

การศึกษามาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อ การอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรฐาน Code (BEC) : กรณีศึกษาอาคารสิรินธร The study of Standards and Criteria in Building Design for Energy Conservation or Standards Code (BEC) : Case Study of Sirindhorn

สันตฉณีย์ คงศิลป์^{1*}, ภูบดินทร์ บางระหัด² และ จักรพงษ์ ไชยานุพัทรกุล³

บทคัดย่อ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาโครงการนี้มุ่งเน้นศึกษาโปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code (โครงการนี้ใช้ Version 1.0.6) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับตรวจสอบแบบอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ผู้ศึกษาเน้นศึกษาอาคารประเภทสถานศึกษาที่ถูกออกแบบก่อสร้างแล้วเสร็จโดยจะทำการตรวจสอบแบบอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งจะทำการตรวจสอบอาคาร อาคารสิรินธร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

จากการศึกษาพบว่า อาคารก่อนการปรับปรุงมีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 714,146.91 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี และอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐาน มีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 1,650,875.86 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ดังนั้นการใช้พลังงานรวมในอาคารสิรินธร จึงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิงถึง 936,728.95 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ซึ่งสามารถผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 63.060 วัตต์ต่อตารางเมตร (ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน)

ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อปรับปรุงอาคารสถานศึกษาให้มีการใช้พลังงานลดลง จากแนวทางในการปรับปรุงอาคารโดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดดังกล่าว วิธีนี้ค่า OTTV และ RTTV สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

^{1*,2,3} สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

^{1*}E-mail: scalebuilding@hotmail.com

²E-mail: earth_dormant@hotmail.com

³E-mail: chackapong.cha@rmutr.ac.th

* Corresponding author, e-mail: scalebuilding@hotmail.com

ค่าใช้จ่ยในการปรับปรุงอาคารเพิ่มขึ้นประมาณ 2,186,760.00 บาท การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 32,020.76 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ต่อปี ประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 128,083.04 บาทต่อปี (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาทกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง) ระยะเวลาคืนทุน 17 ปี

คำสำคัญ: โปรแกรม BEC, อาคารเขียว, การปรับปรุงอาคาร

Abstract

The tool used in this project study focuses on the BEC program or Building Energy Code (this project uses Version 1.0.6). It is a program developed for building inspection in accordance with building energy conservation standards. The study focuses on studying buildings that are designed, completed, construction, by checking the building design according to the energy conservation standards in the building. Which will inspect the Sirindhorn Building, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

From the study found that The building before the renovation has the total energy consumption of 714,146.91 kilowatts per hour per year. And reference buildings according to standard criteria The total energy consumption is 1,650,875.86 kilowatt hours per year. Therefore, the total energy use in Sirindhorn building Therefore is less than the reference building of 936,728.95 kilowatt-hours per year. Which can meet the total energy consumption criteria of the building as specified by the Ministry of Or the size of the building and the standards, criteria and methods in designing for energy conservation But the total heat transfer of the exterior wall of the building in the air conditioner (OTTV) area is 63.060 watts per square meter. (Which do not pass the benchmark)

The possibility of investing in school buildings to reduce energy use From the guidelines for building improvements by installing such shading devices, this method of OTTV and RTTV values can pass the benchmark. The cost of building improvements increased by approximately 2,186,760.00 baht. Electricity usage decreased by 32,020.76 kilowatt-hours per year. Can save electricity approximately 128,083.04 baht per year (average electricity cost 4 baht kilowatt per hour), payback period of 17 years

Keywords: BEC Program, Green Building, Building Improvement

1. ที่มาและความสำคัญ

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาสำคัญที่มนุษยโลกทุกคนควรตระหนักถึง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น เราจึงเรียกว่า ภาวะโลกร้อน กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น

อาคารถือได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอาคารมีการบริโภคพลังงานอย่างมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของมนุษย์จึงไม่สามารถที่จะลดทอนความสำคัญลงได้ พลังงานจึงมีความจำเป็นที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องถูกบริโภคอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นอาคารจึงต้องมีสมดุลทางการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารที่เหมาะสม นอกจากปัจจัยด้านพลังงานและคุณภาพชีวิตแล้ว อาคารยังมีผลกระทบ ทางตรงต่อสิ่งแวดล้อมที่ต้องการการแก้ไขเร่งด่วน ทั้งในเรื่องของการรุกรักระบบนิเวศเดิม ก่อปัญหาน้ำท่วม ปรากฏการณ์เกาะร้อน การใช้น้ำปริมาณมหาศาล การทำลายธรรมชาติจากการแสวงหาวัสดุก่อสร้าง มลภาวะและขยะจากการ ก่อสร้างและการใช้อาคาร ดังนั้นการออกแบบ อาคารต้องสามารถแก้ปัญหาทางสภาพแวดล้อม เหล่านี้ด้วยรูปแบบสถาปัตยกรรม การบริหารจัดการ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งนอกจากจะเป็นการแก้ปัญหาทางสภาพแวดล้อมดังกล่าวแล้ว ยังต้องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารควบคู่กัน จากวิกฤตการณ์ทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงและซับซ้อน

