



การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานี รถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

Carbon Footprint Assessment of the Construction Project of the Subway Station and Tunnel

สิริกานต์ นิธิศักดิ์ยานนท์* และ จิตรา รุจิการพานิช

Sirikanth Nithisakdiyanond* and Jittra Rukijkanpanich

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

254 Phayathai Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand

*E-mail: sirikanth.n@gmail.com, Telephone Number: 0935365149

บทคัดย่อ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งเป็นเรื่องที่สำคัญและควรมีการกำหนดแนวทางการประเมินให้สามารถใช้อ้างอิงได้ ที่ผ่านมามีงานวิจัยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีวิธีปฏิบัติที่ดีและประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำการประเมินด้วยวิธีดังกล่าวมาเป็นต้นแบบใช้กับการประเมินงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง และใช้เทคนิควิศวกรรมย้อนรอยเพื่อหาขั้นตอนสำคัญของการประเมิน ผลการวิจัยทำให้ทราบสิ่งที่พึงระวังในแต่ละขั้นตอน มี 4 ประการ เพื่อให้การประเมินประสบความสำเร็จ สามารถประเมินเป็นค่าที่ชัดเจน มีความเชื่อถือได้ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินมีค่าเท่ากับ 1.69 tCO₂e/ตารางเมตร และงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่งมีค่าเท่ากับ 34,632.61 tCO₂e/กิโลเมตร

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ABSTRACT

Carbon footprint assessment of the construction project of the subway station and tunnel is important and should be referenced assessment guidelines. Previous research has mostly found that related carbon footprint assessment for product application shows successful practice. This research is also developed the assessment as a prototype model for construction project of the subway station and the tunnel assessment and use the method of reverse engineering to find out the key steps of the assessment. The research indicates that 4 items must be cautious for step by step in order to succeed in clear and reliable assessment. The carbon footprint value of the construction project of subway station is 1.69 tCO₂e per square meter and the carbon footprint value of the construction project of tunnel is 34,632.61 tCO₂e per kilometer.

Keywords: Carbon footprint, Carbon footprint assessment, Subway station

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการจราจรติดขัดได้ทวีความรุนแรงขึ้นรัฐบาลจึงมีนโยบายเร่งรัดการพัฒนาโครงข่ายระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ในการตัดสินใจลงทุนเชิงยุทธศาสตร์นั้น มักต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กัน

ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะบังคับให้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment, EIA) งานวิจัยนี้จึงเป็นการเตรียมความพร้อมที่จะหาขั้นตอนของการประเมินงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

จากการสำรวจวรรณกรรมพบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากไม่น้อยที่แสดงถึงการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีปฏิบัติที่ดี (Best Practice) และประสบความสำเร็จเป็นรูปธรรม มาเป็นต้นแบบ แต่เพื่อให้เข้าใจรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการประเมิน จนสามารถประยุกต์ไปสู่ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง จึงได้นำเทคนิควิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งจะเริ่มต้นจากการศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ประเมินได้มาสู่ขั้นตอนของการประเมินตั้งแต่การแปลผลของค่าที่ได้มา ย้อนกลับมายังการคำนวณ การเก็บข้อมูล จนถึงการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน แล้วนำผลที่ได้มาเทียบเคียงกับงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง โดยจะกำหนดว่า สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งเป็นเสมือนผลิตภัณฑ์ ส่วนกระบวนการของงานก่อสร้างเปรียบเสมือนกระบวนการผลิต เพื่อหาขั้นตอนการประเมินตามต้นแบบตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายจนถึงขั้นตอนการแปลผล

บทความนี้ได้แบ่งเนื้อหาที่สำคัญออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งกล่าวถึงหลักคิดและวิธีการประเมิน วิธีการคำนวณพร้อมแสดงตัวอย่างการคำนวณ หัวข้อสำคัญต่อไปคือผลการประเมิน และส่วนสรุปและอภิปรายผล รวมทั้งเปรียบเทียบผลงานวิจัยนี้กับต่างประเทศ

2. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product, CFP) หมายถึง การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ที่ปล่อยออกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากหลังใช้งาน [1]

การประเมินนี้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานสากล ได้แก่ การประเมิน วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ISO14040 (Life Cycle Assessment, LCA) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ PAS 2050:2011 และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่จัดทำขึ้นในประเทศไทย โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ในการประเมินนั้นประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน 2) การเก็บรวบรวมข้อมูล 3) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และ 4) การแปลผลผลลัพธ์ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

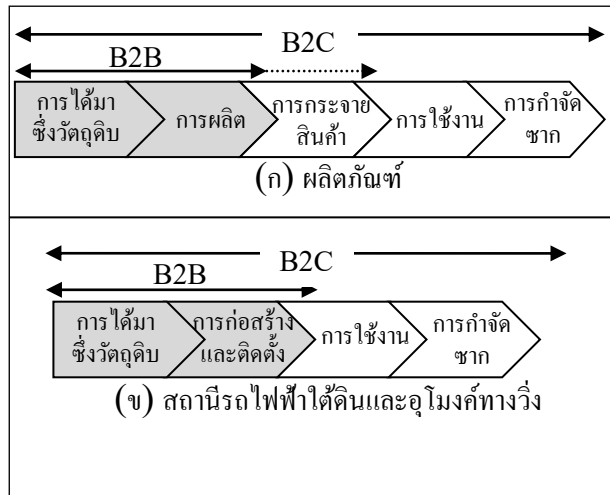
ในการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตนั้น ต้องมีความชัดเจน ของรูปแบบ การประเมิน ระบบ ที่ศึกษา แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก และหน่วยงานทำงาน

(1) รูปแบบการประเมิน

รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ก็มี 2 รูปแบบ ได้แก่ 1. แบบ Cradle-to-Grave (Business-to-Consumer, B2C) และ 2. แบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business, B2 B) มี

