

การศึกษาการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ของการก่อสร้างบ้านพักอาศัยพร้อมการติดตั้งโซลาร์เซลล์ Carbon Footprint Calculation of House Construction with Solar Cell Installations.

สัณญา นิยมถิณ¹ และ วันโชค เครือหงษ์²

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ เขตพื้นที่อุเทนถวาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ตะวันออก

² สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ เขตพื้นที่อุเทนถวาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

*Corresponding author; E-mail address: sanya.riverhillbuilder@gmail.com

บทคัดย่อ

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิโลกร้อน คาร์บอนฟุตพริ้นต์เป็นตัวชี้วัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากการก่อสร้างบ้านพักอาศัยพื้นที่ 140 ตารางเมตร พร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ ขนาด 3.27 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาที่มาของการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์และหาวิธีการลด จากการศึกษพบว่า การก่อสร้างบ้านเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 101,760.35 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 99.18 การติดตั้งโซลาร์เซลล์เกิด 846.49 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 0.82 เฉพาะระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์สูงสุด 57,802.15 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 56.33 ของงานทั้งหมด รองลงมาคืองานผนังอิฐมวลเบา 4,887.81 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 4.76 ดังนั้น วิธีการลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์โดยออกแบบบ้านให้อากาศถ่ายเทเพื่อการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศ และใช้วัสดุที่มีค่า Emission Factor ต่ำกว่ามาตรฐาน เช่น เปลี่ยนผนังอิฐมวลเบาเป็นคอนกรีตบล็อก คาร์บอนฟุตพริ้นต์ลดลงจากเดิมร้อยละ 1.87 แต่เปลี่ยนเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.38 เพราะมีค่า Emission Factor ที่สูงกว่า ขณะที่การติดตั้งโซลาร์เซลล์ ที่การใช้งาน 20 ปี ลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ลงได้ 48,583.21 kgCO₂e จากการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานอื่น

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นต์, ก่อสร้างบ้านพักอาศัย, ติดตั้งโซลาร์เซลล์

Abstract

Greenhouse gases cause global warming. Carbon footprint is an indicator of the amount of greenhouse gases produced. This research therefore studied the carbon footprint of a 140 square meter house with a 3.27 kilowatt-hour (kWh) solar cell installation. The objectives are to study the source of carbon footprint and find ways to reduce it. The study found that the construction of the house had a carbon footprint of 101,760.35 kgCO₂e, or 99.18 percent. The installation of solar cells produced 846.49 kgCO₂e, or 0.82 percent. The air conditioning and ventilation system alone produced the highest

carbon footprint at 57,802.15 kgCO₂e, or 56.33 percent of the total work, followed by lightweight brick walls at 4,887.81 kgCO₂e, or 4.76 percent. Therefore, the method of reducing carbon footprint is to design the house for good ventilation for installing air conditioning and ventilation systems. And use materials with lower Emission Factor values to replace them, such as changing lightweight brick walls to concrete blocks, the carbon footprint was reduced by 1.87 percent, but changing to precast reinforced concrete walls increased by 4.38 percent because it has a higher Emission Factor value, while installing solar cells, after 20 years of use, reduces the carbon footprint by 48,583.21 kgCO₂e from using electricity from other energy sources.

Keywords: Carbon Footprint, Residential Construction, Solar Cell Installation

1. บทนำ

ก๊าซเรือนกระจก เป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของโลก ก๊าซเรือนกระจกสามารถส่งผลกระทบต่อโลกมีพลังงานความร้อนสะสมอยู่บนผิวโลกและชั้นบรรยากาศมากขึ้น อันเป็นต้นเหตุให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผลที่ตามมาคือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การผันแปรของสภาพภูมิอากาศของโลกและท้องถิ่น [1] และจากปรากฏการณ์เรือนกระจกที่เกิดขึ้น ทำให้หลาย ๆ องค์การทั่วโลก ต่างให้ความสนใจและตื่นตัวกับการลดโลกร้อนและลดก๊าซเรือนกระจก จึงเกิดการนำเอาคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) ซึ่งก็คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม (ตามข้อกำหนด ISO 14040) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ มาเป็นตัวชี้วัดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในหลายอุตสาหกรรม โดยคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (Carbon Footprint) จะถูกคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ซึ่งเป็นหนึ่งตัวชี้วัดสำคัญ ที่จะประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกิจกรรมต่างๆ จึงทำให้มีผล Carbon Footprint ติดไว้บนตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภค

ได้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจของผู้บริโภคและกระตุ้นให้ผู้ประกอบการ ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ฝังตัวอยู่ในขั้นตอนการผลิตวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้พลังงานทางเลือกจากโซลาร์เซลล์ ก็เป็นอีกช่องทางหนึ่งที่น่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในขั้นตอนของการก่อสร้างบ้านพักอาศัย คสล. 1 ชั้น พื้นที่ 140 ตร.ม. พร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ทำให้เกิดการใช้อย่างคุ้มค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาที่มาของการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของการใช้วัสดุก่อสร้างในขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ และเพื่อศึกษาหาการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากการเกิดขึ้นดังกล่าว

2. ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมและได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยมีจำนวน 4 รายการได้แก่

กิตติพัฒน์ เจนวรพจน์ และ นที สุริยานนท์ (2567) ได้วิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่าคาร์บอนแฝงการก่อสร้างผิวดินแอสฟัลต์ติกคอนกรีตและทางระบายน้ำ ครอบคลุมช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ระยะ A1 ถึง A5 ตามมาตรฐาน BS EN 15978 ได้แก่ ระยะการผลิตและได้มาซึ่งวัตถุดิบ ระยะการขนส่งไปยังหน่วยงานก่อสร้าง และระยะการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างกรณีศึกษาตั้งอยู่ภายในหมู่บ้านอมรินทร์นิเวศน์โครงการ 2 จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ค่าคาร์บอนแฝงของงานก่อสร้างผิวดินแอสฟัลต์ติกคอนกรีตขนาดความกว้าง 6.70 เมตร ยาว 307.00 เมตร หนา 0.05 เมตร มีค่าเท่ากับ 140.16 kgCO₂e และงานก่อสร้างทางระบายน้ำความกว้าง 1.20 เมตร ยาว 307.00 เมตร มีค่าเท่ากับ 39.44 kgCO₂e ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยตามวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในระยะการผลิตและได้มาซึ่งวัตถุดิบ (ระยะ A1-A3) มีค่าเท่ากับ 175.52 kgCO₂e ระยะการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง(ระยะ A4) มีค่าเท่ากับ 2,247.63 kgCO₂e และระยะการก่อสร้างโครงการ(ระยะA5) มีค่าเท่ากับ 1,831.31 kgCO₂e กิจกรรมการก่อสร้างที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดสามอันดับแรกคือ การปูผิวดินแอสฟัลต์ การวางท่อระบายน้ำ และการเทคอนกรีตหยาบบริเวณทางระบายน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 138.53 kgCO₂e 15.96 kgCO₂e และ 11.74 kgCO₂e ตามลำดับ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างโครงการลักษณะเดียวกันกับกรณีศึกษาสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการการออกแบบและการก่อสร้าง เพื่อควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ให้มีปริมาณเกินกว่าที่จำเป็นได้ [2]

