การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา:การทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด

Assessing the Carbon Footprint of a Product: A Case Study : Underground Electrical Cable Manhole Construction for Pipe Jacking.

(Received: October 3,2023 ; Revised: October 31,2023 ; Accepted: November 4,2023)

จงรักษ์ สุขเสริฐ[1], เสรีย์ ตู้ประกาย[2], มงคล รัชชะ[3*] และโกวิท สุวรรณหงษ์[4]
Jongrak Suksert[1], Seree Tuprakay[2], Mongkol Ratcha[3*] and Kowit Suwannahong[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา การทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking โดยใช้หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ การศึกษาผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการการก่อสร้างบ่อพักไฟฟ้าท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินและร้อยสายเคเบิลไฟฟ้าทั้งระบบเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ตามรูปแบบ Business to Business (B2B) ผลการศึกษาพบว่า การทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 2,761,673.56 $kgCO_2e$/km โดยแบ่งงานเป็นการทำงานเป็นสามกิจกรรมหลัก ในการประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในขั้นตอนการทำงานดันท่อมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,412,814.5 $kgCO_2e$/km ลำดับที่สองคือ งานวางสายไฟฟ้าใต้ดิน เท่ากับ 918,474.324 $kgCO_2e$/km และลำดับที่สามคืองานติดตั้งบ่อพักเท่ากับ 430,384.737 $kgCO_2e$/km โดยที่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือกิจกรรมการดันท่อลอด คิดเป็นสัดส่วน เท่ากับ 51.15% เนื่องจากมีการใช้ซีเมนต์คอนกรีตจำนวนมากและการหล่อท่อคอนกรีต Pipe jack ที่มีการขนส่งที่มีระยะทางไกลถึง 50 กิโลเมตรจากที่โรงหล่อจังหวัดปทุมธานี

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์, ก๊าซเรือนกระจก, เศรษฐกิจหมุนเวียน, ดันท่อลอด

Abstract

This study aims to assess the carbon footprint of the product, specifically focusing on the case study of underground electrical cable manhole construction for pipe jacking. By employing the principles of carbon footprint assessment for the product evaluation. It is quantitative research. The study of environmental impacts arising from the construction of underground electrical cable ducts and cable systems over one kilometer. Using the Life Cycle Assessment (LCA) method in the Business to Business (B2B) format. The study found that the construction of underground electrical cable ducts using Pipe Jacking results in greenhouse gas emissions equivalent to 2,761,673.56 $kgCO_2e$/km. By dividing the work into three main activities. In assessing the equivalent carbon dioxide emissions released during the pipe jacking process, the highest value recorded is 1,412,814.5 $kgCO_2e$/km. 2) Underground electrical cable laying is equal to 918,474.324 kgCO2e/km. 3) The manhole installation is equal to 430,384.737 kgCO2e/km. Whereas the highest greenhouse gas emissions release is from the pipe jacking activity, accounting for 51.15% of the total. Due to the extensive use of cement concrete and the transportation of concrete pipes for Pipe Jacking over long distances, up to 50 kilometers, from the casting facility in Pathum Thani province.

Keywords: Carbon footprint, greenhouse gases, circular economy, pipe jacking

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

บทนำ

ภาวะโลกร้อน(Global Warming) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และผืนน้ำในมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจกเช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์,ก๊าซมีเทน ฯลฯ ที่สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมีมากจนเกินสมดุล มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เป็นเหตุให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เคยส่องมายังโลก ไม่สามารถสะท้อนกลับคืนไปนอกโลกได้ เพราะถูกก๊าซเรือนกระจกที่ มีปริมาณมาบดบัง เรียกสภาวะแบบนี้ว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”เมื่อความร้อนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลก ก็ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดเป็นภาวะโลกร้อน ยิ่งก๊าซเรือนมากเท่าใด โลกก็จะร้อนขึ้นเท่านั้น [1]

การไฟฟ้านครหลวงเป็นรัฐวิสาหกิจที่รับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับประชาชน อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงมหาดไทย มีโครงการระยะยาวในการเปลี่ยนเสายไฟอากาศเป็นสายเคเบิลระบบใต้ดิน ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรีและสมุทรปราการ ระยะทางรวม 236.1 กิโลเมตร [2] ความต้องการในการใช้พลังงานของเมืองที่เพิ่มมากขึ้น ระบบจ่ายไฟฟ้าด้วยระบบสายอากาศจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งานในอนาคต ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าใต้ดินรองรับจำนวนสายไฟฟ้าได้มากกว่าระบบอากาศ
เพิ่มความมั่นคงของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากระบบสายอากาศมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุได้ง่ายกว่า ทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นวงกว้าง หากเกิดขึ้นในศูนย์กลางธุรกิจ ก็จะก็ให้เกิดความเสียหายต่อธุรกิจและผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างมาก อีกทั้งลดปัญหาไฟฟ้าดับจากลมพายุ และกิ่งไม้ล้มใส่สายไฟฟ้าได้ เป็นการปรับปรุงทัศนียภาพของเมืองให้ดีขึ้น เมืองมีการขยายตัว จึงมีสิ่งกีดขวางแนวระบบจ่ายไฟฟ้าบนดินเป็นจำนวนมาก ได้แก่อาคาร สะพาน อุโมงค์ทางลอด สถานีรถไฟฟ้า ฯลฯ ทำให้ต้องรื้อย้ายระบบสายอากาศเป็นสายใต้ดิน