ความแตกต่างกันตรงที่ครอบคลุมการนำไปใช้งาน และการกำจัดซาก

เมื่อพิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงกับวัฏจักรชีวิตของสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง ทำให้ได้รูปแบบการประเมินดังรูปที่ 1 (ข)



รูปที่ 1 รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

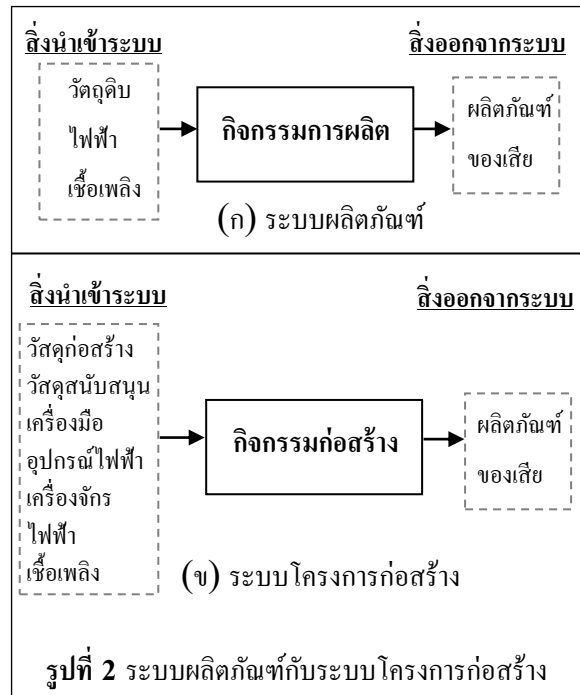
จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แล้ว จะครอบคลุมสองลำดับเหมือนกัน ลำดับที่หนึ่งคือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ส่วนลำดับที่สองคือการผลิต (ก) หรือการก่อสร้างและติดตั้ง (ข)

สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่รูปแบบ B2B ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบถึงการก่อสร้างและติดตั้ง ไม่รวมถึงการนำไปใช้งาน และการกำจัดซาก

(2) ระบบที่ศึกษา

สำหรับระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษานั้นประกอบด้วยกระบวนการผลิตหลัก และแต่ละกระบวนการจะประกอบด้วยกิจกรรมการผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่สามารถระบุสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากระบบได้ เมื่อทำการเทียบเคียงโดยพิจารณาจากแผนงานก่อสร้างโครงการ และเอกสารแสดงขั้นตอนการก่อสร้าง จะพบว่าระบบโครงการก่อสร้างนั้นประกอบด้วยงานก่อสร้าง และแต่ละงานจะประกอบด้วยกิจกรรมก่อสร้างต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดเช่นเดียวกับการผลิต

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า ทั้ง 2 ระบบ มีความแตกต่างกันตรงสิ่งนำเข้าระบบ ได้แก่ วัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เนื่องจากในโครงการก่อสร้างจะต้องมีการขนส่งสิ่งเหล่านี้เข้ามาใช้งาน และเมื่อเสร็จสิ้นการใช้งานก็จะขนส่งกลับเพื่อนำไปใช้ในโครงการอื่นต่อไป



รูปที่ 2 ระบบผลิตภัณฑ์กับระบบโครงการก่อสร้าง

(3) แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

พิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลมาจากสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากระบบ รวมถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้น สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งสิ่งนำเข้า ได้แก่ วัตถุดิบ ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง การกำจัดของเสียซึ่งเป็นสิ่งนำออก การขนส่งสิ่งนำเข้า และสิ่งนำออก และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมการผลิต

ในงานโครงการสร้างสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง จะพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากระบบโครงการก่อสร้างมีสิ่งนำเข้าระบบที่แตกต่างจากระบบผลิตภัณฑ์ ดังในรูปที่ 2 ดังนั้นจึงต้องพิจารณาแหล่งกำเนิด

ก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัสดุสนับสนุนและเครื่องมือ และการขนส่งสิ่งนำเข้า คือ วัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักรด้วย

(4) หน่วยการทำงาน

ใช้กำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากระบบที่ศึกษา โดยผลการประเมินต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน อีกทั้งยังมีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลการประเมินระหว่างระบบที่ต่างกัน

โดยทั่วไปหน่วยการทำงานที่มักใช้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ปริมาตร น้ำหนัก หน่วยการขาย เป็นต้น และเมื่อทำการเทียบเคียงโดยพิจารณาจากหน่วยที่ใช้ในการก่อสร้างและความสะดวกในการเก็บข้อมูล ทำให้ในการศึกษาวิจัยจะต้องเริ่มต้นจากการกำหนดหน่วยการทำงานสำหรับการเก็บข้อมูลเป็นสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 1 สถานี และอุโมงค์ทางวิ่ง 1 ช่วงสถานี แต่เมื่อได้ผลการศึกษาแล้วจะกำหนดหน่วยการทำงานสำหรับการนำไปใช้เป็น สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 1 ตารางเมตร และอุโมงค์ทางวิ่ง 1 กิโลเมตร

ในการศึกษานี้คือ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน สถานีอิสรภาพ ขนาดพื้นที่ใช้สอย 27,370.34 ตารางเมตร และอุโมงค์ทางวิ่งช่วงสถานีอิสรภาพถึงสถานีท่าพระ ระยะทาง 1.36 กิโลเมตร ทั้งนี้ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินจะครอบคลุมพื้นที่ทุกชั้น รวมพื้นที่สาธารณะและห้างร้านทั้งหมดที่อยู่ภายในสถานี รวมถึงชั้นหลังคาที่ก่อสร้างในระดับใต้ดิน แต่ไม่รวมพื้นที่ทางเข้าออกของสถานีที่อยู่ระดับบนดิน

