

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา SME อุตสาหกรรมแฟชั่น

Organization Carbon Footprint Assessment: A Case Study of SME in Fashion Industry

ชวลิต จันคันธา^{1*} และ พุฒิพงศ์ ชัยนโต¹

Chawalit Chankhantha^{1*} and Phuttipong Chayanto¹

¹ กลุ่มเชื่อมโยงอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กองพัฒนาอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

¹ Creative Industry Connection Group, Division of Creative Industry Development, Department of Industrial Promotion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น จำนวน 25 กิจการ ประกอบด้วยธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายจำนวน 17 กิจการ และธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับจำนวน 8 กิจการ ที่เข้าร่วมกิจกรรมกับกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 โดยเก็บข้อมูลพื้นฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2566 ถึงเดือนกันยายน 2567 ตามแนวทางการประเมินขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ผลการวิจัยพบว่าอุตสาหกรรมแฟชั่นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 262.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂-eq) โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน ในขอบเขตที่ 2 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 134.33 tCO₂-eq รองลงมาคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เท่ากับ 99.20 tCO₂-eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ เท่ากับ 29.39 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 51.09 37.73 และ 11.18 ตามลำดับ การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมแฟชั่นก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือการใช้แก๊สโซฮอล์สำหรับการขนส่งสินค้า และการใช้น้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 51.09 28.19 และ 8.68 ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น อาทิ การหมั่นบำรุงรักษาและดูแลเครื่องจักรเป็นประจำเพื่อลดการซ่อมบำรุง และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การปรับปรุงอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม การเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพื่อประหยัดพลังงาน และการใช้พลังงานสะอาดในการขนส่งสินค้า นอกจากนี้ควรมีมาตรการให้พนักงานให้ช่วยกันประหยัดพลังงาน ประหยัดการใช้น้ำ และใช้ทรัพยากรอื่น ๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อันจะนำไปสู่การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อเกิดภาวะโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ก๊าซเรือนกระจก อุตสาหกรรมแฟชั่น ภาวะโลกร้อน

Abstract

The objective of this research is to evaluate the carbon footprint of 25 SMEs in the fashion industry, which includes seventeen apparel businesses and eight jewelry businesses. These businesses participated in activities organized by the Department of Industrial Promotion during the fiscal year 2024. Greenhouse gas emissions data for the baseline year were collected between October 2023 and September 2024, following the assessment framework of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The assessment is categorized into three scopes: Scope 1 (direct greenhouse gas emissions), Scope 2 (indirect emissions from energy use), and Scope 3 (other indirect emissions). The results indicate that the total greenhouse gas emissions of the fashion

* Corresponding author : charles.valydtth@gmail.com

industry amount to 262.92 tons of carbon dioxide equivalent (tCO₂-eq). Energy consumption in Scope 2 contributes the highest emissions at 134.33 tCO₂-eq, followed by direct emissions in Scope 1 at 99.20 tCO₂-eq, and other indirect emissions in Scope 3 at 29.39 tCO₂-eq, accounting for 51.09%, 37.73%, and 11.18% of the total emissions, respectively. Electricity usage is the most significant source of greenhouse gas emissions, followed by gasohol fuel consumption for transportation and tap water usage, contributing 51.09%, 28.19%, and 8.68%, respectively. Recommendations to mitigate greenhouse gas emissions include routine maintenance of machinery to reduce repairs and enhance production efficiency, adjusting air conditioner temperatures to optimal levels, transitioning to LED lighting, adopting energy-saving technologies, and using clean energy for transportation. Organizations should also implement policies encouraging employees to conserve energy and water while optimizing resource use. These measures can significantly reduce greenhouse gas emissions and effectively address global warming.

Keywords: Carbon footprint, Greenhouse gases, Fashion industry, Global warming

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศของโลกเพิ่มขึ้นสูงกว่าเดิมถึง 1.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งเป็นผลจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกมาอย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้พลังงาน การเกษตร การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง และการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ (Song and Lee, 2010) ประเทศต่าง ๆ ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงมีการจัดตั้งรัฐภาคีว่าด้วยอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ขึ้นในปี พ.ศ. 2535 และพิธีสารเกียวโต (The Kyoto Protocol: KP) พ.ศ. 2540 (ไพฑูริย์ ศรีสุทนต์ และคณะ, 2563) ทั้งนี้ประเทศไทยได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นรัฐภาคีอนุสัญญาฯ ในฐานะสมาชิกรัฐภาคี โดยแสดงเจตจำนงการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ ได้แก่ การบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ภายในปี 2065 พร้อมทั้งผลักดันให้ภาคอุตสาหกรรมในประเทศลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ประเทศไทยได้มีการรับรองแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ (NDC Roadmap 2021-2030) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศให้ได้ร้อยละ 20 หรือ 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภายในปี พ.ศ. 2573 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2562)

ประเทศไทยเริ่มจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เมื่อปี พ.ศ. 2554 ภายใต้องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (จิตลดา หมาขม และคณะ, 2560) ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการกำหนดหลักเกณฑ์และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับการประเมินและให้การรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศไทยมีอยู่ 2 ประเภท คือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP) และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint of Organization: CFO) การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรช่วยให้องค์กรสามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายและแผนปฏิบัติการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับองค์กร อุตสาหกรรม และระดับประเทศ (Pleerux and Aimkuy, 2021) ในปี พ.ศ. 2566 ภาพรวมของประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานอยู่ที่ 243.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ลดลงร้อยละ 2.4 เมื่อเทียบกับปีก่อน โดยการใช้ไฟฟ้าในสาขาธุรกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.4 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2567)

อุตสาหกรรมแฟชั่นเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Bauck, 2017; Singh and Bansal, 2024) โดยคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 10 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก (Niinimäki et al., 2020) ในช่วงระหว่าง

