

## การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา: การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

### Carbon Footprint Assessment of Product Case study: Construction of a guest house from bamboo, Pai District Mae Hong Son Province

(Received: August 20,2024 ; Revised: August 27,2024 ; Accepted: August 28,2024)

ภฤศมน แจ่มสว่าง<sup>1</sup>, เสรีย์ ตู่ประกาย<sup>2</sup>, ชลธิพรรณ ธรรมพรรัมย์<sup>3</sup>, ชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย<sup>3</sup>,  
ชฎานิชฐ์ วิทยากรมย์<sup>4</sup> มงคล รัชชะ<sup>5</sup>  
Parismon Jamsawang<sup>1</sup>, Seree Tuprakay<sup>2</sup>, Chaleeporn Thammapornram<sup>3</sup>, Chaiwat Pooworakulchai<sup>3</sup>,  
Chayanit Witthayaphirom<sup>4</sup> Mongkol Ratcha<sup>5</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยใช้หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อประโยชน์ต่อหน่วยงานที่สนใจสามารถ นำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการประเมินและลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการ วิเคราะห์เชิงปริมาณ ผลการศึกษาพบว่าอาคารเกสต์เฮาส์นี้มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด เท่ากับ 1,377.031 kgCO<sub>2</sub>e โดย อาคารมีพื้นที่ทั้งหมด 40 m<sup>2</sup> ดังนั้นเมื่อเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่ 1 m<sup>2</sup> เท่ากับ 34.42 kgCO<sub>2</sub>e ได้ดำเนินการ เปรียบเทียบอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไปและอาคารบล็อกประสาน มีค่าเท่ากับ 13,152.02 42 kgCO<sub>2</sub>e และ 8,322.62 kgCO<sub>2</sub>e หรือ เมื่อเทียบกับ 1 m<sup>2</sup> เท่ากับ 257.8842 kgCO<sub>2</sub>e และ 155.28 kgCO<sub>2</sub>e จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อ 1 m<sup>2</sup> อาคารที่สร้างด้วยไม้ไผ่ มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำที่สุด โดยน้อยกว่าอาคารแบบทั่วไปถึง 7.5 เท่า และบล็อกประสานประมาณ 4.5 เท่า  
**คำสำคัญ:** คาร์บอนฟุตพริ้นท์, เกสต์เฮาส์, Cradle-to-Gate, Business-to-Business: B2B

#### ABSTRACT

This research aims to analyze the carbon footprint of a product, focusing on a case study of constructing a bamboo guesthouse in Pai District, Mae Hong Son Province. The principles of carbon footprint assessment for products were applied to provide useful guidelines for interested organizations to use the study's results as a model for effectively assessing and reducing their own carbon footprints. This quantitative analysis found that the total carbon footprint emitted by the guesthouse is 1,377.031 kgCO<sub>2</sub>e, with the building covering an area of 40 m<sup>2</sup>. Therefore, the carbon footprint per square meter is 34.42 kgCO<sub>2</sub>e. The study also conducted a comparison with a conventionally constructed building and an interlocking block building, which have total carbon footprints of 13,152.02 kgCO<sub>2</sub>e and 8,322.62 kgCO<sub>2</sub>e respectively, or 257.8842 kgCO<sub>2</sub>e and 155.28 kgCO<sub>2</sub>e /m<sup>2</sup>. It is evident that, when compared per square meter, the bamboo guesthouse has the lowest carbon footprint, being 7.5 times lower than a conventional building and approximately 4.5 times lower than an interlocking block building.

**Keywords:** Carbon Footprint, Guesthouse, Cradle-to-Gate, Business-to-Business (B2B)

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

<sup>2</sup> วศ.ด.รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

<sup>3</sup> พร.ด.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

<sup>4</sup> พร.ด.คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

<sup>5</sup> พร.ด.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง Corresponding author Email: Mongkol.r@ru.ac.th

## บทนำ

ปัจจุบันการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint: CFP) เป็นวิธีหนึ่งในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases : GHGs) ของผลิตภัณฑ์ โดยจะแสดงผลออกมาเป็นข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานตามหลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA)<sup>15</sup> ซึ่งจะคำนวณออกมาในหน่วยของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO<sub>2</sub>e)

