Received: December 27, 2020 Revised: January 7, 2021 Accepted: February 3, 2021

การประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา : อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Energy Conservation Assessing : A Case Study of The Natural History Museum of Khon Kaen University

พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา[1*]

Pornsawat Piriyasatta

[1*] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Email : ppornsawat@kku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในด้านการอนุรักษ์พลังงานตามเกณฑ์ของกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงพลังงาน โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลของอาคาร ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพของอาคาร วัสดุอาคาร และงานระบบของอาคาร เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณและวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม BEC v.1.0.6 การประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงานสามารถประเมินได้ 2 ทางเลือก การประเมินสำหรับทางเลือกที่ 1 พบว่าระบบกรอบอาคารมีค่า OTTV รวม เท่ากับ 52.45 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า RTTV รวม เท่ากับ 3.68 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งตามเกณฑ์จะต้องมีค่า OTTV รวมน้อยกว่า 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ระบบกรอบอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ ในส่วนของระบบที่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ระบบแสงสว่างมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 13.754 วัตต์ต่อตารางเมตร ระบบปรับอากาศมีค่า COP เท่ากับ 3.236 และ 3.227 ผลการประเมินสำหรับทางเลือกที่ 1 จึงไม่ผ่านการประเมิน ส่วนการประเมินสำหรับทางเลือกที่ 2 พบว่าอาคารมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 353,978.46 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งน้อยกว่าอาคารอ้างอิง ผลการประเมินสำหรับทางเลือกที่ 2 จึงผ่านการประเมิน การปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 69,921.07 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 262,554 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุน 16.79 ปี

คำสำคัญ : พลังงานโดยรวมของอาคาร พลังงานทดแทน เซลล์แสงอาทิตย์ โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

Abstract

The objective of this research was to assess the natural history museum of Khon Kaen University, in terms of energy conservation and in accordance with the criteria of the Ministerial Regulations and Announcements of the Ministry of Energy. This was accomplished by exploring and collecting the information about the building, including the building's physical data, building materials and building systems. The data was calculated and analyzed using the BEC v.1.0.6 program. A building's energy conservation can be assessed via two options. The assessment for option 1 revealed that the building's envelope system had shown a total OTTV value of 52.45 watts per square meter and a total RTTV value of 3.68 watts per square meter. According to the criteria, the total OTTV value must be less than 50 watts per square meter. Therefore, the building's envelope system had failed the criteria. The building systems, which had met the criteria, consisted of the lighting system with the maximum power density of 13.754 watts per square meter and the air conditioning system with COP values of 3.236 and 3.227, the results of the assessment for option 1 had failed to meet the criteria. In contrast, the assessment for option 2 found that the whole building energy consumption had been equal to 353,978.46 kilowatt-hour per year, which was less than the reference building. The results of the assessment for option 2had met the criteria. An improvement, which could reduce the whole building energy consumption, was determined to be the use of solar cells, which could generate 69,921.07 kilowatt-hour per year of electrical energy. This would allow for a savings 262,554 baht in electricity costs per year with a payback period of 16.79 years.

Keywords: whole building energy, renewable energy, solar cell, Building Energy Code program (BEC)

1. บทนำ

ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2563 (กฎกระทรวง, 2563) และประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบของอาคาร พ.ศ. 2552 (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552) ได้กำหนดให้อาคาร 9 ประเภท ได้แก่ สถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ และห้างสรรพสินค้า ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยใช้ Building Energy Code program (BEC) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารให้เป็นไปตามกฎกระทรวง

อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นอาคารประเภทสำนักงานที่มีพื้นที่ส่วนใหญ่ติดตั้งระบบปรับอากาศ และมีช่วงเวลาในการใช้งานของอาคารที่แน่นอน ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารได้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง โดยอาคารนี้มีโครงการที่จะปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมทั้งการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าทดแทนการใช้งานในบางส่วน ตามพันธกิจของมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่จะพัฒนามหาวิทยาลัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (green university) และมุ่งเน้นนโยบายอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม (กองยุทธศาสตร์, 2563) งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและประเมินอาคารในด้านการอนุรักษ์พลังงานด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 รวมทั้งหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ซึ่งจะเป็นอาคารกรณีศึกษานำร่องสำหรับการประเมินและปรับปรุงอาคารอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลของอาคาร

- ข้อมูลทางกายภาพของอาคาร เช่น แปลนของอาคาร จำนวนชั้น พื้นที่อาคาร การใช้ประโยชน์ภายในอาคาร เป็นต้น
- ข้อมูลวัสดุอาคาร เช่น วัสดุและพื้นที่ของผนัง หลังคา ฝ้าเพดาน ประตู หน้าต่างที่อยู่กรอบด้านนอกของอาคาร เป็นต้น
- ข้อมูลงานระบบของอาคาร เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร เป็นต้น

2.2 การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม BEC v.1.0.6 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคาอาคาร (RTTV)
- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ
- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

