

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ Evaluation of Carbon Dioxide Emission for Ready-Mixed Concrete Production

ภัทรพร พรเทพเกษมสันต์¹, อมรชัย ไชยงค์¹ และ เพชรรัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์^{1*}

¹ ศูนย์พัฒนาและที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

*Corresponding author; E-mail address: petcharat@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเป็นจำนวนมาก โดยกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือการผลิตวัสดุ ในงานศึกษานี้ได้ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ตั้งแต่กระบวนการนำเข้่วัตถุดิบ กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ตลอดจนกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จไปยังพื้นที่ปลายทาง ผลการศึกษา พบว่า ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดทั้งปีของหน่วยงานการศึกษา มีค่าเท่ากับ 20,006.93 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 97.02 ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดทั้งปีของกระบวนการผลิต รองลงมา คือกระบวนการนำเข้่วัตถุดิบ และกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ คิดเป็นร้อยละ 2.38 และ 0.60 ตามลำดับ ซึ่งในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จตลอดทั้งปีมีการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิตปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณมาก ในขณะที่กระบวนการนำเข้่วัตถุดิบและกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถบรรทุก และรถผสมคอนกรีต ซึ่งเป็น ส่วนที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาตามระยะทางในการขนส่งเช่นกัน

คำสำคัญ: คอนกรีตผสมเสร็จ, การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, วัสดุก่อสร้าง, กระบวนการผลิต

Abstract

The construction industry contributes significantly to carbon dioxide emissions, with the production of construction materials being the primary source of these emissions. This study examined carbon dioxide emissions across the ready-mixed concrete production process, including emissions from raw material importation, manufacturing operations, and finished product transportation to their final destinations. The findings revealed that the ready-mixed concrete production process alone generates 20,006.93 tCO₂e annually, representing 97.02%

of the total carbon dioxide emissions. Emissions from raw material importation and completed product transportation totaled 2.38% and 0.60%, respectively. Over a year, the production of ready-mixed concrete consumes massive amounts of raw materials and energy, resulting in significant carbon emissions. Furthermore, the transportation of raw materials and final products is based on fuel combustion in trucks and concrete mixer vehicles, which contribute significantly to emissions along transportation routes.

Keywords: Ready-mixed concrete, carbon dioxide emissions, construction material, manufacturing process

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมการดำเนินงานที่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สภาพแวดล้อมจำนวนมากเนื่องจากการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างมีการใช้ทรัพยากรและพลังงานในปริมาณมาก ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งจากการผลิตวัสดุ การขนส่งวัสดุ การดำเนินงานก่อสร้าง รวมไปถึงการทำลายสิ่งก่อสร้างเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน จากข้อมูลกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ปีพ.ศ. 2560 ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่า มีปริมาณการผลิตหินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนที่ใช้สำหรับผลิตอุตสาหกรรมซีเมนต์ เฉลี่ยประมาณ 70 ล้านเมตริกตันต่อปี มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3 -4 ต่อปี ตามอัตราการเติบโตของภาวะเศรษฐกิจของประเทศและความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ของประเทศที่นำเข้าปูนซีเมนต์จากไทย [1] ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างมีผลในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ แต่เมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งานอาคาร การปรับปรุงอาคาร จนถึงการทำลายอาคาร พบว่ามีการใช้ทรัพยากรประมาณ 1 ใน 3 ของโลก รวมถึงก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลก [2]

คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mix Concrete) เป็นวัสดุที่สำคัญในอุตสาหกรรมก่อสร้างและเป็นที่นิยมใช้ในโครงการต่างๆ เช่น อาคาร

ถนน สะพาน และโครงสร้างต่างๆ โดยการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จเป็นการนำปูนซีเมนต์ หินทราย และน้ำ ผสมกันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง และมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างโครงการนั้นๆ อย่างไรก็ตาม การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จนับเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณมาก ระหว่างกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การผลิตผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังพื้นที่ทำงาน ในปี พ.ศ.2565 มีบริษัทคอนกรีตผสมเสร็จเพิ่มขึ้น 600 แห่ง และมีจำนวนโรงงานรวม 1,106 แห่ง ในทวีปยุโรป ทำให้พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตและขนส่งปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตคอนกรีตประมาณ 2.4% ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับโลก โดยมีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มากกว่า 4 พันล้านตันต่อปี ส่งผลให้มีการสะสมของก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกเพิ่มมากขึ้น[3] แม้ว่าในปัจจุบันจะมีพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมใหม่ๆ เช่น ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่อุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จยังคงมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณมากเช่นเดิม

