

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

Organization Carbon Footprint

จิตลดา หมายมั่น¹, อติกร เสรีพัฒนานนท์¹, บัณฑิต รัตนไตร² และสมบัติ ทิมทรัพย์¹
Chitlada Maimun¹, Athikorn Sareephattananon¹, Bundith Rattanatai² and Sombat Teekasap³

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹Faculty of Engineering, Eastern Asia University

²คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

²Faculty of Management, Eastern Asia University

บทคัดย่อ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมในองค์กรที่ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนบทความนี้มุ่งนำเสนอหลักการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ที่ใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ประกอบด้วยหลักการพื้นฐานสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ชนิดของก๊าซเรือนกระจกค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนการคัดเลือกวิธีการคำนวณตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตัวอย่างผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากอุตสาหกรรม หน่วยงานทางราชการและสถาบันการศึกษา และตัวอย่างบริษัทและองค์กรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรต่อไป

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, ก๊าซเรือนกระจก, ภาวะโลกร้อน

Abstract

Organization carbon footprint is an assessment of released greenhouse gases from activities of organization(s) which affect global warming. This article presents the principle of the carbon footprint of an organization based on the guidelines for assessing organization carbon footprint of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (public organization). Presentation consists of basic principles for assessing carbon footprint, types of greenhouse gases, potential cause of global warming, and selection method for calculations. Emissions of greenhouse gases, assessing results from industry carbon footprint, government and educational institutions sectors are set as examples. List of some companies and organizations which have been registered for carbon footprints are also presented as example guide line for reducing greenhouse gas emissions of organization.

Keywords: carbon footprint for organization, greenhouse gas, global warming



บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเกิดจากการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซมีเทน เป็นต้นรายงานของ World Resources Institute (WRI) แสดงว่าก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งโลกมีปริมาณ 47,182.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (MtCO_2e) และจัดอันดับประเทศที่มีการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 25 อันดับในปี พ.ศ. 2553 (พิจารณาตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมการใช้ที่ดินและป่าไม้) อันดับแรก ได้แก่ ประเทศจีนปล่อยก๊าซเรือนกระจก 10,081.5 MtCO_2e คิดเป็นร้อยละ 21.36 ของปริมาณการปล่อยรวมทั้งโลก รองลงมาได้แก่ สหรัฐอเมริกา 6,775.4 MtCO_2e รัสเซีย 2,317.3 MtCO_2e อินเดีย 2,304.4 MtCO_2e บราซิล 2,136.2 MtCO_2e ญี่ปุ่น 1,297.8 MtCO_2e อินโดนีเซีย 1,170.0 MtCO_2e เยอรมนี 926.7 MtCO_2e ออสเตรเลีย 736.6 MtCO_2e และอิหร่าน 727 MtCO_2e ตามลำดับประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 24 (379.4 MtCO_2e) คิดเป็นร้อยละ 0.8 ของปริมาณการปล่อยรวมทั้งโลก (กระทรวงพลังงาน, 2556) ต่อมาในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 305.5 MtCO_2e ในจำนวนนี้เป็นภาคเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า การขนส่งและการก่อสร้างที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 222.9 MtCO_2e คิดเป็นร้อยละ 73.0 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจในภาคการผลิตภาคอุตสาหกรรมและการขนส่ง ส่งผลต่อดัชนีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในช่วงปี พ.ศ. 2548–2558 มีดัชนีเท่ากับ 1.09, 1.04, 1.03, 1.02, 1.07, 1.05, 1.07, 1.06, 1.04, 1.08 และ 1.06 ตามลำดับ ถึงแม้ดัชนีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ GDP จะมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แต่ก็อยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548–2558 พบว่าค่าดัชนีเท่ากับ 3.09, 3.08, 3.18, 3.21, 3.28, 3.45, 3.50, 3.73, 3.71, 3.84 และ 3.87 ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2558 ประชากรในประเทศมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เฉลี่ย 3.87 MtCO_2e ต่อคนต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนคนที่เพิ่มขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มากขึ้น ส่งผลกระทบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดในที่ต่าง ๆ สูงขึ้น หรือโลกร้อนขึ้น ทำให้เกิดปัญหาภาวะแห้งแล้ง ขาดน้ำ และยังเป็นปัจจัยเสริมทำให้เกิดปรากฏการณ์โดมความร้อน เกิดภัยพิบัติสืบเนื่องจากภูมิอากาศเช่น การเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศที่ส่งผลกระทบต่อการสูญพันธุ์ของพืชและสัตว์บางชนิดเนื่องจากปรับตัวไม่ทันต่อสถานการณ์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