ภาวะโลกร้อน คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากภาวะเรือนกระจก ปรากฏการณ์ที่โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ก่อให้เกิดสภาพอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต ซึ่งสภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) เกิดจากการที่ชั้นบรรยากาศมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไป และก๊าซเรือนกระจก ประกอบขึ้นเป็นชั้นบรรยากาศห่อหุ้มโลกเอาไว้ แต่ต้องเข้าใจก่อนว่าก๊าซเรือนกระจกไม่ใช่ตัวร้าย เพราะหน้าที่หลักของก๊าซเรือนกระจก คือการรักษาระดับอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดอากาศร้อนจัดหรือหนาวจัด จนสิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้แต่ในทางกลับกัน หากบนชั้นบรรยากาศมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็จะทำให้อุณหภูมิในโลกสูงขึ้น จนเกิดเป็นภาวะโลกร้อนนั่นเอง วิธีการลดโลกร้อนมีมากกว่าการลดใช้พลาสติก แยกขยะ ปลูกต้นไม้ หรือลดการใช้ยานพาหนะส่วนตัว ซึ่งแต่ละวิธีก็สัมพันธ์กับการใช้ชีวิตประจำวันของเรา ๆ ทั้งหมด<sup>1</sup>

จากผลกระทบของภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตื่นตัว และให้ความสำคัญกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเป็นต้นเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน จากแรงกดดันในรูปแบบนโยบายข้อตกลงร่วมกันระหว่างประเทศ รวมทั้งความตื่นตัวของประชาคมโลกได้มีการศึกษาวิจัย และสร้างเครื่องมือวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยอุตสาหกรรมท่องเที่ยวเป็นอีก

อุตสาหกรรมหนึ่งที่เกิดก๊าซเรือนกระจก จากระบบการท่องเที่ยว จำเป็นต้องอาศัยพลังงาน ทั้งในการขนส่ง โรงแรม ที่พัก และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในแหล่งท่องเที่ยว ดังนั้นจึงนิยามคำว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นเครื่องมือที่จะช่วยสะท้อนข้อมูลประกอบกับการวิเคราะห์พฤติกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนับเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงศักยภาพการบริหารจัดการการท่องเที่ยวที่ผ่านมา ว่าประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการ การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนมากน้อยเพียงใด<sup>2</sup>

การศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการก่อสร้างเกสต์เฮาส์ด้วยไม้ไผ่ ผลิตภัณฑ์ในพื้นที่อำเภอป่าฝาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอป่าฝางเป็นชนบทเล็ก ๆ ที่เงียบสงบ แวดล้อมไปด้วยธรรมชาติ และวิถีชีวิตที่ดูเรียบง่าย การที่เป็นเมืองเล็ก ๆ กลางหุบเขาที่โอบล้อมไปด้วยขุนเขาและสายน้ำปาย ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงแก่นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างประเทศที่ชื่นชอบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและผจญภัยเพราะสภาพพื้นที่และอากาศเหมาะสมกับเป็นเมืองพักผ่อน กิจกรรมการท่องเที่ยวเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ได้แก่ เดินป่า ล่องแพ ล่องเรือ ทัวร์มอเตอร์ไซค์ ทั้งนี้ยังคงอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมของท้องถิ่นไว้ และยังคงรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่สวยงามด้วยเสน่ห์เฉพาะตัวของอำเภอป่าฝาง ที่ดึงดูดให้หลายคนกลับมาอีกครั้ง<sup>3</sup>

การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่มีข้อดีหลายประการในแง่ของความยั่งยืนและการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แต่ก็ยังมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนเพื่อให้แน่ใจว่าการก่อสร้างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง<sup>4</sup>

- กระบวนการปลูกและเก็บเกี่ยว: ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่เติบโตอย่างรวดเร็วและย่อยสลายได้ง่าย แต่กระบวนการปลูกอาจใช้ทรัพยากร เช่น น้ำ และสารเคมีบางชนิด ซึ่งอาจส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอน นอกจากนี้การใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวไม้ไผ่ก็อาจเพิ่มคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้<sup>4</sup>

- การขนส่งและแปรรูป: การขนส่งไม้ไผ่จากแหล่งปลูกไปยังพื้นที่ก่อสร้าง ถ้ามีระยะทางที่ยาวไกล อาจใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง ซึ่งส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น อีกทั้งการแปรรูปไม้ไผ่เป็นวัสดุก่อสร้างอาจใช้พลังงานในการตัดแต่งและเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความทนทาน<sup>5</sup>