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรฐาน Code (BEC) หรือ Building Energy Code คือ หลักเกณฑ์ที่ทางกระทรวงพลังงานโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) [1] ได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ. ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ. ศ. 2550) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอาคารที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างสูงโดยกำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ได้แก่ 1) สำนักงาน 2) โรงแรม 3) โรงพยาบาล 4) ศูนย์การค้า 5) โรงมหรสพ 6) สถานบริการ 7) อาคารชุมนุมคน 8) อาคารชุด 9) สถานศึกษา ในแต่ละอาคารที่มีขนาดตั้งแต่ 2000 ตารางเมตรขึ้นไป ดำเนินการประหยัดพลังงานตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบอาคารให้มีการประหยัดพลังงานด้วยการออกแบบอาคารให้กันความร้อนเข้าสู่อาคารให้น้อยลงและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจาก BEC จะมีการปรับปรุงเพื่อยกระดับมาตรฐานขึ้นทำให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ที่จะมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้นการส่งเสริมการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง จะช่วยยกระดับเกณฑ์ BEC ในอนาคตได้เอกสารนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ให้ผู้สนใจได้นำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษามาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรฐาน Code (BEC)

2.2 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ต้องการใช้โปรแกรมในการประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎี

3.1.1 โครงการอาคารสีเขียว

วิจารณ์ ตันติธรรม วิศวกรโยธาชำนาญพิเศษกรมโยธาธิการ และผังเมืองกระทรวงมหาดไทย (2556) กล่าวว่าปัจจุบันการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติในกลุ่มธุรกิจสำคัญ 3 ด้าน คือ ด้านการขนส่ง ด้านอาหาร และด้านการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า 70-80 % ทำให้ทรัพยากรในประเทศไทยเสื่อมโทรมลง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ทุกคนในประเทศต้องช่วยกันรักษาพัฒนาให้มี การใช้ทรัพยากรของประเทศอย่างยั่งยืน ซึ่งโครงการอาคารเขียวเป็นแนวทางหนึ่งที่มีผลดีเป็นอย่างมากในการช่วยแก้ไข ปัญหา (วิจารณ์ ตันติธรรม : 2556)

3.1.2 เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน (Building Energy Code : BEC)

เกณฑ์การผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มีอยู่ 6 ส่วน ดังนี้

1.ระบบเปลือกอาคาร 2.ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 3.ระบบปรับอากาศ 4.ระบบอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน 5.ระบบพลังงานหมุนเวียน 6.การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร หลักเกณฑ์การผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารให้พิจารณาจากเกณฑ์การออกแบบแบ่งการผ่านเกณฑ์เป็น 2 ทางเลือก โดยพิจารณาจากทางเลือกที่ 1 คือการผ่านเกณฑ์ทุกระบบ หากผลการตรวจประเมินผ่านทุกรายระบบ ทางเลือกที่ 2 คือการผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารต่อปี โดยนำค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่ออกแบบมาเปรียบเทียบกับค่า การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงตามกฎกระทรวงถ้ามีค่าต่ำกว่าจึงถือว่าเป็นการผ่านเกณฑ์การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานเช่นกันดังที่กล่าวไว้ใน [10]

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีชญา ปัตถาวงศ์ [4] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษากรอบอาคารชุด และแนวทางการประหยัดพลังงาน ผลการศึกษา พบว่า การปรับปรุงกรอบอาคารตามแนวทางเลือกด้วยวิธีการใช้โปรแกรม Building Energy Code v.1.0.5 พบว่าแนวทาง ที่ปรับปรุงแล้วทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด มี 4แนวทางคือการปรับปรุงโดยติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ระยะยื่น 80 เซนติเมตร บริเวณผนังโปร่งแสง ติดฉนวนโพลีเอทิลีน ความหนา 5 มิลลิเมตร บริเวณผนังทึบแสง และติดฉนวนโพลีเอทิลีน ความหนา 5 มิลลิเมตร บนฝ้าเพดาน (S80W5R5), การปรับปรุงโดยติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแบบ ระแนง มุมเอียง 25 องศา บริเวณผนังโปร่งแสง ในด้านของการประหยัดพลังงานแนวทาง STTW10R5 สามารถประหยัดพลังงานได้สูงที่สุด โดยมีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารเฉลี่ยเท่ากับ 77,563 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ส่วนด้านความคุ้มค่าทางการเงิน แนวทาง STTW5R5 มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยเร็วที่สุด เท่ากับ 2.75 ปี

