

การปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
**Improvement of EGAT's High Voltage Station Office Building
in Ubon Ratchathani to be a Net Zero Energy Building**

ประพัทธ์ ชื่นชุมศรี¹
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์²
ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์³

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยอาคารนี้เป็นอาคารก่อสร้างใหม่ สูง 4 ชั้น ประกอบด้วยพื้นที่สำนักงาน ห้องประชุม และห้องน้ำ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 2,273.81 ตารางเมตร มีพื้นที่ปรับอากาศ 1,027.17 ตารางเมตร โดยผลการจำลองค่าพลังงานสำหรับอาคารต้นแบบผ่านโปรแกรม Building Energy Code (BEC) มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) เท่ากับ 49.663 W/m², ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value : RTTV) เท่ากับ 6.018 W/m², Lighting Power Density เท่ากับ 6.697 W/m² และค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปีเท่ากับ 93,709.72 kWh/Year การศึกษานี้มีเป้าหมายหลัก คือ กำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดการใช้พลังงาน รวมทั้งพลังงานที่จัดหาได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องมีค่ามากกว่าค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปีของอาคารต้นแบบ โดยมีมาตรการปรับปรุงอาคาร 6 มาตรการ คือ 1.ปรับปรุงผนังทึบ 2.เปลี่ยนวัสดุกระจก 3.ลดขนาดกระจก 4.เพิ่มแผงบังแดด 5.การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร และ 6.การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

คำสำคัญ : อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building : NZEB), การจำลองพลังงานของอาคาร (Whole Energy Building Simulation)

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา

² ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

³ ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ร่วม

ผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับปรุงอาคาร คือ ใช้มาตรการ เปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นชนิด Clear Color Single Silver Low-E coat on Ocean Green 6 mm (6-6-6), มาตรการปรับปรุงอาคารโดยการลดขนาดหน้าต่างชนิด n1 ประมาณ ร้อยละ 25, มาตรการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร และมาตรการจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจากมาตรการทั้งหมดทำให้มีค่า OTTV ลดลงเป็น 30.168 W/m^2 , RTTV เท่ากับ 6.018 W/m^2 , Lighting Power Density เท่ากับ 6.697 W/m^2 และค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปี $82,195.43 \text{ kWh/year}$ ค่าพลังงานรวมที่จัดหาได้ $82,555.55 \text{ kWh/year}$ ซึ่งทำให้การใช้พลังงานเป็นบวก คือ สามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้เท่ากับ 360.12 kWh/year งบประมาณลงทุนประมาณ $7,701,066.15$ บาท และมีค่าระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดที่ 28 ปีทั้งหมด ทำให้มีค่า OTTV ลดลงเป็น 30.168 W/m^2 , RTTV เท่ากับ 6.018 W/m^2 , Lighting Power Density เท่ากับ 6.697 W/m^2 ค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปี $82,195.43 \text{ kWh/year}$ ค่าพลังงานรวมที่จัดหาได้ $82,555.55 \text{ kWh/year}$ ซึ่งทำให้การใช้พลังงานเป็นบวก คือสามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้เท่ากับ 360.12 kWh/year งบประมาณลงทุน $7,701,066.15$ บาท และมีค่าระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดที่ 28 ปี

ABSTRACT

The objective of this research was to study how to improve an office building of EGAT's High Voltage Station in Ubon Ratchathani to be a Net Zero Energy Building. This building was a new 4-storey building consisting of office space, meeting rooms and restrooms. The total utility space was $2,273.81 \text{ m}^2$ with $1,027.17 \text{ m}^2$ air-conditioned area. The simulation regarding the energy consumption of the prototype building using the Building Energy Code (BEC) program showed the following results: the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) = 49.663 W/m^2 ; Roof Thermal Transfer Value (RTTV) = 6.018 W/m^2 ; Lighting Power Density = 6.697 W/m^2 ; and the total building energy consumption = $93,709.72 \text{ kWh/year}$. The main aim of this study was to identify a number of guidelines for building improvements in order to reduce energy consumption of the prototype building, and to ensure that the solar power produced was greater than the overall annual energy consumption of the building. Six measures were proposed: (1) improve solid walls; (2) change the window glass materials; (3) reduce the size of the windows; (4) install more solar shading devices; (5) use natural light inside the building; and (6) produce solar power.

The results showed that the best options were to change the glass material to 6-mm thick, clear color, single silver low-E coating on ocean green (6-6-6) glass, reduce the size of the n1-type windows by 25%, use natural light inside the building; and produce solar power. All of these would decrease OTTV to 30.168 W/m^2 and the total building energy consumption to $82,195.43 \text{ kWh/year}$ while RTTV and Lighting

Power Density remained the same. Moreover, the total produced solar power was 82,555.55 kWh/Year, resulting in the positive energy balance, i.e. the produced power was greater than the consumed energy. The estimated budget of the improvements was 7,701,066.15 baht with a discounted payback period of 28 years.

