การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษาเทศบาลตำบลภาชี

The Assessment of Community Scale Greenhouse and Reducing the Greenhouse Gas Emissions of the study case in Phachi Municipality

พันโท ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.การุณย์ ชัยวณิชย์
Lieutenant Colonel Assistant Professor Dr. Karun Chaivanich

กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
นครนายก 26001 ประเทศไทย
Department of Ordnance Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy, Nakhonnayok, 26001, Thailand
E-mail : kchaivanich@gmail.com
(Received: April 15, 2021, Revised: July 15, 2021, Accepted: August 3, 2021)

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลตำบลภาชี และพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ซึ่งพิจารณาตามแนวทางคู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก จากการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองในปี พ.ศ. 2563 พบว่า เทศบาลตำบลภาชีมีปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ เท่ากับ 24,557.51 tCO_2eq ในการดำเนินการพยากรณ์ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 26,788.54 tCO_2eq โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องทำการลดให้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน) จากผลการประเมินมาตรการและแนวทางเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของแนวทางและเทคโนโลยีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 5 มาตรการและแนวทาง พบว่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายของโครงการในปี พ.ศ. 2573 ได้แก่ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 1 kWp จะมีค่าเท่ากับ -2,362.26 tCO_2eq การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 5 kWp จะมีค่าเท่ากับ –1,566.57 tCO_2eq การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED จะมีค่าเท่ากับ -120.65 tCO_2eq การผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF จะมีค่าเท่ากับ -1,250.45 tCO_2eq และการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ ผลการประเมินต้นทุนหน่วยสุดท้ายความเหมาะสมแก่การลงทุนของแต่ละเทคโนโลยี โดยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 1 kWp สามารถสร้างผลกำไรและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในเวลาเดียวกัน รองลงมาคือ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 5 kWp การผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED และการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การปล่อยก๊าซเรือนกระจก, การพยากรณ์, การประเมินต้นทุนหน่วยสุดท้าย, โซลาร์รูฟท็อป, การผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ

Abstract : This research aimed to assess the amount of Community Scale Greenhouse Gas in Phachi Municipality and to predict the Community Scale Greenhouse Gas Emission, which followed the handbook of Greenhouse gas reduction to low carbon city project of Thailand Greenhouse Gas Management Organization. According to the study of Community Scale Greenhouse Gas Emission in 2020, it was found that Phachi Municipality had Greenhouse Gas Emission from various activities at 24,557.51 tCO_2eq. For the prediction of Greenhouse Gas Emission in 2030 is at 26,788.54 tCO_2eq. The goal was to reduce 20 percentage of Greenhouse Gas Emission, according to the emission in 2020 (base year). According to the assessment of measures and how to reduce the emission by analyzing marginal cost and assistive technology to help reduce the gas, it was found that marginal cost of the project in 2030 will be the installation of 1 kWp solar rooftop, which is equal to 2,362.26 tCO_2eq. While the 5 kWp solar rooftop is equal to –1,566.57 tCO_2eq. Switching from fluorescent light bulb to LED will be -120.65 tCO_2eq. To produce Refuse Derived Fuel : RDF will equal to -1,250.45 tCO_2eq and the Water Management in Paddy Field for Reduction of Environmental Impacts on Methane requires no budget. The result of the assessment of marginal cost with suitable investment in technology is by installing 1 kWp solar rooftop. That can make profit and reduce the gas emission at the same time. The next choice is to install 5 kWp solar rooftop, produce Refuse Derived Fuel, use LED light instead of fluorescent T8 and Water Management in Paddy Field for Reduction of Environmental Impacts on Methane, respectively.

Keywords: Greenhouse Gas Emission, Forecasting, Marginal Abatement Cost, Solar Rooftop, Refuse Derived Fuel

1. บทนำ

ปัญหาโลกร้อน (Global Warming) เป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศต้องช่วยกันแก้ไข การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกในแต่ละปี ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม [1] โดยสาเหตุสำคัญเกิดจากการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม ด้านการคมนาคม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือยเพื่ออำนวยความสะดวก และตอบสนองความต้องการของมนุษย์ การดำเนินกิจกรรมหลายด้านก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) การใช้ปุ๋ยทำให้เกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นต้น ประเทศหลายประเทศได้มีความเห็นที่สอดคล้องกันว่าจะต้องหามาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและ มีการสร้างข้อตกลงร่วมกันเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)

