

การออกแบบและจำลองบ้านตามมาตรฐาน Passive House

Design and Simulation of Passive House Standard

วรศักดิ์ อารยะปราชญ์*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบและสร้างเป็นบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House) จากการนำแบบก่อสร้างบ้านมาจำลองอาคาร และประมวลผลหาค่าความต้องการใช้ความร้อนด้วยโปรแกรมEnergy Plus โดยการศึกษการเปลี่ยนแปลงวัสดุนำมาใช้เป็นกรอบอาคารมาเป็นตัวแปร จะให้ผลค่าความต้องการใช้พลังงานความร้อนต่างกันอย่างไร ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ นำมาถึงการเลือกใช้วัสดุที่ทำกรอบอาคารหลากหลายชนิดในอาคารเดียว แต่ได้ค่าการใช้พลังงานต่ำกว่าข้อกำหนดที่ต้องการของ Passive House ผลการวิจัยพบว่า อาคารจำลองเป็นอาคารกำลังก่อสร้าง ณ.อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ประมาณเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 320 ตารางเมตร เป็นอาคาร 2 ชั้นใช้ด้านหน้าเป็นสำนักงาน และด้านหลังเป็นที่พักอาศัย จากการปรับเปลี่ยนกรอบอาคาร ทำให้มีค่าความต้องการความเย็นด้วยแบบจำลองพลังงาน Energy Plusมีค่า 12.89 Kwh/m²/y มีค่าน้อยกว่า 15.0 Kwh/m²/y ที่เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับของ Passive House

คำสำคัญ : แบบจำลองการใช้พลังงาน, บ้านประหยัดพลังงาน

ABSTRACT

The purpose of this study is to study the design and construction of a passive house. Construction drawing was used to create house model and calculated the heat demand with the Energy Plus program. According to studying the changes of materials used as a building frame to be variable, how will the effect of heat energy consumption be different? while other variables are fixed. Thus, choose materials that make a variety of building frames in one building. However, the energy consumption is lower than the requirements of the Passive House. The results of this study showed that the model building is a building under construction approximately in October 2019 at Khlong Luang District, Pathum Thani Province. There is a usable area of 320 square meters and be a 2-story building, using the front area as an office and the back area as a rest areas. The result of modifying the building frame showed that its effect cooling demand with the Energy Plus model is 12.89 Kwh/ m²/ y less than 15.0 Kwh/ m²/ y which is recognized by the Passive House.

Keyword : Building Energy Simulation, Passive House

1. บทนำ

บ้านพักอาศัยเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ยิ่งประชากรในแต่ละประเทศมีมากขึ้น ความต้องการมีบ้านพักอาศัยก็จะมีมากขึ้นด้วย โดยแต่ละบ้านพักจะใช้พลังงานเพื่อปรับตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ความต้องการความสะดวกสบายของผู้คนมีผลต่อการปลดปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมไม่มากนักน้อย ความต้องการใช้พลังงานจะเริ่มตั้งแต่การออกแบบและก่อสร้างบ้านพักจนถึงการใช้ชีวิตในแต่ละวัน ในภาคอุตสาหกรรมอาคารธุรกิจและบ้านอยู่อาศัยในทวีปยุโรป มีการใช้พลังงาน คิดเป็น 26.7% ดังรูปภาพที่ 1.1 และการเติบโตของจำนวนประชากรในประเทศไทยที่มีจำนวนมากขึ้นทุก ๆ ปี ทำให้มีความต้องการสร้างอาคารบ้านพักอาศัยคิดเป็น 22%

การออกแบบ เป็นการวางแผนล่วงหน้าด้วยการบูรณาการองค์ความรู้สำหรับการออกแบบของทุกระบบ ทั้งด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม รวมถึงการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นกรอบอาคาร เพื่อให้ได้บ้านประหยัดพลังงาน (Passive House) และอาคารมีมาตรฐานการอนุรักษ์สูงกว่ากฎหมายอนุรักษ์พลังงานตามข้อกำหนดมาตรฐานของประเทศไทย อีกทั้งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้จะบอกถึงขั้นตอนการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน (Passive House) และเทคโนโลยีต่างๆ ที่ควรทราบ รวมถึงเครื่องมือที่จะนำไปใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน (Passive House) เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานตามข้อกำหนดมาตรฐานของประเทศไทย และข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพของบ้านประหยัดพลังงาน (Performance Requirements for Passive House)