อภิมุข แสงพราย, นที สุริยานนท์ และ สมจินตนา แขนงแก้ว (2567) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของคอนกรีตบล็อก มอก. 58-2560 โดยทำการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคอนกรีตบล็อก มอก. 58-2560 ในหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional Unit) จำนวน 1 ต้น ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ขอบเขตการประเมินครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนสิ้นสุดการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) ผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ผลิตโดยโรงผลิตคอนกรีตบล็อกกองพันทหารช่างที่ 302 จ.พิษณุโลก ซึ่งมีกำลังการผลิตคอนกรีตบล็อก จำนวน 185,791 ก้อนต่อปี (ขนาด 19x39x7 ซม.) ระยะเวลาติดตามผลคือ วันที่ 1 ม.ค. 2566 จนถึง 31 ธ.ค. 2566 การค้นพบสำคัญประกอบด้วย 1) คอนกรีตบล็อก จำนวน 1 ต้น มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 89.87 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂eq) 2) ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบหลักและขั้นตอนการผลิต มีสัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 86.55 kgCO₂eq และ 3.32 kgCO₂eq ตามลำดับ 3) กระบวนการผลิตที่มีสัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องไม่และลำเลียงด้วยสายพานเป็นจำนวน 2.62 kgCO₂eq (ร้อยละ 88.80) และ 4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัตถุดิบที่มีสัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด คือ 73.25 kgCO₂eq (ร้อยละ 81.52) งานวิจัยนี้ระบุแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพของการผลิตคอนกรีตบล็อก คือ การปรับปรุงกระบวนการจัดหาวัตถุดิบเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยลง โดยเฉพาะการสรรหาวัตถุดิบซีเมนต์ทางเลือกประเภทอื่น [3]

นิคม วัดเกตุ และ นที สุริยานนท์ (2567) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าคาร์บอนแฝงอาคารโรงงาน โดยการประมาณและวิเคราะห์ค่าคาร์บอนแฝงส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมของอาคารโรงงานที่ถูกเลือกเป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 1 ชั้นขนาดพื้นที่ใช้สอย 90 ตารางเมตรในจังหวัดเชียงใหม่ การวิจัยนี้ดำเนินการตามกรอบการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 และการประเมินวัฏจักรชีวิตในงานก่อสร้างของมาตรฐาน BS EN 15978: 2011 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถูกระบุโดยใช้เทคนิคการแบ่งงานย่อย งานวิจัยนี้ได้แสดงว่าปริมาณคาร์บอนแฝงของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมของโรงงานมีค่าเท่ากับ 27,001.31 kgCO₂e จำแนกเป็นคาร์บอนแฝงจากงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมเท่ากับ 14,190.75 kgCO₂e และ 12,810.55 kgCO₂e ตามลำดับ สัดส่วนปริมาณคาร์บอนแฝงงานโครงสร้างต่องานสถาปัตยกรรมเท่ากับ 1 ต่อ 0.90 นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้แสดงว่างานโครงสร้าง ค.ส.ล. งานผนังเหล็กแผ่นรีดลอน และงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของคาร์บอนแฝงของโรงงาน โดยก่อให้เกิดคาร์บอนแฝงรวมกันถึงร้อยละ 54.86 ของปริมาณคาร์บอนแฝงทั้งหมด [4]

ณัฐวัฒน์ บุญแสง และ นที สุริยานนท์ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร : กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ.เอส.ยูเนี่ยน คอนสตรัคชั่น ประเมินและวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ.เอส.ยูเนี่ยน คอนสตรัคชั่น ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมา

งานเสาเข็ม เจาะที่รับงานในเขตพื้นที่เขตภาคเหนือ กำหนดระยะเวลาติดตามผล คือวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร ครอบคลุมสามขอบเขตตามข้อกำหนด การคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร เกิดจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 เป็นส่วนใหญ่ และตามด้วยกิจกรรมในขอบเขตที่ 1 และขอบเขต 2 บริษัทรับเหมางานเสาเข็มเจาะ รวมถึงองค์กรนักศึกษา สามารถนำข้อมูลผลการศึกษางานวิจัยนี้ ไปใช้ระบุแหล่งก่อเกิดที่สำคัญของก๊าซเรือนกระจกในองค์กร อันจะเอื้อให้การกำหนดกลยุทธ์การลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ขององค์กร มีประสิทธิภาพมากขึ้น [5]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขั้นตอนดำเนินงานวิจัย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

3.1 กำหนดขอบเขตของการคำนวณ

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขอบเขตในการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ โดยใช้กรณีศึกษาของการก่อสร้างบ้าน 1 หลัง โดยมีขอบเขตของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ทั้งหมดดังนี้

1. คำนวณเฉพาะช่วงการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแค่ช่วงหนึ่งของ Life Cycle Assessment (LCA).
2. ในการคำนวณ จะไม่รวมงานเตรียมพื้นที่ งานถางป่า งานปรับพื้นที่ และงานถมดิน
3. ขนาดบ้านพักอาศัย คสล. 1 ชั้น พื้นที่ 101 ตารางเมตร โรงจอดรถ 2 คัน พื้นที่ 39 ตารางเมตร ดินแข็ง เสาเข็มยาว 4 เมตร รวมทางเดินรอบบ้าน รั้วก่อกอนกรีตล้อมรอบบ้าน ปลูกหญ้า พื้นที่ดินรวม 55 ตารางเมตร
4. ติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคา ขนาด 3.27 kWh ประเภท on grid ประเภท string inverter
5. การขนส่งวัสดุไปยังสถานที่ก่อสร้าง จากผู้ขายใกล้พื้นที่ขนส่งเป็นระยะทาง 10 กม.
6. การขนส่งเสาเข็มและเครื่องจักรตอกเสาเข็มจากผู้ผลิตมายังสถานที่ก่อสร้าง ระยะทาง 200 กม.
7. ไม่รวมการเดินทางของผู้ทำงาน ที่เดินทางจากที่พักภายนอกเข้ามายังสถานที่ก่อสร้าง
8. งานขุดดินฐานราก กองขังหลุมชั่วคราว ไม่ขนย้ายออกนอกสถานที่ ดินที่เหลือจากการกลับกลับ ขนทิ้งระยะทาง 2 กม.
9. ไม้แบบ ฐานราก เสา คาน พื้น เป็นการเช่าแบบเหล็กสำเร็จรูป ขนส่งเป็นระยะทาง 10 กม.
10. การติดตั้ง Inverter ติดตั้งในสถานที่ที่เตรียมไว้แล้ว ไม่มีการก่อสร้างห้อง Inverter ใหม่

11. การคำนวณทั้งหมด เน้นให้เห็นรูปแบบการคำนวณที่ถูกต้องตามหลักการ จึงใช้ค่า Emission Factor ที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ประกอบการคำนวณ

12. เป็นการค้นคว้าอิสระประกอบการเรียนปริญญาโท ไม่ทำการทวนสอบ ตามมาตรฐาน องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.)