- การใช้วัสดุเสริม: ในบางกรณีการก่อสร้างเกสต์เฮาส์ด้วยไม้ไผ่อาจต้องใช้วัสดุเสริม เช่น ปูนซีเมนต์หรือเหล็กเพื่อเสริมความแข็งแรง ซึ่งวัสดุเหล่านี้มักมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูง หากต้องการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อาจพิจารณาใช้วัสดุเสริมที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำหรือวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น<sup>6</sup>

- ความทนทานและการบำรุงรักษา: ไม้ไผ่มีความทนทานสูงแต่ยังคงต้องการการบำรุงรักษา เช่น การเคลือบน้ำยากันแมลงและการป้องกันความชื้น ซึ่งอาจทำให้ต้องใช้ทรัพยากรและพลังงานเพิ่มเติมในการบำรุงรักษา เป็นปัจจัยที่สามารถเพิ่มคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้<sup>7</sup>

การทำความเข้าใจและจัดการกับปัญหานี้สามารถช่วยให้การใช้ไม้ไผ่ในการก่อสร้างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนยิ่งขึ้น โดยอาจต้องพิจารณาและพัฒนาเทคโนโลยี หรือวิธีการที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการทั้งหมด<sup>8</sup>

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกกรณีศึกษาการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อให้ผู้วิจัยและหน่วยงานที่สนใจสามารถนำข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงาน การผลิต และการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค้นหาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงาน นอกจากนี้ ข้อมูลเหล่านี้ยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตงานไม้ไผ่ เพื่อช่วยลดการปล่อยมลพิษสู่อากาศ

## วัตถุประสงค์งานวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการก่อสร้างเกสต์เฮาส์ไม้ไผ่ โดยใช้หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเป็นแนวทางในการประเมินและลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา: การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสังเกตและจดบันทึกข้อมูลการก่อสร้างเป็นตัวเลข จากนั้นดำเนินการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งใช้วิธีการอ้างอิงระเบียบวิธีการประมาณการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## วิธีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ตามรูปแบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการดำเนินโครงการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่ง วัสดุดิบ การขนส่ง การผลิต การติดตั้ง ตลอดจนก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่แล้วเสร็จ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการก่อสร้างเกสต์เฮาส์ จำนวน 1 อาคาร พื้นที่ประมาณ 40 m<sup>2</sup> วิธีการเก็บข้อมูลรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ เบื้องต้นจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง คือ

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการเก็บข้อมูลที่ดำเนินการเก็บรวบรวมมาจากข้อมูลอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้งาน การใช้พลังงานระหว่างการก่อสร้าง และวัสดุไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยผู้วิจัยและผู้รับเหมาก่อสร้างเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งภายนอก (External Source) ได้แก่ รายงานการวิจัย หนังสือ บทความ และวารสาร ที่ได้มีการจัดทำขึ้นโดยหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน<sup>2</sup> และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม

### การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยดำเนินการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งใช้วิธีการอ้างอิง โดยระเบียบวิธีการประมาณการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์จาก IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) โดยปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ จะต้องมีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนี้

$$\text{CO}_2 \text{ Emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor}$$

หมายเหตุ. Activity data คือ ข้อมูลการใช้พลังงาน เช่น เชื้อเพลิง วัสดุที่ใช้ในกิจกรรม Emission factor คือ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการก่อสร้างเกสต์เฮาส์ ทำให้ทราบถึงปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก รวมถึงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการแปรรูป โดยแสดงผลการวิเคราะห์ในหน่วยตารางเมตรของการพักอาศัย ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง โดยอาจขยายผลไปถึงการคำนึงต่อการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการถัดไป

1) การวิจัยดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ประกอบด้วย

1.1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

1.2) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI)

