Research Article

Received: February 3, 2020; Accepted: September 17, 2020

คาร์บอนฟุตพรินท์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตพญาไท

Carbon Footprint of Faculty of Public Health, Mahidol University, Phayathai Campus

วริศรา สิขิวัฒน์, วิภาดา ทองหอม, ศุภิสรา แขวงโสภา,
ธนกฤต เนียมหอม และวิธิดา พัฒนอิสรานุกูล*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Warisara Sikiwat, Wipada Thonghom, Supisara Kwangsopa,
Thanakrit Neamhom and Withida Patthanaissaranukool*

Department of Environmental Health Sciences, Faculty of Public Health, Mahidol University,
Rajvithee Road, Ratchathewi, Bangkok 10400

บทคัดย่อ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กรเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน การประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์เป็นขั้นตอนสำคัญที่สามารถนำไปสู่แนวทางในการลดปริมาณการปลดล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในปี พ.ศ. 2561 คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของคณะสาธารณสุขศาสตร์คิดเป็น 1,594 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือ 3.036 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยมีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดจากการใช้ไฟฟ้า การกำจัดมูลฝอยทั่วไป และการใช้น้ำประปา 1,470.97, 30.87 และ 26.13 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็น 92.3, 1.9 และ 1.6 % ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยรายอาคารพบว่าอาคาร 1, 7 และ 6 มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุด 28.6, 20.5 และ 16.5 % ของปริมาณการการปลดปล่อยทั้งหมดในคณะ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใช้พลังงานฟ้าเป็นแหล่งปลดปล่อยที่สำคัญที่สุด ดังนั้นจึงควรมีมาตรการที่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงอย่างจริงจัง เช่น การลดการใช้พลังงาน การใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** withida.pat@mahidol.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2021.51

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพรินท์องค์กร; ก๊าซเรือนกระจก; คณะสาธารณสุขศาสตร์; มหาวิทยาลัยมหิดล

Abstract

Corporate organizations are significant sources of greenhouse gas emission, which is the cause of global warming. Estimation of carbon footprint for organization (CFO) is the practical first step toward creating quantifiable emission reduction of organization operations. Thus, this study was carried out to measure the amount of CFO by calculating greenhouse gas emission in a unit of carbon dioxide equivalent (CO_{2eq}) from the activities of the Faculty of Public Health, Mahidol University. The quantity of energy and resources used in 2018 were multiplied with emission factors to obtain CFO. The result showed that a total greenhouse emission from the Faculty of Public Health was 1,594 ton CO_{2eq}/ year or 3.036 ton CO_{2eq}/ cap. Among the resources used, electricity consumption, solid waste disposal, and water supply consumption were associated with the highest contribution accounting for 1,470.97, 30.87, and 26.13 ton CO_{2eq}/year, respectively. These resources are responsible for 92.3, 1.9, and 1.6 % of total emission, respectively. However, comparing of each building, the 1st, 7th, and 6th building were the major sources of GHGs emission, contributing to 28.6, 20.5, and 16.5 % of total emission, respectively. Since the highest percentage of CFO derived from electricity use, saving energy measures and energy-saving technologies should be seriously taken to help reduce greenhouse gas emission in the Faculty of Public Health, Mahidol University.

Keywords: carbon footprint for organization (CFO); greenhouse gas; Faculty of Public Health; Mahidol University

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งสาเหตุดังกล่าวเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases, GHGs) จากการใช้ทรัพยากรและพลังงานจากกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร [1,2] จากปัญหาดังกล่าวจึงมีข้อตกลงร่วมกันในเวทีระดับโลกหรือเรียกว่าการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 (COP 21) ในปี ค.ศ. 2015 มีเป้าหมายเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 2 องศาเซลเซียส ภายในศตวรรษที่ 21 เมื่อเทียบกับปีฐาน โดยประเทศไทยได้ลงนามและกำหนดเป้าหมายไว้ในข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่จะลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 จากกรณีปกติภายในปี ค.ศ. 2030 [3] ดังนั้นจึงทำให้การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในประเทศต้องเร่งหาแนวทางในการลดการปลดปล่อย GHGs ลง โดยองค์กรเป็นหน่วยงานหนึ่งที่เป็นแหล่งปลดปล่อย GHGs ที่สำคัญ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์หรือองค์กร ซึ่งคำนวณ

ออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์หรือองค์กร [1,2] แนวทางประเมินดังกล่าวทำให้มีนักวิจัยหลายท่านมุ่งศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กรโดยใช้หลักการของคาร์บอนฟุตพรินท์ [4-7] ปัญหาภาวะโลกร้อนที่ทุกคนทั่วโลกได้รับผลกระทบและงานวิจัยต่าง ๆ ที่ชี้ให้เห็นถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร รวมถึงจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ปี พ.ศ. 2560-2564 ในยุทธศาสตร์ที่ 4 เรื่อง การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่อย่างยั่งยืน [8] และนโยบายของมหาวิทยาลัยมหิดลที่มุ่งเน้นการสร้างมหาวิทยาลัยเชิงนิเวศน์ (Eco-university)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและแหล่งการปลดปล่อยหลัก อันนำไปสู่การหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

ขอบเขตการรวบรวมข้อมูล เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยจำนวนนักศึกษาคิดเฉพาะหลักสูตรที่อยู่ในความรับผิดชอบของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก โดยระดับปริญญาตรีคิดเฉพาะนักศึกษาระดับชั้นปีที่ 3-4 ที่ศึกษาอยู่ในเฉพาะวิทยาเขตพญาไทเท่านั้น

2.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแบ่งขอบเขตของการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็น 3 ขอบเขต (รูปที่ 1) ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (direct emission) ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่องค์กรเป็นเจ้าของ การดำเนินกิจกรรมที่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง การใช้แก๊สหุงต้ม การบำบัดน้ำเสีย การเกิดเศษอาหาร และการใช้ปุ๋ยคอกในการบำรุงต้นไม้ ทั้งนี้การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซลและเบนซิน) ในขอบเขตที่ 1 ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยามหิดล เป็นการใช้เฉพาะการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่เท่านั้น ซึ่งใช้สำหรับรถตู้และรถบัสของคณะสำหรับการขนส่งบุคลากรและนักศึกษาในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร

ขอบเขตที่ 2 คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (energy indirect emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า

ขอบเขตที่ 3 คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2 หรือการปลดปล่อยที่สืบเนื่องมาจากกิจกรรมการใช้ขององค์กร แต่แหล่งกำเนิดการปลดปล่อยไม่ได้ถูกควบคุมโดยองค์กร ได้แก่ การใช้กระดาษ การใช้น้ำประปา การใช้ขวดน้ำ การฝังกลบขยะทั่วไป และการใช้สารเคมีเพื่อการซักล้าง

2.3 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการการใช้ทรัพยากรและพลังงานจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ตามขอบเขตในข้อ 2.2 ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในแต่ละขอบเขตแสดงดังตารางที่ 1 โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณได้ดังสมการที่ (1) คือ GHG_s emission = activity data x emission factor โดยที่ GHG_s emission = ปริมาณ

ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากการใช้ทรัพยากรและพลังงานจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร (kg CO_2eq/year) activity data = ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (unit/year) และ emission factor = ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2eq/unit)

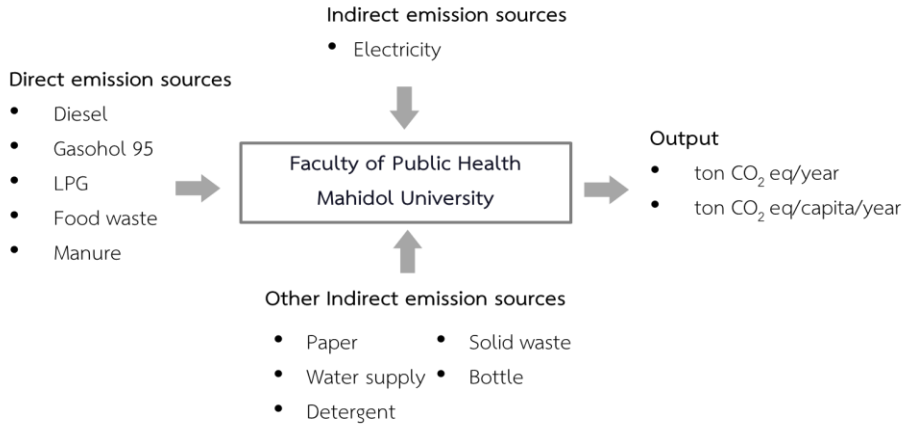

Figure 1 Resources and energy used of the Faculty of Public Health, Mahidol University

Table 1 Resources and energy used in the Faculty of Public Health under the three scopes