ปี ค.ศ. 2000 ถึง 2015 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมแฟชั่นถึง 0.3 พันล้านตัน และคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 2.8 พันล้านตันภายในปี ค.ศ.2030 หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน (Peters et al., 2021) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุตสาหกรรมแฟชั่นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมากคือการเติบโตของแฟชั่นด่วน (Fast Fashion) ซึ่งเน้นการผลิตเสื้อผ้าและเครื่องประดับจำนวนมากในเวลาสั้น คุณภาพต่ำ และราคาถูก เพื่อตอบสนองพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว จนอาจนำไปสู่ปัญหาขยะจำนวนมากมหาศาล ซึ่งส่วนใหญ่ถูกทิ้งโดยไม่ได้รับการรีไซเคิลอย่างเหมาะสม นอกจากนี้กระบวนการผลิตสินค้าแฟชั่นยังใช้ทรัพยากรน้ำในปริมาณมาก และปล่อยน้ำเสียปนเปื้อนสารเคมีสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อระบบนิเวศ (Wren, 2022) ในอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เมื่อพิจารณาห่วงโซ่การผลิตเครื่องประดับจะพบว่าการทำเหมืองพลอยและโลหะมีค่าสร้างคาร์บอนฟุตพริ้นท์ถึงร้อยละ 95 ของกระบวนการผลิต ส่วนกระบวนการผลิตเครื่องประดับมีผลกระทบเพียงร้อยละ 5 (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ, 2564) จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในโรงงานผลิตเครื่องประดับแห่งหนึ่งในไทย พบว่าการผลิตแหวนเงินหนึ่งวงสามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 1.03 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Usapein and Tongcumpou, 2016) นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตเสื้อผ้าบาติกเท่ากับ 3.59 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือกระบวนการผลิตวัตถุดิบ ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 2.69 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ, 2559) จากปัญหาเหล่านี้หลายประเทศได้เริ่มดำเนินนโยบายเพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมแฟชั่น เช่น การจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์แฟชั่น เพื่อแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในแต่ละขั้นตอนของการผลิต การส่งเสริมการใช้วัสดุที่ยั่งยืนและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ รวมถึงการพัฒนาวัตกรรมการผลิตที่สะอาดและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2562) ปัจจุบันสหภาพยุโรปได้ประกาศแนวทางส่งเสริมสินค้าแฟชั่นที่ยั่งยืนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยตั้งเป้าว่าภายในปี 2030 ผู้ผลิตสินค้าแฟชั่นจะต้องใช้วัสดุที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ (Recyclable Materials) เพื่อสนับสนุนการลดขยะและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Sachs et al., 2019)

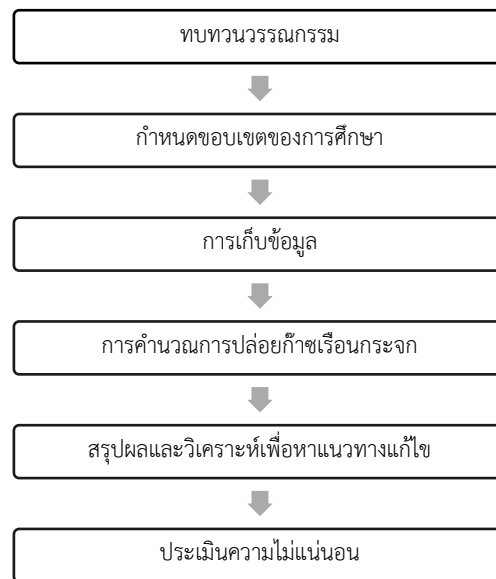
จากที่กล่าวมาทำให้เห็นถึงปัญหาและความสำคัญของการลดการปล่อยคาร์บอน สถานประกอบการ SMEs ในอุตสาหกรรมแฟชั่นต้องประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อหาวิธีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสถานประกอบการ SME กลุ่มอุตสาหกรรมแฟชั่น ที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมกับกองพัฒนาอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 เพื่อนำมาวางแผนและกำหนดแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยก้าวสู่สังคมคาร์บอนต่ำ และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ภายในปี พ.ศ. 2573 นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มโอกาสการแข่งขันทางการค้าในตลาดต่างประเทศได้มากขึ้น เนื่องจากหลายประเทศ โดยเฉพาะในยุโรปได้กำหนดมาตรการกีดกันทางการค้าที่เข้มงวดต่อสินค้าและบริการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของ SME กลุ่มอุตสาหกรรมแฟชั่น
- 2.2 เพื่อเสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น แสดงรายละเอียดในภาพที่ 1 งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามระเบียบวิธีคู่มือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พบทวนวรรณกรรม

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) คือสารประกอบในรูปของก๊าซที่พบในบรรยากาศ ทั้งจากแหล่งธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ โดยมีคุณสมบัติในการดูดซับและปล่อยรังสีอินฟราเรด ซึ่งแผ่ออกมาจากพื้นผิวโลก ชั้นบรรยากาศ และก้อนเมฆ ก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) คือการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ดำเนินการโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เพื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมขององค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้พลังงานไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง โดยแสดงผลเป็นปริมาณตันหรือกิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{CO}_2\text{-eq}$) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2561) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสามารถช่วยให้องค์กรเข้าใจถึงความรับผิดชอบ และหาวิธีลดในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Awanthi and Navaratne, 2018)

จากการพบทวนวรรณกรรมที่ประยุกต์วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ส่วนใหญ่มีการแบ่งขอบเขตในการประเมินออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงานโดยตรงขององค์กร (Direct emission) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร เช่น การเผาไหม้อยู่กับที่ การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ และการรั่วไหลของสาร เป็นต้น ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emission) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางอ้อมอื่น ๆ (Indirect emission) ได้แก่ ขยะมูลฝอยทั่วไป ปริมาณการใช้กระดาษ การใช้น้ำประปา การขนส่งวัตถุดิบ การกระจายสินค้า การเดินทางไป-กลับของพนักงานจากที่พักมายังองค์กร การติดต่อธุรกิจขององค์กร การปฏิบัติงานนอกสถานที่ และวัสดุบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น (Janangkakan et al., 2011; ฐิติกร หมายมั่น และคณะ, 2561; การุณย์ ชัยวนิชย์, 2563; นวพร เหลืองยวง และ สุพรรณนิภา วัฒนะ, 2565) อย่างไรก็ตาม ISO 14064 ระบุไว้ว่าขอบเขตที่ 3 องค์กรอาจประเมินหรือไม่ก็ได้ (ไพรัช อุสุภรัตน์ และ หาญพล พิงศ์ศรี, 2557)

3.2 กำหนดขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมภายในองค์กร ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงานโดยตรงขององค์กร (Direct emission) ได้แก่ การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ และการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับรถยนต์เพื่อการขนส่งสินค้า

