การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและการใช้งานของอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การเคหะแห่งชาติ

Greenhouse Gas Emission from Construction and Operation of Bann Pracharat Project of National Housing Authority

ณัฏฐ์วิภา รุ่งเรืองธนาผล[1] และ อรรจน์ เศรษฐบุตร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การเคหะแห่งชาติ โดยใช้วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากคู่มือ IPCC (2006) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร มีผลต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคาร เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นก็จะลดลงด้วย ซึ่งการปรับเปลี่ยนวัสดุนี้ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของอาคารอีกด้วย เพื่อให้ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานที่สมบูรณ์และถูกต้องกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน จึงนำไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากภาวะโลกร้อนในอนาคตเข้ามาใช้ในการคำนวณ จากการทดลองพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากวัสดุกรอบอาคารและก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารนั้น เมื่อมีปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเป็น คอนกรีตมวลเบา หลังคากระเบื้องดินเผา กระจกตัดแสง และเพิ่มฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว เหนือฝ้าเพดาน จะมีปริมาณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 43.93 แม้ว่าจะทำให้ค่าก่อสร้างโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.73 แต่สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้เฉลี่ยร้อยละ 28.86 และมีค่าความคุ้มทุนในการก่อสร้างโดยเฉลี่ย 4 ปี รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น 1.3 เท่า ซึ่งถือได้ว่าเป็นชุดทางเลือกการเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับอาคารผู้มีรายได้น้อยและคุ้มค่าการลงทุนที่สุด

ABSTRACT

This paper examines the greenhouse gas emission from production and operation of Bann Pracharat Project of National Housing Authority. The calculations are made with reference to the IPCC (2006) handbook.

The study found that changing the building envelope material affects the energy use in the operation of the building in terms of COoling. When the effectiveness of the envelope improves, the energy used in operation decreases. Changing the envelope material also COrrelates with the overall greenhouse gas emission of the building. For a more COmplete and accurate energy model,

[1] นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Email: rung.nutvipa@gmail.com

[2] รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

data of Bangkok's climate trend and its forecast that factored in the effect of global warming. The study found that when the building envelope is changed to autoclaved aereated COncrete, clay-tiled roof, heat absorbing glass, and 2-inch fiberglass insulation, the greenhouse gases will emission decrease by 43.93 percent. However, COnstruction COst will increase by 11.73 percent, while energy COst will decrease by 28.86 percent. The breakeven period for the COnstruction COst is 4 years on average, with the eCO-efficacy rising by 1.3 times greater. In COnclusion, this set of the alternative envelope material is the most appropriate and COst-effective investments for those with lower inCOme to lower their greenhouse gas emission.

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก พลังงาน วัสดุกรอบอาคาร ผู้มีรายได้น้อย นิเวศเศรษฐกิจ

Keywords: Greenhouse Gas, Embodied Energy, Building Envelope Material, Low-Income, Eco-efficiency

บทนำ

อาคารพักอาศัยเป็นปัจจัยสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากระบบปรับอากาศ ระบบส่องสว่าง และระบบอำนวยความสะดวกสบาย เมื่อจำนวนประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การก่อสร้างที่พักอาศัยเพื่อรองรับจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นตาม จากข้อมูลปริมาณที่พักอาศัยในกรุงเทพและปริมณฑล ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2547–2556) มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยในระยะเวลา 10 ปี นั้นมีการก่อสร้างที่พักอาศัยแล้วเสร็จสูงขึ้นจาก 69,101 หน่วย เป็น 130,046 หน่วย (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2553) และจากมติคณะรัฐมนตรีเรื่องแผนการยุทธศาสตร์การพัฒนาที่อยู่อาศัย 10 ปี (พ.ศ. 2559-2568) รัฐบาลต้องเข้ามามีบทบาทในการจัดสร้างที่อยู่อาศัย ภายใต้การดำเนินการโดยการเคหะแห่งชาติ (กคช.) บูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน โดยในช่วงแผน 10 ปีนี้ จะเกิดการก่อสร้างอาคารพักอาศัยประมาณทั้งสิ้น 1,707,437 หน่วย (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559)