จากผลกระทบข้างต้น ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต่างเห็นความสำคัญและร่วมมือกันในการป้องกันและแก้ไขปัญหานี้ ภายใตกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change--UNFCCC) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยให้เวลาเพียงพอที่จะทำให้ระบบนิเวศปรับตัวโดยไม่ลดการผลิตอาหารและการพัฒนาทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ประเทศภาคีสมาชิกควรปกป้องระบบภูมิอากาศเพื่อประโยชน์ของมนุษยชาติทั้งในปัจจุบันและอนาคตบนหลักการความเท่าเทียม การรับผิดชอบแตกต่างกันตามความสามารถของแต่ละประเทศ ประเทศอุตสาหกรรมต้องเป็นผู้นำในการต่อสู้กับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ประเทศภาคีควรมีมาตรการป้องกันเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยต้องค้ำค่าในการลงทุนตามความเหมาะสมของแต่ละประเทศ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) ประเทศกำลังพัฒนาต้องจัดทำแผนที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศทุกด้าน (Nationally Appropriate Mitigation Actions--NAMAs) (กระทรวงพลังงาน, 2556)

บทความนี้มุ่งนำเสนอ ความเป็นมาของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หลักการพื้นฐานสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ชนิดของก๊าซเรือนกระจกศักยภาพ

ในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การคัดเลือกวิธีการคำนวณ ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตัวอย่างผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากอุตสาหกรรม หน่วยงานทางราชการและสถาบันการศึกษาสุดท้ายคือตัวอย่างบริษัท และองค์กรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ องค์กร โดยเนื้อหาหลักได้สรุปและเรียบเรียงอ้างอิงมาจาก องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่อยู่ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ความเป็นมาของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ฟุตพริ้นท์ เป็นคำที่แสดงการเปรียบเทียบกับ ทุกก้าวเดินในการทำกิจกรรมของมนุษย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (วาริต เจาะจิตต์, 2556) เริ่มมีการนำหลักการของฟุตพริ้นท์มาใช้เมื่อประมาณ 2 ทศวรรษที่ผ่านมา การศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งเป็น คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และขององค์กร ในบทความนี้ นำเสนอเฉพาะคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่านั้น

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นการประเมิน ด้านสิ่งแวดล้อมที่องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้นำมาใช้ประเมินหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการดำเนินงานของ องค์กรเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้าการจัดการของเสีย และการขนส่ง โดยวัดปริมาณออกมาในรูป ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ประเทศไทย เริ่มจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ องค์กร เมื่อปี พ.ศ. 2554 ในขณะนั้น องค์กรส่วนใหญ่ ยังขาดความรู้และไม่ทราบเทคนิคและวิธีการคำนวณ องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์และแนวทางการประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรม ทั้งการผลิตและการบริการขององค์กร อันจะเป็นการช่วย เสริมสร้างศักยภาพให้กับผู้ประกอบการธุรกิจของไทย สามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก และเป็นการเตรียม ความพร้อมในการจัดทำรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกขององค์กร และการบริหารจัดการการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยสัญลักษณ์หรือฉลาก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ที่มา. จาก องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การ มหาชน), 2560, ค้นจาก <http://www.tgo.or.th>

ขอบเขตการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะ พิจารณาการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือน กระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ การรั่วไหลของสารทำความเย็น ในระบบปรับอากาศ การใช้งานสารดับเพลิง การปล่อยก๊าซ มีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ การปล่อย ก๊าซมีเทนจากการใช้ห้องน้ำ และการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ เฮกซะฟลูออไรด์ เป็นต้น

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จากการใช้พลังงาน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม อื่น ๆ ได้แก่ การใช้ทรัพยากรในหน่วยงาน การใช้ปุ๋ย กาก ของเสียที่นำไปกำจัดแบบฝังกลบในหน่วยงาน การเดินทาง ของผู้บริหารและพนักงานและการขนส่ง เป็นต้นโดย ตัวอย่างการกำหนดขอบเขตการศึกษาขององค์กร เช่น

1. สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (เอกวัฒน์ หวังสันติธรรม, 2557)

