

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์

ASSESSMENT OF ORGANIZATIONAL CARBON FOOTPRINT AND TRANSITION RISKS TOWARD CARBON NEUTRALITY: A CASE STUDY OF A COMPRESSOR MANUFACTURING PLANT

อริศโนชา เพ็ญหนู¹ เสรีย์ ตู๊ประกาย^{1*} กฤษดา พิศลยบุตร¹ อนูวัต เจริญสุข² นันทน์ภัสร์ อินยิ้ม¹ และวัฒนา จันทะโคตร¹

Aritsanocha Pennoo¹, Seree Tuprakay^{1*}, Krissada Phisonyabut¹, Anuwat Charoensuk², Nannapasorn Inyim¹ and Wattana Chanthakhot¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

¹ Safety, Occupation Health and Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

² สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

² Logistics and Supply Chain Management Program, Faculty of Business Administration, Huachiew Chalermprakiew University

* Corresponding author e-mail: seree.t@ru.ac.th

Received: February 28, 2026 Revised: April 5, 2026 Accepted: April 9, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (CFO) และวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน (Transition Risks) สู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์กรณีศึกษา โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพผ่านเครื่องมือ McKinsey 7S, PESTEL และการประเมินความเสี่ยงตามกรอบ TCFD ผลการศึกษาพบว่า องค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 32,268 tCO₂e/ year โดยสัดส่วนการปล่อยสูงสุดมาจากขอบเขตที่ 3 (การปล่อยทางอ้อมอื่น ๆ) คิดเป็นร้อยละ 59.46 ซึ่งมีสาเหตุหลักจากคาร์บอนแฝงในวัตถุดิบเหล็กและทองแดง รองลงมาคือขอบเขตที่ 2 (การใช้ไฟฟ้า) ร้อยละ 23.68 และขอบเขตที่ 1 (การปล่อยทางตรง) ร้อยละ 16.85 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน พบประเด็นความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านขององค์กร จำนวน 12 รายการ โดยเฉพาะความเสี่ยงด้านนโยบายและกฎหมายจากมาตรการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (CBAM) ภาษีคาร์บอน และความเสี่ยงทางเทคโนโลยีจากการใช้สารทำความเย็น R-22 งานวิจัยจึงเสนอแนวทางการบริหารจัดการผ่านนโยบายจัดซื้อสีเขียว (Green Procurement) การลงทุนเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูง และการบูรณาการตัวชี้วัดก๊าซเรือนกระจก (GHG KPI) เข้ากับกลยุทธ์ธุรกิจ เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันและขับเคลื่อนองค์กรสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร, ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน, TCFD, ความเป็นกลางทางคาร์บอน, อุตสาหกรรมคอมเพรสเซอร์

Abstract

This research aims to assess the organizational carbon footprint (CFO) and analyze transition risks toward carbon neutrality in a case study of a compressor manufacturing plant. The study applies both quantitative and qualitative research methods using the McKinsey 7S framework, PESTEL analysis, and risk assessment in accordance with the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) framework.

The results indicate that the organization's total greenhouse gas (GHG) emissions amount to 32,268 tCO₂e per year. The largest proportion of emissions originates from Scope 3 (other indirect emissions), accounting for 59.46%, primarily due to embedded carbon in raw materials such as steel and copper. This is followed by Scope 2 emissions (electricity consumption) at 23.68% and Scope 1 emissions (direct emissions) at 16.85%. The transition risk assessment identifies 11 high-risk issues, particularly policy and regulatory risks related to the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and carbon taxation, as well as technological risks associated with the use of R-22 refrigerant. The study proposes management approaches including the implementation of green procurement policies, investment in high-efficiency technologies, and the integration of greenhouse gas (GHG) performance indicators into corporate strategy. These measures are intended to enhance competitiveness and support the organization's transition toward a Carbon Neutrality.

Keywords: Organizational Carbon Footprint, Transition Risks, TCFD, Carbon Neutrality, Compressor Industry

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันได้ทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบอย่างเป็นรูปธรรมต่อระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมทั่วโลก โดยเฉพาะจากมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศที่มีความเข้มงวดมากขึ้น อาทิ มาตรการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดนของสหภาพยุโรป (Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) และนโยบาย European Green Deal ซึ่งมุ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดห่วงโซ่อุปทานและกำหนดต้นทุนคาร์บอนกับสินค้านำเข้า นอกจากนี้ แนวโน้มการกำกับดูแลด้านสภาพภูมิอากาศในระดับสากล เช่น กรอบการเปิดเผยข้อมูลทางการเงินที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ (TCFD) และมาตรฐานการรายงานความยั่งยืน (ISSB) ได้ยิ่งเพิ่มแรงกดดันให้ภาคอุตสาหกรรมต้องเร่งปรับตัวเพื่อลดความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน (Transition Risks) ที่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขัน ต้นทุนการดำเนินงาน และมูลค่าทางธุรกิจในระยะยาว [1], [2]

สำหรับประเทศไทย ได้มีการกำหนดเป้าหมายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ชัดเจนภายใต้แผนการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC) ฉบับปรับปรุง โดยตั้งเป้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ภายในปี พ.ศ. 2573 รวมถึงเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี พ.ศ. 2593 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ภายในปี พ.ศ. 2608 ซึ่งสะท้อนถึงทิศทางเชิงนโยบายที่มุ่งสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำอย่างเป็นรูปธรรม [3] อย่างไรก็ตาม การดำเนินมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมยังเผชิญข้อจำกัดด้านต้นทุน เทคโนโลยี และความพร้อมขององค์กร ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน ทั้งในมิติของกฎระเบียบ เทคโนโลยี ตลาด และพฤติกรรมผู้บริโภค [4]

ในบริบทของอุตสาหกรรมการผลิตคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบอุตสาหกรรมและพลังงาน เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ พบว่าคอมเพรสเซอร์เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนสูงของโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งยังมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเลือกใช้สารทำความเย็น (Refrigerants) ซึ่งกำลัง

อยู่ในช่วงการเปลี่ยนผ่านจากสารที่มีค่าศักยภาพการก่อภาวะโลกร้อนสูง (High GWP) ไปสู่สารทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามข้อตกลง Kigali Amendment ภายใต้พิธีสารมอนทรีออล ส่งผลให้ผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์ต้องปรับตัวทั้งในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีการผลิต และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมและความต้องการของตลาดโลก [5], [6]

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะสามารถระบุแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นระบบ แต่ยังคงขาดการบูรณาการข้อมูลดังกล่าวเข้ากับการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านในระดับองค์กร ดังนั้น การศึกษาเพื่อเชื่อมโยงผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์กับการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงกลยุทธ์จึงมีความจำเป็น เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหารและการวางแผนการลงทุนในเทคโนโลยีที่เหมาะสม