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emission) ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตสินค้า รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Indirect emission) นอกเหนือจากประเภทที่ 1 และ 2 ได้แก่ การฝังกลบขยะมูลฝอย การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว การใช้ถุงพลาสติกใส (PP) และการใช้ขวดพลาสติกใส (PET)

3.3 การเก็บข้อมูล

ประชากรในงานวิจัยนี้คือ สถานประกอบการ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น ที่ผ่านการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ กับกองพัฒนาอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 เพื่อส่งเสริมและพัฒนาองค์ความรู้ในธุรกิจแฟชั่น โดยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างข้างต้นมาจำนวน 25 กิจการ ประกอบด้วยกลุ่มธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับ จำนวน 8 กิจการ และกลุ่มธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย จำนวน 17 กิจการ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีศักยภาพในการดำเนินธุรกิจ โดยพิจารณาจากอัตราการเพิ่มการผลิต ยอดขาย และกำไร ในภาพรวมสามารถเป็นตัวแทนของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่นได้ จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในสถานประกอบการของกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2566 - กันยายน 2567 งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Questionnaires) ประกอบด้วยรายการกิจกรรมต่าง ๆ ทั้ง 3 ขอบเขต ดังแสดงในตารางที่ 1 ในกรณีที่ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือไม่ได้ตอบคำถาม ผู้วิจัยได้มีการติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความถูกต้อง

ตารางที่ 1 รายการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมขององค์กรและแหล่งเก็บข้อมูล

ขอบเขต	รายการกิจกรรม	หน่วยวัด	แหล่งเก็บข้อมูล
1	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง		
	1. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่		
	การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	กิโลกรัม (kg)	การประมาณค่า
	2. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่		
	การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ (รถยนต์)	ลิตร (L)	การประมาณค่า
	การใช้น้ำมันดีเซล (รถยนต์)	ลิตร (L)	การประมาณค่า
2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน		
	การใช้พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)	ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า
3	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ		
	การฝังกลบขยะมูลฝอย	กิโลกรัม (kg)	การประมาณค่า
	การใช้น้ำประปา	ลูกบาศก์เมตร (m ³)	ใบแจ้งหนี้ค่าประปา
	การใช้กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว	กิโลกรัม (kg)	การประมาณค่า
	การใช้ถุงพลาสติกใส (PP)	กิโลกรัม (kg)	การประมาณค่า
	การใช้ขวดพลาสติกใส (PET)	กิโลกรัม (kg)	การประมาณค่า

3.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณจากการใช้ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) และแสดงผลให้อยู่ในหน่วยตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq) ดังสมการที่ 1

$$GHG_i = A_i \times EF_i \quad (1)$$

โดยที่ GHG คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂-eq)

A_i คือ ข้อมูลกิจกรรมขององค์กรที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย (unit) โดยขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเทศ อาจมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่า ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการตรวจวัดจริงหรือการทดลอง เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ เป็นต้น

3.5 สรุปผลและวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไข

รวบรวมข้อมูลจากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขตที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการ ในรูปคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ พร้อมทั้งกำหนดแนวทางในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับสถานประกอบการ

3.6 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน

เป็นขั้นตอนสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่รวบรวมได้โดยองค์กร รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความไม่แน่นอนควรนำสู่กระบวนการทบทวนขององค์กรผู้รับผิดชอบในการประเมิน (ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 ระดับคะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

รายการ	ระดับคุณภาพของข้อมูล			
	X = 6 คะแนน	Y = 3 คะแนน		Z = 1 คะแนน
ลักษณะการเก็บข้อมูล	เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง	เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ		เก็บข้อมูลจากการประมาณค่า
ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย	C = 4 คะแนน	D = 3 คะแนน	E = 2 คะแนน	F = 1 คะแนน
ก๊าซเรือนกระจก (EF)	EF จากการวัดที่มีคุณภาพ	EF จากผู้ผลิต	EF ระดับประเทศ	EF ระดับสากล

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2561)

ตารางที่ 3 กำหนดระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความไม่แน่นอน

ระดับ	ระดับคะแนนโดยรวมของข้อมูล	คำอธิบาย
1	1-6	คุณภาพของข้อมูลไม่ดี มีความไม่แน่นอนสูง
2	7-12	คุณภาพของข้อมูลปานกลาง มีความไม่แน่นอนเล็กน้อย
3	13-18	คุณภาพของข้อมูลดี มีความไม่แน่นอนต่ำ
4	19-24	คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม มีความไม่แน่นอนต่ำ

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2561)

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มตัวอย่าง SME ในอุตสาหกรรมแฟชั่น รวมทั้ง 3 ขอบเขต เท่ากับ 262.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{tCO}_2\text{-eq}$) (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4) จากการคำนวณค่าเฉลี่ยจะพบว่าหนึ่งกิจการสามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 10.52 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจทั้งสองนั้น พบว่าธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 99.93 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ในขณะที่ธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 162.99 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ (รายละเอียดแสดงในภาพที่ 2) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 63.11 จากการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการผลิตและตัดเย็บเสื้อผ้าแต่ละชิ้นต้องผ่านหลายขั้นตอน ตั้งแต่การกระบวนการขนส่งนำเข้าวัตถุดิบ เส้นใย การใช้น้ำประปาจำนวนมากในกระบวนการฟอกย้อม การตัดเย็บที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายต้องผ่านกระบวนการขนส่งหลายครั้ง ตั้งแต่โรงงานผลิตไปยังร้านค้าปลีก จึงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการผลิตเครื่องประดับงานวิจัยนี้พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (ขอบเขตที่ 2) ก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง โดยมีปริมาณสูงถึง 134.33 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.09 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้งหมด รองลงมาคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (ขอบเขตที่ 1) เท่ากับ 99.20 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ คิดเป็นร้อยละ 37.73 และถัดมาคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ขอบเขตที่ 3) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 29.39 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ คิดเป็นร้อยละ 11.18 ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ พบว่าอุตสาหกรรมแฟชั่นมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ต่ำกว่า เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มเท่ากับ 221,380 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ (นวพร เหลืองยวง และ สุพรรณิกา วัฒนะ, 2565) อุตสาหกรรมโรงหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,195.70 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ (รัชชานนท์ สุขสวัสดิ์ และ นที สุริยานนท์, 2565) และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 210.3 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ (พุทท กิติวิริยกุล, 2561)

