# การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา:โครงการก่อสร้างเส้นทางคมนาคมผิวทางจราจรแบบเคพซีล

# Assessing the carbon footprint of products Case study: Transportation route construction project Cape Seal road surface

(Received: September 14,2023 ; Revised: September 19,2023 ; Accepted: September 20,2023)

พศิน มีใจสืบ[1] มงคล รัชชะ[2*] เสรีย์ ตู้ประกาย[3] โกวิท สุวรรณหงษ์[4]
Colonel Pasin Meejaisueb[1], Monkol Ratcha [2], Seree Tuprakay [3],Kowit Suwanahong[4]

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา โครงการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวการจราจรแบบ เคพซีลโดยอ้างอิงวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LC แบบ B2B ) โดยทำการประเมินใน 2 ช่วงชีวิตผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และช่วงการผลิต ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 1.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ และ ช่วงของการผลิตมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 0.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็น 92.85 เปอร์เซ็นต์ ลำดับที่ 2 กระบวนการผลิต ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็น 7.15 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ :** คาร์บอนฟุตพริ้นท์, ผิวทางจราจร, เคพซีล

**Abstract**

This research is an evaluation of the carbon footprint of products, a case study of a transportation route construction project. Cape Seal traffic surface based on methods for evaluating product carbon footprints From the Greenhouse Gas Management Organization Using the principles of life cycle assessment (Life Cycle Assessment: LCA) in a B2B format by evaluating in 2 product life stages, namely, the acquisition of raw materials and production range Period of acquiring raw materials There was a release of a carbon footprint equal to 1.08 tons of carbon dioxide equivalent per product unit, and during the production period there was a release of a carbon footprint equal to 0.08 tons of carbon dioxide equivalent per product unit. By the process of acquiring raw materials It has the highest greenhouse gas emissions value, accounting for 92.85 percent. No. 2 production process. The highest greenhouse gas emissions value is 7.15 percent.

**Keywords:** Carbon Footprint, road surface, Cape Seal,

## บทนำ

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และผืนมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น ก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เป็นเหตุให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เคยส่องมายังโลก ไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลกได้ เพราะถูกก๊าซเรือกระจกที่ มีปริมาณมาบดบัง เรียกสภาวะแบบนี้ว่า "ปรากฏการณ์เรือนกระจก"เมื่อความร้อนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลก ก็ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดเป็นภาวะโลกร้อน ยิ่งก๊าซเรือนมากเท่าใด โลกก็จะร้อนขึ้นเท่านั้น[1]

[1] พันเอก นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2*]ปร.ด. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง Corresponding author Email: monkol.r@ru.ac.th
[3]วศ.ด.รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[4]วศ.ด. รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) คือ ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission removals) ที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการตลอดวัฏจักรชีวิต หรือจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร วัดรวมอยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า[2] การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และองค์กร [3] คาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์) Carbon Footprint Product : CFP( หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต/การประกอบชิ้นงาน การกระจายสินค้า การใช้งาน และการจัดการของเสียหลังหมดอายุการใช้งาน รวมถึงการขนส่งที่เกี่ยวข้อง โดยคำนวณออกมาในรูปของ กรัม กิโลกรัม หรือตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การประเมินเป็นการหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน/การผลิต การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า[6]

งานผิวจราจรแบบเคพซีล) Cape Seal) การก่อสร้างผิวทางสองชั้น ประกอบด้วยผิวทางชั้นแรกเป็นผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียวแล้วปูทับด้วยสเลอรีซีลลงบนผิว ทาง หรือผิวไหล่ทางดังกล่าวอีกหนึ่งหรือสองชั้น ผิวทางชนิดนี้ใช้ทำเป็นผิวไหล่ทางได้ด้วย

หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งของรัฐบาล มีหน้าที่ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต ก่อสร้างปัจจัยพื้นฐานให้กับประชาชนให้มีความอยู่ดีมีสุข โดยมีการก่อสร้างหลายประเภท เช่น ก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ก่อสร้างแหล่งน้ำ เป็นต้น สำหรับการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม มีอยู่หลายประเภท ได้แก่ การก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรคอนกรีตเสริมเหล็ก การก่อสร้างเส้นทางคมนาคมผิวการจราจรแคปซีล และ การก่อสร้างเส้นทางคมนาคมผิวทางลูกรัง ซึ่งการก่อสร้างเส้นทางดังกล่าวทั้ง 3 ประเภทนี้ มีการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งสิ้น ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกการก่อสร้างเส้นทางคมนาคมผิวการจราจรแบบเคพซีลมาพิจารณา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้

