

การประเมินเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อน
และภายใต้สถานการณ์โควิด 19 กับแนวคิดโลจิสติกส์สีเขียว

กรณีศึกษาเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร

The Assessment to Compared the Carbon Footprint of Land
Transportation Between the Situation Before and Under Situation
COVID-19 Pandemic to The Concept Green Logistic:
A Case Study of Highways of Bangkok

ดุษดี มุกดา¹

Dussadee Mookda¹

Received: 3 July 2024 | Revised: 24 September 2024 | Accepted: 7 November 2024

DOI: 10.60101/rmuttgber.2025.279500

บทคัดย่อ

การศึกษาวินิจฉัยเรื่องการประเมินเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้สถานการณ์โควิด 19 กรณีศึกษาเส้นทางหลวง ของกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกระหว่างสถานการณ์ก่อนและภายใต้สภาวะการแพร่ระบาดของโควิด 19 และเพื่อเสนอแนวทางการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพด้านการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์ ในการวิเคราะห์การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกระหว่างก่อนและภายใต้สภาวะการแพร่ระบาดของโควิด 19 โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ T-Test ระดับความเชื่อมั่นคือ 95% ระดับนัยสำคัญคือ 0.05 รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ลักษณะแบบ Cradle – to - Gate หรือ Business – to - Business (B2B) ผลการวิจัยพบว่าภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้สถานการณ์โควิด 19 กรณีศึกษาเส้นทางหลวง ของกรุงเทพมหานคร มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน อย่างมีระดับนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าก่อนและภายใต้

¹อาจารย์, คณะการจัดการโลจิสติกส์และการคมนาคมขนส่ง สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Lecturer, Faculty Logistics and Transportation Management, Panyapiwat Institute of Management

Corresponding author email: dussadeemoo@pim.ac.th

สถานการณ์แพร่ระบาดโควิด 19 ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบการขนส่งสินค้าทางบกของกลุ่มรถบรรทุก กรณีศึกษาเส้นทางหลวง ของกรุงเทพมหานคร โดยแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นในด้านการเปลี่ยนเป็นยานพาหนะพลังงานสะอาดยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) อีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างความยั่งยืนและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนี้

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โลจิสติกส์สีเขียว โควิด 19 ความยั่งยืน

Abstract

A research study has been assessed to compare the carbon footprint of land transportation before and during the COVID-19 pandemic with the Concept Green Logistic A case study of Highways of Bangkok. The objective was to examine the carbon footprint of the land transport sector in both scenarios and propose an effective management approach for environmentally friendly cargo based on the Green Logistics concept. In the comparative analysis of the carbon footprint of land transportation before and during the COVID-19 pandemic, T-Test statistics were employed with a confidence level of 95% and a significance level of 0.05. The Carbon Footprint Assessment Model used a Cradle-to-Gate or Business-to-Business (B2B) approach. The results revealed a significant difference in the average amount of carbon dioxide emissions in the land transportation sector for cargo trucks before and during the COVID-19 pandemic. Interestingly, the pandemic situation did not appear to have a substantial impact on the land transportation system of the truck group in the Bangkok highway case study. An effective method to reduce greenhouse gas emissions involves transitioning to clean energy vehicles, with Battery Electric Vehicles (BEV) Another option for creating sustainability and reducing environmental impact today.

Keywords: Carbon Footprint, Carbon Dioxide, Green Logistics, Covid19, Sustainability

บทนำ

สหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายของการพัฒนายั่งยืน (SDGs) อันประกอบด้วย 17 เป้าหมายโดยองค์การสหประชาชาติแบ่งทั้ง 17 ข้อ ออกเป็น 5 มิติ ได้แก่ มิติสังคม (People) มิติเศรษฐกิจ (Prosperity) มิติสิ่งแวดล้อม (Planet) มิติสันติภาพและสถาบัน (Peace) และมิติหุ้นส่วนการพัฒนา (Partnership) (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2564) ทั้งนี้จะพบว่าเป้าหมายที่ 13 คือ การปฏิบัติการอย่างเร่งด่วนเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือก๊าซเรือนกระจกอันมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และมีเทน (CH₄) ที่มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์ ซึ่งประเทศไทยได้จัดส่งข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Nationally Determined Contribution: NDC) ต่อสำนักเลขาธิการ UNFCCC โดยกำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขั้นต่ำที่ร้อยละ 20 จากกรณีปกติ และกำหนดเป้าหมายขั้นสูงที่ร้อยละ 25 จากกรณีปกติภายในปี 2573 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) ภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย หรือ Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศด้วยความสมัครใจ โดยสามารถนำปริมาณการลดหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านการรับรอง ที่เรียกว่า “คาร์บอนเครดิต” ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจภายในประเทศได้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2567) ประเภทโครงการหนึ่งในนั้นคือ โครงการการจัดการในภาคขนส่ง ซึ่งประเทศไทยได้มีการประกาศเจตนารมณ์และกำหนดเป้าหมายของประเทศในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ต่ำกว่าระดับการปล่อยตามปกติ ร้อยละ 7-20 ภายในปี พ.ศ. 2563 นอกจากนี้ “ข้อตกลงปารีส” (Paris Agreement) ยังมีเป้าหมายที่สำคัญ คือ การควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โลกเฉลี่ยทั่วโลกให้ต่ำกว่า 2.0°C เทียบกับระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม โดยจะพยายามรักษาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยให้น้อยลงไปอีกจนต่ำกว่า 1.5°C (หากสามารถทำได้) ซึ่งเป็นระดับที่หลายฝ่ายมองว่าจะช่วยลดความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยที่ประเทศสมาชิกต่าง ๆ แสดงเจตจำนงและมีเป้าหมายร่วมกันในการลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศให้มากที่สุดและเร่งด่วนที่สุด ซึ่งประเทศต่าง ๆ จะเป็นผู้กำหนดเป้าหมายและจัดทำแผนดำเนินการให้สอดคล้องกับบริบทของแต่ละประเทศ พร้อมนำเสนอเป้าหมายการมีส่วนร่วม (Nationally Determined Contributions: NDCs) ต่อองค์การสหประชาชาติทุก ๆ 5 ปี เช่น ปี 2020 2025 2030 เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้นรัฐบาลได้เสนอเป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (NDCs) ที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 20% ภายในปี 2030 เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายใต้การดำเนินงานในกรณีปกติ (BAU) ปีฐาน 2005 ในสาขาเศรษฐกิจต่าง ๆ เช่น สาขาพลังงาน การคมนาคมขนส่ง กระบวนการทางอุตสาหกรรมและการจัดการของเสีย แต่ไม่รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้