2.3 แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์

2.4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลของอาคาร

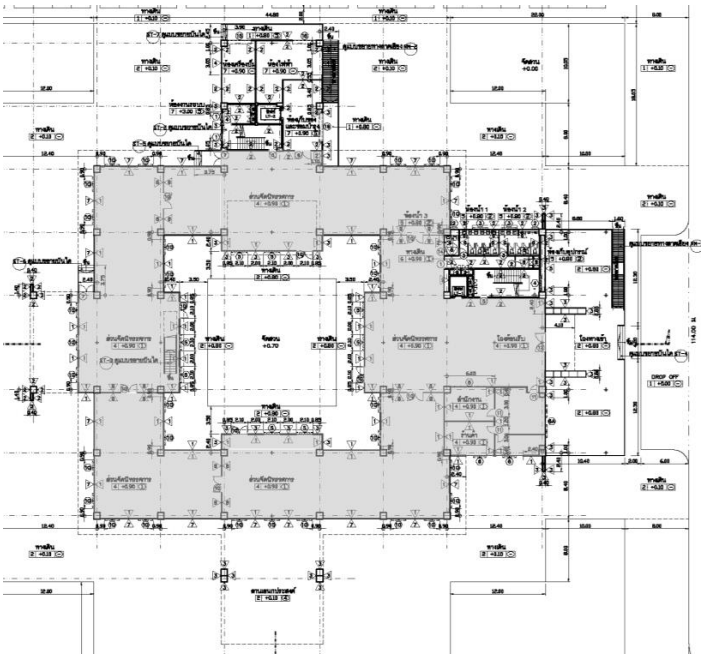
ข้อมูลทางกายภาพของอาคาร

อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 2 ชั้น มีพื้นที่ของอาคารรวมเท่ากับ 7,568 ตารางเมตร และพื้นที่ปรับอากาศรวมเท่ากับ 3,436 ตารางเมตร ตำแหน่งของอาคารอยู่ที่ละติจูด 16°26’44.71” เหนือ ลองติจูด 102°48’40.74” ตะวันออก บริเวณบึงสีฐาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีทัศนียภาพภาย นอกของอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงทัศนียภาพภายนอกของอาคาร

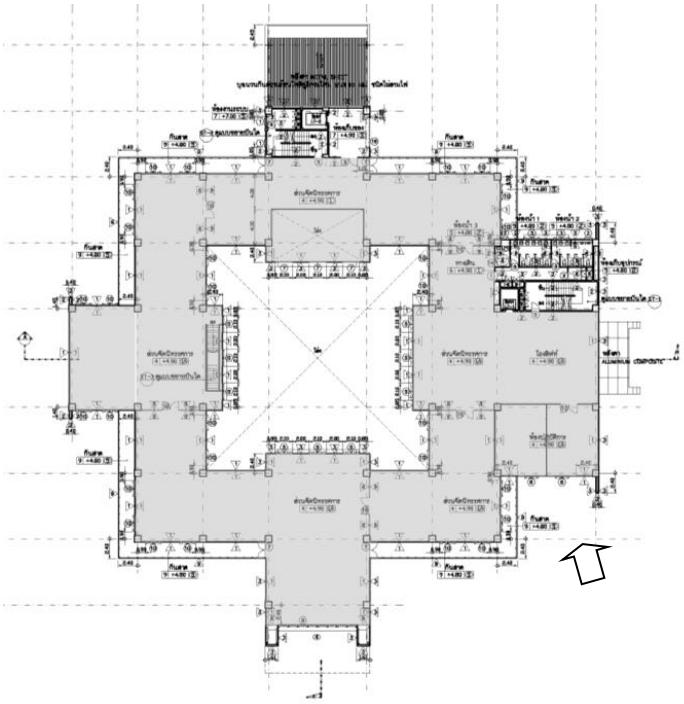
โดยมีรายละเอียดของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ดังนี้

ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ปรับอากาศเท่ากับ 1,653 ตารางเมตร ประกอบด้วย โถงต้อนรับและประชาสัมพันธ์ สำนักงาน ร้านค้า ส่วนจัดนิทรรศการ ห้องน้ำ ลิฟต์ บันได ห้องเก็บของ และห้องงานระบบ โดยพื้นที่สีเทาเป็นพื้นที่ปรับอากาศของชั้นที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 2



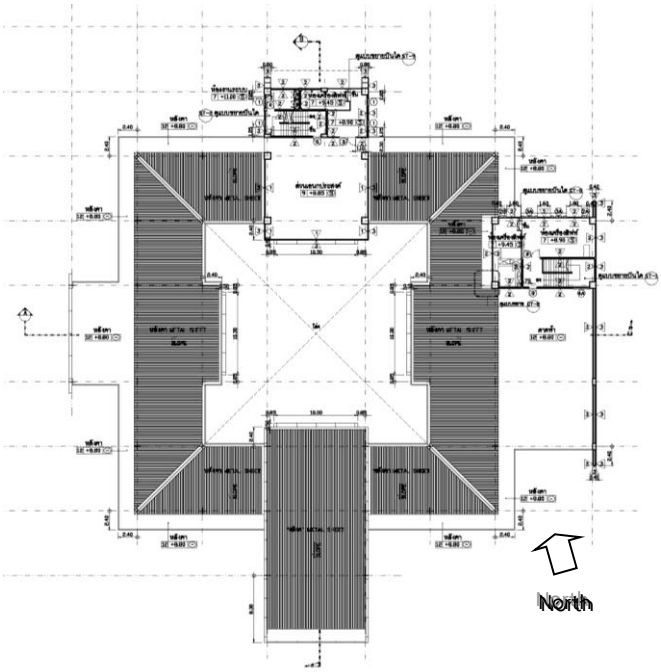
ภาพที่ 2 แสดงแปลนพื้นชั้นที่ 1 และพื้นที่ปรับอากาศ