บทความนี้ได้แบ่งเนื้อหาที่สำคัญออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งกล่าวถึงหลักคิด และวิธีการวิธีการคำนวณ ผลการประเมิน สรุป อภิปรายผล รวมทั้งเปรียบเทียบผลประเมินงานวิจัยอื่นๆทั้งในประเทศและต่างประเทศ

**วิธีการศึกษา**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มาตราฐานสากล ISO 14040 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) [3] โดยเป็นการรวบรวมและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และ การผลิต โดยการผลิตมีขั้นตอน 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมชั้นวัสดุคัดเลือกและการวางท่อ, 2) การเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทาง(ลูกรัง) 3) การเตรียมชั้นวัสดุพื้นทาง(หินคลุก) 4) การลงยาง Prime Coat 5) การลงผิวทางชั้นแรก (Single Surface Treatment ) 6) การลงผิวทางชั้นที่สอง (Slurry Seal) 7) การตีเส้นจราจร และ 8) การดำเนินการติดป้ายโครงการ

**ขั้นตอนการศึกษา**

มีขั้นตอนการประเมิน 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต 2) การเก็บรวบรวมข้อมูล 3) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 4) การแปรผลลัพธ์ รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

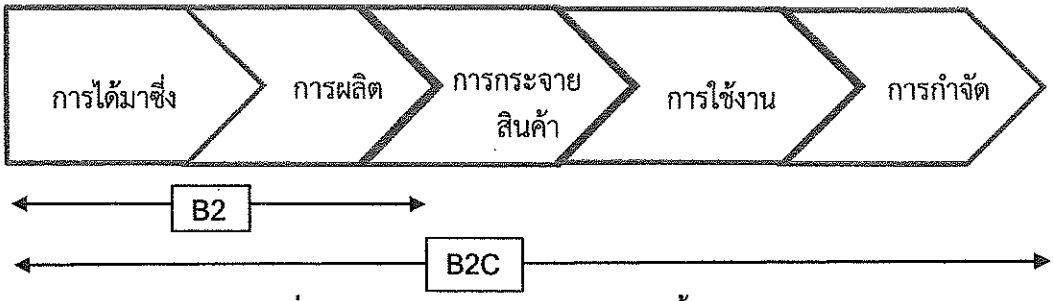
**1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต**

(1) เป้าหมาย : เพื่อศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการก่อสร้างถนน และ

เสนอแนวทางการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละขั้นตอน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการก่อสร้างให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ขอบเขตด้านพื้นที่ : พื้นที่บ้านท่าโป่ง หมู่ 3 ตำบลจระเข้เผือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี ระยะทาง 1 กิโลเมตร กว้าง 5 เมตร ไหล่ทางข้างละ 0.20 เมตร

(2) ขอบเขตการประเมิน : B2B ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (เฉพาะการขนส่ง) และ การผลิต (การขนส่งและการผลิต) ดังแสดงในภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

(3) ขอบเขตระยะเวลา : พ.ย..66- ก.พ.66

(4) หน่วยการทำงาน : ใช้กำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสิ่งนำเข้าสิ่งที่ออกจากระบบ โดยการประเมินต้องอยู่ในรูปแบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน โดยทั่วไปหน่วยการทำงานที่มักใช้ในการประเมินได้แก่ ปริมาตร น้ำหนัก เป็นต้น ในกรณีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวการจราจรแบบ เคพซีล นี้กำหนดให้เป็น 1 เมตร (ความยาวของถนน 1 เมตร กว้าง 5.40 เมตร หนา 0.8 เมตร)

**2. การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม**

เป็นการวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม ที่ได้จากการเก็บข้อมูลและปริมาณของการใช้วัตุดิบ, การขนส่ง และปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรกล ตลอดจนวัฏจักรชีวิตของการก่อสร้างถนนเคพซีล