คมสัน วิสวาเวโท (2560) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องสมุดในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 แห่ง โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร Energy Plus สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของอาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ทั้ง 8 แห่ง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.03 - 7.30 % สำหรับมาตรการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 16 มาตรการ พบว่ามาตรการที่ 16 (Set T. + LED + Film + A/C + PV) เป็นมาตรการที่สามารถลดค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารมากที่สุดในทุกห้องสมุดที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์พบว่าทุกห้องสมุดที่ทำการศึกษา มาตรการที่ 6 (Set T. + LED) เป็นมาตรการที่เหมาะสมในการลงทุนมากที่สุดเนื่องจากเป็นมาตรการที่มีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการสูงที่สุด และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด

วิศพล อีรวนพันธุ์ (2558) ได้ทำการศึกษาอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Visual DOE 4.1.0 พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV และ RTTV) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดและมีค่าอากาศรั่วซึมมากกว่าเกณฑ์ โดยแนวทางปรับปรุงที่ดีที่สุดซึ่งประกอบด้วย การปิดไฟและเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวันและการเปิด-ปิดห้องเรียนตาม

เวลาใช้งาน การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและแนวนอนยื่น 60 ซม. การเปลี่ยนหลอดไฟ LED การเปลี่ยนกระจกสีเขียว การเปลี่ยนกระจกบานเกร็ดเป็นบานติดตาย ติดตั้งยกกันรั้วซิมบริเวณขอบประตูไม้ การปูฉนวนกันความร้อนหนา 2 นิ้ว หนือฝ้า การกรุผนังทุกด้านด้วยใยแก้ว 2 นิ้ว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 25% มีค่าการลงทุน 6,302,520 บาทและมีระยะการคืนทุนอยู่ที่ 4 ปี 9 เดือน

ปารวี ตั้งจิตวิทยา (2556) ได้ทำการศึกษาการออกแบบกรอบอาคารบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยการออกแบบเปลือกอาคาร บ้านเดี่ยว 2 ชั้นที่มีพื้นที่ไม่เกิน 150 ตารางเมตร โดยใช้โปรแกรม โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (eQuest 3.64) ในการออกแบบ จากการวิจัยพบว่าหลังคาทรงปั้นหยา ไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ จึงเสนอให้ใช้เป็นหลังคาราบ จึงได้นำเสนอรูปแบบอาคารออกเป็นทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้ รูปแบบที่ 1 บ้านประหยัดพลังงานกรณีหลังคาราบติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 12,613 kWh/yr ต้องทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 45 แผ่น รูปแบบที่ 2 บ้านกรณีพื้นฐานหลังคาทรงปั้นหยา ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 13,912 kWh/yr ต้องทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 50 แผ่น ติดตั้งทิศใต้ 15 แผ่น ตะวันออกและตะวันตกด้านละ 8 แผ่น และติดตั้งบนแผงบังแดดทิศตะวันออก 9 แผ่น ทิศใต้ 5 แผ่น ตะวันตก 5 แผ่น รูปแบบที่ 3 บ้านที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 66 แผ่น สามารถผลิตพลังงานเท่ากับ 25,631.76 kWh/yr

จากการทบทวนวรรณกรรมได้นำแนวความคิดในการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้อาคาร การสร้างแบบจำลองทางพลังงาน ว่าแต่ละโปรแกรมมีข้อจำกัด วิธีดำเนินการเก็บข้อมูล ของอาคารอย่างไร และในการศึกษารายบุคคลได้นำการออกแบบและจำลองบ้านตามมาตรฐาน Passive House ด้วยโปรแกรม Sketch up + Energy Plus เพื่อนำเสนอมาตรการต่างๆ ในการลดค่าความต้องการพลังงานของอาคาร

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการศึกษาขั้นตอนการออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House) โดยการจำลองด้วยโปรแกรม Building Energy Simulation ตามข้อกำหนดความต้องการของ Passive House Standard