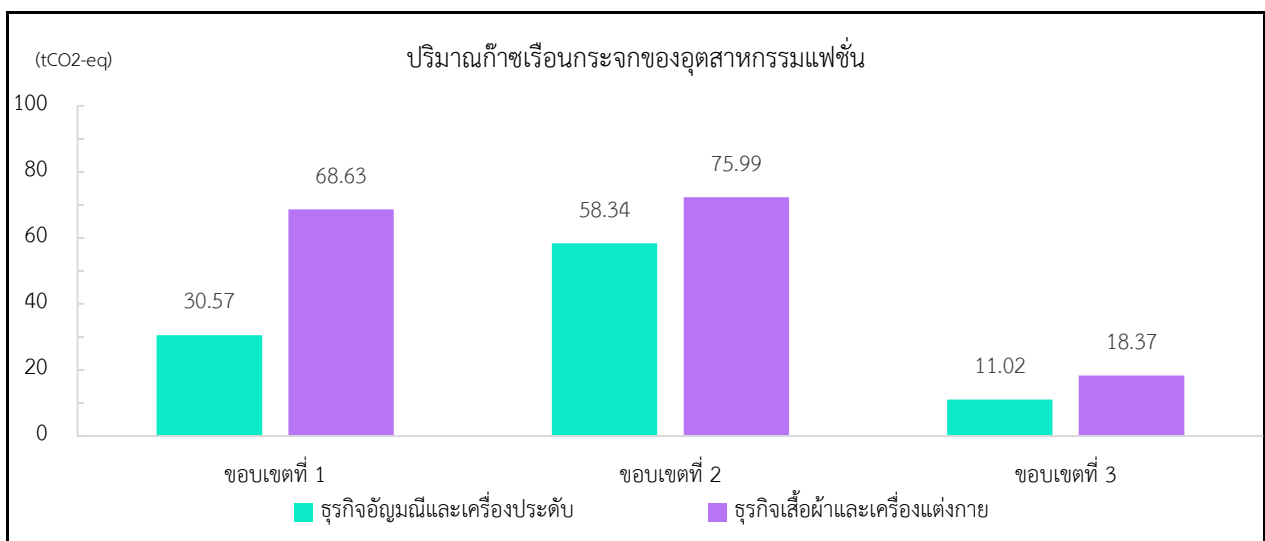
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น

รายการกิจกรรม	ปริมาณที่ใช้	Emission Factor	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($\text{tCO}_2\text{-eq}$)
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง			
1. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่			
- การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	1,535 กิโลกรัม	3.1133 ⁽¹⁾	4.78
2. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่			
- การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (รถยนต์)	33,120 ลิตร	2.2376 ⁽¹⁾	74.11
- การใช้น้ำมันดีเซล (รถยนต์)	7,400 ลิตร	2.7446 ⁽¹⁾	20.31

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น (ต่อ)

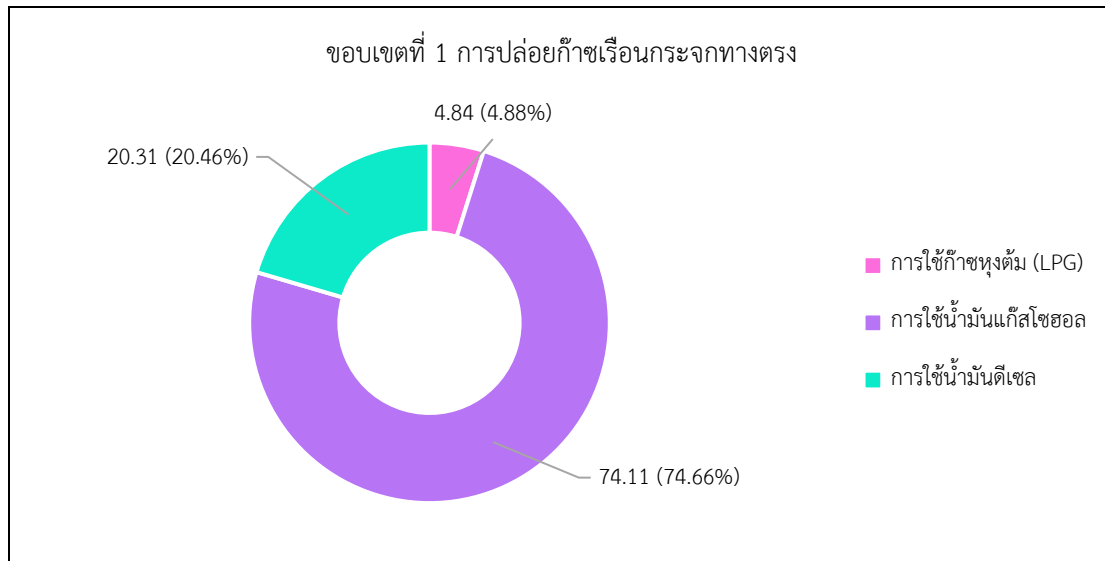
รายการกิจกรรม	ปริมาณที่ใช้	Emission Factor	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ -eq)
รวมขอบเขตที่ 1			99.20
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน			
การใช้พลังงานไฟฟ้า	224,408 กิโลวัตต์ชั่วโมง	0.5986 ⁽²⁾	134.33
รวมขอบเขตที่ 2			134.33
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ			
การฝังกลบขยะมูลฝอย	2,150 กิโลกรัม	0.7948 ⁽²⁾	1.71
การใช้น้ำประปา	28,700 ลูกบาศก์เมตร	0.7948 ⁽²⁾	22.81
การใช้กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว	215 กิโลกรัม	2.1020 ⁽¹⁾	0.45
การใช้ถุงพลาสติกใส (PP)	75 กิโลกรัม	2.3990 ⁽¹⁾	0.18
การใช้ขวดพลาสติกใส (PET)	1,125 กิโลกรัม	3.7700 ⁽³⁾	4.24
รวมขอบเขตที่ 3			29.39
รวมขอบเขตที่ 1 2 และ 3			262.92

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors) อ้างอิงจาก ⁽¹⁾IPCC (2006); ⁽²⁾Thai National LCI Database (2019); ⁽³⁾ETH-ESU 96 (PET ETH S) ในฐานข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)