(1) การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลการใช้ปริมาณ : เชื้อเพลิงของกระบวนการขนส่งวัสดุ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของรถยนต์ที่ใช้ในกระบวนการขนส่งวัสดุ ซึ่งนำข้อมูลมาจากบริษัทรับเหมาก่อสร้าง จำนวน 4 บริษัท และ ข้อมูลทุติยภูมิ: การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารโดยการศึกษาค้นคว้าแนวคิดและทฤษฎีจากหนังสือ วารสารวิทยานิพนธ์ และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่เกี่ยวข้อง ต่างๆ และเก็บรวบรวมหลักฐานของกระบวนการก่อสร้างทาง คือ หลักฐานการจัดซื้อ, เอกสารการขนส่ง และเอกสารการเบิกจ่ายค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

(2) การเทียบเคียงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีไม่มีข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้พิจารณาจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของสารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาใช้แทน แต่หากไม่สามารถหาได้ให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดของสิ่งนำเข้าหรือสิ่งนำออกในกลุ่มเดียวกันแต่ละขั้นตอนของช่วงวัฏจักรชีวิตนั้นๆมาใช้แทน [4]

(3) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้วิธีสมดุลมวลสารและพลังงาน กล่าวคือ สิ่งนำเข้าเท่ากับสิ่งนำออก

(4) แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก พิจารณาจากแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลมาจากสิ่งนำเข้าและสิ่งนำออกจากระบบ รวมถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยสิ่งนำเข้าได้แก่ การใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงจากรถบรรทุกในการขนส่งวัสดุก่อสร้าง ในขั้นตอนการก่อสร้าง ในขั้นตอนการตีเส้นจราจร ในขั้นตอนการติดตั้งป้ายจราจร และการใช้วัตถุดิบในการผลิต

**3. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์**

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ

กระบวนการก่อสร้างทาง เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2563 โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ต้องนำข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ มาแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยค่าเรือนกระจกของ ประเภทวัตถุดิบ วัสดุ และการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของ ดังสมการ[4]

$$CFP = \sum_{i=1}^{n} GHG_i$$

$GHG_i$ = Activity data x Emission factor$_i$ โดย CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรม Emission factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยข้อมูลกิจกรรม n คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่พิจารณา i คือ กิจกรรมที่ i

**การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง**

**(1) กรณีทราบข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง**

CFP = ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร) x EF ตามประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง

**(2) กรณีไม่ทราบข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง** (คำนวณทั้งขาไปและกลับ)

**การขนส่งขาไป**

CFP = น้ำหนักวัสดุก่อสร้าง (ตัน) x ระยะทาง(.กม) x ค่า EF ของการขนส่งขาไป

**การขนส่งขากลับ**

CFP = น้ำหนักวัสดุก่อสร้าง(ตัน)/น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ x ระยะทาง (.กม)x ค่า EF ของการขนส่งขากลับ

**การแปรผล** เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวนโดยการสรุปผล และหาข้อเสนอแนะ ตามเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

**ผลการประเมิน**

**1. การกำหนดเป้าหมาย**

**ตารางที่ 1 ขอบเขตการประเมิน**

| ขอบเขตการประเมิน | รายละเอียด |
|---|---|
| รูปแบบการประเมิน | Cradle-to-Gate (B2B) แสดงดังภาพที่ 1 |
| ระบบที่ศึกษา | แสดงดังตารางที่ 2 |
| หน่วยการทำงาน | ดังแสดงในหัวข้อ 2.2.1 (4) |
| แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก | ดังแสดงในหัวข้อ 2.2.2 (4) |

**ตารางที่ 2** รายละเอียดขั้นตอนการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบเคพซีล

| ขั้นตอน | กิจกรรม |
|---|---|
| 1) การเตรียมชั้นวัสดุคัดเลือกและวางท่อ | ปรับปรุงผิวทางเดิมให้เรียบ(ปรับปรุง/ซ่อม) และใช้วัสดุคัดเลือก |
| 2) การเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทาง | การเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทางด้วยลูกรัง ใช้0.48 ตัน / ตรม. โดยการราดน้ำและบดอัด ให้มีความหนา 0.2 ม. |
| 3) การเตรียมชั้นวัสดุพื้นทาง | เตรียมชั้นวัสดุพื้นทางโดยใช้หินคลุก 0.48 ตัน /1 ตรม .โดยการราดน้ำและบดอัด ให้มีความหนา 0.2 ม. |
| 4) การลงยาง Prime Coat | กวาดถนน ปัดฝุ่น อาจทำความสะอาดด้วยน้ำ บดอัดจากนั้นลาดยางโดยใช้ยาง CSS-1 จำนวน 0.8 ล. /รตม.ผสมแล้วตามส่วนผสมแล้วเทราด จากนั้นโรยด้วยทรายที่ และทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 48 ชม. |