Scopes	Resources/energy used and waste generation	Unit	Quantity of resources/energy used and waste generated	
			(Unit/year)	(Unit/cap/year)
Scope 1	Diesel consumption	L	8,358	15.92
	Gasoline consumption	L	616	1.17
	Food waste	kg	468	0.89
	LPG	kg	804	1.53
	Manure	kg	1,224	2.33
	Wastewater	m^3	10,932	20.82
Scope 2	Electricity consumption	kWh	2,103,484	4,006.64
Scope 3	Solid waste disposal	kg	36,655	69.82
	Paper	kg	2,383	4.54
	Water supply consumption	m^3	32,638	62.17
	Bottle	kg	4,443	8.46
	Detergent	kg	1,050	2.00

การพิจารณาด้านน้ำเสียนั้นเป็นการพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบ septic tank ซึ่งพิจารณาจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปของ BOD ดังแสดงในสมการที่ (2) คือ GHGs emission - WW = BOD_L x (0.3 CH_4/kg BOD) x GWP_{CH4} เมื่อ GHG_s emission - ww = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในองค์กร (kg CO_2eq/year) BOD_L = ค่าภาระบรรทุกของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (kg BOD/year) และ GWP_{CH4} = ศักยภาพในการในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของ CH_4 เทียบกับ CO_2 โดยในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณการเกิดน้ำเสียรวม 10,932 ลูกบาศก์เมตร มีค่า BOD ในน้ำเข้าระบบเฉลี่ย 122 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ค่า emission factor ของ IPCC ซึ่งมีค่า 0.3 kg CH_4/kg BOD

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากการใช้ปุ๋ยในองค์กรนั้น คำนวณได้ตามแนวทางของ IPCC ดังสมการที่ (3) คือ GHG_s emission - Fer. = (FSN + FON + FCR) x EFN x (44/28) x GWP_{N2O} เมื่อ GHG_s emission-Fer. = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยภายในองค์กร (kg CO_2eq/year) FSN = ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีที่ใช้ (kg N/ปี) FON = ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในปุ๋ยคอกที่ใช้ (kg N/ปี) FCR = ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในจากเศษวัสดุทางการเกษตรในแปลงปลูก (kg N/ปี) EFN = IPCC emission factor สำหรับไนโตรเจนที่ใส่ (0.01 kg N_2O-N/kg N) และ GWP_{N2O} = ศักยภาพในการในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของ N_2O เทียบกับ CO_2

2.4 การจัดทำรายงาน

การรายงานผลจะจำแนกการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 3 ขอบเขต ตามหัวข้อที่ 2.2

2.5 การประเมินความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอน (uncertainty analysis) จากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นขั้นตอนที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมิน [9] โดยองค์กรสามารถเลือกใช้วิธีการประเมินความไม่แน่นอนตามความเหมาะสม ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) ที่เลือกใช้นั้นสามารถตรวจสอบระดับคุณภาพของข้อมูลโดยการกำหนดระดับคะแนน [6,10] ดังแสดงในตาราง 2 และ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 Matrix of mapping data quality indicator

Scoring of emission factor (E)	Scoring of data quality (Q)		
	Q = 6 Data from continuous monitoring	Q = 3 Data from bills and receipts	Q = 1 Data from assumptions
E = 4 (from direct measurement)	6 x 4 (24)	3 x 4 (12)	1 x 4 (4)
E = 3 (from Thai LCI Database)	6 x 3 (18)	3 x 3 (9)	1 x 3 (3)
E = 2 (from regional level)	6 x 2 (12)	3 x 2 (6)	1 x 2 (2)
E = 1 (EF from international level)	6 x 1 (6)	3 x 1 (3)	1 x 1 (1)

ตารางที่ 3 Uncertainty and data quality levels

levels	Total scores	Descriptions
1	1-6	High uncertainty, low quality of data
2	7-12	Low uncertainty, moderate quality of data
3	13-18	Low uncertainty, high quality of data
4	19-24	Low uncertainty, very high quality of data

Table 4 Greenhouse gases emission of faculty of Public Health under the three scopes

Scopes	Resources/energy used and waste generated	Greenhouse gases emission	
		(Kg CO_2eq/year)	(Kg CO_2eq/cap/year)
Scope 1	Diesel consumption	22,938	43.69
	Gasoline consumption	1,378	2.62
	Food waste	1,184	2.26
	LPG	2,503	4.77
	Manure	57	0.11
	Wastewater	17,918	34.13
Scope 2	Electricity consumption	1,470,966	2,801.84
Scope 3	Solid waste disposal	30,867	58.79
	Paper	4,970	9.47
	Water supply consumption	26,130	49.77
	Bottle	12,820	24.42
	Detergent	2,225	4.24
Total		1,593,958	3,036