อันเนื่องจากสถานการณ์ในปี 2020 ที่ผ่านมามีท่ามกลางสภาพความวุ่นวายของวุ่นวายของโควิด-19 ระบาดทั่วโลกเกิดการชะงักด้านเศรษฐกิจ ประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในหลาย ๆ ประเทศที่ประสบปัญหาดังกล่าว นับตั้งแต่เดือนมีนาคม 2020 จนถึงปัจจุบันทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจอย่างมาก การใช้จ่ายใช้สอยและกำลังซื้อของประชาชนลดลง รวมทั้งหลายธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมและบริการต้องหยุดชะงักลง แม้จะมีมาตรการมาช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถดำเนินธุรกิจต่อไปได้ แต่มาตรการส่วนใหญ่เป็นเพียงมาตรการระยะสั้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องปรับกลยุทธ์เพื่อให้ธุรกิจอยู่รอดจากพฤติกรรมของผู้บริโภคปรับตัวเข้าสู่ยุค New Normal (ธนันธร มหาพรประจักษ์, 2563) หลังพบพฤติกรรมผู้บริโภคใช้อินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นเป็นเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง ทำให้เกิดการโยกกิจกรรมบนโลกปกติมาอยู่บนโลกออนไลน์ นายทศพล ทั้งสุบุตร อธิบดีกรมพัฒนาธุรกิจการค้ากระทรวงพาณิชย์ กล่าวว่า การแข่งขันในธุรกิจ โลจิสติกส์ของไทยมีแนวโน้มการแข่งขันสูงขึ้น ทำให้ธุรกิจการขนส่งและให้บริการโลจิสติกส์เติบโตตามขึ้นไปด้วย โดยธุรกิจให้บริการโลจิสติกส์ในประเทศไทยปี 2020 มีมูลค่าตลาด รวมกว่า 88,700 ล้านบาท โดยข้อมูลจากสมาคมผู้รับจัดการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ (TIFFA) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากรายงานของ Our World in Data Thailand: CO₂ Country Profile ปี ค.ศ 2020. Ritchie and Roser (2020) แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามและยังคงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อนำตัวเลขปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยมาแสดงพบว่าใน ค.ศ 2019 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 250 ล้านตัน และยังคงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เมื่อทำการพิจารณาแยกเป็นรายประเภทของแหล่งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่าในภาคการจัดการการขนส่งสินค้าทางบกนั้น จากสถิติการขนส่งประจำปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2564 (กลุ่มสถิติการขนส่ง, 2564) พบว่าอัตราการเติบโต (อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย 5 ปี โดยใช้ข้อมูลปี 2560 เป็นปีฐาน) รวดเร็วกว่าประเภทการขนส่งทางน้ำไม่ประจำทาง มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นคิดเป็น 5.11% ซึ่งมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด จากสถิติการขนส่งประจำปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2564

ด้วยเหตุการนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาดังกล่าวจากภาคการขนส่งสินค้าทางบก จึงทำการศึกษาวิจัยมุ่งศึกษาการประเมินการเปรียบเทียบปริมาณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ที่เกิดจากกิจกรรมการจัดการโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้าทางบกระหว่างสถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดและภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดโควิด 19 ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือคงที่ อันสืบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการ ในการขนส่งสินค้าหรือการให้บริการขนส่งตามความต้องการ (On Demand Deliver) ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลมาจากสถานการณ์แพร่ระบาดโควิด 19 แต่ในการขนส่งสินค้านั้นลักษณะการใช้การขนส่งทางถนนก็ยังเป็นการขนส่งหลักของการขนส่งสินค้า ซึ่งยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนไปสู่การขนส่งในรูปแบบอื่นได้นั้นเองรวมถึงเพื่อเสนอแนวทางการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพด้านการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์ (Green logistics) ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งประเทศไทย

เป็นสมาชิกและต้องจัดทำบัญชีการปล่อยและเก็บกักก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในภาคการขนส่งสินค้าทางบกและเพื่อให้สอดคล้องกับแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2566 (กรุงเทพมหานครและคณะผู้เชี่ยวชาญ JICA. ,2563). อันจะส่งผลในระยะยาวสู่ความยั่งยืนสืบต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบก ระหว่างสถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดของโควิด 19 และภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของโควิด 19 ของกลุ่มรถบรรทุกแต่ละประเภท
2. เพื่อเสนอแนวทางการขนส่งสินค้าทางบกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์ (Green logistics)

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์การประเมินเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้ สถานการณ์โควิด 19 กับแนวคิดโลจิสติกส์สีเขียวกรณีศึกษาเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถแสดงดังต่อไปนี้