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นสำหรับการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จจากผู้ประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา ตั้งแต่กระบวนการนำวัตถุดิบเข้ามายังโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ตลอดจนการขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งทำให้ทราบถึงข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และช่วยในการบริหารจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จในอนาคต

2. ทบทวนวรรณกรรม

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จเป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบเพื่อการผลิต การผสมคอนกรีต ตลอดจนการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังพื้นที่ก่อสร้าง สำหรับใช้เป็นข้อมูลเพื่อกำหนดแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จในอนาคต โดยมีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 3 หัวข้อ ประกอบด้วย คอนกรีตผสมเสร็จ ก๊าซเรือนกระจก และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1 คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-mix concrete)

คอนกรีตผสมเสร็จนับเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมและความสำคัญต่อความแข็งแรงของอาคารและได้รับความนิยมให้เป็นวัสดุที่มีความปลอดภัยสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันในประเภทเดียวกัน เช่น ไม้ ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างหลักในสมัยก่อนและปัจจุบันไม้เป็นของหายาก แต่คอนกรีตผสมเสร็จมีความคงทน แข็งแรง สามารถปรับปรุงส่วนผสมเพื่อให้ตรงกับการใช้งานได้อย่างเหมาะสม สามารถหาได้ง่ายเนื่องจากมีผู้ผลิตหลายราย โดยคอนกรีตผสมเสร็จสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก [4] คือ คอนกรีตผสมเสร็จแบบปกติ (Traditional ready mixed concrete) และคอนกรีตผสมเสร็จชนิดพิเศษ (Special ready

mixed concrete) โดยคอนกรีตผสมเสร็จแบบปกติเป็นคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปตามมาตรฐาน ASTM C33 เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปและใช้ความสามารถในการรับแรงอัด (Compressive Strength) เป็นมาตรฐานในการจำแนกผลิตภัณฑ์ เช่น กำลังอัด 180 KSC ใช้สำหรับพื้นทั่วไป กำลังอัด 240 KSC ใช้สำหรับอาคารขนาดกลาง โกดังสินค้า ถนนภายในเมือง กำลังอัด 280 KSC ใช้สำหรับอาคารขนาดใหญ่ ทางหลวงแผ่นดิน กำลังอัด 320 KSC ใช้สำหรับฐานรากอาคารขนาดใหญ่ เสาเข็มเจาะ เป็นต้น สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จชนิดพิเศษเป็นคอนกรีตที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้สำหรับงานที่ต้องการความสามารถเฉพาะตัว เช่น คอนกรีตแข็งตัวเร็ว ใช้สำหรับถนน ช่องผิวจราจร คอนกรีตกันซึม ใช้สำหรับพื้นลาดฟ้า สระว่ายน้ำ ถังเก็บน้ำ คอนกรีตเหลวมาก ใช้สำหรับโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมจำนวนมาก และคอนกรีตทนซัลเฟตและคลอไรด์ ใช้สำหรับโครงสร้างบริเวณชายฝั่ง ท่าเรือ

วัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ประกอบด้วย 1) ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่ให้กำลังแก่คอนกรีต 2) มวลรวมละเอียด โดยส่วนมากนิยมใช้ทราย 3) มวลรวมหยาบ 4) น้ำ และ 5) สารผสมชนิดอื่นๆ นอกจากการใช้ปูนซีเมนต์ตามลักษณะการใช้งานแล้ว ในการผลิตคอนกรีตเพื่อการใช้งานที่แตกต่างกันนั้น ผู้ผลิตต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตโดยการใส่สารผสมเพิ่มในขั้นตอนการผลิตตามคุณสมบัติที่ต้องการ [5] กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จเริ่มจากตรวจสอบคุณสมบัติของส่วนผสมต่าง ได้แก่ หิน ทราย ที่ได้มาจากแหล่งที่มีคุณภาพ มีส่วนคละถูกต้องตามมาตรฐานมาจัดแยกกันไม่ให้ผสมกัน ส่วนปูนซีเมนต์ถูกเก็บไว้ในไซโลอย่างมิดชิด และน้ำยาผสมคอนกรีตถูกบรรจุในภาชนะอย่างมิดชิด วัสดุที่แยกไว้จะถูกลำเลียงสู่กระบวนการผลิตผ่านเครื่องชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการ ออกแบบไว้ ตวงน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต โดยถูกควบคุมผ่านเครื่องวัดปริมาตร แล้วนำมาผสมกันในเครื่องผสมคอนกรีตตามเวลาที่กำหนดด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ลำเลียงคอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วสู่รถผสมคอนกรีตเพื่อนำไปส่งยังสถานที่ก่อสร้าง