ขอบเขตที่ 1 การใช้เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า เครื่องตัดหญ้า และรถยนต์การใช้ก๊าซหุงต้มและ แอลกอฮอล์เหลวสำหรับอุ่นอาหาร การบำบัดน้ำเสีย การใช้

ปุ๋ยเคมี การใช้สารทำความเย็น การใช้สารเคมีดับเพลิง

ขอบเขตที่ 2 ประกอบด้วย การใช้ไฟฟ้า

ขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย การใช้น้ำประปา การเดินทางของพนักงาน การใช้กระดาษ การจัดหาปุ๋ยเคมี

2. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ไพรัช อุสุภรัตน์ และหาญพล พิงค์ศรี, 2557)

ขอบเขตที่ 1 การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง สารทำความเย็น การบำบัดน้ำเสีย การใช้ปุ๋ย ขยะเศษอาหาร

ขอบเขตที่ 2 การใช้ไฟฟ้า

ขอบเขตที่ 3 การใช้ขวดพลาสติกใส (น้ำดื่มโคม) กระดาษ ก๊าซหุงต้ม น้ำประปา น้ำมันเชื้อเพลิง สารเคมี เพื่อการซักล้าง การใช้ปุ๋ย สารทำความเย็น ขยะติดเชื้อ

3. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ธนิศ พูลประทีน, มนตรี สว่างพุกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554)

ขอบเขตที่ 1 การผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ขอบเขตที่ 2 การใช้ไฟฟ้า

ขอบเขตที่ 3 การใช้น้ำประปากระดาษ กระดาษ ขำระ การเดินทาง (ไป-กลับ) การรับประทานอาหารของ นิสิตระดับปริญญาตรี

4. University of Cape Town (Sandra Rippon, 2014)

ขอบเขตที่ 1 การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยาน พาหนะ และก๊าซแอลพีจี

ขอบเขตที่ 2 การใช้ไฟฟ้า

ขอบเขตที่ 3 การใช้เชื้อเพลิง ใช้น้ำ กระดาษ และ ขยะรีไซเคิล เป็นต้น

หลักการพื้นฐานในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย และดูดกลับจากกิจกรรมขององค์กร หรือค่าคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะต้องอยู่บนพื้นฐานของหลักการ ที่สำคัญ 5 ประการได้แก่

1. ความตรงประเด็นสิ่งสำคัญในการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือ การสะท้อนปริมาณ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายใน หรือเกี่ยวข้องกับองค์กรได้อย่างแท้จริง เพื่อนำผลไปใช้ในการกำหนดนโยบายและการวางแผนงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น การใช้ข้อมูลและวิธีการเลือกแหล่งกำเนิด ต้องตรงกับความเป็นจริง โดยต้องเลือกแหล่งปล่อย แหล่งดูดกลับ และแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก วิธีการวัดและคำนวณ ต้องมีความเหมาะสมตรงกับความต้องการของกลุ่ม เป้าหมาย

2. ความสมบูรณ์ปริมาณการปล่อยและดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บรวบรวมหรือประเมินได้ ควรเป็นปริมาณที่มาจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร หรือเกี่ยวข้องกับองค์กร

3. ความไม่ขัดแย้งกันข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บ รวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซ เรือนกระจกที่ได้ ต้องสอดคล้อง เชื่อมโยง สามารถนำมา เทียบเคียงกันได้โดยไม่มี การขัดแย้งกัน

4. ความถูกต้องรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้ได้ มากที่สุดและคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซ เรือนกระจกด้วยวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

5. ความโปร่งใส ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกควรมีปริมาณที่ เพียงพอ เชื่อถือและตรวจสอบได้ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ ในการตัดสินใจด้วยความเชื่อมั่นอย่างสมเหตุสมผล

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกในที่นี้ ได้แก่

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
2. ก๊าซมีเทน (CH_4)
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
4. ก๊าซกลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)
5. ก๊าซกลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)
6. ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)
7. ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คำนวณได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมา และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (Global Warming Potential-GWP 100) ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างค่า GWP 100 ของก๊าซเรือนกระจก เช่น

ก๊าซมีเทน	25
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	298
ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	22,800
ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์	20,700
ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน 23	14,800

ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่า ก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม

การคัดเลือกที่มาของข้อมูล

ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้ทั้งจากการตรวจวัดและการคำนวณ

การตรวจวัดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการการตรวจวัดตามมาตรฐานสากล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง

การคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างแบบจำลอง การทำสมการสมดุลมวล การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การคำนวณจากการใช้ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร มาคูณกับค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกและแสดงผลให้อยู่ในรูปของมวล (ตันหรือ กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม $\times$ ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

หนึ่งสามารถใช้วิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณก็ได้ เช่น นำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยใช้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ และสมการดุลมวลสาร

ตัวอย่างการคำนวณการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ของสำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (เอกวัฒน์ หวังสันติธรรม, 2557) ในส่วนของการใช้น้ำมันดีเซล 357 L ในการผลิตกระแสไฟฟ้าปี พ.ศ. 2556 ค่า Emission Factor ของน้ำมันดีเซล (กรณีการเผาไหม้อยู่กับที่) เท่ากับ $2.7080 \text{ kgCO}_2\text{e/L}$

$\text{kgCO}_2\text{e} = \text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (L) (kg)} \times \text{Emission Factor}$

นั่นคือ $\text{kgCO}_2\text{e} = 357 \times 2.7080 = 966.76 \text{ kgCO}_2\text{e}$

ตัวอย่างค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเชื้อเพลิงเผาไหม้แบบอยู่กับที่

ก๊าซธรรมชาติ $0.0573 \text{ kgCO}_2\text{e/scf}$

ก๊าซ LPG $3.1133 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

เชื้อเพลิงเผาไหม้แบบเคลื่อนที่

น้ำมันแก๊สโซลีน (ไม่ควบคุม) $2.2376 \text{ kgCO}_2\text{e/litre}$

น้ำมันดีเซล $2.7446 \text{ kgCO}_2\text{e/litre}$

การใช้ไฟฟ้า

เครือข่ายประเทศไทย $0.5813 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$

น้ำยาเครื่องปรับอากาศ

R-22 (HCFC-22) $1,810 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

R-134 $1,100 \text{ kgCO}_2\text{e/kg}$

การขนส่งโดยรถบรรทุกและขนส่งประเภทอื่น

รถบรรทุก 4 ล้อเล็ก น้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 7 ตัน ใช้งานปกติเต็มภาระ $0.1402 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm}$

รถบรรทุก 4 ล้อเล็ก น้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 7 ตัน ใช้งานหนักเต็มภาระ $0.1616 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm}$

รถบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 32 ตัน ใช้งานปกติเต็มภาระ $0.0446 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm}$

รถบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 32 ตัน ใช้งานหนักเต็มภาระ $0.0544 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm}$

หมายเหตุ: ข้อมูลสถิติภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรพฤศจิกายน 2558 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

ตัวอย่างผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรประเภทอุตสาหกรรม

1. โรงงานสุรา (นุชนาถ วรารักษ์ประภัทร์, ลำไย นิธิรัตนพันธุ์และเตือนใจ คุณจินดาชาพร, 2557) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร 2 ขอบเขตโดยใช้ปี พ.ศ. 2556 เป็นปีฐาน ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง และขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

ผลการประเมินพบว่าโรงสุราปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 24,859.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e) โดยปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากไบโอจินคัลคาร์บอน (ชีวมวลและก๊าซชีวภาพ) มากที่สุด 20,991.48 tCO_2e รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซทางตรงจากเชื้อเพลิงฟอสซิล 2,010.79 tCO_2e และการปล่อยก๊าซทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,857.41 tCO_2e คิดเป็นร้อยละ 84.44, 8.09 และ 7.47 ตามลำดับ การหมักสำเป็นกิจกรรมหลักที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในองค์กร รองลงมา คือ การผลิตไอน้ำ (จากก๊าซชีวภาพ) การใช้พลังงานไฟฟ้าการผลิตไอน้ำ (จากน้ำมันเตา) และการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ คิดเป็นร้อยละ 62.53, 21.91, 7.47, 3.96 และ 2.26 ตามลำดับ การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมควรเริ่มจากวิธีที่ง่ายและใช้เงินลงทุนน้อย และอาจมีการปรับเปลี่ยนวัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อช่วยประหยัดพลังงาน รวมทั้งการหามาตรการใหม่เพื่อใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยต้องมีการพิจารณาความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ในการดำเนินการด้วย

ตัวอย่างผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรประเภทหน่วยงานทางราชการ

1. สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (เอกวิวัฒน์ หวังสันติธรรม, 2557) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรใน 3 ขอบเขตโดยใช้ปี 2556 เป็นปีฐาน ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

ไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ

ผลการประเมิน พบว่าปี 2556 สำนักฯ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 575 tCO_2e โดยในขอบเขตที่ 2 มีการปล่อยมากที่สุด 355.13 tCO_2e ส่วนขอบเขตที่ 3 และ 1 มีการปล่อย 193.44 และ 26.49 tCO_2e เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายกิจกรรม พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ 355.13 tCO_2e รองลงมา คือ การเดินทางมาทำงานของพนักงาน 187.70 tCO_2e การใช้รถยนต์ขององค์กร 15.04 tCO_2e การใช้สารทำความเย็น 9.5 tCO_2e การใช้น้ำประปา 3.43 tCO_2e และส่วนอื่น 4.71 tCO_2e

2. เทศบาลตำบลนาแก้ว (เทศบาลตำบลนาแก้ว, 2556) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรใน 3 ขอบเขต โดยใช้ปี 2555 เป็นปีฐาน ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงได้แก่ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของเครื่องจักร และ/หรืออุปกรณ์ที่เทศบาลเป็นเจ้าของ เช่น การใช้เครื่องตัดหญ้า เครื่องพ่นหมอกควัน เครื่องสูบน้ำ การใช้รถยนต์ส่วนบุคคลและการใช้เรือการเดินสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน และการจัดการขยะของเทศบาลโดยวิธีการฝังกลบ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในอาคารสำนักงาน และการใช้ไฟฟ้าที่งานประปาหมู่ที่ 1 และหมู่ที่ 9 ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ได้แก่ การเดินทางไป-กลับจากที่พักถึงเทศบาลเพื่อการทำงานของพนักงานโดยรถส่วนตัว การใช้กระดาษในงานสำนักงาน การใช้สารส้มและคลอรีนในงานผลิตประปา และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว) ในการทำปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองปุ๋ย

ผลการประเมินพบว่า เทศบาลปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6,528.23 tCO_2e โดยมีการปล่อยในขอบเขตที่ 1 มากที่สุด เท่ากับ 6435.82 tCO_2e รองลงมาคือขอบเขตที่ 2 เท่ากับ 51.15 tCO_2e และขอบเขตที่ 3 มีการปล่อยน้อยที่สุด เท่ากับ 41.26 tCO_2e

ตัวอย่างผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรประเภทสถาบันการศึกษา

1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต (ไพรัช อุสุภรัตน์ และหาญพล พิงค์ศรี, 2557) ประเมินคาร์บอน

ฟุตพริ้นท์ขององค์กรโดยใช้ปี 2553 เป็นปีฐานแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขต คือ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ครอบคลุมการรั่วไหลของสารทำความเย็น การใช้เชื้อเพลิงในภาควิชาฯ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร ครอบคลุมการใช้พลังงานไฟฟ้าและขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ขององค์กร

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรพบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด เท่ากับ 34,355 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยแบ่งเป็นขอบเขตที่ 1 คิดเป็น 1,693 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขอบเขตที่ 2 คิดเป็น 31,271 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยที่กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91 และขอบเขตที่ 3 คิดเป็น 1,391 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

2. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ชนัท พูลประทีน, มนตรี สว่างพุกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรโดยใช้ปี 2553 เป็นปีฐาน แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขต คือ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ครอบคลุมการรั่วไหลของสารทำความเย็น การใช้เชื้อเพลิงในภาควิชาฯ ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร ครอบคลุมการใช้พลังงานไฟฟ้าและขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ขององค์กร ครอบคลุมการเดินทางไปกลับและการรับประทานอาหารของนิสิตระดับปริญญาตรี การใช้น้ำประปาและการใช้วัสดุจำพวกก๊าซไนโตรเจนเหลวบรรจุท่อของห้องปฏิบัติการส่วนกลาง การใช้กระดาษ A4 80 แกรมและการใช้กระดาษชำระของบุคลากรภาควิชาฯ เป็นต้น

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 1,036.43 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 52.9 รองลงมาเป็นการเดินทางไปกลับและการรับประทานอาหารของนิสิตปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 24.7 และ 21.5 ตามลำดับ

3. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (อิสริ รอดทัศน, 2556) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