1.3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

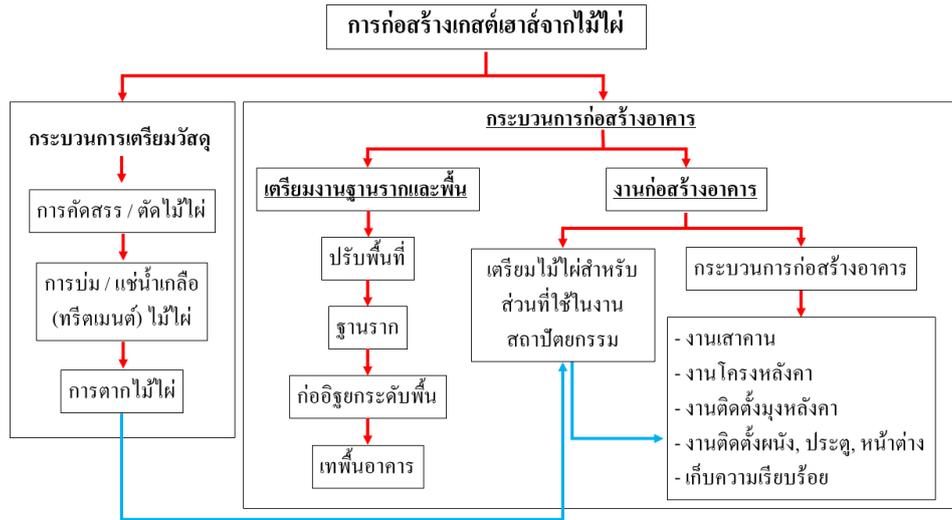
1.4) การแปลผล (Life Cycle Interpretation)

2) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) เป็นการวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและปริมาณของการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการปล่อยของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ ไม้ จำนวน 1 อาคาร ภายใต้หลักการดำเนินการ LCA และข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลที่ได้เก็บจริงจากกระบวนการปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในกระบวนการทุติยภูมิ (Secondary data)

### กระบวนการวางแผนในการเตรียมวัสดุ

การเตรียมไม้ ไม้ รวมถึงการรักษาเนื้อไม้ สำหรับการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ ไม้ เป็นหน้าที่ของทางผู้รับเหมาในการก่อสร้างทั้งหมด เนื่องจากผู้รับเหมาในการก่อสร้างครั้งนี้เป็นผู้ปลูกไม้ ตั้งพื้นที่สำหรับรักษาเนื้อไม้ด้วยตนเอง เพื่อช่วยประหยัดค่าขนส่งจากแหล่งที่เพาะปลูก กับสถานที่รักษาเนื้อไม้ และผู้วิจัยได้มีโอกาสในการเรียนรู้ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมการดำเนินการ ซึ่งช่วยทำให้เข้าใจศักยภาพ และข้อจำกัดมากขึ้น

ในแง่ของการวางแผนการก่อสร้างพบว่า การจัดหาไม้ ไม้ ต้องทำการรักษาเนื้อไม้ด้วย จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนล่วงหน้าอย่างน้อย 6 เดือน กระบวนการก่อสร้างหลังจากขั้นตอนการเตรียมไม้ ไม้ เสร็จ ทางผู้รับเหมาวางแผนดำเนินงานก่อสร้างไว้ประมาณ 40 วัน โดยทางผู้รับเหมาประเมินจากบุคลากร และกระบวนการก่อสร้าง



ภาพประกอบที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการทำงาน

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการดำเนินงานแล้วเสร็จทั้งหมด ทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด ซึ่งแบ่งการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็น 2 ช่วงเวลา

1) ช่วงเวลาการเตรียมไม้ไผ่ ส่วนใหญ่คาร์บอนฟุตพริ้นท์เกิดจากขั้นตอนการตัดไม้ไผ่โดยใช้

เครื่องมือในการตัด แต่ง เจาะรูไม้ไผ่ ในการได้มาของวัสดุก่อสร้าง และขั้นตอนการแช่ไม้ การรักษาเนื้อไม้ด้วยการแช่น้ำเกลือ เพื่อป้องกันมอด โดยได้ข้อมูลมาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานและอุปกรณ์ที่ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วน of ขั้นตอนการเตรียมไม้ไผ่