2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) [6]

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) คือ ก๊าซที่มีความสามารถในการกักเก็บความร้อนในบรรยากาศโดยการดักพลังงานรังสีอินฟราเรด (infrared radiation) ที่ส่งออกจากพื้นผิวโลกเมื่อมีรังสีแสงอาทิตย์สะท้อนกลับมาเป็นแสงความร้อน และส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งทำให้อุณหภูมิบนโลกเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) หรือ โลกร้อน (global warming) [7] แบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ ดังนี้

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด ทำให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนในชั้นบรรยากาศมากและมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานถึง 200 ปี โดยมีแหล่งกำเนิดในธรรมชาติจากการระเบิดของภูเขาไฟและการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ
- ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากเป็นลำดับที่ 2 เป็นก๊าซในธรรมชาติที่เกิดจากย่อยสลาย

ของเสียต่างๆ แต่ก๊าซมีเทนร้อยละ 60 ในชั้นบรรยากาศเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบ การเผาไม้เชื้อเพลิง ในการทำเกษตรกรรม โดยเฉพาะปศุสัตว์ ก๊าซมีเทนสามารถมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศโลกได้ประมาณ 12 ปี ซึ่งถือว่ามีความยาวที่สุดในบรรดากลุ่มก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 84 เท่า

- ก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซที่มีประสิทธิภาพในการสร้างภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 260 เท่า มีอายุมากกว่า 100 ปี ในชั้นบรรยากาศโลก ก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซในธรรมชาติ มีแหล่งกำเนิดจากแบคทีเรียต่างๆ ขณะที่ในภาคอุตสาหกรรม ภาคพลังงาน ภาคเกษตรกรรมและปศุสัตว์ รวมถึงการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและเชื้อเพลิงต่างๆ เป็นกิจกรรมหลักของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศโลก
- กลุ่มก๊าซฟลูออรีนเตประกอบไปด้วยไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) รวมถึงสารซีเอฟซี (CFCs) ที่เกิดจากการสังเคราะห์ของมนุษย์ ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีความสามารถกักเก็บความร้อนได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายพันเท่าและอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ตั้งแต่ 100 ถึง 50,000 ปี กลุ่มก๊าซฟลูออรีนเตมาจากภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก

2.3 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ กระบวนการประเมินก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์และกิจกรรมนั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่สิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการขนส่งก็มีวิธีการประเมินที่แตกต่างกันโดยมีการประเมินแบบการขนส่งเที่ยวไป และการขนส่งเที่ยวกลับ ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกแสดงผลออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เช่น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂e) หรือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂e)

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ให้การรับรองในประเทศไทย มี 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP) และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ซึ่งมีขอบเขตและกระบวนการประเมินที่ต่างกัน โดยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เป็นการประเมินเฉพาะตัวผลิตภัณฑ์ แต่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือการประเมินการใช้พลังงานที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กร

ในการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตคอนกรีตทั่วไปและจีโอพอลิเมอร์คอนกรีตเพื่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับ

สิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของ [8] พบว่า การใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) มาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกคำนวณออกมาเป็นค่าผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการดำเนินกิจกรรม เริ่มจากกระบวนการผลิตวัตถุดิบหลักและกระบวนการขนส่งเพื่อใช้สำหรับการผลิตคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเท่ากับ 40 MPa ที่อายุ 28 วัน โดยจีโอพอลิเมอร์คอนกรีตสามารถลดค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂-e) ลงได้ประมาณร้อยละ 6.78 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลัก นอกจากนั้นการนำเถ้าลอยมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตจีโอพอลิเมอร์คอนกรีตยังช่วยในการจัดการกับของเสียจากโรงงานผลิตไฟฟ้าถ่านหินเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นวัสดุทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาเป็นคอนกรีตชนิดใหม่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและอาจเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการสำหรับการสร้างมูลค่าจากการนำวัสดุจีโอพอลิเมอร์คอนกรีตมาใช้ได้อย่างแพร่หลายในอนาคต