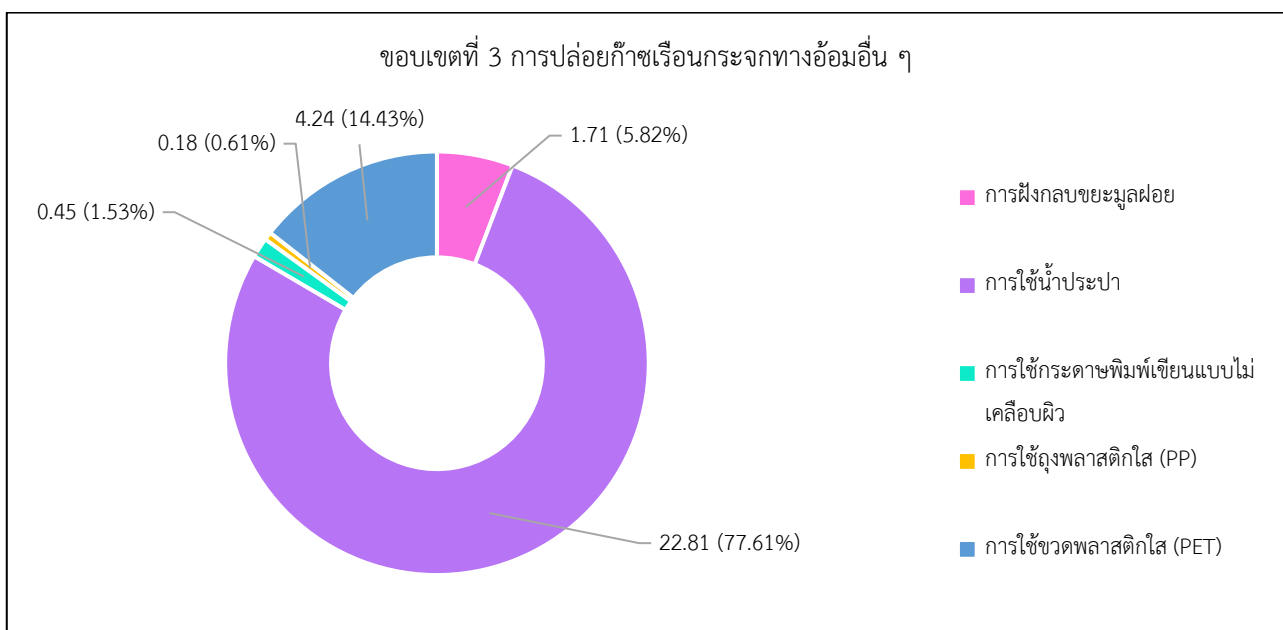
ภาพที่ 2 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO₂-eq/ปี) ที่เกิดขึ้นในธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับ และธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย

ผลการประเมินขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง พบว่ากลุ่มตัวอย่างปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 99.20 tCO₂-eq จากกิจกรรมทั้งหมด โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ การใช้น้ำมันแก๊สโซลีน เท่ากับ 74.11 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 74.66 ของกิจกรรมในขอบเขตที่ 1 เนื่องจากแต่ละสถานประกอบการมีการใช้พาหนะหลายคัน รวมถึงปัจจัยด้านระยะทางและความถี่ในการจัดส่งสินค้า รองลงมาคือ การใช้น้ำมันดีเซลเท่ากับ 20.31 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 20.46 และ การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เท่ากับ 4.78 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 4.88 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (ขอบเขตที่ 1) ของ SME อุตสาหกรรมแพรรัน

สำหรับขอบเขตที่ 2 มีเพียงกิจกรรมเดียวคือการใช้พลังงานไฟฟ้า ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 134.33 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 100 ของกิจกรรมในขอบเขตที่ 2 ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้า ขาดการซ่อมบำรุงรักษาอย่างเป็นประจำ และขาดมาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสถานประกอบการ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในส่วนการอภิปรายผล ส่วนขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ พบว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 29.39 tCO₂-eq จากกิจกรรมทั้งหมด ซึ่งการใช้น้ำประปาเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เท่ากับ 22.81 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 77.61 ของกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 รองลงมาคือการใช้ขวดพลาสติกใส ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4.24 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 14.43 การฝังกลบขยะมูลฝอยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.71 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 5.82 การใช้กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.45 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 1.53 และการใช้ถุงพลาสติกใส (PP) ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเท่ากับ 0.18 tCO₂-eq คิดเป็นร้อยละ 0.61 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ขอบเขตที่ 3) ของ SME อุตสาหกรรมแพรรัน

ในส่วนของการประเมินและจัดการความไม่แน่นอน การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการประเมินและจัดการความไม่แน่นอนโดยพิจารณาจากเกณฑ์ประเมินจากตารางที่ 2 และ 3 เพื่อประเมินระดับคุณภาพ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5 ซึ่งผลการประเมินระดับคุณภาพข้อมูลโดยรวมอยู่ในระดับ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีความไม่แน่นอนสูงและคุณภาพข้อมูลต่ำ ยกเว้นกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้น้ำประปาที่ได้คะแนนระดับ 2 หมายถึงข้อมูลมีความไม่แน่นอนเล็กน้อยและคุณภาพข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง สาเหตุหลักที่ทำให้ข้อมูลอยู่ในระดับ 1 เนื่องจากปัจจุบันสถานประกอบการยังไม่มีการตรวจวัดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากกระบวนการผลิต และขาดข้อมูลจากผู้ผลิตวัตถุดิบ ทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปัจจุบันยังไม่สมบูรณ์ หากในอนาคตสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงหรือข้อมูลจากผู้ผลิตมาใช้ทดแทนค่าประมาณการเดิมได้ จะส่งผลให้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาจากระดับคุณภาพข้อมูลปัจจุบันที่อยู่ในระดับ 2 และ 3 นั้น ข้อมูลระดับ 3 ถือเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพสูงสุด ดังนั้นเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยในอนาคต ควรพิจารณาใช้เครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงการพัฒนาฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานในประเทศ

ตารางที่ 5 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

ขอบเขต	รายการกิจกรรม	คะแนนการเก็บข้อมูล	คะแนนค่า EF	คะแนนการประเมิน	ระดับคุณภาพ
1	การใช้ก๊าซ LPG	1	3	3	1
	การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์	1	3	3	1
	การใช้น้ำมันดีเซล	1	3	3	1
2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	3	3	9	2
3	การฝังกลบขยะมูลฝอย	1	3	3	1
	การใช้น้ำประปา	3	3	9	2
	การใช้กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว	1	3	3	1
	การใช้ถุงพลาสติกใส (PP)	1	3	3	1
	การใช้ขวดพลาสติกใส (PET)	1	3	3	1

