

Received: 20/02/68 Revised: 30/04/68 Accepted: 02/05/68

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี Evaluation of Carbon Footprint of Vaccine Manufacturing Plant in Saraburi Province

รุ่งนภา จิรวัดน์สมพร และ บุษราคัม ฐิตานูวัฒน์ ^{*อ}

^{*}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

^อผู้รับผิดชอบหลัก (E-mail: b.thitanuwat@fph.tu.ac.th)

Rungnapa Jirawatsomporn ^{*} and Bussarakam Thitanuwat ^{*อ}

^{*}Faculty of Public Health, Thammasat University, Thailand

^อCorresponding author (E-mail: b.thitanuwat@fph.tu.ac.th)

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตวัคซีน มีกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีความต้องการใช้ทั้งพลังงานและทรัพยากรสิ้นเปลือง ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHGs) และเพื่อเสนอแนะมาตรการในการลดการปล่อย GHGs ให้กับโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี โดยประยุกต์ใช้หลักการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเป็นเครื่องมือในการศึกษา ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณการปล่อย GHGs ของโรงงานผลิตวัคซีนมีค่าเท่ากับ 6,974,252.99 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (kgCO₂e/y) การปล่อย GHGs ทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อย GHGs สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 67.43 รองลงมาเป็นการปล่อย GHGs ทางอ้อมอื่น ๆ และการปล่อย GHGs ทางตรง คิดเป็นร้อยละ 23.08 และ 9.49 ตามลำดับ กิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อย GHGs สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ การใช้และการได้มาซึ่งไฟฟ้า การใช้และการได้มาซึ่ง LPG การใช้ไผ่ฟัก การใช้สารทำความเย็น และการกำจัดของเสียทั่วไป (ปริมาณการปล่อย GHGs เท่ากับ 5,631,207.39, 576,488.71, 244,821.55, 224,268.00 และ 154,771.24 kgCO₂e/y ตามลำดับ) ขณะที่ปริมาณการดูดกลับ GHGs จากการปลูกไม้ยืนต้น มีค่าเท่ากับ 21,907 kgCO₂e/y ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจึงมีค่าเท่ากับ 6,952,345.99 kgCO₂e/y แนวทางในการลดการปล่อย GHGs สำหรับโรงงานฯ สามารถลดได้เพิ่มเติมจากกิจกรรมการคัดแยกของเสียรีไซเคิลและของเสียอินทรีย์ ทดแทนการกำจัดโดยวิธีฝังกลบ โดยจะสามารถลดการปล่อย GHGs ได้เท่ากับ 23,215 และ 30,954 kgCO₂e/y ตามลำดับ

คำสำคัญ: โรงงานผลิตวัคซีน; การปล่อยก๊าซเรือนกระจก; คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

Abstract

Vaccine Industry demands energy and resources which related to GHGs emission. This study aims to 1). quantify the amounts of GHGs emission and sequestration and 2). to propose the measure for reducing GHGs emission using Vaccine manufacturing plant in Saraburi province as a case study. Carbon Footprint of Organization (CFO) approach was applied as a tool. Results of GHGs emission showed the factory emitted GHGs with a total of 6,974,252.99 kgCO₂e/y. Indirect GHGs emissions from electricity consumption contributed the highest GHGs emission, accounting for 67.43%.

While another 23.08% and 9.49% of GHGs emission were responsible by other indirect and direct, respectively. Top five activities contributing to GHGs emissions were electricity consumption and procurement, LPG for machinery consumption and procurement, embryonated egg use, refrigerant use, and general waste disposal, with a total of 5,631,207.39, 576,488.71, 244,821.55, 224,268.00, and 154,771.24 kgCO₂e/y, respectively. Currently, the amount of GHGs sequestration from trees was found to be about 21,907 kgCO₂e/y. Therefore, the CFO was 6,952,345.99 kgCO₂e/y. Additionally, replacing final disposal from landfilling with recycling and organic waste utilization could potentially reduced the current GHGs emission around 23,215 and 30,954 kgCO₂e/y, respectively.

Keywords: Vaccine manufacturing plant; GHGs emissions; Carbon Footprint of Organization

บทนำ

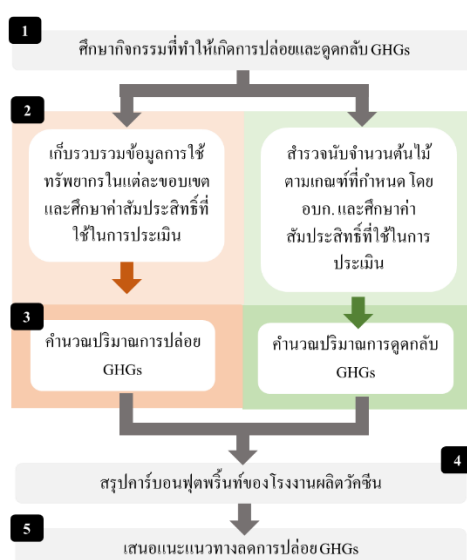
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นับเป็นวิกฤตการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกให้ความสนใจ สาเหตุหลักจากปัญหาดังกล่าว เป็นผลมาจากการเพิ่มสูงขึ้นของก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งไม่เพียงส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลก แต่ยังเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดภัยแล้ง น้ำทะเลในมหาสมุทรมีอุณหภูมิเพิ่มสูง และมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น วัฏจักรและวงจรชีวิตของสัตว์และพืชต่าง ๆ ทั้งบนบกและในทะเลเปลี่ยนแปลง การระบาดของโรคอุบัติใหม่ง่ายขึ้น¹ ดังนั้น การให้ความร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการกับวิกฤตการณ์นี้ สำหรับประเทศไทย ภายหลังเข้าร่วมการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 ได้มีประกาศว่าภายในปี ค.ศ.2050 ประเทศไทยจะมุ่งเข้าสู่นโยบายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และร่วมปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero) ภายในปี ค.ศ. 2065² โดยสำหรับภาคอุตสาหกรรม หลายองค์กรได้นำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรไปประยุกต์ใช้ เพื่อประเมินสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเอง จากข้อมูลพบว่า ในปี พ.ศ.2568 หน่วยงานในภาคอุตสาหกรรม รวมจำนวนทั้งสิ้น 2,323 แห่ง ได้รับการรับรองคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมอาหาร และภาคบริการสำนักงาน ในจำนวนนี้มีอุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์เพียง 16 แห่ง เท่านั้น (0.69 %) ที่มีการขอรับรองและในจำนวน 16 แห่ง นี้ มีเพียงแห่งเดียวที่ประกอบกิจการผลิตวัคซีน³ ในปี พ.ศ.2565 Ángel Darío González-Delgado และคณะ ได้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่ง ซึ่งตั้งอยู่ในสาธารณรัฐโคลอมเบีย ผลจากการประเมินพบว่า กระบวนการผลิตวัคซีน ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากมาย⁴ ทั้งนี้เนื่องจากในอุตสาหกรรมการผลิตและจำหน่ายวัคซีน มีกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่การผลิต การบรรจุ การกระจายสินค้า การขนส่ง ตลอดจนการกำจัดของเสีย ซึ่งมีความต้องการใช้ทั้งพลังงานและทรัพยากรสิ้นเปลือง ในรูปแบบต่าง ๆ ล้วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า⁵ กิจกรรมดังกล่าวยังสอดคล้องกับผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอุตสาหกรรมประเภทยาและชีววัตถุ ของประเทศไทย ซึ่งพบว่า การดำเนินกิจกรรมในขอบเขตที่ 2 (จากการใช้พลังงานไฟฟ้า) เป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 73.24⁶ ในขณะที่กิจกรรม เช่น การซื้อสินค้าและบริการ ซึ่งจัดอยู่ในขอบเขตที่ 3 ของอุตสาหกรรมยาและชีววัตถุในต่างประเทศ เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90⁷ ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการและเทคโนโลยีในการผลิตวัคซีนของแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน กรอบในการกำหนดขอบเขตการประเมินแตกต่างกัน และข้อจำกัดด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในอุตสาหกรรมประเภทยา

การศึกษานี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับ GHGs และเพื่อเสนอแนะมาตรการในการลดการปล่อย GHGs ที่เหมาะสมให้กับโรงงานฯ ซึ่งนอกจากจะช่วยให้องค์กรทราบสถานการณ์การปล่อยและดูดกลับ GHGs ยังเป็นการส่งเสริมให้หน่วยงานในการกำหนดมาตรการเพื่อให้มีการใช้

ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า สามารถบริหารจัดการโรงงานอุตสาหกรรม (ประเภทวัคซีน) ได้อย่างยั่งยืน และสอดคล้องกับนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและการกำกับดูแลกิจการของหน่วยงาน ซึ่งให้ความสำคัญต่อระบบนิเวศเชิงเศรษฐกิจอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับ GHGs จากกิจกรรมของโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี ทั้งส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและส่วนสนับสนุนต่าง ๆ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2566 มีขั้นตอนการศึกษาสามารถสรุปได้ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษากิจกรรมของโรงงานผลิตวัคซีนที่ทำให้เกิดการปล่อยและดูดกลับ GHGs พร้อมกำหนดขอบเขตการประเมิน โดยแบ่งเป็นการปล่อย GHGs ทางตรงขององค์กร (ขอบเขตที่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร (ขอบเขตที่ 2) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ขอบเขตที่ 3) โดยในขอบเขตที่ 3 จะศึกษาตามกิจกรรมที่เกี่ยวข้องตามกระบวนการผลิตวัคซีน จากนั้นจึงนำกิจกรรมดังกล่าวมาจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ (Category) ตามแนวทางของ อบก.

2. เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากร ในแต่ละขอบเขต จากเอกสารบันทึกต่าง ๆ รายงานประจำปี ใบเสร็จต่าง ๆ และอื่นๆ ดังสรุปใน ตารางที่ 1 พร้อมกับทบทวนค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อย GHGs (ตารางที่ 2) ทั้งตามคำแนะนำโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)^{8,9} The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines.¹⁰ Government Greenhouse Gases Conversion Factors for Company Reporting.¹¹ และจากงานวิจัย¹² สำหรับการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก จะทำการสำรวจำนวนต้นไม้ภายในพื้นที่ของโรงงาน โดยนับเฉพาะต้นไม้ที่มีเส้นรอบวง 15 ซม. ขึ้นไปและมีความสูงตั้งแต่ 130 ซม.

3. ประเมินปริมาณการปล่อย GHGs ของกิจกรรมทั้งหมด (ยกเว้นการย่อยสลายสารอินทรีย์ใน Septic Tank) ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) จากผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรม (Activity data) กับ ค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อย GHGs (สมการที่ 1) ขณะที่ GHGs จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ใน Septic Tank จะประเมินปริมาณสารชีวภาพที่ย่อยสลายได้ ในรูปของ

ก๊าซมีเทน (สมการที่ 2-4) ในส่วนของการดูดกลืนก๊าซเรือนกระจก จะคำนวณจากผลคูณระหว่างข้อมูลจำนวนตันไม้ กับ ค่าสัมประสิทธิ์ในดูดกลืน GHGs เฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าแนะนำโดย อบก. มีค่าเท่ากับ $9.5 \text{ kgCO}_2\text{e/ตัน}$ ¹³

$$\text{GHGs emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission Factor} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}^{14}$$

โดยที่ Activity Data หมายถึง ข้อมูลการใช้ทรัพยากรในกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการปล่อยและดูดกลืนก๊าซเรือนกระจก เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำมัน เป็นต้น และ Emission Factor หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$\text{CH}_4 \text{ Emissions} = [\sum_{ij} (U_i \times T_{ij} \times \text{EF}_j)] (\text{TOW} - S) - R \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}^{10}$$

โดยที่ CH_4 Emissions หมายถึง ผลรวมการปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสียทุกจุดในโรงงาน; TOW = ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย หน่วยเป็น กิโลกรัม BOD/ปี; S = ส่วนประกอบสารอินทรีย์ทั้งหมดที่เป็นตะกอนและกำจัดออกจากระบบหน่วยเป็น กิโลกรัม BOD/ปี; U_i = สัดส่วนของพนักงานที่ปล่อยของเสียลงสู่ระบบบำบัด; T_{ij} = ระบบบำบัดน้ำเสีย/เส้นทางปล่อยน้ำเสีย; i = ประเภทกลุ่มของเสียที่เข้าระบบ; j = การบำบัด/เส้นทางหรือระบบการปล่อยของเสียออกในแต่ละกลุ่ม; EF_j = ค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซมีเทน หน่วยเป็น กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัม BOD; R = ปริมาณมีเทนที่ดูดกลืน หน่วยเป็น กิโลกรัมมีเทน/ปี

$$\text{EF}_j = B_o \times \text{MCF}_j \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3}^{10}$$

โดยที่ EF_j = ค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซมีเทน หน่วยเป็น กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัม BOD; j = การบำบัด/เส้นทางหรือระบบการปล่อยของเสียในแต่ละระบบ; B_o = ปริมาณที่สามารถผลิตมีเทนได้มากที่สุด หน่วยเป็น กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัม BOD = $0.6 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$; MCF_j = ค่าแปลงจากระบบบำบัดที่ใช้จนให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อยมีเทน = 0.5; ปริมาณการปล่อยมีเทนที่เริ่มต้นสูงสุดสำหรับน้ำเสียในโรงงาน กำหนดให้เท่ากับ $0.6 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ (Doom et al., 1997); Septic tank มีค่า MCF เริ่มต้นเท่ากับ 0.5

$$\text{TOW} = P \times \text{BOD} \times 0.001 \times I \times 365 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 4}^{10}$$

