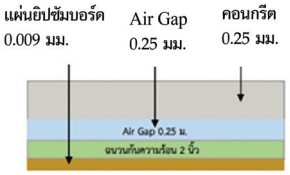
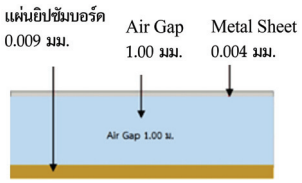
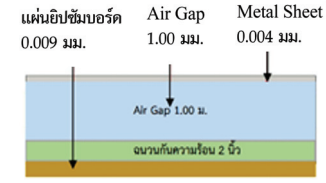
ตารางที่ 7 กรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสงและแนวทางการปรับปรุง

ตามแบบก่อสร้าง	ปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร
แบบที่ 1 กระจกใส 12 มม. + กระจกใส 10 มม. 	**แบบที่ 1** กระจกใส 12 มม. + กระจกใส 10 มม. + ฟิล์มกันความร้อน PR50 
แบบที่ 2 กระจกใส 6 มม. + กระจกใสติดตาย 10 มม. 	**แบบที่ 2** กระจกใส 6 มม. + กระจกใสติดตาย 10 มม. + ฟิล์มกันความร้อน 
แบบที่ 3 กระจกใส 12 มม. 	**แบบที่ 3** กระจกใส 12 มม. + ฟิล์มกันความร้อน 

ตารางที่ 7 กรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสงและแนวทางการปรับปรุง (ต่อ)

ตามแบบก่อสร้าง	ปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร
แบบที่ 4 กระจกใส 10 มม.	**แบบที่ 4** กระจกใส 10 มม. + ฟิล์มกันความร้อน
	
แบบที่ 5 ผนังกระจกใส 6 มม.	**แบบที่ 5** กระจกใส 6 มม. + ฟิล์มกันความร้อน
	

ตารางที่ 8 กรอบอาคารส่วนหลังคาและแนวทางการปรับปรุง

ตามแบบก่อสร้าง	ปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร
แบบที่ 1 หลังคาคอนกรีต	**แบบที่ 1** หลังคาคอนกรีต **+ ฉนวนกันความร้อน หนา 2 นิ้ว**
	
แบบที่ 2 หลังคาแผ่นเหล็กรีดลอน	**แบบที่ 2** หลังคาแผ่นเหล็กรีดลอน **+ ฉนวนกันความร้อน หนา 2 นิ้ว**
	

อุปกรณ์บังแดดของอาคาร มีลักษณะเป็นแผ่นคอนกรีตแนวตั้งและแนวนอน โดยอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งมีขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 0.15 เมตร ห่างจากผนัง 0.70 เมตร อุปกรณ์บังแดดแนวนอนมีขนาดกว้าง 0.70 เมตร สูงจากพื้น 3.50 เมตร โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดด ดังตารางที่ 9 และรูปที่ 6

ตารางที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ของผนังแต่ละทิศ

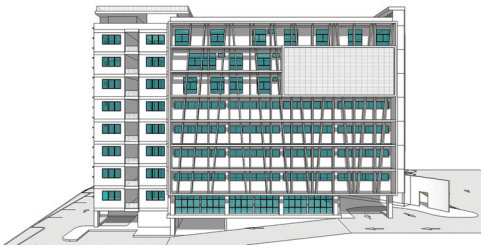
ขนาดกระจกหน้าต่าง	ค่า SC ของอุปกรณ์บังแดด			
	WW	NN	EE	SS
3.60 x 2.70	0.84	-	-	-
7.40 x 1.00	0.54	-	0.56	-
1.40 x 6.50	0.56	-	-	-
2.40 x 2.00	0.60	-	-	-
24.00 x 1.00	-	0.56	-	-