ชั้นที่ 2 มีพื้นที่ปรับอากาศเท่ากับ 1,783 ตารางเมตร ประกอบด้วย โถงลิฟต์ ห้องปฏิบัติการ ส่วนจัดนิทรรศการ ห้องน้ำ ลิฟต์ บันได ห้องเก็บของ และห้องงานระบบ โดยพื้นที่สีเทาเป็นพื้นที่ปรับอากาศของชั้นที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 3

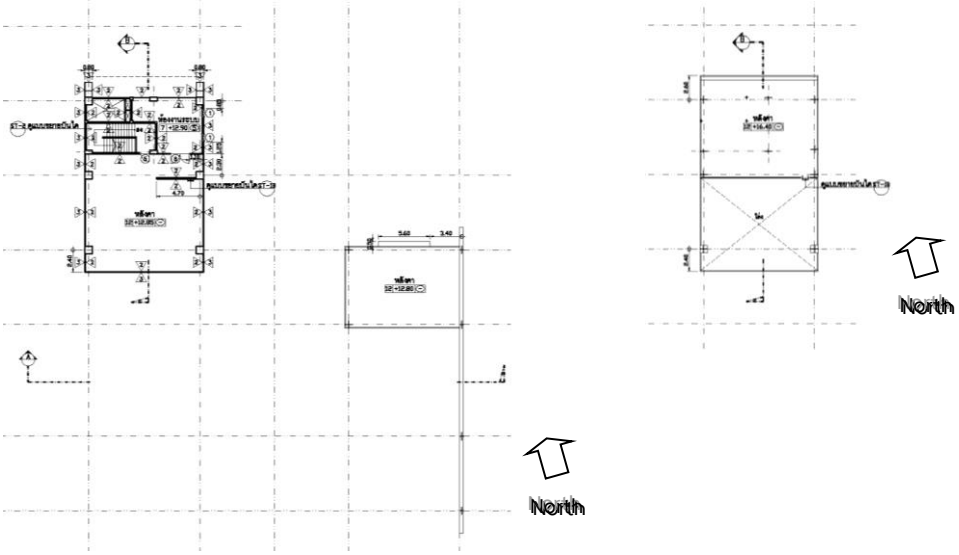


ภาพที 3 แสดงแปลนพื้นชั้นที 2 และพื้นทีปรับอากาศ

ชั้นดาดฟ้าและชั้นหลังคา จะเป็นพื้นที่ของห้องเก็บของและห้องงานระบบของอาคาร โดยเป็นพื้นที่ไม่ปรับอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที 4 แสดงแปลนพื้นชั้นดาดฟ้า



ภาพที่ 5 แสดงแปลนพื้นชั้นหลังคา

ข้อมูลวัสดุของอาคาร

อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีรายละเอียดวัสดุสำหรับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดวัสดุผนังทึบของอาคารที่ใช้สำหรับการคำนวณ

ส่วนประกอบ	รายละเอียด	ความหนา (เมตร)	ค่า U-value (วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)	ค่า DSH (กิโลจูลต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์
ผนัง 1	ผนังคอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1,120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฉาบปูนเรียบทาสีขาว	0.10	2.114	100.80	0.30
ผนัง 3.1	ผนังคอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1,120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และผนัง aluminium composite หนา 4 มิลลิเมตร สีเขียวสลับโทน	0.16	1.597	105.73	0.70
ผนัง 3.2	ผนังอิฐมอญ ติดตั้งผนัง aluminium composite หนา4 มิลลิเมตร สีเงิน	0.16	2.000	141.11	0.30
ผนัง 7	ผนังคอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1,120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฉาบปูนเรียบ เซาะร่อง ทาสีน้ำตาล	0.10	2.114	100.80	0.90
เสา 1.1	เสาคอนกรีตเสริมเหล็กทาสีน้ำตาล	0.80	1.391	1,766.40	0.90
เสา 1.2	เสาคอนกรีตเสริมเหล็กทาสีขาว	0.80	1.391	1,766.40	0.30
ประตู 7	ประตูบานไม้อัดสักหนา 0.04 เมตร	0.04	2.817	35.62	0.90

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดวัสดุผนังโปร่งแสงของอาคารที่ใช้สำหรับการคำนวณ