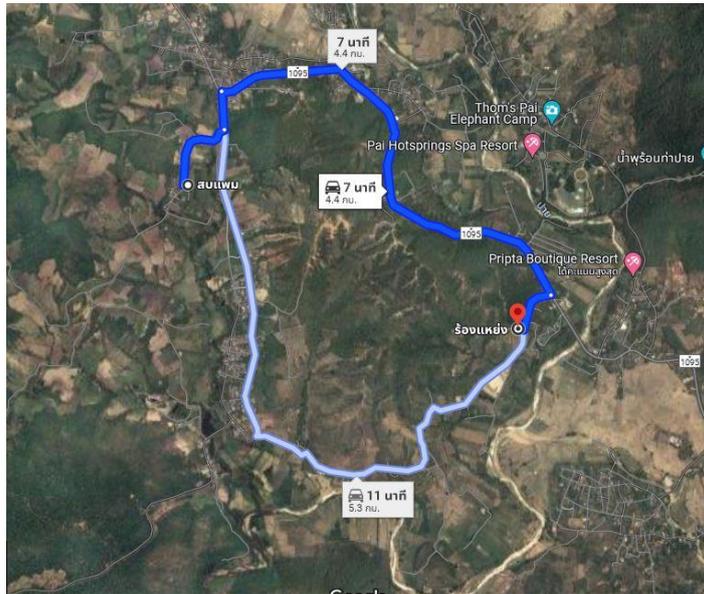
ลำดับ	รายการ	ระยะเวลา / หน่วยปริมาณ	
1	ขั้นตอนการตัดไม้ไผ่	3	วัน
	เลื่อนยนต์ ใช้เวลาดำเนินการวันละ 6 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 จำนวน 3 ลิตร/วัน	7.02	kg.
2	ขั้นตอนการแช่น้ำ	90	วัน
	สว่านไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W. โดยใช้เวลาดำเนินการเจาะ 3 วัน วันละ 6 ชั่วโมง	9.00	kWh
	น้ำในการแช่ไม้ไผ่ บ่อขนาดกว้าง 2 m. สูง 1m. และยาว 5 m.	10.00	m <sup>3</sup>
	เกลือ	2.00	kg.
3	ขั้นตอนการตาก	7	วัน
	โดยตากจนกว่ากลิ่นจะหายหรือแห้งสนิท	-	-
	นำไม้ไผ่มาตากแดดให้แห้งสนิท	-	-
รวมระยะเวลาในการเตรียมไม้ไผ่		100	วัน

ในส่วนของการขนส่งไม้ไฟเข้าหน้างาน โดยสถานที่จัดเตรียมไม้ไฟ และสถานที่ก่อสร้างเกสต์เฮาส์ ห่างกันประมาณ 4.4 kg. ตามระยะทางจาก Google Map ดังภาพที่ 1 ซึ่งการขนส่งไม้ไฟใช้รถขน 2 ชนิด

คือ รถกระบะ และรถ 6 ล้อ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการบันทึกจำนวนเที่ยวในการขนส่งไม้ไฟ และจำนวนการใช้น้ำมัน โดยการบันทึกจากการเติมน้ำมันจริง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนรอบในการขนส่งและจำนวนน้ำมันที่ใช้

ลำดับ	ชนิดรถขนส่ง	ระยะทางไป - กลับ (กิโลเมตร / รอบ)	จำนวนรอบ	น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)
1	รถกระบะ 4 ล้อ	8.8	3	3
2	รถ 6 ล้อ	8.8	1	2



ภาพประกอบที่ 2 ระยะทางจาก Google Map

และจากการเก็บข้อมูลการขนส่งข้างต้น ได้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 1.374 kgCO<sub>2</sub>e โดยปริมาณการปล่อยคาร์บอนของผู้วิจัยได้

ปริมาณที่น้อยเนื่องจากสถานที่ในการจัดเตรียมไม้ไฟ และสถานที่ก่อสร้างไม่ห่างไกลกันมาก ดังตารางที่ 3 โดยสามารถสรุปปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนการเตรียมไม้ไฟได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่งไม้ไฟ

ลำดับ	ชนิดรถขนส่ง	ระยะทางไป - กลับ (กิโลเมตร / รอบ)	จำนวนรอบ	น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/หน่วยปริมาณ)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> e)
1	รถกระบะ 4 ล้อ	8.8	3	3	2.34	0.3522	0.824
2	รถ 6 ล้อ	8.8	1	2	1.56	0.3522	0.549
							1.374