2.3.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ [9]

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{GHG Emission} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

โดยที่ GHG Emission หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ หน่วย คือ kgCO₂e

Activity Data หมายถึง ข้อมูลกิจกรรม เช่น ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ หน่วยของข้อมูลกิจกรรมเป็นหน่วยเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission Factor หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของข้อมูล กิจกรรม หน่วยคือ (kgCO₂e/หน่วย) แสดงดังตารางที่ 1

2.3.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการขนส่ง

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ จำแนกได้ 2 กรณี คือการขนส่งเที่ยวไปและการขนส่งเที่ยวกลับ โดยใช้สมการที่ (2) และ (3)

1) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการขนส่งเที่ยวไป

$$\text{GHG Emission} = \text{Vehicle Load} \times \text{Distance} \times \text{Emission Factor} \quad (2)$$

โดยที่ GHG Emission หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ หน่วย คือ kgCO₂e

Vehicle Load หมายถึง น้ำหนักบรรทุก หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น กิโลกรัมหรือตัน

Distance หมายถึง ระยะทางการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังที่หมาย หน่วยเป็น กิโลเมตร

Emission Factor หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขึ้นอยู่กับชนิดของยานพาหนะและน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ เทียบเท่า หน่วยคือ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}\cdot\text{km}$ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน*กิโลเมตร) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ [10 – 11]

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Emission Factor)		
ชนิด	หน่วย	ค่า EF ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{หน่วย}$)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	kg	0.857
ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก	kg	0.944
ทราย	kg	0.00370
น้ำบาดาล	m ³	0.541
เถ้าลอย	m ³	0.0228
หินเกล็ด (หิน 3/8")	kg	0.0357
หินเบอร์ 1 (หิน 3/4 ")	kg	0.0907
หินเบอร์ 2 เล็ก (หิน 1")	kg	0.0357
ไฟฟ้า	kWh	0.5986

2) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของการขนส่งเกี่ยวกับ

$$\text{GHG Emission} = \text{Vehicle Load Ratio} \times \text{Distance} \times \text{Emission Factor} \quad (3)$$

โดยที่ ' GHG Emission หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ หน่วย คือ kgCO_2e

Vehicle Load Ratio หมายถึง อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกต่อน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ ไม่มีหน่วย โดยน้ำหนักบรรทุกสูงสุดอ้างอิงจาก [10]

Distance หมายถึง ระยะทางการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังที่หมาย หน่วยเป็น กิโลเมตร

Emission Factor หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขึ้นอยู่กับชนิดของยานพาหนะและน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ เทียบเท่า หน่วยคือ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{km}$ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/กิโลเมตร) แสดงดังตารางที่ 2

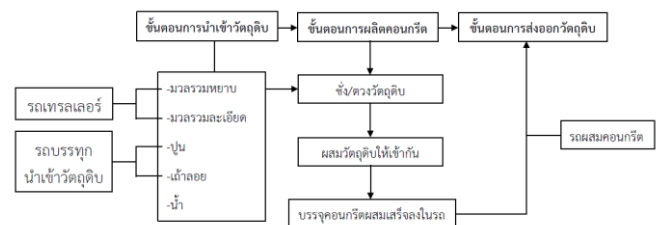
ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการขนส่ง [11 – 12]

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการขนส่ง (Emission Factor)		
ชนิด	หน่วย	ค่า EF ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{หน่วย}$)
รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดไม่ 10 ล้อ รینگกิด 0% Loading	km	0.6316
รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดไม่ 10 ล้อ รینگกิด 100% Loading	tkm	0.0471
รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ รینگกิด 0% Loading	km	1.0206
รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ รینگกิด 100% Loading	tkm	0.0459
เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	kg	0.3522