3. ขอบเขตงานวิจัย

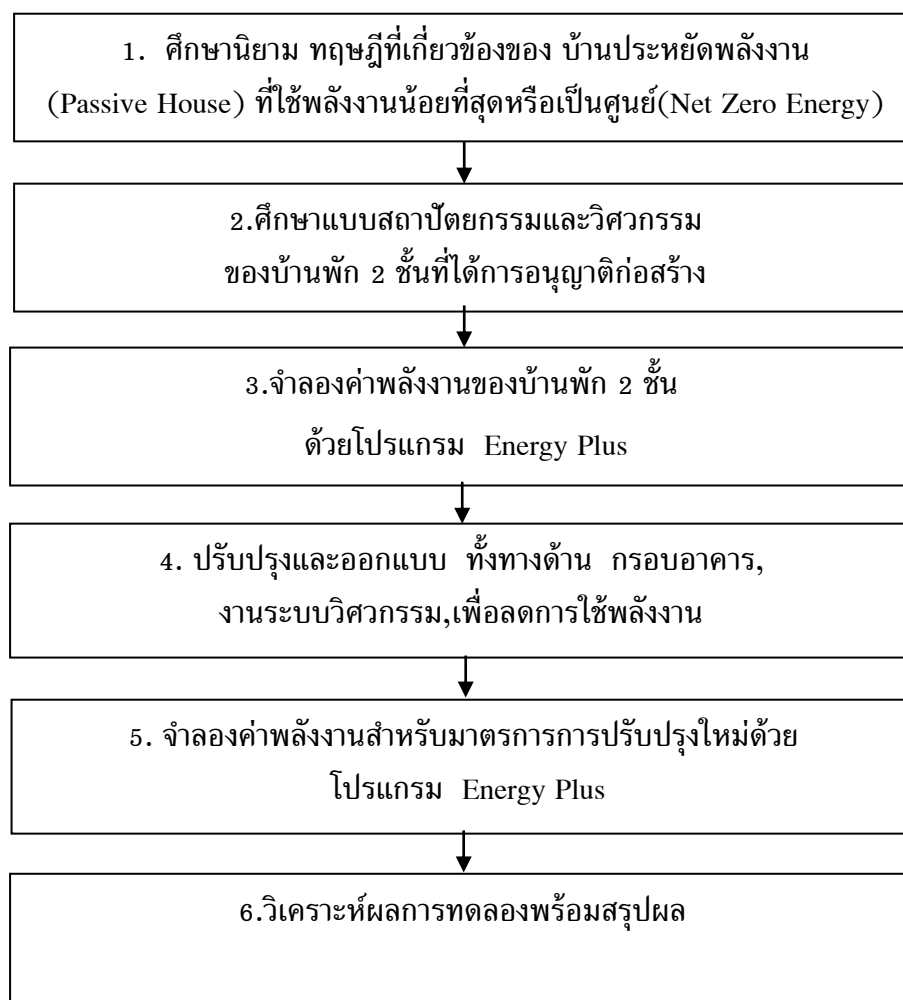
1. ศึกษาแนวทางออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House)
2. จำลองบ้านประหยัดพลังงาน (Passive House) ด้วยโปรแกรม Energy Plus เพื่อตรวจสอบการความต้องที่ใช้พลังงาน

3. เก็บข้อมูลด้านพลังงานในพื้นที่ใช้สอยต่างๆ ของบ้านประหยัดพลังงาน เทียบกับแบบจำลองบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House)

4. เสนอขั้นตอนการออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงาน (Passive House)