ปัญหาโลกร้อนจึงเป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ทุกภาคส่วนต้องร่วมมือช่วยกันแก้ไขและประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งของประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (United Nation Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ที่ต้องร่วมรับผิดชอบในการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศตามขีดความสามารถที่จะช่วยเหลือจัดการเกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน เพื่อกำหนดให้เป็นพันธะกิจกับประเทศภาคีอนุสัญญาในการลดก๊าซเรือนกระจกลงตามเป้าหมาย

ประเทศไทยกับมาตรการการขับเคลื่อนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) สอดคล้องกับการกำหนดแนวทางในการพัฒนาประเทศ ภายหลังจากคณะรัฐมนตรีเข้าร่วมประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP21) ณ กรุงปารีส เมื่อปลายปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา ได้นำนโยบายจากมติที่ประชุมที่มีเป้าหมายในการรักษาระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส ด้วยการจำกัดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อลดความเสี่ยงจากผลกระทบรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศประเทศไทยมีการกำหนดเป้าหมายไว้ว่าจะลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 20-25 ภายในปี พ.ศ. 2573 มุ่งเน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน ในแผนพลังงานประเทศให้มากขึ้น และการขับเคลื่อนตามเป้าหมายของแผนอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2558–2579 [2]

“เมือง” ถือเป็นภาคส่วนสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 70 ของการใช้พลังงานของโลกที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก พบว่าเป็นการใช้พลังงานจากเมือง นอกจากนี้ยังพบว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความต้องการในการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันของประชากรในเขตเมืองและในอนาคตปริมาณก๊าซเรือนกระจกก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวของเมือง และเป็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นในแทบทุกประเทศ การลดก๊าซเรือนกระจกในเขตเมืองจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ควรมองข้ามประกอบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555–2559) ให้ความสำคัญต่อเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และระบุอย่างชัดเจนที่จะมีการปรับกระบวนทัศน์การพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศ [3] งานวิจัยนี้เพื่อเตรียมพร้อมไปสู่การเป็น“เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ” และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ถ้า“เมือง”ทราบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขต

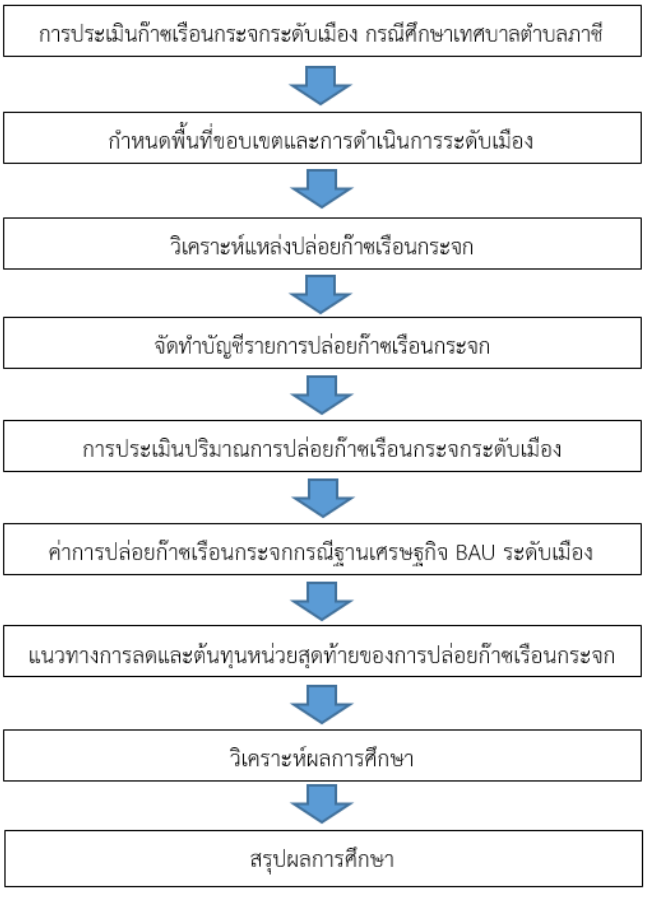
ของเมืองได้ก็จะสามารถกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองและเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชี

3. วิธีดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนวิธีการศึกษาการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลตำบลภาชีมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกำหนดขอบเขตขององค์กรการดำเนินการระดับเมืองตามผลการสำรวจแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเขตการปกครองของเทศบาลตำบลภาชี ระหว่างเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2563 ถึง ธันวาคมปี พ.ศ. 2563