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้น สาเหตุเกิดจากการเพิ่มจำนวนของประชากร, ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคม และผลกระทบที่เกิดขึ้นก็คือการเกิดภาวะเรือนกระจก ซึ่งขณะนี้ทั่วโลกจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างไรให้คุ้มค่าและคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและต่อสังคมในภาพรวมมากที่สุด (Sustainable Development) โดยจะต้องเป็นการพึ่งพาการใช้พลังงานที่จากเชื้อเพลิงฟอสซิลให้น้อยที่สุด และแนวคิดการประหยัดพลังงานเกี่ยวกับการใช้พลังงานให้ได้ต่ำที่สุด โดยมีพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (Nearly Zero Energy Building หรือ NZEB) จึงได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งก็จะมีหลักการว่า พลังงานไฟฟ้าที่รับจากระบบที่นำมาใช้หักกับพลังงานที่อาคารจัดหาได้จะมีค่าสุทธิที่เข้าใกล้ศูนย์ โดยที่ผู้ใช้งานภายในอาคารนั้นยังต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารที่ดี (Indoor Environmental Quality)

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการปรับปรุงอาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คู่อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ขอบเขตการศึกษา

1. วิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี กฟผ. คู่อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงาน โดยให้พลังงานเฉลี่ยใน 1 ปี ต้องมีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ กับพลังงานที่จัดหาได้จากเซลล์แสงอาทิตย์
2. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการปรับปรุงอาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี กฟผ. คู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พิจารณาตามอายุการใช้งานของอาคารเฉลี่ย 50 ปี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูง อุบลราชธานี กฟผ. ผู้การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
2. เป็นอาคารต้นแบบเพื่อใช้ในการศึกษา สำหรับอาคารที่จะสร้างใหม่หรือปรับปรุงอาคาร ทั้งภายในองค์กร กฟผ. และองค์กรอื่นๆ
3. ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากอาคารที่วิจัยจะต้องมีมาตรการ ในการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมที่สุด
4. เนื่องจากงานวิจัยนี้มีการจัดหาพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ลดการใช้พลังงาน ที่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาแนวคิดของอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเท่ากับหรือเข้าใกล้ศูนย์ (Net/Nearly Zero Energy Building: NZEB) เริ่มเป็นที่สนใจและศึกษาในระดับนานาชาติ ซึ่งในขณะนี้ทั่วโลก ต่างให้ความสนใจในการก่อสร้างอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเท่ากับหรือเข้าใกล้ศูนย์ โดยสหภาพยุโรป (EU) ได้มีแผนกำหนดเป้าหมายว่า หลังจากปี ค.ศ.2020 เป็นต้นไป อาคารที่จะสร้างใหม่ทุกหลังจะต้องเป็น Nearly Zero Energy Building (BPIE Factsheet nZEB definitions across Europe (2015)) โดยแม้ อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์หรือ NZEB จะเป็นที่สนใจ แต่ในปัจจุบันในแต่ละประเทศ ยังไม่มีกรอบนิยามร่วมกันที่แน่นอน แม้สหภาพยุโรปจะกำหนดระยะเวลาดังที่แสดงไปข้างต้นแล้ว แต่ หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินก็จะขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ของแต่ละประเทศ

แต่โดยทั่วไปสามารถให้ความหมาย NZEB ได้โดยหมายถึง อาคารที่สามารถจัดหาพลังงาน ทดแทน ได้ไม่น้อยกว่าพลังงานที่อาคารต้องการใช้ทั้งหมด โดยที่ผู้ใช้งานภายในอาคารนั้นยังต้องมีคุณภาพ สิ่งแวดล้อมภายในอาคารที่ดี

โดยการวิจัยนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคาร โดยมีปัจจัยประกอบ หลายๆส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคารทั้งสิ้น ประกอบด้วย

1. ทิศทาง

ทิศทางที่แตกต่างกัน มีค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation, ESR) ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการหันทิศทางของอาคาร การเลือกใช้วัสดุของแต่ละทิศของอาคาร และ ผนังภายในอาคาร ทำให้ความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร มีค่าที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ทิศใต้เป็นทิศที่มีค่า ESR สูงที่สุด แต่จากทิศทางการหันของอาคารที่ทำการ ทางด้านทิศใต้เป็นทิศ

ที่มีห้องสำนักงานมากที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่สามารถหันทิศทางของอาคารได้ จึงต้องศึกษาถึงวัสดุของผนัง ฝ้าและกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 1 ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคารประเภทสถานศึกษาหรือสำนักงาน

มุมเอียง (องศา)	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนตามทิศทางของผนัง (W/m ²)							
	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก	ตะวันออกเฉียงใต้	ใต้	ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันตก	ตะวันตกเฉียงเหนือ
0	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38
15	405.00	421.74	433.61	440.00	441.62	438.90	431.51	419.53
30	358.99	390.20	412.96	425.48	428.59	422.98	408.39	358.65
45	309.68	348.31	379.58	397.17	401.47	393.20	372.57	341.61
60	255.37	301.60	337.61	358.44	363.45	353.18	328.62	293.33
75	212.39	255.60	291.21	312.65	317.70	306.52	281.11	246.70
90	185.06	215.84	244.53	263.14	267.41	256.82	234.58	207.62