โครงการที่จะเกิดขึ้นตามแผนยุทธศาสตร์นี้จะใช้แบบก่อสร้างอาคารต้นแบบเดียวกันคือ ต้นแบบอาคารพักอาศัยในโครงการบ้านประชารัฐ โดยแบ่งออกเป็น บ้านเดี่ยว 2 ชั้น (พื้นที่ 56 ตร.ม.) บ้านแฝด 2 ชั้น (พื้นที่ 185 ตร.ม.) ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น (พื้นที่ 619 ตร.ม.) และคอนโด 4 ชั้น (พื้นที่ 1,868 ตร.ม.) ซึ่งเป็นแบบก่อสร้างต้นแบบที่จัดทำขึ้นใหม่แทนที่การใช้แบบบ้านเอื้ออาทรเดิม ด้วยปริมาณในการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นนั้น จะส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างอาคารพักอาศัย

การก่อสร้างที่พักอาศัยนั้น ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกๆ ขั้นตอนตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุก่อสร้าง ไปจนถึงกระบวนการก่อสร้าง แนวทางการเลือกใช้วัสดุแต่ละชนิดนั้น ส่งผลถึงการใช้พลังงานภายในอาคารพักอาศัยและส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการผลิตวัสดุก่อสร้างและในช่วงกระบวนการก่อสร้างของบ้านเอื้ออาทร โดย สิริรักษ์ เจียราการ และ พัฒนะ รักความสุข (2554) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 98 มาจากวัสดุประกอบอาคาร และอีกร้อยละ 2 มาจากกระบวนการก่อสร้างอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wahidul K. Biswas (2014) ซึ่งได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการก่อสร้างอาคารที่ออสเตรเลีย

การก่อสร้างอาคารทั่วไปมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งโลก (UNEP, 2009) ซึ่งการศึกษาชิ้นนี้ได้ผลสรุปคือวัสดุก่อสร้างที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ คอนกรีต ซึ่งมีปริมาณการปล่อยสูงถึงร้อยละ 42 ของวัสดุอาคารรวม

จากการศึกษางานวิจัยของ นลินี เอนกแสน (2554) ซึ่งได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน เริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง (Cradle-to-Gate) และกระบวนการก่อสร้าง (Gate-to-Gate) และการใช้พลังงานในช่วงอยู่อาศัย (Use-Phase) เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้างพบว่า มากกว่าร้อยละ 90 มาจากวัสดุก่อสร้าง โดยการวิจัยฉบับดังกล่าวเลือกพิจารณาวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุดคือ คอนกรีต ปูนซีเมนต์ และวัสดุก่อกำแพง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลทิพย์ อรัญศิริ (2553) ที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุประกอบอาคาร และได้ผลการศึกษาว่าอาคารที่ก่อสร้างด้วยอิฐมอญนั้น มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุด การวิจัยนี้ยังพบว่าวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัสดุเปลือกอาคารนั้นมีผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานภายในอาคารอีกด้วย

ด้วยความตระหนักในผลกระทบของการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร โดยเฉพาะโครงการที่จะผลิตหน่วยพักอาศัยจำนวนมาก การวิจัยนี้จึงตั้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารและการใช้พลังงานภายในอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ โดยมีขอบเขตการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการก่อสร้าง (Gate-to-Gate) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในช่วงอยู่อาศัย (Use-Phase) โดยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่า Carbon Intensity ของการก่อสร้างในหน่วยของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) และสร้างแบบจำลองอาคารพักอาศัยต้นแบบโดยใช้โปรแกรม VisualDOE 4.0 ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารพักอาศัยต้นแบบที่มีการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารแตกต่างกัน รวมถึงการศึกษาวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนของโครงการและความคุ้มค่าทางนิเวศเศรษฐกิจ (ECO Efficiency) เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยนี้มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาที่พักอาศัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อให้การเคหะแห่งชาติสามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาทางเลือกของวัสดุกรอบอาคารต่อไป