รูปที่ 1 แบบบ้านที่ใช้ในการคำนวณ

3.2 รวบรวมปริมาณงานและขั้นตอนการก่อสร้างบ้าน

การก่อสร้างเป็นไปตามขั้นตอนการก่อสร้างบ้านทั่วไป โดยเริ่มจากการวางผังการก่อสร้าง การตอกเสาเข็ม การก่อสร้างฐานราก คานคอดิน พื้นชั้นล่างและเสา ต่อด้วยงานโครงสร้างหลังคาพร้อมการมุงหลังคา เมื่อเสร็จงานโครงสร้างหลักแล้ว ทำงานสถาปัตยกรรมต่อ คืองานก่อฉาบผนัง งานฝ้า งานเดินท่อไฟฟ้าบนฝ้า งานประตุนหน้าต่าง งานสุขาภิบาล งานติดตั้งสุขภัณฑ์และงานปูกระเบื้อง งานรั้วรอบบ้าน แล้วทำงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือ เก็บงานทาสีทั้งหมด จบด้วยงานติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศเป็นขั้นตอนสุดท้าย

3.3 รวบรวมปริมาณงานและขั้นตอนการติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh

การติดตั้งโซลาร์เซลล์ มีขั้นตอนไม่มากเท่าการก่อสร้างบ้าน โดยเริ่มจากทำงานสำรวจและออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการการใช้ไฟฟ้าพร้อมทั้งดูพื้นที่การติดตั้งที่เหมาะสม ส่วนขั้นตอนการติดตั้งเริ่มจากติดตั้ง rail mounting ติดตั้ง PV Panel ติดตั้ง Wire way ติดตั้ง Inverter เมื่อชุดอุปกรณ์ติดตั้งเสร็จแล้ว จึงทำการเดินสายไฟ ทั้งสายไฟ DC และสายไฟ AC และทำงานเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นขั้นตอนสุดท้าย

ส่วนเหตุผลที่เลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์ขนาด 3.27 kWh นั้น มาจากการคำนวณประมาณการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานในช่วงกลางวัน ซึ่งใช้ไฟฟ้าประมาณ 2.218 kWh จึงเลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์ ขนาด 545 kWh ต่อแผง จำนวน 6 แผง รวมเป็น 3.27 kWh โดยคิดประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ ร้อยละ 80 และมีค่าการสูญเสียการแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ร้อยละ 15 เหลือกำลังไฟฟ้าใช้ได้สุทธิ 2.236 kWh ซึ่งมากกว่าความต้องการ 2.218 kWh จึงเลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์ ขนาด 3.27 kWh ในการศึกษาครั้งนี้

3.4 รวบรวมค่า Emission Factor (EF)

3.4.1 การคัดเลือกหรือพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) โดยเรียงลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือและคุณภาพ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ฐานข้อมูลที่ใช้การศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้น ๆ

ลำดับที่ 2 ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยสถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (สทสย.) หรือ TIIIS

ลำดับที่ 3 ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-Reviewed Publications)

ลำดับที่ 4 ข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศที่มี

ลำดับที่ 5 ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

3.4.2 ค้นหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) จากแหล่งข้อมูลภายในประเทศ ในเว็บไซต์ ของ อบก.



รูปที่ 2 การค้นหา EF ในเว็บไซต์ ของ อบก.

3.4.3 รวบรวมค่า Emission Factor (EF) จากฐานข้อมูลทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งการค้นคว้าค่า Emission Factor

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าการปล่อย (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
155.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0730	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
156.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0517	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
157.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 100% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 100% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0404	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
158.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0657	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
159.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0658	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
160.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 100% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 100% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0628	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
161.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 50% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0502	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
162.	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% Loading	ข้อมูลรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ โหลด 75% โหลด: LCI method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	ตัน	0.0604	The National LCI Database, TIS-MTEC-NSTD (with TIS electricity 2016-2018)	Update_Dec2019

รูปที่ 3 ตัวอย่างค่า Emission Factor (EF) ของการขนส่ง

3.5 คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์การก่อสร้างบ้าน

3.5.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

สมการที่ (1) ใช้สำหรับการคำนวณค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ของการก่อสร้างบ้าน

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{EF} \quad (1)$$

กำหนดให้

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก หมายถึง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ที่เกิดขึ้นจากการใช้วัสดุและการก่อสร้างบ้าน

ข้อมูลกิจกรรม หมายถึง ทุกกิจกรรมของการก่อสร้างบ้าน การใช้วัสดุ การขนส่ง การติดตั้ง การก่อสร้าง

EF หมายถึง ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุหรือกิจกรรมต่อหนึ่งหน่วย ของข้อมูลกิจกรรมนั้นๆ

3.5.2 จัดทำตารางรายการวัสดุและกิจกรรมการก่อสร้างทั้งหมด พร้อมทั้งแสดงการคำนวณค่า Emission Factor (EF) ของแต่ละรายการ

3.6 คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์การติดตั้งโซลาร์เซลล์

3.6.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

โดยใช้ สมการที่ (1) สำหรับการคำนวณค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ของการติดตั้งโซลาร์เซลล์

3.6.2 จัดทำตารางรายการวัสดุและการติดตั้งโซลาร์เซลล์ทั้งหมด พร้อมทั้งแสดงการคำนวณค่า Emission Factor (EF) ของแต่ละรายการ

3.7 รวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์การก่อสร้างบ้านและการติดตั้งโซลาร์เซลล์

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์การก่อสร้างบ้าน} = 101,760.35 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

$$\text{ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์การติดตั้งโซลาร์เซลล์} = 846.49 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

$$\text{รวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ทั้งสองส่วน} = 102,606.84 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

3.8 คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

คาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ตามหลักการของ อบก. หาได้จาก ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์รวม/พื้นที่บ้าน(ตารางเมตร)

3.9 เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เมื่อเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

4. ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

4.1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ถูกแบ่งตามขั้นตอนของการก่อสร้างทุกขั้นตอน คิดปริมาณงานที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนั้นคูณกับค่า Emission Factor ทุกกิจกรรมของงานก่อสร้างบ้านพร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ ดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามงาน

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
1	งานก่อสร้างบ้านพักอาศัย				
1.1	งานวางผังการก่อสร้าง				
	คล่องสำรวจ	2.00	วัน	0	0
1.2	งานตอกเสาเข็ม				

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
	เสาเข็มคอนกรีต	3.10	ลบ.ม.	294.0000	910.69
	ขนส่งเสาเข็มมา	5,575.68	ตัน-กม.	0.0730	407.02
	รถขนส่งเสาเข็มกลับ	400.00	กม.	0.7870	314.80
	ขนส่งเครื่องตอกเสาเข็มไป-กลับ	8,000.00	ตัน-กม.	0.0517	413.60
	เครื่องจักรตอกเสา	32.00	ลิตร	2.9793	95.34
	รถส่งเครื่องตอกเสาเข็มกลับ	200.00	กม.	0.7870	157.40
1.3	งานฐานราก				
	คอนกรีต fc'240	2.64	ลบ.ม.	223.000	588.72
	เหล็กเสริม	0.34	ตัน	886.000	304.08
	ขนส่งรถแบ็คโฮมา	132.00	ตัน-กม.	0.0617	8.14
	รถแบ็คโฮขุดดิน	20.00	ลิตร	2.9793	59.59
	ขนส่งทรายรองพื้นมา	57.00	ตัน-กม.	0.1083	6.17
	รถส่งทรายรองพื้นกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งเหล็กเสริมมา	3.43	ตัน-กม.	0.1083	0.37
	รถส่งเหล็กเสริมกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ตัดเหล็กเสริม	17.60	kWh	0.5986	10.54
	ขนส่งไม้แบบเหล็กมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	ตัน-กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งคอนกรีตมา	63.36	กม.	0.1083	6.86
	รถส่งคอนกรีต	10.00	kWh	0.4923	4.92
	ปั๊มขณะเทปูน	3.60	กม.	0.5986	2.15
	รถขนส่งมารับไม้แบบ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	แบ็คโฮกลับฐานราก	20.00	ลิตร	2.9793	59.59
	ขนส่งรถแบ็คโฮกลับ	132.00	ตัน-กม.	0.0617	8.14
1.4	งานคานคอดิน				
	คอนกรีต fc'240	8.06	ลบ.ม.	223.0000	1,798.12
	เหล็กเสริม	1.21	ตัน	886.0000	1,071.62
	ตัดเหล็กเสริม	17.60	kWh	0.5986	10.54
	ขนส่งไม้แบบเหล็กมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งไม้แบบกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งคอนกรีตมา	193.52	ตัน-กม.	0.1083	20.96
	รถส่งคอนกรีตกลับ	20.00	กม.	0.4923	9.85
	ปั๊มขณะเทปูน	3.60	kWh	0.5986	2.15
	รถส่งแบบเหล็กมารับแบบ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งแบบเหล็กกลับ	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
1.5	งานพื้น				
	ขนส่งดินมาถมพื้น	760.00	ตัน-กม.	0.0679	51.60
	รถส่งดินกลับ	80.00	กม.	0.4923	39.38
	ทรายรองพื้น	12,600.00	กก.	0.0037	46.62
	คอนกรีต fc'240	10.83	ลบ.ม.	223.0000	2,414.00
	เหล็กเสริม	1.41	ตัน	886.0000	1,246.84
	ตัดเหล็กเสริม	4.40	kWh	0.5986	2.63
	บดอัดดินด้วยเครื่องตบดิน	8.20	kWh	0.5986	4.91

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
	ขนส่งตะแกรงไวน์เมทมา	2.00	ตัน-กม.	0.1083	0.22
	รถส่งตะแกรงไวน์เมทกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งไม้แบบเหล็กมา	5.00	ตัน-กม.	0.1083	0.54
	รถส่งไม้แบบมา	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งคอนกรีตมา	259.80	ตัน-กม.	0.1083	28.14
	รถส่งคอนกรีตกลับ	20.00	กม.	0.4923	9.85
	ปั๊มขณะเทปูน	3.60	kWh	0.5986	2.15
	รถมารับไม้แบบเหล็ก	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งไม้แบบเหล็กกลับ	5.00	ตัน-กม.	0.1083	0.54
1.6	งานเสา				
	คอนกรีต fc'240	2.52	ลบ.ม.	223.0000	561.25
	เหล็กเสริม	0.45	ตัน	886.0000	401.38
	ตัดเหล็กเสริม	8.80	kWh	0.5986	5.27
	ขนส่งไม้แบบเหล็กมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งคอนกรีตมา	60.40	ตัน-กม.	0.1083	6.54
	รถส่งคอนกรีตกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ปั๊มขณะเทปูน	8.80	kWh	0.5986	5.27
	รถมารับไม้แบบเหล็ก	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
1.7	งานโครงหลังคา				
	เหล็กโครงสร้าง	2842.40	กก.	1.3600	3,865.66
	สีกันสนิม	81.21	ตร.ม.	0.1420	11.53
	ขนส่งเหล็กโครงสร้างมา	15.00	ตัน-กม.	0.1083	1.62
	รถส่งเหล็กโครงสร้างกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ตัดเหล็กโครงสร้าง	35.20	kWh	0.5986	21.07
	เชื่อมเหล็กโครงสร้าง	704.00	kWh	0.5986	421.41
	เจียร์แต่งผิวรอยเชื่อม	17.60	kWh	0.5986	10.54
1.8	งานมุงหลังคา				
	แผ่นหลังคาคอนกรีต	169.83	ตร.ม.	16.5000	2,802.04
	แผ่นหลังคา metal sheet	31.30	ตร.ม.	2.2754	71.21
	ฉนวนกันความร้อน PU	31.30	ตร.ม.	2.1300	66.66
	ขนส่งแผ่นหลังคา	30.00	ตัน-กม.	0.1083	3.25
	รถส่งแผ่นหลังคา	10.00	กม.	0.4923	4.92
	มุงแผ่นหลังคา	7.20	kWh	0.5986	4.31
	ตัดแผ่นหลังคา	17.60	kWh	0.5986	10.54
1.9	งานผนัง				
	อิฐมวลเบา	19.02	ลบ.ม.	257.000	4,887.81
	ปูนก่ออิฐมวลเบา	9.06	ถุง	16.1000	145.81
	ปูนฉาบอิฐมวลเบา	155.85	ถุง	13.9000	2,166.27
	ปูนฉาบแต่งผิว Skim Coat	29.79	ถุง	8.2400	245.50
	ขนส่งอิฐมวลเบา	30.00	ตัน-กม.	0.1083	3.25
	รถส่งอิฐมวลเบา	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งปูนก่อและปูนฉาบมา	20.00	ตัน-กม.	0.1083	2.17
	รถส่งปูนก่อและปูนฉาบกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
1.10	งานฝ้า				

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
	ผ้าแผ่นยิปซัมบอร์ด	142.53	ตร.ม.	2.1500	306.44
	ปูนฉาบยิปซัม	0.99	ถุง	13.9000	13.76
	ขนส่งแผ่นยิปซัมบอร์ดมา	5.00	ตัน-กม.	0.1083	0.54
	รถส่งแผ่นยิปซัมบอร์ดกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
1.11	งานประติมากรรม				
	กระเบื้องเคลือบ	212.87	กก.	1.2710	270.55
	วงกบอลูมิเนียม	0.09	ตัน	7.5400	0.69
	ประตู UPVC	14.49	ตร.ม.	39.7000	575.25
	บล็อกแก้ว	0.23	ตร.ม.	120.000	28.08
	ซิลิโคนยาแนว	2.80	kg	2.8649	8.02
	ช่างมาวัดขนาดช่องเปิด	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ช่างเดินทางกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ขนส่งประตูหน้าต่างมา	10.00	ตัน-กม.	0.3401	3.40
	การติดตั้งประตูหน้าต่าง	1.80	kWh	0.5986	1.08
	รถส่งประตูหน้าต่างกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ขนส่งประตู UPVC มา	3.00	ตัน-กม.	0.1083	0.32
	ติดตั้งประตู UPVC	0.90	kWh	0.5986	0.54
	รถส่งประตู UPV กลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
1.12	งานสุขาภิบาล				
	ท่อ PVC 4" พร้อมข้อต่อ	546.89	ลบ.ซม.	0.6800	371.88
	ท่อ PVC 2" พร้อมข้อต่อ	574.03	ลบ.ซม.	0.6800	390.34
	ท่อ PVC 1/2" พร้อมข้อต่อ	402.12	ลบ.ซม.	1.2800	514.72
	ถังบำบัด HDPE	50.00	กก.	6.7071	335.36
	บ่อบำบัดคอนกรีต	5.65	ลบ.ม.	291.0000	1,645.57
	ฝาบ่อบำบัดคอนกรีต	0.38	ลบ.ม.	291.0000	109.70
	ขนส่งท่อคอนกรีตมา	2.00	ตัน-กม.	0.1083	0.22
	รถส่งท่อกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ขนส่งบ่อบำบัดคอนกรีตมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งบ่อบำบัดคอนกรีตกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ตัดท่อ PVC	8.80	kWh	0.5986	5.27
	เจาะบ่อบำบัดคอนกรีต	4.20	kWh	0.5986	2.51
	แบ็คโฮขุดดินวางถังบำบัด	10.00	ลิตร	2.9793	29.79
	แบ็คโฮยกบ่อบำบัดลงหลุม	10.00	ลิตร	2.9793	29.79
	แบ็คโฮกลับดินกลับ	5.00	ลิตร	2.9793	14.90
1.13	งานปูกระเบื้อง				
	กระเบื้องเซรามิค	205.00	ตร.ม.	15.6000	3,198.00
	กาวยาแนวกระเบื้อง	41.00	ถุง	14.7000	602.70
	ตัดกระเบื้อง	26.40	kWh	0.5986	15.80
	ขนส่งกระเบื้องมา	20.00	ตัน-กม.	0.1083	2.17
	รถส่งกระเบื้องกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
1.14	งานสุขภัณฑ์				
	สุขภัณฑ์เซรามิค	6.00	ชุด	234.0000	1,404.00
	กาวยาแนวกระเบื้อง	4.00	ถุง	1.3500	5.40
	ขนส่งกระเบื้องมา	2.00	ตัน-กม.	0.1083	0.22
	รถส่งกระเบื้องกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	ตัดท่อ PVC	2.20	kWh	0.5986	1.32

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
	สีกัดคอนกรีตติดตั้งสุขภัณฑ์	4.20	kWh	0.5986	2.51
1.15	งานรื้อถอน				
	คอนกรีต fc'240	8.11	ลบ.ม.	223.0000	1,808.98
	เหล็กเสริม	0.97	ตัน	886.0000	862.47
	ขนส่งไม้แบบเหล็กมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	คอนกรีตบล็อก	6.80	ลบ.ม.	157.0000	1,068.23
	ปูนก่อคอนกรีตบล็อก	24.30	ถุง	16.1000	391.23
	ปูนฉาบคอนกรีตบล็อก	41.40	ถุง	13.9000	575.46
	เหล็กโครงสร้าง	900.00	กก.	1.3600	1,224.00
	สีกันสนิมทาเหล็ก	0.03	ตร.ม.	0.1420	0.004
	สีน้ำมันทาเหล็ก	0.05	ตร.ม.	0.6650	0.034
	ขนส่งรถแบ็คโฮมา	132.00	ตัน-กม.	0.1083	14.30
	ขุดทำฐานราก	20.00	ลิตร	2.9793	59.59
	ขนส่งแบ็คโฮกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	รถขนไม้แบบเหล็กมารับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	ขนส่งไม้แบบเหล็กกลับ	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
1.16	งานระบบระบายน้ำ				
	ท่อซีเมนต์ใยหิน	25.45	ตร.ม.	9.0000	229.02
	บ่อบำบัดสำเร็จรูป	1.04	ลบ.ม.	251.0000	260.29
	ปูนทรายยาแนว	2.00	ถุง	22.4000	44.80
	ขนส่งท่อและบ่อบำบัดมา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่งท่อซีเมนต์ใยหินกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
1.17	งานทาสี				
	ขนส่งสีมา	5.00	ตัน-กม.	0.3401	1.70
	รถส่งสีกลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	สีน้ำรองพื้นทาสี	458.37	ตร.ม.	0.1250	57.30
	สีน้ำทับหน้าทาสี	458.37	ตร.ม.	0.6100	279.61
	สีน้ำทาฝ้า	142.53	ตร.ม.	0.4460	63.57
1.18	งานไฟฟ้า				
	ขนส่งวัสดุไฟฟ้ามา	2.00	ตัน-กม.	0.3401	0.68
	รถส่งวัสดุไฟฟ้ากลับ	10.00	กม.	0.3345	3.35
	เมนเบรกเกอร์ 50 AT	1.00	ตัว	45.0000	45.00
	เบรกเกอร์ลูกย่อย 16 AT	8.00	ตัว	28.0000	224.00
	เบรกเกอร์ลูกย่อย 10 AT	8.00	ตัว	27.0000	216.00
	ตัวรับ	25.00	อัน	5.0000	125.00
	สวิตช์	40.00	อัน	3.0000	120.00
	หลอดไฟ	40.00	หลอด	0.1090	4.36
	สายไฟ 2x1.5 ตร.มม.	8.00	100 เมตร	16.9000	135.20
	สายไฟ 2x2.5 ตร.มม.	2.00	100 เมตร	24.0000	48.00
	สายไฟ 2x4 ตร.มม.	4.00	100 เมตร	37.5000	150.00
	สายไฟ 2x10 ตร.มม.	0.12	100 เมตร	93.7500	11.25
	สายไฟ 2x16 ตร.มม.	0.30	100 เมตร	150.0000	45.00
	หลักดินทองแดง	0.02	100 เมตร	375.0000	9.00
	ท่อร้อยสาย PVC	603.19	ลบ.ซม.	0.0007	0.44
	ติดตั้งอุปกรณ์	3.60	kWh	0.5986	2.15

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ e/หน่วย)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
	กริดผนังเดินท่อ	8.80	kWh	0.5986	5.27
1.19	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ				
	แอร์ 12000 BTU (FCU และ CDU)	4.00	ชุด	12,500.0000	50,000.00
	น้ำยาแอร์ R134A	6.00	กก.	1,300.0000	7,800.00
	ติดตั้งอุปกรณ์	3.60	kWh	0.5986	2.15
2	งานติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27 kW				
2.1	งานสำรวจออกแบบ				
	ช่างมาสำรวจ	200.00	กม.	0.3345	66.90
	ช่างเดินทางกลับ	200.00	กม.	0.3345	66.90
2.2	งานติดตั้ง rail mounting				
	ขนส่งวัสดุ rail มา	10.00	ตัน-กม.	0.1083	1.08
	รถส่ง rail กลับ	10.00	กม.	0.4923	4.92
	Rail Aluminum	0.48	ตัน	7.5400	3.62
	ติดตั้ง rail	0.45	kWh	0.5986	0.27
2.3	งานติดตั้ง PV Panel				
	โซลาร์เซลล์ PV	3.27	kWh	0.0350	0.11
	แคลมป์ยึดอลูมิเนียม	0.0024	ตัน	7.5400	0.02
2.4	งานติดตั้ง Wire way				
	ท่อ IMC pipe	0.04	ตัน	2.8100	0.11
	ติดตั้งอุปกรณ์	0.90	kWh	0.5986	0.54
2.5	งานติดตั้ง Inverter				
	Inverter	1.00	ตัว	686.0000	686.00
	ติดตั้งอุปกรณ์	1.35	kWh	0.5986	0.81
2.6	งานเดินสายระบบไฟ DC				
	สายไฟ DC	0.40	100 เมตร	24.0000	9.60
	ติดตั้งอุปกรณ์	0.90	kWh	0.5986	0.54
2.7	งานเดินสายระบบไฟ AC				
	สายไฟ AC	0.20	100 เมตร	24.0000	4.80
	ติดตั้งอุปกรณ์	0.45	kWh	0.5986	0.27
2.8	งานเชื่อมต่อไฟเข้าระบบ				
	เชื่อมต่อระบบไฟฟ้า	1.00	งาน	0.0000	0.00
	รวม				102,606.84

4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามขอบเขตงาน ประเภทงาน

กิจกรรมการทำงานและขั้นตอนของการก่อสร้าง

4.2.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามขอบเขตงาน

เมื่อแยกการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของขอบเขตงาน พบว่า การก่อสร้างบ้านเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์เป็นสัดส่วนที่มากกว่าการติดตั้งโซลาร์เซลล์มาก ดังที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามขอบเขตงาน

ขอบเขตงาน	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
งานก่อสร้างบ้าน	101,760.35	99.18

งานติดตั้งโซลาร์เซลล์	846.49	0.82
รวม	102,606.84	100.00

การเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการก่อสร้างบ้านเท่ากับ 101,760.35 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 99.18 ซึ่งมากกว่า การติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 846.49 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 0.82 เนื่องจากการก่อสร้างบ้านมีสัดส่วนการใช้วัสดุ ขนส่งและติดตั้งมากกว่า การติดตั้งโซลาร์เซลล์

4.2.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามประเภทงาน

การจำแนกการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ตามประเภทงาน พบว่า งานสถาปัตยกรรมก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามประเภทงาน

ประเภทงาน	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
งานสถาปัตยกรรม	18,262.04	17.80
งานโครงสร้าง	20,553.77	20.03
งานระบบประปาและสุขาภิบาล	3,997.68	3.09
งานระบบไฟฟ้า	1,144.70	1.12
งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	57,802.15	56.33
งานโซลาร์เซลล์	846.49	0.16
รวม	102,606.84	100.00

4.2.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามกิจกรรมการทำงาน

จากการศึกษา ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามกิจกรรมการทำงาน พบว่า การใช้วัสดุเป็นสาเหตุหลักของการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามกิจกรรมการทำงาน

กิจกรรมการทำงาน	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
การใช้วัสดุ	99,888.97	97.35
การขนส่ง	1,814.78	1.77
การติดตั้ง	903.09	0.88
รวม	102,606.84	100.00

จากตาราง ผลการศึกษา พบว่า กระบวนการก่อสร้างรวมการติดตั้งโซลาร์เซลล์แล้ว การใช้วัสดุ เป็นสาเหตุหลักของการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด เป็นปริมาณ 99,888.97 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนมากถึงร้อยละ 97.35 ของปริมาณทั้งหมด ขณะที่การขนส่งทั้งหมดเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 1,814.78 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.77 โดยการขนส่งด้วย รถบรรทุกสิบล้อ บรรทุกเต็มกำลัง 100% วิ่งระยะทางยาวๆ จะเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่ำกว่ารถล้อและสี่ล้อที่บรรทุกเต็มกำลัง 100% และระยะทางเท่ากัน ตามลำดับ และถ้าหากบรรทุกไม่เต็มกำลังก็จะส่งผลทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการขนส่งสูงขึ้นไปอีก และการติดตั้งหรือการก่อสร้าง ก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 903.09 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนเพียงร้อยละ 0.88 เท่านั้น

4.2.4 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามขั้นตอนของการก่อสร้าง

จากการศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของงานตามขั้นตอนการก่อสร้าง พบว่า ขั้นตอนการทาสีเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์แยกตามขั้นตอนของการก่อสร้าง

ประเภทงานตามขั้นตอนการก่อสร้าง	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
1. งานก่อสร้างบ้าน		
งานตอกเสาเข็ม	2,298.86	2.24045
งานฐานราก	1,081.13	1.05367
งานคานคอดิน	2,925.25	2.85093
งานพื้น	3,862.19	3.76407
งานเสา	996.64	0.97132
งานโครงหลังคา	15,857.24	4.22658
งานมุงหลังคา	2,963.13	2.88785
งานผนัง	7,460.65	7.27111
งานฝ้า	325.66	0.31739
งานประตู หน้าต่าง	902.90	0.87996
งานสุขาภิบาล	3,457.82	3.36997
งานปูกระเบื้อง	3,822.01	3.72491
งานสุขภัณฑ์	1,416.79	3.38080
งานรื้อรอบบ้านรวมฐานรากแม่	6,057.45	5.86670
งานระบบระบายน้ำในพื้นที่บ้าน	538.54	0.52486
งานทาสี	405.52	0.39521
งานไฟฟ้า	1,144.70	1.11562
งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	57,802.15	56.33363
รวมข้อ 1 งานก่อสร้างบ้าน	101,760.25	99.1750
2. งานติดตั้งโซลาร์เซลล์		
งานสำรวจออกแบบ	133.80	0.13040
งานติดตั้ง rail mounting	9.89	0.00964
งานติดตั้ง PV Panel	0.13	0.00013
งานติดตั้ง Wire way	0.65	0.00063
งานติดตั้ง Inverter	686.81	0.66936
งานเดินสายระบบไฟ DC	10.14	0.00988
งานเดินสายระบบไฟ AC	5.07	0.00494
งานเชื่อมต่อไฟ	0.00	0.00000
รวมข้อ 2 งานติดตั้งโซลาร์เซลล์	846.49	0.82500
รวม 1+2	102,606.84	100.00000

งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด เป็นปริมาณมากถึง 57,802.15 kgCO₂e ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 56.33 ของปริมาณทั้งหมด ลำดับต่อมาเป็นงานผนัง 7,460.65 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 7.27 ตามด้วยงานรื้อรอบบ้าน 6,057.45 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5.87 ส่วนงานที่เหลือเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์รวมกัน 31,286.59 kgCO₂e คิดรวมกันเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.53

4.2.5 งานที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด 5 อันดับแรก

จากการศึกษา งานที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด 5 อันดับแรก พบว่างานที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์สูงสุด อันดับแรก คืองานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ 57,802.15 kgCO₂e คิด

เป็นสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 56.33 อันดับที่สอง คืองานผนังอิฐมวลเบา 4,887.81 kgCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.76 อันดับที่สาม คืองานโครงเหล็กของหลังคา 3,865.66 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 3.77 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 งานที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด 5 อันดับแรก