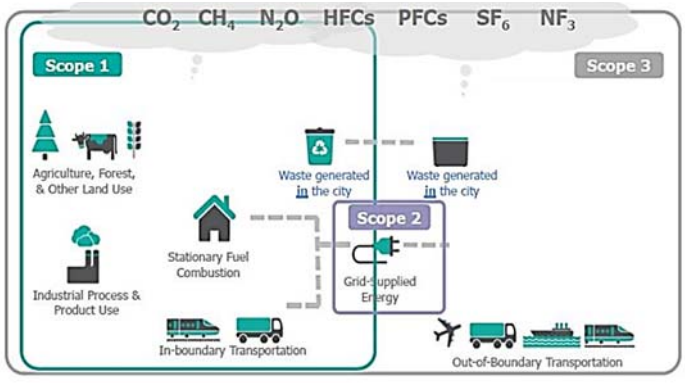
3.2 ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลภาชีมีขนาดพื้นที่ประมาณ 7.47 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ถือครอง 4,741 ไร่ พื้นที่ทำการเกษตร 1,674 ไร่ จำนวนประชากร 5,354 คน จำนวนครัวเรือน 2,540 หลังคาเรือน ความหนาแน่นของประชากร 731.59 คนต่อตารางกิโลเมตร

3.3 การวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะต้องมีการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับบริบทของเมืองเทศบาลตำบลภาชีตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ดังภาพที่ 2 และสามารถแบ่งออกได้ 3 ขอบเขต โดยมีรายละเอียดดังนี้ [4]

3.3.1 ขอบเขตที่ 1 ประเภทกลุ่มการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ และกลุ่มการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ก๊าซ LPG การขนส่ง เป็นต้น กลุ่มการจัดการของเสีย ได้แก่ การจัดการของเสียด้วยวิธีฝังกลบหรือเทกองและการจัดการน้ำเสีย กลุ่มเกษตรและป่าไม้ ครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรเพาะปลูกข้าวและการเลี้ยงสัตว์

3.3.2 ขอบเขตที่ 2 ประเภทการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) จากการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.3.3 ขอบเขตที่ 3 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) อื่นๆ ที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตการปกครองของเมือง แล้วนำไปภายนอกขอบเขตการปกครอง



ภาพที่ 2 กิจกรรมและขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง [4]

3.4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ดังสมการที่ (1) [5]

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

GHG_i คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)

A_i คือ ข้อมูลกิจกรรม (unit)

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงจากคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก [5] โดยต้องทำการวางแผนและออกแบบบัญชีรายการที่ต้องการเพื่อให้สะดวกในการจัดหาข้อมูลให้ได้ครบถ้วน โดยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ ($kg\ CO_2eq/unit$)	แหล่งข้อมูล
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงของเมือง			
1. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบอยู่กับที่			
- น้ำมันดีเซล	Lite	3.883	[6]
- น้ำมันเบนซิน	Lite	2.1951	[6]
- ก๊าซหุงต้ม (LPG)	kg	3.1133	[7]
- ถ่านหุงต้ม	kg	3.4039	[6]
2. การเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่			
- น้ำมันดีเซล	Lite	2.7446	[8]
- น้ำมันเบนซิน	Lite	2.2376	[4]
- แก๊ซโซฮอล์	Lite	2.2376	[4]
- ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	Lite	1.7226	[4]
- ก๊าซธรรมชาติ	Lite	2.4472	[4]
3. การจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสีย			
- การจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย	kg	0.0079	[9]
- การรวบรวมน้ำเสียชุมชน	m^3	0.0101	[9]
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน			
การใช้พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.5813	[10]
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ			
-	-	-	-

3.5 การกำหนดปีเป้าหมายสำหรับลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้รูปแบบ Single - year goal เป็นการกำหนดปีเป้าหมายเพียงปีเดียว ซึ่งก๊าซเรือนกระจกจะลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน) [4]

3.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองในกรณีเศรษฐกิจปกติ (Business as Usual: BAU) ดำเนินการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 – 2573 เพื่อหาแนวทางสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชี โดยใช้มาตรการและแนวทางการสนับสนุนของเทคนิคและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการลดก๊าซเรือนกระจก

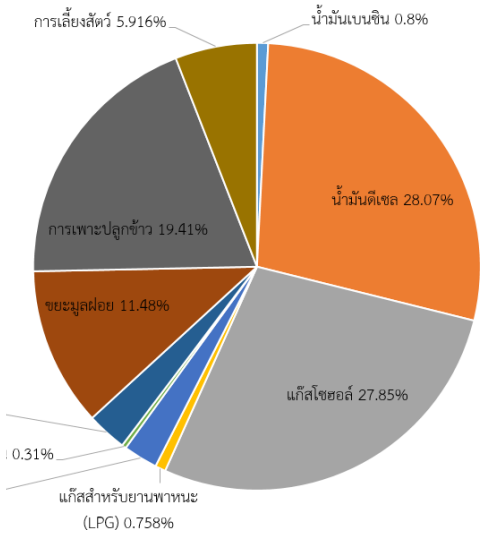
4. ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อย GHG เทศบาลตำบลภาชี ในปี พ.ศ. 2563

ขอบเขต	ประเภท	รายการ	ปริมาณ GHG (tCO_2eq)	สัดส่วน (%)
1	การเผาไหม้แบบอยู่กับที่และการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่	น้ำมันเบนซิน	82.00	0.33
		น้ำมันดีเซล	2,863.27	11.659
		แก๊สโซฮอล์	2,841.75	11.57
		แก๊สยานพาหนะ (LPG)	77.39	0.32
		แก๊สใช้ในครัวเรือน(LPG)	253.64	1.03
		ถ่านไม้และฟืน	31.92	0.13
	การจัดการของเสีย	น้ำเสีย	295.54	1.2
		ขยะมูลฝอย	1,171.25	4.77
	การเกษตรและปศุสัตว์	เพาะปลูก (ข้าว)	1,980.48	8.06
		การเลี้ยงสัตว์	603.50	2.46
	รวมขอบเขตที่ 1		**10,200.26**	**41.536**
2	บ้านอยู่อาศัย		6,817.26	27.76
	สถานธุรกิจและอุตสาหกรรม		7,054.84	28.73
	ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร		350.12	1.43
	การใช้ไฟฟ้าแบบอื่นๆ		135.04	0.55
	รวมขอบเขตที่ 2		**14,357.25**	**58.46**
3	อื่นๆ	-	-	-
	รวมขอบเขตที่ 3		**-**	**-**
รวมขอบเขต 1 2 3			**24,557.51**	**100**

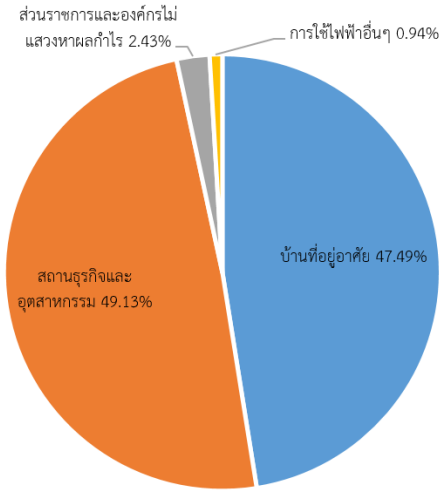
4.1 ผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลตำบลภาชี ตามแนวทางการจัดทำคู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำทั้ง 3 ขอบเขต [4] พบว่าในปี พ.ศ. 2563 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมารวมทั้งสิ้น 24,557.51 tCO_2eq โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

4.1.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 1 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 10,200.26 tCO_2eq คิดเป็น 41.536 % โดยมีกิจกรรมที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจาก กลุ่มการใช้พลังงานเชื้อเพลิงแบบการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่และการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ และกลุ่มเกษตรและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสุดท้ายมาจากการจัดการของน้ำเสีย โดยมีสัดส่วนดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สัดส่วนการปล่อย GHG จากกิจกรรมในขอบเขตที่ 1

4.1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 2 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 10,200.26 tCO_2eq คิดเป็น 58.46 % โดยมีกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าภายในเขตการปกครอง โดยมีสัดส่วนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สัดส่วนการปล่อย GHG จากกิจกรรมในขอบเขตที่ 2