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุกรอบอาคารซึ่งในการศึกษานี้ได้แก่ วัสดุก่อกำแพง วัสดุกระจก วัสดุหลังคาและ ฉนวน พร้อมทั้งนำเสนอวัสดุกรอบอาคารทางเลือกสำหรับอาคารพักอาศัยต้นแบบในบ้านประชารัฐ โดยศึกษาในส่วนของวัสดุก่อสร้าง (Cradle-to-Gate)
2. ศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานจากช่วงการพักอาศัย (Use-Phase) และคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารที่ประกอบด้วยระบบกรอบอาคารซึ่งมีวัสดุแตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่การนำเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากบ้านพักอาศัยต่อไป
3. ศึกษาวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของโครงการและความคุ้มค่าเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุกรอบอาคาร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการก่อสร้างและใช้สอยอาคารพักอาศัยต้นแบบโดยเปรียบเทียบวัสดุกรอบอาคารที่ต่างชนิดกัน และทำการหาผลการทดลองด้วยการคำนวณเพื่อนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารพักอาศัยต้นแบบ ที่ปรับปรุงแนวทางการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร และวิเคราะห์เพื่อสรุปผลหาแนวทางการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่ดีที่สุด จากนั้นจึงทำการทดลองการใช้พลังงานภายในอาคารพักอาศัยต้นแบบ และเก็บข้อมูลอาคารพักอาศัยต้นแบบ โดยแบ่งเป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น บ้านแฝด 2 ชั้น ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น และคอนโด 4 ชั้น จากนั้นจึงนำแบบอาคารพักอาศัยต้นแบบมาถอดข้อมูลในส่วนของวัสดุประกอบอาคาร โดยใส่ข้อมูลที่ได้ลงในบัญชีแสดงปริมาณวัสดุ (BOQ) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

จากนั้นนำปริมาณวัสดุที่ได้มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักการ IPCC (2006) ดังรายละเอียดในสมการที่ 1

GHG = Activity Data x Emission Factor .....(1) โดยที่

GHG (Greenhouse Gases) หมายถึง ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity Data หมายถึง ข้อมูลการใช้พลังงาน เชื้อเพลิง หรือวัตถุดิบที่ใช้ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

Emission Factor (EF) หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 1 ตารางบัญชีแสดงปริมาณวัสดุ (BOQ)

รายการ	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น	บ้านแฝด 2 ชั้น	ทาวน์เฮาส์ 2 ชั้น	คอนโด 4 ชั้น
เหล็ก	1,153	3,545	17,403	77,995
กระเบื้องหลังคา	725	4,131	16,321	24,178
ปูนซีเมนต์	18,065	49,900	220,850	722,000
ทราย	650	4,000	11,000	3,080
ฝ้ายิปซั่ม	566	1,099	5,031	12,103
อิฐมอญ	13,650	29,380	133,250	232,180
กระเบื้องเซรามิค	7,080	14,160	49,560	287,520

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัม (kg.)

ค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) เกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณในการวิจัยนี้คือ ฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ICE Version 2 และ IPCC เมื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารพักอาศัยต้นแบบแต่ละประเภท โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณดังสมการที่ 1 ตามหลักการ IPCC (2006)[3] จะได้ผลตามรายละเอียดดังตารางที่ 2

[3] IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 2 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุประกอบอาคารในอาคารพักอาศัยต้นแบบ

รายการ	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น	บ้านแฝด 2 ชั้น	ทาวน์เฮาส์ 2 ชั้น	คอนโด 4 ชั้น
เหล็ก	1,844	5,672	27,844	124,792
กระเบื้องหลังคา	355	2,024	7,997	11,847
ปูนซีเมนต์	8,851	24,451	108,216	353,780
ทราย	6.50	40	110	30.80
ฝ้ายิปซั่ม	192	373	1,710	4,115
อิฐมอญ	3,003	6,463	29,315	51,079
กระเบื้องเซรามิค	5,380	10,761	37,665	218,515
Total GHG	19,634	43,965	212,860	764,160