ที่มา: ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ พ.ศ. 2552

2. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร

จากบทที่ 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer Value, OTTV) ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และแผงบังแดด ซึ่งการเลือกวัสดุ และสัดส่วนผนังโปร่งแสงต่อผนังทึบ มีผลทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารมีผลที่แตกต่างกัน โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$OTTV = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_p)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ OTTV_i คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส (W/ (m². °C))

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่าง โปร่งแสง และ/หรือของผนัง โปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง โปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนัง โปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง โปร่งแสง และ/หรือผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

3. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (roof thermal transfer value, RTTV) ซึ่งการเลือกวัสดุ และช่องว่างอากาศ มีผลต่อความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในพื้นที่ปรับอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$RTTV_i = (U_r) (1 - SRR) (TD_{eq}) + (U_g) (SRR) (\Delta T) + (SRR) (SHGC) (SC) (ESR)$$

เมื่อ RTTV_i คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณามีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference) ระหว่างภายนอกและภายในของหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

U_g คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาโปร่งแสงและ/หรือ หลังคาทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

4. ระบบแสงสว่าง

โดยค่าความสว่างภายในอาคารที่ทำการทุกห้องจะต้องเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดโดยมีค่าความส่องสว่างตามกำหนดของกฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) และกฎกระทรวงอาชีวอนามัยเรื่องสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 ดังตารางที่ 2 รวมทั้งจะต้องออกแบบให้มีค่าการใช้พลังงานต่ำที่สุดด้วย

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานความส่องสว่างที่กฎหมายกำหนด

ประเภทห้อง	ค่ามาตรฐานความส่องสว่าง (LUX)	
	กฎกระทรวง ฉบับที่ 39	Safety 2549
ห้องโถง/ห้องพักรอ	-	200
สำนักงาน	300	400
ห้องควบคุมและห้องสวิตช์	-	200
ห้องน้ำ	100	100
ห้องเก็บของ	-	100
ห้องเครื่องปั๊ม	-	100
ห้องครัว	-	200
ห้องประชุม	300	300
ห้องถ่ายเอกสาร	-	300

ที่มา: กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) และกฎกระทรวงอาชีวอนามัยเรื่องสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

5. ระบบเซลล์แสงอาทิตย์

อาคารที่มีการจัดหาพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่จัดหาได้ ไปหักออกจากค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เพื่อนำมาคิดเป็นพลังงานรวมสุทธิ โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$PVE = \frac{(9)(365)(A_{\text{mod}})(N_{\text{sys}})(ESR_{\text{pv}})}{1,000}$$

เมื่อ PVE คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่จัดหาโดยเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh)

(9)(365) คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถจัดหากระแสไฟฟ้าได้ใน 1 ปี

โดย (9) คือ จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่มีแสงอาทิตย์ใน 1 วัน และ (365) คือ จำนวนวันใน 1 ปี

A_{mod} คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

N_{sys} คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบ

ESR_{pv} คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียงและทิศทางที่ตรงกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ให้ใช้ค่าที่กำหนดตามตารางที่ 1

7. ค่าพลังงานรวมสุทธิทั้งอาคาร

คือค่าการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร โดยคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวในรอบ 1 ปี มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year}$) ซึ่งกระทรวงพลังงานได้กำหนดว่า อาคารที่มีค่าพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ ต้องมีค่าไม่เกิน $57 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{y}$ และอาคารที่มีค่าพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ต้องมีค่าไม่เกิน $0 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{y}$

8. การวิเคราะห์ทางการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินโครงการความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการนี้ โดยใช้เครื่องมือดังนี้

8.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period หรือ PB)

ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุน คุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไประยะเวลาคืนทุนเป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลา ว่าเมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้ระยะเวลากี่งวดในการคืนทุนสามารถแสดงการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$PB = \text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}}$$

8.2 ระยะเวลาคืนทุนคิดลด (Discounted Payback Period หรือ DPB)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่า เมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้ว จะใช้ระยะเวลาที่งวดในการคืนทุน โดยใช้วิธีคิดจากกระแสเงินสดสะสมที่จะได้รับในอนาคต ให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value of Cash Flows) เสียก่อน การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนคิดลดแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$DPB = \text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของเงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}}$$

8.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)

เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการลงทุนในแต่ละปี ซึ่งเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้า (Cash Inflows) หักด้วยมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดออก (Cash Outflows) โดยใช้ต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุนของโครงการเป็นอัตราคิดลด (WACC) เมื่อรวมกระแสเงินสดที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left(\frac{CF_t}{(1+r)^t} \right)$$

โดยที่

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

CF_t = กระแสเงินสดที่คาดหวัง ณ ช่วงเวลา t

n = ช่วงอายุของโครงการลงทุน

r = อัตราคิดลด หรือ ต้นทุนถัวเฉลี่ยของเงินทุน

เกณฑ์ในการประเมิน สรุปได้ว่าหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV > 0 ผู้วิเคราะห์สามารถ ยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้าม หากโครงการลงทุนใด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV < 0 ผู้วิเคราะห์สามารถปฏิเสธ โครงการนั้นได้ และหากโครงการลงทุนใด ที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV = 0 ผู้วิเคราะห์อาจยอมรับหรือปฏิเสธโครงการก็ได้ เนื่องจากมูลค่าขององค์กร จะไม่มีความแตกต่างไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธโครงการ

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการถ่ายทอดความรู้อาคารต้นแบบพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2557) โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นอาคารต้นแบบสำหรับประเทศไทย ในการพัฒนาอาคารประหยัดพลังงานที่ใช้แนวคิดเกี่ยวกับการใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ (Net Zero Energy Building ; NZEB)

โดยได้มีผลการพิจารณาในการคัดเลือกอาคารสำนักงานก่อสร้างของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานของฝ่ายประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัยเป็นอาคารที่จะใช้ในการศึกษาวิจัย หลังจากนั้นคณะทำงานได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบปรับปรุงอาคารเดิมให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยมีระบบต่างๆดังนี้ 1.กรอบอาคาร 2.ระบบแสงสว่าง 3.การใช้แสงธรรมชาติ 4.ระบบทำความเย็น 5.อุปกรณ์สำนักงาน 6.การจัดหากระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยจากเดิมอาคารหลังนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 35,987.70 หน่วยต่อปี และได้ประเมินไว้ว่าหลังจากปรับปรุงอาคารจะต้องมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 21,920.71 หน่วยต่อปี ซึ่งวัดผลการใช้พลังงานจริงหลังการปรับปรุง พบว่าอาคารดังกล่าวมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 14,428.45 หน่วยต่อปี ผลการออกแบบและปรับปรุงอาคารโดยใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้สอดคล้องตามที่ประเมินไว้ และผลการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งได้ออกแบบระบบจัดหาพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ให้มีปริมาณการจัดหา 28,707.00 หน่วยต่อปี เมื่อทำการเก็บข้อมูลระบบจัดหาพลังงานจากแสงอาทิตย์ พบว่ามีปริมาณการจัดหาพลังงานเฉลี่ย 30,904.55 หน่วยต่อปี ผลการจัดหาพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคารและยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย สรุปผลการปรับปรุงอาคารหลังนี้ใช้พลังงานลดลงตามเป้าหมายและสามารถจัดหาพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้เองเพียงพอต่อความต้องการ โดยเป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

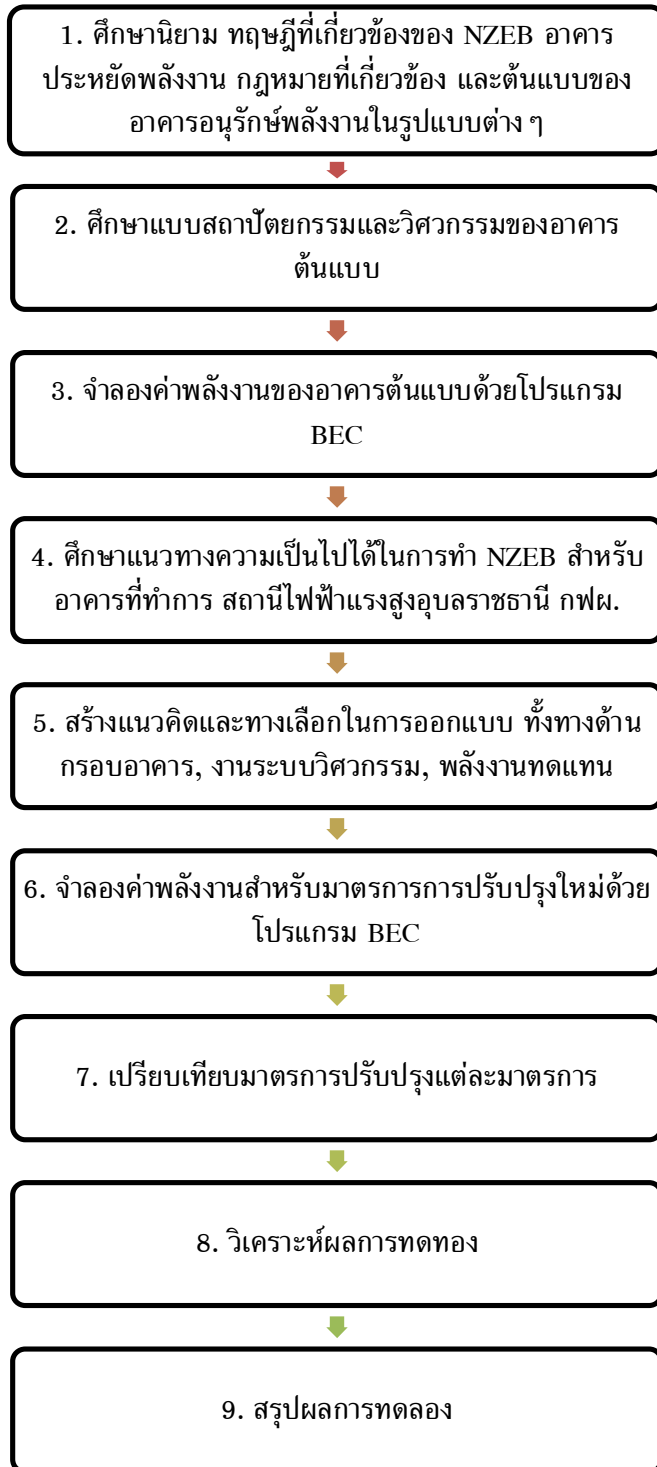
ปารวี ตั้งจิตวิทยา (2556) ได้ศึกษาการออกแบบกรอบอาคารบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยได้หาแนวทางการออกแบบเปลือกอาคารสำหรับบ้านเดี่ยวสองชั้น ที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 200 ตร.ม. เพื่อให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการวัดผลจริงด้านการจัดหาพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยได้ศึกษาความเป็นไปได้และรูปแบบของกรอบอาคารในแต่ละทิศ ภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทย ระยะเวลาของแผงบังแดดในแต่ละทิศทาง รวมถึงองศาและพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้การจัดหาพลังงานรวมเพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยการจำลองพลังงานผ่านโปรแกรมพบว่า หากกำหนดให้ด้านหน้าของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก จะทำให้การใช้พลังงานภายในบ้านน้อยที่สุด ทั้งในบ้านเดี่ยวกรณีพื้นฐาน และกรณีเปลี่ยนหลังคา และกรณีของแผงบังแดดตัวอาคารพบว่า อาคารที่มีแผงบังแดดที่มีระยะมาก จะช่วยลดพลังงานการปรับอากาศมากกว่าแผงบังแดดที่ยื่นน้อย และทิศทางของแผงบังแดดทิศตะวันออกและใต้ มีการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานมากที่สุด ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อหันทางทิศใต้ และทำมุม 30 องศา

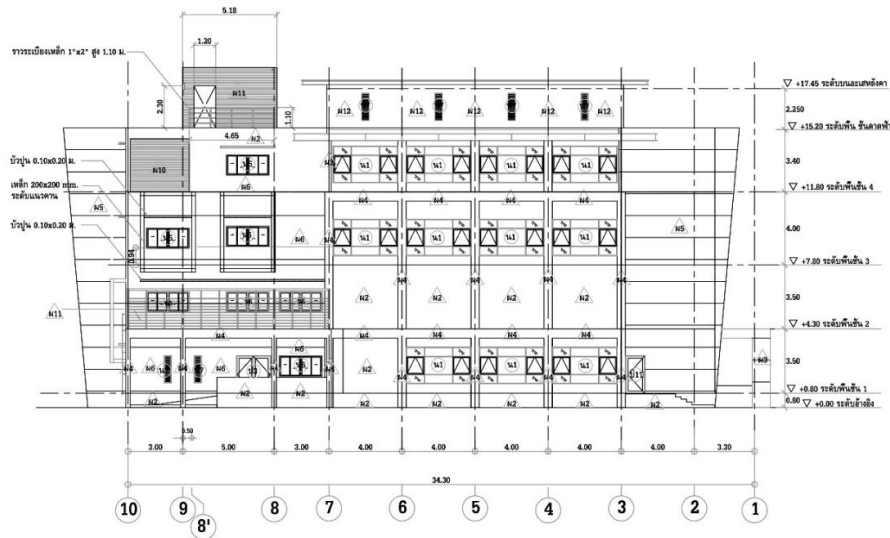
พรรัตน์ เรืองเสรี และชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ (2560) ได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงอาคารจอดรถ 1 ศูนย์อาหารและบริการ 4 มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยอาคารมีการใช้งานแบ่งเป็น ชั้น 1 ศูนย์อาหาร ร้านกาแฟและร้านค้าสะดวกซื้อ, ชั้น 2-5 เป็นอาคารจอดรถ และ

ชั้น 6 เป็นอาคารที่ใช้เป็นที่จอดรถ เสียค่าไฟฟ้าแต่ละเดือนประมาณ 40,000 - 60,000 บาท โดยการใช้งานพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากร้านสะดวกซื้อ เนื่องจากมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิดและเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง โดยได้ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคาร และการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกับความสามารถในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า พลังงานที่สามารถจัดหาได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อพลังงานไฟฟ้าที่อาคารต้องการใช้ทั้งหมด โดยหากลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉพาะพื้นที่ส่วนกลางลงอย่างน้อย 10% จะทำให้เพียงพอต่อการจัดหาพลังงานให้กับพื้นที่ส่วนกลาง

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยของงานนี้คือ





ภาพที่ 1 รูปด้านอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าอุบลราชธานี กฟผ.