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมแฟชั่น

จากผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกลุ่มตัวอย่าง SME อุตสาหกรรมแฟชั่น ทั้ง 3 ขอบเขต ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดและกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้น ซึ่งคำนวณได้เท่ากับ 250.82 tCO₂-eq กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด มาจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 2 คือการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 89.33 ของกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขต สอดคล้องกับการศึกษาของ นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ (2559) รายงานว่าธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูงซึ่งมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการวิเคราะห์พบว่าสถานประกอบการส่วนใหญ่มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรที่ล้าสมัย ขาดการซ่อมบำรุงรักษา และไม่มีการนำเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้ โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย มีเครื่องจักรหลายประเภทที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง เช่น จักรเย็บผ้า เครื่องซักผ้า เครื่องตัดผ้า เครื่องรีดผ้า และเครื่องพิมพ์ผ้าทอ (Al Mamun et al., 2024) ส่วนธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับมีเครื่องจักรบางประเภทที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง เช่น เครื่องชุบผิวเครื่องประดับด้วยไฟฟ้า และเครื่องหล่อโลหะซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส Usapein and Tongcumpou (2016) ได้รายงานว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่งผลให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากเป็นอันดับสองในกระบวนการผลิต

เครื่องประดับ และในกระบวนการผลิตแหวนเงินหนึ่งชิ้น สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง $1.03 \text{ kgCO}_2\text{-eq}$ นอกจากนี้ พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า เช่น การเปิดไฟทิ้งไว้ การปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเย็นเกินไป และการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ของพนักงานภายในช่วงที่มีความต้องการพลังงานสูง ยังส่งผลให้ค่าไฟฟ้าสูงขึ้นตามอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (Time-of-Use: TOU) ได้อีกด้วย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงเป็นอันดับที่สอง คือกิจกรรมในขอบเขตที่ 1 การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล เท่ากับ $74.11 \text{ tCO}_2\text{-eq}$ คิดเป็นร้อยละ 49.41 ของกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขต เนื่องจากสถานประกอบการมีการใช้พาหนะหลายคันสำหรับการขนส่งสินค้า รวมถึงปัจจัยด้านระยะทางในการขนส่ง ซึ่งภาคขนส่งของทุกอุตสาหกรรมในไทยก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง $80 \text{ MtCO}_2\text{-eq}$ หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 32 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั่วโลก (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2566) และอันดับที่ 3 คือกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 การใช้น้ำประปาเท่ากับ $22.81 \text{ tCO}_2\text{-eq}$ คิดเป็นร้อยละ 15.21 ของกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขต ส่วนใหญ่มาจากธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย จากการกระบวนการฟอกย้อม การซักผ้า ซึ่งใช้ปริมาณน้ำประปาเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับมีการใช้น้ำประปาในกระบวนการล้างปูนพลาสติกหลังจากกระบวนการหล่อ และการชุบเคลือบประดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมแฟชั่นทั่วโลกพบว่า อุตสาหกรรมแฟชั่นในสหรัฐอเมริกาสร้างก๊าซเรือนกระจกมากถึง $132 \text{ MtCO}_2\text{-eq}$ อุตสาหกรรมแฟชั่นในประเทศอังกฤษก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $14 \text{ MtCO}_2\text{-eq}$ และประเทศจีนก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $94 \text{ MtCO}_2\text{-eq}$ (Li et al., 2024) ซึ่งถือว่ามียุทธศาสตร์ที่ต่ำกว่าอุตสาหกรรมแฟชั่นในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวิจัยนี้คัดเลือกประชากรมาเพียง 25 กิจการ และเลือกกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาเพียงบางรายการเท่านั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะยาว

2. แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ SME อุตสาหกรรมแฟชั่น

ในปัจจุบันการแก้ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมแฟชั่นทั่วโลกมีการรณรงค์ให้ผู้บริโภคหันมาใช้เสื้อผ้าที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุรีไซเคิล เช่น เช่น เส้นใยพอลิแลคติก แอซิด (polylactic acid; PLA) ซึ่งเป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่ชีววัตถุจากข้าวโพด จึงสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Chen et al., 2016) รวมถึงการเลือกใช้เส้นใยธรรมชาติ เช่น ป่าน ปอ กล้วย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการส่งเสริมให้หันมาใช้บริการที่เน้นความยั่งยืนเพื่อลดการบริโภคเสื้อผ้าด่วน (Fast Fashion) เช่น การเช่าเสื้อผ้า การซ่อมแซมเสื้อผ้า หรือการซื้อขายเสื้อผ้ามือสอง ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของเสื้อผ้าและลดปริมาณขยะเสื้อผ้าได้อย่างยั่งยืน (Armstrong et al., 2015; Joanes et al., 2020) ในช่วงหลังการเกิดโรคระบาดโควิด-19 พบว่าการตลาดเสื้อผ้ามือสองมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องและได้รับความนิยมมากในผู้บริโภคกลุ่ม Gen Z และ Millennials ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคหลักของสินค้าที่ตอบโจทย์ความยั่งยืน (Manley et al., 2023)

ในงานวิจัยนี้พบว่าในอุตสาหกรรมแฟชั่นของไทยมีแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามากเป็นอันดับหนึ่ง โดยเฉพาะการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับฤดูกาลในประเทศไทย โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยสูงถึง 42.6 องศาเซลเซียส (กองพัฒนาอุดมศึกษา, 2565) สำหรับแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ควรมีการดำเนินการที่เหมาะสมเกี่ยวกับการใช้เครื่องปรับอากาศในสถานประกอบการ อาทิ ควรปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้อยู่ระหว่าง $26-27$ องศาเซลเซียส การทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง การเลือกสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศที่ใช้น้ำยาทำความเย็นชนิดใหม่ (R32) แทนชนิดเก่า (R22) และการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 และกำหนดช่วงเวลาเปิด-ปิด เช่น ควรเปิดเฉพาะในช่วง $10:00-15:00$ น. (ไพฑูริย์ ศรีชาติ และคณะ, 2563) การใช้เครื่องปรับอากาศระบบ Inverter สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 28 (ชาติริ บ้านเกาะ และคณะ, 2548) นอกจากนี้การบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า ช่วยลดการเกิดปัญหาหรือการชำรุด ซึ่งอาจส่งผลให้ต้องหยุดการผลิตและเสียเวลาและลดประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้ อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (สุวิทย์ ภูลี และ ปารเมศ ชูติมา, 2555) หรืออาจติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเข้ากับเครื่องจักร เช่น เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้า (ฉัตรชัย โกสุม และคณะ, 2565) นอกจากนี้ในส่วนของการพนักงานควรมีการตั้งค่า standby mode ของเครื่องคอมพิวเตอร์กรณีที่ไมใช้งาน รวมถึงปลุกจิตสำนึกในการลดใช้พลังงานทุกประเภทในสถานประกอบการ ใน

กรณีของธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับ ซึ่งมีอัตราการใช้พลังงานจากหลอดไฟ ค่อนข้างมาก การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟชนิดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED) แทนการใช้หลอดไฟหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 10-12 วัตต์ (Usapein and Tongcumpou 2016) หากมองในระยะยาว ผู้ประกอบการควรพิจารณาการเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ หรือการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกหนึ่งแนวทางสำคัญคือการนำหลัก 3Rs ได้แก่ การลดการก่อขยะ การนำกลับมาใช้ใหม่ในสภาพเดิม และการนำกลับมาใช้ใหม่โดยการแปรสภาพ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตและภายในองค์กร จะช่วยลดปัญหาขยะที่เกิดขึ้นในองค์กรได้ (พิริยธรรม วรรณพุกษ์, 2555) ในส่วนของการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบวนการโลจิสติกส์เป็นอีกแนวทางสำคัญที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมแฟชั่นได้ เช่น การเปลี่ยนมาใช้ยานพาหนะที่ใช้พลังงานทดแทน เช่น รถไฟฟ้า (EV) หรือรถไฮบริด ที่มีการปล่อยมลพิษต่ำกว่ายานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การปรับปรุงระบบจัดการโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การวางแผนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม เพื่อลดระยะทางการขนส่งและลดการใช้เชื้อเพลิง การรวมการขนส่งหลายจุดหมายในครั้งเดียว หรือการใช้ซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง เพื่อให้สามารถลดเวลาการขนส่งและลดการใช้พลังงาน (Juan et al., 2016; Khurana, 2020; กุลภรณ์ บุญชู และคณะ, 2565) ซึ่งโลจิสติกส์สีเขียวสามารถช่วยลดต้นทุนค่าขนส่งได้ถึงร้อยละ 21 และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 16 tCO₂-eq ต่อคันต่อปี (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2566) สำหรับแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาในธุรกิจเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย อาจนำเทคโนโลยีพลาสมาที่สามารถตกแต่งสิ่งทอโดยไม่ใช้น้ำและสารเคมีเข้ามาช่วยได้ (อานนท์ เศรษฐกรเกียรติ, 2556) นอกจากนี้ ภาครัฐควรมีมาตรการด้านการจำกัดการใช้พลังงาน เช่น การกำหนดราคาคาร์บอน (carbon pricing) ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกและแก้ปัญหาโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหลักการคือ ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่ายราคาคาร์บอนโดยปรับราคาตลาดของสินค้าและบริการให้สะท้อนกับต้นทุนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้ผลิตหันไปใช้เทคโนโลยีสะอาดในการดำเนินธุรกิจมากขึ้น หรือมีมาตรการทางภาษี เช่น ภาษีคาร์บอนเครดิตที่ได้จะสามารถนำมาประเมินราคาและจำหน่ายให้กับองค์กรอื่น ๆ ที่ต้องการเพื่อชดเชยการปล่อยคาร์บอนได้

สุดท้ายนี้ ข้อมูลการประเมินที่ได้จากการวิจัยนี้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อจัดทำโครงการหรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพการจัดเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกในสถานประกอบการ เช่น การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดผล หรือการใช้ระบบฐานข้อมูลที่สามารถบันทึกข้อมูลพลังงานและปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเก็บข้อมูล ลดความไม่แน่นอน และปรับปรุงคุณภาพข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การจัดการด้านการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมแฟชั่นมีประสิทธิภาพมากขึ้นในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะยาว เพื่อติดตามผลการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใน SME อุตสาหกรรมแฟชั่นอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการวิเคราะห์การพัฒนาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี เช่น IoT หรือการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในการติดตามและควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ควรมีการศึกษาแนวโน้มด้านเศรษฐกิจ เช่น ราคาพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงของนโยบายสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมแฟชั่น
4. ควรมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product: CFP) ของอุตสาหกรรมแฟชั่น เพื่อให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประกอบการ SME กลุ่มอุตสาหกรรมแฟชั่นที่เข้าร่วมกิจกรรมกับทางกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สำหรับการสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- กุลภรณ์ บุญชู, ชนกกานต์ พิงชาติ, ฐปนก วงศ์ศิริ, ณัฐฐา นาคศิริ และ สรศักดิ์ ชูเลื่อน. (2565). การปรับปรุงเส้นทางการเดินทางเพื่อสนับสนุน แนวคิด Green Logistics: กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด. *วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 1(1), 22-40.
- การุณย์ ชัยวนิชย์. (2563). การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษา เทศบาลตำบลภาชี. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, 19(1), 65-75.
- จิตลดา หมาขันธ์, อติกร เสรีพัฒน์, บัณฑิต รัตนไตร และสมบัติ ทิฆัมภ์. (2560). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 57-66.
- ฉัตรชัย โกสุม, ปานฤทัย โกสุม, เกชา อยู่แก้ว, ประกิจ ธรรมนิทัศน์. (2565). เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี*, 6(1), 13-27.
- ชาตรี บ้านเกาะ, วีระพล โมณะกุล, ศิริชัย เทพา และ สุกิจ นิตินัย. (2548). การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี*, 28(1), 29-42.
- ชาธิกา ขาญนันทพิพัฒน์, สลิลธร ทองมีสุข, ขจรพงศ์ ประสาทรวี, พิชญ์พล จิรวงศาพันธุ์, กรวิช จิระเรืองรัตน์ และ เอกปวิณ อนุสนธิ์. (2566). เตรียมธุรกิจไทย...ให้พร้อมสู่ยุคคาร์บอนต่ำด้วยข้อมูลก๊าซเรือนกระจก และการสนับสนุนทางการเงิน. *TDR Annual Public Conference 2023*. สามย่านมิตรทาวน์ฮอลล์.
- จิตติกร หมาขันธ์, สมบัติ ทิฆัมภ์, อติกร เสรีพัฒน์ และ บัณฑิต รัตนไตร. (2561). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(2), 195-209.
- นพพร เหลืองยวง และ สุพรรณนิภา วัฒนะ. (2565). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 23*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นิตยา ศิริวัน และ ชลิตา สุวรรณ. (2559). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าจากผ้าบาติก. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 12(3), 83-95.
- ผไทมาศ เปื้องปรีชาศักดิ์, ฤทธิรงค์ จังโกฏ, พงษ์กษ ด้วงรัตน์ และ เทพภร คำสอง. (2562). การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 13(3), 34-43.
- พิริยุดม วรรณพงษ์. (2555). *การปรับปรุงนโยบายการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พุทธ กิตติวิทย์กุล. (2561). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของ บริษัท เอเชีย แปซิฟิค ปีโตรเคมีคอล จำกัด (ที่คลังสินค้า T86)* [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไพรัช อุสุภรัตน์ และ หาญพล พึ่งรัตน์. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 22(1), 1-12.
- รัชชานนท์ สุขสวัสดิ์ และ นที สุริยานนท์. (2566). คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร: กรณีศึกษา โรงหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป บริษัท กาญจนกันกรหรือเพอร์ตี จำกัด. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28*, 1-9.
- สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (25 เมษายน 2562). *นโยบายที่มุ่งเน้นความยั่งยืนของธุรกิจแฟชั่น*.
<https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.1030.1.0.html>
- สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. (24 มีนาคม 2564). *อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับตั้งเป้าลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์*. <https://infocenter.git.or.th/th/article/article-20210324>