**ตารางที่ 2** รายละเอียดขั้นตอนการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบเคพซีล

| ขั้นตอน | กิจกรรม |
|---|---|
| 5) การลงผิวทางชั้นแรก(Single Surface Treatment) | กวาดถนน ปัดฝุ่น อาจทำความสะอาดด้วยน้ำ บดอัดจากนั้นลาดยางโดยใช้ยาง CRS-2 จำนวน 1 ล. /ตรม. ที่ ผสมแล้วตามส่วนผสมแล้วเทราด จากนั้นโรยด้วยหินย่อย ขนาด½ นิ้ว (12-16 กก./.ตรม) บดอัด และ ทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 48 ชม. |
| 6)การลงผิวทางชั้น.2 (Slurry Seal) | กวาดถนน ปัดฝุ่น อาจทำความสะอาดด้วยน้ำ และบดอัดอีกรอบ จากนั้น ลาดยางด้วยยาง CSS-1H )อัตราส่วน 1.4 ล/ตรม(. และโรยหินฝุ่น อัตราส่วน 18-25 กก./ตรม .และบดอัด ทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 48 ชม. |
| 7) การตีเส้นจราจร | ตีเส้นจราจรตามมาตรฐาน มอก.ขทและ ม . |
| 8) การติดตั้งป้ายโครงการ | เทปูนทำฐานป้าย และติดตั้งป้ายโครงการ |

**2. การเก็บรวมรวมข้อมูล** จากข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิรายละเอียดดังแสดงตามตารางที่ 3

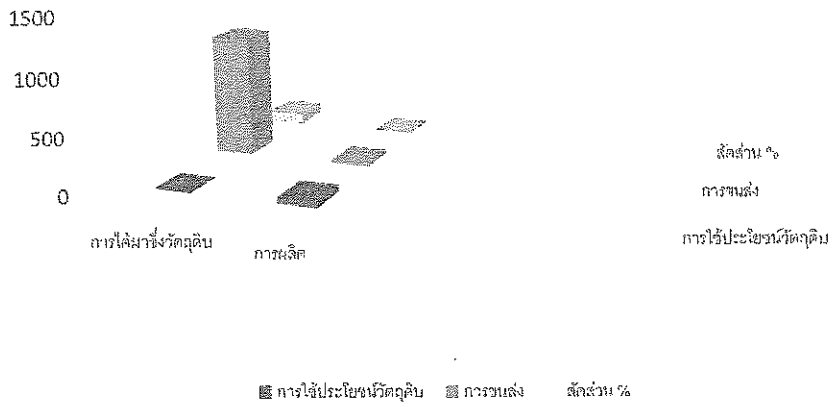
**3. การคำนวณ** การนำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวมมาเข้าสูตรการคำนวน ดังแสดงในข้อ 2.2.3 และมีผลการคำนวณดังแสดงตาม ตารางที่ 4 ตารางที่ 2 ตารางที่ 5 ภาพที่ 3 ตารางที่ 6 และภาพที่ 4 ตามลำดับ

**ตารางที่ 3** แหล่งที่มาการเก็บรวบรวมข้อมูล

| ข้อมูล | แหล่งที่มา | |
|---|---|---|
| | ข้อมูลทุติยภูมิ | ข้อมูลปฐมภูมิ |
| ข้อมูลกิจกรรม | | |
| ข้อมูลปริมาณ | | |
| - วัสดุก่อสร้าง<br>- เครื่องมือก่อสร้าง<br>- เชื้อเพลิง | ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท<br>ระบบบันทึกข้อมูลของหน่วย | -<br>-<br>- |
| ข้อมูลการขนส่ง | | |
| - น้ำหนักบรรทุก | ระบบบันทึกข้อมูลของหน่วย | - |
| - ระยะทาง | ระบบบันทึกข้อมูลของหน่วย | https://google.co.th.maps/ |
| - ประเภทยานพาหนะ | | |
| - น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ | ระบบบันทึกข้อมูลของหน่วย | องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก |

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบเคพซีล

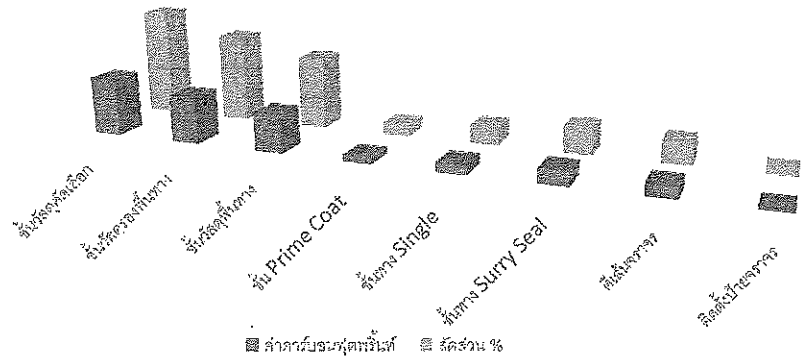
| ช่วงวัฏจักรชีวิต | ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2e/m$) | | ผลรวม | สัดส่วน % |
|---|---|---|---|---|
| | การใช้วัตถุดิบ | การขนส่ง | | |
| การได้มาซึ่งวัตถุดิบ | | 1,077.31 | 1,077.31 | 92.85 |
| การผลิต | 52.57 | 30.34 | 82.91 | 7.15 |
| **รวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์** | **52.57** | **1,107.65** | **1,160.22** | **100.00** |




**ภาพที่ 2** ปริมาณสัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการก่อสร้าง

**ตารางที่ 5** ผลการคำนวนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้วัตถุดิบในการก่อสร้าง

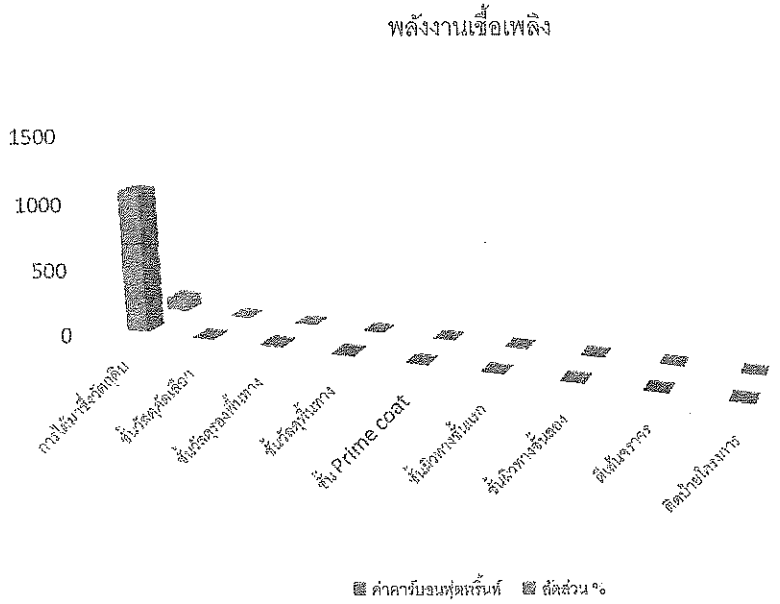
| ลำดับ | กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก | ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCo_2e/m$) | สัดส่วน % |
|---|---|---|---|
| 1. | การเตรียมชั้นวัสดุคัดเลือก, วางท่อ | 16.17 | 30.76 |
| 2. | การเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทาง (ลูกรัง) | 13.17 | 25.04 |
| 3. | การเตรียมชั้นวัสดุพื้นทาง (หินคลุก) | 10.76 | 20.47 |
| 4. | การลงยาง Prime Coat | 1.80 | 3.43 |
| 5. | การลงผิวทางชั้นแรก | 2.73 | 5.20 |
| 6. | การลงผิวทางชั้นสอง | 3.96 | 7.53 |
| 7. | การตีเส้นจราจร | 3.30 | 6.26 |
| 8. | การติดตั้งป้ายโครงการ | 0.68 | 1.30 |
| | **รวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์** | **52.57** | **100.00** |