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปัจจุบันเป็นประยุกต์ในวงการก่อสร้าง ระบบสาธารณูปโภคได้นำมาประยุกต์เพื่อเป็นตัวชี้วัดการบริหารจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสิ่งแวดล้อม ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา การทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking มีความต้องการลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีกิจกรรมต่างๆที่ก่อให้การปลดปล่อยปก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศในกระบวนการก่อสร้างทุกกระบวนการ เช่น การเผาไหม้ของเครื่องจักรกลดีเซล ในการขนส่งวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการปฏิบัติให้เป็นไปด้วยความสอดคล้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืนในเรื่องของการเตรียมความพร้อมในการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเป็นการแสดงให้เห็นการตระหนักถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการก่อสร้างการทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้ศึกษาวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามรูปแบบ Cradle to Gate หรือ Business to Business (B2B) [3] มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการวิจัย

ดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 [4] ซึ่งประกอบด้วย

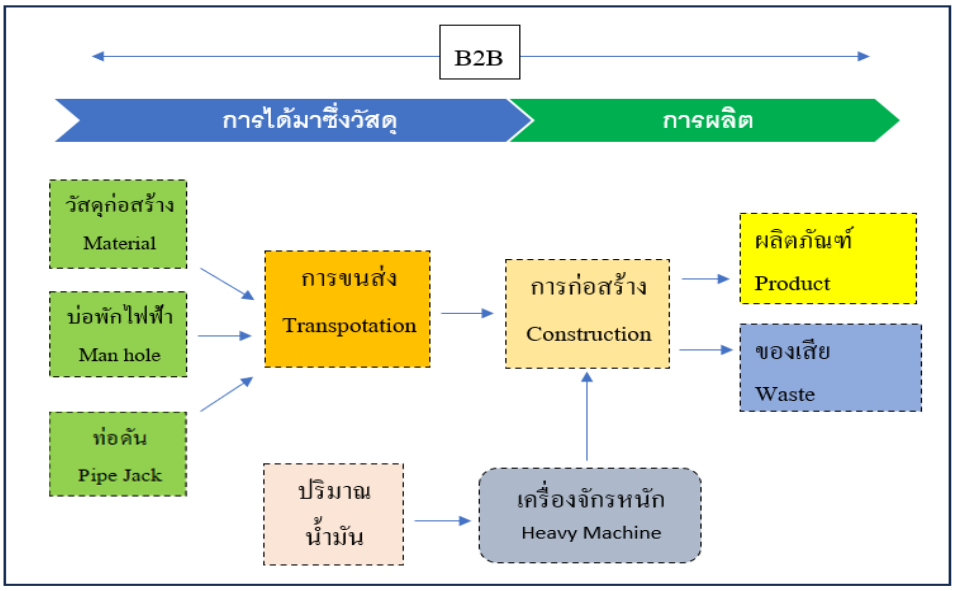
1.1 เป้าหมายการศึกษา เพื่อศึกษาศึกษาวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อเปรียบเทียบหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ออกมาในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (CO_2e) ของกระบวนการทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอดในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยระยะทาง 1 กิโลเมตร

1.2 ขอบเขตของการศึกษาใช้การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปแบบ (Cradle- to-Gate) ตามมาตรฐาน ISO 14040 การประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ในการก่อสร้างโครงการ ทำการประเมิน 2 ช่วงวัฏจักรชีวิต ได้แก่ ช่วงได้มาซึ่งวัตถุดิบ และช่วงการผลิต คิดแบบ B2B ขั้นตอน การได้มาซึ่งวัสดุ การขนส่ง และกระบวนการก่อสร้าง ไม่นับรวมกิจกรรมการกำจัดของ

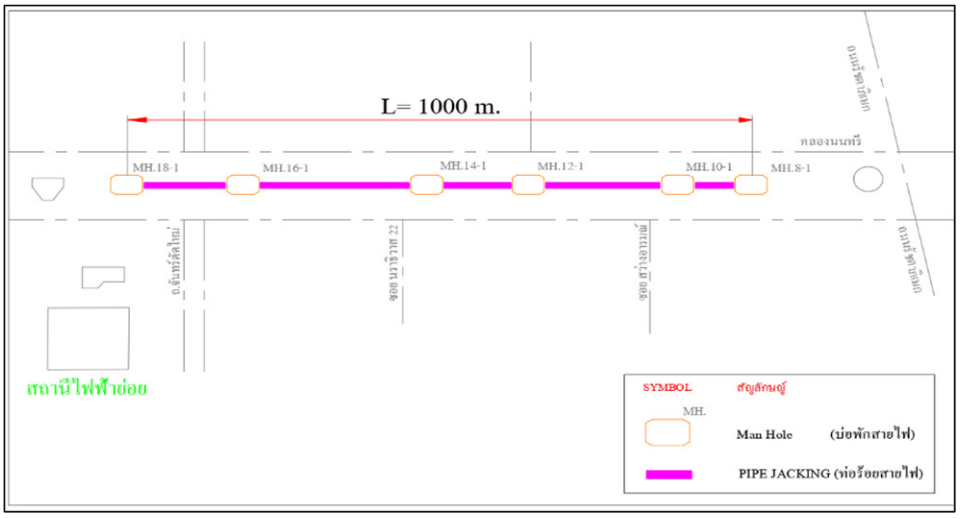
เสีย ต่างๆ โดยมีขั้นตอนการก่อสร้าง [5] โดยการผลิตมีขั้นตอนโดยละเอียด 8 ขั้นตอนได้แก่ 1) จัดเตรียมวัสดุการสั่งหล่อชิ้นงานหล่อท่อ Pipe Jacking, 2) การสั่งหล่อชิ้นงานหล่อบ่อพัก (manhole)