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

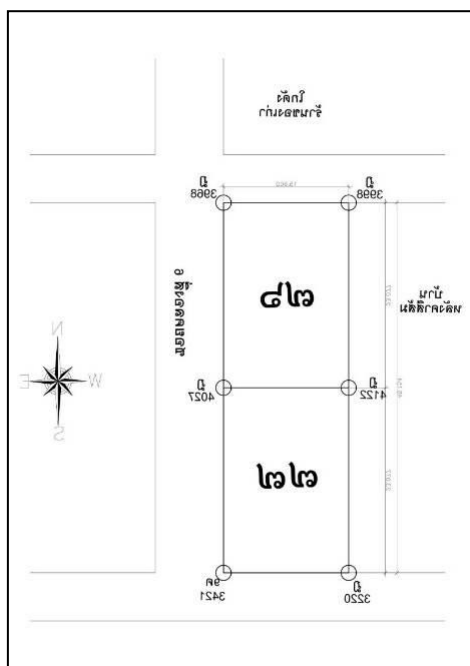
จากภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการโดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลบ้านประหยัดพลังงาน ทำการศึกษาการออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม เมื่อได้อาคารต้นแบบ ทำการจำลองค่าการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรม Energy Plus. หามาตรการเพื่อลดค่าพลังงานให้น้อยที่สุด และทำการวิเคราะห์พร้อมสรุปผลดำเนินการ



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนดำเนินการ

5. ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยสำคัญของการวิจัยนี้ คือบ้านที่ใช้เป็นตัวอย่างและนำมาจำลองพลังงานของอาคาร อยู่บนโฉนดเลขที่ 76,77 ที่ลักษณะพื้นที่ เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังภาพที่ 2 มีทิศทางขนานไปกับทิศเหนือ-ใต้



ภาพที่ 2 โฉนดที่ดินของอาคารที่นำมาเป็นกรณีศึกษา

6. การจำลองรูปแบบอาคาร

โดยพื้นที่ที่รอบอาคารรวม (A) 187.25 ตารางเมตร โดยนำแบบก่อสร้างของตัวอาคารทำการถอดวัสดุรอบอาคาร และทำการขึ้นรูปอาคารด้วยโปรแกรม Sketh up + Energy Plus ทำการใส่วัสดุสำหรับอาคารต้นแบบ เมื่อได้อาคารต้นแบบทำการเปลี่ยนวัสดุรอบอาคารเพื่อหารูปแบบกรอบอาคารที่ใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยวัสดุรอบอาคารที่นำมาใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 มาตรการและมีค่าความต้องการพลังงานดังนี้ ดังนี้

PH1 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมวลเบาปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 15.60 kWh / m²/ปี

PH2 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน ใส่ฉนวนกันความร้อนภายใน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.89 kWh / m²/ปี

PH3 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อก 2 ชั้น พร้อมฉาบปูน 2 ด้าน มีค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 10.04 kWh / m²/ปี

PH4 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 10.78 kWh / m²/ปี

PH5 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมวลเบาฉาบปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.12 kWh / m²/ปี

PH6 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน หลังคา SLAB CONCRETE ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.80 kWh / m²/ปี

PH7 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ชั้น 2 ด้าน ชั้น 1 และชั้น 2 อิฐบล็อกฉาบปูน + ฉนวนกันความร้อน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 12.89 kWh / m²/ปี

เมื่อนำมาตรวจการทั้ง 7 มาเปรียบเทียบกับกันดังตารางที่ 1 พบว่า รูปแบบที่ 3 ก่ออิฐบล็อก 2 ชั้นฉาบปูน 2 ด้าน มีค่าความต้องการพลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 10.04 kWh / m²/yr และรูปแบบที่ 4 ก่ออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน มีค่าความต้องการพลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 10.78 kWh / m²/yr เนื่องจากอิฐบล็อกเป็นวัสดุที่แตกง่ายจึงไม่นิยมติดตั้งบริเวณชั้น 1 และรูปแบบที่ 7 จึงเป็นทางเลือกที่สามารถใช้งานได้จริงโดยการ ที่ชั้น 1 ผนังเป็นอิฐมอญ 2 ชั้น ผนังชั้น 2 อิฐบล็อก+ฉาบปูน+ฉนวนใยแก้ว มีค่าความต้องการพลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 12.89 kWh / m²/yr

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความต้องการใช้พลังงานของแต่ละพารามิเตอร์

ไฟล์	วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร	พลังงานความร้อนที่ต้องใช้(GJ)	ความต้องการพลังงานความร้อนและความเย็นในพื้นที่ (kWh / m ² /yr)
PH1	ก่ออิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน	10.52	15.60
PH2	ก่ออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน+ฉนวนใยแก้ว	10.04	14.89
PH3	ก่ออิฐบล็อก 2 ชั้นฉาบปูน 2 ด้าน	6.77	10.04
PH4	ก่ออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน	7.27	10.78
PH5	ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน 2 ด้าน	9.52	14.12
PH6	หลังคา SLAB CONCRETE	9.98	14.80
PH7	ชั้น 1 ผนังเป็นอิฐมอญ 2 ชั้น ชั้น 2 อิฐบล็อก+ฉาบปูน+ฉนวนใยแก้ว	9.54	12.89