4.2 การคาดการณ์ปริมาณการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปีฐานปี พ.ศ. 2563 ถึงปี พ.ศ. 2573 โดยตัวแปรในการพยากรณ์คำนวณจากผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดต่อหัวประชากรคูณกับประชากรในเขตเทศบาลที่สร้างรายได้ โดยกำหนดอายุตั้งแต่ 15 ปี จนถึง 60 ปี ตามกฎหมายแรงงานห้ามมิให้นายจ้าง จ้างเด็กต่ำกว่าสิบห้าปีเป็นลูกจ้างและเกษียณอายุงานที่อายุ 60 ปี [11] ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกย้อนหลังสามารถพยากรณ์จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) ดังสมการที่ (2) [12]

$$Y = \beta_0 + \beta_1 + X_i + \varepsilon_i \qquad (2)$$

Y คือ ตัวแปรตาม เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X

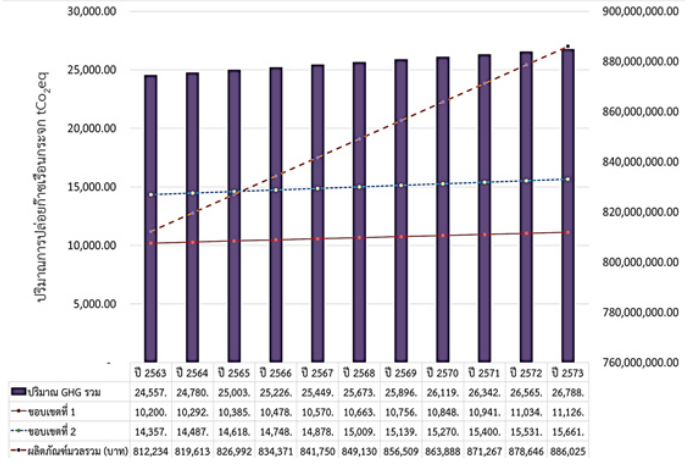
X คือ ตัวแปรอิสระ

β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y หรือ Y คือค่าของ เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

β_1 คือ ค่าความชันของเส้นตรงเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y

โดยคิดว่าเมื่อเศรษฐกิจของเมืองมีการเติบโตเพิ่มขึ้น ความต้องการในการใช้พลังงานก็เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเติบโตเศรษฐกิจของเมือง ซึ่งจากการศึกษา พบว่ามีปริมาณการปลดปล่อย 24,557.51 tCO_2eq และในปี พ.ศ. 2573 มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเป็น 26,788.54 tCO_2eq ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แนวโน้มการปล่อย GHG จากการพยากรณ์ในกรณี BAU ในปี พ.ศ. 2563-2573

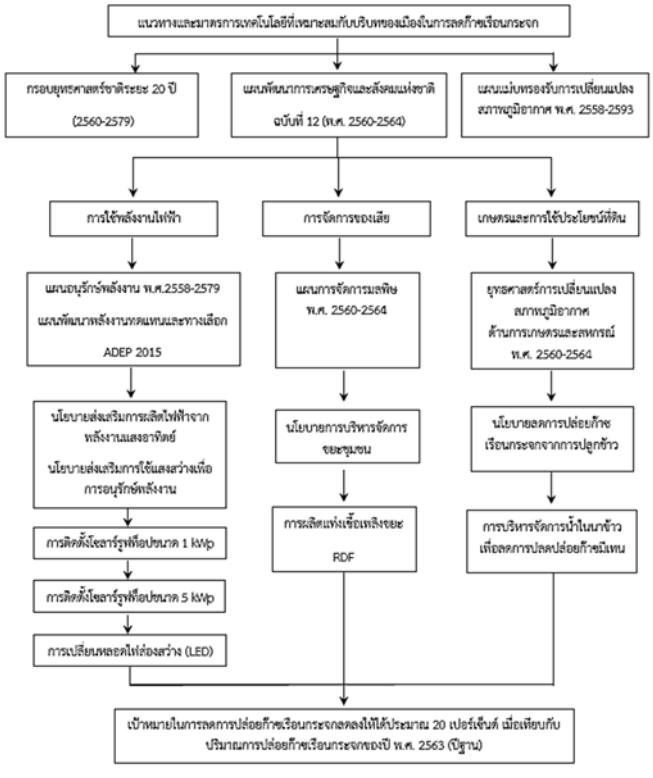
4.3 แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบริบทของเทศบาลตำบลภาชี ดังภาพที่ 6 มีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 ขั้นตอนการตอบสนองนโยบายและการสนับสนุนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเมือง บทบาทและความเชื่อมโยงของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเมืองทั้งภาครัฐและเอกชน ประกอบด้วยภาครัฐในระดับกระทรวง จังหวัด องค์การบริหารส่วนจังหวัด

4.3.2 ขั้นตอนการประเมินเทคนิคของเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของเมืองในการลดก๊าซเรือนกระจกทรัพยากรและความสามารถของเมืองที่สามารถนำมาใช้ในการดำเนินการตามมาตรการและกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทคโนโลยีที่

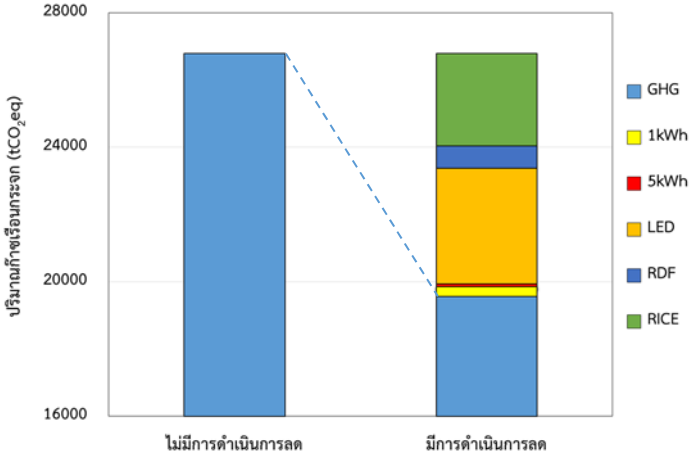
ช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชี

4.3.3 ในการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้พิจารณาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้สอดคล้องกับระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [13] ซึ่งมีโครงการพัฒนาพลังงานทางเลือก โครงการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน โครงการจัดการขยะมูลฝอยจำนวน 5 มาตรการและแนวทาง



ภาพที่ 6 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกตามบริบทของเมือง

4.4 ข้อมูลปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมาตรการและแนวทางที่สามารถลดได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน) ซึ่งผลการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยีที่จะนำมาช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2573 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการและแนวทางของเทศบาลตำบลภาชี

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564-2573 โดยใช้แนวทางทั้ง 5 มาตรการของการใช้เทคโนโลยีและกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (PV Solar Rooftop) ของที่พักอาศัยขนาด 1 kWp จำนวน 100 หลังคาเรือน [14] ลดการปล่อยก๊าซกระจกได้ 291.5 tCO_2eq การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (PV Solar Rooftop) ของอาคารจอดรถให้แก่สำนักงานเทศบาล หน่วยงานของรัฐขนาด 5 kWp จำนวน 3 สถานที่ [15] ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 90.1 tCO_2eq การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED 1 หลอด จำนวน 500 หลังคาเรือน [16] ลดการปล่อยก๊าซกระจกได้ 3,432.55 tCO_2eq การผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF จำนวน 2 ตันต่อวัน [17] ลดการปล่อยก๊าซกระจกได้ 666.6 tCO_2eq และการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน จำนวน 837 ไร่ [18] ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2,747.35 tCO_2eq จาก 5 มาตรการดังกล่าว สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชีเท่ากับ 7,228.1 tCO_2eq เมื่อรวมกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พยากรณ์ได้ในปี พ.ศ. 2573 คิดเป็น 20.348 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน)

4.5 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยวิธีการคำนวณต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) ซึ่งเป็นดัชนีตัวหนึ่งที่มีความสามารถในการประเมินทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน ดังสมการที่ 3 [19] และดังภาพที่ 8

$$MAC = \left(\frac{(IC_t + OM_t + \sum CC_t - S_t)}{AEF} \right) \quad (3)$$

MAC คือ ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของโครงการหรือเทคโนโลยี (บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

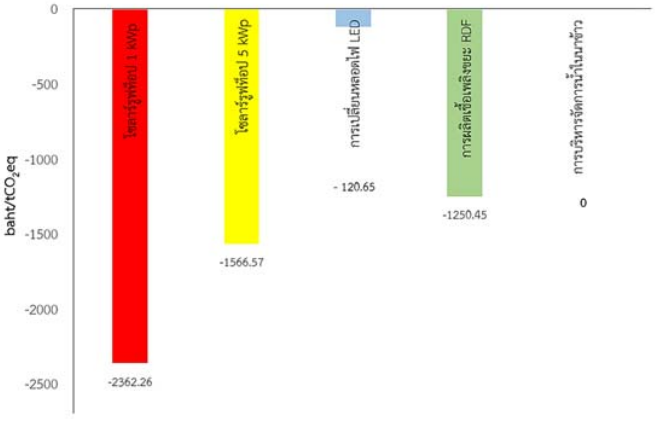
IC_t คือ ค่าใช้จ่ายลงทุนในปีแรกเริ่มของเทคโนโลยี (บาท)