3) การจมบ่อพัก (sinking manhole) การติดตั้งบ่อพัก 4) งานเทก้นบ่อและเพดานบ่อพัก 5) งานดันท่อ 6) งานติดตั้งท่อ RTRC พร้อมเกราส์คอนกรีต 7) งานติดอุปกรณ์ ในบ่อพัก และ 8) งานติดตั้งสายเคเบิลไฟฟ้า งานต่อสายและจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่นับรวมกิจกรรมการกำจัดของเสียในการผลิต ดังแสดงภาพที่1

1.3 หน่วยการทำงาน (Function Unit) หน่วยการทำงานเป็นตัวกำหนดสิ่งที่กำลังศึกษาดั้งนั้นจึงมีความเชื่อมโยงกับปริมาณสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ทั้งหมดของการศึกษาภายในเขตพื้นที่บริเวณการก่อสร้างประกอบด้วย เก็บกองวัสดุตลอดจนถึงบริเวณเขต ก่อสร้างบ่อพักสายเคเบิลใต้ดิน (Manhole) เส้นทางความยาวที่นำมาพิจารณาเลือกนำศึกษาเพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีระยะ 1 กิโลเมตร โดยมีผลการประเมินในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงานโดยจะกำหนดเป็นหน่วยพื้นที่ คือ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร (Co_2e /km) ดังแสดงภาพที่ 2



ภาพที่ 1 กระบวนการก่อสร้างบ่อพักสายไฟฟ้า ในช่วงที่มีการประเมิน



ภาพที่ 2 ระยะทางก่อสร้างที่นำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

เป็นการวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากกระบวนการดำเนินกิจกรรม ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งสำหรับการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นข้อมูลของปริมาณสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ของกระบวนการผลิตวัตถุดิบแต่ละชนิด จะถูกคิดคำนวณออกมาเป็นค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับขอ้มูลที่ต้องเก็บรวมรวบเพื่อใช้ใน การศึกษาประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญดังนี้

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) คือ ข้อมูลการใช้รถยนต์ ประเภทของรถยนต์ ในแต่ละกระบวนการขนส่งวัสดุ ได้แก่ ปริมาณการใช้ต่อเที่ยวของการขนส่ง ชนิดของรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งวัสดุขที่ใช้ในกระบวนการขนส่งวัสดุหรือชิ้นงานในโครงการนี้ จะมีอุปกรณ์ที่จะต้องเข้าไป ใช้ในติดตั้ง คือ บ่อพักไฟฟ้า และ ท่อดัน Pipe Jack โดยมีการสั่งผลิตแยกจากกัน ด้วยเหตุนี้ จึงให้มีการใช้รถจำนวนมากเนื่องจากการขนส่ง ไม่สามารถร่วมเที่ยวกันมาได้ หรือเรียกอีกอย่างว่าปันส่วน ข้อมูลการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงของกระบวนการก่อสร้างก่อสร้างบ่อพักไฟฟ้า ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมัน ดีเซลของรถในขั้นตอนรถเครนขนาด 37 ตัน รถเครนขนาด 130 ตัน รถแบ็คโฮตักดินช่วงยาว รถบรรทุกดิน รถบรรทุกน้ำประปา ขนาด 15,000 ลูกบาศก์เมตรน้ำ รถเทลเลอร์บรรทุกเหล็กเสริม เป็นต้น

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารโดยการศึกษาค้นคว้าแนวคิดและทฤษฎีจากหนังสือ วารสาร วิทยานิพนธ์ และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากการสืบค้นพร้อมระบุที่มาของการสืบค้น แผนผังวัฏจักรชีวิตของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) หล่อสำเร็จของบ่อพักไฟฟ้า และ ท่อดัน Pipe Jack ที่จะใช้ในโครงการก่อสร้างและการจัดทำผังไหลวัสดุ ตามภาพที่ 3

3. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงระเบียบวิธีการประมาณการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือน กระจกตามหลักเกณฑ์ของ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของกระบวนการก่อสร้างทาง มีสูตรการคำนวณ คาร์บอนฟุตฟริ้นดังนี้ [2]

$$CFP = \sum GHG \quad .. (1)$$

$$GHG = \text{Activity Data} \times \text{EmissionFactor} \quad ...(2)$$

CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มีหน่วยเป็น กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ∑GHG คือ ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากจำนวนกิจกรรมทั้งหมด GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า Activity Data คือ ข้อมูลกิจกรรม เช่น ปริมาณวัตถุดิบ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ของเสีย และ ระยะทางการขนส่ง เป็นต้น Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ เรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยกิจกรรม

3.1 การคำนวณการขนส่ง ระบุถึงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งวัสดุ โดยการขนส่งวัสดุต้องคำนวณ ทั้งขาไปและขากลับ และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกิจกรรมก่อสร้าง ดังนี้

<u>กรณีทราบข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง</u>

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร) x EF ตามประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง

<u>กรณีไม่ทราบข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง (คำนวณทั้งขาไปและกลับ)</u>

การขนส่งขาไป

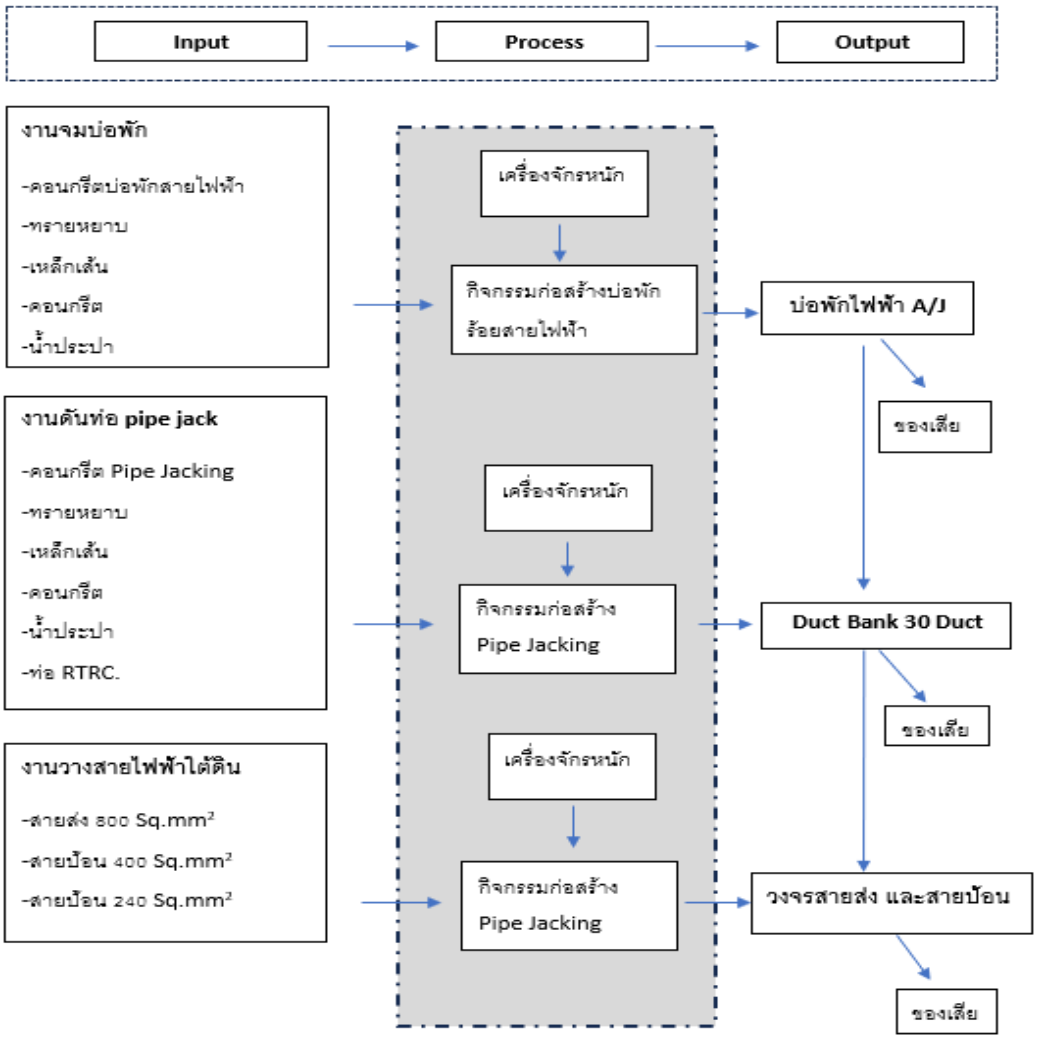
ปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์

จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง = น้ำหนักวัสดุก่อสร้าง(ตัน) x ระยะทาง(กม.) x ค่า EF ของ
จากการขนส่ง (ขาไป) ยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง

การขนส่งขากลับ

ปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์

จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง = น้ำหนักวัสดุก่อสร้าง(ตัน) x ระยะทาง(กม.) x ค่า EF ของ
จากการขนส่ง (ขากลับ) น้ำหนักบรรทุกสูงสุด ยานพาหนะ
ของยานพาหนะ ที่ใช้ขนส่ง



