

UNISEARCH (Unisearch Journal)

Volume 2 | Issue 1

Article 5

2015-01-01

บ้านและอาคาร

อรุณรัตน์ เศรษฐบุตร

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/unisearch>



Part of the [Social and Behavioral Sciences Commons](#)

Recommended Citation

เศรษฐบุตร, อรุณรัตน์ (2015) "บ้านและอาคาร," *UNISEARCH (Unisearch Journal)*: Vol. 2: Iss. 1, Article 5.

DOI: 10.58837/CHULA.UNISEARCH.2.1.4

Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/unisearch/vol2/iss1/5>

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in UNISEARCH (Unisearch Journal) by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

บ้านและอาคาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถน์ เศรษฐบุตร
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

จากการที่ภาคที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่ ตลอดจนสภาพการแข่งขันในตลาดอสังหาริมทรัพย์ที่นำรูปแบบสถาปัตยกรรมจากตะวันตกมาปลูกสร้างบ้านให้ทันสมัยตามค่านิยมของสังคม โดยไม่ได้คำนึงถึงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานในการทำควมเย็นภายในตัวอาคาร ประกอบกับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น ทำให้เกิดการตื่นตัวในการออกแบบที่อยู่อาศัยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น



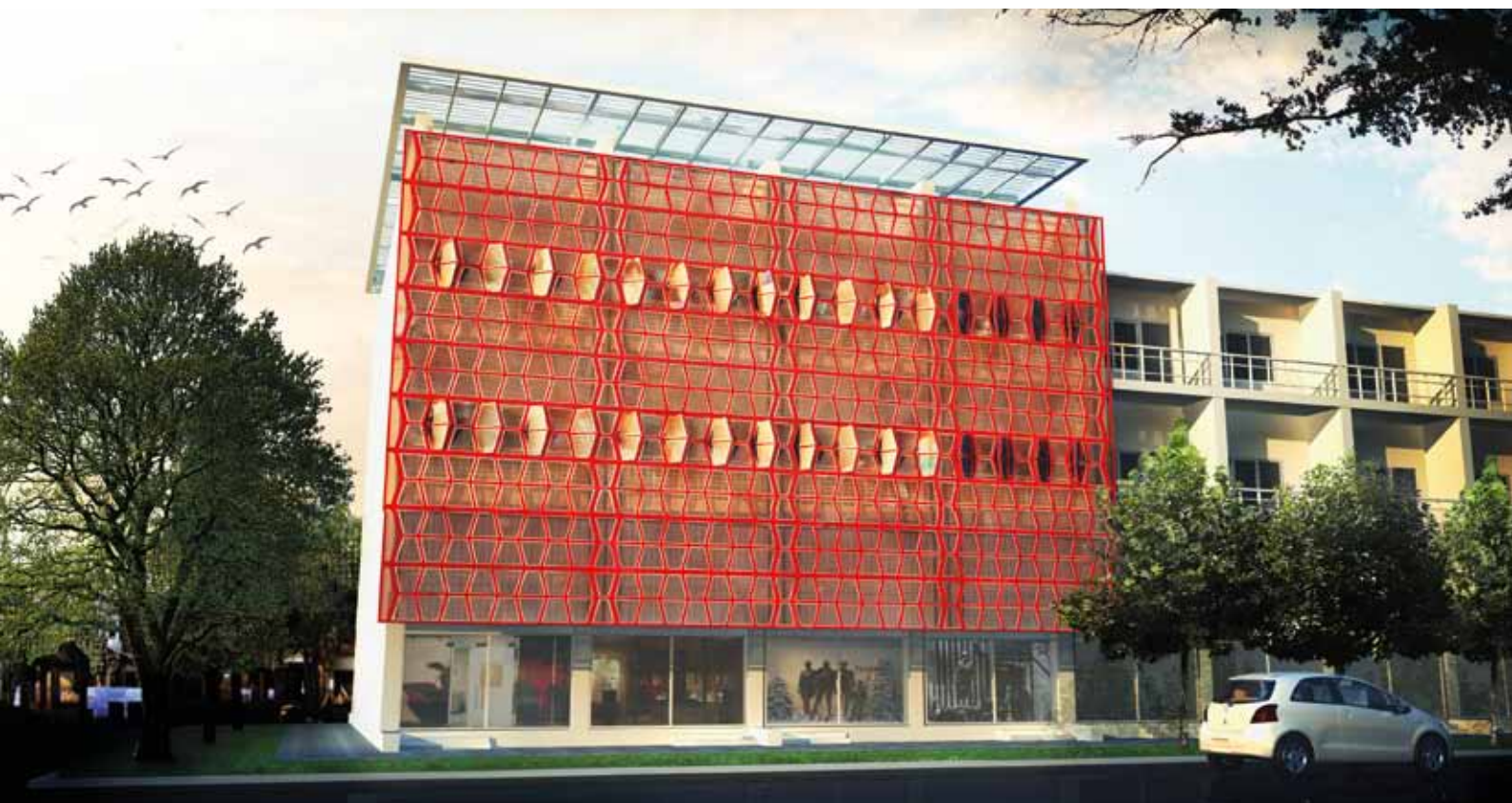
การจัดทำแบบก่อสร้าง แบบรายละเอียด

ตึกแถว คาร์บอนต่ำ

ใน พ.ศ. 2554 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ได้ดำเนินโครงการประกวดแนวคิดการออกแบบบ้านและอาคาร ตึกแถวคาร์บอนต่ำ เพื่อส่งเสริมให้มีการออกแบบบ้านและอาคาร ตึกแถวที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแบบที่ได้รับรางวัล ดังกล่าวจะได้รับการเผยแพร่ให้กับประชาชนทั่วไป พร้อมทั้ง รมรณค้ให้ผูประกอบอาชีพทางสถาปัตยกรรม ผู้ประกอบการธุรกิจ ด้านที่อยู่อาศัย และผู้ที่ต้องการซื้อหรือสร้างบ้านและอาคารตึกแถว เกิดความตระหนักและเห็นความสำคัญต่อการลดภาวะ

ภาพที่ 1: ทศนียภาพภายนอกแบบบ้านแบบที่ 1 ชื่อบ้าน “บ้าน บ้าน”
ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้าน และอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ

โลกร้อนจากภาคที่อยู่อาศัย รวมถึงได้ทราบหลักเกณฑ์ที่ควร คำนึงถึงในการออกแบบที่อยู่อาศัยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือน กระจก จากการดำเนินการโครงการดังกล่าว คณะกรรมการตัดสิน ได้มอบรางวัลชนะเลิศให้กับผลงาน 3 ผลงาน (ภาพที่ 1-3)





ภาพที่ 2: ทศนียภาพภายนอกบ้านแบบที่ 2 ชื่อบ้าน “Under Tree”

ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้าน
และอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ

การศึกษาค่าการใช้พลังงานของอาคาร

แนวคิดของบ้านทั้งสามหลังถูกนำมาพัฒนาเพื่อจัดทำแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งทำการศึกษาค่าการใช้พลังงานของอาคารทั้ง 3 หลัง โดยการประเมินค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้า และแสงสว่าง ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งค่าการใช้พลังงานที่ได้จากการจำลองจะถูกนำมารวมกับค่าการประเมินการใช้พลังงานในการก่อสร้างอาคาร การผลิตวัสดุ และการก่อสร้างอาคาร ทั้งนี้ อายุการใช้งานของอาคารจะถูกกำหนดไว้ที่ 30 ปี (อรุณ ศรีสุขบุตร, 2556) โดยค่าการใช้พลังงานทั้งหมดจะถูกนำมาประเมินเป็น “ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก” ด้วยวิธีแปลงค่าจากข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของการศึกษานี้ ไม่รวมการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการย่อยสลายทำลายอาคาร และในช่วงการขนส่งวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนดังกล่าวมีจำกัด ประกอบกับไม่สามารถกำหนดวิธีการรื้อถอนทำลายอาคารในการวิจัยนี้ได้ ทั้งนี้ ข้อมูลจากงานวิจัยโดย สุดาภา ใจแสน (2555) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการรื้อถอนมีค่าน้อยมาก คือ มีสัดส่วนเพียงประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุอาคาร ดังนั้น ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรื้อถอนทำลายอาคารจึงไม่ได้นำมาพิจารณาเป็นประเด็นสำคัญ อีกทั้งไม่ทราบสถานที่ก่อสร้าง จึงไม่สามารถกำหนดระยะทางที่ใช้ในการขนส่งวัสดุได้