อันดับที่	ประเภทงาน	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
1	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	57,802.15	56.33
2	งานผนังอิฐมวลเบา	4,887.81	4.76
3	งานโครงเหล็กของหลังคา	3,865.66	3.77
4	งานกระเบื้องเซรามิค	3,198.00	3.12
5	งานแผ่นหลังคาซีเมนต์ไม้นี้	2,802.24	2.73
รวม		72,553.71	70.76

4.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

4.3.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตามขอบเขตงาน

จากผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตามขอบเขตงาน พบว่า การก่อสร้างบ้านโดยรวม มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ 726.86 kgCO₂e/ตร.ม. และการติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ 258.87 kgCO₂e / kWh ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตามขอบเขตงาน

ขอบเขตงาน	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ปริมาณ	หน่วย	คาร์บอนฟุตพริ้นต์/หน่วยผลิตภัณฑ์
การก่อสร้างบ้าน	101,760.35	140.00	ตร.ม.	726.86
ติดตั้งโซลาร์เซลล์	846.49	3.27	kWh.	258.87

4.3.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตามประเภทงานก่อสร้าง

เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ แยกตามประเภทงานก่อสร้าง พบว่า งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มากที่สุด เท่ากับ 412.87 kgCO₂e/ตร.ม. ลำดับต่อมาคือโครงสร้าง 146.81 kgCO₂e/ตร.ม. งานสถาปัตยกรรม 130.44 kgCO₂e/ตร.ม. งานระบบประปาและสุขาภิบาล 28.55 kgCO₂e/ตร.ม. และงานระบบไฟฟ้า 8.18 kgCO₂e / ตร.ม. ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ตามประเภทงานก่อสร้าง

ขอบเขตงาน	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	พื้นที่บ้าน (ตร.ม.)	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e/ตร.ม.)
งานสถาปัตยกรรม	18,262.04	140	130.44
งานโครงสร้าง	20,553.77	140	146.81
งานระบบประปาและสุขาภิบาล	3,997.68	140	28.55

งานระบบไฟฟ้า	1,144.70	140	8.18
งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	57,802.15	140	412.86

4.3.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ สูงสุด 5 อันดับแรก เมื่อพิจารณา ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ พบว่างานที่ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากที่สุด คือ งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ 412.86 kgCO₂e/ตร.ม. รองลงมาคือ งานผนังอิฐมวลเบา 34.91 kgCO₂e/ตร.ม. และงานโครงเหล็กหลังคา 27.61 kgCO₂e/ตร.ม. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ของงานที่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ สูงสุด 5 อันดับแรก

ขอบเขตงาน	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	พื้นที่บ้าน (ตร.ม.)	คาร์บอนฟุตพริ้นต์/หน่วยผลิตภัณฑ์
งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	57,802.15	140	412.86
งานผนังอิฐมวลเบา	4,887.81	140	34.91
งานโครงเหล็กของหลังคา	3,865.66	140	27.61
งานปูกระเบื้องเซรามิค	3,198.00	140	22.84
งานแผ่นหลังคาซีแพค	2,802.00	140	20.02

4.4 วิธีการลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์

วิธีการลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ได้อย่างมีนัยสำคัญคือ ลดการติดตั้งงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ควรออกแบบบ้านให้อากาศถ่ายเทได้ดีและเพิ่มการปลูกต้นไม้บริเวณบ้านเพื่อให้อากาศโดยรวมเย็นลง เพื่อลดความต้องการใช้งานระบบปรับอากาศ ส่วนผนังที่เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์มากอันดับสอง การศึกษาได้ศึกษาการใช้วัสดุผนังดังนี้

4.4.1 เปลี่ยนวัสดุผนังจากอิฐมวลเบาเป็นผนังคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษา พบว่าการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ลดลงเป็น 99,858.47 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 98.13 สามารถลดลงได้ร้อยละ 1.87 เมื่อเทียบกับผนังอิฐมวลเบา ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์บ้านทั้งหลังเปรียบเทียบการใช้วัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาเทียบกับผนังคอนกรีตบล็อก

ขอบเขตงาน	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
บ้านผนังอิฐมวลเบา	101,760.35	100.00
บ้านผนังก่อคอนกรีตบล็อก	99,858.47	98.13

4.4.2 เปลี่ยนวัสดุผนังจากอิฐมวลเบาเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ (Pre-casted concrete)

จากการศึกษา พบว่าการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์เพิ่มขึ้นเป็น 106,215.12 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 104.38 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.38 เมื่อเทียบกับผนังอิฐมวลเบา สาเหตุที่ทำให้เพิ่มขึ้นนั้นเป็นเพราะว่าผนังคอนกรีต

เสริมเหล็กหล่อสำเร็จนั้นมีค่า Emission Factor ที่สูงกว่าผนังอิฐมวลเบา ข้อมูลเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์บ้านทั้งหลังเปรียบเทียบการใช้วัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาเทียบกับผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ

ขอบเขตงาน	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)	ร้อยละ
บ้านผนังอิฐมวลเบา	101,760.35	100.00
บ้านผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ	106,215.12	104.38

4.4.3 การลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากการติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27

kWh เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานไฟฟ้าระยะยาว ตลอดอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ 20 ปี

จากการศึกษา การลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ในระยะยาว พบว่า กำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบโซลาร์เซลล์ ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี มี กำลังการผลิต 81,161.40 kWh ซึ่งโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าโดยไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกขณะใช้งาน ส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าที่มี กำลังการผลิตเท่ากันคือ 81,161.40 kWh ทำให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ 48,583.21 kgCO₂e แสดงว่า การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh สามารถลดปริมาณการเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ได้ 48,583.21 kgCO₂e ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการใช้งานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และระบบโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh เป็นระยะเวลา รวม 20 ปี

แหล่งผลิตไฟฟ้า	การใช้งานไฟฟ้า (kWh)	Emission Factor (kgCO ₂ e/kWh)	คาร์บอนฟุตพริ้นต์ (kgCO ₂ e)
โซลาร์เซลล์	81,161.40	0.0000	0.00
การไฟฟ้า	81,161.40	0.5986	48,583.21

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการก่อสร้างบ้านพร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ รวมกันมีค่าเท่ากับ 102,606.84 kgCO₂e โดยแยกเป็นงานก่อสร้างบ้าน 101,760.25 kgCO₂e และงานการติดตั้งโซลาร์เซลล์ 846.49 kgCO₂e

ตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย สามารถสรุปได้ 3 ประเด็นหลักดังนี้

1. การเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นต์หลักๆของการก่อสร้างบ้านพร้อมติดตั้งโซลาร์เซลล์ เกิดมาจากการระบบปรับอากาศและระบายอากาศเกิดสูงสุดถึง 57,802.15 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 56.33 ของงานทั้งหมด อันดับสองงานผนังอิฐมวลเบา 4,887.81 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 4.67 อันดับสามงานโครงเหล็กหลังคา 3,865.66 kgCO₂e คิดเป็นร้อยละ 3.77 ดังนั้นหากสามารถหาวิธีลดจากทั้งสามงานนี้ได้ ก็จะสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. การลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ควรเริ่มจากการออกแบบบ้านให้อากาศถ่ายเทได้ดี และปลูก