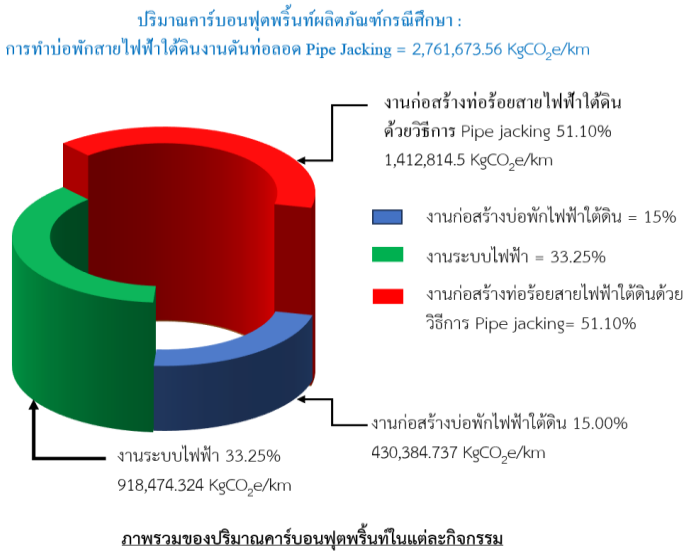
ภาพที่ 3 การจัดทำผังไหลของวัสดุ (Material Flow Diagram)

ตารางที่ 1 บัญชีรายการวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อพักไฟฟ้า

กิจกรรม/วัสดุนำเข้า	หน่วย	ปริมาณ	EF ($kgCO_2e$/ หน่วยปริมาณ)	ที่มา
1.งานจมบ่อพัก 6 บ่อ (กิจกรรมติดตั้งบ่อพัก)				
1.1 งานกรีดถนน				
1.2 สกัดถนน พร้อมวางฝาปิดชั่วคราว				
1.3 จมชิ้นส่วนบ่อ ชนิด A/J				
1.4 ฝาชั่วคราว คอนกรีต (Concrete) 240 kcs.	ลบ.ม	210	212	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
2.งานเทก้นบ่อพัก (กิจกรรมติดตั้งบ่อพัก)				
บดอัดทราย Sand Compaction				
2.1 ทรายหยาบ 7.9 คิว	กิโลกรัม	71,100	0.0037	TGO Guide book (เม.ย. 57)
2.2 เทลีน (Concrete) 140 kcs.	ลบ.ม	47.34	212	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
2.3 ผูกเหล็ก ระดับ Base Slap.				
เหล็กเส้นกลม DB ขนาด 20 มม.	กิโลกรัม	2,131	1.76	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
เหล็กเส้นกลม DB ขนาด 16 มม.	กิโลกรัม	3,000	1.76	
เหล็กเส้นกลม DB ขนาด 12 มม.	กิโลกรัม	120	1.76	
คอนกรีต (Concrete) 240 kcs.	ลบ.ม	55.2	317	
ปูนซีเมนต์พอรต์แลนด์ 2 ถุง	กิโลกรัม	100	1.038	บริษัท เอสซีจีซีเมนต์ จำกัด
น้ำประปา	ลบ.ม	5	0.7948	Thai National LCI Database,TIIS-MTEC-NSTDA
3.งานดันท่อ Pipe Jacking				
3.1 งานตั้งรางดันท่อ				
3.2 งานดันปลอกท่อ คสล.				
Pipe Jacking Concrete	กิโลกรัม	314,000	212	
น้ำประปา	ลบ.ม	500,000	0.7948	Thai National LCI Database,TIIS-MTEC-NSTDA
3.3 งานติดตั้ง ท่อ RTRC.				
ท่อ RTRC Dia 125mm. 30ท่อ	กิโลกรัม	8,100	6.6860	IPCC 2006
3.4 งานติดตั้งหวี SPACER				
เหล็กเส้นกลม SD ขนาด 9 มม.	กิโลกรัม	3,000	1.76	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
ตะปูขนาด 3 นิ้ว	กิโลกรัม	55.2	1.76	
3.5 งานเกาท์คอนกรีต (Grouting)				
คอนกรีต (Concrete) 45 kcs.	ลบ.ม	2,126	212	IPCC 2006
คอนกรีต (Concrete) 45 kcs. (OPC Type 1)	ลบ.ม		77.32	บริษัท เอสซีจีซีเมนต์ จำกัด

ตารางที่ 1 บัญชีรายการวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อพักไฟฟ้า