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนวัสดุก่อสร้างระหว่างอาคารพักอาศัยต้นแบบแต่ละประเภท แสดงให้เห็นว่า วัสดุประกอบอาคารที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ปูนซีเมนต์ กระเบื้องเซรามิค อิฐมอญ และเหล็ก ตามลำดับ แต่เนื่องจากการก่อสร้างในประเทศไทย ในปัจจุบันยังคงใช้คอนกรีตและกระเบื้องเซรามิคเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างและตกแต่งอาคารทั่วไป เนื่องจากราคาถูกและยังไม่มีวัสดุทางเลือกมาทดแทน การวิจัยนี้จึงขอเลือกศึกษาเฉพาะส่วนของวัสดุก่อกำแพงที่มีปริมาณมากเป็นลำดับถัดมา และทำการทดลองปรับเปลี่ยนวัสดุในระบบกรอบอาคาร โดยแทนที่วัสดุอิฐมอญเดิม ด้วยวัสดุทางเลือก ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา อิฐบล็อก และพรีคาสต์คอนกรีต และคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารพักอาศัยต้นแบบแต่ละประเภท โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณดังสมการที่ 1 ตามหลักการ IPCC (2006) จะได้ผลตามรายละเอียดดังตารางที่ 3

ผลการเปรียบเทียบ พบว่าเมื่อทำการทดแทนวัสดุก่อกำแพงอิฐมอญด้วยวัสดุอื่นๆ คือ คอนกรีตมวลเบา อิฐบล็อก และพรีคาสต์คอนกรีต พบว่าวัสดุที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดคือ คอนกรีตมวลเบา โดยหากเทียบกับวัสดุอิฐมอญเดิม ในอาคารพักอาศัยต้นแบบจะได้ผลการศึกษาดังนี้ บ้านเดี่ยว 2 ชั้น จะทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 2,010 $kgCO_2eq$. บ้านแฝด 2 ชั้น จะทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 4,300 $kgCO_2eq$. ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น จะทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 19,628 $kgCO_2eq$. และคอนโด 4 ชั้นจะทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 34,201 $kgCO_2eq$.

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อกำแพงทางเลือก

รายการ	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น	บ้านแฝด 2 ชั้น	ทาวน์เอาส์ 2 ชั้น	คอนโด 4 ชั้น
อิฐมอญ	3,003	6,463	29,315	51,079
คอนกรีตมวลเบา	992	2,135	9,686	16,877
อิฐบล๊อก	3,591	7,729	35,055	61,081
พรีคาสต์คอนกรีต	35,280	75,936	344,400	600,096

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

2. การศึกษาการใช้พลังงานภายในอาคาร

การใช้พลังงานภายในอาคารที่ก่อสร้างด้วยวัสดุกรอบอาคารที่แตกต่างกันนั้น มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารพักอาศัย ซึ่งการใช้พลังงานนี้เป็นผลมาจากปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุกรอบอาคารเข้ามายังตัวอาคาร และส่งผลต่อการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร โดยการวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม VisualDOE 4.0 จำลองการใช้พลังงานจากการคำนวณภาระการปรับอากาศ ซึ่งจะประกอบไปด้วย (1) การจำลองรูปแบบอาคารที่จะทำการทดลอง (2) การกำหนดรูปแบบการพักอาศัย เช่น มีผู้พักอาศัยกี่คน (3) การตั้งค่าอุณหภูมิในการปรับอากาศ (4) การกำหนดชนิดของวัสดุกรอบอาคารที่ใช้ในการทดลอง และ (4) การประเมินการใช้พลังงานภายในอาคารและนำผลการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นไปคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

ทั้งนี้การทดลองปรับเปลี่ยนวัสดุเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นนั้น จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากวัสดุระบบเปลือกอาคาร ได้แก่ อิฐก่อผนัง กระเบื้องหลังคา ฉนวนฝ้าเพดาน และกระจก จากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุ จึงมีการปรับเปลี่ยนดังนี้ อิฐก่อผนังเปลี่ยนจากเดิมคือ อิฐมอญ (ค่าการนำความร้อน =0.473 W/m.K) เป็นคอนกรีตมวลเบา (ค่าการนำความร้อน =0.089 W/m.K) กระเบื้องหลังคาเปลี่ยนจากเดิมคือ กระเบื้องคอนกรีต (ค่าการนำความร้อน =1.73 W/m.K) เป็น กระเบื้องดินเผา (ค่าการนำความร้อน =0.69 W/m.K) กระจกเปลี่ยนจากเดิมคือ กระจกใส หนา 6 มม. (ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์= ร้อยละ 0.86) เป็นกระจกตัดแสง (ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ = ร้อยละ 0.61) และใส่ฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว (ค่าการต้านทานความร้อน =1.392 m^2K/W) เข้าไปเพิ่มเติมที่ฝ้าเพดาน

ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการจำลองการใช้พลังงานที่สมบูรณ์และถูกต้องกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในปัจจุบัน จึงนำไฟล์ข้อมูลอากาศของกรุงเทพฯ ที่เป็นไปตามการคาดคะเนผลกระทบจากภาวะโลกร้อนในอนาคตจากงานวิจัยของ ณัฏฐา ตระกูลไทย (2558) มาปรับใช้กับการกำหนดค่าในการจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารก็จะทำให้ได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงมากขึ้น โดยสามารถสรุปปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา พบว่าในบ้านเดี่ยว 2 ชั้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นต่อปีลง 1,307 kWh ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 733.23 $kgCO_2eq.$ บ้านแฝด 2 ชั้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นต่อปีลง 4,701 kWh ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 2,637.26 $kgCO_2eq.$ ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นต่อปีลง 10,545 kWh ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 5,915.75 $kgCO_2eq.$ และคอนโด 4 ชั้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นต่อปีลง 49,411 kWh ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 27,719.57 $kgCO_2eq.$

3. การศึกษาวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของโครงการและ ความคุ้มค่าเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ฐานันดร ปรีดากัญญารัตน์ (2551) ได้ให้คำนิยามของระยะเวลาคืนทุนว่าหมายถึง ระยะเวลาที่จะได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้า เท่ากับกระแสเงินสดที่ใช้ในการลงทุน โดยไม่มีการนำเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงเป็นการมองที่กระแสเงินสดรับเข้า ไม่ใช่ตัวกำไรหรือขาดทุนของกิจการ เมื่อนำมาปรับใช้กับงานวิจัยนี้จะสามารถดำเนินการได้โดยการหาราคาวัสดุก่อสร้างซึ่งเป็นราคากลาง ณ ปัจจุบัน นำมาคำนวณและเปรียบเทียบส่วนต่างของราคาก่อสร้างด้วยวัสดุแต่ละชนิด พร้อมๆ กับการจำลองค่าการใช้พลังงานของอาคารเมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุแต่ละชนิดด้วย แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เพื่อหาระยะเวลาคืนทุนจากการลงทุนในการปรับเปลี่ยนวัสดุนี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะเวลาคุ้มทุนของอาคารที่มีการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร

ประเภทอาคาร	ราคาค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น (บาท)	ลดค่าไฟต่อปีได้ (บาท)	คุ้มทุนใน (ปี)
บ้านเดี่ยว 2 ชั้น อาคารทางเลือก	71,371	10,836	6
บ้านแฝด 2 ชั้น อาคารทางเลือก	92,024	33,607	3
ทาวน์เฮ้าส์ 2 อาคารทางเลือก	332,583	73,829	5
คอนโด 4 ชั้น อาคารทางเลือก	1,050,459	345,919	4

การวิเคราะห์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นดัชนีซึ่งใช้ชี้วัดความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่ง ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล (2552) ได้ศึกษาวิจัยไว้ในบทความ การพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐนิเวศ โดยให้ความหมายของคำว่า นิเวศเศรษฐกิจ (ECO-Efficiency)[4] เอาไว้ว่า เครื่องมือการจัดการที่ทำให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันมากยิ่งขึ้นควบคู่ไปกับความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ จึงมีความสำคัญในการใช้เพื่อชี้วัดความสัมพันธ์ระหว่างผลกำไรเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการวิจัยนี้คือ การศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจก ตามสมการดังนี้

$$\text{ECO-Efficiency} = \frac{\text{ราคาค่าก่อสร้าง (บาท)}}{\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย } (kgCO_2eq.)}$$

จากสมการข้างต้นสามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ประเภทอาคาร	ราคาค่าก่อสร้าง (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ($kgCO_2eq.$)	ECO-Efficiency (เท่า)	ECO-Efficiency ที่เพิ่มขึ้น (เท่า)
บ้านเดี่ยว 2 ชั้น กรณีศึกษา	29,385	19,634	1.49	1.65
บ้านเดี่ยว 2 ชั้น เปลี่ยนวัสดุ	55,381	17,624.02	3.14	
บ้านแฝด 2 ชั้น กรณีศึกษา	63,356	49,786	1.27	1.35
บ้านแฝด 2 ชั้น เปลี่ยนวัสดุ	119,470	45,458	2.62	
ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้นกรณีศึกษา	279,469	212,860	1.31	1.41
ทาวน์เฮ้าส์ 2 เปลี่ยนวัสดุ	525,790	193,231	2.72	
คอนโด 4 ชั้น กรณีศึกษา	558,605	764,160	0.73	0.73
คอนโด 4 ชั้น เปลี่ยนวัสดุ	1,067,274	729,958	1.46	