โดยที่ TOW = ปริมาณสารอินทรีย์รวมในน้ำเสีย หน่วยเป็น กิโลกรัม BOD/ปี; P = พนักงานที่ทำงาน หน่วยเป็น คน; BOD = ค่า BOD ของพนักงานต่อคน หน่วยเป็น กรัม/คน/วัน 0.001 = การแปลงหน่วยจากกรัม BOD เป็น กิโลกรัม BOD; I = ค่าแก้ไขสำหรับ BOD อุณหภูมิเพิ่มเติมที่ปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำทิ้ง (สำหรับการรวบรวมค่าเริ่มต้น คือ 1.25 กรณีไม่ถูกรวบรวมค่าเริ่มต้นคือ 1.00)

4. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานผลิตวัคซีนจะประเมินจากผลต่างระหว่างปริมาณการปล่อย GHGs กับปริมาณการดูดกลืน GHGs (สมการที่ 5)

$$\text{คาร์บอนฟุตพริ้นท์} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} - \text{ปริมาณการดูดกลืนก๊าซเรือนกระจก} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

5. เสนอแนะแนวทางลดการปล่อย GHGs ให้กับโรงงานผลิตวัคซีน

ตารางที่ 1 กิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อย GHGs ของโรงงานผลิตวัคซีนแห่งหนึ่งในจังหวัดสระบุรี (จำแนกตามขอบเขต)

ขอบเขต	กิจกรรม	ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	วิธีเก็บข้อมูล
ขอบเขตที่ 1 การปล่อย GHGs ทางตรงขององค์กร			
การเผาไหม้ที่อยู่กับที่	ปริมาณการใช้ LPG ปริมาณการใช้ดีเซล	บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจากกองบำรุงรักษา บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจากกองบำรุงรักษา	
การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	ปริมาณการใช้เบนซิน	บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจาก Fled card ของกองสนับสนุนโรงงาน	
การรั่วไหล	ปริมาณการใช้สารทำความเย็นชนิดต่าง ๆ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการซ่อมดับเพลิงประจำปี การบำบัดน้ำเสีย และระบบ Septic Tank	บันทึกการบำรุงรักษาเครื่องจักรจากบริษัท PM บันทึกการซ่อมดับเพลิงประจำปี บันทึกผลวิเคราะห์น้ำเสีย บันทึกจากระบบ SAP เพื่อตรวจสอบจำนวนคน/จำนวนวันทำงาน/ปี	
การดูดกลับ GHGs จากไม้ยืนต้น			
การปลูกต้นไม้	จำนวนต้นไม้ที่มีเส้นรอบวง 15 ซม.ขึ้นไปและมีความสูงตั้งแต่ 130 ซม.	การสำรวจตรวจนับจำนวนต้นไม้	
ขอบเขตที่ 2 การปล่อย GHGs ทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร			
การใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ใบเสร็จค่าไฟฟ้า	
ขอบเขตที่ 3 การปล่อย GHGs ทางอ้อมอื่น ๆ			
การซื้อวัตถุดิบ และบริการ	ปริมาณใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้น้ำประปา ปริมาณการใช้ขวดแก้วใส ปริมาณการใช้กระดาษ ปริมาณการใช้สารเคมี ปริมาณการใช้น้ำยาทำความสะอาด และปริมาณการใช้น้ำยาซักฟอกปฏิบัติการ	บันทึกการจ่ายไปใช้งานในระบบ SAP ใบเสร็จค่าน้ำประปา บันทึกการจ่ายไปใช้งานในระบบ SAP บันทึกการจ่ายไปใช้งานในระบบ SAP แบบ วอ./อก.7 บันทึกการจ่ายใช้งานของบริษัทรับจ้าง บันทึกการจ่ายใช้งานจากกองสนับสนุนโรงงาน	
กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงและพลังงาน	การได้มาซึ่งไฟฟ้า การได้มาซึ่ง LPG การได้มาซึ่งเบนซิน การได้มาซึ่งดีเซล การขนส่งน้ำมันดีเซล การขนส่ง LPG และการใช้เชื้อเพลิงในงานตัดหญ้า	ใบเสร็จค่าไฟฟ้า บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจากกองบำรุงรักษา บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจาก Fled card ของกองสนับสนุนโรงงาน บันทึกการซื้อเชื้อเพลิงจากกองบำรุงรักษา แบบสำรวจการใช้รถยนต์ที่ส่งน้ำมันดีเซล แบบสำรวจการใช้รถยนต์ที่มาส่ง LPG บันทึกการจ่ายใช้งานเชื้อเพลิงของคนสวน	

ขอบเขต	กิจกรรม	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม	วิธีเก็บข้อมูล
การขนส่ง และกระจายสินค้าต้นน้ำ	การรับไข่ไก่ฟัก การรับ Std.Antigen การรับเชื้อไวรัสตั้งต้น และการรับขวดแก้ว	บันทึกการใช้รถยนต์ของโรงงาน แบบสำรวจการใช้เชื้อเพลิงโดยเครื่องบิน แบบสำรวจการใช้เชื้อเพลิงโดยเครื่องบิน แบบสำรวจการใช้เชื้อเพลิงโดยเครื่องบิน	
การกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร	การกำจัดของเสียอุตสาหกรรม และการกำจัดของเสียทั่วไป	แบบนำกากอุตสาหกรรมออกนอกโรงงาน (สก 2.) บันทึกการส่งของเสียให้เทศบาล	
การเดินทางเพื่อธุรกิจ	การใช้เชื้อเพลิงในการเดินทางไปอบรม/ประชุม	แบบสำรวจการใช้เชื้อเพลิงโดยเครื่องบิน	
การเดินทางของพนักงาน	การใช้เชื้อเพลิงในการรับส่งพนักงาน การใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ของพนักงาน การใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ของ Out source การใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ของบริษัทที่เข้ามา PM เครื่องจักรและกำจัดแมลง	บันทึกการใช้รถยนต์ของสำนักงานใหญ่ แบบสำรวจการใช้เชื้อเพลิง แบบสำรวจการใช้รถยนต์ แบบสำรวจการใช้รถยนต์	
การปล่อยเข้าสินทรัพย์ขององค์กร	การใช้ก๊าซ LPG ในโรงอาหาร	สำรวจสอบถามการใช้ LPG ของร้านอาหาร	