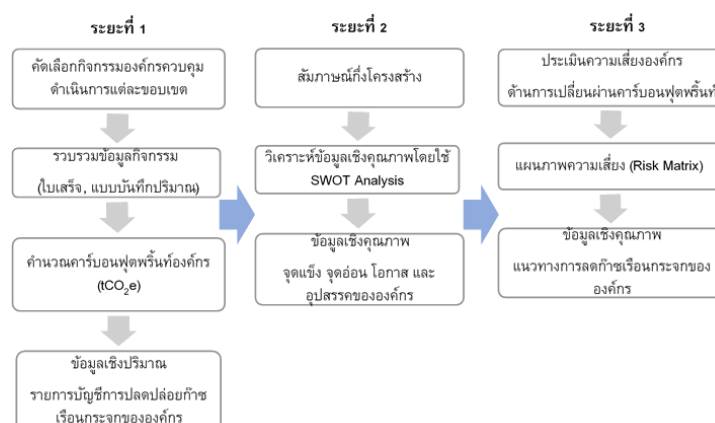
งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรควบคู่กับการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนในกรณีศึกษาโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (CFO) วิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน และเสนอแนวทางเชิงกลยุทธ์สำหรับการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านในมิติต่าง ๆ ผลการศึกษานี้คาดว่าจะประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมในการปรับตัวสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ และสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ได้แก่ SDG 13 (Climate Action), SDG 12 (Responsible Consumption and Production) และ SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure) อย่างเป็นรูปธรรม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (CFO) ของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์กรณีศึกษา
2. เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน และเสนอแนวทางเชิงกลยุทธ์สำหรับการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. เครื่องมือและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยบูรณาการการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยกำหนดกระบวนการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ระยะที่ 1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากปี พ.ศ. 2567 ซึ่งรวบรวมจากแหล่งข้อมูลภายในองค์กร ได้แก่ ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า บันทึกการใช้เชื้อเพลิง (เช่น น้ำมันดีเซล และก๊าซ LPG) รายงานการใช้พลังงาน ข้อมูลการผลิต และรายงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน โดยครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตาม แนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2565 [7] การศึกษานี้ จำแนกแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขต 1 ซึ่งเป็นการปล่อยโดยตรงจากกิจกรรมของ องค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรและการรั่วไหลของสารทำความเย็น ขอบเขต 2 ซึ่งเป็นการปล่อยทางอ้อม จากการใช้พลังงานไฟฟ้า และขอบเขต 3 ซึ่งเป็นการปล่อยทางอ้อมอื่น ๆ 15 หมวด โดยพิจารณาถึงความสำคัญของขอบเขตนี้ ตามเกณฑ์พิจารณาจากระดับขนาด ความสามารถในการตรวจติดตาม และความเสี่ยงตาม ข้อกำหนดในการคำนวณและ รายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. 2564 พบว่าแหล่งปล่อยที่นับในการประเมิน ได้แก่ หมวด 1 สินค้าและบริการที่ องค์กรจัดซื้อ หมวด 5 การกำจัดของเสียที่เกิดกิจกรรมขององค์กร และหมวด 7 การเดินทางของพนักงานด้วยรถโดยสาร ประเภทรถบัส ที่องค์กรดำเนินการรับผิดชอบค่าเชื้อเพลิงเอง

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้สมการ $CFO = \sum (A_i \times EFi)$ โดยที่ A_i คือข้อมูลกิจกรรม เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (liter/kg) และปริมาณของเสีย (kg) และ EF_i คือค่าสัมประสิทธิ์การ ปล่อย (Emission Factor: EF) ที่ใช้ในการศึกษานี้อ้างอิงจากฐานข้อมูลของ Intergovernmental Panel on Climate Change และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เช่น ค่า EF ของไฟฟ้า ($kgCO_2e/kWh$) ค่า EF ของน้ำมันดีเซล ($kgCO_2e/liter$) ค่า EF ของ LPG ($kgCO_2e/kg$) และค่า Global Warming Potential (GWP) ของสารทำความเย็น ทั้งนี้ การคำนวณได้แยก ตามแต่ละขอบเขตอย่างชัดเจนเพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ (Traceability) [8]

3.2 ระยะที่ 2 การวิเคราะห์บริบทองค์กร

การวิเคราะห์บริบทองค์กรของกลุ่มตัวอย่างโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ โดยคัดเลือกโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ด้วยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญกรมการบริษัท จำนวน 1 คน และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) โดยออกแบบคำถาม เพื่อให้ครอบคลุมข้อมูลด้านนโยบาย การดำเนินงาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีการบันทึกเสียงและถอดความข้อมูลเพื่อนำมา วิเคราะห์

การวิเคราะห์ปัจจัยภายในองค์กรใช้กรอบแนวคิด McKinsey 7S ของ McKinsey & Company ได้แก่ กลยุทธ์ของ องค์กร โครงสร้างองค์กร ระบบการดำเนินงาน บุคลากร ทักษะความสามารถ รูปแบบการบริหารจัดการ และค่านิยมร่วม ขององค์กร [9] ปัจจัยภายนอก ใช้การวิเคราะห์ PESTEL ซึ่งครอบคลุมปัจจัยด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และกฎหมาย [10] เพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากทั้งปัจจัยภายในและภายนอก มาคัดกรองและจัดลำดับ ความสำคัญของปัจจัย นำผลลัพธ์ไปใช้ในประเมินความเสี่ยงและโอกาสที่บริษัทต้องเผชิญในปัจจุบันและที่คาดว่าจะต้อง เผชิญในอนาคต

3.3 ระยะที่ 3 การประเมินความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน

การประเมินความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่การลดก๊าซเรือนกระจกใช้กรอบของ Task Force on Climate-related Financial Disclosures ซึ่งแบ่งความเสี่ยงออกเป็น 4 มิติ ได้แก่ นโยบาย (Policy) เทคโนโลยี (Technology) ตลาด (Market) และชื่อเสียง (Reputation) [11] เนื่องจากเป็นกรอบที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการประเมินความ เสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศในภาคธุรกิจ [12]

การประเมินความเสี่ยงใช้วิธี Risk Matrix โดยอ้างอิงแนวทางจาก COSO-ERM 2017 และ ISO 31000:2018 [13] ซึ่งกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็น 2 มิติ ได้แก่ โอกาสเกิด (Likelihood) และผลกระทบ (Impact) โดยใช้ระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 และคำนวณระดับความเสี่ยงจากผลคูณของทั้งสองปัจจัย จากนั้นจัดระดับความเสี่ยงลงในแผนภาพความเสี่ยง ใช้

แบบประเมินความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญภายนอกจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ Net Zero องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก สังกัดกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, กองขับเคลื่อนการลดก๊าซเรือนกระจก ส่วนติดตามและประเมินผลการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และกลุ่มวิจัยด้านการลดก๊าซเรือนกระจก สังกัดกรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม กำหนดขึ้นเพื่อคัดเลือกความเสี่ยงตั้งแต่ระดับสูงไปจนถึงระดับสูงมาก เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดมาตรการ มุ่งเน้นความเสี่ยงในระดับสูงมาก และระดับสูง โดยแสดงผลในช่วงสีส้มและสีแดง ที่จะต้องมีแผนการควบคุมและจัดการความเสี่ยงขององค์กร

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละขอบเขตของกิจกรรม เทียบสัดส่วนจากแหล่งกำเนิดในรูปแบบหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรขอบเขตที่ 1 (จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และการรั่วไหล)

ประเภท	แหล่งปล่อย	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/year)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ร้อยละ)	ค่า EF (Emission Factor)	แหล่งอ้างอิง
การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อยู่กับที่	น้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	Lite	470.00	1.27	0.02	2.71	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	LPG ประกอบอาหารของร้านค้า	Lite	6,619.05	11.13	0.20	1.68	
	LPG (Boiler การเชื่อมและเตาอบชิ้นงาน)	Lite	1,154,347.48	1,940.72	35.69	1.68	
การเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่	การใช้ LPG รถโฟล์คลิฟท์ (ถึง 15 ลิตร)	Lite	977,247.86	1,691.27	31.10	1.73	
	น้ำมันเชื้อเพลิง ดีเซล (รถขนส่งสินค้า)	Lite	22,846.15	62.61	1.15	2.74	
	น้ำมันเบนซิน 95 (การเดินทางภายใน)	Lite	9,561.39	21.41	0.39	2.24	
การรั่วไหลและอื่น ๆ	R-22 (HCFC-22)	kg	24.00	42.24	0.78	1,760.00	IPCC 2013, AR5
	R-32	kg	1,005.91	681.00	12.52	677.00	
	R-125	kg	287.50	911.38	16.76	3,170.00	
	R-134a	kg	57.20	74.36	1.37	1,300.00	

ผลรวม	2,172,466.54	5,437.39	100
--------------	---------------------	-----------------	------------

จากตารางที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่ ครอบคลุมกิจกรรมการบำรุงรักษา การผลิต และการประกอบอาหารในโรงอาหาร และการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) มีการเดินเครื่องตามแผนเดือนละ 2 ครั้ง ขณะที่ระบบสำรองน้ำดับเพลิง (Fire pump) ไม่พบการเติมเชื้อเพลิงในรอบปีศึกษา สำหรับกิจกรรมการประกอบอาหารในร้านค้า มีการใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยอ้างอิงจากมิเตอร์หลักที่จ่ายเข้าสู่ร้านค้า ในส่วนของกระบวนการผลิต พบว่าการผลิตไอน้ำจากหม้อต้ม (Boiler) ซึ่งใช้ในกระบวนการเชื่อมและเตาอบชิ้นงาน เป็นแหล่งใช้พลังงานหลัก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งเคลื่อนที่ ครอบคลุมการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะและอุปกรณ์ขนส่งภายในองค์กร รถยก จำนวน 7 คัน ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ขนาดถัง 15 ลิตร โดยอ้างอิงจากข้อมูลการสั่งซื้อ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลขององค์กร ใช้น้ำมันเบนซิน 95 โดยคำนวณจากระยะทางรวม 141,154.80 กิโลเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยรถบรรทุกสำหรับขนส่งสินค้า จำนวน 4 คัน มีการเดินทางเฉลี่ย 5 กิโลเมตรต่อเดือน คิดเป็นระยะทางรวม 146,124 กิโลเมตร คูณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุกเฉลี่ย

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งรั่วไหลและกิจกรรมอื่น ๆ ประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้สารทำความเย็น ระบบบำบัดน้ำเสียขององค์กรเป็นระบบ Activated Sludge ซึ่งมีการเติมอากาศและควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลให้ไม่เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน ในส่วนของระบบปรับอากาศ ไม่พบการเติมสารทำความเย็นในรอบปี เนื่องจากองค์กรใช้ระบบหล่อเย็นแบบน้ำหมุนเวียน (Cooling Tower) เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม พบการใช้สารทำความเย็นเฉพาะในกิจกรรมทดสอบคอมเพรสเซอร์ โดยอ้างอิงจากบันทึกปริมาณการใช้สารทำความเย็นของหน่วยงานควบคุมคุณภาพ

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในองค์กรขอบเขตที่ 2

ประเภท	แหล่งปล่อย	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/year)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ร้อยละ)	ค่า EF (Emission Factor)	แหล่งอ้างอิง
การใช้ไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	Kwh	303,446.90	151.69	1.99	0.49	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5 (with TGO electricity 2016-2018)
	การใช้ไฟฟ้าในระบบระบบน้ำเย็น	Kwh	917,172.00	458.49	6.00		
	การใช้ไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศ	Kwh	3,064,762.00	1,532.07	20.05		
	การใช้ไฟฟ้าในระบบอัดอากาศ	Kwh	3,704,760.00	1,852.01	24.24		
	การใช้ไฟฟ้าในระบบการผลิต	Kwh	7,296,557.58	3,647.55	47.73		
ผลรวม			15,286,698.48	7,641.81	100		

จากตารางที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้า โดยใบเสร็จค่าไฟ 12 เดือน ไฟฟ้าทั้งหมดจะถูกจ่ายไปใช้ระบบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ ระบบเครื่องจักรการผลิต ระบบอัดอากาศ ระบบเครื่องปรับอากาศ ระบบระบบน้ำเย็น และระบบแสงสว่าง

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ขอบเขตที่ 3 (ทางอ้อมอื่นๆ)

ประเภท	แหล่งปล่อย	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/year)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ร้อยละ)	ค่า EF (Emission Factor)	แหล่งอ้างอิง
หมวดที่ 1 จากการซื้อวัตถุดิบและบริการ	น้ำประปา	m ³	62,333.00	16.05	0.08	0.54	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
	เหล็กเหนียว	kg	1,900,484.75	3,344.85	17.43	1.76	CFP TGO. อ้างอิง
	เหล็กซิลิกอน	kg	123,871.06	812.56	4.23	6.56	JEMAI Pro using Thai Electricity Grid
	เหล็กหล่อ	kg	4,929,003.00	8,074.69	42.08	1.64	TGO (Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a)