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยนำราคาค่าก่อสร้างอาคารโดยประมาณมาทำการแยกเฉพาะส่วนของกรอบอาคารที่จะทำการปรับปรุงออกโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 ในข้อที่ 1 ราคาวีสดุกรอบผนังก่อนทำการปรับปรุงและในข้อที่ 2 ราคากรอบวัสดุหลังทำการปรับปรุง

ราคาค่าก่อสร้างโดยประมาณ เป็นดังนี้

พื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น	456.0 ตารางเมตร
ค่าก่อสร้างโดยประมาณ(บาท/ตารางเมตร)	20,000.00 บาท
คิดเป็นค่าก่อสร้างโดยประมาณ	9,120,000.00 บาท

ตารางที่ 2 ค่าก่อสร้างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ที่	รายการ	จำนวน	ราคา/ หน่วย	เป็นเงิน
1	ก่อนปรับปรุง ชั้นล่าง ก่ออิฐ 1 ชั้น ฉาบปูน 2 ด้าน ชั้นบน ก่ออิฐ 1 ชั้น ฉาบปูน 2 ด้าน รวมเป็นเงิน(เฉพาะส่วนที่ปรับปรุง)	178.1ตรม. 143.5ตรม.	450 บาท 450 บาท	80,145.00 บาท 64,575.00 บาท 144,720.00 บาท
2	หลังปรับปรุง ชั้นล่าง ก่ออิฐ 2 ชั้น ฉาบปูน 2 ด้าน ชั้นบน ก่ออิฐ 1 ชั้น+ฉนวน ฉาบปูน 2 ด้าน เหล็กเสริมที่เพิ่มจากน้ำหนักอิฐชั้นล่าง รวมเป็นเงิน(เฉพาะส่วนที่ปรับปรุง)	178.1ตรม. 143.5ตรม. 440.0 กก.	550 บาท 620 บาท 30 บาท	97,955.00 บาท 88,970.00 บาท 1,320.00 บาท 200,125.00 บาท
3	รวมเป็นผลต่างที่เพิ่มขึ้น			43,255.00 บาท

ค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น	43,255.00 บาท
คิดเป็น $(43,255/9,120,000)*100$	= 0.48 %

มาตรการ PH7 เป็นรูปแบบที่มีค่าความต้องการพลังงานได้ต่ำสุด โดยมีวัสดุที่ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ชั้น 2 ด้าน ชั้น 1 และ ชั้น 2 อิฐบล็อกฉาบปูน + ฉนวนกันความร้อน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 12.89 kWh / m²/ปี โดยมีค่าก่อสร้างเพื่อปรับปรุงบ้านให้ได้มาตรฐาน Passive House อยู่ที่ 43,255.00 บาท โดยคิดเป็น 0.48 % ของมูลค่าก่อสร้างทั้งหมดที่ 9,120,000 บาท

8. สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาขั้นตอนการออกแบบและสร้างบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House) จะเริ่มต้นด้วยการจำลองอาคาร จาก Footprint ของสถาปนิก ด้วยโปรแกรม Sketch up โดยนำข้อมูล(พารามิเตอร์)ทั้งด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มากำหนดในโปรแกรม Energy Plus เพื่อนำมาประมวลผลหาค่าพลังงานที่ต้องการความร้อนหรือความเย็นของพื้นที่ใช้สอย(สำหรับประเทศไทยต้องการพลังงานเพื่อให้อาคารเย็น) สำหรับ แบบจำลองจาก Footprint มีความต้องการพลังงานความเย็นของพื้นที่ 15.89 kWh / m² / ปีของพื้นที่ใช้สอยที่ใช้ มีค่ามากกว่า 15 kWh / m² / ปีของพื้นที่ใช้สอยที่ใช้ (Performance Requirements For Passive House)