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการศึกษา

ขอบเขต	กิจกรรม	ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย
ขอบเขตที่ 1 การปล่อย GHGs ทางตรงของ องค์กร	การใช้ LPG	3.1134 ⁸	kgCO ₂ e/kg
	การใช้สารทำความเย็น	R 407 = 1,774 ⁸	kgCO ₂ e/kg
		R-22 = 1,760 ⁸	kgCO ₂ e/kg
		R-410a = 1,924 ⁸	kgCO ₂ e/kg
	การใช้น้ำมันเบนซินในยานพาหนะ	2.2719 ⁸	kgCO ₂ e/L
	การใช้น้ำมันดีเซลใน Generator	2.7078 ⁸	kgCO ₂ e/L
	การใช้เชื้อเพลิงในการซ่อมบำรุงประจำปี	2.1894 ⁸ สำหรับเบนซิน	kgCO ₂ e/L
		3.1134 ⁸ สำหรับ LPG	kgCO ₂ e/kg
ขอบเขตที่ 2 การปล่อย GHGs ทางอ้อมจากการ	การใช้ Septic tank	28 ¹⁰	kgCH ₄ /kgCO ₂ e
	การบำบัดน้ำเสีย	0 ¹⁰	kgCH ₄ /kgBOD
	การใช้ไฟฟ้า	0.4999 ⁸	kgCO ₂ e/kWh

ขอบเขต	กิจกรรม	ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย
ใช้พลังงานไฟฟ้า ขององค์กร			
ขอบเขตที่ 3 การ ปล่อย GHGs ทางอ้อมอื่น ๆ	การใช้ไฟฟ้า	8.4761 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้น้ำประปา	0.5410 ⁹	kgCO ₂ e/m ³
	การใช้ขวดแก้ว	0.8075 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้น้ำยาทำความสะอาด	1.6685 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้กระดาษ A3/A4	0.6677 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ Sodium Hydroxide	1.1148 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ Sodium Hypochlorite	0.8712 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ Acetic acid	2.5702 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้น้ำยา ซักชุดปฏิบัติการ	1.6685 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ HCl	0.4094 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ H ₂ O ₂ ใน Cleanroom	1.1239 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การได้มาซึ่งไฟฟ้า	0.0987 ⁹	kgCO ₂ e/kWh
	การได้มาซึ่ง LPG	1.1839 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้รถขนส่ง LPG	0.5747 ⁹ และ 0.0852 ⁹ (ขาออกจากโรงงาน และขาเข้าโรงงาน)	kgCO ₂ e/km และ kgCO ₂ e/tkm
	การได้มาซึ่งเบนซิน	0.4024 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้เชื้อเพลิงในงานตัดหญ้า	0.4024 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การได้มาซึ่งดีเซล	0.3522 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้รถขนส่งน้ำมันดีเซล	0.2415 ⁹ และ 0.3805 ⁹ (ขาออกจากโรงงาน และขาเข้าโรงงาน)	kgCO ₂ e/km และ kgCO ₂ e/tkm
	การรับ Standard Antigen	0.0062 ¹¹	kgCO ₂ e/km
	การรับเชื้อไวรัสตั้งต้น	0.0062 ¹¹	kgCO ₂ e/km
	การรับ-ส่งเลือดห่าน	0.4024 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การรับขวดแก้ว	0.0091 ¹¹	kgCO ₂ e/km
	การกำจัดของเสียทั่วไป	0.7933 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การกำจัดของเสียอุตสาหกรรม	0.9560 ¹²	kgCO ₂ e/kg
	การเดินทางไปอบรม/ประชุมต่างประเทศ	0.0118 ¹¹	kgCO ₂ e/km
	การใช้รถของ Out source	0.4024 ⁹ สำหรับเบนซิน	kgCO ₂ e/kg

ขอบเขต	กิจกรรม	ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย
		0.3522 ⁹ สำหรับดีเซล	kgCO ₂ e/kg
	การรับ-ส่งพนักงานจากสำนักงานใหญ่	0.4024 ⁹	kgCO ₂ e/kg
	การใช้รถของพนักงาน	0.4024 ⁹ สำหรับเบนซิน	kgCO ₂ e/kg
		0.3522 ⁹ สำหรับดีเซล	kgCO ₂ e/kg
	การใช้รถที่ปรึกษา/บริษัท PM เครื่องจักร/กำจัดแมลง	0.4024 ⁹ สำหรับเบนซิน	kgCO ₂ e/kg
		0.3522 ⁹ สำหรับดีเซล	kgCO ₂ e/kg
	การใช้ก๊าซ LPG (โรงอาหาร)	0.8582 ⁹	kgCO ₂ e/kg

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์อ้างอิงตามเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ 1) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก^{8,9} 2) The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines.¹⁰ 3) Government Greenhouse Gases Conversion Factors for Company Reporting¹¹. และ 4) เอกสารงานวิจัย¹²

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs Emission) ของโรงงานผลิตวัคซีน

ปริมาณ GHGs ในแต่ละขอบเขตของโรงงานผลิตวัคซีน สามารถสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลจากการประเมินพบว่า ในปี พ.ศ.2566 ปริมาณการปล่อย GHGs ทางตรงขององค์กร (ขอบเขตที่ 1) จากกิจกรรมต่าง ๆ จำนวน 7 กิจกรรม ได้แก่ GHGs จากการใช้ LPG การใช้สารทำความเย็น การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบนซินในยานพาหนะของโรงงาน การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดดีเซลใน Generator การใช้เชื้อเพลิงในการซ่อมบำรุงประจำปี การบำบัดน้ำเสีย และจากระบบ Septic Tank มีค่าโดยรวมเท่ากับ 661,873.60 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂e) ในจำนวนนี้ กว่าร้อยละ 63 เป็นการปล่อย GHGs จากการใช้ LPG สำหรับเครื่องจักรผลิต

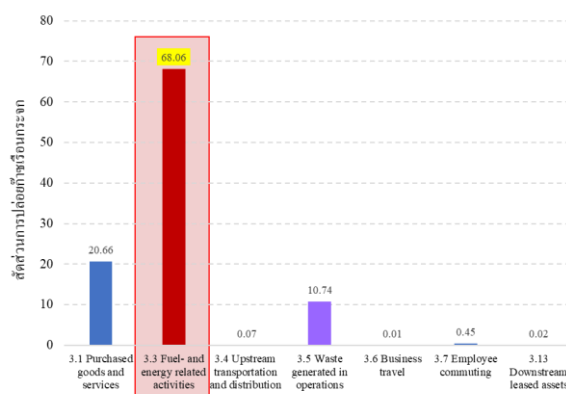
ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อย GHGs (จำแนกรายกิจกรรม)