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) ข้อมูลที่ต้องการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลกิจกรรม คือ ข้อมูลปริมาณและการขนส่งสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากระบบ

2. ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ซึ่งได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่สามารถเก็บรวบรวมได้จากบริษัท เช่น ปริมาณวัตถุดิบ ไฟฟ้า ระยะทาง เป็นต้น

2. ข้อมูลทุติยภูมิ หมายถึง ข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บรวบรวมได้จากบริษัท เช่น ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ

จากการใช้เทคนิควิศวกรรมย้อนรอยทำให้รู้ว่า สิ่งนำเข้าของระบบโครงการก่อสร้างมีความแตกต่างจาก สิ่งนำเข้าของระบบผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งนำเข้าเพิ่มเติม คือ วัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร

สำหรับวัสดุสนับสนุนและเครื่องมือที่ใช้งานได้มากกว่า 1 รอบ หรือ 1 กิจกรรม จะต้องปันส่วนโดยประมาณการใช้ตามจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำหรืออายุการใช้งาน อีกทั้งในการขนส่งวัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เพื่อนำมาใช้ในงานในหลายกิจกรรม จะต้องปันส่วนโดยน้ำหนักบรรทุก โดยที่วัสดุสนับสนุนและเครื่องมือ จะปันส่วนตามปริมาณการใช้ในแต่ละกิจกรรม ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร จะปันส่วนตามปริมาณพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

(2) การเทียบเคียงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีที่ไม่มีข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้พิจารณาจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของสารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาใช้แทน แต่หากไม่สามารถหาได้ ให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (Highest Emission Factor) ของ สิ่งนำเข้าหรือสิ่งนำออกในกลุ่มเดียวกันแต่ละขั้นตอนของช่วงวัฏจักรชีวิตนั้น ๆ มาใช้แทน

(3) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ โดยใช้วิธีสมดุลมวลสารและพลังงาน (Mass and Energy Balance) กล่าวคือ สิ่งนำเข้าเท่ากับสิ่งนำออก แต่เมื่อทำการเทียบเคียงโดยพิจารณาสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากระบบ

โครงการก่อสร้าง จะพบว่า ไม่สามารถตรวจสอบด้วยวิธี สมดุลมวลสารและพลังงาน เนื่องจากไม่สามารถวัด ปริมาณผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบจาก ผู้รับเหมาที่ดำเนินงานก่อสร้าง

2.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังสมการที่ (1) และ (2)

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

$$GHG_i = \text{Activity Data}_i \times \text{Emission Factor}_i \quad (2)$$

โดยที่

CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Activity Data คือ ข้อมูลกิจกรรม

Emission Factor (EF) คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือน กระจก มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วยข้อมูลกิจกรรม

n คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่พิจารณา

i คือ กิจกรรม ที่ i

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการ สร้างสถานีรถไฟฟ้ายกระดับและอุโมงค์ทางวิ่ง ได้ใช้สูตร การคำนวณข้างต้น ซึ่งได้แสดงตัวอย่างไว้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับปริมาณ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งเหล็กเสริม

$$\begin{aligned} &= \text{ปริมาณการใช้เหล็กเสริม} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซ} \\ &\text{เรือน กระจกของการได้มาซึ่งเหล็กเสริม} \\ &= 6,200,000 \text{ kg} \times 1.7600 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} \\ &= 10,912,000.00 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับการขนส่ง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเครื่องตัดเหล็ก เทียบ

$$= \text{น้ำหนักบรรทุก} \times \text{ระยะทาง} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซ} \\ \text{เรือน กระจกของการขนส่ง}$$

$$\begin{aligned} &= 3 \text{ t} \times 20 \text{ km} \times 0.0687 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm}^* \\ &= 4.12 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

เทียบกลับ

$$\begin{aligned} &= (\text{น้ำหนักบรรทุก/น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของรถ}) \times \\ &\text{ระยะทาง} \times \text{ค่าการปล่อยก๊าซเรือน กระจกของการขนส่ง} \\ &= (3 \text{ t}/16 \text{ t}) \times 20 \text{ km} \times 0.5863 \text{ kgCO}_2\text{e/km}^{**} \\ &= 2.20 \text{ kgCO}_2\text{e} \\ &\text{รวมเทียบไปและเทียบกลับ} = 4.12 \text{ kgCO}_2\text{e} + 2.20 \\ &\text{kgCO}_2\text{e} \\ &= 6.32 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

หมายเหตุ * คิดที่รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบปกติ

น้ำหนักบรรทุก 75%

** คิดที่รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบปกติ

น้ำหนักบรรทุก 0%

2.4 การแปลผลลัพธ์ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ โดยการสรุปผล และหาข้อเสนอแนะ ตามเป้าหมายและ ขอบเขตของการประเมินที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

จากการนำเสนอขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มาแล้วข้างต้น ได้แสดงผลการประเมินดังหัวข้อที่ 3 ต่อไป

3. ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงาน โครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้ายกระดับและอุโมงค์ทางวิ่ง

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ งานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้ายกระดับและอุโมงค์ทางวิ่ง เพื่อหาขั้นตอนการประเมิน โดยเลือกโครงการรถไฟฟ้า สายสีน้ำเงินเป็นกรณีศึกษา ขอบเขตการประเมินแสดงดัง ตารางที่ 1