เนื่องจากการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน(Passive House) คือการสมดุลของราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง,ความสวยงามของอาคาร,ความสะดวกสบายในการใช้อาคาร รวมถึงค่าใช้จ่ายโดยรวมตลอดการใช้งานอาคาร ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาวัสดุที่ใช้ทำกรอบหรือผนังอาคาร ที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย โดยใช้เป็นพารามิเตอร์เปรียบเทียบกัน แต่ให้ค่าพารามิเตอร์อื่นเป็นค่าคงที่ เมื่อนำมาประมวลผลหาค่าพลังงานที่ต้องการความร้อนหรือความเย็นของพื้นที่โดยแบ่งออกเป็น 7 มาตรการดังนี้

PH1 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 15.60 kWh / m²/ปี

PH2 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน ใส่ฉนวนกันความร้อนภายใน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.89 kWh / m²/ปี

PH3 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อก 2 ชั้น พร้อมฉาบปูน 2 ด้าน มีความต้องการพลังงานอยู่ที่ 10.04 kWh / m²/ปี

PH4 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐบล็อกฉาบปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 10.78 kWh / m²/ปี

PH5 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมวลเบาฉาบปูน 2 ด้าน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.12 kWh / m²/ปี

PH6 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน หลังคา SLAB CONCRETE ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 14.80 kWh / m²/ปี

PH7 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมอญฉาบปูน 2 ชั้น 2 ด้าน ชั้น 1 และชั้น 2 อิฐบล็อกฉาบปูน + ฉนวนกันความร้อน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 12.89 kWh / m²/ปี

9. อภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบ PH7 เป็นมาตรการที่ลดค่าความต้องการพลังงานได้ต่ำสุด โดยมีวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร คืออิฐมวลเบาปูน 2 ชั้น 2 ด้าน ชั้น 1 และ ชั้น 2 อิฐบล็อกฉนวนปูน + ฉนวนกันความร้อน ค่าความต้องการพลังงานอยู่ที่ 12.89 kWh / m²/ปี โดยมีค่าก่อสร้างเพื่อปรับปรุงบ้านให้ได้มาตรฐาน Passive House อยู่ที่ 43,255.00 บาท โดยคิดเป็น 0.48 % ของมูลค่าก่อสร้างทั้งหมดที่ 9,120,000 บาท กรอบอาคารสามารถเลือกใช้ให้ผสมผสานกันได้หลากหลายสำหรับการออกแบบและสร้างในอาคารเดียว เพื่อให้ได้ตามจุดสมดุลดังกล่าว และยังมีค่าความต้องการพลังงานความเย็นของพื้นที่น้อยกว่า 15.0 kWh / m² / yr ของพื้นที่ใช้สอยที่ใช้ และเนื่องจากเป็นการออกแบบก่อนดำเนินการก่อสร้าง จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงวัสดุจะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มไม่มาก จากการปรับปรุงทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพียง 0.48 % ของราคาก่อสร้างทั้งหมด

10. ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

การวิจัยเล่มนี้เน้นการออกแบบอาคารให้มีคยารมต้องบการใช้พลังงานความเย็น (สำหรับอาคารในประเทศไทย) ไม่เกินคุณสมบัติของ บ้านประหยัดพลังงาน (Passive House) โดยพิจารณาการเลือกใช้วัสดุของกรอบอาคารที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทยเท่านั้น ควรมีการศึกษาต่อไป

- การใช้วัสดุอื่นเพื่อให้เหมาะสมกับวิวัฒนาการในอนาคต
- การศึกษาการออกแบบในแง่มุมอื่น เช่นการเปลี่ยนรูปลักษณะของอาคาร การเปลี่ยนขนาดของหน้าต่าง รวมถึงการมีองค์อาคารที่บังแดด

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- คมสัน วิสวะโท(2560). การศึกษามาตรการประหยัดพลังงานและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของอาคารประเภทห้องสมุดกรณีศึกษา: อาคารห้องสมุดเพื่อการเรียนรู้ของกรุงเทพมหานคร.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- วิศพล ธีรวันพันธุ์ (2558). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปารวี ตั้งจิตวิทยา(2556). การออกแบบกรอบอาคารบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการเมือง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ .