

การปรับปรุงอาคารสู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

กรณีศึกษา : อาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Improvement of Building towards Nearly Zero Energy Building:

A Case Study of Building 3, Dhurakij Pundit University

เอกพงศ์ แสนหวานนท์*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ทำการการปรับปรุงอาคารที่กำลังใช้งานสู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ โดยใช้กรณีศึกษาอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ สูง 10 ชั้นประกอบด้วยพื้นที่ห้องสำนักงาน ห้องเรียน ห้องน้ำ ห้องเก็บของ อาคารมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 7,260 m² มีพื้นที่ปรับอากาศ 386.75 m² โดยผลการจำลองค่าพลังงานสำหรับอาคารกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม EnergyPlus มีค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมเท่ากับ 52.93 kWh/m²/year ค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดทั้งปี 384,471 kWh/year ค่าจากแบบจำลอง PVsyst เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้ค่าพลังงานเท่ากับ 231,780 kWh/year การศึกษานี้มีมาตรการปรับปรุงอาคาร 5 มาตรการ คือ (1) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูง Inverter (2) ติดยิปซัมหนา 25 mm ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น (3) เปลี่ยนหลอดไฟให้มีประสิทธิภาพสูง LED (4) เปลี่ยนกระจกให้มีประสิทธิภาพสูง Low-e และ (5) การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด คือทางเลือกที่ 2 โดยใช้ทุกมาตรการตั้งแต่มาตรการที่ 1 ถึง 5 มีค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดทั้งปีจากแบบจำลอง 175,745 kWh/year, ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พลังงานแสงอาทิตย์จัดหาได้ 231,780 kWh/year, ค่าดัชนีการใช้ไฟฟ้ารวมเท่ากับ 24.21 kWh/m²/year ค่าพลังงานสุทธิที่ลดลงได้ 265,065.96 kWh/year งบลงทุนประมาณ 8,011,599.00 บาท Payback Period เท่ากับ 11 ปี ค่า NPV เท่ากับ 9,311,169.61 บาท และ IRR เท่ากับ 9.52 % จากข้อมูลพบว่าได้ค่า NPV สูงที่สุดกว่าทุกทางเลือกทำให้ได้มูลค่าในการลงทุนสูงสุดเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

* นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

** ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

ABSTRACT

This study improves the existing building towards Nearly Zero Energy Building (nZEB). It used Building Number 3 at Dhurakij Pundit University for a case study. The building is 10 floors, consisting of office spaces, classrooms, toilets, and storage rooms. The building has a total useful area of 7,260 m² and air-conditioned area of 386.75 m². The energy simulation results for a case study building using EnergyPlus program are shown a total electricity consumption index of 52.93 kWh/m²/year, the total energy used throughout the year of 384,471 kWh/year. The simulation result from PVsyst model was used to find the capacity of solar cell installation which is 231,780 kWh/year. This study proposes five energy-saving measures, including (1) Replacement with high efficiency air-conditioner with Inverter, (2) Installing one layer of gypsum wall with 25 mm thickness, (3) Replacement with high efficiency light bulb (LED), (4) Replacement with high efficiency glassing (Low-e), and (5) Provision of energy supply with installation of solar cells. The results showed that the most suitable option for renovating the building is option two that is implemented all measures from measures 1 to 5. It was found that the total energy use throughout the year from a model is 175,745 kWh/year, the electricity energy generated from solar cells is 231,780 kWh/year, the total electricity consumption index is 24.21 kWh/m²/year, the net energy use can be reduced to 265,065.96 kWh/year, the investment budget is about 8,011,599 Baht, Payback period is 11 years, NPV is 9,311,169.61 Baht, and IRR is 9.52%. From the results, it is found that the NPV value is the highest than other options, resulting in the highest investment value towards nZEB.

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้นด้วย สาเหตุเกิดจากการเพิ่มจำนวนของประชากร ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคม ผลกระทบที่เกิดขึ้นมาก็คือการเกิดภาวะเรือนกระจก ซึ่งขณะนี้ทั่วโลก จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาการใช้พลังงานภายในอาคาร อย่างไรให้คุ้มค่าและคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมต่อสังคมในภาพรวมมากที่สุด (Sustainable Development) โดย จะต้องเป็นการพึ่งพาการใช้พลังงานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลให้น้อยที่สุด และแนวคิดการประหยัด พลังงานเกี่ยวกับการใช้พลังงานให้ได้ต่ำที่สุด โดยมีพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (Nearly Zero Energy Building หรือ NZEB) จึงได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งก็จะมีหลักการว่าพลังงานไฟฟ้าที่รับจากระบบที่นำมาใช้หักกับพลังงานที่อาคารจัดหาได้จะมีค่าสุทธิที่เข้าใกล้ศูนย์ โดยที่ผู้ใช้งานภายในอาคารนั้นยังต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารที่ดี (Indoor Environmental Quality)

กรณีศึกษาอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (อาคารกำลังใช้งาน) มีพื้นที่ใช้สอย 7,260 ตรม. โดยตั้งอยู่เลขที่ 110/1-4 ถนนประชาชื่น เขตหลักสี่ แขวงทุ่งสองห้อง กรุงเทพมหานครโดยมีหลักการว่า การนำพลังงานจากภายนอกเข้าอาคารลบกับพลังงานที่ผลิตได้เองในอาคารมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จะเห็นได้ว่าสิ่งที่ช่วยให้แนวคิดดังกล่าว สำเร็จได้นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญสองส่วนส่วนแรก คือ เทคโนโลยีการประหยัดพลังงานที่นำมาใช้ในอาคาร เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง เปลือกอาคาร และการจัดการพลังงาน เป็นต้น สำหรับส่วนที่สอง คือ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร เช่น การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

กรณีอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นทุกปีเป็นด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่เกิดจากห้องเรียนและสำนักงานจำนวน 50 ห้อง จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของส่วนอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต เป็นการใช้น้ำมันไฟฟ้าพบว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 ใช้น้ำมันไฟฟ้า 328,570 kWh ปี พ.ศ.2561 ใช้น้ำมันไฟฟ้า 389,530 kWh ซึ่งเพิ่มขึ้น 60,960 kWh คิดเป็นเพิ่มขึ้น 16% จึงสนใจที่จะหาแนวทางในการลดใช้พลังงานและทรัพยากรด้วยการกำหนดมาตรการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต สามารถนำแบบจำลองพลังงานอาคารมาช่วยในการคำนวณหรือประเมินค่าการใช้พลังงานของอาคารได้ก่อนจะดำเนินการปรับปรุงอาคารจริง เนื่องจากแบบจำลองพลังงานทางคอมพิวเตอร์สามารถทดลองเปลี่ยนตัวแปรแล้ว ดูผลการคำนวณ เรื่องพลังงานที่ใช้ได้ เช่น หากต้องการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีสภาพเก่าเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงจะส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานลดลงเท่าไร อีกทั้งแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จะนำผลกระทบจากสภาพอากาศและสภาพการใช้งานอาคารที่เปลี่ยนแปลงตลอดปีมาคำนวณด้วย ทางผู้จัดทำจึงได้หาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต เพื่อนำผลการศึกษาเป็นฐานข้อมูลในการนำเสนอปรับปรุงการใช้พลังงานให้ได้ต่ำที่สุดโดยมีพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต สู่อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (สำหรับอาคารระหว่างใช้งาน)

ขอบเขตการศึกษา

1. วิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต สู่อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ โดยกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงาน โดยให้พลังงานเฉลี่ยใน 1 ปี ต้องมีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่าหรือเท่ากับพลังงานที่จัดหาได้จากพลังงานแสงอาทิตย์

2. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ สู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พิจารณาตามอายุการใช้งานอาคารเฉลี่ย 50 ปี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ สู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์

2. ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากอาคารที่วิจัยจะต้องมีมาตรการ ในการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสมที่สุด

3. เนื่องจากงานวิจัยนี้มีการจัดหาพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ลดการใช้พลังงานที่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงอาคารสู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (nZEB) เครือข่ายที่มีการปรับปรุงหรือออกแบบการใช้พลังงานในอาคารให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและสามารถจัดหาพลังงานเพียงพอต่อความต้องการใช้งานได้ด้วยตนเองจนกระทั่งการใช้พลังงานสุทธิเท่ากับหรือเข้าใกล้ศูนย์ในรอบ 1 ปี นอกจากนี้ ยังรวมถึงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นศูนย์ด้วย โดยอาคารที่เป็น (nZEB) ยังคงใช้พลังงานทั่วไป ได้แก่ ไฟฟ้า หน่วยงานจัดหาพลังงานที่อาคารสร้างมาได้เกินความต้องการก็ส่งออกไปแหล่งพลังงานที่มีการใช้โดยรอบอาคารวิธีการจัดหาพลังงานหมุนเวียน เช่น การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (ปารวี การจิตวิทยา, 2556) ตารางที่ 1 แสดงสรุปรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษานี้

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

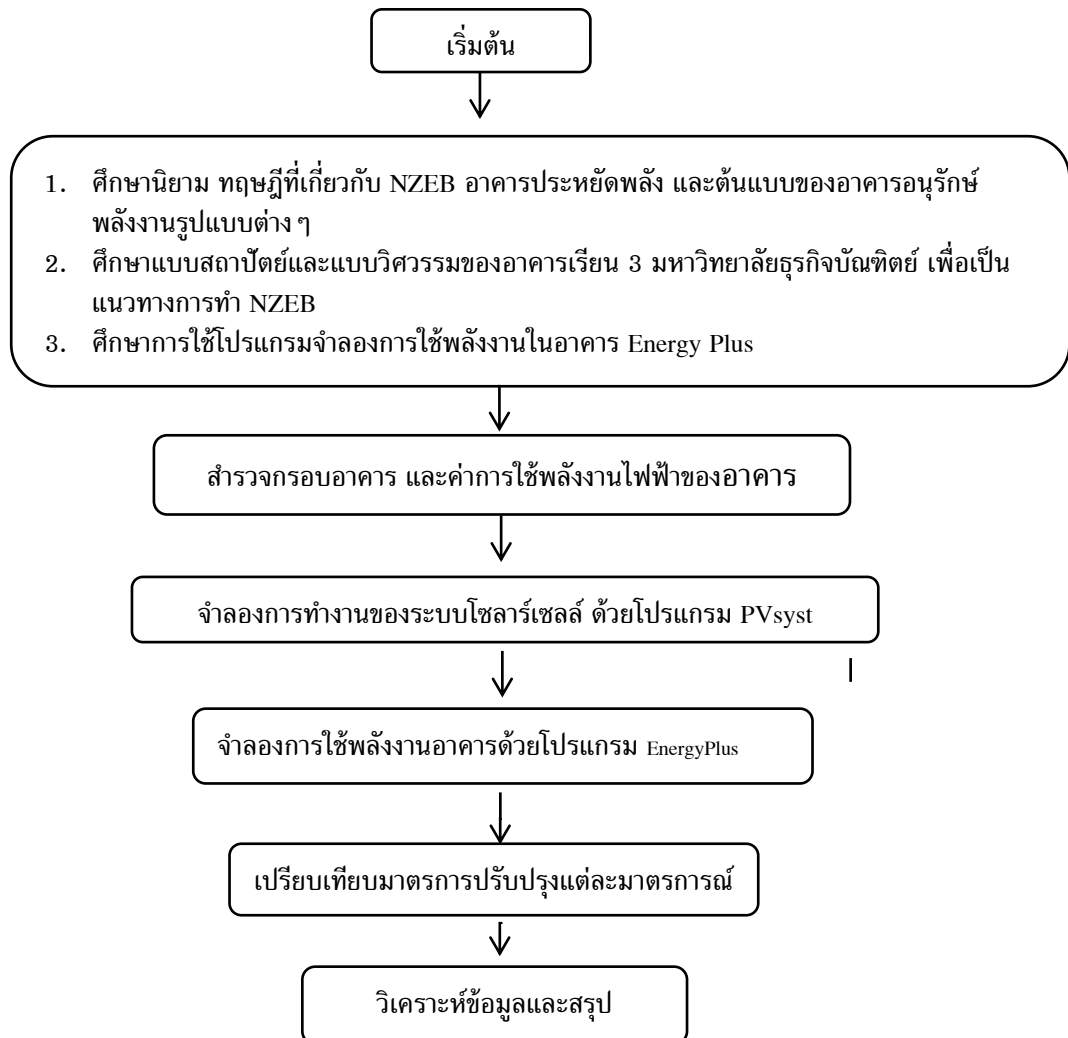
อ้างอิง	การศึกษา
ประประพัทธ์ ชื่นชุมศรี (2560)	ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูง อุบลราชธานีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
จิตรภณ ศัลยวิทย์ (2562)	ศึกษาการศึกษาเพื่อทำการประเมินอาคารตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (สำหรับอาคารระหว่างใช้งาน) โดยอาคารโรงแรมดีฟิวเพลส มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ

อ้างอิง	การศึกษา
วงศ์ยา อนุศักดิ์ากุล (2559)	การปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์
คมสัน วิสวะโท (2560)	ศึกษามาตรการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคาร ประเภทห้องสมุด กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร
นายยุทธจักร หินทอง (2556)	ศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรม จำลอง การใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
นางสาวมัลลิกา ปู่เพชร (2555)	ศึกษาการพัฒนาเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในแบบประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย
นายวัศพล อีรวนพันธุ์ (2558)	ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีมาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะทางพลังงานของอาคารดังนี้ (1) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง INVERTER (2) ติดตั้งผนังยิปซัมหนา 25 มม. เพิ่ม 1 ชั้น (3) เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง LED (4) เปลี่ยนกระจกหน้าต่างเป็นกระจกประสิทธิภาพสูง Low-e (5) การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (6) ปรับปรุงกรอบอาคารโดยการลดขนาดหน้าต่างลงร้อยละ 25 (7) ใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร (8) เพิ่มฉนวนใยแก้วประสิทธิภาพบนหลังคา (9) เปลี่ยน Printer และคอมพิวเตอร์ที่ได้รับเครื่องหมาย Energy Star และ (10) เพิ่มแผงบังแดดแนวนอนความลึก 1.20 ม. เหนือหน้าต่างส่วนบริเวณพื้นที่ปรับอากาศภายนอกอาคาร

ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์แล้ว พบว่า มาตรการต่าง ๆ ข้างต้นนี้มีความเป็นไปได้สำหรับการศึกษานี้ คือ (1) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง INVERTER (2) ติดตั้งผนังยิปซัมหนา 25 มม. เพิ่ม 1 ชั้น (3) เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง LED (4) เปลี่ยนกระจกหน้าต่างเป็นกระจกประสิทธิภาพสูง Low-e และ (5) การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีการดำเนินการศึกษา



ผลการศึกษา

ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานจากแบบจำลองโดยเทียบกับค่าพลังงานที่ใช้จริงของอาคารเรียน 3 ปรากฏว่าแบบจำลองต้นแบบมีค่าความแตกต่างกัน 1.6% จากการทบทวนวรรณกรรมได้กำหนดมาตรการทั้งหมด 5 มาตรการ นำเอามาตรการมารวมกันเพื่อเสนอเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์สู่อาคารใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ได้ทั้งหมด 5 มาตรการ คือ

มาตรการที่ 1 เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศธรรมดาเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง Inverter โดยเครื่องปรับอากาศมีจำนวนทั้งหมด 100 เครื่อง ขนาด 36,000 BTU พื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด 3,867.50 ตรม. ราคาเครื่องปรับอากาศ 39,990 บาทต่อเครื่องรวมค่า

ติดตั้ง โดยค่าเครื่องปรับอากาศเก่าขายได้ มีมูลค่าปัจจุบัน 15,000 บาทต่อเครื่อง ใช้เงินลงทุนจำนวน 2,499,999 บาท ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณของมาตรการที่ 1

ตารางที่ 2 มาตรการที่ 1 เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศธรรมดาเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง Inverter

มาตรการที่ 1	ลงทุน (บาท)	ค่าไฟลดลงต่อปี จากแบบจำลอง (kWh/y)	ลดลงมูลค่า (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ คุณภาพสูง	2,499,999.00	144,159.00	648,715.00	3.85

มาตรการที่ 2 ติดฉนวนหุ้ม หน้า 25 mm. ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น โดยพื้นที่ที่จะติดทั้งหมดเป็นพื้นที่รับความร้อนจากแสงแดดบริเวณพื้นที่มีการปรับอากาศที่ความร้อนจะแผ่ผ่านเข้ามาด้านผนังพื้นที่ทั้งหมด 1,460 ตารางเมตร ค่าใช้จ่ายเหมา 225 บาทต่อตารางเมตร ใช้เงินลงทุน 328,500 บาท ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณของมาตรการที่ 2

ตารางที่ 3 มาตรการที่ 2 ติดฉนวนหุ้ม หน้า 25 mm ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น

มาตรการที่ 2	ลงทุน (บาท)	ค่าไฟลดลงต่อปี จากแบบจำลอง (kWh/y)	ลดลงมูลค่า (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
ติดฉนวนหุ้ม หน้า 25 mm. ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น	328,500.00	46,263.96	208,187.82	1.58

มาตรการที่ 3 เปลี่ยนหลอดไฟจากปัจจุบันเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาเป็นหลอดไฟ LED ประสิทธิภาพสูงสามารถลดหลอดไฟจาก 2 หลอดต่อโคมเหลือ 1 หลอดต่อโคมได้โดยที่ความสว่างลดลงได้ไม่เกินร้อยละ 10 และลดพลังงานจากการไม่มีบัลลาสต์ในหลอด LED ซึ่งทำให้มีการสูญเสียพลังงานเราใช้หลอด LED จะไม่มีการสูญเสียพลังงาน ตารางที่ 4 แสดงผลการคำนวณของมาตรการที่ 3

ตารางที่ 4 มาตรการที่ 3 เปลี่ยนหลอดไฟ Fluorescent เป็นหลอด LED ประสิทธิภาพสูง

มาตรการที่ 3	ลงทุน (บาท)	ค่าไฟลดลงต่อปี จากแบบจำลอง (kWh/y)	ลดลงมูลค่า (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
เปลี่ยนหลอดไฟ Fluorescent เป็น LED ประสิทธิภาพสูง	395,600.00	80,013.00	333,958.50	1.18

มาตรการที่ 4 เปลี่ยนหน้าต่างจากกระจกธรรมดาเป็นกระจก Low-e กระจกจะแผ่ความร้อนน้อยกว่ากระจกธรรมดาเป็นกระจกมีประสิทธิภาพสูงในพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 640 ตรม. ราคาค่าเปลี่ยนกระจกจ้างเหมาตารางเมตรละ 2,500 บาท/ตรม. ใช้เงินลงทุน 1,600,000 บาท ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณของมาตรการที่ 4

ตารางที่ 5 มาตรการที่ 4 เปลี่ยนหน้าต่างจากกระจกธรรมดาเป็นกระจก Low-e

มาตรการที่ 4	ลงทุน (บาท)	ค่าไฟลดลงต่อปี จากแบบจำลอง (kWh/y)	ลดลงมูลค่า (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
เปลี่ยนหน้าต่างจากกระจกธรรมดาเป็นกระจก Low- e	1,600,000.00	65,715.96	295,721.82	5.41

มาตรการที่ 5 การจัดหาพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 340 W ติดตั้งตำแหน่งหลังคาอาคาร โดยติดตั้งเต็มพื้นที่หลังคา 726 ตรม.กำลังการผลิต 127.50 kWp คิดเวลาที่ผลิตไฟได้ต่อวันที่ 5 ชั่วโมงต่อวัน การหาปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปีได้จากโปรแกรม PVsyst ได้เท่ากับ 231,780 kWh/year ราคาจ้างเหมาที่ 25 บาท/วัตต์ ใช้เงินลงทุน 3,187,500 บาท ตารางที่ 6 แสดงผลการคำนวณของมาตรการที่ 5

ตารางที่ 6 มาตรการที่ 5 การจัดหาพลังงานด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์

มาตรการที่ 5	ลงทุน (บาท)	ค่าไฟลดลงต่อปี จากแบบจำลอง (kWh/y)	ลดลงมูลค่า (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
การจัดหาพลังงาน ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	3,187,500.00	148,271.04	667,219.68	4.78

การวิจัยนี้ได้ทำการเสนอทางเลือกในการปรับปรุงอาคารเรียน 3 โดยแบ่งออกเป็นทางเลือก 4 ทางเลือกด้วยกัน (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7) โดยนำมาตรการที่ได้กล่าวข้างต้นไว้มาจัดทางเลือกและวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสมที่ทำให้อาคารเรียน 3 มีค่าการใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยคิดระยะโครงการที่ 25 ปีตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คิดค่าดอกเบี้ยตามธนาคารแห่งประเทศไทย Discount Rate 7% ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 3.5 % (ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และโสภิตสุดา ทองโสภิต, 2558) ค่าบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปีละ 30,000 บาท โดยค่าซากของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากผ่านไป 25 ปีคิดที่ 20 % ของมูลค่าแผงที่ลงทุน (Tom Hootman, 2012)