- สุเมธ อภิตติกุล. (2566). ชาร์จพลังประเทศไทย...ไปสู่เมืองน่าอยู่ ระบบขนส่งสาธารณะพร้อม การขนส่งคาร์บอนต่ำ. *TDRI Annual Public Conference 2023*. สามย่านมิตรทาวน์ฮอลล์.
- สุวิทย์ ภูลี และ ปารเมศ ชูติมา. (2555). การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต. *Journal of Energy Research*, 9(1), 30-46.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2567). สถานการณ์พลังงานปี 2566 และแนวโน้มปี 2567. <https://www.eppo.go.th/images/Energy-Statistics/energyinformation/Forecast/ShorttermForecast/EnergyForecast2023.pdf>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (พิมพ์ครั้งที่ 6). องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2562). มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม.
- อานนท์ เศรษฐกรเกียรติ. (2556). นวัตกรรมสิ่งทอสีเขียว. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. สำนักนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 2 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- Al Mamun, A., Uddin, M. A., Shohag, M. A. S., Bappy, M. M., and Talukder, A. (2024). Energy consumption modeling in industrial sewing operations: A case study on carbon footprint measurement in the apparel industry. *Manufacturing Letters*, 41, 1635-1644. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2024.09.190>
- Armstrong, C. M., Niinimäki, K., Kujala, S., Karell, E., and Lang, C. (2015). Sustainable product-service systems for clothing: exploring consumer perceptions of consumption alternatives in Finland. *Journal of Cleaner Production*, 97, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.046>
- Awanthi, M. G. G. and Navaratne, C. M. (2018). Carbon footprint of an organization: A tool for monitoring impacts on global warming. *Procedia Engineering*, 212, 729-735. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.094>.
- Bauck, W. (2017). *The fashion industry emits as much greenhouse gas as all of Russia*. <https://fashionista.com/2017/09/fashion-industry-greenhouse-gas-climate-change-sustainability>.
- Chen, Y., Geever, L. M., Killion, J. A., Lyons, J. G., Higginbotham, C. L., and Devine, D. M. (2016). Review of multifarious applications of poly (lactic acid). *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 55(10), 1057-1075. <https://doi.org/10.1080/03602559.2015.1132465>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy and Volume 5: Waste*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Janangkakan, B., Chavalparit, O., and Kanchanapiya, P. (2012). Carbon footprint of an academic organization: A case study of the department of environmental of environmental engineering, Chulalongkorn University. *Applied Environmental Research*, 34(1), 23-35.
- Joanes, T., Gwozdz, W., and Klöckner, C. A. (2020). Reducing personal clothing consumption: A cross-cultural validation of the comprehensive action determination model. *Journal of Environmental Psychology*, 71, 101396. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101396>
- Juan, A. A., Mendez, C. A., Faulin, J., De Armas, J., and Grasman, S. E. (2016). Electric vehicles in logistics and transportation: A survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges. *Energies*, 9(2), 86. <https://doi.org/10.3390/en9020086>
- Khurana, K. (2020). *Sustainable approaches in fashion logistics: A step forward to sustainability*. Routledge.

- Li, Z., Zhou, Y., Zhao, M., Guan, D., and Yang, Z. (2024). The carbon footprint of fast fashion consumption and mitigation strategies-a case study of jeans. *Science of the Total Environment*, 924, 171508. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171508>
- Manley, A., Seock, Y. K., and Shin, J. (2023). Exploring the perceptions and motivations of Gen Z and Millennials toward sustainable clothing. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 51(4), 313-327.
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., and Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
- Peters, G., Li, M., and Lenzen, M. (2021). The need to decelerate fast fashion in a hot climate-A global sustainability perspective on the garment industry. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126390.
- Pleerux, N. and Aimkuy, N. (2021). Carbon footprint of mangosteen farm level evaluation in eastern Thailand. *Current Applied Science and Technology*, 21(3), 419-430.
- Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N. and Rockström, J. (2019). Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nature Sustainability*, 2(9), 805-814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Singh, J. and Bansal, S. (2024). The impact of the fashion industry on the climate and ecology. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 210-215.
- Song, J. S. and Lee, K. M. (2010). Development of a low-carbon product design system based on embedded GHG emissions. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(9), 547-556.
- Usapein, P. and Tongcumpou, C. (2016). Greenhouse gas emission in jewelry industry: A case study of silver flat ring. *Applied Environmental Research*, 38(1), 11-17.
- Wren, B. (2022). Sustainable supply chain management in the fast fashion Industry: A comparative study of current efforts and best practices to address the climate crisis. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100032.