กิจกรรม/วัสดุนำเข้า	หน่วย	ปริมาณ	EF ($kgCO_2e$/ หน่วยปริมาณ)	ที่มา
คอนกรีต (Concrete) 45 kcs. (Hydralic Cement)	ลบ.ม		74.87	
น้ำประปา	ลบ.ม	5	0.7948	Thai National LCI Database,TIIS-MTEC-NSTDA
4.งานปิดฝาบ่อพัก Man Hole (กิจกรรมติดตั้งบ่อพัก)				
4.1 งานติดอุปกรณ์ในบ่อพักสายไฟฟ้า				
บันได (HDG.)	กิโลกรัม	9,000	2.7073	USLCI Update_24 Sep12
Support for rack (HDG.)	กิโลกรัม	200	2.7073	
Pulling Iron (HDG.)	กิโลกรัม	20	2.7073	
4.2 งานติดตั้งเพดานบ่อพัก 240 kcs.				
เหล็กเส้นกลม DB ขนาด 16 มม.	กิโลกรัม	6,600	1.76	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
เหล็กเส้นกลม DB ขนาด 20 มม.	กิโลกรัม	1,260	1.76	
คอนกรีต (Concrete ready mix)	ลบ.ม	52.2	212	
4.3 งานติดคอบ่อพักและฝาบ่อ				
Steel Iron cast	กิโลกรัม	900	0.6382	USLCI Update_24 Sep12
ไม้อัดทำแบบ	กิโลกรัม	144	0.3866	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
5. งานติดตั้งไฟฟ้า				
5.1 งานติดตั้งวัสดุสายไฟฟ้าใต้ดิน				
สายไฟ 69 kV 800 sq.mm2 (6 เส้นต่อ 1 วงจร) ใช้ 2 วงจร	กิโลกรัม	144,000	3.47	คณะทำงานด้านเทคนิค CFP (2554)
สายไฟ 24 kV 400 sq.mm2 (3 เส้นต่อ 1 วงจร) ใช้ 5 วงจร	กิโลกรัม	69,000	3.47	
สายไฟ 24 kV 240 sq.mm2 (3 เส้นต่อ 1 วงจร) ใช้ 5 วงจร	กิโลกรัม	48,000	3.47	
เศษผ้า	ต.ร.ม		2.00	2006 IPCC Volume 5:Waste
5.2 งานติดตั้งหัวต่อสาย Splicing kit				
Splicing 800 sq.mm2 Silicone	กิโลกรัม	360	2.8649	Ecoinvent 2.2 IPCC 2007 GWP 100a
Splicing 400 sq.mm2 Silicone	กิโลกรัม	180	2.8649	
Splicing 240 sq.mm2 Silicone	กิโลกรัม	180	2.8649	
Sovents	กิโลกรัม	25	2.3893	
เศษผ้า	ต.ร.ม	5	2.00	2006 IPCC Volume 5:Waste



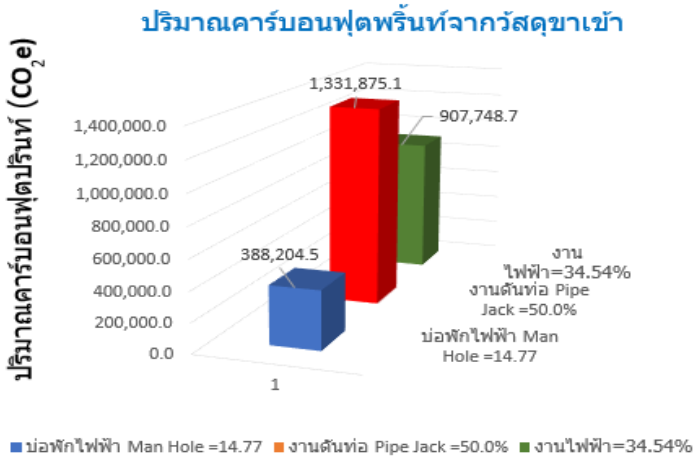
ภาพที่ 4 การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

4. ผลจากการคำนวนปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้าง

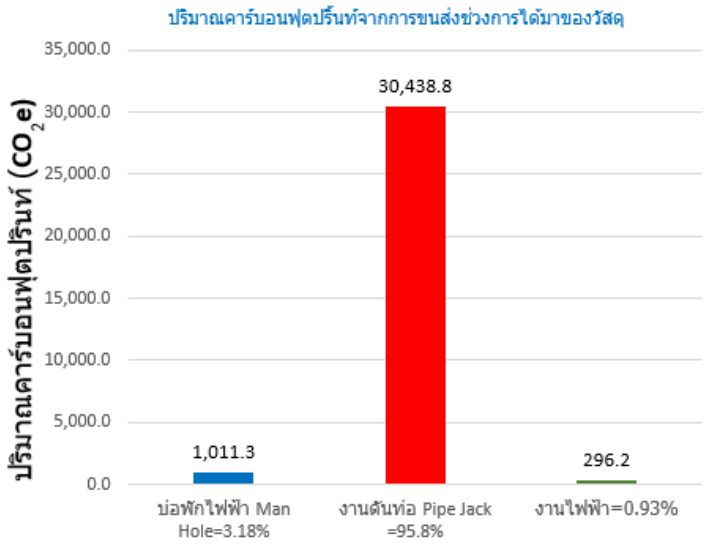
เกิดผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกขั้นตอน สามารถแสดงผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยของ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย ($kgCo_2e/km$) ดังแสดงในภาพที่4