[4] ECO-Efficiency มาจากคาว่า Ecology และ Efficiency

ผลการวิจัย

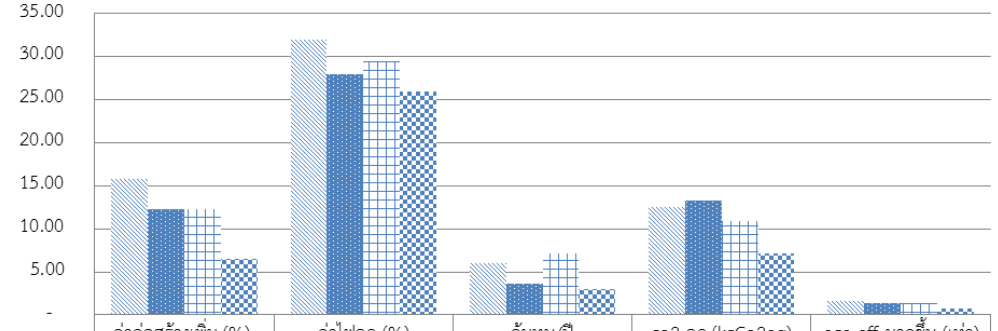
จากการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร โดยพิจารณาในเรื่องของค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นและปริมาณการใช้พลังงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของอาคาร รวมถึงความคุ้มทุนในการลงทุนก่อสร้าง และค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยได้ผลการศึกษาดังนี้

บ้านเดี่ยว 2 ชั้น มีมูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้นจากอาคารกรณีศึกษาคิดเป็นร้อยละ 15.78 เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุแล้วสามารถลดค่าไฟฟ้าในการทำความเย็นลงได้ร้อยละ 32 และมีค่าความคุ้มทุนในการลงทุนการก่อสร้างใน 6 ปี 5 เดือน รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น 1.65 เท่า ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมสามารถลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.52 ต่อปี

บ้านแฝด 2 ชั้น มีมูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้นจากอาคารกรณีศึกษาคิดเป็นร้อยละ 12.30 เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุแล้วสามารถลดค่าไฟฟ้าในการทำความเย็นลงได้ร้อยละ 27.99 และมีค่าความคุ้มทุนในการลงทุนการก่อสร้างใน 3 ปี 6 เดือน รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น 1.35 เท่า ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมสามารถลดลงคิดเป็นร้อยละ 13.33 ต่อปี

ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น มีมูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้นจากอาคารกรณีศึกษาคิดเป็นร้อยละ 12.28 เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุแล้วสามารถลดค่าไฟฟ้าในการทำความเย็นลงได้ร้อยละ 29.50 และมีค่าความคุ้มทุนในการลงทุนการก่อสร้างใน 7 ปี รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น 1.41 เท่า ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมสามารถลดลงคิดเป็นร้อยละ 10.97 ต่อปี

คอนโด 4 ชั้น มีมูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้นจากอาคารกรณีศึกษาคิดเป็นร้อยละ 6.53 เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุแล้วสามารถลดค่าไฟฟ้าในการทำความเย็นลงได้ร้อยละ 26 และมีค่าความคุ้มทุนในการลงทุนการก่อสร้างใน 3 ปี รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น 0.73 เท่า ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมสามารถลดลงคิดเป็นร้อยละ 7.11 ต่อปี ทั้งนี้สามารถสรุปรายละเอียดแสดงได้ดังแผนภูมิที่ 1



	ค่าก่อสร้างเพิ่ม (%)	ค่าไฟลด (%)	คุ้มทุน/ปี	co2 ลด (kgCo2eq)	eco-eff มากขึ้น (เท่า)
Single	15.78	32.02	6.05	12.52	1.65
Twin	12.30	27.99	3.63	13.33	1.35
Town	12.28	29.50	7.12	10.97	1.41
Condo	6.53	25.91	3.09	7.11	0.73