ผลการศึกษา

เป้าหมายการใช้พลังงานสำหรับอาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี กฟผ. เพื่อที่จะเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (NZEB) คือ ต้องลดพลังงานที่ใช้ร่วมกับพลังงานที่จัดหาเองได้ ให้ได้มากกว่าการใช้พลังงานของค่าพลังงานรวมที่ใช้ของอาคารต้นแบบ ซึ่งสามารถคำนวณค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปีของอาคารต้นแบบได้คือ 93,709.72 kWh/year

โดยมาตรการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี กฟผ. มีมาตรการต่างๆ 6 มาตรการ ซึ่งแต่ละมาตรการสามารถเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างมาตรการได้โดยใช้เครื่องมือการคำนวณค่าความคุ้มค่า (Payback Period) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 มาตรการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูงอุบลราชธานี กฟผ.

มาตรการ	วิธีการ	ระยะเวลาดำเนินการ
มาตรการที่ 1 ปรับปรุงผนังทึบ	ใช้วัสดุผนังเป็นคอนกรีตมวลเบา เว้นช่องอากาศ บน ฉนวนใยแก้ว 2" และแผ่นยิปซัม	22.3 ปี
มาตรการที่ 2 เปลี่ยนวัสดุกระจก	ใช้วัสดุกระจกเป็นชนิด Low-E 6 มิลลิเมตร ซึ่งวัสดุ ชนิดนี้จะช่วยให้แสงที่เข้ามาภายในอาคารได้มาก แต่ ความร้อนจะถูกสะท้อนไม่เข้ามาภายในอาคาร	9.5 ปี
มาตรการที่ 3 ลดขนาดกระจก หน้าต่าง	ลดขนาดหน้าต่างชนิด n1 ลงประมาณร้อยละ 25	3 ปี
มาตรการที่ 4 เพิ่มแผงบังแดด	เพิ่มแผงบังแดดแนวนอน ความลึก 1.2 เมตร เหนือ หน้าต่างส่วนที่ปรับอากาศภายในอาคาร	22 ปี
มาตรการที่ 5 การใช้แสง ธรรมชาติภายในอาคาร	ลดการใช้พลังงานโดยใช้แสงธรรมชาติจากทาง หน้าต่างได้ โดยต้องมีการปรับปรุงวงจรไฟฟ้าในส่วนที่ โคมไฟที่ติดหน้าต่างชั้น 3 และ 4 และเพิ่มอุปกรณ์ สำหรับหรี่ไฟอัตโนมัติเมื่อมีแสงเข้ามา	1.3 ปี
มาตรการที่ 6 การจัดหาพลังงาน ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์คุณภาพสูง 330 W ติดตั้ง ตำแหน่งหลังคาอาคารและหลังคาที่จอดรถ	18 ปี

การวิจัยนี้จะเสนอทางเลือกการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่างๆตามที่เสนอข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบการใช้มาตรการต่างๆ หากความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยคิดระยะเวลาของโครงการคือ 30 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีค่า Discount Rate ที่ 6.25% จาก MRL ข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย, ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 3.5% (ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และ โสภิตสุดา ทองโสภิต, 2558) ค่าการบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปีละ 30,000 บาท โดยค่าซากของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากผ่านไป 30 ปีคิดที่ 20% ของมูลค่าแผงที่ลงทุน (Tom Hootman, 2012)

โดยมีทางเลือกทั้งหมด 4 ทาง ซึ่งจะใช้มาตรการต่างๆ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ทางเลือกการปรับปรุงอาคาร

	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3	ทางเลือกที่ 4
มาตรการที่ 1	✓	✓	✓	
มาตรการที่ 2	✓	✓	✓	✓
มาตรการที่ 3	✓	✓	✓	✓
มาตรการที่ 4	✓	✓	✓	
มาตรการที่ 5	✓	✓	✓	✓
มาตรการที่ 6		✓	✓	✓

ทางเลือกที่ 1 ใช้มาตรการที่ 1-5 รวมกัน โดยยกเว้น มาตรการที่ 6 การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปี 76,617 kWh/Year, ค่าพลังงานที่ลดได้ 17,092 kWh/year, งบประมาณ 1,390,682 บาท และ Discounted Payback Period 24 ปี

โดยทางเลือกที่ 1 มีข้อดีข้อเสียดังนี้

ข้อดี – งบประมาณต่ำ

ข้อเสีย – ไม่สามารถเป็นอาคารที่มีพลังงานสุทธิเป็นศูนย์, ลดการใช้พลังงานได้น้อย, การเปลี่ยนวัสดุผนังที่ภายในอาคารเป็นไปได้ยาก

ทางเลือกที่ 2 รวมมาตรการทั้งหมดโดยขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ 6.55 บาท/หน่วย

ค่าพลังงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี สามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าค่าพลังงานที่ใช้ 5,937 kWh/Year, งบประมาณประมาณ 8,679,522.68 บาท และ Discounted Payback Period 30 ปี