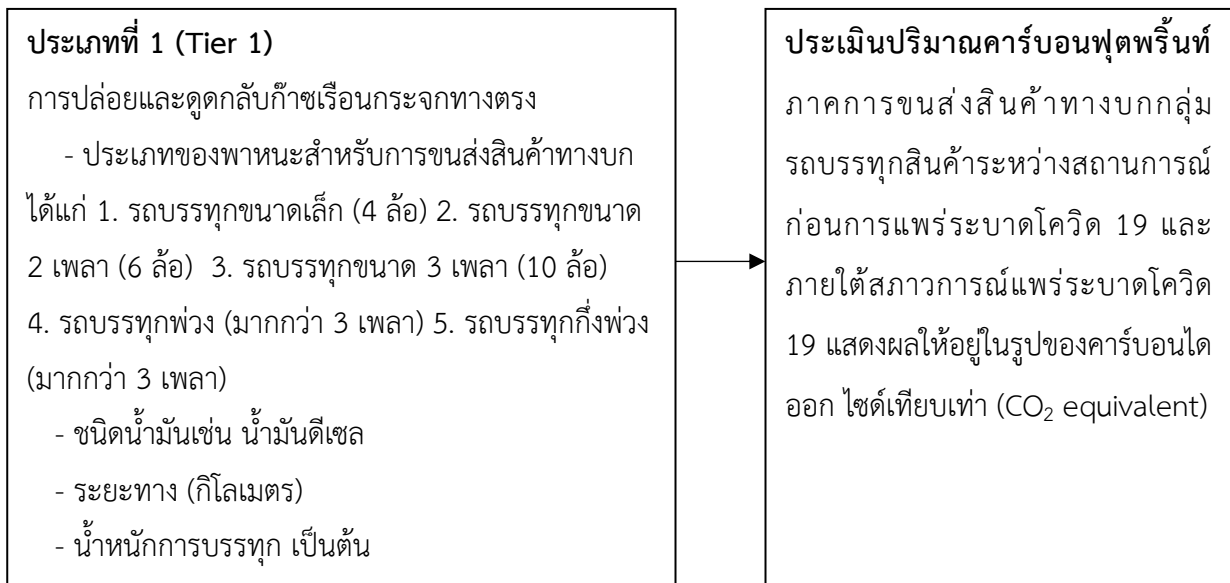
สมชาย โอตปัทมพลี (2566) ได้ทำการศึกษา เรื่องปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการให้บริการรถขนส่งมวลชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และหาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ให้บริการรถขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยรถขนส่งมวลชนมีทั้งหมด 15 คัน ประกอบด้วยรถไฟฟ้า 11 คัน รถน้ำมันดีเซล 4 คัน ซึ่งการเดินรถให้บริการ 3 เส้นทางคือ สายที่ 1 สีน้ำเงิน สายที่ 2 สีแดง และสายที่ 3 สีเขียว ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของรถขนส่งมวลชนเท่ากับ 54,929 kgCO₂eq/ปีโดยสายที่ 1 สีน้ำเงินปล่อยก๊าซเรือนกระจก 21,566 kgCO₂eq /ปี สายที่ 2 สีแดงปล่อยก๊าซเรือนกระจก 19,208 kgCO₂eq/ปี สายที่ 3 สีเขียวปล่อยก๊าซเรือนกระจก 14,155 kgCO₂eq /ปี รถไฟฟ้ามี ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 2,251 kgCO₂eq /คัน/ปี ในขณะที่รถน้ำมันดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 7,543 kgCO₂eq /คัน/ปี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรถไฟฟ้ากับรถน้ำมันดีเซลพบว่า รถน้ำมัน ดีเซลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ารถไฟฟ้าถึง 5,292 kgCO₂eq /คัน/ปี ซึ่งรถน้ำมันดีเซลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ารถไฟฟ้าคิด เป็น 3.35 เท่าของรถไฟฟ้า ปัจจุบันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีการใช้รถขนส่งมวลชนสองประเภท ซึ่งในอนาคตหากมหาวิทยาลัยเปลี่ยนรถ น้ำมันดีเซลจำนวน 4 คันมาเป็นรถไฟฟ้า จะทำให้รถขนส่งมวลชนของ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 21,168 kgCO₂eq ต่อปี (คิดเป็นร้อยละ 30)

Khan et al. (2020) ได้ตรวจสอบผลกระทบเฉพาะส่วนต่อการปล่อย CO₂ ในปากีสถานในช่วงปี 1991–2017 นักวิจัยเปิดเผยว่าในขณะที่ภาคเกษตรกรรมและบริการมีผลกระทบด้านลบต่อการปล่อย CO₂ แต่ภาคการก่อสร้าง การผลิต และการขนส่งมีส่วนทำให้เกิดการปล่อย CO₂ พวกเขายังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสำหรับกลยุทธ์การลดการปล่อย CO₂

Georgatzi et al. (2020) ตรวจสอบปัจจัยของการปล่อย CO₂ อันเนื่องมาจากภาคการขนส่งสำหรับ 12 ประเทศในยุโรปในช่วงปี 1994–2014 จากผลการทดสอบ สรุปได้ว่าการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานโดยภาคการขนส่งไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการปล่อย CO₂ และยังมีความสัมพันธ์แบบสองทิศทางระหว่างความเข้มงวดของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมกับการปล่อย CO₂ แม้ว่าการศึกษาส่วนใหญ่ นักวิจัยพบผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกันซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างภาคการขนส่งและการปล่อย CO₂ แต่เอกสารบางฉบับระบุว่าผลลัพธ์อาจแตกต่างกันไป ในการศึกษาผลกระทบของการขนส่งสาธารณะต่อการปล่อย CO₂ สำหรับจังหวัดของจีน Jiang et al. (2018) สรุปว่าแม้ว่าผลลัพธ์จะต่างกันแต่การค้นพบนี้สนับสนุนการเชื่อมต่อรูปตัว U แบบกลับด้านระหว่างระบบขนส่งสาธารณะและการปล่อย CO₂ สำหรับจังหวัดที่มีระดับการปล่อย CO₂ ต่างกัน ดังนั้น หากระดับการขนส่งสาธารณะเกินค่าเกณฑ์ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองอาจเปลี่ยนจากบวกเป็นลบ (Demircan et al. 2021)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การประเมินเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้สถานการณ์โควิด 19 กรณีศึกษาเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร กรอบแนวคิดในการวิจัยดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเฉพาะกรณีศึกษาระบบการขนส่งสินค้าทางบกของจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งขอบเขตการวิจัยเป็น

ขอบเขตด้านเนื้อหา ระบบการขนส่งสินค้าทางบก

ขอบเขตด้านประชากรเป้าหมาย ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มผู้ให้บริการการรถร่วมหรือรถส่วนบุคคลที่ร่วมวิ่งกับสถานประกอบการขนส่งสินค้าทางบก จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวนผู้ให้บริการไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน

ขอบเขตด้านตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) คือกลุ่มแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทรถบรรทุก ผู้ใช้เส้นทางทางหลวงของจังหวัดกรุงเทพมหานคร เท่านั้น

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลการสรุปปริมาณจราจรเฉลี่ย (คัน/วัน) บนทางหลวงในเส้นทางกรุงเทพ แยกตาม พ.ศ. (สำนักอำนวยการความปลอดภัยทางหลวง, 2564) ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทรถบรรทุกเท่านั้น อ้างอิงลักษณะตามการจำแนกประเภทรถเพื่อใช้ในการสำรวจภาคสนาม (กรมทางหลวง, 2556)

กลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้ 1. รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) 2. รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) 3. รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ) 4. รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) 5. รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)

รูปแบบการประเมิน แบบ Cradle – to - Gate หรือ Business – to - Business (B2B) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งการผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออกหรือจนถึงที่เป็นสาขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไปตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ขอบเขตด้านระยะเวลา ใช้ระยะเวลาในการวิจัย 12 เดือน