โดยใช้ปี 2553 เป็นปีฐาน แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขต คือ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง การเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ การรั่วไหลของสารทำความเย็นและถังดับเพลิง การใช้ปุ๋ยเคมี และการบำบัดน้ำเสีย ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าและขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ขององค์กร

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรพบว่า มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้ง 3 ขอบเขต เท่ากับ 4,640 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขอบเขตที่ 2 ซึ่งเป็นกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 65.37 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

4. สำนักงานคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร (หทัยรัตน์ ปาลาศ, 2558) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ในสำนักงานคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ใช้ปี 2558 เป็นปีฐาน ทำการศึกษา 2 ประเภทพื้นที่ คือ ประเภทห้องสำนักงาน และห้องพักอาจารย์

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรพบว่า ในห้องประเภทสำนักงาน ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงที่สุดที่ระดับ 63.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ในห้องสำนักงานเลขานุการคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (AG1103) ในขณะที่ประเภทห้องพักอาจารย์ ห้องที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงที่สุดคือ ห้อง AG1229 มีค่าเท่ากับ 19.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนของห้องประเภทห้องสำนักงาน พบว่า ห้อง AG1231 (ห้องสำนักงานเลขานุการภาคทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนสูงที่สุด จำนวน 22.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน ประเภทห้องพักอาจารย์ ห้องที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปริมาณ

ที่สูงที่สุด คือ ห้อง AG1229 สูงที่สุดถึง 19.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน

นอกจากนี้มหาวิทยาลัยในต่างประเทศหลายแห่งทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยใช้ปี 2556 เป็นปีฐาน โดยผลการศึกษาพบว่า Arizona State University ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 314,748 tCO₂e University of Maryland 279, 572 tCO₂e, Monash University 196,471 tCO₂e และ University of Cape Town 85,360 tCO₂e ตามลำดับ

(Sandra Rippon, 2014)

ตัวอย่างองค์กรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

ปัจจุบันมีบริษัทและองค์กรที่ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์กับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จำนวน 210 แห่ง (วันที่ 30 ธันวาคม 2559) โดยตัวอย่างภาคอุตสาหกรรมที่ได้รับการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1

ตัวอย่างองค์กรอุตสาหกรรมที่ได้รับการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

ประเภท	ชื่อหน่วยงาน
ผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	บริษัท เอ็นเอ็มบี – มินิแบ ไทย จำกัด (โรงงานบางปะอิน)
ผลิตพลาสติก	บริษัท ไทย เอ็มเอ็มเอ จำกัด โรงงานผลิตแผ่นอะคริลิกแบบต่อเนื่อง
ผลิตไฟฟ้า	บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรี จำกัด (โรงไฟฟ้าราชบุรี)
	บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรี จำกัด (โรงไฟฟ้าไทรเอนเนอจี)
ผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ	บริษัท กัลฟ์ เจพี ซีอาร์เอ็น จำกัด (โรงไฟฟ้าเชิงรอกน้อย)
ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยถ่านหิน	บริษัท บีแอลซีพี เพาเวอร์ จำกัด
ผลิตปิโตรเคมี	บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)
	บริษัท ทีพีซี เพสต์ เรซิน จำกัด
	บริษัท พีทีที ฟีนอล จำกัด
โรงแยกก๊าซธรรมชาติ	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สายงานแยกก๊าซธรรมชาติ (GSP)
ผลิตสี	บริษัท ทีโอเอ เฟ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด
เครื่องดื่ม	บริษัท คอสโมสบริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด
	บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) โรงงานปทุมธานี
	บริษัท หาดทิพย์ จำกัด (มหาชน) โรงงานหาดใหญ่
	บริษัท เอฟแอนด์เอ็น แดรี่ส์ (ประเทศไทย) จำกัด (โรงงานโรจนะ)
อาหาร	บริษัท โออิชิ เทรคคิง จำกัด โรงงานบรรจุแบบหลอดเชื้อ
อาหารสำเร็จรูป	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โรงงานอาหารสำเร็จรูปแปดริ้ว
ผลิตน้ำมันปาล์ม น้ำมันพืช	บริษัท มรกต อินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน)
วิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย)
สถาบันการเงิน	บริษัท ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ อาคาร 1
สำนักงานหลักทรัพย์	สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์
สถาบันการศึกษา	สำนักงานอธิการบดี (ตึก 50 ปี)มหาวิทยาลัยเกษตร