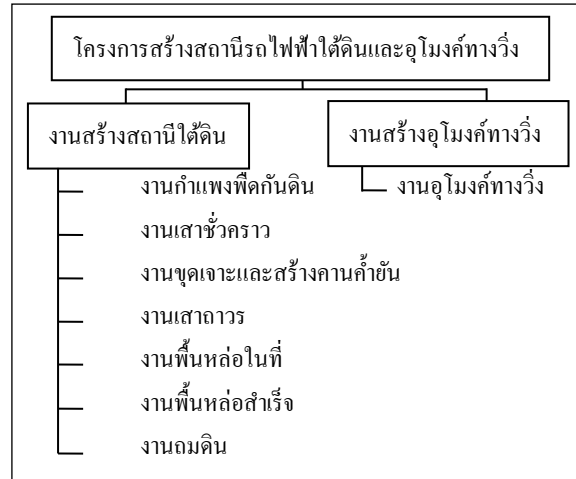
ตารางที่ 1 ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขอบเขต การประเมิน	รายละเอียด
รูปแบบการประเมิน	แบบ Cradle-to-Gate (B2B)
ระบบที่ศึกษา	แสดงดังรูปที่ 3 ตารางที่ 2 และรูป ที่ 4

ตารางที่ 1 (ต่อ) ขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขอบเขตการประเมิน	รายละเอียด
แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ดังแสดงในหัวข้อที่ 2.1 ข้อ (3)
หน่วยการทำงาน	ดังแสดงในหัวข้อที่ 2.1 ข้อ (4)

ในระบบที่ศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วน คืองานสร้างสถานีใต้ดินและงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง ดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่างานสร้างสถานีใต้ดินมีทั้งหมด 7 งาน และงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่งมี 1 งาน ซึ่งในแต่ละงานประกอบด้วยกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ ดังตารางที่ 2 โดยงานสร้างสถานีใต้ดินประกอบด้วยกิจกรรมก่อสร้าง 25 กิจกรรม และงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่งประกอบด้วยกิจกรรมก่อสร้าง 3 กิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมสามารถระบุสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากกิจกรรมได้



รูปที่ 3 แผนผังงานก่อสร้างของโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

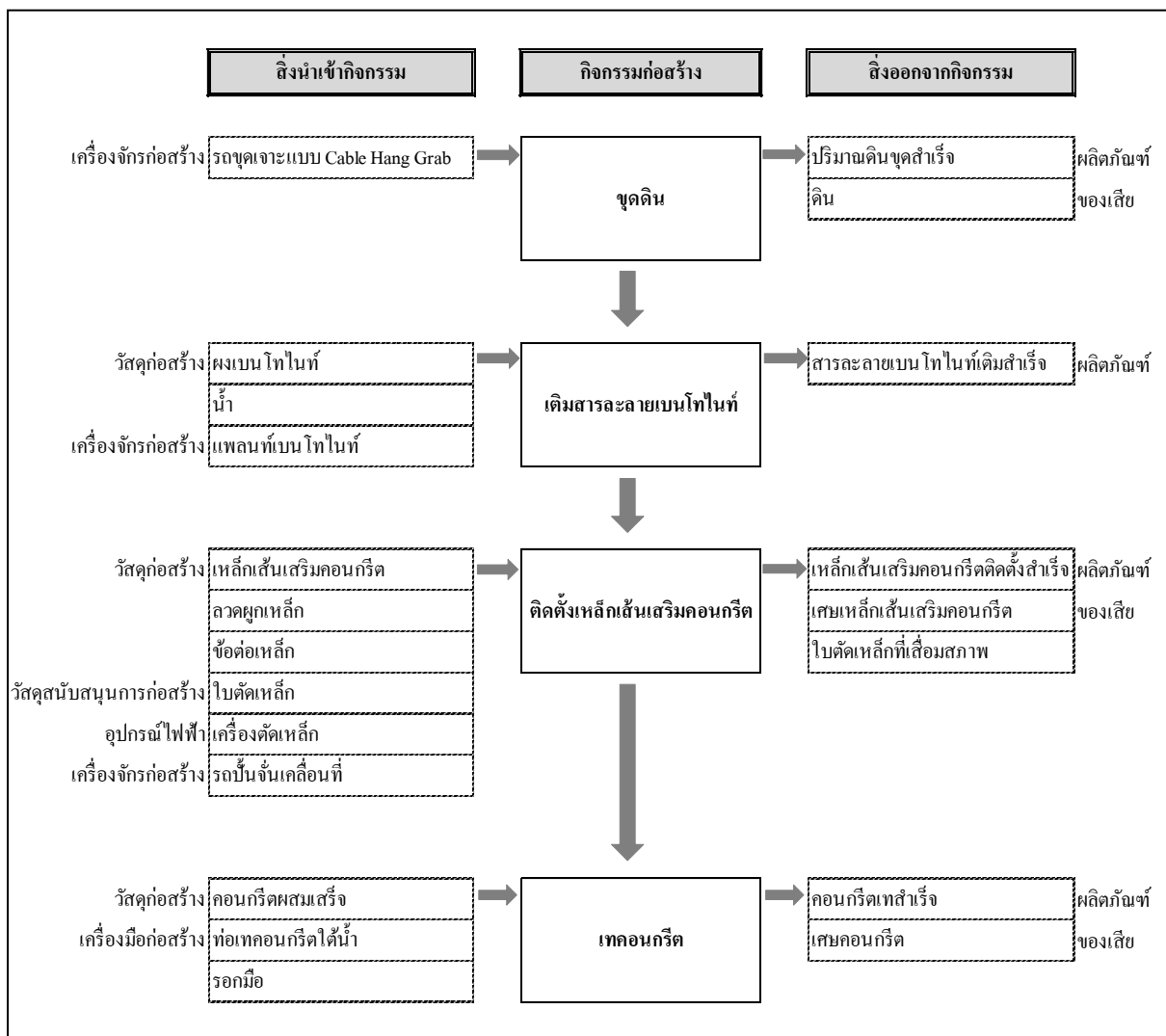
ตารางที่ 2 รายละเอียดของงานก่อสร้างโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