ส่วนประกอบ	รายละเอียด	ความหนา (เมตร)	ค่า U-value (วัตต์ต่อตารางเมตร -องศาเซลเซียส)	ค่า SHGC	ค่า SC
ประตู 10	ประตูกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศเหนือ 0.93 ทิศใต้ 0.84 ทิศตะวันออก 0.89 ทิศตะวันตก 0.89
ประตู 12	ประตูกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศตะวันออก 0.75
หน้าต่าง 5	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศเหนือ 0.93 ทิศใต้ 0.84 ทิศตะวันออก 0.89 ทิศตะวันตก 0.89
หน้าต่าง 6	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศใต้ 0.95
หน้าต่าง 6A	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศตะวันออก 1
หน้าต่าง 7	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศใต้ 0.84
หน้าต่าง 9	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศใต้ 0.54
หน้าต่าง 10.1	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศเหนือ 1 ทิศใต้ 1
หน้าต่าง 10.2, 10.3	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศเหนือ 0.92 ทิศใต้ 0.68 ทิศตะวันออก 0.71 ทิศตะวันตก 0.71
หน้าต่าง 10.4	หน้าต่างกระจกเขียวใส หนา 6 มิลลิเมตร	0.006	5.740	0.60	ทิศตะวันออก 0.96 ทิศตะวันตก 0.96

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดวัสดุหลังคาของอาคารที่ใช้สำหรับการคำนวณ

ส่วนประกอบ	รายละเอียด	ความหนา (เมตร)	ค่า U-value (วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)	ค่า DSH (กิโลจูลต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)	ค่าสัมประสิทธิการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์
หลังคา metal sheet	หลังคา metal sheet หนา 0.505 มิลลิเมตร มีช่องว่างอากาศ (เฉลี่ย 2 เมตร) เหนือฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดชนิดธรรมดา หนา 9 มิลลิเมตร วางฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้ว บนฝ้าเพดาน	0.16	0.162	10.04	0.50
หลังคาคอนกรีต	หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.20 เมตร มีช่องว่างอากาศ (เฉลี่ย 0.60 เมตร) เหนือฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดชนิดธรรมดา หนา 9 มิลลิเมตร วางฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้ว บนฝ้าเพดาน	0.36	0.158	450.44	0.50

ข้อมูลด้านงานระบบอาคาร[1]

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ประเภทของหลอดไฟ	จำนวนวัตต์ของหลอดและบัลลาสต์ (วัตต์)	จำนวนโคม (โคม)	จำนวนวัตต์รวม (วัตต์)
(A1) downlight 1x18w warm white	24	44	1,056
(A2) downlight 1x18w cool white	24	56	1,344
(A3) downlight 1x11w warm white	17	207	3,519
(A4) downlight 1x11w daylight	17	40	680
(B1) fluorescent 1x36w daylight	42	25	1,050
(B2) fluorescent 1x18w daylight	24	16	384
(B3) fluorescent 2x36w daylight	84	25	2,100
(B4) fluorescent 3x36w daylight	126	65	8,190
(C1) wall mount 2x8w warm white	28	32	896
(C2) post top 2x100w warm white	212	12	2,544
(C3) post top 3x100w cool white	318	9	2,862
(C4) track light 3x50w warm white	168	171	28,728
พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างรวม			**53,353**

ระบบปรับอากาศ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของระบบปรับอากาศ

ประเภทของเครื่องปรับอากาศ	ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (บีทียูต่อชั่วโมง)	จำนวนของเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	ค่าบริโภคพลังงาน (วัตต์)	จำนวนวัตต์รวม (วัตต์)
Variable Refrigerant Flow (VRF)	18,000	2	1.63	36,000
	38,000	8	3.45	304,000
	42,000	59	3.82	2,478,000
	48,000	17	4.36	816,000
พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศรวม				**3,634,000**

อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

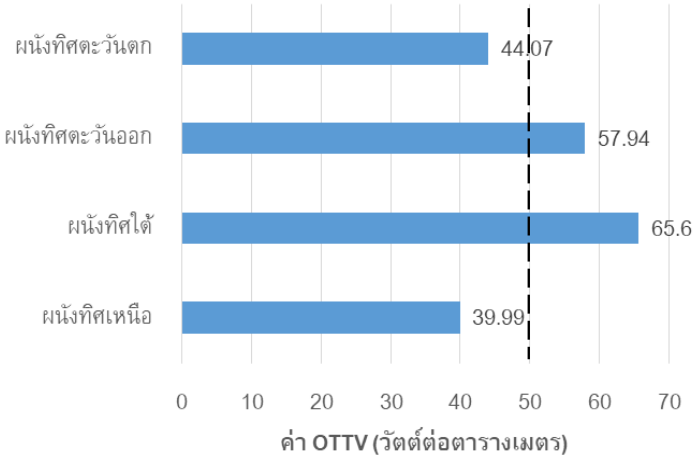
ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร

ชั้น	อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวนวัตต์ต่อหน่วยของอุปกรณ์ไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า (หน่วยอุปกรณ์ไฟฟ้า)	จำนวนวัตต์รวม (วัตต์)
ชั้นที่ 1 (zone 1)	พัดลม	50	4	200
	ตู้ทำน้ำร้อนและเย็น	560	1	560
	ตู้แช่เครื่องดื่ม ไอศกรีม	150	5	750
	ตู้เย็น	250	2	500
	เครื่องต้มน้ำร้อน	2,400	2	4,800
	ไมโครเวฟ	1,000	2	2,000
	หม้อหุงข้าว	650	1	650
	เครื่องเล่นหยอดเหรียญ	600	7	4,200
	TV touchscreen	95	7	665
	TV display	100	15	1,500
	คอมพิวเตอร์	350	19	6,650
	เครื่องถ่ายเอกสาร	1,100	1	1,100
	Projector	250	1	250
จำนวนวัตต์ที่ใช้ต่อวันของชั้นที่ 1 (zone 1) รวม				23,825
ชั้นที่ 2 (zone 2)	พัดลม	50	2	100
	ตู้เย็น	150	3	450
	คอมพิวเตอร์	350	1	350
	TV display	100	15	1,500
	TV touchscreen	95	4	380
จำนวนวัตต์ที่ใช้ต่อวันของชั้นที่ 2 (zone 2) รวม				2,780
พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ารวม				**26,605**

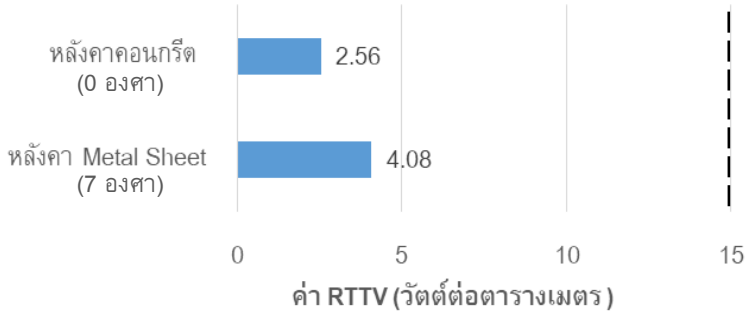
3.2 ผลการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม BEC v.1.0.6

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และหลังคาอาคาร (RTTV)

จากการคำนวณได้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV รวม) เท่ากับ 52.45 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่ามากกว่า 50 วัตต์ต่อตารางเมตร (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV รวม) เท่ากับ 3.68 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าน้อยกว่า 15 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยมีรายละเอียดของค่า OTTV และ RTTV ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7



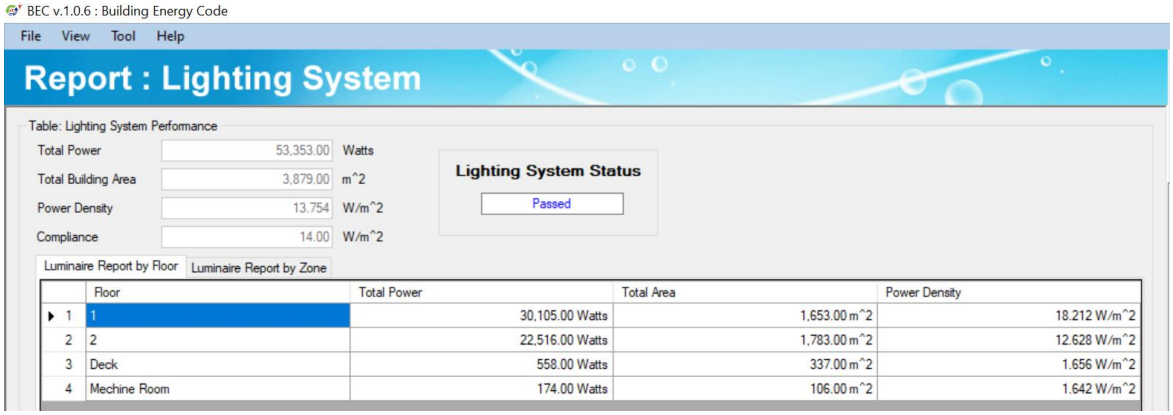
ภาพที่ 6 แสดงค่า OTTV ในแต่ละทิศ



ภาพที่ 7 แสดงค่า RTTV แยกตามมุมของหลังคาและวัสดุ

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

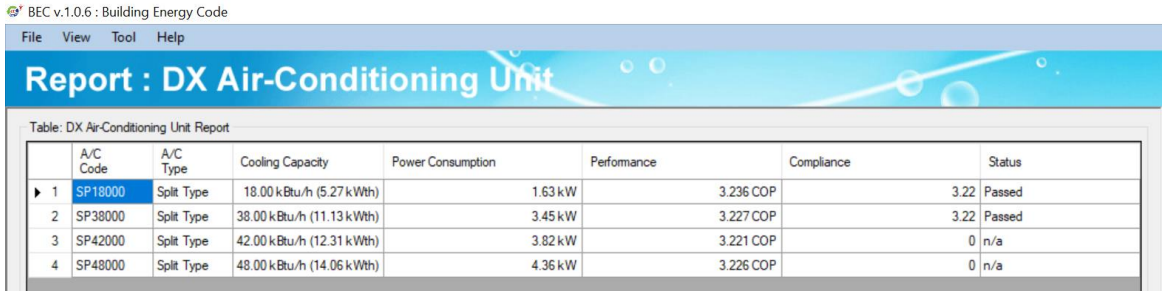
จากการคำนวณได้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างรวมเท่ากับ 53,353 วัตต์ โดยมีพื้นที่ที่ใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างเท่ากับ 3,879 ตารางเมตร จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 13.754 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าน้อยกว่า 14 วัตต์ต่อตารางเมตร (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552) โดยมีรายละเอียดของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างแยกตามชั้น

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

จากการคำนวณได้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศรวมเท่ากับ 3,634,000 วัตต์ โดยตามเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศขนาดเล็ก จะคำนวณเฉพาะเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดไม่เกิน 40,948 บีทียูต่อชั่วโมง จากภาพที่ 9 จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศที่มีขนาด 18,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP) เท่ากับ 3.236 และเครื่องปรับอากาศที่มีขนาด 38,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่า COP เท่ากับ 3.227 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่ามากกว่า 3.22 (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552)



ภาพที่ 9 แสดงค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแต่ละขนาด

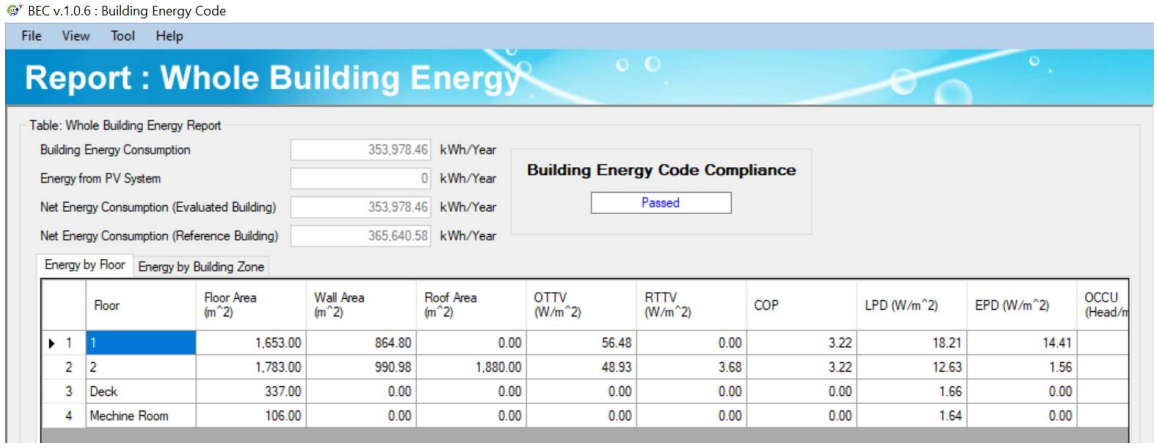
ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากตารางที่ 6 จะได้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าของชั้นที่ 1 (zone 1) เท่ากับ 23,825 วัตต์ และชั้นที่ 2 (zone 2) เท่ากับ 2,780 วัตต์ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมจึงเท่ากับ 26,605 วัตต์

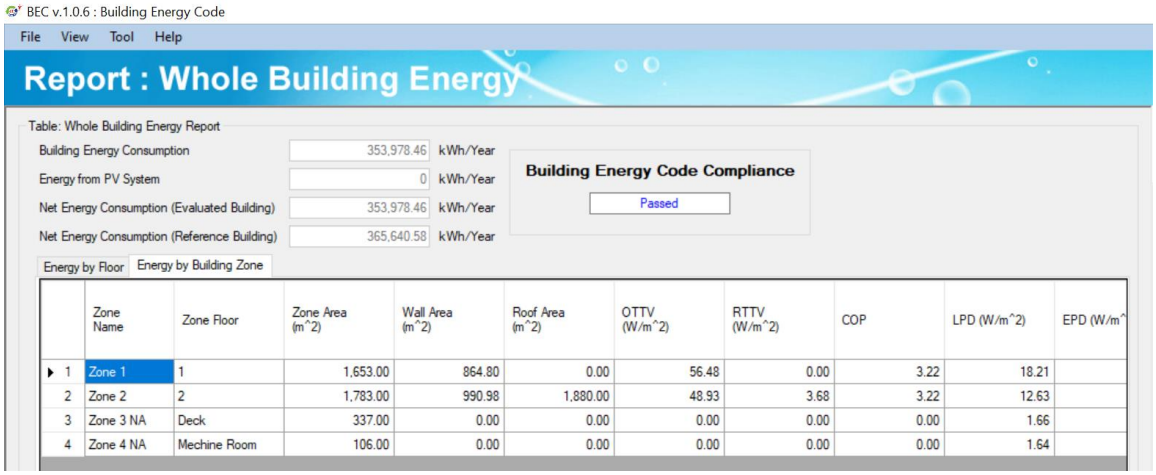
ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

จากการคำนวณได้ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 353,978.46 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคารจริงซึ่งมีค่าเท่ากับ 352,239.08 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีค่าเท่ากับ 365,640.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ถือว่า

ผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมน้อยกว่า (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552) โดยมีรายละเอียดของค่าการใช้พลังงานโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 10 และ 11