แผนภูมิที่ 1 สรุปผลการศึกษา

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การวิจัยนี้มีวิธีการคำนวณอ้างอิงจากคู่มือ IPCC (2006) ในลักษณะ Gate-to-Gate ซึ่งเป็นการพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้วัสดุเท่านั้น โดยไม่พิจารณากระบวนการขนส่ง จากการศึกษาพบว่า การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร มีผลต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคาร ซึ่งเมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นก็จะลดลงด้วย ซึ่งการปรับเปลี่ยนวัสดุนี้ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของอาคารอีกด้วย โดยสามารถสรุปได้คือ ค่าก่อสร้างโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.73 สามารถลดค่าไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นลงได้เฉลี่ยร้อยละ 28.86 และมีค่าความคุ้มทุนในการก่อสร้างโดยเฉลี่ย 4 ปี รวมถึงมีค่าประสิทธิผลเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.3 เท่า โดยมีปริมาณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 43.93 ซึ่งสามารถเสนอเป็นแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงจากร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 20–25 ภายในปี 2573 ตามที่รัฐบาลไทยได้นำเสนอตัวเลขในการประชุมอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 เดือนธันวาคม 2558 (COP21)[5] ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส

ทั้งนี้หากมีข้อมูลปริมาณการก่อสร้างรวมถึงวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นจริงในโครงการบ้านประชารัฐตามแผนการยุทธศาสตร์การพัฒนาที่อยู่อาศัย 10 ปี (พ.ศ. 2559-2568) มาใช้ในการคำนวณ รวมถึงการปรับปรุงค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ให้ใกล้เคียงกับวัสดุที่เกิดขึ้นใหม่ในอนาคตนั้น จะเป็นการทำให้ผลที่ได้จากการศึกษาใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งขอขอบพระคุณการเคหะแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้ทางด้านข้อมูลต่างๆ ให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประวัติผู้เขียนบทความ

ณัฏฐ์วิภา รุ่งเรืองธนาผล จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันทำงานที่บริษัท แอล.พี.เอ็น.ดีเวลลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่ง สถาปนิกโครงการ Email address: rung.nutvipa@gmail.com

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ อรัญศิริ. (2553). **การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง**. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ฐานันดร ปรีดากัญญารัตน์. (2556). **จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน.** คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทิร์น.

นลินี อเนกแสน. (2554). **การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในประเทศไทย**. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] COP21: Conference of Parties

ณัฏฐา ตระกูลไทย. (2558). **ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น**, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม. (2553). **การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย**. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สิริรักษ์ เจียราการ, พัฒนะ รักความสุข. (2554). **ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสร้างบ้านพักอาศัยของผู้มีรายได้น้อยในประเทศไทย**. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักนายกรัฐมนตรี. (2559). **แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาที่อยู่อาศัย 10 ปี 2559-2568**.

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล. (2552). **การพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐนิเวศ**.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). **ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.**

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2555). **ค่าดัชนีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย**. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2556). **คู่มือการออกแบบบ้านและอาคารคาร์บอนต่ำ**. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน).

Hammond, G.P. and Jones, C.I. (2008). **Embodied energy and carbom in Construction materials**. Proceeding of Institution of Civil Engineers-Energy, 161 (2). Pp. 87-98.

Hammond, G.P. and Jones, C.I. (2008). **Inventory of carbon & energy (ICE) V.2**. Sustainable Energy Research Team (SERT). Department of Mechanical Engineering University of Bath, UK.

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Treanton, K.,Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). (1997). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories**, Volume 2 Workbook. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

Ranida Panthong. (2557). **Greenhouse Gas Emission from COndominium COnstruction in Thailand**. Division of Environmental Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.

Wahidul K. Biswas. (2014). **Carbon footprint and embodied energy COnsumption assessment of building Construction works in Western Australia**. International Journal of Sustainable Built Environment, 179-186.

Siwa Chongchareon. (2014). **Thailand Housing Market**.

United Nations. (1998). **Kyoto ProtoCOl To The United Nations Framework Convention On Climate Change**.