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขต

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปี พ.ศ. 2561 คือ 1,593.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 45.98, 1,470.97 และ 77.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็นสัดส่วนการปลดปล่อย 2.88, 92.28 และ 4.83 % ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งองค์กร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยในขอบเขตที่ 1 พบว่าการปลดปล่อยหลักมาจากการใช้น้ำมันดีเซลของรถยนต์ของคณะและการบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นสัดส่วนการปลดปล่อย 49.89 และ 39.97 % ของปริมาณของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมในขอบเขตที่ 1 ตามลำดับ ขณะที่ขอบเขตที่ 2 พบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่ง

ปลดปล่อยหลักของก๊าซเรือนกระจก ส่วนในขอบเขตที่ 3 พบว่าการปลดปล่อยหลักมาจากการกำจัดมูลฝอยทั่วไป การใช้น้ำประปา และขวดน้ำพลาสติก คิดเป็น 40.08, 33.93 และ 16.65 % ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมในขอบเขตที่ 3 ตามลำดับ

3.2 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมขององค์กร

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกิจกรรมของคณะ ในปี พ.ศ. 2561 คือ 1,593.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุดเกิดจากกิจกรรมการใช้พลังงานประเภทไฟฟ้า ซึ่งมีค่า 1,470.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือ 2.801 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี คิดเป็น 92.28 % ของประมาณการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมา คือ การกำจัดมูลฝอยทั่วไปและการใช้น้ำประปา มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 30.87 และ 26.13 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็น 1.94 และ 1.64 % ของปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในองค์กรทั้งหมด ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2

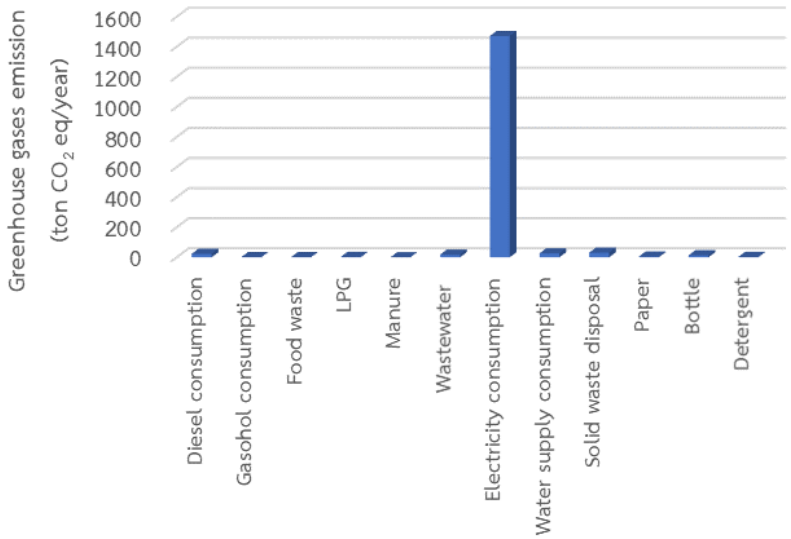

Figure 2 Total greenhouse gases emission from the Faculty of Public Health in 2018

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อคิดต่อจำนวนนักศึกษาในปี พ.ศ. 2561 มีนักศึกษาทั้งหมด 525 คน จะมีค่า 3.036 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อนักศึกษา 1 คน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับองค์กรอื่น ๆ ที่มีการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ พบว่ามีค่าค่อนข้างสูง ดังแสดงให้เห็นในดังตารางที่ 5 โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุด คือ 0.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนักศึกษา 1 คน เนื่องจากการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินท์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการหักลบด้วยค่าการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยต้นไม้ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากภายในคณะ จึงทำให้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิต่อนักศึกษามีค่าที่ค่อนข้างต่ำดังกล่าว [11] อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแหล่งปลดปล่อยหลักของ

ก๊าซเรือนกระจกแต่ละองค์กร พบว่าคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล [4] คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล [12] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [11] มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ [5] มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย [10] และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ [6] ล้วนแต่มีแหล่งปลดปล่อยที่สูงที่สุดมาจากการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 92.3, 79.6, 82.3, 92.1, 62.4, 52.6, และ 78.9 % ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดขององค์กรนั้น ๆ ตามลำดับ ขณะที่มหาวิทยาลัยในต่างประเทศมีค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่างกัน อาจเป็นผลมาจากค่า emission factor ของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ต่างจากประเทศไทย [13] ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและปรับปรุงค่า emission factor ของประเทศให้ครอบคลุมในทุก ๆ ทรัพยากรและพลังงานที่มีการใช้ภายในประเทศ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อองค์กรต่าง ๆ ในการนำไปประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กรได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไป

Table 5 Comparison of greenhouse gases emission from the Faculty of Public Health and other organizations

Organizations	Number of students	Total carbon footprint (ton co_2eq/year)	Carbon footprint per capita (tonco_2eq/cap/year)	Study year	Sources
Faculty of Public Health, Mahidol University	525	1,614	3.036	2561	This study
Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University	-	1,091	-	2553	[4]
Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University	-	2,281	-	2560	[12]
Faculty of Engineering, Kasetsart University	7,428	5,428	0.49	2552-2554	[11]
Chaiyaphum Rajabhat University	6,090	3,469	0.57	2556	[5]
Eastern Asia University	3,449	5,553	1.61	2559	[10]
Thammasat University	21,240	34,354	1.62	2553	[6]
City, University of London	12,861	12,283	0.96	2550	[13]
University of Cape Town	21,175	84,925	4.01	2549	[13]
University of Maryland	36,014	351,145	9.75	2550	[13]

3.3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกรายอาคาร

การปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายอาคาร พบว่าอาคารที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ อาคาร 1 มีค่า 438.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการไฟฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากลักษณะการทำงานของบุคลากรที่ทำงานในอาคาร 1 จำเป็นจะต้องนั่งทำงานอยู่ในบริเวณสำนักงานทั้งวัน จึงทำให้มีการใช้ไฟฟ้ามาถึง 601,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี รองลงมาคือ อาคาร 7 มีค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 314.30 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นหลักเช่นเดียวกับอาคาร 1 โดยอาคาร 7 จะมีลักษณะกิจกรรมส่วนใหญ่เป็นห้องสมุดที่เปิดให้บริการ 6 วันต่อสัปดาห์ อาคาร 2, 3, 4, 5, 6 และ 8 มีค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 105.83, 72.21, 80.57, 88.40, 252.86 และ 180.26 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ

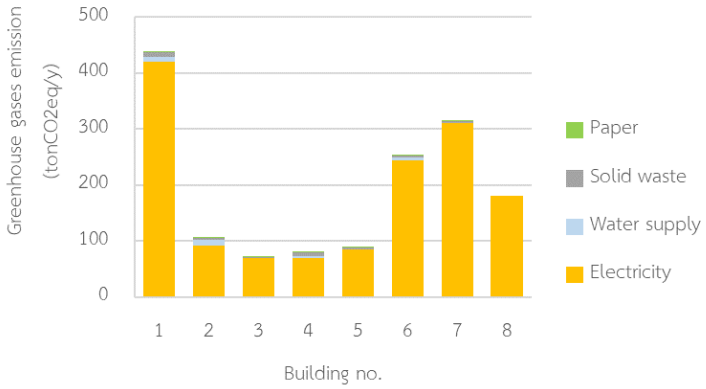

Figure 3 Greenhouse gases emission from the activities of each building

3.4 แนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มหาวิทยาลัยมหิดลได้ดำเนินการเข้าสู่การจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวของ UI Green Metric Ranking ซึ่งผลการประเมินโดยเกณฑ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยมหิดลเป็นสถาบันการศึกษาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในประเทศ ในปี พ.ศ. 2559-2562 โดยจากเกณฑ์ดังกล่าวพบว่ามีการแบ่งหมวดการประเมินเป็น 5 หมวด ได้แก่ (1) setting and infrastructure ซึ่งมุ่งเน้นจำนวนพื้นที่สีเขียวต่อจำนวนนักศึกษาและบุคลากร (2) energy and climate change มุ่งเน้นในการลดปริมาณการใช้พลังงานขององค์กรเป็นหลัก (3) water มุ่งเน้นลดปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ (4) transportation มุ่งเน้นเรื่องของการใช้ระบบรถร่วมสาธารณะ และการลดปริมาณยานพาหนะที่ใช้พลังงานฟอสซิลภายในมหาวิทยาลัยเป็นหลัก และ (5) การจัดการขยะ มุ่งเน้นการคัดแยกขยะและการลดการเกิดขยะ ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นสามารถเป็นข้อมูลให้หน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย เช่น คณะต่าง ๆ นำไปใช้เป็นข้อมูลในการลดการใช้พลังงานและทรัพยากร ดังนั้นจากผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะสาธารณสุขศาสตร์ที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.1-3.3 แนวทางในการลด

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะสาธารณสุขศาสตร์ จึงควรมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงการลดการเกิดขยะ เพื่อให้สอดคล้องตามเกณฑ์ของ UI Green Metric Ranking ดังกล่าว