ภาพที่ 10 แสดงรายละเอียดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารแบ่งตามชั้นของอาคาร

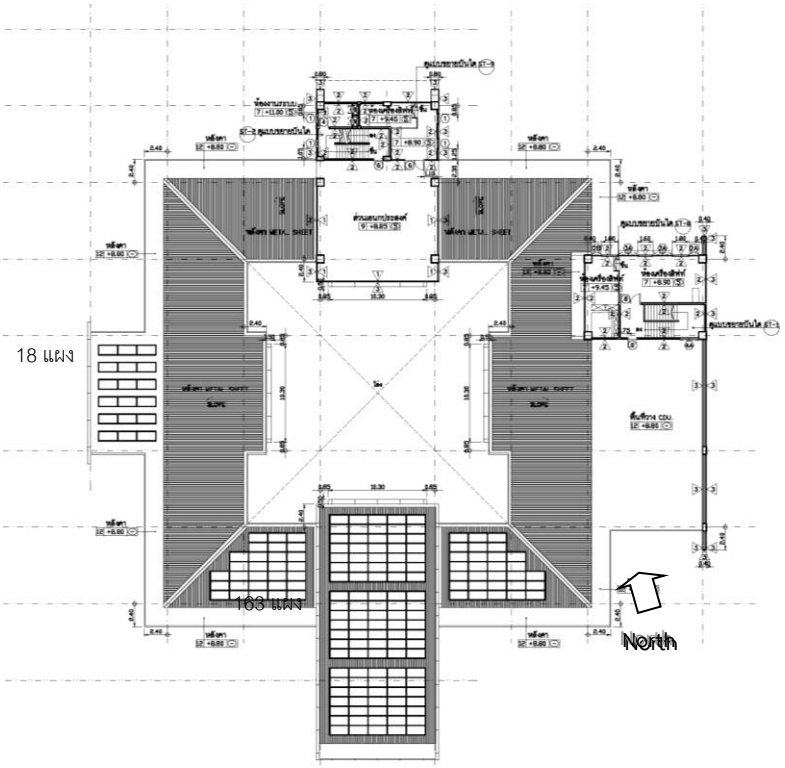


ภาพที่ 11 แสดงรายละเอียดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารแบ่งตาม zone ของอาคาร

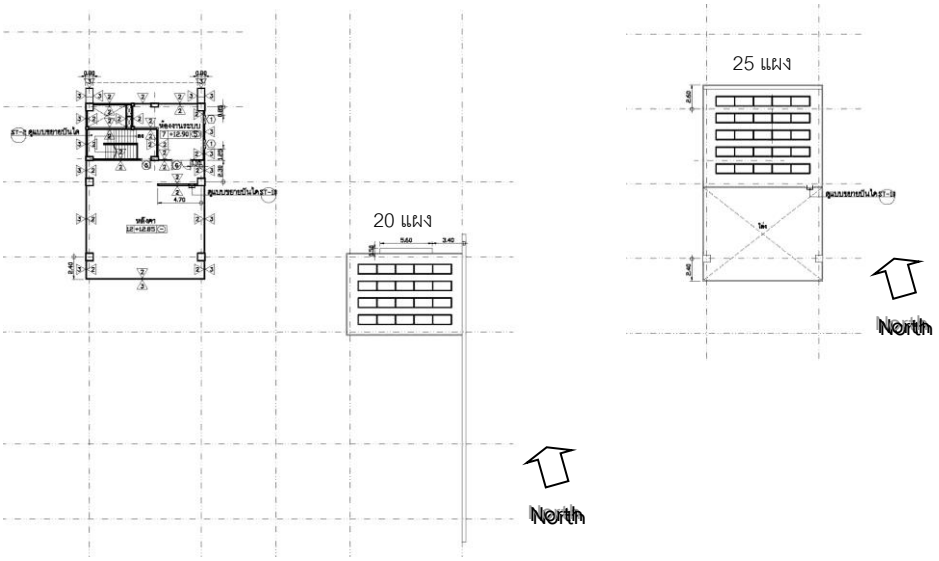
3.3 แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์

ถึงแม้ว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจะผ่านเกณฑ์ แต่หากดำเนินตามโครงการที่จะนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ในกรณีที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหลายผลึก (multicrystalline) ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 325 วัตต์ต่อแผง มีขนาดของแผงเท่ากับ 992x1956x40 มิลลิเมตร (Solartron, 2020) ติดตั้งบนชั้นดาดฟ้าและหลังคาของอาคาร โดยวางเซลล์แสงอาทิตย์ให้รับแสงอาทิตย์ทางด้านทิศใต้ ทำมุม 16 องศากับแนวระนาบ จะสามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 226 แผง ดังแสดงใน

ภาพที่ 12 และ 13 ใช้พื้นที่ในการติดตั้งเท่ากับ 438.52 ตารางเมตร และมีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบ (system efficiency) เท่ากับ 11%