งานก่อสร้าง	กิจกรรมก่อสร้าง
งานสร้างสถานีใต้ดิน (รวม 25 กิจกรรม)	
1. งานกำแพงปิดกันดิน เป็นการก่อสร้างกำแพง เพื่อใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก และป้องกันการเคลื่อนตัวของดินด้านข้าง	1. ขุดดิน 3. ติดตั้งเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต
2. งานเสาชั่วคราว เป็นการก่อสร้างเสา สำหรับใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราว	2. เติมสารละลายบนโทไนท์ 4. เทคอนกรีต
3. งานขุดเจาะและสร้างคาน้ำยัน เป็นการขุดดินและสร้างคาน้ำยันที่ระดับชั้นของสถานี จากระดับบนสุดลงสู่ระดับล่างสุด คือ Ground Level → Roof Level → Multi-Purpose Level → Concourse Level → Plant Level → Base Slab Level	1. ขุดดิน 5. เทคอนกรีตคาน
4. งานเสาถาวร เป็นการก่อสร้างเสาถาวรภายในสถานี ซึ่งจะก่อสร้างทีละชั้น ตั้งแต่ชั้นล่างสุดขึ้นมาชั้นบนสุด	2. เทคอนกรีตหยาบรองพื้น 6. ถอดแบบหล่อคาน
5. งานพื้นหล่อในที่ เป็นการก่อสร้างพื้นโดยใช้วิธีการหล่อในสถานี ซึ่งจะก่อสร้างทีละชั้น ตั้งแต่ชั้นล่างสุดขึ้นมาชั้นบนสุด	3. ติดตั้งแบบหล่อคาน 4. ติดตั้งเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตคาน
6. งานพื้นหล่อสำเร็จ เป็นการนำแผ่นพื้นที่หล่อสำเร็จรูปจากภายนอกมาติดตั้งในสถานี ที่ Plant Level, Concourse Level และ Multi-Purpose Level	1. สกัดคอนกรีตเสาชั่วคราว 3. เทคอนกรีตเสา
7. งานถมดิน เป็นการถมดินกลับด้านบนโครงสร้างสถานี	2. ติดตั้งแบบหล่อเสา 4. ถอดแบบหล่อเสา
งานสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง (รวม 3 กิจกรรม)	
1. งานอุโมงค์ทางวิ่ง เป็นการก่อสร้างและติดตั้งอุโมงค์ใต้ดินโดยใช้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ที่ทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	1. ขุดเจาะอุโมงค์ 3. เกร้าที่ผนังอุโมงค์
	2. ประกอบผนังอุโมงค์

เนื่องจากในการก่อสร้างประกอบด้วยหลายงาน และหลายกิจกรรม จึงขอยกตัวอย่างรายการสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากกิจกรรมของงานกำแพงพืดกันดิน ดังรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละกิจกรรม ประกอบด้วยสิ่งนำเข้าระบบ เช่น เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ไม้ตัดเหล็ก ท่อเทคอนกรีต ใต้น้ำ เครื่องตัดเหล็ก รถปั้นจั่นเคลื่อนที่ เป็นต้น สิ่งออกจากระบบ เช่น เศษเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ไม้ตัดเหล็กที่เสื่อมสภาพ เป็นต้น

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

แหล่งที่มาของการเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3 โดยจะเห็นได้ว่า ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ หากไม่มีจึงจะใช้แหล่งข้อมูลทุติยภูมิที่มีความน่าเชื่อถือ และเนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมทั้งหมดมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างข้อมูลของกิจกรรมติดตั้งเหล็กเสริมในงานกำแพงพืดกันดิน แสดงดังตารางที่ 4 คอลัมน์ที่ (1)-(3) และตารางที่ 5 คอลัมน์ที่ (1)-(7)



รูปที่ 4 รายการสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากกิจกรรมก่อสร้างของงานกำแพงพืดกันดิน (Diaphragm wall)

ตารางที่ 3 แหล่งที่มาของการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องการ	แหล่งที่มา	
	ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ
ข้อมูลกิจกรรม ข้อมูลปริมาณ - วัสดุก่อสร้าง - วัสดุสนับสนุนการก่อสร้าง - เครื่องมือก่อสร้าง - ไฟฟ้า - เชื้อเพลิง - ของเสีย ข้อมูลการขนส่ง - น้ำหนักบรรทุก - ระยะทาง - ประเภทยานพาหนะ - น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของยานพาหนะ ข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ค่า EF)	ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท จำนวนจากผลคูณของค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรกับระยะเวลาการใช้งาน โดยค่ากำลังไฟฟ้าได้จากเอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักร ส่วนระยะเวลาการใช้งานได้จากแผนงานก่อสร้างของบริษัท ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท ^{1/} ระบบบันทึกข้อมูลของบริษัท และเอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification) ของเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เอกสารการขออนุมัติซื้อ และการสอบถามข้อมูลจากบริษัท ^{3/} การสอบถามข้อมูลจากบริษัท การสอบถามข้อมูลจากบริษัท การคำนวณ โดยใช้ข้อมูลจากบริษัท ^{5/}	- - - - - - องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก [3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก [3] คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [4] งานวิจัย [5]

หมายเหตุ ^{1/} ของเสียจากวัสดุสนับสนุนการก่อสร้างที่เสื่อมสภาพ เช่น ไม้คดเหล็กที่เสื่อมสภาพ เป็นต้น

^{2/} ของเสียจากเศษวัสดุก่อสร้าง เช่น เศษคอนกรีต เป็นต้น

^{3/} ข้อมูลที่ได้คือชื่อบริษัท เพื่อนำไปสืบค้นระยะทาง

^{4/} แหล่งสืบค้นข้อมูลระยะทาง สำหรับการขนส่งทางรถและทางเรือ

^{5/} ใช้สำหรับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณ ค่า EF และผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมติดตั้งเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตในงานกำแพงพืดกันดิน

สิ่งนำเข้า/สิ่งออกจากกิจกรรม	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ e/หน่วยปริมาณ) (3)	ปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก (kgCO ₂ e) (4)*
(1)	(2)		
วัสดุก่อสร้าง			
- เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	6,200,000 กิโลกรัม	1.7600***	10,912,000.00
- ลวดผูกเหล็ก	62,958 กิโลกรัม	1.7600***	110,806.08
- ข้อต่อเหล็ก	41,059 กิโลกรัม	1.7600***	72,263.84
วัสดุสนับสนุนการก่อสร้าง			
- ไม้ค้ำเหล็ก	270 กิโลกรัม	1.7600***	475.20
อุปกรณ์ไฟฟ้า (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้)			
- เครื่องตัดเหล็ก	40 กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0.6093	24.37
เครื่องจักรก่อสร้าง (เชื้อเพลิงที่ใช้)			
- รถปั่นจั่นเคลื่อนที่	54,000 ลิตร	3.0203	163,096.20
ของเสีย**			
- เศษเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	310,000 กิโลกรัม	0	0
- ไม้ค้ำเหล็กที่เสื่อมสภาพ	270 กิโลกรัม	0	0
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก			<u>11,258,665.69</u>

หมายเหตุ * (4) = (2) x (3)

** ไม่คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

*** 1.7600 อ้างอิงจาก [4] เนื่องจากยังไม่มีภาระระบุค่าใน [3]

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ เนื่องจากมีปริมาณการใช้สูง โดยเฉพาะเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต และรองลงมาก็คือการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรก่อสร้าง และจากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตซึ่งมีปริมาณการใช้ที่สูง ประกอบกับมีระยะทางขนส่งที่ไกล จึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งสูงที่สุด

ทั้งนี้ ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากกิจกรรมก่อสร้างอื่นๆของงานกำแพงพืดกันดินแสดงอยู่ในตารางที่ 7

3.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

นำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรวม มาเข้าสู่ตรรกะคำนวณดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นในหัวข้อที่ 2.3

ตัวอย่างการคำนวณและผลการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 4 คอลัมน์ที่ (4) และตารางที่ 5 คอลัมน์ที่ (8)

ตารางที่ 5 ข้อมูลการขนส่ง ค่า EF และผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมติดตั้งเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตในงานกำแพงพืดกันดิน

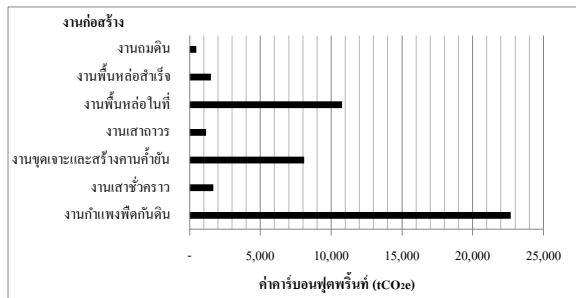
สิ่งนำเข้า/ สิ่งออกจาก กิจกรรม	น้ำหนัก บรรทุก (ตัน)	ระยะทาง ขนส่ง (กิโลเมตร)	ประเภทยานพาหนะ ที่ใช้ขนส่ง	น้ำหนัก บรรทุก สูงสุดของ ยานพาหนะ (ตัน)	ค่า EF		ปริมาณ การปล่อย ก๊าซเรือน กระจก (kgCO ₂ e) (8)*
					ไป (kgCO ₂ e/ ตัน-กิโลเมตร) (6)	กลับ (kgCO ₂ e/ กิโลเมตร) (7)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)*
วัสดุก่อสร้าง							
- เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	6,200	102	รถกระบะบรรทุก กึ่งพ่วง 18 ล้อ	32	0.0565	0.8629	52,783.66
- ลวดผูกเหล็ก	63	20	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	132.73
- ขั้วต่อเหล็ก	41	64	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	276.42
วัสดุสนับสนุนการก่อสร้าง							
- ใบตัดเหล็ก	0.27	20	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	0.57
อุปกรณ์ไฟฟ้า							
- เครื่องตัดเหล็ก	3	20	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	6.32
เครื่องจักรก่อสร้าง							
- รถปั้นจั่นเคลื่อนที่	125	80	รถกระบะบรรทุก กึ่งพ่วง 18 ล้อ	32	0.0565	0.8629	834.66
ของเสีย							
- เศษเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	310	20	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	653.13
- ใบตัดเหล็กที่เสื่อมสภาพ	0.27	20	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ	16	0.0687	0.5863	0.57
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก							<u>54,688.06</u>

หมายเหตุ * (8) = [(2) x (3) x (6)] + [(2)/(5)) x (3) x (7)]

3.4 การแปลผล

ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งประกอบด้วย 7 งาน มีค่าเท่ากับ 46,337.95 tCO₂e/สถานี (1.69 tCO₂e/ตารางเมตร) ดังรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดมาจากการกำแพงพืดกันดิน ซึ่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบนั้น มีการใช้เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตและคอนกรีตปริมาณมากในการก่อสร้าง

สำหรับผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง ซึ่งประกอบด้วย 1 งาน คืองานอุโมงค์ทางวิ่ง มีค่าเท่ากับ 47,100.35 tCO₂e/ช่วงสถานี (34,632.61 tCO₂e/กิโลเมตร) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และวัตถุดิบที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคือ พลังงานเชื้อเพลิงสำเร็จ เนื่องจากในการผลิตต้องใช้เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตและคอนกรีตปริมาณมาก



รูปที่ 5 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

4. สรุปผล

4.1 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง จะเริ่มต้นตั้งแต่การนำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ประสบผลสำเร็จมาเป็นต้นแบบ แล้วใช้เทคนิควิศวกรรมย้อนรอยในการวิเคราะห์ โดยย้อนรอยศึกษาทั้ง 4 ขั้นตอนของการประเมิน เริ่มจากขั้นตอนสุดท้ายมาจนถึงขั้นตอนแรก กล่าวคือ ตั้งแต่การแปลผลของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้ย้อนกลับมาถึงการคำนวณ การเก็บรวบรวมข้อมูล จนถึง การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน ซึ่ง การศึกษาแบบย้อนรอยนี้จะช่วยให้เกิดความเข้าใจและมองเห็นภาพการประเมินได้ชัดเจนขึ้น ทำให้ช่วยลดเวลาในการศึกษา และได้ทราบสิ่งที่พึงระวังในขณะประเมิน

การประเมินจะใช้รูปแบบ B2B โดยเทียบเคียงระบบผลิตภัณฑ์กับระบบโครงการก่อสร้าง ซึ่งจะกำหนดให้ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งเป็นเสมือนผลิตภัณฑ์ ส่วนกระบวนการของงานก่อสร้าง เปรียบเสมือนกระบวนการผลิต และสิ่งนำเข้าของระบบโครงการก่อสร้างจะเหมือนกับระบบผลิตภัณฑ์ แต่จะเพิ่มเติมวัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร ที่ต้องมีการขนส่งเข้ามาใช้งานในโครงการตามระยะเวลาที่กำหนด แต่สำหรับระบบผลิตภัณฑ์นั้น วัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร

เหล่านี้จะอยู่ในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงไม่ต้องพิจารณาเป็น สิ่งนำเข้าระบบ

ในการศึกษานี้ได้ผลการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินมีค่าเท่ากับ 46,337.95 tCO₂e/สถานี (1.69 tCO₂e/ตารางเมตร) ทั้งนี้งานกำแพงกันดินมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงที่สุดเท่ากับ 22,680.30 tCO₂e และงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่งมีค่าเท่ากับ 34,632.61 tCO₂e/กิโลเมตร

สิ่งที่พึงระวังเพื่อให้การประเมินประสบความสำเร็จประกอบด้วย

1) สิ่งนำเข้าระบบ สำหรับโครงการก่อสร้าง นอกจากจะหมายถึงวัตถุดิบหรือวัสดุก่อสร้าง ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงแล้ว ยังรวมถึงวัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร

2) งานก่อสร้าง มี 2 ประเด็น ประเด็นที่หนึ่ง มักพบปัญหาหน้างานที่ต้องแก้ไข จึงทำให้ข้อมูลในเอกสารแสดงขั้นตอนการก่อสร้างไม่ตรงกับการปฏิบัติงานจริง ดังนั้นจึงต้องมีการทบทวนและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เกี่ยวข้องอีกครั้งร่วมกับผู้รับเหมาที่ดำเนินงานก่อสร้าง ประเด็นที่สอง ไม่ควรแบ่งงานก่อสร้างออกเป็นกิจกรรมย่อยที่ละเอียดเกินไป เพราะจะทำให้เก็บข้อมูลยาก

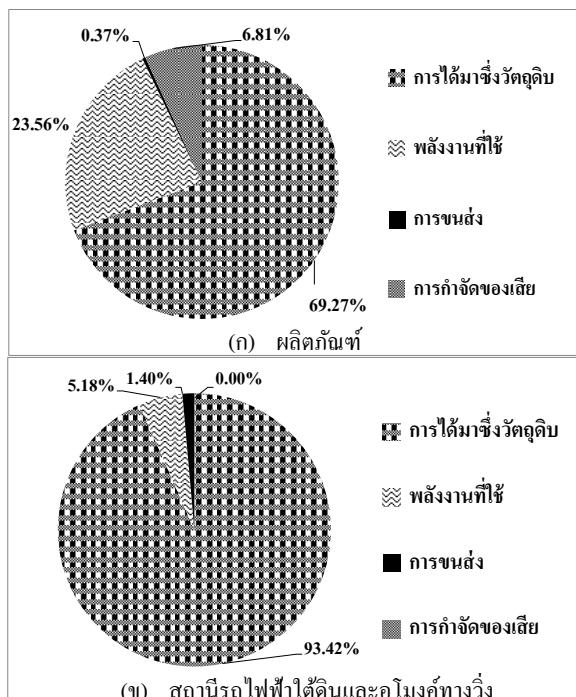
3) การเก็บข้อมูลบางอย่างไม่สามารถเก็บได้โดยตรง ได้แก่ ไฟฟ้า ของเสียจากเศษวัสดุก่อสร้าง ระยะเวลา น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร ดังนั้นจึงต้องอ้างอิงจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification) แผนงานก่อสร้างโครงการ เอกสารขออนุมัติซื้อ และงานวิจัยต่างๆ

4) การปันส่วน มี 2 กรณี ให้ทำการปันส่วนดังนี้ กรณีที่หนึ่ง วัสดุสนับสนุนและเครื่องมือ ที่ใช้งานได้มากกว่า 1 รอบ หรือ 1 กิจกรรม จะต้องปันส่วนโดยประมาณการใช้ตามจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำหรืออายุการใช้งาน กรณีที่สอง การขนส่งวัสดุสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เพื่อนำมาใช้งานในหลายกิจกรรม

จะต้องปันส่วนโดยน้ำหนักบรรทุก ทั้งนี้วัสดุสนับสนุน และเครื่องมือ จะปันส่วนตามปริมาณการใช้ในแต่ละกิจกรรม ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร จะปันส่วนตามปริมาณพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