ขอบเขต	กิจกรรม	ปริมาณการปล่อย GHGs (kgCO ₂ e)
ขอบเขตที่ 1 การปล่อย GHGs ทางตรงขององค์กร	การใช้ LPG	417,662.61
	การใช้สารทำความเย็น - R-407 - R-22 - R-410a	46,124.00
		70,400.00
		107,744.00
	การใช้้ำมันเบนซินในยานพาหนะ	18,222.91
	การใช้้ำมันดีเซลใน Generator	1,624.68
	การใช้เชื้อเพลิงในการซ่อมบำรุงประจำปี - เบนซิน - LPG	10.95
		15.57
	การใช้ Septic tank	68
	การบำบัดน้ำเสีย	0

ขอบเขต	กิจกรรม	ปริมาณการปล่อย GHGs (kgCO ₂ e)
ขอบเขตที่ 2 การปล่อย GHGs ทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร	การใช้ไฟฟ้า	4,702,707.27
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อวัตถุดิบ และบริการ	
ขอบเขตที่ 3 การปล่อย GHGs ทางอ้อมอื่น ๆ	การใช้ไฟฟ้า	244,821.55
	การใช้น้ำประปา	80,832.97
	การใช้ขวดแก้ว	2,657.71
	การใช้น้ำยาทำความสะอาด	1,472.86
	การใช้กระดาษ A3/A4	1,368.79
	การใช้ Sodium Hydroxide	638.11
	การใช้ Sodium Hypochlorite	313.63
	การใช้ Acetic acid	199.86
	การใช้น้ำยาซักฟอกปฏิบัติการ	97.61
	การใช้ HCl	87.69
	การใช้ H ₂ O ₂ ใน Cleanroom	14.77
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงและพลังงาน	
	การได้มาซึ่งไฟฟ้า	928,500.12
	การได้มาซึ่ง LPG	158,826.10
	การใช้รถขนส่ง LPG	4,943.46
	การได้มาซึ่งเบนซิน	2,438.40
	การใช้เชื้อเพลิงในงานตัดหญ้า	874.98
	การได้มาซึ่งดีเซล	175.82
	การใช้รถขนส่งน้ำมันดีเซล	10.10
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการขนส่ง และกระจายสินค้าต้นน้ำ	
	การรับ Standard Antigen	394.10
	การรับเชื้อไวรัสตั้งต้น	361.91
	การรับส่งเลือดห่าน	282.11
	การรับขวดแก้ว	42.48
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร	
	การกำจัดของเสียทั่วไป	154,771.24
	การกำจัดของเสียอุตสาหกรรม	18,068.40

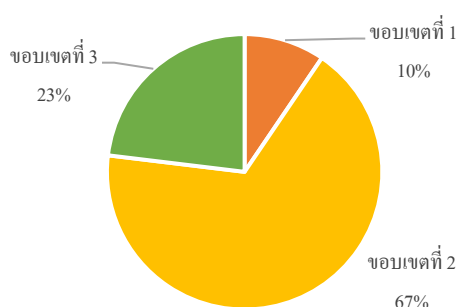
ขอบเขต	กิจกรรม	ปริมาณการปล่อย GHGs (kgCO ₂ e)
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการเดินทางเพื่อธุรกิจ	
	การเดินทางไปอบรม/ประชุมต่างประเทศ	38.80
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการเดินทางของพนักงาน	
	การใช้รถของ Out source	- เบนซิน 3,369.90
		- ดีเซล 365.36
	การรับ-ส่งพนักงานจากสำนักงานใหญ่	2,539.00
	การใช้รถของพนักงาน	- เบนซิน 229.38
		- ดีเซล 217.11
	การใช้รถที่ปรึกษา/บริษัท PM เครื่องจักร/กำจัดแมลง	- เบนซิน 265.01
		- ดีเซล 143.85
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการปล่อยเช่าสินทรัพย์ขององค์กร	
	การใช้ก๊าซ LPG (โรงอาหาร)	308.95

ในขณะที่การปล่อย GHGs ในขอบเขตที่ 2 ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน มีค่าเท่ากับ 4,702,707.27 kgCO₂e จากการเก็บข้อมูล พบว่า โรงงานผลิตวัคซีนมีการใช้ไฟฟ้าในหลายระบบ เฉลี่ยประมาณเดือนละ 783,941 กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยเป็นการใช้ในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศสำนักงาน ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ และในขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ พบว่า โรงงานผลิตวัคซีน มีกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อย GHGs ซึ่งพิจารณาในการศึกษาในครั้งนี้ จำนวน 30 กิจกรรม มีค่าการปล่อย GHGs รวมเท่ากับ 1,609,672.12 kgCO₂e โดยกว่าร้อยละ 57.68 เป็นปริมาณการปล่อย GHGs จากการได้มาซึ่งไฟฟ้า เมื่อพิจารณาการปล่อย GHGs ในขอบเขตที่ 3 จำแนกตามหมวดหมู่ (Category) ตามแนวทางการประเมินของ อบก. ซึ่งสามารถจำแนกได้ 15 หมวดหมู่ พบว่า โรงงานผลิตวัคซีนมีการปล่อย GHGs ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมในหมวดหมู่ที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (จำแนกตาม Category) ในขอบเขตที่ 3

จากผลการประเมินดังกล่าว จึงสามารถสรุปได้ว่า ในปี พ.ศ.2566 โรงงานผลิตวัคซีน มีกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อย GHGs รวมทั้งสิ้น 38 กิจกรรม และมีปริมาณการปล่อย GHGs ในภาพรวมเท่ากับ 6,974,252.99 kgCO₂e โดยเกิดจากการปล่อย GHGs ทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (ร้อยละ 67.43) เนื่องจากวัคซีนเป็นผลิตภัณฑ์ชีววัตถุประเภทยาปราศจากเชื้อ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยตลอดทุกกระบวนการผลิตต้องปฏิบัติงานในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส เพื่อให้วัคซีนมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ ในขั้นตอนผลิตวัคซีนยังจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรอัตโนมัติที่ใช้พลังงานไฟฟ้าหลากหลายประเภท และอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งปล่อย GHGs หลักของโรงงานฯ รองลงมาเป็นการปล่อย GHGs ทางอ้อมอื่น ๆ และการปล่อย GHGs ทางตรง คิดเป็นร้อยละ 23.08 และ 9.49 ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 สัดส่วนการปล่อย GHGs ของโรงงานผลิตวัคซีน