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ขอบเขตที่ 3 (ทางอ้อมอื่นๆ) ต่อ

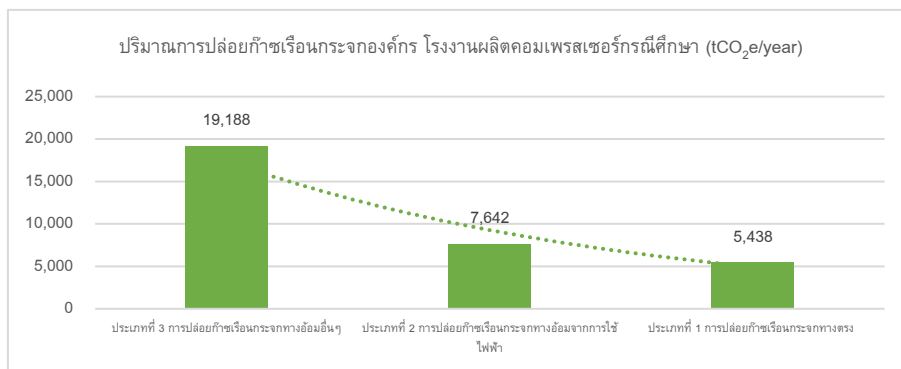
ประเภท	แหล่งปล่อย	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/year)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ร้อยละ)	ค่า EF (Emission Factor)	แหล่งอ้างอิง
หมวดที่ 1	ท่อทองเหลือง	kg	2,818,849.00	4,594.16	23.94	1.63	
จากการซื้อวัตถุดิบ	น้ำมันคอม	Lite	446,714.95	98.28	0.51	0.22	TGO, Suttakhunsantikan et al., 2024
และ	แผ่นฟิล์มฉนวน	kg	13,699.27	25.77	0.13	1.88	Thai National LCI Database, TIIS-
บริการ (ต่อ)	การใช้ CO ₂	kg	31,433.00	33.02	0.17	1.05	MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
	สี	kg	37,504.00	24.94	0.13	0.67	TGO (CFP FY23 072 0458)
	ทินเนอร์	kg	16,604.00	35.24	0.18	2.12	TGO (CFP EF Data v.2.01 ของประเทศไทย)
	Coolant	Lite	40,200.00	33.44	0.17	0.83	TGO (Ecoinvent 2.2, IPCC 2007
	ก๊าซไนโตรเจน	kg	3,396,120.00	1,687.87	8.80	0.49	GWP 100a)
หมวดที่ 5	การกำจัดมูลฝอยทั่วไปจากการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น	kg	21,560.00	12.31	0.06	0.57	T-VER-TOOL-02-02 Version1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน
กิจกรรมขององค์กร	การกำจัดขยะอันตรายด้วยการเผาไหม้	kg	556,747.30	285.77	0.04	0.01	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO

ประเภท	แหล่งปล่อย	หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e/year)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ร้อยละ)	ค่า EF (Emission Factor)	แหล่งอ้างอิง
							electricity 2016-2018) (CFP)
หมวดที่ 7 จาก	น้ำมันเชื้อเพลิง (รถตู้โดยสาร)	Lite	95,608.27	262.03	1.37	2.74	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
การเดินทาง	น้ำมันเชื้อเพลิง (รถบัส)	Lite		124.10	0.65	2.74	
ของพนักงาน			45,281.26				
ผลรวม			15,286,698.48	7,641.81	100		

จากตารางที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม หมวดที่ 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ คำนวณจากบันทึกปริมาณการสั่งซื้อและการใช้จากหน่วยงานวางแผนการผลิตรวม หมวดที่ 5 การกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินงานกิจกรรมขององค์กร ด้วยบันทึกปริมาณน้ำหนัการเกิดของเสีย ถูกนำมาคำนวณ 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ การกำจัดมูลฝอยทั่วไปจากการฝังกลบด้วยการส่งผ่านองค์การบริหารส่วนตำบล ปริมาณ 21,560 กิโลกรัม/ปี และการกำจัดขยะอันตราย ได้แก่ วัสดุปนเปื้อน ภาชนะปนเปื้อน สารเคมี ด้วยการส่งกำจัดบริษัทภายนอกด้วยวิธีการเผาไหม้

ส่วนประเภทอื่น ๆ ไม่ถูกนำมาคิด ได้แก่ การกำจัดขยะอินทรีย์จำพวกเศษอาหาร โรงงานจัดส่งให้ชุมชนนำไปเป็นอาหารปลา ไม่มีการนำไปฝังกลบหรือนำมาทำปุ๋ย และการกำจัดของเสียประเภทรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ พลาสติก อะลูมิเนียม เหล็ก และโลหะผสม ส่งจำหน่าย เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์หรือเป็นวัตถุดิบใหม่ และหมวดที่ 7 การเดินทางของพนักงานด้วยรถโดยสารประเภทรถบัส และรถตู้ที่โรงงานจ้างเหมา แต่ดำเนินการรับผิดชอบค่าเชื้อเพลิง ด้วยการคำนวณระยะทางตามสายรถจากหน่วยงานบุคคลและกิจการทั่วไป หารกับอัตราค่าโดยสารเชื้อเพลิงของรถรับส่ง แบ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทรถตู้โดยสาร และน้ำมันเชื้อเพลิงรถบัสโดยสาร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจากกิจกรรมการใช้ทรัพยากรตามโครงสร้างการดำเนินการ พบว่าองค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 32,268 tCO₂e/ year โดยสัดส่วนการปล่อยสูงสุดคือขอบเขตที่ 3 (การปล่อยทางอ้อมอื่น ๆ) ปริมาณ 19,188 tCO₂e/ year คิดเป็นร้อยละ 59.46 ได้แก่ เหล็กและท่อทองเหลือง รองลงมาคือขอบเขตที่ 2 (การปล่อยทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้า) ปริมาณ 7,642 tCO₂e/year คิดเป็นร้อยละ 23.68 และขอบเขตที่ 1 (การปล่อยทางตรง) ปริมาณ 5,438 tCO₂e/year คิดเป็นร้อยละ 16.85 ตามลำดับ ดังรูปที่ 2