ขอบเขตด้านพื้นที่ เส้นทางหลวงแขวงทางหลวง ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีจำนวน 8 เส้นทาง ขั้นตอนการคำนวณหาระยะทางผู้วิจัยได้ทำการใช้โปรแกรม Google Map ในการคำนวณหาระยะทางจริง (กิโลเมตร) นับจากหมายเลขควบคุมถึงจุดสำรวจ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ระยะทางทางเส้นทางหลวง (กิโลเมตร) (+/- ไม่เกิน 5 %)

ลำดับ	ตอน	ระยะทางจริง (กิโลเมตร)
1	แยก คปอ. – สนามกีฬาธูปะเตมีย์	จุดสำรวจ 25+556 3.01
2	คลองประปา – คั่นยาว	จุดสำรวจ 7+050 12.55
3	คลองประปา – คั่นยาว	จุดสำรวจ 18+610 0.99
4	แยกเข้ามินบุรี – คลองหลวงแพ่ง	จุดสำรวจ 28+250 21.63
5	แยกเข้ามินบุรี – คลองหลวงแพ่ง	จุดสำรวจ 40+107 9.77

ตารางที่ 1 ระยะทางทางเส้นทางการหลวง (กิโลเมตร) (+/- ไม่เกิน 5 %) (ต่อ)

ลำดับ	ตอน	ระยะทางจริง (กิโลเมตร)
6	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ – คันนายาว	จุดสำรวจ 4+700 12.32
7	มินบุรี – แยกเคหะร่มเกล้า	จุดสำรวจ 1+500 5.30
8	คลองหลวงแพ่ง – ศาลาแดง	จุดสำรวจ 0+500 1.57

การวิเคราะห์ประมาณการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนแล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยดำเนินการทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งวัตถุดิบและการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิต มาทำการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในลำดับต่อไปนี้ ทั้งนี้ขั้นตอนส่วนการกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการขนส่งสินค้าทางบกนั้น ทางผู้ประกอบการขนส่งสินค้าทางบกได้มีการจ้างผู้รับเหมาทำการกำจัด

ดังนั้น ผู้วิจัยจะไม่นำปริมาณคาร์บอนดังกล่าวเข้ามาคำนวณในระบบการขนส่งสินค้าทางบก ตัวอย่างการคำนวณ วิธีการคาดประมาณการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขนส่งวัตถุดิบ (สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ, 2556) ได้กล่าวว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect GHG emission) เช่น 1. การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว ยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร รถไฟ เรือโดยสาร เครื่องบิน 2. การขนส่งผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบ คนงาน หรือกากของเสีย ที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ 3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำจัดกากของเสียและการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ เป็นต้น

การคำนวณ (Calculation-based Methodologies) โดยเลือกวิธีการใช้ค่าตัวคูณมลพิษอ้างอิงจากแหล่งข้อมูล Emission Factor (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2561)

$$\text{สมการทั่วไป } \text{CO}_2 \text{ emission} = \text{activity data} \times \text{emission factor} \dots\dots\dots (1)$$

โดยที่ Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตัวอย่างการคำนวณ (นนทวรรณ พิทักษ์วินัย และ ศุภิสรา จินตามณี, 2560) เช่น การขนส่งวัตถุดิบในการเพาะปลูกมะพร้าวใช้ข้อมูลระยะทางเที่ยวไปวัตถุดิบที่ใช้ (ปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21) = 0.006 kg ต่อกิโลกรัม ไนโตรเจน กะทิเป็นต้น ระยะทาง 12 km ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน (บรรทุกเต็ม) kg CO₂/t km ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขนส่งเที่ยวมา = วัตถุดิบที่ขนส่งต่อ FU x ระยะ x EF จากสมการ CO₂ Emission = (0.006) x 12 x 0.1824 = 1.37x10⁻⁵CO₂eq ต่อกิโลกรัม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม excel และ โปรแกรม IPCC Inventory เวอร์ชัน 8.21 มาใช้ในการคำนวณดังกล่าว

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐาน ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกระหว่างก่อนและภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 แตกต่างกัน โดยใช้สมการดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่

μ_1 = ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19

μ_2 = ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน t-test Independent โดยมีระดับนัยสำคัญคือ 0.5 ที่ระดับความเชื่อมั่นคือ 95%

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งวัตถุดิบและการกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิต ในงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์แค่การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในระบบการขนส่งทางบกที่เกิดในเส้นทางหลวงของกรุงเทพฯ นับจากหมายเลขควบคุมถึงจุดสำรวจแต่ละเส้นทางเท่านั้น จึงไม่ได้นำกิจกรรมการขนส่งทางบกด้านการกระจาย เข้ามาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังกล่าว โดยในส่วนกระบวนการผลิตขั้นตอนนี้มีกิจกรรมในกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขั้นตอนที่กระบวนการกำจัดของเสียทางผู้ประกอบการขนส่งให้ผู้ประกอบการภายนอกเป็นผู้ทำการดูแลรักษาเครื่องยนต์ และกำจัดของเสียในระบบเครื่องยนต์ จึงไม่นำมลภาวะที่เกิดขึ้นในกิจกรรมดังกล่าวเข้ามาคำนวณในระบบการขนส่งทางบกในงานวิจัยฉบับนี้ โดยที่สถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดของโควิด 19 คือ พ.ศ 2560 – พ.ศ.2562 และภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 คือ พ.ศ 2563 – พ.ศ.2565 แสดงผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การประเมินการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้ สถานการณ์โควิด 19 ของกลุ่มรถบรรทุกแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกเฉลี่ยต่อปี

สายทาง	1.กลุ่มรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)		2.กลุ่มรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)		3 .กลุ่มรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)		4 .กลุ่มรถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)		5 กลุ่ม.รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	
	ก่อน	ภายใต้	ก่อน	ภายใต้	ก่อน	ภายใต้	ก่อน	ภายใต้	ก่อน	ภายใต้
	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)	(kg CO ₂ -eq)
1. จุดสำรวจ 25+556	132.43	105.67	5.17	3.27	1.98	1.05	2.32	0.72	1.15	1.14
2. จุดสำรวจ 7+050	221.60	151.34	5.85	2.26	5.88	1.78	6.79	3.34	9.57	4.35
3. จุดสำรวจ 18+610	30.67	17.23	0.46	0.29	0.63	0.31	0.69	0.28	0.89	0.50
4. จุดสำรวจ 28+250	569.52	591.13	135.22	148.51	107.48	134.88	89.51	90.94	89.35	56.52
5. จุดสำรวจ 40+107	209.64	195.39	68.94	70.06	85.92	88.26	105.94	108.17	133.83	139.16
6. จุดสำรวจ 4+700	663.51	464.27	1.64	1.85	0.50	0.37	0.00	0.03	0.00	0.00
7. จุดสำรวจ 1+500	85.82	86.43	28.48	31.57	30.33	36.36	24.22	36.63	53.39	53.08
8. จุดสำรวจ 0+500	16.41	17.38	3.36	7.07	3.10	6.29	3.14	7.43	2.14	7.15
รวมทั้งสิ้น	1,929.61	1,628.83	249.13	264.88	235.82	269.30	232.61	247.53	290.32	261.89

หมายเหตุ: ต่อหน่วยคันด้วย 1000 (kg CO₂-eq)

จากตาราง 2 พบว่าสถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดโควิด 19 (พ.ศ 2560 – พ.ศ.2562) กลุ่มรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) ที่จุดสำรวจ 4+700 มีการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดรอกไซด์เทียบเท่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

663,509.66 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี รองลงมาคือกลุ่มรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) จุดสำรวจ 28+250 มีการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 135,224.23 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี และ กลุ่มรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) จุดสำรวจ 40+107 การปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 133,26.27 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี

ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 19 (พ.ศ 2563 – พ.ศ.2565) จุดสำรวจ 4+700 มีการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ 464,265.93 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี รองลงมาคือกลุ่มรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) จุดสำรวจ 28+250 มีการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 148,514.38 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี และ กลุ่มรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา) จุดสำรวจ 40+107 การปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 139,158.66 กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂-eq)/เฉลี่ยต่อปี

ส่วนที่ 2 ภาพรวมการประเมินปริมาณการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยต่อวัน ภายใต้สำหรับการขนส่งสินค้าทางบก กลุ่มรถบรรทุกบนเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร

ผลการศึกษาพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยภาพรวม มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย/วัน สำหรับการขนส่งสินค้าทางบก ด้วยกลุ่มรถบรรทุกแสดงดังตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ภาพรวมการประเมินปริมาณการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยต่อวัน ภายใต้ สำหรับการขนส่งสินค้าทางบก กลุ่มรถบรรทุกบนเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร

ชื่อ-เส้นทาง	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	(kg CO ₂ -eq) / เฉลี่ยต่อวัน			
		รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
1. จุดสำรวจ 25+556	39.68	1.41	0.51	0.51	0.38
2. จุดสำรวจ 7+050	62.16	1.35	1.28	1.69	2.32
3. จุดสำรวจ 18+610	7.98	0.13	0.16	0.16	0.23
4. จุดสำรวจ 28+250	193.44	47.29	40.39	30.08	24.31
5. จุดสำรวจ 40+107	67.51	23.17	29.03	35.69	45.50
6. จุดสำรวจ 4+700	187.96	0.58	0.14	0.01	-

ตารางที่ 3 ภาพรวมการประเมินปริมาณการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยต่อวัน ภายใต้ สำหรับการขนส่งสินค้าทางบก กลุ่มรถบรรทุกบนเส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ชื่อ-เส้นทาง	(kg CO ₂ -eq) / เฉลี่ยต่อวัน				
	รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	รถบรรทุก ขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	รถบรรทุก ขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	รถบรรทุก พ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	รถบรรทุก กึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
7. จุดสำรวจ 1+500	28.71	10.01	11.11	10.14	17.74
8. จุดสำรวจ 0+500	5.63	1.74	1.56	1.76	1.55
รวมทั้งหมด	593.07	85.67	84.19	80.02	92.03

หมายเหตุ ต่อหน่วยคูณด้วย 1000 (kg CO₂-eq)

จากตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเฉลี่ยโดยภาพรวม ปริมาณมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 593,072.14 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อวัน รองลงมาคือ รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเฉลี่ยโดยภาพรวมมีค่าเท่ากับ 92,034.52 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อวัน และ กลุ่มรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเฉลี่ยโดยภาพรวมมีค่าเท่ากับ 85,667.65 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อวัน ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Global Warming Potential, GWP)

ผู้วิจัยจะทำการแปลงค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณหาค่า GWP จากสูตร ดังนี้

$$\text{สูตร GWP} = \text{kgCO}_2 \times \text{ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (GWP100)} \dots\dots(2)$$

ตามขอบเขตที่ทำการศึกษา (B2B) ผลการวิจัยพบว่าระบบการขนส่งสินค้าทางบกมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เทียบเท่า(kgCo₂-eq) / ปี มีค่าเท่ากับ 4,785,518.69 กิโลกรัมคาร์บอน ไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (Global warming) เท่ากับ 4,785,518.69 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยอายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศโดยประมาณการคือ 200-450 ปี

ส่วนที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบก ระหว่างก่อนและภายใต้สถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดโควิด 19 สามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบก ระหว่างก่อนและภายใต้สถานการณ์ก่อนการแพร่ระบาดโควิด 19

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ภาคการขนส่งสินค้าทางบก	t Stat	df	P(T<=t) two-tail	Critical two-tail
กลุ่มรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	0.302	12	0.768	2.179
กลุ่มรถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)	- 0.089	12	0.930	2.179
กลุ่มรถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	- 0.187	12	0.855	2.179
กลุ่มรถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	-0.096	12	0.924	2.178
กลุ่มรถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	0.145	12	0.886	2.178

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบก ระหว่างก่อนและภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 19 ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่น คือ ปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) นั้นหมายความว่าภาคการขนส่งสินค้าทางบกของกลุ่มรถบรรทุกสินค้าระหว่างสถานการณ์ก่อนและภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 19 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเฉลี่ย ไม่แตกต่างทั้งสองสถานการณ์ นั้นหมายถึงกิจกรรมด้านการจัดการโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้าภายใต้สถานการณ์โควิด 19 ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบการขนส่งสินค้าทางบกของกลุ่มรถบรรทุกนั่นเอง

ขั้นตอนลำดับถัดไปผู้วิจัยทำการประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลและค่าแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้

ส่วนที่ 5 ผลการประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลและค่าแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้