หมายเหตุ: ค่า SC ของอุปกรณ์บังแดดคำนวณจากโปรแกรม BEC Web-based

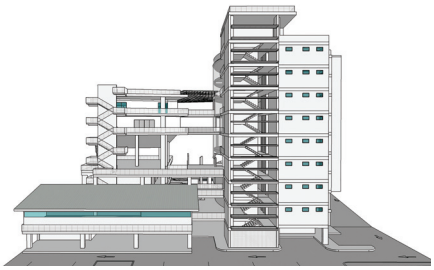
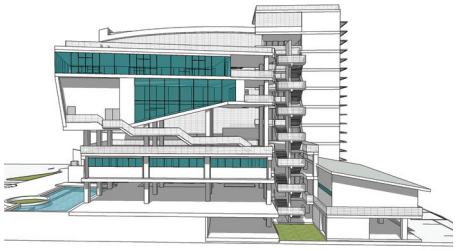
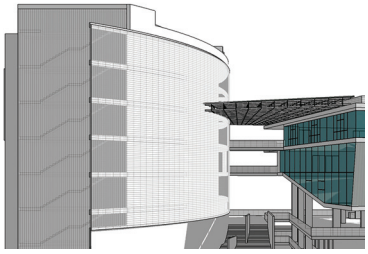
รูปที่ 6 อุปกรณ์บังแดดภายนอกของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา มีอัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด ในแต่ละทิศตามรายละเอียดของตารางที่ 10 โดยได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม BEC Web-based

ตารางที่ 10 อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR)

ทิศ	รูปด้าน	WWR
ทิศตะวันตก (90 องศา)		34 %

ตารางที่ 10 อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) (ต่อ)

ทิศ	รูปด้าน	WWR
ทิศเหนือ (180 องศา)		41 %
ทิศตะวันออก (270 องศา)		47 %
ทิศใต้ (0 องศา)		37 %

2.2 **ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)** จากการสำรวจอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ประกอบด้วย อุปกรณ์ให้แสงสว่าง คือ หลอดฟูลออเรสเซนต์ T8 แบบเปลือย กล่องเหล็ก (แบบมี Reflexion), หลอดฟูลออเรสเซนต์แบบกลม กล่องเหล็กกลม, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบ) และหลอดไฟแอลอีดี ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง โดยผลปริมาณการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างพบว่าอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีกำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมด 47,846 วัตต์ ใช้ในพื้นที่อาคารทั้งหมด 9,544.28 ตารางเมตร คิดเป็นกำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร (Lighting Power Density, LPD) เท่ากับ 5.01 วัตต์ต่อตารางเมตร ผ่านตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา เทียบตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ

รายละเอียด	ค่าที่ได้
กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมด	47,846 วัตต์
พื้นที่อาคารทั้งหมด	9,544.28 ตารางเมตร
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD) ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา	5.01 วัตต์ต่อตารางเมตร
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD) ตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ	10 วัตต์ต่อตารางเมตร
ประเมินผล	**ผ่าน**

2.3 **ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System)** จากการสำรวจอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา พบว่า มีการใช้งานระบบปรับอากาศอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) และเครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Unit) ซึ่งต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กฎกระทรวงฯ กำหนดพบว่าการประเมินผลค่า COP ของระบบปรับอากาศอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ด้วยโปรแกรม BEC Web-based ผ่านตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษาเทียบตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ

รายละเอียด	**ค่า COP**
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	3.226, 3.459 และ 3.576
เครื่องปรับอากาศแบบชุด	3.519
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)	3.22
ประเมินผล	**ผ่าน**

3. จากการศึกษาข้างต้น โดยอ้างอิงการพิจารณาตามกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2563 ในทางเลือกที่ 1 ต้องผ่านเกณฑ์ทุกระบบพบว่า ค่าการใช้พลังงานของอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ในส่วนงานระบบที่เกี่ยวข้องของอาคารผ่านตามเกณฑ์ที่กฎกระทรวงฯ กำหนด แต่ส่วนกรอบอาคาร (ผนังโปร่งแสงและหลังคา) ไม่ผ่านตามเกณฑ์กฎกระทรวงฯ ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการออกแบบปรับปรุงกรอบอาคาร โดยการเลือกใช้วัสดุเพื่อให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากขึ้น ตามมาตรฐานการพิจารณากฎกระทรวง เรื่องการกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ระหว่างแบบก่อสร้างเดิมกับแนวทางปรับปรุง