สิรพรรณ ภัสส์ประเสริฐ [7] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาต้นทุน ผลประโยชน์เศรษฐกิจสีเขียว กรณีศึกษากฎหมาย Green Building ในประเทศไทย ผลการศึกษา พบว่า 1.) กรณีเปรียบเทียบ อาคารทั่วไป และ อาคารกฎหมาย กรณีไม่รวมต้นทุนมลพิษ ที่เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพ PV19% ทั้งการเปลี่ยนหลอด LED ทุก 25 ปี และ 5 ปี ให้ผลประโยชน์สูงสุด มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก (+) เท่ากับ 10,900,434.15 และ 9,511,996.05 Ref. code: 25595804010220VTN ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 35.09% และ 33.12% ตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุน (PBP) เท่ากับ 2.95 ปี 2.) กรณีเปรียบเทียบ อาคารทั่วไป และ อาคารกฎหมาย กรณีรวมต้นทุนมลพิษ ที่เซลล์แสงอาทิตย์ 19% มีการเปลี่ยนหลอดไฟ LED ทุก 25 ปี และ 5 ปี ให้ผลประโยชน์สูงสุด โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก (+) เท่ากับ 17,001,790.68 และ 15,613,352.57 ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 50.28% และ 48.84% ระยะเวลาคืนทุน (PBP) เท่ากับ 2.02 ปี

เจนจิรา ขุนทอง [2] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงาน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจุบันแนวโน้มการขาดแคลนพลังงานและผลกระทบของการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยเริ่มเห็นภาพชัดเจนขึ้นทรัพยากรธรรมชาติมีสภาพเสื่อมโทรม อีกทั้งการรับรู้ถึงสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นยังส่งผลต่อสภาวะสบายของมนุษย์ในการดำเนินชีวิตประจำวันซึ่งปัญหาที่ตามมาคือการเพิ่มภาระในการปรับสภาพอากาศให้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายของผู้ใช้งานอาคารทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสูงขึ้นหากไม่มีวิธีการควบคุมการใช้พลังงานอย่างจริงจังรวมถึงการหาแนวทางในการปรับปรุงวัสดุรอบอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานอาจทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณค่าใช้จ่ายในระยะยาวจำนวนมาก

วงศ์ยา อนุศักดิ์กุล [6] ได้ทำการศึกษาเรื่อง แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ผลการศึกษาพบว่า อาคารทั้ง 3 รูปแบบก่อนปรับปรุงมีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ผลิตได้เอง โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ซึ่งประเมินด้วยโปรแกรม Building Energy Code (BEC) มีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดผ่านเกณฑ์ทุกอาคาร แต่ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบางอาคารต่ำกว่าเกณฑ์ จึงแบ่งแนวทางลดการใช้พลังงานดังนี้ แนวทางที่ 1 ปรับปรุงกรอบอาคารเพียงอย่างเดียว ให้ผ่านเกณฑ์ตามกฎหมาย คือ $OTTV \leq 50$ วัตต์ต่อตารางเมตร และ $RTTV \leq 15$ วัตต์ต่อตารางเมตร โดยเปลี่ยนวัสดุผนังทึบและกระจก เพิ่มฉนวนใยแก้วใต้หลังคา ซึ่งพบว่าความต้องการพลังงานรวมทุกอาคาร ยังสูงกว่าที่สามารถผลิตได้ จึงยังเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ไม่ได้ แนวทางที่ 2 ปรับปรุงการจัดการระบบภายในอาคาร โดยเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟประสิทธิภาพสูงแอลอีดี (LED) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้อุปกรณ์สำนักงานและคอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องหมายประหยัดพลังงาน Energy Star โดยไม่ปรับปรุงกรอบอาคาร

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

4.1.1 แบบสัมภาษณ์

4.1.2 โปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code

4.2 คีกาเอกสารประกอบการตรวจประเมินอาคาร

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานหรือมาตรฐานCode แบ่งเป็น 6 ส่วนได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคารมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ระบบกรอบอาคาร

ระบบกรอบอาคารประกอบด้วยส่วนของกรอบผนังอาคารด้านนอกและหลังคาใช้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value : RTTV) ในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทอาคารต้องมีค่าไม่เกินค่าดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์มาตรฐานของระบบกรอบอาคาร

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (วัตต์ต่อตารางเมตร)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์ต่อตารางเมตร)
สถานศึกษา สำนักงาน	50	15
โรงแรมรสป ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	40	12
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30	10

4.2.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้น กำหนดอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Lighting Power Density : LPD) ในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินค่าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์มาตรฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตร)
สถานศึกษา สำนักงาน	14
โรงแรมรสป ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	18
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	12

4.2.3 ระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (Coefficient of Performance : COP) หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Energy Efficiency Ratio : EER) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขนาดของ เครื่องปรับอากาศ (วัตต์)	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (วัตต์ต่อวัตต์)	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ขั้นต่ำ (บีทียูต่อชั่วโมงวัตต์)
ไม่เกิน 12,000	3.22	11