ผลการศึกษาวิจัย พบว่าระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับ 1-6 สาเหตุที่ทำให้ข้อมูลมีระดับคุณภาพเท่ากับ 1 และ 3 นั้น มาจากคะแนนจากค่าแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ซึ่งมีระดับคะแนนที่ต่ำเนื่อง จากค่าดังกล่าวมาจาก มาจากฐานข้อมูลระดับประเทศและระดับฐานข้อมูลสากลเป็นหลักสาเหตุที่ต้องเลือกใช้ค่าแฟคเตอร์ ดังกล่าวเนื่องจากไม่ได้มีการตรวจวัดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากเครื่องมือการตรวจวัดจากกิจกรรมการขนส่งสินค้าทางบก และประกอบกับไม่มีข้อมูลจากทางผู้ประกอบการที่ถูกต้อง ดังนั้นในอนาคตหากมีค่าแฟคเตอร์ที่ได้จากการเครื่องมือการตรวจวัด หรือข้อมูลจากผู้ประกอบการ มาใช้แทนค่าแฟคเตอร์ในปัจจุบัน ก็จะทำให้ระดับคุณภาพการเก็บข้อมูลมีค่าสูงขึ้นได้

ส่วนที่ 6 ผลการศึกษาการเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพด้านการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์

ผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์และแนวทางการโดยใช้ แนวคิดกรีนโลจิสติกส์ ได้ดังตารางที่ 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการหาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์

กรีนโลจิสติกส์	แนวคิดการบริหารจัดการ	วิธีการดำเนินงานเพื่อลดปริมาณ CO ₂	แนวทางการปรับปรุงเพื่อลด CO ₂
การขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	1. ลดต้นทุนการขนส่งโลจิสติกส์ของเมือง	1. การเลือกใช้พลังงานทางเลือกและยานพาหนะพลังงานสะอาด	- เปลี่ยนเป็นยานพาหนะพลังงานสะอาดและสามารถใช้พลังงานทางเลือกได้
	2. กลยุทธ์ด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กรต่อโลจิสติกส์	2. โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด	- ผู้ประกอบการเข้าร่วมโครงการ CDM ของประเทศไทยและทำการซื้อขายคาร์บอนเครดิตประเภท Certified Emission Reductions (CERs)
	3. โลจิสติกส์ย้อนกลับ	3. การใช้เทคโนโลยีในการติดตามยานพาหนะ	- เปลี่ยนระบบการติดตามยานพาหนะเป็นระบบเทคโนโลยี GPS Fleet Tracking

จากตารางที่ 5 พบว่าในแต่ละแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละด้านนั้นทั้งนี้ในแง่ด้านการปฏิบัติการด้านแนวทางการปรับปรุงเพื่อลด CO₂ เพื่อให้สอดคล้องกับทั้งสองแนวคิดข้างต้นผู้วิจัยนำเสนอเป็น 3 ทาง เลือกในการปรับปรุงเพื่อลด CO₂ ทั้งนี้งานวิจัยฉบับนี้ขอเสนอเฉพาะการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในด้านการเปลี่ยนเป็นยานพาหนะพลังงานสะอาดเท่านั้นก่อน โดยมุ่งเน้นไปที่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) เมื่อศึกษาด้านการเติบโตของตลาดรถยนต์พลังงานไฟฟ้าล้วน รถยนต์ไฟฟ้าประเภทไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) มีการเติบโตถึง 62% แสดงให้เห็นว่าคนไทยเริ่มปรับตัวได้และมั่นใจกับรูปแบบการเติมพลังงานรถยนต์ที่เปลี่ยนไปถาวรทุกประเภทของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า (EV) แล้วเรามีรถยนต์พลังงานไฟฟ้า (EV) ถึงประมาณ 62,000 คัน ที่วิ่งอยู่ในท้องถนนไทยเป็นพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) รว 3,600 คัน และรถยนต์พลังงานไฟฟ้าแบบใช้ไฟฟ้าร่วมกับระบบน้ำมันเชื้อเพลิง PHEV และ ประเภท HEV 58,400 คัน (ธนาคารทหารไทย, 2565) โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีกลุ่มรถบรรทุกประเภทไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) มีจำนวนทั้งสิ้น 25 คัน ทำการจดทะเบียน ในปี พ.ศ 2565 (นุสรา เงินเจริญ, 2565)

การเปรียบเทียบด้านต้นทุนภาคขนส่งด้วยรถบรรทุก รถยนต์ไฟฟ้า BEV (Battery electric vehicle)

ในภาคธุรกิจขนส่งการควบคุมเรื่องราคาน้ำมันเป็นสิ่งที่ยากจะควบคุมได้แล้วถ้าเป็นรถพลังงานไฟฟ้าจะเห็นว่าราคาไฟฟ้าค่อนข้างตายตัว เมื่อพิจารณา รถยนต์ในกลุ่มรถบรรทุก 4 ล้อเล็ก จนถึงรถ 6 ล้อ 10 ล้อ และกลุ่ม

รถหัวลากที่มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากและก่อให้เกิดมลพิษสูง คือการใช้งานในเมืองที่ต้องเคลื่อนที่สลับหยุดนิ่งตลอดเวลา รวมถึงรถที่ใช้ในพื้นที่จำกัดระยะทางวิ่งต่อวันไม่มาก แต่ทำงานทั้งวัน เช่น ในเขตอุตสาหกรรม ท่าเรือ หรือแม้แต่ในสนามบิน รถยนต์จะใช้เชื้อเพลิงสูงมากคือจังหวะออกตัวและไต่ขึ้นทางชัน (อโธอินโฟ, 2565)

ได้มีงานวิจัยของ (Gao et al., 2017) ทำการวิจัยเรื่องการใช้พลังงานและการประหยัดต้นทุนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของรถบรรทุกสำหรับการใช้งานยานพาหนะหนัก มีการประเมินการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (BEV) และรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (PHEV) ของ GenSet กับรถบรรทุกส่งของในพื้นที่ Class-7 และ GenSet PHEV สำหรับรถบรรทุกอเนกประสงค์ Class-8 ผ่านข้อมูลการขับขี่ในโลกแห่งความเป็นจริงที่แพร่หลาย โดยรถบรรทุกหนักทั่วไป GenSet ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการใช้งานรถบรรทุกไฟฟ้า ไม่เพียงแต่ลดการใช้พลังงาน แต่ยังช่วยประหยัดต้นทุนพลังงานได้อย่างมากอีกด้วย สำหรับรถบรรทุกไฟฟ้า ในการจัดส่ง การหยุดรถเป็นระยะๆ ที่สถานที่จัด ส่งจะทำให้มีเวลาเพียงพอในการชาร์จแบตเตอรี่และด้วย เหตุนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีเครื่องชาร์จกำลังสูง สำหรับรถบรรทุก PHEV กระบะอเนกประสงค์ โดยทั่วไปแล้วการใช้พลังงานต่อไมล์ของการทำงานของรถบรรทุกจะสูงกว่า เนื่องจากมีรอบเดินเบานานขึ้นและมีภาระรอบเดินเบาสูงเป็นพิเศษที่เกี่ยวข้องกับงานสาธารณูปโภคที่หนักหน่วง ความพร้อมใช้งานของการชาร์จระหว่างเส้นทางมักขาดในสถานที่ทำงานของรถบรรทุกถึง ดังนั้นขนาดแบตเตอรี่ของรถบรรทุกเหล่านี้จึงค่อนข้างใหญ่กว่าขนาดแบตเตอรี่ของรถบรรทุกขนส่งที่ศึกษา