ต้นไม้โดยรอบบ้าน เพื่อลดความต้องการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ส่วนงานอื่นๆ ควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่า Emission Factor วัสดุที่ใช้ อยู่เดิมมาทดแทน ก็จะสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ เช่น กรณีที่ 1 เปลี่ยนผนังก่ออิฐมวลเบาเป็นผนังก่ออิฐบล็อก สามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้มากถึงร้อยละ 1.87 แต่การเปลี่ยนผนังก่ออิฐมวลเบาเป็นผนังคอนกรีต หล่อสำเร็จ ที่มีค่า Emission Factor สูงกว่า ทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สูงกว่าเดิมร้อยละ 4.38 แสดงให้เห็นว่า ยังเลือกใช้วัสดุที่มีค่า Emission Factor ต่ำได้มากเท่าไร ก็ยังสามารถลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของการ ก่อสร้างบ้านได้มากขึ้นเท่านั้น

3. เฉพาะในขั้นตอนของการติดตั้งโซลาร์เซลล์ขนาด 3.27 kWh ในครั้ง แรก เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพียง 846.49 kgCO₂e แต่เมื่อระยะยาวใช้งาน รวม 20 ปี ตามอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์แล้ว สามารถลดการเกิด คาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้มากถึง 48,583.21 kgCO₂e แทนการใช้ไฟฟ้าจาก หน่วยงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะเห็นได้ว่า การติดตั้งโซลาร์เซลล์นั้น สามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระยะยาวได้มาก

หากเปรียบเทียบกับวิจัยในอดีตที่คล้ายคลึงกัน พบว่า ผลการศึกษา งานวิจัยนี้ เกิดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่บ้านเท่ากับ 726.86 kgCO₂e/ ตร.ม. (รวมงานระบบปรับอากาศ ซึ่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่บ้าน รวมกันเท่ากับ 412.86 kgCO₂e/ตร.ม.) แต่หากไม่รวมงานระบบปรับ บอากาศ จะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่บ้านเท่ากับ 314.00 kgCO₂e/ตร. ม. ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นิคม วัดเกต และ นที สุรียานนท์ (2567) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าคาร์บอนแฟกเตอร์ อาคาร โรงงาน และได้ค่าคาร์บอนแฟกเตอร์ต่อพื้นที่อาคารเท่ากับ 300.01 kgCO₂e/ตร. ม. เนื่องจากงานวิจัยของ นิคม วัดเกต ไม่รวมวัสดุก่อสร้างบางชนิดที่ไม่ สามารถหาค่า Emission Factor ได้ และไม่รวมงานเสาเข็ม งานทาสี งาน ระบบปรับอากาศ งานเครื่องกล งานไฟฟ้า และงานประปา งานรั้วรอบ พื้นที่ ขณะที่งานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งหมดทุกงานที่กล่าวมา

6. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตการคำนวณหาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ วัสดุก่อสร้าง การขนส่งจากจุดขายวัสดุใกล้สถานที่ก่อสร้าง ไปยังสถานที่ ก่อสร้าง โดยกำหนดขอบเขตเฉพาะช่วงการก่อสร้างเท่านั้น ซึ่งเป็นเพียง บางส่วนของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ยังไม่รวมการขนส่ง การกระจายสินค้าจากแหล่งผลิตหลักไปยังจุดขายตามภูมิภาค ไม่รวมช่วง การใช้งานบ้านและการกำจัดซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน ประกอบกับการ หาค่า Emission Factor ของแผงโซลาร์เซลล์ ยังไม่พบว่า มีผู้ผลิตรายใด ที่ได้การรับรองผลิตภัณฑ์และประกาศใช้อย่างเป็นทางการจาก อบก. จึงใช้ ข้อมูลอ้างอิงจาก National Renewable Energy Laboratory (NREL) เปรียบเทียบกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ในประเทศไทยราย หนึ่ง มาเป็นข้อมูลอ้างอิง และงานวิจัยนี้ ก่อสร้างบนชั้นดินแข็งเสาเข็มยาว 4 เมตร ไม่รวมการปรับที่ดินก่อนก่อสร้างและใช้วิธีเข้าไม้แบบเหล็กแทนไม้

แบบชนิดไม้อัด ดังนั้น หากนำข้อมูลนี้ไปใช้งานควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบการใช้งานเพิ่มเติม

สำหรับแนวทางในการทำวิจัยในครั้งต่อไป หากพิจารณาเพิ่มเติมขั้นตอน ของการกระจายสินค้าจากแหล่งผลิตหลักไปยังจุดขายในภูมิภาค ช่วงการ ใช้งานบ้านและช่วงการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน ก็จะได้ค่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่เกิดจากการก่อสร้างบ้าน พื้นที่ 140 ตร.ม. พร้อม ติดตั้งโซลาร์เซลล์ 3.27 kWh ที่ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น และจะเป็นข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างบ้านจัดสรรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. วันโชค เครือหงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา แนวทางในการจัดทำงานวิจัย วางแผนงาน ตรวจสอบงานวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ครูธิดารัตน์ นิยมถัน ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนจันทร์พูน บำเพ็ญ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเขียนรายงานการวิจัย การค้นคว้าค่า Emission Factor ที่น่าเชื่อถือได้ทั้งจากแหล่งสืบค้นภายในประเทศและ ต่างประเทศ และขอขอบคุณบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างบ้าน บริษัท ริเวอร์ ฮิลล์ บิวเดอร์ จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล ปริมาณงาน แบบก่อสร้าง แบบ สามมิติ ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างบ้าน และขอขอบคุณ บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้ผลิต จัดจำหน่ายและติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ที่ อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณงาน ขั้นตอนการติดตั้งโซลาร์เซลล์ ค่า Emission Factor ของการผลิตแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งเป็นประกอบที่สำคัญของการทำ วิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai Meteorological Department. (2024). *Greenhouse effect*. <http://climate.tmd.go.th/content/article/10>
- [2] กิตติพัฒน์ เจนวรพจน์ และ นที สุรียานนท์. (2567). การประมาณค่า คาร์บอนแฟกเตอร์การก่อสร้างผิวดินแอสฟัลต์ติกคอนกรีตและทางระบาย น้ำ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, เชียงใหม่, 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า CEM 23-1 – 23-8.
- [3] อภิมุข แสงพราย, นที สุรียานนท์ และสมจินตนา แชนงแก้ว. (2567). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคอนกรีตบล็อก มอก. 58-2560. *การประชุม วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, เชียงใหม่, 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า CEM09-1 – 09-8.
- [4] นิคม วัดเกต และนที สุรียานนท์. (2567). การประมาณค่าคาร์บอน แฟกเตอร์อาคารโรงงาน. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, เชียงใหม่, 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า CEM 26-1 – 26-11.
- [5] ณัฐวัฒน์ บุญแสง และนที สุรียานนท์. (2567). การประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์องค์กร : กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดเจ.เอส.ยูเนี่ยน คอน สตรัคชั่น. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, เชียงใหม่, 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า CEM24-1 – 24-8.