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเกิดจากการใช้พลังงานประเภทไฟฟ้าคิดเป็น 92.28 % จากปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด รองลงมา คือ การกำจัดมูลฝอยทั่วไปคิดเป็น 1.94 % และการใช้น้ำประปาคิดเป็น 1.64 % จากปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด ข้อมูลดังกล่าวจึงนำไปสู่การเสนอใช้มาตรการต่าง ๆ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยผู้วิจัยขอยกตัวอย่างมาตรการในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งคณะสาธารณสุขศาสตร์เริ่มมีนโยบายในการดำเนินการ ดังนี้

3.4.1 มาตรการปรับเปลี่ยนเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ

การกำหนดให้ห้องเรียนปรับเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ จากเดิม 08:30-16:30 น. (8 ชั่วโมง) เป็น 08:30-15:45 น. (7.25 ชั่วโมง) การปรับระยะเวลาใช้เครื่องปรับอากาศในห้องเรียนดังกล่าวจากเดิมปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศต่อห้องเรียน 1,488 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1,041 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน หลังจากลดระยะเวลาการใช้งานเป็น 7.25 ชั่วโมง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศจะลดลงเหลือ 1,349 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน หรือคิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 943.36 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน ซึ่งลดลงจากเดิม 9.4 % (รูปที่ 4) และหากปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวจะทำให้คณะสาธารณสุขศาสตร์สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าจากการใช้ห้องเรียน 1 ห้อง ลง 615 บาทต่อเดือน

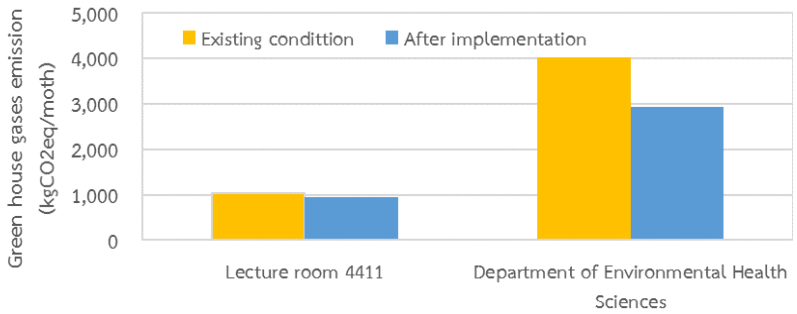

Figure 4 Comparison of greenhouse gases emission between existing condition and after the mitigation implementation for electricity saving

นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศของสำนักงานหรือแต่ละภาควิชา จากเดิม 08:00-19:00 เป็น 08:00-16:00 น. ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าเดิม 5,756 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน ลดลงเหลือ 4,186 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน และปริมาณการปล่อยก๊าซอนกระจกลงลงจาก 4,025 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน ลดลงเหลือ 2,927 กิโลกรัมคาร์บอนได

ออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน ซึ่งลดลงจากเดิม 27.27 % ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งหากปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวจะทำให้ภาควิชาประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 6,940 บาทต่อเดือน

3.4.2 มาตรการลดการเกิดขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง

เมื่อนำมาตรการการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติกหรือพลาสติกประเภทอื่นแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งมาปฏิบัติภายในคณะ ทำให้ลดปริมาณการเกิดขยะถุงพลาสติกจากเดิมที่มีปริมาณ 633.6 กิโลกรัมต่อปี ลดลงเหลือ 559.91 กิโลกรัมต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเดิม 824 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ลดลงเหลือ 728 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (รูปที่ 5)

3.4.3 แนวทางการลดการใช้น้ำประปา

แนวทางการลดการใช้น้ำประปา เช่น การเปลี่ยนโถสุขภัณฑ์จากเดิมที่มีการใช้น้ำ 9 ลิตร เป็น 3.25 ลิตร ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำประปาได้ 63.89 % จากปริมาณการใช้น้ำเดิม โดยข้อมูลจากปริมาณการใช้น้ำเดิมของคณะ คือ 32,638 ลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อปรับเปลี่ยนตามมาตรการโดยเปลี่ยนโถสุขภัณฑ์ในบางอาคารที่มีปริมาณการใช้น้ำสูง (เช่น อาคาร 2-8) ทำให้ปริมาณการใช้น้ำประปาลดลงเหลือ 18,453 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งลดลง 43.5 % จากปริมาณการใช้น้ำเดิม และปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงดังกล่าวทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำลดลงจากเดิม 26.13 เหลือ 14.77 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