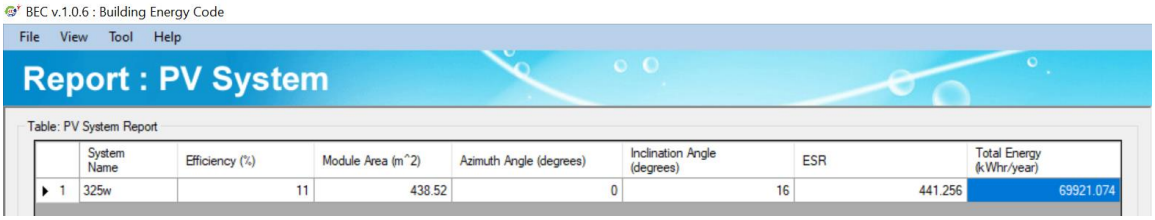


ภาพที่ 12 แสดงการวางเซลล์แสงอาทิตย์บนชั้นดาดฟ้าของอาคาร



ภาพที่ 13 แสดงการวางเซลล์แสงอาทิตย์บนชั้นหลังคาของอาคาร

จากการคำนวณด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าและลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารได้เท่ากับ 69,921.07 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ดังแสดงในภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 แสดงรายละเอียดของเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ภาพที่ 15 แสดงรายละเอียดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในกรณีที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้า

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

การประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงาน สามารถประเมินได้ 2 ทางเลือก คือ (ประกาศกระทรวงพลังงาน, 2552)

ทางเลือกที่ 1 กำหนดให้การใช้พลังงานจะต้องผ่านเกณฑ์ทั้ง 4 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบกรอบอาคาร จะต้องมีค่า OTTV รวม น้อยกว่า 50 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า RTTV รวม น้อยกว่า 15 วัตต์ต่อตารางเมตร อาคารนี้มีค่า OTTV รวม เท่ากับ 52.45 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า RTTV รวม เท่ากับ 3.68 วัตต์ต่อตารางเมตร อาคารนี้จึงไม่ผ่านเกณฑ์ค่า OTTV รวม (2) ระบบแสงสว่าง จะต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดน้อยกว่า 14 วัตต์ต่อตารางเมตร อาคารนี้จึงผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 13.754 วัตต์ต่อตารางเมตร (3) ระบบปรับอากาศ จะต้องมีค่า COP มากกว่า 3.22 อาคารนี้จึงผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่า COP เท่ากับ 3.236 และ 3.227 (4) ระบบผลิตน้ำร้อน อาคารนี้ไม่มีระบบผลิตน้ำร้อนจึงไม่ต้องพิจารณาการใช้พลังงานในระบบนี้ จากข้อกำหนดข้างต้นอาคารนี้จึงไม่ผ่านการประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงานในทางเลือกที่ 1

ทางเลือกที่ 2 กำหนดให้การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจะต้องน้อยกว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง อาคารนี้ผ่านเกณฑ์เนื่องจากอาคารมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 353,978.46

กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ส่วนอาคารอ้างอิงมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเท่ากับ 365,640.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี อาคารนี้จึงผ่านการประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงานในทางเลือกที่ 2

การปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหลายผลึก ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 325 วัตต์ต่อแผง ติดตั้งบนชั้นดาดฟ้าและหลังคาของอาคาร จำนวน 226 แผง มีค่าประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 11% จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 69,921.07 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี หรือประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 262,554 บาทต่อปี โดยคิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 3.755 บาทต่อหน่วย (กองอาคารและสถานที่, 2563) มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งเท่ากับ 60 บาทต่อวัตต์ (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558) จึงมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเท่ากับ 4,407,000 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 16.79 ปี

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นเพียงแนวทางหนึ่งเท่านั้น ยังมีอีกหลายแนวทาง เช่น การเลือกกรอบอาคารที่ป้องกันความร้อนได้ดี การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกให้กับผู้ใช้อาคารในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

2. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะเซลล์แสงอาทิตย์ในรุ่นที่กำหนดเท่านั้น หากมีการศึกษาเปรียบเทียบกับรุ่นอื่น ๆ จะทำให้สามารถเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสมกับแต่ละโครงการได้

3. อาคารอนุรักษ์พลังงานที่ดีควรเริ่มตั้งแต่แนวความคิดในการออกแบบ ประกอบกับการใช้เกณฑ์การประเมินอาคารอนุรักษ์พลังงานเป็นข้อกำหนดร่วมในการออกแบบ การปรับปรุงอาคารในภายหลังอาจมีข้อจำกัดหลายอย่างซึ่งอาจทำให้การปรับปรุงมีค่าใช้จ่ายสูงหรือต้องใช้ระยะเวลามาก

5. เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 137 ตอนที่ 94 ก หน้า 7, 2563.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, *คู่มือการใช้งานโปรแกรม BEC v.1.0.6.* กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551.

กองยุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *แผนยุทธศาสตร์การบริหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2563-2566.* ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2563.

กองอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2562-2563.* ขอนแก่น, 2563.

ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร, *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 126 ตอนพิเศษ 122 ง หน้า 21, 2552.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, *คู่มือปฏิบัติวิชาชีพ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารในประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558.

Solartron, (2020, 6 December). *Multicrystalline Silicon Solar Module 325 W SP325.* Available: http://www.solartron.co.th /thai/SP300325W.