การเปรียบเทียบด้านการใช้พลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานดีเซล

นักวิจัยได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของสำหรับรถบรรทุกไฟฟ้าและดีเซลงานวิจัยของ (Lee et al., 2013) แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบรถบรรทุกขนส่งไฟฟ้าและดีเซลในเมืองในแง่ของการใช้พลังงานตลอดอายุการใช้งานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) และต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของ (TCO) ประโยชน์เชิงสัมพันธ์ของรถบรรทุกไฟฟ้าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับรอบการขับเคลื่อน ราคาน้ำมันดีเซล ความต้องการในการเดินทาง ราคาและการเปลี่ยนแบตเตอรี่ของโทรศัพท์ไฟฟ้าประสิทธิภาพการผลิตและการส่งกระแสไฟฟ้าโครงสร้างพื้นฐานการชาร์จรถบรรทุกไฟฟ้าและราคาซื้อสำหรับรอบการขับขี่ที่มีการหยุดบ่อยและความเร็วเฉลี่ยต่ำ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษางานวิจัยการประเมินเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบกก่อนและภายใต้สถานการณ์โควิด 19 กรณีศึกษา เส้นทางหลวงของกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1. จากการศึกษาการวิเคราะห์การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคการขนส่งสินค้าทางบก ระหว่างก่อนและภายใต้สภาวะการณ์แพร่ระบาดโควิด 19 ภายใต้สมมติฐานผลการศึกษา พบว่าภาคการขนส่งสินค้าทางบกของกลุ่มรถบรรทุกสินค้าระหว่างสถานการณ์ก่อนและภายใต้สภาวะการณ์แพร่ระบาดโควิด 19 มีการ

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเฉลี่ยไม่แตกต่างทั้งสองสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประเทศจีน (Zhang et al., 2021) ในงานวิจัยเรื่องผลกระทบของการระบาดใหญ่ของ COVID-19 ต่อการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการขนส่งของจีน จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อการแพร่ระบาดของโควิด-19 มาถึงระยะที่ร้ายแรงที่สุดช่วงเวลาในประเทศจีน คือ กุมภาพันธ์ 2563 การใช้พลังงานและการปล่อย CO₂ ของรถยนต์เชื้อเพลิงและรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ถึงระดับต่ำสุดต่อมาการระบาดของ COVID-19 ได้รับการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพในจีนและการใช้พลังงานและการปล่อย CO₂ ของรถยนต์เชื้อเพลิงก็ฟื้นตัวขึ้น อย่างไรก็ตามจะเห็นได้จากข้อมูลที่ใช้พลังงานของรถยนต์เชื้อเพลิงในเดือนเมษายนไม่ถึงระดับก่อนเกิดการระบาดของ COVID-19 ในขณะที่ในเดือนเมษายนทั้งระยะทางและการใช้พลังงาน (CO₂ การปล่อยมลพิษ) ของรถยนต์พลังงานใหม่ซึ่งใช้แท่นรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ได้เข้าสู่สถานะก่อนการระบาดของ COVID – 19 หลังจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 การอนุรักษ์พลังงานและการลดการปล่อยมลพิษยังต้องใช้เวลาอีกยาวนาน การกำหนดการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษในภาคการขนส่งในช่วงการระบาดของ COVID-19 จะช่วยให้รัฐบาลมีข้อมูลอ้างอิงสำหรับการอนุรักษ์พลังงานในอนาคตและการลดการปล่อยก๊าซในภาคการขนส่งและการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่เพิ่มเติม ประเทศไทยได้มีการขยายนโยบายการอุดหนุนเป็นเวลา 2 ปีสำหรับรถยนต์พลังงานใหม่ยังมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยมลพิษและ การปกป้องสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อย CO₂ ของรถยนต์เชื้อเพลิงระหว่างการแพร่ระบาดของโรคซาร์ส แสดงให้เห็นว่าดูเหมือนว่าจะไม่มีผลกระทบมากนักต่อการใช้พลังงานของรถยนต์ในประเทศ จากการเปรียบเทียบพบว่า COVID-19 ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในการขนส่งและการปล่อย CO₂ มากกว่าโรคซาร์ส

2. จากผลการศึกษาการเสนอแนวทางการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพด้านการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดกรีนโลจิสติกส์จากแนวคิดนี้ทางเลือกในการปรับปรุงคือเปลี่ยนเป็นยานพาหนะพลังงานสะอาดจะเห็นได้ว่าจากผลงานวิจัยของประเทศอเมริกาและประเทศจีน รวมถึงอีกหลายประเทศที่ได้มีการสนับสนุนวิธีการเลือกการใช้พาหนะพลังงานสะอาดเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในภาคการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น กรีนโลจิสติกส์ประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งประเทศที่ได้มีการตื่นตัวในเรื่องยานพาหนะพลังงานสะอาดเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งฟอสซิล รัฐบาลได้มีการสนับสนุนด้านมาตรการด้านภาษีคาร์บอน รวมถึงมาตรการอื่นที่ออกมาสนับสนุนเพื่อให้ผู้ประกอบการเปลี่ยนมาใช้ยานพาหนะพลังงานสะอาดดังกล่าว เมื่อพิจารณาจากกลุ่มรถกระบะบรรทุก ประเทศไทยมีหลายแบรนด์ เช่น ซีพีโฟตอน (CP FOTON), อีวีโอ (EVO) , โตโยต้า (TOYOTA), อีซูซุ (ISUZU) เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งต่อไปควรนำปัจจัยอื่นที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือปัจจัยที่อาจมีผลกระทบนำมาทำการวิจัยเพื่อเติม เพื่อให้งานวิจัยเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
2. ควรมีการขยายขอบเขตของประชากรในการวิจัยครั้งต่อไป เพื่อศึกษาประชากรในกลุ่มที่กว้างขึ้นและสามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์หรือปัจจัยที่อาจมีผลกระทบและความแตกต่างระหว่างกลุ่มประชากรได้
3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในงานวิจัยนี้ ใช้ระดับการคำนวณที่ 1 (Tier 1) ซึ่งหากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของยานพาหนะเช่นข้อมูลการบำรุงรักษาข้อมูลเทคโนโลยีการควบคุมการปล่อยไอเสีย เป็นต้น ในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถใช้ระดับการคำนวณที่สูงขึ้นที่มีความแม่นยำสูงขึ้น