โดยทางเลือกที่ 2 มีข้อดีข้อเสียดังนี้

ข้อดี – สามารถประหยัดพลังงานได้มาก, เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ (NZEB)

ข้อเสีย – การลงทุนสูง, การขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าภูมิภาคในปัจจุบันกำหนดให้ใช้สำหรับพื้นที่หลังคาอาคารเท่านั้น, ต้องมีการทำเรื่องร้องขอการขายไฟให้กับการ กฟภ., หากราคาที่ได้รับซื้อไฟฟ้าของ กฟภ. เปลี่ยนแปลง จะทำให้ค่า NPV, IRR, DPB เปลี่ยนตามไปด้วย, ระยะเวลาการคืนทุนนาน, การเปลี่ยนวัสดุผนังภายในอาคารหลังก่อสร้างเสร็จแล้วเป็นไปได้ยาก

ทางเลือกที่ 3 มาตรการที่ใช้เหมือนกับทางเลือกที่ 2 ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานและจัดหาพลังงานเท่ากัน โดยวิธีที่ 3 จะไม่มีการขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Discounted Payback Period: ระยะเวลาเกินกว่าอายุโครงการ

โดยทางเลือกที่ 3 มีข้อดีข้อเสียดังนี้

ข้อดี – เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์,สามารถประหยัดพลังงานได้มาก, สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารข้างเคียงได้

ข้อเสีย – การลงทุนสูง, ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน, การเปลี่ยนวัสดุผนังที่ภายในอาคารเป็นไปได้ยาก

ทางเลือกที่ 4 เลือกมาตรการที่มีค่า Payback Period ไม่เกิน 20 ปี โดยมีมาตรการดังนี้

มาตรการที่ 2 เปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นชนิด Clear Color Single Silver Low-E coat on Ocean Green 6 mm (6-6-6)

มาตรการที่ 3 ปรับปรุงอาคารโดยการลดขนาดหน้าต่างชนิด น1 ลงประมาณร้อยละ 25

มาตรการที่ 5 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

มาตรการที่ 6 การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการจำลองค่าพลังงานสำหรับอาคารต้นแบบผ่านโปรแกรม BEC ได้ผลดังนี้

OTTV : 30.168 W/m²

RTTV : 6.018 W/m²

Lighting power Density : 6.697 W/m²

ค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปี : 82,195.43 kWh/Year

ค่าพลังงานรวมที่จัดหาได้ : 82,555.55 kWh/Year

งบประมาณ : 7,701,066.15 บาท

ค่าพลังงานอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปี สามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าค่าที่ใช้ 360.12 kWh/Year

โดยสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเทียบกับอาคารต้นแบบลงได้ 93,709.72 kWh/Year คิดเป็นค่าไฟฟ้าได้ 458,371.00 บาท/ปี

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกินจัดหาได้น้อย จึงคิดแต่กรณีเดียวคือ ไม่มีการขายไฟฟ้าส่วนเกินที่จัดหาได้ให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจะสามารถจ่ายไฟฟ้าส่วนเกินที่จัดหาได้ให้กับอาคารข้างเคียงในเขตสถานีไฟฟ้าแทน

โดยทางเลือกที่ 4 มีข้อดีข้อเสียดังนี้

ข้อดี – สามารถประหยัดพลังงานได้มาก, เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ (NZEB), สามารถคืนทุนได้ก่อนที่โครงการจะสิ้นสุด

ข้อเสีย – การลงทุนสูง, ระยะเวลาคืนทุนช้า

สรุปผลการศึกษา

อาคารที่ทำการ สถานีไฟฟ้าแรงสูง อุบลราชธานี กฟผ. สามารถทำให้เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ โดยทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยตรงตามวัตถุประสงค์และมีค่าความคุ้มค่าที่ดีที่สุดคือ ทางเลือกที่ 4 ประกอบด้วย 4 มาตรการดังนี้

1. มาตรการที่ 2 เปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นชนิด Clear Color Single Silver Low-E coat on Ocean Green 6 mm (6-6-6)

2. มาตรการที่ 3 ปรับปรุงอาคารโดยการลดขนาดหน้าต่างชนิด น1 ประมาณร้อยละ 25

3. มาตรการที่ 5 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

4. มาตรการที่ 6 การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ซึ่งทำให้มีค่า มีค่า OTTV = 30.168 W/m², RTTV = 6.018 W/m², Lighting Power Density = 6.697 W/m² ค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดปี 82,195.43 kWh/year ค่าพลังงานรวมที่จัดหาได้ 82,555.55 kWh/year ซึ่งทำให้การใช้พลังงานเป็นบวก คือสามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าค่าที่ใช้เท่ากับ 360.12 kWh/Year งบประมาณลงทุน 7,701,066.15 บาท และมีค่าระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดที่ 28 ปี