	รายละเอียด	**อาคารที่ออกแบบ**	**เกณฑ์มาตรฐาน**	**ผลการประเมิน**
ระบบกรอบอาคารตามแบบก่อสร้าง	**OTTV** (A/C Zone)	53.251 **W/m^2**	50 W/m^2	ไม่ผ่าน
	RTTV (A/C Zone)	37.305 **W/m^2**	10 W/m^2	ไม่ผ่าน
	Lighting System	5.01 W/m^2	10 W/m^2	ผ่าน
	Air Conditioning System (COP)	3.22, 3.459, 3.576, 3.519	3.22	ผ่าน
	Whole Building Energy (kWh/Year)	303,831.88	383,191.570	ผ่าน
ปรับปรุงระบบกรอบอาคาร	**OTTV** (A/C Zone)	38.74 **W/m^2**	50 W/m^2	ผ่าน
	RTTV (A/C Zone)	9.50 **W/m^2**	10 W/m^2	ผ่าน
	Lighting System	5.01 W/m^2	10 W/m^2	ผ่าน
	Air Conditioning System (COP)	3.22, 3.459, 3.576, 3.519	3.22	ผ่าน
	Whole Building Energy (kWh/Year)	261,010.92	383,191.570	ผ่าน

ดังนั้นการศึกษาตามวัตถุประสงค์พบว่า การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมในระบบกรอบอาคาร และค่าการใช้พลังงานโดยรวม (Whole Building Energy) ลดลง

อภิปรายผล

การประเมินอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณของกฎกระทรวงฯ อาคารต้องมีการพิจารณาผ่านเกณฑ์ 2 ทางเลือก โดยทางเลือกที่ 1 คือการผ่านเกณฑ์ทุกระบบ ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ แต่ถ้าหากไม่ผ่านเกณฑ์รายระบบใดระบบหนึ่ง ให้พิจารณาทางเลือกที่ 2 คือการผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปี โดยต้องมีค่าต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงตามกฎกระทรวง ทั้งนี้ ทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 2 นั้น หากในอาคารมีการใช้อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน อุปกรณ์ดังกล่าวนั้นต้องผ่านข้อกำหนดด้วยเช่นกัน [11]

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ซึ่งผลการประเมินค่าการอนุรักษ์พลังงานของอาคารพบว่า ไม่ผ่านการพิจารณาทางเลือกที่ 1 ในระบบกรอบอาคาร ส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศผ่านเกณฑ์ตามรายระบบ แต่ในทางเลือกที่ 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคารต่อปีที่มีค่าต่ำกว่าอาคารอ้างอิง ตามตารางที่ 13

จากการวิเคราะห์อาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา สามารถยื่นการประเมินการอนุรักษ์พลังงานของอาคารในทางเลือกที่ 2 ได้ และพิจารณาเรื่องค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของอาคารประมาณ 335,691.50 บาท/ปี แต่หากทำการยื่นในทางเลือกที่ 1 โดยการปรับปรุงระบบกรอบอาคารตามที่เสนอในงานวิจัยนี้ คือ การปรับปรุงวัสดุกรอบอาคาร 2 ส่วน คือ ส่วนของผนังอาคารที่เป็นผนังโปร่งแสงหรือกระจก ให้มีการติดฟิล์มกันความร้อนที่เคลือบสารลดความร้อนบนเนื้อฟิล์ม แต่ยังให้แสงผ่านเข้ามาในพื้นที่ใช้งาน และส่วนของหลังคา เสนอปรับปรุงโดยการเพิ่มฉนวนกันความร้อนที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำ ต้านทานความร้อนสูง ที่ช่วยลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารพบว่า ค่า OTTV และค่า RTTV ลดลงตามตารางที่ 13 และส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารที่ได้ปรับปรุงลดลงจากเดิมร้อยละ 14.09 ส่วนการพิจารณาเรื่องค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของอาคารได้ประมาณ 181,139.13 บาท/ปี ซึ่งลดลงจากเดิมก่อนการปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 53.96 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [12] ในการเสนอปรับปรุงระบบกรอบอาคาร ทำให้ค่าการใช้พลังงานลดลงจากเดิมร้อยละ 13.15 ของพลังงานที่ใช้ก่อนการปรับปรุงและสามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าได้เช่นกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอการปรับปรุงในทางเลือกที่ 1 เพื่อช่วยให้มหาวิทยาลัยประหยัดงบประมาณในการใช้จ่ายเกี่ยวกับไฟฟ้าและได้เสนอความเป็นไปได้ในการลงทุน เพื่อปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน โดยสรุปค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคาร ตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างปรับปรุงอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด (บาท)
				ราคา/หน่วย	รวม (บาท)	ราคา/หน่วย	รวม (บาท)	
1	งานรื้อฝ้าเพดาน	650.71	ตร.ม.	-	-	25.00	16,267.75	16,267.75
2	งานติดตั้งฉนวนฝ้าเพดานหนา 2 นิ้ว	650.71	ตร.ม.	250.00	162,677.50	25.00	16,267.75	178,945.25