การวิจัยในอนาคต

ควรมีการพิจารณามิติอื่นๆ ควรคำนึงถึงมิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น มิติทางเศรษฐกิจ การเมือง วัฒนธรรม หรือเทคโนโลยี ที่อาจมีผลต่อการนำข้อเสนอแนะไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการขนส่งทางบก. (2563). รายงานสถิติการขนส่งประจำปี. สืบค้นจาก <https://www.web.dlt.go.th/statistics>
- กรมทางหลวง. (2556). ประเภทที่ใช้ในการสำรวจปริมาณการจราจร. สืบค้นจาก <https://www.tims.doh.go.th/sites/default/files/ประเภทที่ใช้ในการสำรวจปริมาณการจราจร.pdf>
- กรุงเทพมหานคร และ คณะผู้เชี่ยวชาญ JICA. (2563). แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556-2566. สืบค้นจาก <https://webportal.bangkok.go.th/environmental/page/sub/14078/>
- ธนาคารทหารไทย. (2565). โอกาสต่อยอดของธุรกิจ SME เมื่อเข้าสู่ยุครถยนต์พลังงานไฟฟ้า. ธนาคารทหารไทย. สืบค้นจาก <https://www.ttbbank.com/th/fin-biz/industry-expertise/other-industries/industry-evcar22>
- ธนันธร มหาพรประจักษ์. (2563). ปรับธุรกิจของคุณให้อยู่รอดในยุคปกติใหม่. ธนาคารแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/articles/Pages/Article19Oct2020.aspx>
- นันทวรรณ พิทักษ์วินัย, และ ศุภิสรา จินตามณี. (2560). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตไอศกรีม จังหวัดแพร่. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- นุสรา เงินเจริญ. (2565). *สอท. เผยยอดยานยนต์ไฟฟ้าในเดือนธันวาคม 2565 เดบิตเพิ่มขึ้น*. Autoinfo. สืบค้นจาก <https://www.autoinfo.co.th/online/438773/>
- สมชาย โอตบิณพลี. (2566). ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการให้บริการรถขนส่งมวลชน: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. เอกสารประกอบการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, เรื่องความท้าทายด้านวิศวกรรมโยธาหลังการระบาดใหญ่, ภูเก็ต, ประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://conference.thaince.org/index.php/ncce28/article/view/1978/1420>
- สำนักอำนวยการความปลอดภัยทางหลวง. (2564). *ปริมาณจราจรบนทางหลวงสายหลักทั่วประเทศ กรมทางหลวง*. สืบค้นจาก <http://bhs.doh.go.th/download/traffic>
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, (2564). *SDGs คืออะไร มารู้จัก 5 เป้าหมายแรกจากมิติล้างคม*. สืบค้นจาก <https://www.nxpo.or.th/th/8081/>
- สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติและสังคมแห่งชาติ. (2564). *ประเทศไทยและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นจาก <https://sdgs.nesdc.go.th>
- สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ. (2556). การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. สืบค้นจาก https://www.si.mahidol.ac.th/th/division/faci.envi/admin/download_files/10_93_1d9Vj9X.pdf
- สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2564). *ประเทศไทยและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นจาก <https://sdgs.nesdc.go.th>
- อโต้อินโฟ. (2565). *BEV ในภาคขนส่งประหยัดกว่าหรือสิ้นเปลืองกว่ากัน รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล*. สืบค้นจาก <https://www.autoinfo.co.th/article/400742/>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2563). *ข้อกำหนดและแนวทางการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. สืบค้นจาก <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWkc5M2JteHZZV1E9>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2567). *T-VER คืออะไร*. สืบค้นจาก <https://ghgreduction.Tgo.or.th/th/about-tver/t-ver.html>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). *คู่มือการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการภาคพลังงาน และของเสีย*. สืบค้นจาก http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2018/GHG_Reduciton.pdf
- Demircan Çakar, N., Gedikli, A., Erdoğan, S., & Yıldırım, D. Ç. (2021). A comparative analysis of the relationship between innovation and transport sector carbon emissions in developed and developing Mediterranean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(33), 45693–45713. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13390-y>

- Rives, J., Fernández-Rodríguez, I., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2012). Environmental analysis of the production of champagne cork stoppers. *Journal of Cleaner Production*, 25, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.001>
- Du, H., Chen, Z., Peng, B., Southworth, F., Ma, S., & Wang, Y. (2019). What drives CO2 emissions from the transport sector? A linkage analysis. *Energy*, 175, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.052>
- Gao, Z., Lin, Z., & Franzese, O. (2017). Energy Consumption and Cost Savings of Truck Electrification for Heavy-Duty Vehicle Applications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2628(1), 99–109. <https://doi.org/10.3141/2628-11>
- Georgatzi VV, Stamboulis Y, Vetsikas A. (2020). Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: empirical evidence from 12 European countries. *Econ Anal Policy*, 65, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.11.003>
- Jiang Y, Zhou Z, Liu C. (2018). The impact of public transportation on carbon emissions: a panel quantile analysis based on Chinese provincial data. *Environ Sci Pollut Res* 26:4000–4012. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3921-y>
- Khan, A. N., En, X., Raza, M. Y., Khan, N. A., & Ali, A. (2020). Sectorial study of technological progress and CO₂ emission: Insights from a developing economy. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119862>
- Lee, D.-Y., Thomas, V. M., & Brown, M. A. (2013). Electric urban delivery trucks: Energy use, greenhouse gas emissions, and cost-effectiveness. *Environmental Science & Technology*, 47(14), 8022–8030. <https://doi.org/10.1021/es400179w>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2020). CO₂ and greenhouse gas emissions. *Our World in Data*. Thailand: CO₂ Country Profile. <https://ourworldindata.org/co2/country/thailand>
- Zhang, X., Li, Z., & Wang, J. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on energy consumption and carbon dioxide emissions in China's transportation sector. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101091>