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ บริษัท โกลบอล ไบโอเทค โปรดักส์ จำกัด (สำนักงานใหญ่) ได้รับการรับรองจาก อบก.³ ในปี พ.ศ.2568 ที่พบว่า กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 2 มีค่าการปล่อย GHGs สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.46 ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมกลุ่มผลิตภัณฑ์ชีววัตถุประเภทเดียวกัน (ผลิตวัคซีน) ในประเทศไทย และในทำนองเดียวกัน ผลจากการประเมินการปล่อย GHGs องค์การเภสัชกรรม ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ยาและเวชภัณฑ์ ในปี พ.ศ.2566 ยังพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้า ก่อให้เกิดการปล่อย GHGs สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 73.24⁶ ทั้งนี้ แม้จะเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์ยาและเวชภัณฑ์ ซึ่งแตกต่างกัน แต่อาจเกิดจากการบริหารจัดการในองค์กรมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แตกต่างจากผลการศึกษาของ Peter และคณะ ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศเยอรมัน ซึ่งพบว่า การขนส่งระหว่างประเทศทางอากาศ (Air freight) การขนส่งทางบก (Road Transportation) และการขนส่งวัคซีนไปยังจุดหมายปลายทางสุดท้าย (Last Mile Delivery) ปล่อย GHGs สูงถึงร้อยละ 99¹⁵ ในทำนองเดียวกัน ผลจากงานวิจัยของ Sanofi ซึ่งทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์ชีววัตถุในต่างประเทศ (ประเทศฝรั่งเศส เวียดนาม และสิงคโปร์) ก็พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ขอบเขตที่ 3) ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 90⁷ ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมที่นำมาพิจารณามีการกำหนดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การคำนวณมีค่าแตกต่างกัน

นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณการปล่อย GHGs ในกลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้แก่ อุตสาหกรรมสุรา¹⁶ อิเล็กทรอนิกส์¹⁷ เครื่องดื่ม¹⁸ พบได้ทั้งในขอบเขตที่ 1 ขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 แตกต่างกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมในต่างประเทศ ที่พบว่า กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ หรือขอบเขตที่ 3 เป็นขอบเขตที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวม^{7,19,20}

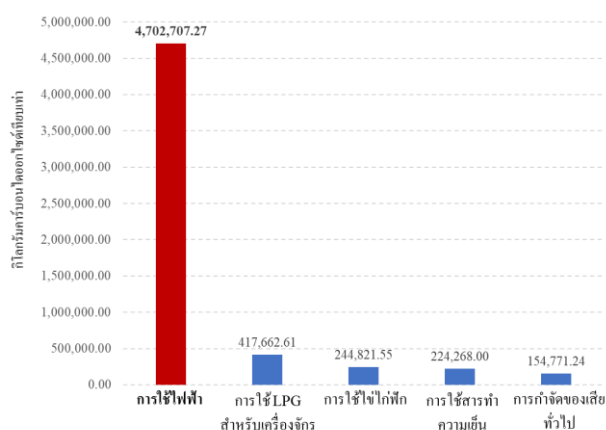
3. สถานการณ์การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHGs sequestration) ของโรงงานผลิตวัคซีน

สำหรับปริมาณการดูดกลับ GHGs ซึ่งประเมินจากการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นที่กระจายอยู่ภายในพื้นที่ของโรงงาน ประมาณ 38 ไร่ จากพื้นที่ทั้งหมด (148 ไร่ 2 งาน) โดยสำรวจจำนวนไม้ยืนต้น ที่เป็นไปตามเงื่อนไข ได้แก่ เป็นไม้ยืนต้นที่มีความสูงตั้งแต่ 130 cm และมีเส้นรอบวงขนาดตั้งแต่ 15 cm ขึ้นไป พบว่า ในปี พ.ศ.2566 โรงงานผลิตวัคซีนมีปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจาก ไม้ยืนต้น จำนวน 2,306 ต้น เท่ากับ 21,907 kgCO₂e อัตราการดูดกลับ GHGs ของไม้ยืนต้นที่ได้จากการศึกษารังนี้ มีค่าเท่ากับ 577 kgCO₂e/ไร่/ปี แตกต่างจากการศึกษาการประเมินศักยภาพในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเท่ากับ 1,470 kgCO₂e/ไร่/ปี²¹ ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะการปลูกแบบแปลง ความแตกต่างของพรรณไม้ยืนต้น และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลับที่ใช้ โดยพรรณไม้ที่พบภายในพื้นที่โรงงานฯ มีจำนวนรวมโดยประมาณ 40 ชนิด และส่วนใหญ่เป็นต้นสัก มีจำนวน 594 ต้น คิดเป็น ร้อยละ 25.80 ในขณะการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นกลุ่มพรรณไม้เนื้อแข็งประเภทไม้ยืนต้น ซึ่งพรรณไม้แต่ละกลุ่ม มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนที่ต่างกัน ดังนั้น หากโรงงานฯ ต้องการเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ควรพิจารณาเลือกชนิดพรรณไม้ที่สามารถกักเก็บคาร์บอนได้มาก เช่น กระถินณรงค์ กระถินเทพา ยูคาลิปตัส โดยพรรณไม้กลุ่มนี้เป็น กลุ่มที่มีศักยภาพในการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสูง²² หรืออาจพิจารณาการปลูกพรรณไม้ประเภทโตเร็ว ได้แก่ กระถินณรงค์ หางนกยูงฝรั่ง ชมพูพันธุ์ทิพย์ จิกน้ำ นนทรี ประดู่อังสนา²³

ดังนั้น จากผลการศึกษาปริมาณการปล่อยและดูดกลับ GHGs จึงสามารถสรุปได้ว่า โรงงานผลิตวัคซีนมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 6,952,345.99 kgCO₂e ต่อปี

3. แนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs Emission Reduction) ของโรงงานผลิตวัคซีน

กิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 5 อันดับแรกของโรงงานผลิตวัคซีน (ภาพที่ 4) ได้แก่ การใช้และการได้มาซึ่งไฟฟ้า (ร้อยละ 80.74 ของปริมาณการปล่อย GHGs ทั้งหมด) สอดคล้องกับรายงาน Green Vaccine Procurement ซึ่งสรุปว่า ในกระบวนการผลิตวัคซีน แม้จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อวงการแพทย์ ขณะเดียวกันก็เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตและบรรจุ มีความต้องการใช้พลังงานสูง⁵ รองลงมาเป็นการใช้และการได้มาซึ่ง LPG สำหรับเครื่องจักรผลิต (ร้อยละ 8.27) การใช้ไผ่ฟัก (ร้อยละ 3.51) การใช้สารทำความเย็น (ร้อยละ 3.22) และการกำจัดของเสียทั่วไป (ร้อยละ 2.22) ทั้ง 5 กิจกรรมการปล่อย GHGs ดังกล่าว โรงงานผลิตวัคซีน ได้ปรับใช้มาตรการเพื่อช่วยลดการปล่อย GHGs ได้แก่ เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือก เช่น โซลาร์เซลล์มากขึ้น มีการปรับเปลี่ยนและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ และมีการพิจารณาเลือกใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นประหยัดพลังงาน และเป็นรุ่นที่ใช้สารทำความเย็นซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ เป็นต้น ขณะที่การปล่อย GHGs จากการใช้และการได้มาซึ่ง LPG สำหรับเครื่องจักรผลิต ได้แก่ การใช้ในหม้อต้มน้ำ (Boiler) เครื่อง Dehydrator และเตาเผา ปัจจุบัน การใช้ LPG ของโรงงานฯ มีการปฏิบัติตามแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน²⁴ ได้แก่ การควบคุมอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง และการควบคุมอุณหภูมิเตาเผา ตามค่าอ้างอิง ทั้งนี้ มาตรการที่โรงงานสามารถปรับใช้เพิ่มได้ เช่น ปรับลดแรงดันการผลิตไอน้ำในช่วงที่มีการใช้น้อย รวบรวมของเสียจากกระบวนการผลิตให้มีจำนวนพอเหมาะกับปริมาณการเผาในแต่ละครั้ง เพื่อลดจำนวนรอบในการเผาของเสีย เป็นต้น ในส่วนของการปล่อย GHGs จากการใช้ไผ่ฟัก โรงงานอาจพิจารณาเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตวัคซีนจากการใช้ไผ่ฟัก (Egg base) เป็นเทคนิคการผลิตวิธีอื่น เช่น เซลล์เพาะเลี้ยง (Cell base) ซึ่งปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้แล้วในเกาหลีใต้ โดยเป็นการผลิต cell-based influenza vaccine²⁵