**ภาพที่ 3** ปริมาณสัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการใช้วัสดุก่อสร้าง

**ตารางที่ 6** ผลการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะและเครื่องจักรกล

| ลำดับ | กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก | ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCo_2e/m$) | สัดส่วน % |
|---|---|---|---|
| | **การได้มาซึ่งวัตถุดิบ** | **1,077.31** | 97.26 |
| | **การผลิต** | | |
| 1. | การเตรียมชั้นวัสดุคัดเลือก, วางท่อ | 6.42 | 0.58 |
| 2. | การเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทาง (ลูกรัง) | 12.57 | 1.13 |
| 3. | การเตรียมชั้นวัสดุพื้นทาง (หินคลุก) | 8.56 | 0.77 |
| 4. | การลงยาง Prime Coat | 0.75 | 0.07 |
| 5. | การลงผิวทางชั้นแรก | 0.94 | 0.08 |
| 6. | การลงผิวทางชั้นสอง | 1.02 | 0.09 |
| 7. | การตีเส้นจราจร | 0.05 | 0.005 |
| 8. | การติดตั้งป้ายโครงการ | 0.03 | 0.003 |
| | ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เผาไหม้ในการผลิต | **30.34** | |
| | รวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การเผาไหม้เชื้อเพลิง | **1,107.65** | 100.00 |




**ภาพที่ 4** ปริมาณสัดส่วนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

**สรุปผล วิจารณ์**

**1. ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบเคพซีล** ผลการประเมินการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แบ่งเป็น 2 ช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ช่วงการได้มาซึ่งวัสดุ มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 1,077.31 $kgCo_2e/m$ หรือ 1.08 $tonCo_2e/m$ และ ช่วงของการผลิตมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 82.9 $kgCo_2e/m$ หรือ 0.083 $tonCo_2e/m$ พบว่าช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าช่วงของการผลิต เนื่องจากปริมาณ

วัตถุดิบที่ใช้ในการก่อสร้างจำนวนมาก ได้แก่ หินคลุก ลูกรัง และวัสดุคัดเลือก ตามลำดับ และช่วงของการผลิตมีกิจกรรมหรือขั้นตอนของการผลิตที่ปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์มากที่สุด(รวมการใช้วัตถุดิบและการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง) ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมชั้นวัสดุรองพื้นทางหรือการลงลูกรัง มีค่า เท่ากับ 25.7 $kgCo_2e/m$ หรือ 0.026 $tonCo_2e/m$, ขั้นตอนการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์มากที่สุด เป็นอันดับที่ 2 ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมชั้นวัสดุคัดเลือก มีค่าเท่ากับ 22.6 $kgCo_2e/m$ หรือ 0.02 $tonCo_2e/m$ และขั้นตอนการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากสุดเป็นอันดับที่ 3 ได้แก่ ขั้นตอนเตรียมชั้นวัสดุพื้นทาง หรือหินคลุก มีค่าเท่ากับ 19.3 $kgCo_2e/m^2$ หรือ 0.02 $tonCo_2e/m$ เนื่องจากปริมาณของวัตถุดิบที่มากน้อย ตามลำดับ

**2. การเปรียบเทียบผลการวิจัยในประเทศและต่างประเทศ ดังแสดงตามตารางที่ 7**

**ตารางที่ 7** การเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ

| งานวิจัย | ประเทศ | งานก่อสร้าง | ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ |
|---|---|---|---|
| งานวิจัยนี้ | ไทย | ก่อเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบ Cape Seal | 1.16 $tCo_2e/m$ |
| งานวิจัยที่เปรียบเทียบ | ไทย | สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน | 1.69 $tCo_2e/m^2$ |
| | | อุโมงค์ทางวิ่ง | 34.53261 $tCo_2e/m$ |
| | เกาหลี | ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์เกิดจากวัสดุที่ก่อสร้างถนน | 7. 5 $tCO_2e/m$ |

เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้ กับโครงการก่อสร้างของไทยและต่างประเทศ พบว่างานวิจัยนี้มีการปล่อยค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้น้อยกว่า แต่ถ้าปรับเทียบต่อหน่วยการทำงานแล้วจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน อาจมีสาเหตุมาจากการคำนวณหรือการกำหนดขอบเขตในการคำนวณ สภาพภูมิอากาศในแต่ละสถานที่ เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน ปริมาณวัตถุดิบ ระยะทางการขนส่ง ประเภทยานพาหนะที่ใช้ และระยะเวลาในการศึกษาวิจัย เป็นต้น ล้วนมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลการคำนวนการวิจัย ทั้งสิ้น