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของเตรียมไม้ไผ่

ลำดับ	รายการ	ระยะเวลา / หน่วยปริมาณ		Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/หน่วยปริมาณ)	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> e)
1	ขั้นตอนการตัดไม้ไผ่	3	วัน		
	เลื่อยยนต์ ใช้เวลาดำเนินการวันละ 6 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 จำนวน 3 ลิตร/วัน	7.02	kg.	0.402	2.825
2	ขั้นตอนการแช่น้ำ	90	วัน		
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W. โดยใช้เวลาดำเนินการเจาะ 3 วัน วันละ 6 ชั่วโมง	9.00	kWh	0.599	5.387
	น้ำในการแช่ไม้ไผ่ บ่อขนาดกว้าง 2 m. สูง 1 m. และยาว 5 m.	10.00	m <sup>3</sup>	0.541	5.410
	เกลือ	2.00	kg.	0.056	0.112
3	ขั้นตอนการตาก โดยตากจนกว่ากลิ่นจะหายหรือแห้งสนิท	7	วัน		
	นำไม้ไผ่มาตากแดดให้แห้งสนิท	-	-	-	-
รวมระยะเวลาในการเตรียมไม้ไผ่		100	วัน	รวม	13.734

2) ช่วงเวลาก่อสร้างเกสต์เฮาส์ การวางแผนการดำเนินงานก่อสร้างจริงของทั้ง 7 หมวดงาน จะใช้เวลาก่อสร้าง 40 วัน ซึ่งหลังจากดำเนินงานก่อสร้างจริงแล้วนั้น ใช้เวลาก่อสร้างไปทั้งหมด 44 วันนับจากการเข้าทำงานจริง

ซึ่งในแต่ละวันดำเนินการจะมีบุคลากรบันทึกข้อมูลในการใช้เครื่องมือทั้งหมด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไป โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนของงานหมวดที่ 1 งานเตรียมพื้นที่เป็นการรวมวัสดุการ

ทำงานที่นอกเหนือจากไม้ไผ่ ดังตารางที่ 5 ซึ่งทางผู้วิจัยเลือกใช้ในส่วนของคนกรีต เพื่อความแข็งแรงคงทน เพื่อความคุ้มค่าในการก่อสร้าง

ในส่วนของหมวดงานที่ 2 ถึง 7 สามารถแบ่งเครื่องมือในการดำเนินงานของแต่ละหมวดงาน และระยะเวลาการใช้งานได้ดังตารางที่ 6

โดยสามารถสรุปปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของเตรียมพื้นและฐานราก ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 5 วัสดุในหมวดงานเตรียมพื้นและฐานราก

วัสดุนำเข้า	หน่วย	ปริมาณ
การเตรียมพื้นและฐานราก		
ปูนซีเมนต์	kg.	1,770.96
เหล็กเสริมคอนกรีต	kg.	39.48
ทราย	kg.	5,200.48
การเตรียมพื้นและฐานราก		
หิน	kg.	7,175.47
อิฐมอญแดง	kg.	191.39
น้ำ	m <sup>3</sup>	1.77

ตารางที่ 6 การใช้เครื่องมือของแต่ละหมวดงาน

ลำดับ	รายการ	จำนวน ระยะเวลา		จำนวนการใช้ ไฟฟ้า (watt)
1	<b>งานเตรียมทำผนัง</b>	20	วัน	
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W.	8	ชั่วโมง	4,000.00
	เลื่อยวงเดือน BOSCH รุ่น GKS190 มอเตอร์ 1,400 W.	14	ชั่วโมง	19,600.00
	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว MAKITA M9504B 570 W.	12	ชั่วโมง	6,840.00
	ปัดลม BERALA กำลัง 550 W.	13	ชั่วโมง	7,150.00
	เครื่องขัดกระดาษทราย 4 นิ้ว กำลัง 150 W.	13	ชั่วโมง	1,950.00
2	<b>งานเสา และคาน</b>	4	วัน	
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W.	9.5	ชั่วโมง	4,750.00
	เลื่อยวงเดือน BOSCH รุ่น GKS190 มอเตอร์ 1,400 W.	19	ชั่วโมง	26,600.00
	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว MAKITA M9504B 570 W.	7	ชั่วโมง	3,990.00
3	<b>งานโครงหลังคา</b>	3	วัน	
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W.	11	ชั่วโมง	5,500.00
	เลื่อยวงเดือน BOSCH รุ่น GKS190 มอเตอร์ 1,400 W.	24.5	ชั่วโมง	34,300.00
4	<b>งานติดตั้งหลังคา</b>	10	วัน	
	ปัดลม BERALA กำลัง 550 W.	40	ชั่วโมง	22,000.00
	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว MAKITA M9504B 570 W.	10	ชั่วโมง	5,700.00
5	<b>งานติดตั้งผนังประตูหน้าต่าง</b>	10	วัน	
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W.	11	ชั่วโมง	5,500.00
	ปัดลม BERALA กำลัง 550 W.	40	ชั่วโมง	22,000.00
	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว MAKITA M9504B 570 W.	4	ชั่วโมง	2,280.00
	<b>เก็บความเรียบร้อยและอื่น ๆ</b>	5	วัน	
	ส่วนไฟฟ้า MAKTEC รุ่น MT606 มอเตอร์ 500 W.	8	ชั่วโมง	4,000.00
	ปัดลม BERALA กำลัง 550 W.	11	ชั่วโมง	6,050.00
	ปัดลม ขนาด F30	0	ชั่วโมง	-
	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว MAKITA M9504B 570 W.	7	ชั่วโมง	3,990.00
	เครื่องเป่าลม HITACHI RB40SA กำลังไฟฟ้า 550 W.	5	ชั่วโมง	2,750.00