ภาพที่ 4 กิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 5 อันดับแรกของโรงงานผลิตวัคซีน

นอกจากนี้ เพื่อลดการปล่อย GHGs จากกระบวนการขนส่งวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น ขวดแก้ว สารเคมี ไข่ไก่ Standard Antigen ฯลฯ โรงงานฯ ได้ปรับใช้แนวทาง ได้แก่ การจัดทำแผนเพื่อประมาณการใช้วัตถุดิบล่วงหน้า การเลือกซื้อสารเคมี หรือบรรจุภัณฑ์ที่มีจำหน่ายได้ในท้องถิ่น การซื้อวัตถุดิบกลุ่มเดียวกันจากผู้จำหน่ายเดียวกัน หรือจัดซื้อบรรจุภัณฑ์เป็นชุด การส่งวัตถุดิบจากสำนักงานใหญ่ในแต่ละรอบ ให้วางแผนส่งโดยเลือกประเภทรถบรรทุกตามสภาพและปริมาณของวัตถุดิบ เพื่อให้สอดคล้องตามประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้ขนส่ง รวมไปถึงการกำหนดใน TOR ของการซื้อวัตถุดิบว่า “กรณีบริษัทที่มีการใช้รถไฟฟ้าในการขนส่ง และแสดงผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจะได้รับการพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ” เพื่อช่วยให้สามารถลดการปล่อย GHGs ได้

ในขณะที่ แนวทางเพื่อลดการปล่อย GHGs จากการกำจัดของเสีย ในปัจจุบัน มีการคัดแยกของเสียทั่วไป หรือของเสียจากสำนักงานแล้ว แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ของเสียอินทรีย์ ของเสียรีไซเคิล ของเสียอันตราย ของเสียติดเชื้อ และของเสียทั่วไปอื่น ๆ และการคัดแยกประเภทกระดาษเพื่อการรีไซเคิลตามโครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก หรือ LESS เพื่อนำส่งไปรษณีย์ไทย (โครงการ Green Hub) ดังนั้น แนวทางการลดการปล่อย GHGs ของโรงงานผลิตวัคซีนที่สามารถเพิ่มเติมได้ อาจพิจารณาจากการจัดการในกลุ่มของเสียอินทรีย์ ของเสียรีไซเคิล เพิ่มเติม ซึ่งจากข้อมูลการจัดการของเสียทั่วไป (จากสำนักงาน) ที่เกิดขึ้นในโรงงานฯ พบว่าในแต่ละปีจะมีปริมาณของเสียที่ต้องถูกส่งกำจัดภายนอก โดยวิธีการฝังกลบ ประมาณ 195,098 กิโลกรัม ของเสียเหล่านี้ สามารถจำแนกได้เป็น ของเสียอินทรีย์ (ร้อยละ 20) ของเสียรีไซเคิล (ร้อยละ 15) ของเสียอันตราย (ร้อยละ 2) ของเสียติดเชื้อ (ร้อยละ 0.01) และของเสียทั่วไปอื่น ๆ (ร้อยละ 63) และเพื่อให้โรงงานฯ มีทางเลือกในการลดการปล่อย GHGs จากการกำจัดของเสียโดยวิธีการฝังกลบ หากมีการจัดการหรือใช้ประโยชน์ของเสียเพิ่มเติม เช่น รมรงค์ให้เพิ่มการคัดแยกและใช้ประโยชน์ของเสียอินทรีย์ และของเสียรีไซเคิล ก็จะสามารถลดปริมาณของเสียที่ต้องส่งไปกำจัดได้ และยังทำให้ปริมาณการปล่อย GHGs ในส่วนของการกำจัดของเสียทั่วไป โดยวิธีการฝังกลบลดลงได้ ดังสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย กรณีเพิ่มการคัดแยกของเสียเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

การจัดการ	ปริมาณของเสียที่ส่ง กำจัด (กิโลกรัมต่อปี)	GHGs จากการฝังกลบของเสียของ โรงงาน* (kgCO ₂ eต่อปี)
ปัจจุบัน: รวบรวมเพื่อกำจัดโดยการฝังกลบ	195,098.00	154,771.24
ทางเลือก 1: เพิ่มการคัดแยก เฉพาะของเสียอินทรีย์	156,078.40	123,816.99
ทางเลือก 2: เพิ่มการคัดแยก เฉพาะของเสียรีไซเคิล	165,833.30	131,555.56
ทางเลือก 3: เพิ่มการคัดแยก ทั้งของเสียอินทรีย์และของ เสียรีไซเคิล	126,813.70	100,601.30

หมายเหตุ *ประเมินปริมาณการปล่อย GHGs จากผลคูณระหว่างปริมาณของเสียที่ส่งกำจัดกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยวิธีการฝังกลบ

จากตารางที่ 4 จึงสามารถสรุปได้ว่า หากโรงงานฯ สามารถคัดแยกของเสียอินทรีย์และของเสียรีไซเคิลได้เพิ่มเติม และนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำของเสียอินทรีย์ไปทำปุ๋ยหมักอินทรีย์เพื่อใช้ภายในโรงงานฯ หรือการคัดแยกของเสียรีไซเคิลเพิ่มเติม จะสามารถลดปริมาณของเสียที่ต้องถูกนำไปกำจัดภายนอกได้ และจะทำให้ปริมาณของเสียที่ต้องถูกนำไปกำจัดภายนอกโดยวิธีการฝังกลบ ลดลงเหลือ 126,813.70 กิโลกรัม กิจกรรมเหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียโดยวิธีฝังกลบ โดยจะลดลงจาก 154,771.24 kgCO₂e เป็น 100,601.30 kgCO₂e หรือเทียบเท่ากับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการจัดการเดิมลงไป ได้ คิดเป็นร้อยละ 35 หรือหากเพิ่มการคัดแยกเฉพาะของเสียรีไซเคิล ก็จะเทียบเท่ากับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการฝังกลบลงไปได้ คิดเป็นร้อยละ 15