ตารางที่ 14 สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างปรับปรุงอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด (บาท)
				ราคา/หน่วย	รวม (บาท)	ราคา/หน่วย	รวม (บาท)	
3	งานติดตั้งยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	650.71	ตร.ม.	298.00	193,911.58	75.00	48,803.25	242,714.83
4	งานติดฟิล์มกันความร้อนที่กระจก	733.88	ตร.ม.	1,240.00	910,011.20	-	-	910,011.20
							รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	1,347,939.03
							ค่า Factor F = 1.3067	413,412.90
							รวมค่าก่อสร้าง	1,761,351.93

สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างปรับปรุงอาคารข้างต้น สู่ความเป็นไปได้ในการลงทุนประมาณ 1,761,351.93 บาท สามารถคืนทุนได้ 9.72 ปี หลังจากการก่อสร้างปรับปรุงอาคาร ซึ่งงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางดังกล่าว เพื่อเป็นประโยชน์แก่มหาวิทยาลัยในการพิจารณางบประมาณในการปรับปรุงอาคารต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยมุ่งเน้นในการศึกษาด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร ที่จะนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารเฉลิมพระเกียรติ 56 พรรษา ซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ นักวิชาการ คณาจารย์ และบุคลากร กองพัฒนาอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ข้อมูล และร่วมกันปฏิบัติงานกันอย่างเต็มที่ ที่ส่งผลทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

[1] Ministry of Energy. (2011). **20-year Energy Conservation Plan (2011-2030)**. Access (15 May 2024). Available (https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files_Thai.pdf)

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2022). **Regulation of Laws Conservation Energy Building BEC**. Access (15 May 2022). Available (https://bec.dede.go.th/requirements-of-the-law/)

[3] Rajamangala University of Technology Lanna. (2020). **Energy Management Policy**. Access (15 May 2024). Available (https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/_2020.pdf)

[4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2018). **BEC Web-based Program Handbook**. Bangkok: Ministry of Energy

[5] Poophet, M. and Khunthong, J. (2016). The Study of Building Development for Energy Efficiency: Case Study of Educational Buildings. **Building Innovation 2016: B-inno2016**. pp. 358-366. (in Thai)

[6] Sopit, C. (2016). Renovation Strategies to Improve Energy Saving for Provincial Health Office. **Veridian E-Journal Silpakorn University (Humanities, Social Science and Arts)**. Vol. 9, No. 1, pp. 1703-1716 (in Thai)

[7] Coordinating Center for Energy Conservation building Design. (2016). **Basic Guidelines for Designing Architecturally High-Performance Energy Conservation Buildings**. Bangkok : Department of Alternative Energy Development and Efficiency

[8] Good Film Shop. (2018). **Building Film Information**. Access (15 August 2023). Available (https://goodfilmshop.com)

[9] SCG E-Newsletter. (2022). **Insulation for Ceilings**. Access (15 August 2022). Available (https://www. scgsmartliving.com/product/thermal-insulation/thermal-insulation-for-ceiling)

[10] Ministerial Regulations Specify the Type. or the Size of the Building and Standards, Criteria and Methods for Designing Buildings for Energy Conservation, (B.E. 2020). **Government Gazette**. Vol. 137, Part 94. pp. 7-11

[11] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2024). **Design Standards and Criteria Buildings for Energy Conservation According to Law**. Access (29 June 2024). Available (http://berc.dede.go.th/)

[12] Sonthicha, S. and Roho, S. (2021). Guideline of Educational Building Development for Evaluation Energy Efficiency, Case Study of Educational Building and Operational Technology at Suan Sunandha Rajabhat University. **Journal of Building Energy & Environment**. Vol. 4, No. 1, pp. 56-74