3.5 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน

ผลการประเมินความไม่แน่นอนของพบว่าระดับคุณภาพของของข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ 2 (ตารางที่ 6) อธิบายได้ว่ามีความไม่แน่นอนเล็กน้อย ซึ่งคุณภาพของข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง สาเหตุที่ทำให้การประเมินและจัดการความไม่แน่นอนได้คะแนนในระดับ 2 เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการจัดทำค่า emission factor ที่ครอบคลุมเพียงพอในทุกกิจกรรม ดังนั้นค่า emission factor บางตัว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าในระดับสากล

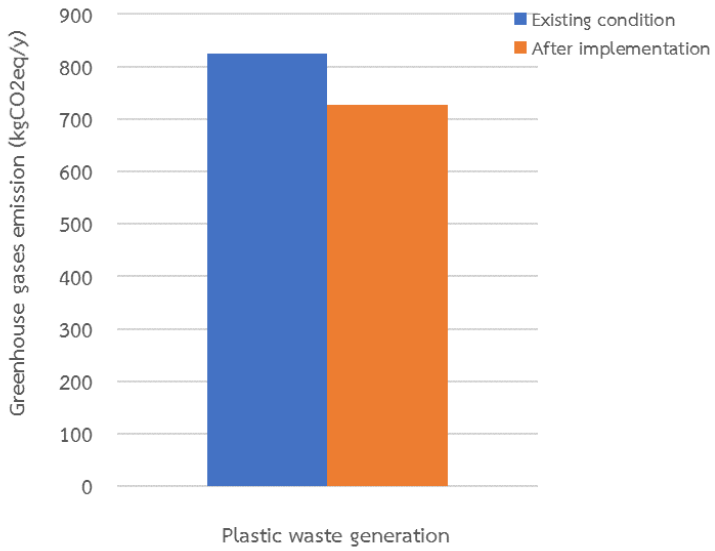

Figure 5 Comparison of greenhouse gases emission between existing condition and after the mitigation implementation for plastic waste reduction

Table 6 Uncertainty analysis

Scopes	Resources and energy used	Data sources	Sources of Emission factors	Data quality (Q)	Scoring of EF (E)	Q x E	Quality levels
Scope 1	Diesel	invoice	TGO [14]	3	3	9	2
	Gasoline	invoice	TGO [14]	3	3	9	2
	Food waste	Estimation	TGO [14]	1	3	3	1
	LPG	invoice	TGO [14]	3	3	9	2
	Manure	invoice	IPCC [15]	3	3	9	2
	Wastewater	Continuous data	IPCC [16]	6	1	6	1
Scope 2	Electricity consumption	Electricity bill	TGO [14]	3	3	9	2
Scope 3	Solid waste disposal	Estimation	http://www.carbon neutralcalator.com	3	1	3	1
	Paper	invoice	TGO [14]	3	3	9	2
	Water supply consumption	Water supply bill	TGO [14]	3	3	9	2
	Bottle	Estimation	TGO [14]	1	3	3	1
	Detergent	invoice	TGO [14]	3	3	9	2

4. สรุป

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและพลังงานของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปี พ.ศ. 2561 คือ 1,693.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และเมื่อนำมาคำนวณเป็นสัดส่วนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษาภายใต้หลักสูตรที่อยู่ในความรับผิดชอบของคณะสาธารณสุขศาสตร์ คิดเป็น 3.036 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า การกำจัดมูลฝอยทั่วไป และการใช้น้ำประปา 1,470.97 , 30.87 และ 26.13 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็น 92.28, 1.94 และ 1.64 % ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายอาคาร พบว่าอาคาร 1, 7 และ 6 มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดคิดเป็น 26.81, 20.50 และ 16.50 % ของปริมาณการการปลดปล่อยทั้งหมดในองค์กรตามลำดับ

ข้อมูลดังกล่าวทำให้มีการเสนอมาตรการการปรับลดปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 3 อับดับแรกที่เกิดขึ้นภายในคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้แก่ มาตรการการปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศของห้องเรียน ภาควิชา และสำนักงานต่าง ๆ โดยการดำเนินการตามสภาวะการณ์ดังกล่าวพบว่าแต่ละ

ห้องเรียนและภาควิชาสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าลงจากเดิม 9.4 และ 27.3 % ตามลำดับ นอกจากนี้มาตรการส่งเสริมให้นักศึกษาและบุคลากรลดการเกิดขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว โดยการใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ใช้แก้วน้ำพกพาแทนการใช้แก้วพลาสติก ใช้ภาชนะใส่อาหาร เช่น ปิ่นโต กล่องข้าว แทนการใช้กล่องพลาสติกและกล่องโฟม ซึ่งหากดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวจะส่งผลให้คณะสาธารณสุขศาสตร์สามารถลดปริมาณขยะถุงพลาสติกลง 11.63 % และมาตรการการในการประหยัดการใช้น้ำประปา เช่น การเปลี่ยนโถสุขภัณฑ์จากเดิมที่มีการใช้น้ำ 9 ลิตร เป็น 3.25 ลิตร จะทำให้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำลง 43.5 % จากปริมาณการใช้น้ำเดิมขององค์กร ดังนั้นคณะสาธารณสุขศาสตร์จึงควรพิจารณามาตรการหรือแนวทางในการลดการใช้พลังงานและทรัพยากร โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า พร้อมทั้งส่งเสริมให้บุคลากรและนักศึกษาดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์ต่อไป นอกจากนี้ควรมีระบบรองรับในการติดตามตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรแต่ละชนิดที่อยู่ภายใต้ขอบเขตการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวนอกจากช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงแล้ว ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายให้กับองค์กรจากการลดการใช้ทรัพยากรและพลังงานลง อีกทั้งข้อมูลดังกล่าวยังช่วยสนับสนุนให้มหาวิทยาลัยมหิดลในการประเมินด้านความยั่งยืนของสถาบันการศึกษาตามเกณฑ์ UI Green Metric Ranking ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณบดี รองคณบดี และเจ้าหน้าที่ฝ่ายงานกายภาพ สิ่งแวดล้อม และความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่จำเป็นในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย งานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล Protocol no. 162/2562

6. References

[1] Thailand Greenhouse Gas Management Organizaton, Guildline of Carbon Footprint of Organization, Available Source: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/download/ts_2608b93bf5.pdf, January 31, 2020. (in Thai)

[2] European Commission DG Environment, 2010, Product Carbon Footprinting – a study on methodologies and initiatives, Ernst & Young and Quantis for European Commission (DG ENV), 307 p.

[3] Department of Environmental Quality Promotion, United Nations Framework Convention on Climate Change: COP 21 and role of Thailand, Ministry of Natural Resource and Environment, Bangkok. (in Thai)

[4] Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajaroen, R. and Buadit, T., 2013, Carbon footprint of faculty of Environment and Resource studies, Madidol University, Salaya Campus, Thailand, APCBEE Proc. 5: 175-180.

[5] Sudha, S. and Dussadeeporn, H., 2019, Carbon footprint of an organization case study of Chaiyaphum Rajabhat University, Eng. J. Chiangmai Univ. 26: 227-233. (in Thai)

[6] Usubharatana, P. and Phungrussami, H., 2014, Carbon footprint of organization: Case study for Thammasat University, Thai Sci. Technol. J. 22(1): 1-12. (in Thai)

[7] Ridhosari, B. and Rahman, A., 2019, Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability, J. Cleaner Prod. 246: 119-172

[8] Office of the National Economics and Social Development Council, 12th National Economic and Social Development Plan 2017-2021.

[9] Kuo, T.C., Huang, M.L., Chia Wei Hsu C.W., Lin C.J., Hsieh C.C. and Chih-Hsing Chu C.H., 2015, Application of data quality indicator of carbon footprint and water footprint, Int. J. Precis. Eng. Manufact. Green Technol. 2: 43-50.

[10] Maimun, T., Teekasap, S., Sareephatta nanon, A. and Rattanatai, B., 2018, Organization carbon footprint assessment of Eastern Asia University, EAU Herit. J. Sci. Technol. 12(2): 195-209. (in Thai)

[11] Sukanan, C., 2012, Carbon Footprint for Organization and Reduction of Green house Gases Emission for Faculty of Engineering, Kasetsart University, Master's Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 114 p. (in Thai)

[12] Lohphueng, S. and Vorachakwanichakul, T., Summary of the Emission and Absorp tion of Greenhouse Gases of Faculty of Tropical Medicine, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Available Source: https://op.mahidol.ac.th, January 31, 2020. (in Thai)

[13] Letete, T., Mungwe, N., Guma, M. and Marquard, A., 2010, University of Cape Town Carbon Footprint, Cape Town, 2010, 31 p.

[14] TGO (Thailand Greenhouse Gas Manage ment Organizaton), 2019, Emission Factor (update February 2019), Available Source: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.ph p?lang= TH&mod= YjNKbllXNXBlbUYwYVc 5dVgyVnRhWE56YVc5dQ, February 28, 2020. (in Thai)

[15] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Intergovernmental Panel on Climate Change.

[16] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, IPCC Fourth Assessment Synthesis Report: Climate Change 2007, Cambridge University Press, Cambridge.