ทั้งนี้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากการขนส่งเกี่ยวกับภายหลังการขนส่งสินค้าแล้วเสร็จ น้ำหนักของสินค้าเท่ากับ 0 กล่าวคือ ไม่นำน้ำหนักบรรทุกมาใช้ในการคำนวณ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษานี้ทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งเป็นกรณีศึกษาจากผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ การผสมคอนกรีต ตลอดจนการนำคอนกรีตผสมเสร็จไปยังพื้นที่ใช้งาน เป็นระยะเวลา 12 เดือน ข้อมูลสำคัญที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ระยะทางการนำเข้าวัตถุดิบสู่โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จและส่งออกผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแสดงดังภาพที่ 1 โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดถูกนำเข้าจากแหล่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตด้วยรถบรรทุกพ่วงหรือรถเทรลเลอร์ เมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตจึงเริ่มลำเลียงวัตถุดิบด้วยระบบสายพาน ทำการชั่งมวลรวมด้วยเครื่องชั่งและตรวจสอบส่วนผสมและน้ำด้วยเครื่องตวง หลังจากนั้นทำการผสมมวลรวม ปูน เถ้าลอย น้ำ และสารผสมเพิ่มด้วยเครื่องผสมคอนกรีตซึ่งจะผสมตามเวลาที่กำหนดไว้เมื่อคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงสู่รถผสมคอนกรีต



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

ข้อมูลที่ถูกรวบรวมในการดำเนินงานวิจัยมีจำนวนมากและมีความซับซ้อนจึงต้องสร้างเอกสารสำหรับการประเมินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยแบ่งการประเมินตามขั้นตอนของกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ คือ การนำเข้าวัตถุดิบ การผสมคอนกรีต และการส่งออกผลิตภัณฑ์ และการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ้างอิงจากสมการที่ (1) ถึง (3) จากนั้นจึงนำข้อมูลผลการวิเคราะห์สำหรับกรณีตัวอย่างเสนอกับผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อนำผลการวิเคราะห์นี้ไปปรับใช้พร้อมทั้งหาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิต

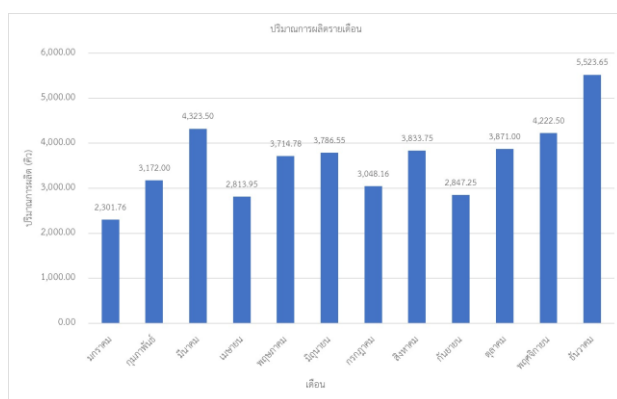
4. ผลการศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จในงานวิจัยนี้ได้กำหนดกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่ทำการผลิตและจัดจำหน่ายคอนกรีตผสมเสร็จโดยโรงงานผลิตตั้งอยู่ที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตคอนกรีต

สำเร็จรูปเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิต การใช้พลังงานในการผสมคอนกรีต ตลอดจนการนำส่งคอนกรีตผสมเสร็จไปยังพื้นที่ใช้งานด้วยรถบรรทุกซีเมนต์ชนิดไม่ เป็นระยะเวลาการเก็บข้อมูลเท่ากับ 12 เดือน

ผลการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการนำเข้าวัตถุดิบ ได้แก่ ถ้ำลอย หวายหยาบ หิน และสารผสมเพิ่ม ซึ่งคำนวณจากประเภทที่ใช้ในการขนส่งและปริมาณวัตถุดิบที่นำเข้าจากแหล่งผลิตถึงโรงงานสำหรับเที่ยวรถขาไป และรถประเภทเดิมที่ออกจากโรงงานกลับไปยังแหล่งวัตถุดิบแบบไม่มีน้ำหนักบรรทุกสำหรับเที่ยวรถขากลับ พบว่า น้ำหนักบรรทุกหรือระยะทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาให้มีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกวัตถุดิบ ข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นซึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (เที่ยวไป) และออกจากโรงงานผลิตกลับไปยังแหล่งวัตถุดิบ (เที่ยวกลับ) ของรถบรรทุก 18 ล้อและรถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ แสดงดังตารางที่ 3 และ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนำเข้าวัตถุดิบรวมเท่ากับ 491.29 tCO₂e โดยในการรับเข้าวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบมายังโรงงานมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 443.82 tCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 90.34

ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จทำการคำนวณจากปริมาณการใช้วัตถุดิบตามปริมาณการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จแต่ละกำลังอัด โดยปริมาณการผลิตรวมแสดงดังรูปที่ 2 พบว่า ในเดือนธันวาคมมีการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมากที่สุด โดยมีปริมาณการผลิตรวมเท่ากับ 5,523.65 ลบ.ม. เนื่องจากช่วงสิ้นปีผู้บริโภคมักมีความต้องการใช้งานผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จในการก่อสร้าง ปรับปรุง ซ่อมแซมอาคารก่อนปีใหม่ และในเดือนมกราคมมีการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จน้อยที่สุด โดยมีปริมาณการผลิตรวมทุกกำลังอัด 2,301.76 ลบ.ม. เนื่องจากมีวันหยุดค่อนข้างมาก สถานประกอบการหลายแห่งหยุดทำการ



รูปที่ 2 กราฟแสดงปริมาณการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จรายเดือน

อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จแต่ละเดือนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน เนื่องจากสัดส่วนการใช้วัตถุดิบของคอนกรีตผสมเสร็จแต่ละกำลังอัดมีปริมาณไม่เท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จรวมทั้งเดือน โดยในเดือนธันวาคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทุกกำลังอัดมากที่สุด มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2,528.67 tCO₂e และในเดือนมกราคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทุกกำลังอัดน้อยที่สุด โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,164.50 tCO₂e และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงดังตารางที่ 5 เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จตลอดทั้งปี มีค่าเท่ากับ 20,006.93 tCO₂e และเมื่อทำการวิเคราะห์แยกตามประเภทของวัตถุดิบ พบว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่ากับ 10,081 tCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50.20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระบวนการผลิต รองลงมาคือ หินเบอร์ 1 และ น้ำ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จซึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง พบว่า แม้ว่าจะในเดือนธันวาคมมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มากที่สุด แต่มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์เพียง 3,172 ลบ.ม. และ 4,323.50 ลบ.ม. โดยในเดือนธันวาคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการขนส่งผลิตภัณฑ์รวมเที่ยวไป-เที่ยวกลับ เท่ากับ 11.92 tCO₂e แต่ในเดือนกุมภาพันธ์ และมกราคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมเท่ากับ 13.20 และ 19.35 tCO₂e ตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลให้เดือนธันวาคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าเดือนกุมภาพันธ์ และมกราคมคือระยะทางในการขนส่ง ดังแสดงในตารางที่ 6 ส่งผลทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้ง 2 เดือนมากตามไปด้วย แสดงดังตารางที่ 7 จากข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดทั้งปี รวมเท่ากับ 123.03 tCO₂e ในการขนส่งเที่ยวไปหรือการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จไปยังพื้นที่ก่อสร้างมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 66.94 tCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 54.41 ของกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์ และในการขนส่งเที่ยวกลับหรือการเดินทางกลับมายังโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จของรถขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 56.10 tCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45.59 ของกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการขนส่งวัตถุดิบด้วยรถบรรทุกชนิด 18 ล้อ

รอบขนส่ง	หน่วย	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เที่ยวไป	tCO ₂ e	3.77	8.10	10.92	7.27	5.60	4.15	3.07	5.03	3.16	4.52	4.15	5.91
เที่ยวกลับ	tCO ₂ e	2.58	5.53	7.46	4.96	3.82	2.84	2.10	3.44	2.16	3.09	2.83	4.03
รวม	tCO ₂ e	6.35	13.63	18.38	12.23	9.42	6.99	5.17	8.47	5.32	7.61	6.98	9.94

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการขนส่งวัตถุดิบด้วยรถบรรทุกพ่วงชนิด 22 ล้อ

รอบขนส่ง	หน่วย	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เที่ยวไป	tCO ₂ e	39.95	62.65	46.59	24.53	47.14	26.88	20.14	20.84	23.99	22.81	23.91	19.11
เที่ยวกลับ	tCO ₂ e	27.76	43.53	32.37	17.05	32.76	18.68	13.99	14.48	16.67	15.85	16.61	13.28
รวม	tCO ₂ e	67.71	106.18	78.96	41.58	79.90	45.56	34.13	35.32	40.66	38.66	40.52	32.39