**2. สรุป**

จากผลการศึกษาพบว่าการปลดปล่อยการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์โครงการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวทางจราจรแบบแคปซีลนี้ มีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าวัตถุดิบ และ จำนวนของวัตถุดิบนั้นมีผลโดยตรงต่อจำนวนเที่ยวในการขนส่ง ซึ่งจะทำให้มีระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ มากน้อยต่างกันตามจำนวนวัตถุดิบ ที่ใช้จากหน้าแหล่งจำหน่ายมายังแหล่งหน้างาน จากการขนส่งในกิจกรรม การผลิต จากหน้าแหล่งที่พักหัวงานมายังแหล่งหน้างาน

การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรนั้นมีปริมาณที่ยังไม่เสถียรมากนัก เนื่องจากเครื่องจักรกลที่ใช้ในการดำเนินการในกระบวนการผลิตนี้ มีอายุการใช้งานที่นานมาก และมีสภาพเก่า แม้จะมีการปรนนิบัติบำรุงเป็นประจำ แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันยังไม่เท่ากัน แม้จะเป็นยานพาหนะประเภทเดียวกัน เป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณสิริกานต์ นิธิศักดิยานนท์ และคุณจิตรา รู้กิจการพานิช (2560) ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของงานโครงการสร้างสถีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ( Life Cycle Assessment : LCA ) เพื่อทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการก่อสร้างสถานีนการพบว่า กระบว รถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งได้มาซึ่งวัสดุมีการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด และ กระบวนการผลิตมีปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รองลงมาเป็นอันดับสอง สาเหตุมา

จากปริมาณของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต เป็นต้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Youngguk Seo and Seong-Min Kim (2023) เป็นการศึกษาเรื่องเป็นการศึกษาครั้งแรกประเทศเกาหลีโดยศึกษาเพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ปล่อยออกมาจากการบริโภควัสดุ และวัสดุพื้นฐานสำหรับการก่อสร้างถนน สะพาน และอุโมงค์ โดยพิจารณาเลือกส่วนทางพิเศษ 12 ส่วน ที่สร้างขึ้นระหว่างปี 2549-2550 พร้อมระบุวัสดุที่ใช้การปล่อยมลพิษต่อหน่วยถูกนำมาใช้ประเมินการปล่อยมลพิษทั้งหมดที่อาจถูกปล่อยออกมาจากถนนทุกประเภท (ทางด่วนทางหลวงแผ่นดิน และถนนท้องถิ่น) จนถึงปี 2550 นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบของจำนวนช่องจราจรและประเภทสะพานมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าสะพานมีการปล่อยมลพิษสูงสุดต่อเมตร เท่ากับ 120.1 $tCO_2/m$ อุโมงค์เท่ากับ 29.6 $tCO_2/m$ และส่วนที่เป็นถนน เท่ากับ 7.5 $tCO_2/m$ เนื่องจากการใช้วัดสุก่อสร้างเป็นหลัก

**ข้อเสนอแนะ**

1) ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุการก่อสร้าง และยานพาหนะ, เครื่องจักรกลหนัก ที่ใช้ประกอบการคำนวณ ยังไม่มีค่ากลาง มาตรฐานที่ใช้ในงานก่อสร้าง ดังนั้นจึงเห็นควรมีการพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุในการก่อสร้าง และยานพาหนะ, เครื่องจักรกลหนักเพิ่มเติม ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุก่อสร้าง และยานพาหนะ, เครื่องจักรกลหนัก มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น และยานพาหนะเครื่องจักรกลหนักที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาใช้ในการคำนวน

2) ขอเสนอวิธีกิจกรรมช่วยลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เช่น การปลูกต้นไม้ เพื่อช่วยดูดซับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าให้สู่ชั้นบรรยากาศให้น้อยลงโดยปริมาณต้นไม้ 1 ต้นสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้เฉลี่ย 9-15 กิโลกรัม $CO_2$ต่อปี )ที่มา http://smartgreeny.com (ยิ่งหากปลูกต้นไม้ให้เติบโตได้อย่างยั่งยืนมากเท่าใด จะช่วยบรรเทาความวิกฤตจากโลกร้อนได้มากเช่นกัน อีกทั้งเป็นการช่วยการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน เช่นการปลูกไม้ยืนต้น ไม้เศรษฐกิจ ต่างๆ