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมเท่ากับ 2,761,673.56 $kgCO_2e/km$ โดยแบ่งงานเป็นการทำงานเป็น 3 กิจกรรมหลักในการประเมิณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการทำงานดันท่อมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,412,814.5 $kgCO_2e/km$ ลำดับที่ 2 งานวางสายไฟฟ้าใต้ดิน เท่ากับ 918,474.324 $kgCO_2e/km$ ลำดับที่3 งานติดตั้งบ่อพักเท่ากับ 430,384.737 $kgCO_2e/km$

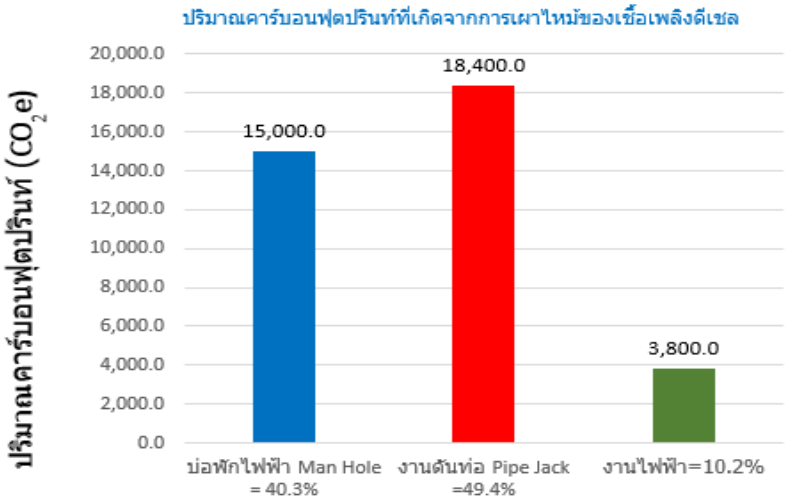
ภาพที่ 5 แสดงการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของวัสดุขาเข้าจากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุขาเข้ามีปริมาน คาร์บอนไดออกไซค์ในขั้นตอนการทำงานดันท่อมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,331,857.1$kgCO_2e/km$ หรือร้อยละ50 ลำดับที่ 2 งานวางสายไฟฟ้าใต้ดิน เท่ากับ 907,748.7 $kgCO_2e/km$หรือร้อยละ34.54 ลำดับที่3 งานติดตั้งบ่อพักไฟฟ้าเท่ากับ 388,204.5 $kgCO_2e/km$หรือร้อยละ 14.77 ซึ่งมาจากผลรวมจากตารางที่ 1



ภาพที่ 5 ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรายการบัญชีขาเข้าของวัสดุ



ภาพที่ 6 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซการขนส่งวัสดุทางรถยนต์



ภาพที่ 7 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซจากกระบวนการดำเนินงานโดยใช้เครื่องจักรชนิดเครื่องยนต์ดีเซล

โดยแบ่งงานเป็นการทำงานเป็น 3 กิจกรรมหลักในการประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการทำงานดันท่อมีค่าสูงสุดหรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 95.8 รองลงมาเป็นงานติดตั้งบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดิน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ3.18 ลำดับที่3 งานติดตั้งบ่อพัก คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ0.93

โดยแบ่งงานเป็นการทำงานเป็น 3 กิจกรรมหลักในการประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการทำงาน ดันท่อมีค่าสูงสุดหรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 49.4 รองลงมางานติดตั้งบ่อพักคิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ40.3 ลำดับที่3 เป็นงานวางสายไฟฟ้าใต้ ดินโดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10.2

การเปรียบเทียบผลการวิจัยในประเทศ และงานวิจัยในต่างประเทศ

นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ คุณพรพิมล สุดจันทึก (2563) [6] ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ของงานโครงการสร้างทางเชื่อมผืนป่าบนทางหลวงหมายเลข304 โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เพื่อทำการประเมิน คาร์บอน

ฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการก่อสร้างอุโมงค์สัตว์ข้ามและสะพานยกระดับสัตว์ลอด และงานวิจัยต่างประเทศของฝรั่งเศส งานก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง LGV Mediterranee [7] มีแสดงตามตารางที่ 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยประเทศและต่างประเทศ

งานวิจัย	ประเทศ	งานก่อสร้าง		ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์
งานวิจัยนี้	ไทย	Construction of Manhole for Pipe Jacking Method	กรณีศึกษาการทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking	2,761.7 tco_2e/km
งานวิจัยเปรียบเทียบ	ไทย	การประเมินการก่อสร้างทางเชื่อมผืนป่าบนทางหลวงหมายเลข 304	-อุโมงค์สัตว์ข้าม	35,923.40 tco_2e/km
			-สะพานยกระดับสัตว์ลอด	16,840.22 tco_2e/km
	ฝรั่งเศส	LGV Mediterranee	-อุโมงทางวิ่ง	212.5 tco_2e/km