OM_t คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษา (บาท)

S_t คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ของเทคโนโลยี (บาท)

$\sum CC_t$ คือ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นตลอดโครงการหรือการติดตั้งและการใช้เทคโนโลยี (บาท)

AEF คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้รายปี (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)



ภาพที่ 8 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2573 ของเทศบาลตำบลภาชี

จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่าจากการประเมินต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 5 โครงการพบว่า โครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของประเภทที่พักอาศัย โครงการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของอาคารจอดรถ โครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED โครงการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) มีค่าเท่ากับ -2362.26, -1566.57, -120.65, -1250.45 และ 0 บาท/tCO_2eq ตามลำดับ โดยผลจากการประเมินต้นทุนหน่วยสุดท้ายมีค่าเป็นลบจำนวน 4 โครงการ และมีค่าเป็น 0 จำนวน 1 โครงการ แสดงถึงโครงการดังกล่าวที่มีค่าเป็นลบมีมูลค่าของผลประโยชน์มากกว่าค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุนหรืออาจกล่าวได้ว่า โครงการทั้ง 4 โครงการดังกล่าวสามารถสร้างผลกำไรและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในเวลาเดียวกันได้ด้วย และการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโครงการ

5. สรุปและอภิปรายผล

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชีในปี พ.ศ. 2563 ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ เท่ากับ 24,557.51 tCO_2eq และโดยกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดของเทศบาลตำบลภาชี คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 14,357.25 tCO_2eq หรือคิดเป็น 58.46% รองลงมา คือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 เท่ากับ 10,200.26 tCO_2eq หรือคิดเป็น 41.536% ต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของเทศบาลตำบลภาชี ซึ่งรวมถึงการพยากรณ์ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตของเทศบาลตำบลภาชี ตั้งแต่ ปี 2563-2573 โดยใช้ข้อมูลจากการใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดต่อหัวประชากรที่สร้างรายได้ในเขตเทศบาลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตปี พ.ศ. 2573

ของเทศบาลตำบลภาชี เท่ากับ 26,788.54 tCO_2eq ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน) ถึง 2,231.03 tCO_2eq การใช้แนวทางและเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจก แบ่งออกเป็น 5 มาตรการและแนวทาง ได้แก่ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของที่พักอาศัยขนาด 1 kWp การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของอาคารจอดรถให้แก่สำนักงานเทศบาล หน่วยงานของรัฐ ขนาด 5 kWp การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรส-เซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED การผลิตเชื้อเพลิง RDF และการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชีเท่ากับ 7,228.1 tCO_2eq เมื่อรวมกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พยากรณ์ได้ใน ปี พ.ศ. 2573 คิดเป็น 20.348 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ 20 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของปี พ.ศ. 2563 (ปีฐาน) เพื่อเป็นไปตามเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยการศึกษาตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) พบว่า การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออ-เรสเซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED มีค่า NPV, IRR และ PB เท่ากับ 335,089.34 บาท, 30.66%, 6.41 ปี การผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF มีค่า NPV, IRR และ PB เท่ากับ 477,793.29 บาท, 14.85%, 12.62 ปี ซึ่งทั้งสองโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในขณะที่อีก 2 โครงการ คือ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปของที่พักอาศัยขนาด 1 kWp มีค่า NPV, IRR และ PB เท่ากับ -491,875.56 บาท, 3.68%, 16.21 ปี การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 5 kWp มีค่า NPV, IRR และ PB เท่ากับ -195,017.09 บาท, 2.10%, 17.67 ปี แสดงให้เห็นถึงความไม่เหมาะในการลงทุน