3) เครื่องจักรกลหนักของหน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ฯ ของหน่วยบัญชาการทหารพัฒนา นั้นมีอายุการใช้งานที่มากเกินกว่า 10 ปี ถึงแม้ว่า มีการปรนนิบัติบำรุงและซ่อมบำรุงเป็นประจำตามวงรอบ แต่ด้วยอายุของเครื่องจักรกลหนักมีการใช้งานที่ยาวนาน จึงเห็นควรมีการตรวจเช็ค และซ่อมบำรุงยานพาหนะเครื่องจักรกล ให้ละเอียดรอบคอบ เพื่อลดปริมาณการเผาผลาญเชื้อเพลิง ที่เกินความจำเป็นลงได้

4) การจัดซื้อจัดจ้างยานพาหนะกับบริษัทที่ผลิตหรือเป็นตัวแทนจัดจำหน่าย ควรกำหนดในรายละเอียดและขอบเขตงาน) Term of Reference: TOR) ควรปรับเปลี่ยนเป็นรถไฟฟ้า) EV (หรือรถพลังงานทดแทน ซึ่งคาดว่าจะมีบทบาทที่สำคัญในอนาคตข้างหน้า

5) พิจารณาการลดระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ ระหว่างหน้าแหล่งงาน, แหล่งผลิต หรือแหล่งจำหน่าย ไปยังแหล่งงานก่อสร้างหรือที่พักกองวัสดุ และระยะทางระหว่างที่พักของคนงาน หรือจุดรวมเครื่องจักรกลไปยังแหล่งงานก่อสร้าง ควรให้มีระยะที่ใกล้ที่สุดกับบริเวณแหล่งงาน เพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ส่งผลให้การเผาไหม้ของเครื่องจักรกล ที่ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง

6) ในงานวิจัยนี้มีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรแบบ เคพซีลนี้ยังไม่มีการวิจัยอย่างแพร่หลาย จึงเห็นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อยอดจากการวิจัยนี้ เพื่อนำมาพัฒนาการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม ผิวจราจรในแบบต่างๆ เพื่อความสมบูรณ์ ถูกต้อง ในอนาคตต่อไป

7) ควรมีร่วมมือ วางแผน ศึกษาและอบรมเชิงปฏิบัติการของทุกภาคส่วนขององค์กร เพื่อตระหนัก

และเล็งเห็นถึงวิกฤตกรณีโลกร้อน นี้ เพื่อหาแนวทางการลดการเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ให้เป็นไปตามนโยบายรัฐบาล เพื่อพัฒนาประเทศไปสู่ระดับสากล ในอนาคตข้างหน้าอย่างยั่งยืน

**กิตติกรรมประกาศ**

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณบริษัทห้างร้านต่างๆ ที่ได้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้อย่างถูกต้อง ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจและคอยสนับสนุนทุกด้านอย่างดีเสมอมา และท้ายนี้ ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างถนนแบบ เคพซีลและแบบต่าง ๆ ต่อไป

**เอกสารอ้างอิง**

1. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (กพ.2563).คู่มือกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษา. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์. [อินเตอร์เนต] 2566 [สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2566]. เข้าถึงจาก https://www.bsigroup.com
3. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (2563).แนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ (พิมพ์ครั้งที่ 7)
4. สิริกานตย์ นิธิศักดิยานนท์ และ จิตรา รู้กิจการพานิช )2560) ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานี รถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง Carbon Footprint Assessment of the Construction Project of the Subway Station and Tunnel วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(, Emgng.J.CMU )2017( 24 )2(, 114-127
5. Youngguk Seo and Seong-Min Kim )2023(.Estimation of materials-induced CO2 emission from road construction in Korea.Reneaable and Sustainable Energy Reviews.,volumm 26, October 2013, Pages 625-631 ค้นหาจาก https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.06.003
6 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก )องค์กรมหาชน) (2561( แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุต พริ้นท์ของผลิตภัณฑ์