สรุปและอภิปรายผล

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษาการทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้วิธีการคำนวณตามคู่มือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [3] โดยเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งมีขอบเขตการประเมินตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ตั้งแต่การรื้อถอนเพื่อนำเศษซากหลังการใช้งานเพื่อรอการนำไปใช้ในผู้ผลิตรายถัดไป แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business: B2B) ดังนั้นจึงไม่ได้รวมเรื่องของการขนส่งเศษวัสดุรื้อถอนไปยังอีกพื้นที่ อันเนื่องมาจากการขนส่งจะมีปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ระยะทางการขนส่งไปยังพื้นที่รับกำจัด ช่วงระยะเวลาการเดินทาง และ สถานที่รับกำจัดรวมถึงวิธีการกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อ จากผลการศึกษาจะพบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา การทำบ่อพักสายไฟฟ้าใต้ดินงานดันท่อลอด Pipe Jacking แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จากการประเมินจากกิจกรรมพบว่ามาจากงานดันท่อ Pipe Jacking เป็นส่วนใหญ่ ส่วนปัจจัยทำให้มีค่าการปล่อยคาร์บอนฟุตปริ้นท์เนื่องมาจากระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ จากหน้าแหล่งจำหน่ายมายังแหล่งหน้างาน จากการขนส่งในกิจกรรมการผลิตหล่อชิ้นส่วนท่อดันที่โรงหล่อ ผลที่ทำให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และส่วนที่สอง คือในกิจกรรมในขั้นตอนการติดตั้งชิ้นงานต้องใช้ระยะเวลาในการทำงานค่อนข้างนาน และสืบเนื่อง จากหน้างานไม่มีกระแสไฟฟ้าแบบการทำงานโดยทั่วไป เพราะต้องเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่จะก่อสร้าง ต้องใช้เครื่องปั่นไฟฟ้า ตลอดในการแทบจะทุกกิจกรรม ทั้งแสงสว่างและสูบน้ำ และการจัดการจราจร ตลอดทั้งคืน (คู่มือก่อสร้างงานสาธารณูปโภค โดยกองแผนงานและประสานงานสาธารณูปโภค สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรส่งเสริมให้หน่วยงานก่อสร้างทุกหน่วยงานหรือโครงการของรัฐ รณรงค์ส่งเสริม ให้จัดทำหรือเก็บข้อมูล ในการจัดและจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ให้ประเมินเพื่อให้ทราบว่าหน่วยงานของตนควรจะลด ตรงส่วนใดได้บ้าง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุการก่อสร้างของวัสดุบางชนิดมีค่าที่สูงมาก ควรเปลี่ยนวัสดุนำมา

ทดแทนหรือปรับเปลี่ยน ในงาน V/O เพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม โดยเป็นข้อเสนอในเขียนข้อกำหนดใน TOR. สามารถให้คะแนนบวกเพิ่มในด้านเทคนิคทางด้านก่อสร้าง

2. พิจารณาการลดระยะทางการขนส่งวัตถุดิบระหว่างหน้าแหล่งงาน แหล่งผลิต หรือแหล่งจำหน่ายไปยังแหล่งงานก่อสร้างหรือ และระยะทางระหว่างที่พักของคนงาน หรือจุดรวมเครื่องจักรกลไปยังแหล่งงานก่อสร้าง ควรให้มีระยะที่ใกล้ที่สุดกับบริเวณแหล่งงาน เพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ส่งผลให้การเผาไหม้ของเครื่องจักรกล ที่ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง และประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องการขนส่งเป็นอย่างยิ่ง

3. ในงานวิจัยนี้มีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโครงการสายฟ้าใต้ดิน โดยเล็งเห็นว่าสายไฟฟ้ามีค่ามูลค่าสูงและนับวันจะสูงไป ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีวัสดุ ใดมาทดแทนวัสดุตัวนำสายไฟทองแดงได้ จึงควรใช้อย่างประหยัด อย่างคุ้มค่า และควรส่งเสริมให้บ้านเรือนประชาชน หาวิธีพึ่งพาตนเอง โดยติดตั้ง Solar roof top ของประชาชนเอง เพื่อให้มีพลังงานสะอาดใช้เอง และจะทำให้ขนาดสายส่งที่มีไม่ต้องขยายระบบ ลดขนาดที่ของสายไฟฟ้า และหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า โดยที่สายไฟฟ้าไม่ต้อง เปลี่ยนไปตามของความเจริญของเมือง

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

[1] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (กพ.2563).คู่มือกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษา. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
[2] โครงการสายไฟฟ้าลงดิน. [อินเตอร์เน็ต] 2566 [สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2566]. เข้าถึงจาก https://www.greennetworkthailand.com/mea-underground-cable-system/
[3] คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (พิมพ์ครั้งที่7,ธันวาคม, 2563),กรุงเทพ:บริษัทอัมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน)
[4] คาร์บอนฟุตพริ้นท์. [อินเตอร์เน็ต] 2566 [สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2566]. เข้าถึงจากhttps://www.bsigroup.com
[5] เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล,ณัฐนี วรยศ และ นเรศ วงศ์ใหญ่ (2554) ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตามหลัก ISO14040
[6] พรพิมล สุดจันทึก (2563) ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้าง ทางเชื่อมผืนป่าบนทางหลวงหมายเลข 304 วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
[7] พรพิมล สุดจันทึก (2563) ศึกษาเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้าง ทางเชื่อมผืนป่าบนทางหลวงหมายเลข 304 วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.