4.2.4 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

การขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามกฎหมายกระทรวงกำหนดที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในข้อที่ 4.2.1 ข้อที่ 4.2.2 และข้อที่ 4.2.3 ให้พิจารณาตามเกณฑ์การพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่จะการขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งานทิศทางและพื้นที่รอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงและมีค่าของระบบกรอบอาคารระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศเป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

4.3 จำลองการใช้พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรม BEC

4.4 เสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารจำลองการใช้งานด้วยโปรแกรม BEC

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

5. ผลและวิจารณ์

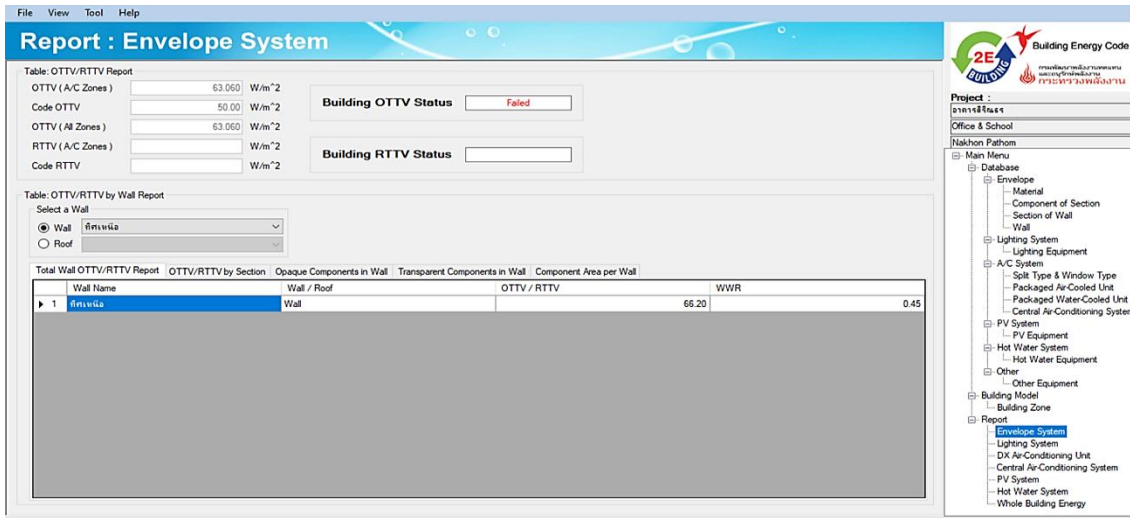
5.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบอาคาร

ลักษณะของอาคาร

- ชื่อหน่วยงาน อาคารสิรินธร
- สถานที่ตั้ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- ลักษณะการใช้งาน อาคารสถานศึกษา
- พื้นที่ใช้สอย 23,220 ตารางเมตร
- พื้นที่ปรับอากาศรวม 7,491 ตารางเมตร
- พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 15,729 ตารางเมตร

อาคารสิรินธรมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสูง 9 ชั้น พื้นอาคารสร้างด้วยคอนกรีตผนังอาคารสร้างด้วยผนังคอนกรีตและมีส่วนที่กระจกใส หน้าต่างทั้งหมดเป็นกระจกใส ด้านหน้าของอาคารหันไปทางทิศใต้

5.1.1 ผลการประเมินระบบกรอบอาคาร



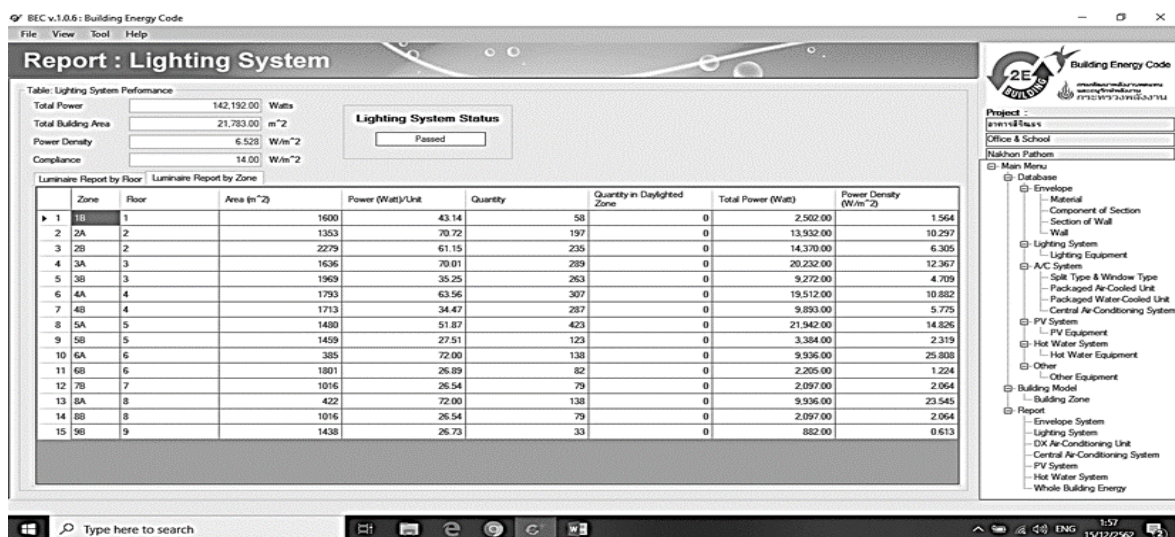
รูปที่ 1 แสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในทิศเหนือ

จากรูปที่ 1 แสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในทิศเหนือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 66.20 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่า อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังทิศที่พิจารณา (WWR) เท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์

5.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การประเมินประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นการประเมินการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยจะต้องออกแบบให้ได้รับระดับการส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ เกณฑ์มาตรฐานใช้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (Light Power Density) มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน ซึ่งตามกฎหมายฯ จะไม่นำการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในพื้นที่จอดรถมาประเมินด้วยเพราะตามกฎหมายแล้วมีความต้องการระดับความสว่างที่ต่ำ ถ้านำมารวมด้วยแล้วเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจะทำให้ค่าที่ได้น้อยเกินความเป็นจริง

5.2.1 ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง



รูปที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ของระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกแต่ละโซน

จากภาพผลการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากการคำนวณโดยโปรแกรม BEC กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 160,378.00 วัตต์ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) เท่ากับ 7.363 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การประเมิน 14.00 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้นจึงผ่านการประเมินในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

5.3 การประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

การประเมินสมรรถนะพลังงานของระบบปรับอากาศแบ่งออกเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กพิจารณาเป็นรายอุปกรณ์ จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ (Coefficient of Performance) หรือค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio) และสำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลายตัว ให้พิจารณาจากค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เหล่านี้นำมาคำนวณรวมกัน เพื่อคำนวณสมรรถนะของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ทั้งระบบ

5.3.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

Report : DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
1	FCU1	Split Type	19.00 kBu/h (5.57 kWh)	2.02 kW	2.756 COP	3.22 Failed
2	FCU2	Split Type	24.00 kBu/h (7.03 kWh)	2.56 kW	2.747 COP	3.22 Failed
3	FCU3	Split Type	36.00 kBu/h (10.55 kWh)	3.84 kW	2.747 COP	3.22 Failed
4	FCU4	Split Type	48.00 kBu/h (14.06 kWh)	5.12 kW	2.747 COP	0 n/a
5	FCU5	Split Type	49.00 kBu/h (14.36 kWh)	5.22 kW	2.750 COP	0 n/a
6	FCU6	Split Type	68.00 kBu/h (19.92 kWh)	7.25 kW	2.748 COP	0 n/a
7	FCU7	Split Type	69.00 kBu/h (20.22 kWh)	7.35 kW	2.751 COP	0 n/a
8	FCU8	Split Type	70.00 kBu/h (20.51 kWh)	7.46 kW	2.749 COP	0 n/a
9	FCU9	Split Type	75.00 kBu/h (21.98 kWh)	7.99 kW	2.750 COP	0 n/a
10	FCU10	Split Type	78.00 kBu/h (22.85 kWh)	8.31 kW	2.750 COP	0 n/a
11	FCU11	Split Type	79.00 kBu/h (23.15 kWh)	8.42 kW	2.749 COP	0 n/a
12	FCU12	Split Type	85.00 kBu/h (24.91 kWh)	9.06 kW	2.749 COP	0 n/a
13	FCU13	Split Type	87.00 kBu/h (25.49 kWh)	9.27 kW	2.750 COP	0 n/a
14	FCU14	Split Type	96.00 kBu/h (28.13 kWh)	10.23 kW	2.750 COP	0 n/a
15	FCU15	Split Type	98.00 kBu/h (28.71 kWh)	10.44 kW	2.750 COP	0 n/a

Project :
อาคารเรียน
Office & School
Nakhon Pathom

Main Menu
Database
Envelope
Material
Component of Section
Section of Wall
Wall
Lighting System
Lighting Equipment
A/C System
Split Type & Window Type
Packaged Air-Cooled Unit
Packaged Water-Cooled Unit
Central Air-Conditioning System
PV System
PV Equipment
Hot Water System
Hot Water Equipment
Other
Other Equipment
Building Model
Building Zone
Report
Envelope System
Lighting System
DX Air-Conditioning Unit
Central Air-Conditioning System
PV System
Hot Water System
Whole Building Energy

รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะพลังงานของระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 3 ผลการประเมินระบบปรับอากาศค่าที่ขึ้นว่า n/a คือเครื่องปรับอากาศนั้นๆมีขนาดใหญ่ซึ่งเกณฑ์ BEC ยังไม่มีการรับรอง ส่วนค่าที่ขึ้นว่า Failed นั้นคือค่าประสิทธิภาพนั้นต่ำกว่า 3.22 ดังนั้นค่านั้นจึงไม่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