บทสรุป

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสามารถสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในทุกองค์กรที่ทำการประเมิน ไม่ว่าจะเป็นองค์กรขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ต่างปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนด้วยกันทั้งสิ้น สิ่งที่สำคัญคือ เมื่อนำผลประเมินมาวิเคราะห์ จำแนกสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะช่วยให้ได้แนวทางลดกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก หรือใช้อย่างคุ้มค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยความประหยัด หรืออาจนำไปขายเป็นคาร์บอนเครดิต หรือนำไปชดเชยคาร์บอนกับองค์กรอื่นเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพผลจากการควบคุมปริมาณการใช้จากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขต เช่น ลดการใช้ไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำ หรือ

กระดาษ จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อจัดหาลดลงตามไปด้วย จึงเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายขององค์กรได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนี้ แนวทางการลดภาวะโลกร้อนที่ควรนำไปปฏิบัติอย่างจริงจังและต่อเนื่องได้แก่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ใช้ไบโอดีเซลและเอธานอล การปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงาบังแสงแดดรอบอาคาร ติดฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา ฝ้าเพดาน และผนังอาคาร ใช้หลอดประหยัดไฟ และใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ใช้น้ำ ใช้ไฟอย่างประหยัดและใช้อย่างรู้คุณค่า ใช้แสงแดดให้เป็นประโยชน์ และใช้หลัก 3R: Reduce, Reuse, Recycle ลดการใช้ ใช้น้ำ และนำกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นปกติวิสัย



References

- Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2016). *Indicators for emissions of carbon dioxide per gross domestic product*. Retrieved from <http://www.tdri.or.th> (in Thai)
- Jawjit, W. (2013). *Towards sustainable natural rubber industry in Thailand with carbon footprint and water footprint*. Retrieved from <http://romphruekj.krirk.ac.th/books/2556/1/3.pdf> (in Thai)
- Ministry of Energy. (2013). *Full report of the study analyzed data on greenhouse gas emissions in the energy sector conducted by the faculty of engineering, Chiang Mai university*. Retrieved from <http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib15423FinalReport.pdf> (in Thai)
- NakaewMunicipal District. (2013). *Report of carbon footprint*. Retrieved from http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/Sheet%207-1_Nakaew.PDF (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2012). *United Nations framework convention on climate change*. Retrieved from <http://www.onep.go.th> (in Thai)
- Office of Natural Resources & Environmental Policy and Planning. (2015). *Indicators for emissions of greenhouse gases*. Retrieved from <http://www.tdri.or.th> (in Thai)
- Palas, H. (2015). *Assessment of emissions of carbondioxide from electrical energy using in department of faculty of agriculture natural resources and environment, Naresuan university*. Retrieved from http://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2558/nre_2558_018_FullPaper.pdf (in Thai)

- Poonpratin, T., Sawangphruk, M., Mungcharoen, T. (2011). *Analysis of the carbon footprint of the department of chemical engineering at Kasetsart university*. Retrieved from <http://www.chem.eng.psu.ac.th/tiche2011/TCHE/data/paper/thai/tes/poster/tes103.pdf> (in Thai)
- Rippon, S. (2014). *University of Cape town carbon footprint for 2013*. Retrieved from <http://www.sandrariippon.co.za>.
- Rodtusana, I. (2013). *Carbon footprint for organization; Huachiew Chalermprakiet univeristy*. Retrieved from <http://www.thaiscience.info/journals/Article/APER/10888940.pdf> (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2015). *The situation of greenhouse gas*. Retrieved from <http://www.tgo.or.th> (in Thai)
- Usubharatana, P., & Phungrussami, H. (2014). Carbon footprint of organization: Case study for Thammasat university. *Thammasat Journal of Science and Technology*, 22(1), 1-12. (in Thai)
- Wangsantitham, A. (2014). *Carbon footprint of organization of bureau of energy human resource development*. Master of Engineering (Energy and environmental technology management) Thesis, Thammasat University. (in Thai)
- Wararakpraphat, N., Neeratanaphan, L., & Doolgindachbaporn, T. (2014). *Assessment of carbon footprint for organization of Thai white spirit factory*. Retrieved from http://www.journal.msu.ac.th/upload/articles/article166_45920.pdf (in Thai)