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

ประเภทวัตถุดิบ	หน่วย	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เถ้าลอย	tCO ₂ e	3.19	3.79	4.27	17.40	4.37	3.81	6.73	6.23	3.35	5.65	10.55	6.64
ทรายหยาบ	tCO ₂ e	19.95	23.37	28.61	20.47	26.15	27.55	25.33	30.31	23.73	25.85	28.74	36.62
ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก for RMC	tCO ₂ e	17.55	19.94	28.94	58.92	18.46	39.18	34.17	32.66	13.95	4.72	16.52	36.01
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	tCO ₂ e	547.96	813.20	1,075.92	569.33	833.34	898.15	663.64	943.59	602.85	861.14	899.34	1,373.26
หินเกล็ด (หิน 3/8")	tCO ₂ e	27.31	28.46	27.79	28.33	21.42	55.42	30.89	45.69	32.13	19.64	30.75	53.64
หินเบอร์ 1 (หิน 3/4")	tCO ₂ e	415.14	521.61	649.32	443.86	553.03	565.36	493.72	633.33	451.22	537.37	583.55	771.61
หินเบอร์ 2 เล็ก (หิน 1")	tCO ₂ e	12.07	1.37	3.23	5.55	10.88	12.34	13.64	11.52	9.03	6.61	6.31	3.18
น้ำ	tCO ₂ e	121.33	166.68	216.53	129.12	174.23	183.56	146.35	192.87	139.85	182.27	194.77	247.68
ไฟฟ้า	tCO ₂ e	4.42	5.36	6.74	5.55	6.32	6.81	6.40	7.17	5.95	7.01	6.94	7.58
รวม	tCO ₂ e	1,164.50	1,578.41	2,034.60	1,272.98	1,641.88	1,785.36	1,414.47	1,896.19	1,276.11	1,643.25	1,770.53	2,528.64

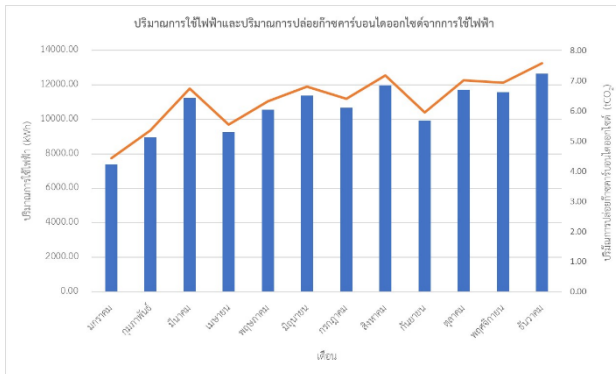
ตารางที่ 6 ปริมาณการผลิตและระยะทางในการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ

รายการ	หน่วย	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ส่งออก	ลบ.ม.	2,301.76	3,172.00	4,323.50	2,813.95	3,714.78	3,786.55	3,048.16	3,833.75	2,847.25	3,871.00	4,222.50	5,523.65
ระยะทางรวม	กม.	6,827.25	12,440.55	17,120.96	9,327.80	9,725.80	8,851.76	6,862.84	7,192.41	6,872.30	10,480.98	11,544.60	10,629.75

ตารางที่ 7 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการส่งออกผลิตภัณฑ์

รอบขนส่ง	หน่วย	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เที่ยวไป	tCO ₂ e	3.72	7.18	10.53	5.53	5.54	4.90	3.63	3.95	3.78	5.66	6.03	6.48
เที่ยวกลับ	tCO ₂ e	3.12	6.02	8.82	4.63	4.65	4.11	3.04	3.31	3.17	4.74	5.06	5.43
รวม	tCO ₂ e	6.83	13.20	19.35	10.16	10.19	9.01	6.67	7.25	6.95	10.40	11.09	11.92

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จตั้งแต่การใช้ไฟฟ้าของเครื่องผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ สายพานลำเลียงวัตถุดิบ เครื่องชั่งวัตถุดิบ ตลอดจนห้องควบคุมการผลิต พบว่า ในเดือนธันวาคมมีการใช้ไฟฟ้าในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมากที่สุด โดยมีการใช้ไฟฟ้า 12,657.00 kWh เมื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าเท่ากับ 7.58 tCO₂e ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ในเดือนธันวาคมที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มากที่สุด แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้า

จากผลการศึกษาการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการนำเข้วัตถุดิบ กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ตลอดจนกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์ คอนกรีตผสมเสร็จ พบว่าจากปริมาณการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จของผู้ประกอบการที่เป็นกรณีศึกษาตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 43,458.85 ต.บ. ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการผลิตรวมทุกกำลังอัดที่จัดจำหน่าย ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำแนกเป็น จากกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 20,006.93 tCO₂e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 97.02 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จทั้งหมด รองลงมาคือกระบวนการนำเข้วัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 491.29 tCO₂e และกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จมีค่าเท่ากับ 123.03 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 2.38 และ 0.60 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 1 ต.บ. มีค่าเท่ากับ 0.46 tCO₂e อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสัดส่วนผสมคอนกรีตแต่ละกำลังอัดเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นเนื่องจากปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละกำลังอัดมีความแตกต่างกัน