5.4 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวม

ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารประกอบด้วย OTTV RTTV LPD และ COP สามารถเชื่อมโยงเพื่อประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยสมการพลังงาน (Energy Equation) ซึ่งโปรแกรม BEC จะคำนวณค่าพลังงานโดยรวมของอาคารได้โดยอัตโนมัติ

5.4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวม

ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินอาคาร

Building Energy Consumption	อาคารที่ออกแบบ (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี)	เกณฑ์มาตรฐาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี)
63.060 W/m ²	714,146.91	1,650,875.86
Building Energy Consumption (ผ่าน)		

OTTV (A/C Zones) แสดงค่า OTTV ในโซนที่มีอุปกรณ์ปรับอากาศ เท่ากับ 63.060 W/m²

Code OTTV แสดงระดับมาตรฐาน OTTV เท่ากับ 50.00 W/m²

OTTV (All Zones) แสดงค่า OTTV ในทุกโซน เท่ากับ 63.060 W/m²

ผลการประเมินอาคารสิรินธรผ่านการประเมินพลังงานโดยรวมของอาคาร แต่ไม่ผ่านการประเมินในด้านกรอบอาคาร (OTTV)

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในแต่ละทิศ

ทิศ	OTTV (วัตต์ต่อตารางเมตร)	WWR (เปอร์เซ็นต์)
เหนือ	66.20	0.45
ใต้	69.76	0.51
ตะวันออก	43.42	0.08
ตะวันตก	57.51	0.28

ทิศเหนือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 66.20 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่า อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังทิศที่พิจารณา (WWR) เท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์

ทิศใต้ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 69.76 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่า อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังทิศที่พิจารณา (WWR) เท่ากับ 0.51 เปอร์เซ็นต์

ทิศตะวันออก มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 43.42 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่า อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังทิศที่พิจารณา (WWR) เท่ากับ 0.08 เปอร์เซ็นต์

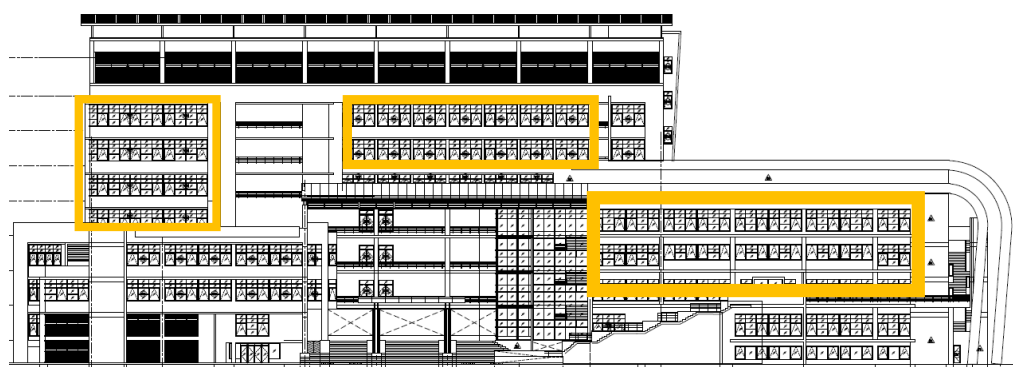
ทิศตะวันตก มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 57.51 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่า อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังทิศที่พิจารณา (WWR) เท่ากับ 0.28 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินอาคารโดยรวมอาคารเดิม

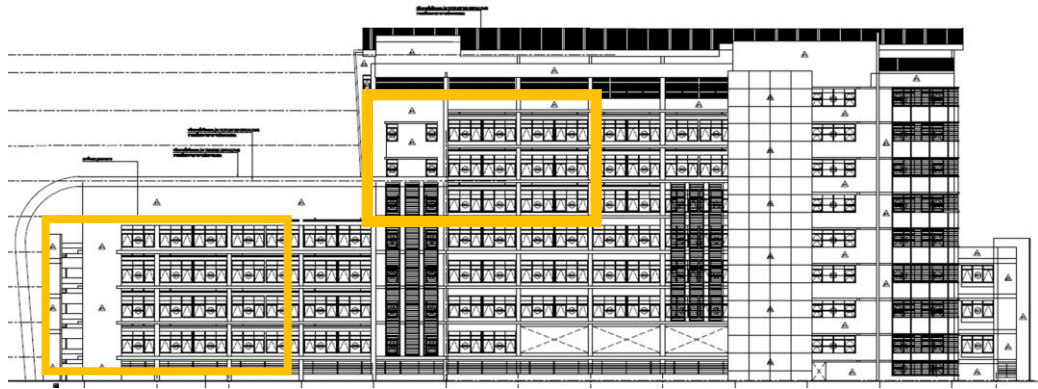
รายละเอียด	อาคารที่ออกแบบ (วัตต์ต่อตารางเมตร)	เกณฑ์มาตรฐาน (วัตต์ต่อตารางเมตร)	ผลการ ประเมิน
OTTV (A/C Zones)	63.060	50	ไม่ผ่าน
RTTV (A/C Zones)	0	15	ผ่าน
Lighting System	6.907	14	ผ่าน
Air Conditionong System Split Type (COP)	3.22	3.22	ผ่าน
Building Energy Consumption (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	714,146.91	1,650,875.86	ผ่าน