การประเมินค่าพลังงานการผลิตวัสดุก่อสร้างอาคาร (Embodied Energy)

การคำนวณค่าพลังงานการผลิตวัสดุก่อสร้างอาคาร (Embodied Energy) จะคำนึงถึง ประเภทวัสดุและส่วนประกอบในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าการถอดแบบเพื่อทำบัญชีวัสดุในรูปแบบของแบบแจกแจงปริมาณวัสดุ (Bill of Quantity) ในการก่อสร้างทั่วไป เพราะจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่สามารถวิเคราะห์จำแนกวัสดุเพื่อคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัสดุตามมาตรฐานสากล จากนั้นข้อมูลปริมาณวัสดุอาคารนี้จะนำไปคำนวณกับข้อมูลมาตรฐานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันพบว่า ข้อมูลมาตรฐานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุต่างๆ สำหรับในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องใช้ข้อมูลจากสถาบันการวิจัยเฉพาะทาง ได้แก่ Inventory of Carbon & Energy (ICE) จัดทำโดย Sustainable Energy Research Team (SERT) แห่ง University of Bath



ทั้งนี้ เพื่อให้ผลงานแนวคิดการออกแบบดังกล่าวถูกพัฒนาเป็นแบบก่อสร้างจริง พร้อมทั้งมีผลการวิจัยรองรับถึงความสามารถในการลดก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จึงได้มอบหมายให้ Chula Unisearch ดำเนินโครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ โดยมีรายละเอียด การดำเนินงาน 4 ส่วน ได้แก่ 1) การจัดทำแบบก่อสร้าง 2) การจำลองการใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3) การประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร และ 4) การจัดทำคู่มือการออกแบบบ้านคาร์บอนต่ำ

ภาพที่ 3: ทศนียภาพภายนอกตึกแถวชื่อ “Vertigo”

ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้าน
และอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ

ประเทศอังกฤษ โดยอ้างอิงจากตารางของข้อมูลวัสดุกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุแต่ละประเภท (SERT, 2011) ซึ่งตารางข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลของเวอร์ชันที่ 2 ที่ได้ประกาศใช้ใน พ.ศ. 2554

การประเมินการใช้พลังงานช่วงการใช้สอยอาคาร (Operation Energy)

ค่าการใช้พลังงานช่วงการใช้สอยอาคาร (Operation Energy) มาจากผลจากการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม DOE 2.1E (อรรถน์ เศรษฐบุตร, 2554) ซึ่งจะได้ค่าการใช้พลังงานต่อปี ภายใต้สมมติฐานและข้อมูลการใช้งานที่ได้จากงานวิจัยต่างๆ ในประเทศ (อรรถน์ เศรษฐบุตร, 2551) ซึ่งผลการใช้พลังงานต่อปี สามารถนำมาคำนวณเป็นการใช้พลังงานจากการใช้สอยอาคาร 30 ปี ซึ่งเป็นสมมติฐานช่วงชีวิตของอาคารหลังหนึ่ง

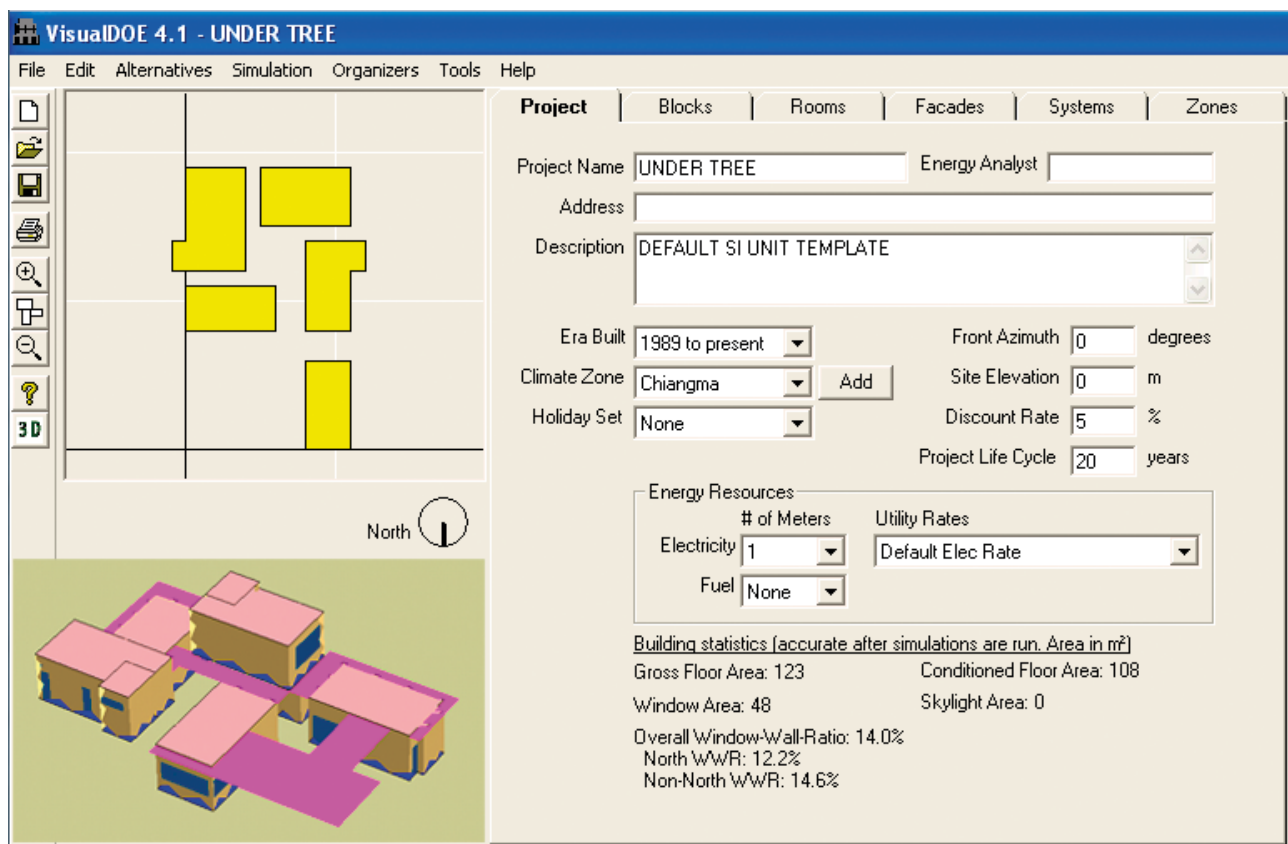
การแปลงค่าการใช้พลังงานเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การแปลงค่าพลังงานช่วงการก่อสร้างอาคาร และค่าการใช้

พลังงานช่วงการใช้สอยอาคาร ให้เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคาร (Embodied GHG Emission) และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคาร (Operation GHG Emission) จะเป็นการนำค่าการใช้พลังงานในหน่วย กิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh) มาคูณกับค่าตัวประกอบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ซึ่งปัจจุบันจะมีค่าประมาณ 0.5812 kgCO₂ eq ต่อ 1 kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก), 2556) และเมื่อทำการแปลงหน่วยแล้วจะนำค่าทั้งสองมารวมกันเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งอาคาร (Total Life GHG) ทั้งนี้ ได้ตั้งสมมติฐานว่าค่าตัวประกอบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) มีค่าคงที่ตลอดช่วงชีวิตอาคาร

การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารทั้ง 3 หลัง ถูกนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร ทั้งในแง่การก่อสร้าง การใช้งานอาคาร โดยค่าที่ได้จะสะท้อนถึงการเพิ่มหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



ภาพที่ 4: การจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม DOE 2.1E ของแบบบ้าน Under Tree
ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ

ซึ่งจะสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบและการก่อสร้างอาคารให้สามารถลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ทั้งนี้ วิธีการพิจารณาจะเป็นไปตามหลักการและขั้นตอนต่อไปนี้

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตารางเมตรของพื้นที่อาคาร ($\text{TonCO}_2\text{eq/m}^2$) คือ การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่อาคาร ซึ่งบ่งบอกถึงการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุ การก่อสร้าง และการใช้สอยอาคารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่อาคารว่ามีค่าเท่าไร เทียบกับค่ามาตรฐานได้อย่างไร

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผู้อยู่อาศัย (TonCO₂eq/คน) คือ การเปรียบเทียบความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัยในอาคารแต่ละ

หลังเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร ซึ่งนำไปใช้พิจารณาว่า อาคารมีขนาดใหญ่เกินไปหรือไม่เมื่อเทียบกับจำนวนผู้อยู่อาศัย และมีผลอย่างไรต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3) เปรียบเทียบผลงานวิจัยที่มีความใกล้เคียงกับโครงการนี้ โดยอ้างอิงงานวิจัยที่ทำการศึกษารูปแบบบ้านจัดสรรทั่วไป ซึ่งพัฒนาค่าดัชนีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหนึ่งหน่วยผู้อยู่อาศัยในประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคาร

ตารางที่ 1: การถอดปริมาณวัสดุ และการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้าง (Embodied GHG) ของบ้านพักอาศัยคาร์บอนต่ำ 2 ชั้น

วัสดุ	ปริมาณที่ใช้ในอาคาร หน่วย	น้ำหนัก กก./หน่วย	Embodied Energy MJ/kg	Embodied GHG kgCO ₂ eq
คอนกรีต	93.89 m ³	2,400.00	0.75	27,283.85
เหล็ก RB6	3,918.64 m	0.22	17.40	2,421.76
เหล็ก DB12	6,442.80 m	2.47	17.40	44,703.75
คอนกรีตมวลเบา	20.02 m ³	750.00	3.50	8,484.57
ปูนฉาบ	10.68 m ³	2,403.00	0.82	3,396.78
ฝ้ายิปซัมบอร์ด	153.24 m ²	6.25	1.80	278.32
โครงฝ้า	191.55 m	5.00	21.50	3,324.40
พื้นไม้อามิเนท	0.90 m ³	900.00	11.00	1,435.91
พื้นกระเบื้องเซรามิค	16.42 m ²	1.93	12.00	61.40
พื้นกระเบื้องไม้	54.93 m ²	14.00	10.00	1,241.56
คานเหล็ก 150x50x20 มม.	42.70 m	26.00	21.50	3,853.57
ตงเหล็ก 125x50x20 มม.	146.10 m	23.60	21.50	11,968.06
สแตนเลส	0.11 m ³	7,850.00	56.70	8,169.19
เหล็กกราวกันตึก	369.30 m	21.00	21.50	26,919.37
วงกบและบานกรอบลูมิเนียม (Powder coated)	275.65 m	0.16	214.00	1,542.80
ลูกฟูกกระจากใส	36.39 m ²	14.60	15.00	1,286.62
วงกบประตูไม้	0.11 m ³	510.00	10.00	86.45
ประตูไม้	12.29 m ²	408.00	10.00	8,092.05
Total Embodied GHG				154,550.41

* หมายเหตุ: 1 MJ = 0.28 kWh; 1 kWh = 0.5812 kgCO₂eq

ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ

(Operation GHG) ของอาคารทั้ง 3 หลัง พบว่า อาคารที่ชนะการประกวดแบบทั้ง 3 หลัง มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าค่ามาตรฐานของบ้านทั่วไป โดยการออกแบบและการเลือกวัสดุก่อสร้างเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคาร เนื่องจากวัสดุที่ต้องใช้พลังงานในการผลิตแปรรูปสูงจะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก ดังนั้น การออกแบบและก่อสร้างอาคารจึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคารต่ำ ในส่วนผลการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้สอยอาคารพบว่า การออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานจะช่วยลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคารลงได้ โดยการใช้พลังงานที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานของอาคารสูงสุดมาจากการปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งหากสามารถออกแบบอาคารให้มีการใช้ระบบปรับอากาศให้น้อยที่สุด ก็จะส่งผลให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคารลดลงด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ดี การออกแบบจัดสรรพื้นที่ใช้สอยอาคารให้มีการใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างเต็มที่ ก็จะช่วยลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผู้ใช้อาคารและต่อตารางเมตรลงได้อย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นกัน

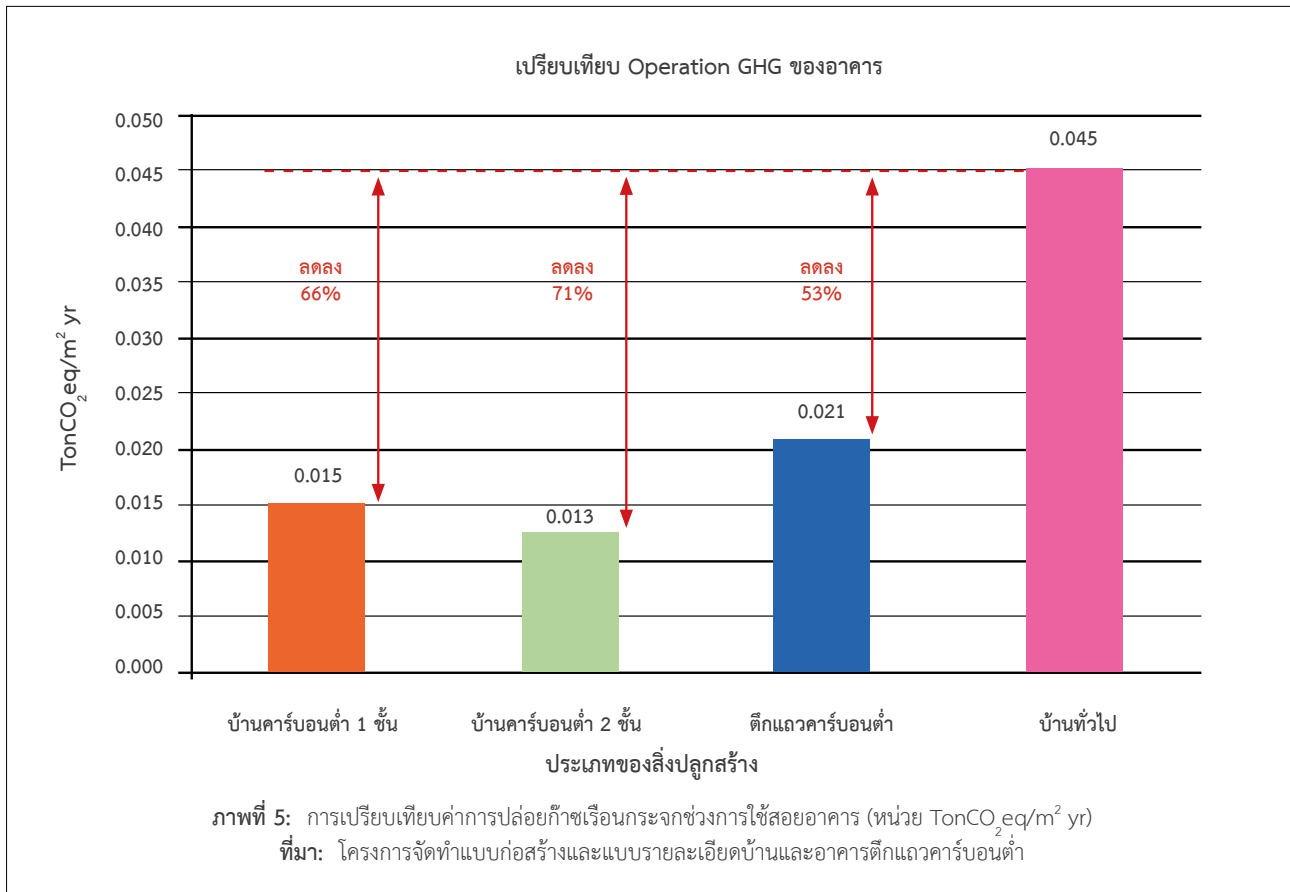
การเปรียบเทียบค่าการปล่อยช่วงการใช้สอยอาคาร โดยเปรียบเทียบอาคารคาร์บอนต่ำทั้ง 3 หลังกับบ้านทั่วไป (ภาพที่ 5) จะเห็นได้ว่า อาคารคาร์บอนต่ำทั้ง 3 หลังที่มีการออกแบบโดยคำนึงถึงวิถีธรรมชาติ หรือ Passive Design จะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคาร ต่ำกว่าอาคารที่ออกแบบด้วยวิถีกล หรือ Active Design เพียงอย่างเดียวได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะส่งผลให้สัดส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคาร ต่อค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตอาคารสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ดี การพิจารณาค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคารต่อค่าการปล่อย

ตารางที่ 2: การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) อาคารพักอาศัยคาร์บอนต่ำ 3 หลังกับแบบบ้านทั่วไป

	หน่วย	บ้านคาร์บอนต่ำ 1 ชั้น	บ้านคาร์บอนต่ำ 2 ชั้น	ตึกแถว คาร์บอนต่ำ	บ้านทั่วไป
พื้นที่อาคาร	ตร.ม.	90.00	123.00	225.00	230.00
จำนวนผู้ใช้อาคาร	คน	4.00	4.00	4.00	4.00
ความหนาแน่นผู้ใช้อาคาร	ตร.ม./คน	22.50	30.75	56.25	57.50
ระยะก่อสร้าง					
Embodied GHG	TonCO ₂ eq	47.60	154.55	492.18	278.00
Embodied GHG ต่อผู้ใช้อาคาร	TonCO ₂ eq/คน	11.90	38.64	123.05	69.50
Embodied GHG ต่อพื้นที่ใช้สอย	TonCO ₂ eq/m ²	0.53	1.26	2.19	1.21
ระยะการใช้งาน					
Operation GHG	TonCO ₂ eq	39.82	46.34	141.76	312.80
Operation GHG ต่อพื้นที่ใช้สอย-ปี	TonCO ₂ eq/m ² -yr	0.015	0.013	0.021	0.045
รวม 2 ระยะ					
Total Life GHG	TonCO ₂ eq	87.43	200.89	633.95	590.80
Embodied ต่อ Total Life GHG	%	54%	77%	78%	47%
Total Life GHG ต่อพื้นที่ใช้สอย	TonCO ₂ eq/m ²	0.97	1.63	2.83	2.57
Total Life GHG ต่อผู้ใช้อาคาร	TonCO ₂ /คน	21.86	50.22	158.49	147.70

ที่มา: โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ



ก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตอาคารเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถอธิบายได้ว่าอาคารที่มีค่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุต่อค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งอาคารมาก คือ อาคารที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการใช้สอยอาคารน้อยเสมอไป ทั้งนี้ อาจพิจารณาได้ว่า อาคารมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งย่อมหมายถึง อาคารมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลือกใช้วัสดุในระยะการก่อสร้างสูงเช่นกัน ดังนั้น ในการออกแบบอาคารคาร์บอนต่ำจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกช่วงการก่อสร้างอาคารต่ำ แต่ยังคงช่วยประหยัดพลังงาน เพื่อให้อาคารมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำตลอดช่วงชีวิตอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลการศึกษาวิจัยโครงการ “โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ” ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

เอกสารอ้างอิง

สุดตาภา ใจแสน. การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก). Emission Factor สำหรับประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กร (ประกาศวันที่ 19 มี.ค. 2556). [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา: <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/filedownload/1363685067-30.pdf> [15 ธันวาคม 2556]

อรรถน์ เศรษฐบุตร. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาว์นเฮาส์. JARS.5(1): 29-51; 2007.

อรรถน์ เศรษฐบุตร. มาตรฐานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวของผู้ใช้อาคารในประเทศไทย. รายงานวิจัยเรื่อง “การจัดทำมาตรฐานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ปีงบประมาณ 2552, 2554.

อรรถน์ เศรษฐบุตร. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแบบก่อสร้างและแบบรายละเอียดบ้านและอาคารตึกแถวคาร์บอนต่ำ. 2556.

Sustainable Energy Research Team (SERT). Inventory of Carbon and Energy (ICE). University of Bath, 2011.