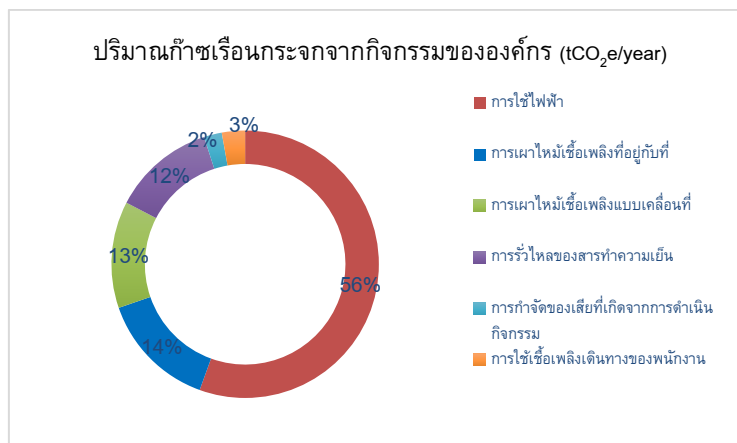


รูปที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์กรณีศึกษา (tCO₂e/year)

สำหรับแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาจากกิจกรรมทางอ้อมในห่วงโซ่อุปทาน การจัดหาวัตถุดิบโลหะที่ใช้ในกระบวนการผลิตหลักของคอมเพรสเซอร์ ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามมาตรฐานการประเมินก๊าซเรือนกระจกขององค์กร องค์กรต้องแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่อยู่รวมในขอบเขตกิจกรรมการรายงานทั้ง 3 ประเภท แม้ประเภทที่ 3 ทางอบก.อนุโลมให้รายงานตามความสมัครใจขององค์กร เพราะขอบเขตนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานจากผู้ผลิตตามวัฏจักร และอาจจะรายงานซ้ำกับทางโรงงานต้นน้ำที่มีการรายงานปริมาณไปแล้วตามที่เข้าข่าย ทั้งนี้ขึ้นกับอิทธิพลของประเภทที่ 3 ที่มีนัยสำคัญต่อองค์กร [7]

สอดคล้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 จากกิจกรรมการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วสีชาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม [14] การปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3 จากการได้มาซึ่งวัสดุสำหรับงานหล่อคอนกรีตและงานติดตั้งเหล็กเสริมโรงหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป [15] บริบทของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ยังไม่พบการประเมินก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ส่วนมาก CFP พบว่าอุตสาหกรรมโลหะและเหล็กซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบ [16] และการได้มาซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ในการผลิตคอมเพรสเซอร์ ประเภทที่ 3 [17] เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 มีสัดส่วนสูงกว่า จากขอบเขตกิจกรรมขององค์กรใช้เชื้อเพลิง และไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน ที่ส่งผลต่อปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง มากกว่าประเภทที่ 3 ต่างจากโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์มีความเฉพาะทางเทคนิคสูง กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเน้นไปการผลิต ประกอบชิ้นงาน การใช้วัตถุดิบจากลูกค้าในห่วงโซ่อุปทาน และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นหลัก [18], [19] จึงแตกต่างจากอุตสาหกรรมที่เน้นประเมินขอบเขตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอาคารสำนักงานเป็นหลัก

เมื่อเทียบกับการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการขนส่ง ตามขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร โดยแยกขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จากการซื้อวัตถุดิบและบริการออก เทียบเฉพาะกิจกรรมที่องค์กรควบคุมดำเนินการ พบว่ามีการปล่อยพบว่ามีปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรทั้งหมด 13,763.41 kgCO₂e/year โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.53 ของปริมาณทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ คิดเป็นร้อยละ 14.19 และการใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้แบบเคลื่อนที่จากการขนส่งภายในองค์กร ร้อยละ 12.89 ตามลำดับ



รูปที่ 3 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการควบคุมดำเนินการขององค์กร

4.2 วิเคราะห์ SWOT โดยบูรณาการ McKinsey 7-S (บริบทภายใน) และ PESTEL (บริบทภายนอก)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์บริบทขององค์กร

ปัจจัยภายใน / ภายนอก	ปัจจัยบวก	ปัจจัยลบ
ปัจจัยภายใน	Strengths (จุดแข็ง) - องค์กรกำหนดกลยุทธ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมชัดเจน - ได้รับรองระบบ ISO 9001, 14001, 45001 - มีหน่วยงานดูแลด้านสิ่งแวดล้อม - บุคลากรมีประสบการณ์และผู้บริหารสนับสนุน	Weaknesses (จุดอ่อน) - ไม่มี KPI ลดก๊าซเรือนกระจก และผู้รับผิดชอบคาร์บอนโดยตรง - การเก็บข้อมูล GHG ไม่ต่อเนื่อง - เครื่องจักรเก่า ใช้พลังงานสูง และยังใช้ R22 - ขาดความรู้ด้านคาร์บอนองค์กร
ปัจจัยภายนอก	Opportunities (โอกาส) - มีกลไกรับรองคาร์บอน เพิ่มโอกาสทางการตลาด - ลงทุนพลังงานสะอาดช่วยลดต้นทุนระยะยาว - ผู้บริโภคใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น - เทคโนโลยีใหม่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอน	Threats (อุปสรรค) - มาตรการภาษีคาร์บอน เช่น European Union CBAM - ราคาพลังงานและวัตถุดิบผันผวน - เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงมีต้นทุนสูง - ภัยธรรมชาติส่งผลต่อการผลิต

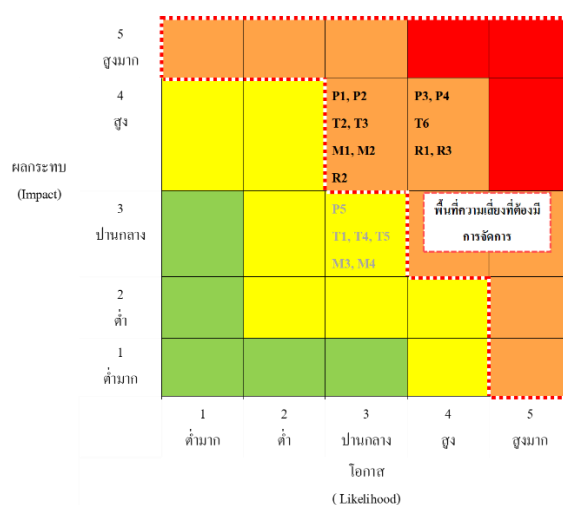
ตารางที่ 4 จากการวิเคราะห์บริบทองค์กรโดยบูรณาการกรอบ McKinsey 7S และ PESTEL พบว่า องค์กรมีความพร้อมในเชิงโครงสร้างและนโยบาย โดยมีการกำหนดกลยุทธ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน รวมถึงได้รับการรับรองมาตรฐานระบบบริหาร เช่น ISO 9001, ISO 14001 และ ISO 45001 อีกทั้งยังมีหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะ และได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง อย่างไรก็ตาม องค์กรยังมีข้อจำกัดสำคัญในด้านการบริหารจัดการคาร์บอน เช่น การไม่มีตัวชี้วัดผลการดำเนินงาน (KPI) ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก การขาดบุคลากรที่รับผิดชอบด้านคาร์บอนโดยตรง และการจัดเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน นอกจากนี้ การใช้เครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานยาวนานและการใช้สารทำความเย็นประเภท R-22 ยังสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและประสิทธิภาพพลังงาน

ในด้านปัจจัยภายนอก พบว่า องค์กรมีโอกาสจากแนวโน้มความต้องการสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและกลไกการรับรองคาร์บอน ซึ่งสามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในตลาด อย่างไรก็ตาม องค์กรยังต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ เช่น มาตรการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดนของสหภาพยุโรป (CBAM) รวมถึงความผันผวนของราคาพลังงานและวัตถุดิบ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างต้นทุนและความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว

ซึ่งการวิเคราะห์ SWOT ตามบริบทของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ สามารถระบุความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน (Transition Risks) ตามกรอบ TCFD ได้ 4 ด้าน ได้แก่ นโยบายและกฎหมาย ตลาด เทคโนโลยี และชื่อเสียงองค์กร องค์กรยังมีข้อจำกัดด้านระบบการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก โครงสร้างศักยภาพบุคลากร และเครื่องจักรที่ล้าสมัย ขณะที่ปัจจัยภายนอก ได้แก่ กำแพงภาษี รางกฎหมายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการแข่งขันด้านการตลาดผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการปรับตัวขององค์กร ดังนั้น การวิเคราะห์ SWOT จึงเป็นเครื่องมือสำหรับการเชื่อมโยงบริบทขององค์กรสู่การระบุความเสี่ยงเชิงกลยุทธ์ เป็นข้อมูลการประเมินโอกาสและผลกระทบสำหรับการประเมินด้านการเปลี่ยนผ่าน

4.3 การวิเคราะห์ประเมินความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

การประเมินความเสี่ยงและโอกาสทางธุรกิจของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ จากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและบริบทองค์กรโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอก พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคและผู้ประกอบการตามกระแสเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่าน (Transition Risks) ต่อองค์กรที่ต้องดำเนินการจัดการความเสี่ยงแผนภาพความเสี่ยง (Risk Matrix) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพความเสี่ยง (Risk Matrix) ด้านการเปลี่ยนผ่าน (Transition Risks) ของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์

จากรูปที่ 4 แผนภาพความเสี่ยง (Risk Matrix) พบว่า องค์กรมีความเสี่ยง 12 ประเด็น โดยความเสี่ยงระดับสูงมาก (ผลกระทบ 4 × โอกาสเกิด 4) ได้แก่ ด้านนโยบายและกฎหมาย เทคโนโลยี และชื่อเสียง ดังนี้

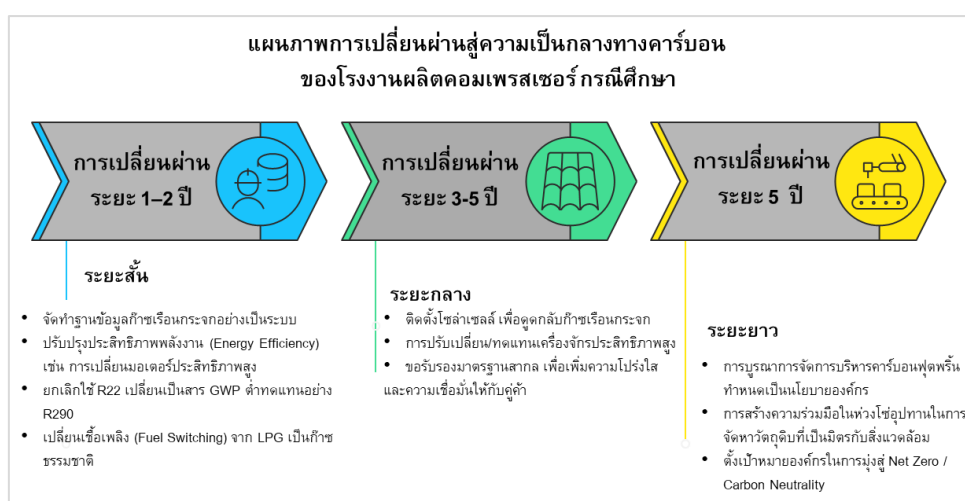
P3 ขาดข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์และตัวชี้วัดชัดเจน เสี่ยงต่อสภาพคล่องธุรกิจ ต้องเตรียมพร้อมรายงานข้อมูลตามกรอบความโปร่งใสขั้นสูง (ETF), P4 บุคลากรและทีมงานขาดความรู้เฉพาะทาง ต้องมีทีมรับผิดชอบตรงและพัฒนาศักยภาพ ลดความเสี่ยงจากแรงกดดันทางกฎหมาย (P2) และติดตามการเปลี่ยนแปลงจาก (P1), T6 การล่าช้าในการเปลี่ยนเทคโนโลยีรองรับมาตรฐานใหม่, R1 การขาดความโปร่งใสด้านข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ R3 ด้านวัฒนธรรมองค์กร

ความเสี่ยงระดับสูง (ผลกระทบ 4 × โอกาสเกิด 3) ครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านนโยบายและกฎหมาย P1 กำแพงภาษีคาร์บอน ส่งผลกับอุตสาหกรรมปล่อย GHG สูง อาจได้รับผลกระทบทางอ้อม, แรงกดดันด้านกฎหมาย หากเข้าข่ายอยู่ในกลุ่มที่จำเป็นต้องรายงานและได้รับผลทางอ้อมจากการใช้พลังงานสูง (2) ด้านเทคโนโลยี T2 การใช้สารทำความเย็น GWP สูง ต้องหาสารทดแทน, T3 การลงทุนเทคโนโลยีใหม่ขาดงบประมาณสนับสนุน อาจทำให้การลดก๊าซเรือนกระจกล่าช้า มีการแข่งขันสูง (3) ด้านการตลาด M1 อุปสงค์ผู้บริโภคลดลง ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับบรรทัดฐานและกระบวนการที่เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม ราคายังคงมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ M2 ความผันผวนราคาวัตถุดิบ เช่น เหล็ก ทองเหลือง น้ำมัน ส่งผลต่อโครงสร้างต้นทุนและความไม่แน่นอนของตลาด มีโอกาสเกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอกด้านเศรษฐกิจและตลาดโลก แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วส่งผลกระทบค่อนข้างสูง และถูกกีดกันทางการค้า ต้องติดตามตลาดและผลกระทบจาก P1 (4) ด้านชื่อเสียง R2 ปริมาณการปล่อย GHG สูงและการใช้สารอันตรายจากเครื่องจักรเก่า เมื่อมีการสื่อสารกับลูกค้า และซัพพลายเออร์นั้น ภาพลักษณ์อาจส่งผลกระทบต่อตัดสินใจร่วมลงทุนและความเชื่อถือ