5.5 แนวทางในการปรับปรุงอาคาร

จากการตารางแสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในแต่ละทิศ ทิศใต้มีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง (OTTV) เท่ากับ 69.76 วัตต์ต่อตารางเมตร และ ทิศเหนือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง (OTTV) เท่ากับ 66.20 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งทิศดังกล่าวมีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง (OTTV) มากที่สุด จึงนำมาพิจารณาได้ว่าควรที่จะติดตั้งอุปกรณ์บังแดดเพิ่มเติมจากเดิมดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5



รูปที่ 4 แสดงโชนการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดในทิศใต้ของอาคารสิรินธร



รูปที่ 5 แสดงโซนการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดในทิศใต้ของอาคารสิรินธร

อุปกรณ์บังแดดเป็นแบบผลิตภัณฑ์เกล็ดบังแดด (Sun Louver) รุ่นตัวซี ติดตั้งแบบแนวนอนโดยเลือกรูปแบบของขายึดแผ่น (V-Carrier) แบบขายึดแผ่นรุ่นตัวซี C 45 ที่ทำมุมเอียง 45 องศา คุณสมบัติช่วยลดปริมาณช่วยลดปริมาณความแรงของแสงแดดที่ส่องเข้าตัวอาคาร ในขณะเดียวกันยังช่วยให้มีลมผ่าน และอากาศถ่ายเทหมุนเวียนได้ดี เป็นการได้ใช้ประโยชน์และใช้ประดับอาคารให้มีความสวยงาม

ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินอาคารก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	อาคารอ้างอิง	อาคารก่อนปรับปรุง	อาคารหลังปรับปรุง	ผลการประเมิน
OTTV (โซนที่มีอุปกรณ์ปรับอากาศ) (วัดต่อตารางเมตร)	50	63.060	49.988	ผ่าน
Building Energy Consumption (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี)	1,650,875.86	714,146.91	682,126.15	ผ่าน

ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินระบบกรอบอาคารในแต่ละทิศของอาคารก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

ทิศ	OTTV อาคารก่อนปรับปรุง (วัดต่อตารางเมตร)	OTTV อาคารหลังปรับปรุง (วัดต่อตารางเมตร)
เหนือ	66.20	49.30
ใต้	69.76	53.01
ออก	43.42	43.42
ตก	57.51	57.51

ซึ่งจากการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดดังกล่าว ทำให้อาคารสิรินธรมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีปรับอากาศลดลง 16.90 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีผลของการใช้พลังงานรวมลดลง 32,020.76 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ดังนั้นปัจจัยในการปรับปรุงและเลือกใช้อุปกรณ์บังแดดจึงส่งผลต่อการใช้พลังงานรวมและค่าใช้จ่ายในระยะยาวของอาคาร

6. สรุปผล

6.1 ผลการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม BEC

อาคารก่อนการปรับปรุงมีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 714,146.91 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี และอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐาน มีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 1,650,875.86 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ดังนั้นการใช้พลังงานรวมในอาคารสิรินธร จึงมีค่าน้อยกว่าอาคารอ้างอิงถึง 936,728.95 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งสามารถผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 63.060 วัตต์ต่อตารางเมตร (ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน)

แนวทางในการปรับปรุงอาคาร สามารถทำให้อาคารผ่านการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) โดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกเพิ่มจากเดิม เพื่อช่วยการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารซึ่งเลือกอุปกรณ์บังแดดเป็นแบบผลิตภัณฑ์เกล็ดบังแดด (Sun Louver) รุ่นตัวซี C แบบขายึดแผ่นรุ่นตัวซี C 45 ที่ทำมุมเอียง 45 องศา เคลือบสีน้ำตาล

จากผลการประเมินระบบกรอบอาคารในแต่ละทิศของอาคารก่อนปรับปรุง ทิศใต้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 69.76 วัตต์ต่อตารางเมตร และทิศเหนือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 66.20 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งทิศดังกล่าวมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) มากที่สุด จึงนำมาพิจารณาได้ว่าควรที่จะติดตั้งอุปกรณ์บังแดดเพิ่มจากดังเดิม