ตารางที่ 7 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของเตรียมพื้นและฐานราก

วัสดุเข้า	หน่วย	ปริมาณ	Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/หน่วยปริมาณ)	ปริมาณคาร์บอนฟุต พริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> e)
<b>การเตรียมพื้นและฐานราก</b>				
ปูนซีเมนต์	kg.	1,770.96	0.612	1,083.828
เหล็กเสริมคอนกรีต	kg.	39.48	1.760	69.485
ทราย	kg.	5,200.48	0.004	19.242
หิน	kg.	7,175.47	0.004	27.267
อิฐมอยแดง	kg.	191.39	0.241	46.203
น้ำ	m <sup>3</sup>	1.77	0.541	0.958
<b>รวม</b>				<b>1,246.981</b>

ซึ่งสรุปจากการเก็บข้อมูลทั้งหมด เกสต์เฮาส์จะมีการ  
ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละส่วนได้ดังนี้

- 1) การเตรียมไม้ไผ่

- 2) การเตรียมพื้นและฐานราก
- 3) การขนส่ง
- 3) ก่อสร้างอาคารเกสต์เฮาส์

ตารางที่ 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่

วัฏจักรชีวิต	รายชื่อ	หน่วย	ปริมาณ	Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/ หน่วยปริมาณ)	ปริมาณคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> e)	
กระบวนการ เตรียมไม้ไผ่	การคัดสรร/ การตัดไม้ไผ่	น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91	kg.	7.02	0.402	2.825
	การบ่ม	ไฟฟ้า	kWh	9.00	0.599	5.387
		น้ำ	m <sup>3</sup>	10.00	0.541	5.410
		เกลือ	kg.	2.00	0.056	0.112
	การขนส่ง	น้ำมัน	kg.	3.90	0.3522	1.374
<b>ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของกระบวนการเตรียมไม้ไผ่</b>					15.108	
กระบวนการ ก่อสร้างอาคาร	เตรียมงาน ฐานรากและ พื้น	ปูนซีเมนต์	kg.	1,770.96	0.612	1,083.828
		เหล็กเสริม คอนกรีต	kg.	39.48	1.760	69.485
		ทราย	kg.	5,200.48	0.004	19.242
		หิน	kg.	7,175.47	0.004	27.267
		อิฐมอญแดง	kg.	191.39	0.241	46.203
		น้ำ	m <sup>3</sup>	1.77	0.541	0.958
กระบวนการ ก่อสร้างอาคาร	งานก่อสร้าง อาคาร	ไฟฟ้า	kWh	188.95	0.599	113.105
		ตะปูสามขา	kg.	5.28	0.348	1.837
	<b>ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในส่วนของกระบวนการก่อสร้างอาคาร</b>					1,361.925
<b>ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่</b>					1,377.031	

หมายเหตุ. ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดข้อมูลกิจกรรม (kgCO<sub>2</sub>e/หน่วย) ตามสัดส่วนการใช้วัตถุดิบ

### ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์



ภาพที่ 3 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

## สรุปและอภิปรายผล

จากผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา: การก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ ผลิตภัณฑ์ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ เก็บรวบรวมจาก ข้อมูลอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ งานการใช้พลังงานระหว่างการก่อสร้าง และวัสดุไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยผู้วิจัยและผู้รับเหมาก่อสร้างเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการจดบันทึก ตลอดจนข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตลอดกระบวนการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และนำไปตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องแล้วนำไปวิเคราะห์ประมวลผลแปลผล และสรุปผล ตามลำดับ พบว่าอาคารเกสต์เฮาส์นี้ มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดเท่ากับ  $1,377.031 \text{ kgCO}_2\text{e}$  โดยอาคารมีพื้นที่ทั้งหมด  $40 \text{ m}^2$  ดังนั้นเมื่อเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อพื้นที่ เท่ากับ  $34.42 \text{ kgCO}_2\text{e}$  ได้ดำเนินการเปรียบเทียบอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไปและอาคารบล็อกประสาน มีค่าเท่ากับ  $13,152.02 \text{ kgCO}_2\text{e}$  และ  $8,322.62 \text{ kgCO}_2\text{e}$  หรือเมื่อเทียบกับ  $1 \text{ m}^2$  เท่ากับ  $257.88 \text{ kgCO}_2\text{e}$  และ  $155.28 \text{ kgCO}_2\text{e}$  จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อ  $1 \text{ m}^2$  อาคารที่สร้างด้วยไม้ไผ่มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำที่สุด โดยน้อยกว่าอาคารบล็อกประสานประมาณ 4.5 เท่าและอาคารแบบทั่วไปถึง 7.5 เท่า ทั้งนี้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างบล็อกประสานมีค่าน้อยกว่าอาคารแบบทั่วไปอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากอาคารบล็อกประสานเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ไม่มีโครงสร้าง

เสาและคาน และไม่มีการฉาบผนังทั้งภายในและภายนอก เมื่อพิจารณาตามรายวัสดุพบว่าปูนซีเมนต์และผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ เป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง รองลงมา เป็นกลุ่มของเหล็กเสริมคอนกรีตและเหล็กโครงสร้าง เนื่องจากในปัจจุบันเป็นวัสดุที่มีการใช้ในการก่อสร้างในปริมาณมาก รวมถึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับต้น ๆ จึงสามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า ไม้ไผ่ที่เลือกมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าอาคารบล็อกประสานและอาคารแบบทั่วไปได้อย่างชัดเจน

## ข้อเสนอแนะ

**ข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษา** จากผลการศึกษาพบว่ากระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่เป็นกระบวนการช่วงการเตรียมพื้นและฐานราก เนื่องจากหมวดงานก่อสร้างนี้มีวัสดุที่มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตรง ทั้งกระบวนการผลิต การได้มาของวัสดุ และการทำลายธรรมชาติในสวนอื่น ๆ ทำให้ค่าของ Emission Factor ของวัสดุ แต่ละชนิดมีค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบต่อหน่วยในส่วนอื่น ๆ และมีการใช้ปริมาณค่อนข้างมาก เพราะมีผลต่อความคงทน ความแข็งแรงของตัวอาคาร จึงทำให้ค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงเวลานี้มีจำนวนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งต่อไปแนะนำให้คำนึงถึงแนวทางการเลือกใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้างเกสต์เฮาส์จากไม้ไผ่ จากการแสดงจุดยืนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

1. กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์ และคณะ. (2556). ความผันแปรของสมบัติของลำไผ่สามชนิดซึ่งปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง (รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. ชลิตา สุวรรณ และธัญญ์ยศ สมใจ. (2563). การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างบ้านพักอาศัย : เปรียบเทียบระหว่างบ้านแบบทั่วไปกับบล็อกประสาน. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 30(4), 570-575.
3. “ปาย” พัฒนาการการท่องเที่ยวจากเมืองผ่านสู่แหล่งท่องเที่ยวใหม่. จาก [http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2556/Pamprae\\_Chaoprayoon/chapter4.pdf](http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2556/Pamprae_Chaoprayoon/chapter4.pdf)
4. “Bamboo: A Sustainable Alternative for Modern Construction”, International Journal of Environmental Studies (2014).
5. "Environmental Impact of Bamboo Transportation and Processing", Environmental Research Letters (2018).
6. "Carbon Footprint Reduction in Bamboo Construction Through Alternative Materials", Journal of Cleaner Production (2016).
7. "Sustainability Assessment of Bamboo Maintenance and Preservation Techniques", Journal of Sustainable Forestry (2020).
8. P. Zhang. (2018). "Carbon Mitigation Strategies in Bamboo-based Architecture", Journal of Cleaner Production.