ความเสี่ยงองค์กรด้านการเปลี่ยนผ่าน เกี่ยวข้องกับมาตรการด้านนโยบาย เช่น ภาษีคาร์บอน การปรับตัวด้านเทคโนโลยีและการจัดการข้อมูลคาร์บอน รวมถึงการลงทุนในเทคโนโลยีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างต้นทุนและรูปแบบการดำเนินธุรกิจในระยะยาว ขณะเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังเป็นการท้าทายสำคัญระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อทั้งระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคม โดยความถี่และความรุนแรงของเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในหลายภาคส่วน โดยเฉพาะกลุ่มเปราะบาง ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Risk Assessment: CRA) จึงมีบทบาทสำคัญในการระบุ วิเคราะห์ และจัดลำดับความเสี่ยง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการวางแผนการปรับตัวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแนวทางดังกล่าวเน้นการวิเคราะห์ “ห่วงโซ่ผลกระทบ” (impact chains) เชื่อมโยงระหว่างปัจจัยและผลกระทบในบริบทเฉพาะพื้นที่ ควบคู่กับการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้การบริหารจัดการความเสี่ยงมีความครอบคลุมและยั่งยืน [20], [21]

4.4 การบริหารจัดการขององค์กร เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน

องค์กรควรกำหนดมาตรการสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนเป็นระยะ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ของโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ กรณีศึกษา [22], [23], [24], [25]

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ ตอบโจทย์ลดความเสี่ยงสูง ขององค์กรได้ทั้ง 4 ด้าน ด้านนโยบายและกฎหมาย ด้านเทคโนโลยี ด้านการตลาด และด้านชื่อเสียง จากโครงสร้างการบริหารจัดการบุคลากรภายใน ผ่านการกำหนดวิธีการทำงานด้วยหลักการวิศวกรรม ทางปฏิบัติปัจจุบันกรอบการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ อย่างบริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)กำหนดตัวชี้วัดผลการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (KPI) และมีการรายงานการประเมินความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศผ่านเครื่องมือ TCFD รวมถึงการประยุกต์ใช้การกำหนดราคาคาร์บอนภายในองค์กร (Internal Carbon Pricing: ICP) ประเมินและจัดการต้นทุนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกวางแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและช่วยในการตัดสินใจ (ลงทุน จัดซื้อจัดจ้าง การวิจัยและพัฒนา และการดำเนินการ) เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการลดความเสี่ยงและสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น [26] ขณะเดียวกันบริษัท บี.กริม เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน)ได้รายงานการดำเนินงานด้านความยั่งยืนผ่านรายงาน Sustainability Report โดยมีการบูรณาการกรอบ TCFD ใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารต้นทุนและกำหนดทิศทางการลงทุนด้านเทคโนโลยีที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ [27] และบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) มีการรายงานการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผ่าน TCFD Report โดยระบุความเสี่ยงด้านนโยบาย เทคโนโลยี และกลไกด้านราคาคาร์บอนอย่างชัดเจน ด้วยการบูรณาการตัวชี้วัดด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้ากับตัวชี้วัดผลงานขององค์กร (Corporate KPI) ในสัดส่วนประมาณ 10–25% [28]

5. สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์และอภิปราย สามารถสรุปผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า โรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์กรณีศึกษามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวม 32,268 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยมีสัดส่วนการปล่อยสูงสุดในขอบเขตที่ 3 รองลงมาคือขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 1 ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักมาจากการจัดหาวัตถุดิบในห่วงโซ่อุปทานและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต

5.2 ผลการศึกษาวัตถุประสงค์ที่ 2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน พบว่า องค์กรมีความเสี่ยงสำคัญในด้านนโยบาย เทคโนโลยี ตลาด และชื่อเสียงองค์กร โดยเฉพาะการขาดระบบข้อมูลและตัวชี้วัดด้านก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อจำกัดด้านบุคลากรและเทคโนโลยี ดังนั้น องค์กรควรกำหนดแนวทางเชิงกลยุทธ์ที่เน้นการพัฒนากระบวนการจัดการคาร์บอน การกำหนดตัวชี้วัด (KPI) การพัฒนาศักยภาพบุคลากร และการลงทุนในเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว

6. ข้อจำกัดในการศึกษา

1. งานวิจัยนี้จำนวนผู้บริหารที่ให้สัมภาษณ์มีจำกัด การศึกษาจึงวิเคราะห์เอกสารองค์กรควบคู่เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์เชิงยุทธศาสตร์ให้มีความครบถ้วนยิ่งขึ้น
2. เนื่องจากการประเมินความเสี่ยงตามกรอบ Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) ยังมีข้อจำกัดของงานวิจัยรองรับ การศึกษาจึงประยุกต์หลักการดังกล่าวควบคู่กับการวิเคราะห์รายงานความยั่งยืนขององค์กรอื่นเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล

7. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งถัดไป

1. งานวิจัยนี้เน้นการประเมินในระดับองค์กร (CFO) แต่ความต้องการของตลาดโลกและมาตรการ CBAM เน้นการเรียกเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย การศึกษาครั้งถัดไปวิเคราะห์วงจรชีวิต (Life Cycle

Assessment: LCA ของคอมเพรสเซอร์ เพื่อระบุค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย (Carbon Intensity) ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนรับมือกับความเสี่ยงด้านจากกำแพงภาษีได้แม่นยำ

2. การศึกษาผลกระทบทางการเงินในระยะยาว ภายใต้การกำหนดราคาคาร์บอน (Carbon Pricing) จากวัตถุดิบและราคาพลังงาน เพื่อให้ผู้บริหารเห็นภาพความเสี่ยงเชิงปริมาณที่ชัดเจนขึ้น

3. เนื่องจากงานวิจัยพบความเสี่ยงสูงด้านต้นทุนพลังงานและการใช้ LPG ในปริมาณมาก ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนเปลี่ยนผ่านจากระบบเดิมไปสู่เทคโนโลยีใหม่

4. ในประเด็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก งานวิจัยนี้เสนอการใช้สารทำความเย็น R290 (Propane) มาใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพิจารณาข้อจำกัดและปัจจัยด้านความปลอดภัย เนื่องจาก R290 จัดอยู่ในกลุ่มสารทำความเย็นประเภท A3 ซึ่งมีคุณสมบัติไวไฟสูง (High Flammability)

การใช้งาน R290 จึงต้องมีการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยสากล เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการรั่วไหล การระบายอากาศที่เหมาะสม และการควบคุมแหล่งกำเนิดประกายไฟ นอกจากนี้ บุคลากรที่เกี่ยวข้องต้องได้รับการฝึกอบรมเฉพาะทางในการจัดการสารทำความเย็นไวไฟ รวมถึงการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมระบบอย่างถูกต้อง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] UNFCCC. (n.d.). Nationally Determined Contributions (NDCs). United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved February 18, 2026, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>
- [2] ชโลธร แก่นสันติสุขมงคล, อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์, และ สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน. (2554). การประเมินผลกระทบจากมาตรการการปรับคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน (Border Carbon Adjustment) และการเตรียมความพร้อมของไทยเพื่อรักษาขีดความสามารถการแข่งขันในการค้าระหว่างประเทศ (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม.
- [3] สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. (2565, 4 ตุลาคม). โลกร้อนกับเสถียรภาพระบบการเงิน: ความเสี่ยงที่หลีกเลี่ยงไม่ได้. PIER. Retrieved February 18, 2026, <https://www.pier.or.th/blog/2022/1001/>
- [4] Environmental Protection Agency. (2025). Climate Risks and Opportunities Defined. <https://www.epa.gov/climateleadership/climate-risks-and-opportunities-defined>
- [5] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2560, 6 ธันวาคม). Smart electronics: อุตสาหกรรมคอมเพรสเซอร์. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2568, จาก <https://www.econ.go.th/>
- [6] Land and Houses Bank. (2026, January). Economic and industry analysis 2026: CBAM impact analysis. https://www.lhbank.co.th/getattachment/d4490245-c969-4248-a024-83eef7d982dd/economic-analysis-Economic-and-Industry-Analysis-2026-CBAM-Impact-Analysis_Jan2026
- [7] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.
- [8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2563). แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) (พิมพ์ครั้งที่ 3). <https://ghgreduction.tgo.or.th>
- [9] B2U – Business-to-you. (2017, April 14). SWOT Analysis: Bringing internal and external factors together. Business-to-you. สืบค้นจาก <https://www.business-to-you.com/swot-analysis/>; Sumbane, G. O., Mothiba, T. M., Modula, M. J., Mutshatshi, T. E., & Manamela, L. E. (2023).

- [10] The McKinsey's 7-S model framework for assessment of challenges faced by teachers of children with autism spectrum disorders in the Limpopo province, South Africa. *South African Journal of Childhood Education*, 13(1), a1129. สืบค้นจาก <https://sajce.co.za/index.php/sajce/article/view/1129>
- [11] Environmental Protection Agency. (2025). Climate Risks and Opportunities Defined. สืบค้นจาก <https://www.epa.gov/climateleadership/climate-risks-and-opportunities-defined>
- [12] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). คู่มือการดำเนินงานสู่เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Journey Guideline version 2023). บริษัท เดอะครีนิก จำกัด.
- [13] สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ. (2565). คู่มือการบริหารความเสี่ยงของสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (ฉบับปรับปรุง ธันวาคม 2565). สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ.
- [14] นวพร เหลืองยวง และ สุพรรณนิกา วัฒนะ. (2565). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม ในการประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 23 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [15] นที สุริยานนท์, และ รัชชานนท์ สุขสวัสดิ์. (2566). คาร์บอนฟุตพริ้นต์องค์กร: กรณีศึกษาโรงหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป บริษัท กาญจน์กนกพร็อพเพอร์ตี้ จำกัด. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28.
- [16] Juntueng, S., Towprayoon, S., & Chiarakorn, S. (2014). Energy and carbon dioxide intensity of Thailand's steel industry and greenhouse gas emission projection toward the year 2050. *Resources, Conservation & Recycling*, 87, 46–56.
- [17] อลงกต สุดคุณสันติการ, เสรีย์ ตูประกาย, ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช, มงคล รัชชะ, โกวิท สุวรรณหงษ์, และ สิริวัลภ์ เรืองช่วย ตูประกาย. (2567). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขบวนการผลิตคอมเพรสเซอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม และสุขภาพชุมชน*, 9(1), 1-9.
- [18] Rewlay-ngoen, C., & Papong, S. (2020). Environmental impact assessment of a rotary compressor in Thailand based on life cycle assessment methodology. *SN Applied Sciences*, 2, 1–12. สืบค้นจาก <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03278-w>
- [19] McNelly, M., & Choi, J.-K. (2024). Pathway to decarbonization through industrial energy efficiency: Micro and macro perspectives from compressed air usage. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 11, 1575–1591. <https://doi.org/10.1007/s40684-024-00638-4>
- [20] Zebisch, M., et al. (2023). *Climate Risk Sourcebook*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. สืบค้นจาก https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2023/10/giz_2023_Climate_Risk_Sourcebook.pdf
- [21] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). คู่มือการดำเนินงานสู่เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Journey Guideline version 2023). บริษัท เดอะครีนิก จำกัด.
- [22] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). แผนระยะยาวการพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศไทย (LT-LEDS ฉบับปรับปรุง). สืบค้นจาก https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Thailand%20LT-LEDS%20%28Revised%20Version%29_08Nov2022.pdf
- [23] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). คู่มือการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับประชาชน. สืบค้นจาก <https://hub.mnre.go.th/th/knowledge/detail/65512>
- [24] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2561). *แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561–2580 (Energy Efficiency Plan: EEP 2018–2037)*. สืบค้นจาก <https://www.eppo.go.th/images/policy/PDF/EEP2018.pdf>

<http://jeet.siamtechu.net>

- [25] Patel, H., & Prajapati, B. (2021). Performance investigation of R290 as a substitute to R22 refrigeration system. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 10(9). สืบค้นจาก <https://www.ijert.org/research/performance-investigation-of-r290-as-a-substitute-to-r22-refrigeration-system-IJERTV10IS090016.pdf>
- [26] บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน). (2568). รายงานความยั่งยืนประจำปี 2567/68 (Sustainability Report 2024/25). สืบค้นจาก <https://www.btsgroup.co.th/th/sustainability/sustainability-report>
- [27] บริษัท บี.กริม เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน). (2567). รายงานความยั่งยืนประจำปี 2566 (Sustainability Report 2023) และแนวทางการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามกรอบ TCFD. สืบค้นจาก <https://www.bgrimpower.com/th/sustainability/sustainability-report>
- [28] บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน). (2024). รายงานการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามกรอบ TCFD (PTTEP TCFD Report 2023). สืบค้นจาก <https://www.pttep.com/th/Sustainability/Climatechangemanagement.aspx>