ตารางที่ 8 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินอาคารก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	อาคารอ้างอิง	อาคารก่อนปรับปรุง	ผลการประเมิน	อาคารหลังปรับปรุง	ผลการประเมิน
OTTV (โซนที่มีอุปกรณ์ปรับอากาศ) (วัตต์/ตารางเมตร)	50	63.060	ไม่ผ่าน	49.988	ผ่าน
Building Energy Consumption (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	1,650,875.86	714,146.91	ผ่าน	682,126.15	ผ่าน

ซึ่งจากแนวทางในการปรับปรุงอาคารโดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดดังกล่าว อาคารหลังการปรับปรุงมีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 682,126.15 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี และอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐาน มีการใช้พลังงานรวมเท่ากับ 1,650,875.86 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ซึ่งสามารถผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ (OTTV) เท่ากับ 49.988 วัตต์ต่อตารางเมตร (ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน) จากผลการประเมินระบบกรอบอาคารในแต่ละทิศของอาคารหลังปรับปรุง ทิศใต้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 53.01 วัตต์ต่อตารางเมตร และ ทิศเหนือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 49.30 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้อาคารสิรินธรมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีปรับอากาศลดลง 16.90 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีผลของการใช้พลังงานรวมลดลง 32,020.76 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี

ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อปรับปรุงอาคารสถานศึกษาให้มีการใช้พลังงานลดลง จากแนวทางในการปรับปรุงอาคารโดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดดังกล่าว พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดทั้งหมดในทิศเหนือ มีพื้นที่ 541.60 ตารางเมตร และพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดทั้งหมดในทิศใต้ มีพื้นที่ 754.40 ตาราง เมตร ดังนั้นมีพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดทั้งหมด 1,296 ตารางเมตร วิธีนี้ค่า OTTV และ RTTV สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารเพิ่มขึ้นประมาณ 2,186,760.00 บาท การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 32,020.76 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี ประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 128,083.04 บาทต่อปี (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาทกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง) ระยะเวลาคืนทุน 17 ปี

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์จักรพงษ์ ไชยานุพัทธกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์เฉลิมเกียรติ หรรษาจรรยาโรจน์ อาจารย์ศรัณยู พรหมศร อาจารย์ขวัญชัย จันทนา และอาจารย์กัญญิกา จันทนา อาจารย์ประจำสาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง คณะผู้จัดทำตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณภาสกร ราชเดิม ผู้จัดการโครงการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และคุณชนะ สารสุวรรณ ผู้จัดการโครงการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์นำข้อมูลที่เป็นอย่างยิ่งในการจัดทำโครงการ รวมถึงขอบคุณเจ้าหน้าที่ พนักงาน คนงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสัมภาษณ์ จนทำให้โครงการเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และคณะผู้จัดทำขอกราบขอบคุณบรรดาผู้ที่เกี่ยวข้องเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ และผู้ที่เป็นกำลังใจให้กับคณะผู้จัดทำทุกท่าน ได้แก่ พ่อ แม่ พี่น้อง ทุกท่าน

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงาน. (2558). คู่มือการตรวจประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ.
- [2] เจนจิรา ขุนทอง. (2559). การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน : กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, สงขลา.
- [3] ณัฐพล เขตกระโทก. (2556). แนวทางการปรับปรุงอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียว: กรณีศึกษาอาคารบรรณสารและสื่อการศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- [4] ปรัชญา ปัตถาวงศ์. (2559). การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัด พลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ.
- [5] พงษ์กร เจริญวิวัฒนา. (2558). การจัดลำดับความสำคัญและความพึงพอใจในเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวไทยของอาคารชุดเขียวในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- [6] วงศิยา อนุศักดิ์ากุล. (2559). แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- [7] สิริพรรณ ภัสสประเสริฐ. (2559). การศึกษาต้นทุน ผลประโยชน์เศรษฐกิจสีเขียวกรณีศึกษากฎหมาย GreenBuilding ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- [8] Mattheos Santamouris. (2016). Energy and Buildings. University of Athens, Athens.
- [9] กณิศ อ่ำสกุล. (2018). “green building เทรนด์อาคารยุคใหม่ที่ไม่ได้มีดีแค่เพียงรักษ์โลก”(ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.scbeic.com (15 กุมภาพันธ์ 2562).
- [10] ดนัย เอกกมล. (2561). “แนวทางการตรวจรับรองแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” (ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.berc.dede.go.th (20 กุมภาพันธ์ 2562).
- [11] วิจารย์ ตันติธรรม. (2556). “โครงการอาคารสีเขียว” (ออนไลน์) แหล่งที่มา : www.greenbuilding-asia.com (15 กุมภาพันธ์ 2562).
- [12] สภาวิศวกร. (2559). “การอนุรักษ์พลังงานโดยใช้ข้อบัญญัติ เกณฑ์มาตรฐานอาคารด้านพลังงาน”(ออนไลน์). แหล่งที่มา : <https://www.parliament.go.th> (16 กุมภาพันธ์ 2562).