ข้อจำกัด

ข้อจำกัดคือระบบจัดหาไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์คือ มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ทุกๆปี ซึ่งทำให้สามารถจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้น้อยลงตามไปด้วย หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จัดหาพลังงานได้ลดลงจนมีค่าการจัดหาพลังงานได้น้อยกว่าค่าการใช้พลังงานของอาคาร โครงการนี้ก็จะมีความพลังงานสุทธิไม่เป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) แต่ยังเป็นอาคารที่มีพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (Nearly Zero Energy Building) จนจบอายุของโครงการ (ตามกระทรวงพลังงานได้กำหนดว่า อาคารที่มีค่าพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ ต้องมีค่าไม่เกิน 57 kWh/m²/year)

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีผลการทดลองระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลดที่ 28 ปี ทางผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ มาตรการหรือแนวทางเพื่อช่วยปรับลดระยะเวลาคืนทุนลงดังนี้

1. โดยในปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์คุณภาพสูง ที่มีประสิทธิภาพของแผงไม่น้อยกว่า 19.7 % มีราคาสูง ทำให้การลงทุนของโครงการสูง ซึ่งจะมีค่าระยะเวลาคืนทุนที่สูงตามไปด้วย หากในอนาคตทางภาครัฐช่วยสนับสนุนการผลิตและวิจัยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือลดภาษีในการนำเข้า คาดว่าราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีราคาที่ถูกลง พร้อมทั้งมีประสิทธิภาพของแผงที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้อาคารมีค่าการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ง่ายยิ่งขึ้น พร้อมทั้งการลงทุนของโครงการก็จะน้อยลง

2. ภาครัฐควรสนับสนุนการผลิตวัสดุสำหรับอาคารประหยัดพลังงาน เช่น ผนังหรือกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง หรือฉนวนกันความร้อนต่างๆ เพื่อให้การก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานมีราคาที่ถูกลง

3. นอกจากการออกแบบและก่อสร้างอาคารที่ประหยัดพลังงานแล้ว สิ่งสำคัญที่ช่วยในการประหยัดพลังงานก็คือ การใช้พลังงานอย่างมีคุณค่า โดยควรกำหนดมาตรการต่างๆ สำหรับการใช้งานอาคาร เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น การปรับเครื่องปรับอากาศอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 25 องศา, ปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเท่าที่จำเป็น และการอบรมให้ผู้ใช้อาคารรับรู้และเข้าใจการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า

บรรณานุกรม

- กระทรวงพลังงาน. (2554). *แผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี* (พ.ศ.2554 – 2573) สืบค้น 23 เมษายน 2559 จาก http://www.enconfund.go.th/pdf/index/EEDP_Thai.pdf
- การไฟฟ้านครหลวง. *การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ* สืบค้น 23 เมษายน 2559 จาก <http://www.mea.or.th/profile/109/113>
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2560). *รายงานประจำปี 2559*. นนทบุรี. สืบค้น 23 พฤษภาคม 2560, จาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=165&Itemid=146
- กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *รายงานการศึกษาโครงการการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการสร้างอาคารสถานบริการสุขภาพภาครัฐต้นแบบที่ใช้พลังงานรวมเท่ากับศูนย์*. สืบค้น 25 เมษายน 2560, จาก http://hssnew.hss.moph.go.th/fileupload_doc_slider/2016-11-16-28-16-196444.pdf
- ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2559). *อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์*. Journal of Architectural Research and Studies 2559(2), 1-30.
- ปารวี ตั้งจิตวิทยา. (2556). *การออกแบบกรอบอาคารบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ประกาศกระทรวงพลังงาน. (2552). *หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552*. สืบค้น 23 พฤษภาคม 2560, จาก <http://download.asa.or.th/03media/04law/eca/ma52-02.pdf>

- พรรัตน์ เรืองเสรี และ ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์ (2560) การปรับปรุงอาคารจตุรศร 1 ศูนย์อาหารและบริการ 4 มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุขสันต์ เชื้อนแก้ว. (2552). ศึกษาความเป็นไปได้ของการทำธุรกิจสื่อสารผ่านระบบสายใยแก้วนำแสงในระบบสายส่งไฟฟ้า: กรณีศึกษา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อังคณา สิริวรรณศิลป์. (2551). แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงออกแบบร่างอาคาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- iEnergy Guru. (2015). วัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้น 20 เมษายน 2560, จาก <https://ienergyguru.com/category/energy-conservation-ieg/วัสดุเพื่อการอนุรักษ์/>
- Maipatana. (2015). อาคารคาร์บอนต่ำ/ศูนย์. สืบค้น 20 เมษายน 2560, จาก https://maipatana.me/blogs/tldr_อาคารคาร์บอนต่ำ_ศูนย์_คืออะไร_ตอน_2/
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE). (2015). *Nearly zero energy buildings across europe*. Retrieved May 3, 2016, from http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf
- Hootman, T. (2013). *Net zero energy design : a guide for commercial architecture*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Marszal, A.J., Heiselberg, P. (2011). *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*. Energy and Buildings 2011(43), 971-979.