ในส่วนของการพิจารณาลงทุนในโครงการด้วยวิธีการประเมินต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ของประเภทที่พักอาศัยขนาด 1 kWp การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 5 kWp ของอาคารจอดรถ การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรส-เซ็นต์ T8 เป็นหลอดไฟ LED และการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF มีค่า MAC เท่ากับ -2,362.26, -1,566.57, -120.65, -1,250.45 และ 0 บาท/tCO_2eq ตามลำดับ ผลการประเมินทั้ง 5 โครงการ พบว่าสามารถสร้างผลกำไรและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในเวลาเดียวกัน ยกเว้นการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ ซึ่งมาตรการและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับบริบทของเทศบาลตำบลภาชีนั้นมีความสอดคล้องกับชนนิกานต์ คำยันต์ [19] และรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองเขลางค์นคร [20] ว่าการนำมาตรการและแนวทางเทคโนโลยีที่ช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ เทคโนโลยีโซลาร์รูฟท็อป การเปลี่ยนหลอดไฟ LED และการผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF มาใช้เป็นแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองนั้น พบว่า โครงการเปลี่ยนหลอดไฟ LED และโครงการผลิตแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF มีความเหมาะสมและคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งมาเป็นแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองที่สอดคล้องกับบริบทของเทศบาลตำบลภาชีตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [5]

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายกเทศมนตรี เจ้าหน้าที่ทุกท่านของเทศบาลตำบลภาชี อำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่สนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัยและขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต้นฉบับบทความดังกล่าวนี้

7. บรรณานุกรม

(1) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), "แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร," องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, 2554.

(2) รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, แชบเบียร์ กีวาลา, งามทิพย์ ภู่โดม, สิรินทร เทพ เต้าประยูร, "คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว," วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ฉบับที่ 75 ปีที่ 24 มกราคม - มีนาคม หน้า 53-60, 2554

(3) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, "รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2554," บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร, 2554.

(4) องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน), " คู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ," พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562.

(5) องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), "คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง," 2564, http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/ccf/TGO_CCF_Ebook_V.Sep2559.pdf

(6) IPCC 2006, "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme," Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan, 2006.

(7) กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "สถานการณ์และพลังงานประเทศไทย เดือนมกราคม-สิงหาคม," 2562, http://www.dede.go.th/download/stat62/front-page_jan_aug62.pdf

(8) S. Ruangsakulrj, "Greenhouse Gas Inventory Report (ISO 14064-1). 2019, http://www.deltathailand.com/en/pdf/sustainable/greenhouse/DELTA_GreenGasReport_en2018.pdf

(9) พรรณทิพย์ แตงอ่อน, "การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ยางแผ่นรมควัน กรณีศึกษาโรงงานสหกรณ์กองทุนสวนยาง," จ.สงขลา วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.

(10) พุทธดี อุบลศุข, ฉัตรแก้ว ชัยลือชา, สุรัตน์ เศษโพธิ์, "การศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการกำจัดซากแผงโซลาร์เซลล์: กรณีศึกษา," มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 13 ฉบับที่ 2: หน้า 12-23, 2563.

(11) สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, "พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน (ฉบับที่ 6) พ.ศ.2560," 2560, http://www.parliament.go.th/library

(12) วรพจน์ เสรีรัฐ, "การจัดการวัสดุคงคลัง การวางแผนการผลิต การจัดลำดับงาน," มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2558.

(13) องค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน), "ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ," 2562, http://dev1.colorpack.net/ghg/tver-method/tver-methodology.html

(14) ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี, "ร่างยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี 2560, https://spm.thaigov.go.th/FILEROOM/spm-thaigov/DRAWER004/GENERAL/DATA0000/00000362.PDF

(15) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ, 2558.

(16) สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, "คู่มือการขอรับการสนับสนุนเงินกองทุนพัฒนาไฟฟ้าตามมาตรา 67(4)," สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2562.

(17) กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, "แผนจัดการมลพิษ พ.ศ. 2560-2564", กรุงเทพฯ, 2560.

(18) ดวงนภา วินิชสรรพ์, บัญชา ขวัญยืน, "การบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน," วารสารวิศวกรรมฉบับวิจัยและพัฒนา. ปีที่ 25 ฉบับที่ 1. มกราคม-มีนาคม. หน้า 59-69, 2557.

(19) ชนนิกานต์ คำยันต์, "การประเมินและการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทศบาลคาร์บอนต่ำ" วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560.

(20) เทศบาลเมืองเขลางค์นคร, "รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี," มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2559.