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ PAS2050 เป็นมาตรฐานการตรวจสอบและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA : Life Cycle

Assessment) ของผลิตภัณฑ์ ถือเป็นกระบวนการเริ่มต้นสำหรับมาตรฐาน ISO 14067 และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่จัดทำขึ้นในไทยโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ร่วมกับการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จตั้งแต่กระบวนการนำเข้วัตถุดิบ กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ตลอดจนกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการนำเข้วัตถุดิบและกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จนั้นเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทที่ใช้ น้ำหนักบรรทุกและระยะทาง สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จนั้นเกิดจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิตจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงกรณีศึกษาจากผู้ผลิตเพียงรายเดียวโดยมีข้อจำกัดในการจำแนกข้อมูลบางประการ เช่น สัดส่วนผสมคอนกรีตแยกตามกำลังอัดเนื่องจากเป็นความลับทางการค้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉพาะการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ การกำหนดแหล่งวัตถุดิบ เป็นต้น และยังไม่ได้ทำการเก็บข้อมูล อาทิเช่น ปริมาณการใช้วัสดุและพลังงานในส่วนสำนักงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ ปริมาณของเสียจากการผลิต ซึ่งข้อมูลวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบเมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป นอกจากนี้ในการศึกษาในอนาคตอาจพิจารณาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่สามารถดำเนินการได้ เช่น การเปลี่ยนประเภทปูนซีเมนต์จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกซึ่งลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ 520 tCO₂e ต่อปริมาณปูนซีเมนต์ 10,000 ตันที่เท่ากัน หรือการเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในโรงงานผลิตเพื่อสร้างแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณณัฐธิดา ทินเต และคุณพัชรพร บุญผาชาติ สำหรับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กุลศ ภูวกรณ์กุล. (2561). สถานการณ์หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ปี 2560 และแนวโน้ม. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.,
- [2] ชลิตา สุวรรณ, และ ธณัฐยศ สมใจ. (2563). การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างบ้านพักอาศัย: เปรียบเทียบระหว่างบ้านแบบทั่วไปกับบ้านบล็อกประสาน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. ปีที่ 30 ฉบับที่ 4 (2020): ตุลาคม-ธันวาคม, 2563
- [3] Yeşilyurt M, and Kocadağıstan B. (2023). Carbon footprint evaluation of a ready-mixed concrete plant. *NanoEra*. 2023;3(1):8-15.

- [4] ประเวศ อนันต์เอื้อ. (2545) การวางแผนการผลิตและจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,ม.ป.ท. 10.14457/KMUTNB.the.2002.152
- [5] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2547). *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต*. สมาคมคอนกรีตไทย. กรุงเทพฯ.
- [6] คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ. (2562). ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases). เข้าถึงได้จาก ngthai: <https://ngthai.com/science/25344/greenhouse-gases/>
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, New York
- [8] ศุภกร อรัญเสน, กอปร ศรีนาวัน, พิรณิธิ อักษร, วุฒิพงษ์ กุศลคุ้ม (2564). การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-e) ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตคอนกรีตทั่วไปและจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตเพื่ออุตสาหกรรมการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*. ปีที่ 21. ฉบับที่ 4: ตุลาคม-ธันวาคม 2564
- [9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2023). *ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. เข้าถึงได้จาก <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=WldKdmlycz0&action=YkdsemRBPT0>
- [10] ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดิน และผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักลงเพลากินกว่าที่ได้กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นจะทำให้ทางหลวงเสียหาย เดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน เข้าถึงได้จาก <https://doh.go.th/content/index/page?g=140410>
- [11] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. เข้าถึงได้จาก <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdplVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9>
- [12] Setiawan, A.A., Hardjasaputra, H., Soegiarso, R. (2022). Embodied carbon dioxide of fly ash based geopolymers concrete. *The 8th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum 2022*. 03/10/2022 – 12/10/2022 Rapperswil, SWITZERLAND and Yogyakarta, INDONESIA