จากการวิเคราะห์พบว่าทางเลือกที่ 1 ซึ่งใช้มาตรการที่ 1-4 รวมกันค่าไฟฟาลดลงต่อปีที่ได้จากแบบจำลองพลังงานเท่ากับ 209,112 kWh/y มีระยะเวลาคืนทุน 6.11 ปี งบลงทุนต่ำสุดและมีค่า IRR สูงที่สุด (17.17%) เมื่อเทียบกับอีก 3 ทางเลือก แต่ยังไม่สามารถเป็นอาคารที่มีพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ได้ ทางเลือกที่ 2 รวมมาตรการทั้งหมดโดยไม่มีการขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับทางการไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่เหลือเอาไปใช้อาคารข้างเคียง ทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากที่สุด โดยทางเลือกที่ 2 มีค่าไฟฟาลดลงต่อปีที่ได้จากแบบจำลองพลังงานเท่ากับ 265,065.96 kWh/y ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พลังงานแสงอาทิตย์จัดหาได้ 231,780.00 kWh/y โดยทางเลือกที่ 2 ได้ค่า NPV สูงที่สุดกว่าทุกทางเลือกและยังสามารถปรับปรุงอาคารไปสู่อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ แต่ทางเลือกนี้มีการลงทุนสูงสุดและระยะเวลาคืนทุนนานที่สุดของทุกทางเลือก ทางเลือกที่ 3 ใช้มาตรการที่ 2-5 รวมกันเป็นมาตรการที่ไม่เลือกเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงทำให้สามารถลดพลังงานที่ได้จากแบบจำลองลงไปได้น้อยสุด ค่าไฟฟาลดลงต่อปีที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 137,833 kWh/y ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ 246,683 kWh/y แต่ทางเลือกนี้มีระยะเวลาคืนทุนมากกว่าระยะเวลาของโครงการ และทางเลือกที่ 4 ใช้มาตรการที่ 1-3 และมาตรการที่ 5 ค่าไฟฟาลดลงต่อปีที่ได้จากแบบจำลองพลังงานเท่ากับ 181,048 kWh/y ค่าพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้เท่ากับ 231,780 kWh/y แต่ทางเลือกนี้มีจุดคุ้มทุนใช้เวลานานที่สุดจากทุกทางเลือก

ตารางที่ 7 ทางเลือกการปรับปรุงอาคาร

	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3	ทางเลือกที่ 4
มาตรการที่ 1	√	√		√
มาตรการที่ 2	√	√	√	√
มาตรการที่ 3	√	√	√	√
มาตรการที่ 4	√	√	√	
มาตรการที่ 5		√	√	√

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงอาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตยส์อาคารใช้งานพลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ (สำหรับอาคารระหว่างใช้งาน) โดยใช้อาคารเรียน 3 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตยส์เป็นอาคารกรณีศึกษา จากการศึกษาพบว่าทางเลือกที่ 2 ประกอบด้วย 5 มาตรการ คือ (1) มาตรการที่ 1 เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง INVERTER (2) มาตรการที่ 2 ติดตั้งยิปซัม 25 มม ที่ผนังเพิ่ม 1 ชั้น (3) มาตรการที่ 3 เปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED ประสิทธิภาพสูง (4) มาตรการที่ 4 เปลี่ยนกระจกธรรมดาเป็นกระจกประสิทธิภาพสูง Low-e และ (5) มาตรการที่ 5 การจัดหาพลังงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ในทางเลือกที่ 2 มีค่าพลังงานรวมที่ใช้ตลอดทั้งปีตามแบบจำลองพลังงาน 175,745.00 kWh/y ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ลดลงได้ 265,065.96 kWh/y ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พลังงานแสงอาทิตย์จัดหาได้ 231,780.00 kWh/y มีมูลค่าลงทุนประมาณ 8,011,599.00 บาท ระยะเวลาคืนทุน 11.00 ปี ค่า NPV เท่ากับ 9,311,196.69 บาท และค่า IRR เท่ากับ 9.52 % ซึ่งมีค่า NPV สูงที่สุดกว่าทุกทางเลือกทำให้ได้มูลค่าในการลงทุนสูงสุดและยังสามารถปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาไปสู่อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเข้าใกล้ศูนย์ ถึงแม้ทางเลือกนี้จะมีระยะเวลาคืนทุนนาน แต่ถ้าคำนึงถึงระยะเวลาโครงการที่จะต้องใช้อาคารในระยะยาวไม่ต่ำกว่า 25 ปี ถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าในด้านการแก้ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะในการศึกษา

ทางผู้วิจัยขอเสนอแนะมาตรการหรือแนวทางเพื่อช่วยปรับลดระยะเวลาคืนทุนลง ดังนี้

1. โดยในปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์คุณภาพสูงที่มีประสิทธิภาพของแผงไม่น้อยกว่า 19.70 % มีราคาสูงทำให้การลงทุนของโครงการมีมูลค่าสูง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนที่นานขึ้น ตามไปด้วย หากในอนาคตทางภาครัฐช่วยสนับสนุนผลิตและวิจัยแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือช่วยลดภาษีในการนำเข้าคาดว่าราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีราคาที่ถูกลงและมีประสิทธิภาพของแผ่นที่เพิ่ม

มากขึ้นซึ่งจะทำให้อาคารมีค่าการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ได้ง่ายยิ่งขึ้นพร้อมทั้งงบประมาณของโครงการก็จะน้อยลงตาม

2. ภาครัฐควรสนับสนุนการผลิตวัสดุสำหรับอาคารประหยัดพลังงาน เช่น ผนัง หรือกระจกที่มีประสิทธิภาพสูง หรือ ฉนวนกันความร้อนต่างๆ เพื่อให้การก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานมีราคาที่ถูกลงและมีกฎหมายออกมาควบคุมให้มีการออกแบบอาคารต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานของอาคารประหยัดพลังงาน

3. สิ่งสำคัญที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานในอาคารอีกอย่างหนึ่ง ก็คือ การใช้พลังงานอย่างมีคุณค่าควรที่จะกำหนดมาตรการต่างๆ สำหรับการใช้งานอาคาร เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 25°C อบรมให้ผู้ใช้อาคารรอบรู้และเข้าใจการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่า

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- ประพัทธ์ ชื่นชุมศรี. (2560). การศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงอาคารที่ทำการสถานีไฟฟ้าแรงสูง อุบลราชธานี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์. สารานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- จิตรภณ ศัลยวิทย์. (2562). ทำการศึกษาการศึกษาเพื่อทำการประเมินอาคารตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (สำหรับอาคารระหว่างใช้งาน) โดยอาคารโรงแรมดีฟิยูเพลส มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. สารานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- วงศิยา อนุศักดิ์กุล. (2559). แนวทางการปรับปรุงอาคารสำนักงานภาครัฐในประเทศไทยให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์. วิทยานิพนธ์: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- คมสัน วิสาเวโท. (2560). การศึกษามาตรการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารประเภทห้องสมุด กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ยุทธจักร หินทอง. (2556). การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษา อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- มัลลิกา ปู่เพชร.(2555). แนวทางการพัฒนาเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารใน
แบบประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรม
ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วัศพล อีรวนพันธ์. (2558). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต:สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2550). พระราชบัญญัติการส่งเสริมการ
อนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2). สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2562,
จาก <http://www.eppo.go.th/admin/cab/law/2-1.pdf>
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2538). พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคาร
ควบคุม พ.ศ.2538.ค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2562,
จาก www.dede.go.th/download/energysaving58/162552.pdf
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2552). กฎกระทรวงกำหนดประเภท
หรือขนาดอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบ อาคารเพื่อการ
อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2562,
จาก www.dede.go.th/ewt_dI_link.php?nid=40824
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). โปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน
ในอาคารธุรกิจ peecb. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2562, จาก [www.dede-peecb.brightce.com/document/\(FInal\)%20BESM%20manual%2021_10_59.pdf](http://www.dede-peecb.brightce.com/document/(FInal)%20BESM%20manual%2021_10_59.pdf)
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). คู่มือการใช้งานโปรแกรมจำลอง
การใช้พลังงานในอาคาร BESM. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2562, จาก
[www.dedepeecb.brightce.com/document/\(FInal\)%20BESM%20manual06_02_2018%20NCC .pdf](http://www.dedepeecb.brightce.com/document/(FInal)%20BESM%20manual06_02_2018%20NCC.pdf)