เอกสารอ้างอิง

1. Greenpeace. ผลกระทบภาวะโลกร้อน [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2566 ธ.ค. 10]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/climate/impacts>
2. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. การตั้งเป้าหมายของไทยเพื่อลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามแนวทางจากการประชุม COP26 [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2568 ก.พ. 15]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.nxpo.or.th/th/9651>
2. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. รายชื่อบริษัทและองค์กรที่ขอการรับรอง [อินเทอร์เน็ต]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 2568 ก.พ. 15]. เข้าถึงได้จาก: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YJNKblLXNXBlbUYwYVc5dVgyRndjSEp2ZG1Gcw>
3. Gonzalez-Delgado AD, Garcia-Martinez JB, Barajas-Solano AF. Environmental Evaluation of a Vaccine Production Plant in North-East Colombia. Chem Eng Trans. 2022;95:229-34. เข้าถึงได้จาก: <https://www.cetjournal.it/cet/22/95/039.pdf>
4. Sukkar E. Green vaccine procurement: How multilateral organisations can prepare for sustainability. Economist Impact. 2024 Apr. Available from: <https://impact.economist.com/health/green-vaccine-procurement-how-multilateral-organisations-can-prepare-sustainability>

5. องค์การเภสัชกรรม. รายงานความยั่งยืน ปี 2566 [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2567 พ.ย. 8]. หน้า 135. เข้าถึงได้จาก: <https://www.gpo.or.th/view/839>
6. Sanofi. Climate Change – Road to Net Zero [อินเทอร์เน็ต]. 2023 ก.พ. 17 [เข้าถึงเมื่อ 2568 มิ.ย. 4]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.sanofi.com/assets/dotcom/content-app/documents/climate-change-road-to-net-zero.pdf>
7. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 2567 พ.ย. 8]. เข้าถึงได้จาก: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKblXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ>
8. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 2567 พ.ย. 8]. เข้าถึงได้จาก: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ>
9. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, editors. Hayama (Japan): Institute for Global Environmental Strategies; 2006. Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge; p. 6.11-6.14. เข้าถึงได้จาก: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf
10. Department for Energy Security and Net Zero, Department for Environment, Food & Rural Affairs, Department for Transport (UK). Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting 2023: Methodology Paper for Conversion Factors Final Report [อินเทอร์เน็ต]. 2023 [เข้าถึงเมื่อ 2567 พ.ย. 8]. หน้า 102. เข้าถึงได้จาก: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1161317/2023-ghg-cf-methodology-paper.pdf
11. บุญญา บัวเผื่อน. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาบริษัท บีเอ็มที เอเชีย จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2563.
12. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. การฝึกอบรมหลักสูตรความรู้เบื้องต้นโครงการ T-VER ภาคป่าไม้ และการเกษตรสำหรับผู้ประเมินภายนอกและผู้พัฒนาโครงการ: ห่วงข้อวิธีการคำนวณการลด/กักเก็บก๊าซเรือนกระจกภาคป่าไม้. 2564. หน้า 26.
13. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. 2565.
14. Kurzweil P, Müller A, Wahler S. The Ecological Footprint of COVID-19 mRNA Vaccines: Estimating Greenhouse Gas Emissions in Germany. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jul 12;18(14):7425. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/14/7425>
15. เตือนใจ ดุลย์จินดาชาภาพร, ลำไย ณีรัตน์พันธุ์, นุชนาท วรารักษ์ประภัทร์. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของโรงงานสุรา. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. 2557;12:45.
16. ชลิตา สมมะณา, เศรษฐ์ สัมภิตตะกุล. การประเมินและจัดการก๊าซเรือนกระจกโดยใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2564.
17. นวพร เหลืองยวง, สุพรรณนิภา วัฒนะ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่ม (PM04) [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2565. เข้าถึงได้จาก: https://khoon.msu.ac.th/_dir/fulltext/2023/01/Nawaporn_Luengyuang65.pdf

18. My Green Lab, Urgentem. The Carbon Impact of Biotech & Pharma: A Roadmap to 1.5°C [อินเทอร์เน็ต]. 2021 [เข้าถึงเมื่อ 2568 มิ.ย. 4]. เข้าถึงได้จาก: https://www.mygreenlab.org/uploads/2/1/9/2/21945752/the_carbon_impact_of_biotech_and_pharma_-_a_roadmap_to_1.5c_final_report.pdf
19. GlobalData. Anheuser-Busch InBev: Greenhouse Gases Emissions in 2021 [อินเทอร์เน็ต]. อัปเดต 2022 [เข้าถึงเมื่อ 2566 พ.ย. 29]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.globaldata.com/data-insights/consumer/anheuser-busch-inbev-greenhouse-gases-emissions-2091498/>
20. ภัทรานิษฐ์ ปริญากุลเสฏฐ์. รายงานวิจัยสถาบัน เรื่อง การประเมินศักยภาพในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [อินเทอร์เน็ต]. นครราชสีมา: ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 2568 มิ.ย. 4]. เข้าถึงได้จาก: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/8350>
21. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. การฝึกอบรมหลักสูตรความรู้เบื้องต้นโครงการ T-VER ภาคป่าไม้ และการเกษตรสำหรับผู้ประเมินภายนอกและผู้พัฒนาโครงการ หัวข้อวิธีการคำนวณการลด/กักเก็บก๊าซเรือนกระจกภาคป่าไม้. 2564. หน้า 31.
22. บ้านและสวน. รวม 10 ต้นไม้ยืนต้นโตเร็ว ให้ร่มเงาและบังแดดได้ดีมาก [อินเทอร์เน็ต]. 2021 เม.ย. 18 [เข้าถึงเมื่อ 2567 พ.ย. 8]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.baanlaesuan.com/229858/plant-scoop/growing-so-fast>
23. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน. 2566. ไม่พบแหล่งที่มาออนไลน์ที่ชัดเจนสำหรับฉบับปี 2566.
24. Biogenetech. การประชุมวิชาการประจำปี 2567 ของมูลนิธิส่งเสริมการศึกษาใช้หัวดีใหญ่ บริษัท ไบโอจีนีเทค จำกัด. กรุงเทพฯ: บริษัทไบโอจีนีเทค; 2567.