4.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่ง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [6-12] ปรากฏว่าได้สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตามกลุ่มของแหล่งกำเนิด ดังรูปที่ 6 (ก)



รูปที่ 6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลุ่มของแหล่งกำเนิด

จากรูปดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งในงานวิจัยนี้ ดังรูปที่ 6 (ข) พบว่า การได้มาซึ่งวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สองเช่นเดียวกัน

ส่วนอันดับที่สามสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์จะเป็นเรื่องของการกำจัดของเสีย แต่ในงานก่อสร้างสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งจะเป็นการขนส่ง ในขณะที่อันดับที่สี่จะเป็นตรงกันข้าม ซึ่งมีข้อสังเกต พบว่า ในผลิตภัณฑ์จะมีการบำบัดหรือการฝังกลบของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต แต่สำหรับงานก่อสร้างของเสียที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

4.3 การเปรียบเทียบผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานโครงการสร้างสถานีรถไฟใต้ดินและอุโมงค์ทางวิ่งในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในประเทศ

จากการศึกษารายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของรถไฟฟ้าความเร็วสูงในต่างประเทศ [13] พบว่า มีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงของการก่อสร้างสถานีและอุโมงค์ทางวิ่ง โดยคิดเทียบกับอายุการใช้งานของโครงสร้างดังกล่าว (100 ปี) ผลการคำนวณของงานสร้างสถานี มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่สถานีและต่ออายุการใช้งาน 1 ปี ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2\cdot\text{year}$) และงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนึ่งกิโลเมตรของทางวิ่งและต่ออายุการใช้งาน 1 ปี ($\text{tCO}_2\text{e}/\text{km}\cdot\text{year}$)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในต่างประเทศ

งานก่อสร้าง	งานวิจัยนี้	ต่างประเทศ [13]	
		ฝรั่งเศส	ไต้หวัน
สถานี*	0.0169	0.0062	0.0053
อุโมงค์ทางวิ่ง**	346.33	212.5	171

หมายเหตุ * หน่วย $\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2\cdot\text{year}$

** หน่วย $\text{tCO}_2\text{e}/\text{km}\cdot\text{year}$

เมื่อเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้กับโครงการรถไฟฟ้าความเร็วสูงในต่างประเทศ 2 สาย คือ 1. LGV Mediterranee ประเทศฝรั่งเศส และ 2. Taipei-Kaohsiung ประเทศไต้หวัน ดังตารางที่ 6 จะพบว่า งานสร้างสถานีในงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าต่างประเทศ 2 เท่าตัว ต่อตารางเมตรของพื้นที่สถานี ทั้งนี้

อาจมีสาเหตุมาจากการพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่ไม่เหมือนกัน และเมื่อทำการศึกษาถึงข้อมูลโดยทั่วไปของสถานี พบว่า ลักษณะโครงสร้างมีความแตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กระดับใต้ดินทั้งหมด แต่ในประเทศฝรั่งเศสเป็นโครงสร้างเหล็กระดับบนดิน และโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กระดับใต้ดิน ส่วนในประเทศได้หวั่นเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งระดับบนดินและใต้ดิน

สำหรับงานสร้างอุโมงค์ทางวิ่งนั้น พบว่า ในงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าต่างประเทศประมาณเท่าตัว ต่อกิโลเมตรของทางวิ่ง ด้วยเหตุผลเดียวกันกับข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้น ในการขยายผลต่อไปในอนาคต ควรมีการใช้แนวทางเดียวกันในการประเมิน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย และบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2558.
- [2] นคร กนกแก้ว. การศึกษาแนวทางในการลดปริมาณของเสียจากการก่อสร้างในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. Emission Factor, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc, 2559.
- [4] คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2554.
- [5] นิกร เจียมวรพจน์. การศึกษากระบวนการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสำหรับบ้านพักอาศัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [6] จักรพันธ์ ตรีสารศรี. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555.

ตารางที่ 7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งนำเข้าและสิ่งออกจากกิจกรรมก่อสร้างของงานกำแพงปิดกันดิน

สิ่งนำเข้า/สิ่งออกจากกิจกรรม	ปริมาณ
กิจกรรมขุดดิน	
- รถขุดเจาะแบบ Cable Hang Grab	126,000 ลิตร
- ดิน	53,438,400 กิโลกรัม
กิจกรรมเดิมสารละลายเบนโทไนท์	
- ผงเบนโทไนท์	2,356,200 กิโลกรัม
- น้ำ	330 ลูกบาศก์เมตร
- แพลนท์เบนโทไนท์	7,920 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
กิจกรรมเทคอนกรีต	
- คอนกรีตผสมเสร็จ	33,000 ลูกบาศก์เมตร
- ท่อเทคอนกรีตใต้น้ำ	2 ท่อ
- รอกมือ	2 ตัว
- เศษคอนกรีต	3,470,113 กิโลกรัม

- [7] ชาศรีย์ รัชดา. การจัดทำข้อกำหนดเฉพาะในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- [8] อภิวัฒน์ สุวรรณทิ. การประเมินวัฏจักรชีวิตและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม, คณะสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.
- [9] ธนาพร ลือสินันท์. การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปเต้าหู้ปลา, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2556.
- [10] ดิเรกฤทธิ์ หวังดี. การศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง และแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555.
- [11] มนสิรา สุวิชาติกร. การหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2556.
- [12] พรพมล ปัทมานนท์. ปริมาณการสูญเสีย การใช้ทรัพยากร และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการผลิตนมจืดพาสเจอร์ไรส์ ณ ศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสัตวบาล, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.
- [13] Baron, T., Tuchschild, M., Martinetti, G. and Pepion, D. Carbon Footprint of High Speed Rail. International Union of Railways (UIC), Paris, 2011.