

การปล่อยและการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ธินันท์ สอนแก้ว¹, ดลฤดี สุขใจ¹, ละม้าย จันทะขาว^{1*}, อภิศักดิ์ จักรบุตร¹,
ปริญญ์ ปัญญา², ศรายุทธ มาลัย³, จตุทิพย์ ก่ายะ¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง

² คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง

³ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง

*Corresponding author email: lamay@lpru.ac.th

ได้รับบทความ: 12 มิถุนายน 2568

ได้รับบทความแก้ไข: 29 ตุลาคม 2568

ยอมรับตีพิมพ์: 12 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การบริหารจัดการการปล่อยและกักเก็บคาร์บอนอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาศักยภาพของต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐาน และประเมินแนวทางการพัฒนาเป็นคาร์บอนเครดิตของมหาวิทยาลัย และ 2) ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัย รวมถึงการวิเคราะห์แหล่งที่มาหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจำแนกตามขอบเขตการปล่อยก๊าซประเภทที่ 1 - 3 การศึกษาเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามในปี 2566 และวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวทางขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกและคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2006) ตามหลักมาตรฐานการจัดทำบัญชีและการรายงานก๊าซเรือนกระจกสำหรับองค์กร ผลการวิจัยพบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีต้นไม้ส่วนใหญ่อยู่กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปมีจำนวนคิดเป็น 95.8% รองลงมาเป็นกลุ่มป่าลุ่มคิดเป็น 4.1% และเถาวัลย์โดยไม่พบกลุ่มไผ่และพรรณไม้ป่าชายเลน เมื่อคำนวณมวลชีวภาพรวมพบว่าเท่ากับ 3,420 ตัน โดยสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมได้ 5,885 ตัน ซึ่งมาจากมวล

ชีวภาพเหนือพื้นดิน 4,628 ตัน และมวลชีวภาพใต้ดินได้ 1,257 ตัน อย่างไรก็ตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยในปี 2566 เกิดจากกิจกรรมประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นการปล่อยทางตรง คิดเป็นเพียง 6% ซึ่งเกิดจากการใช้ยานพาหนะในการเดินทางไปราชการ การใช้ก๊าซหุงต้ม และการทำการเกษตรและปศุสัตว์ รองลงมาจากกิจกรรมประเภทที่ 3 ด้วยการปล่อยทางอ้อมด้วยวิธีอื่น ๆ คิดเป็น 35.3% ซึ่งมาจากปริมาณขยะ 28.3% การใช้ยานพาหนะ 6.8% และและสิ่งปฏิกูล 0.1% ส่วนกิจกรรมประเภทที่ 2 เป็นการปล่อยทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดถึง 59.2% หรือ 1834.4 ตันของการปลดปล่อยทั้งหมด ซึ่งอยู่ที่ 3,100.34 ตัน เมื่อเทียบในปี 2566 พบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นเป็น 52.7% เทียบเท่าของปริมาณที่สะสมอยู่ในต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการวางแผนการจัดการพื้นที่สีเขียว การลดและการชดเชยปริมาณคาร์บอนของมหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก/ การกักเก็บคาร์บอน/ มหาวิทยาลัยสีเขียว/ คาร์บอนเครดิต/ ความยั่งยืน

Carbon Dioxide Emission and Carbon Sequestration in Lampang Rajabhat University

Thiranan Sonkaew¹, Donrudee Sookjai¹, Lamay Junthakhao^{1*},
Apisak Jukkraboot¹, Priyanuch Panya², Sarayut Malai³, Jatutip Kaya¹

¹ Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang

² Faculty of Management Sciences, Lampang Rajabhat University, Lampang

³ Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang

*Corresponding author email: lamay@lpru.ac.th

Received: 12 June 2025

Revised: 29 October 2025

Accepted: 12 November 2025

Abstract

Carbon dioxide (CO₂) is a major contributor to global warming and climate change. Effective management of carbon emissions and sequestration plays a crucial role in climate mitigation. This study aimed to assess the carbon sequestration potential of trees within Lampang Rajabhat University as baseline data for developing institutional carbon credits. It also quantified Greenhouse gas (GHG) emissions from campus activities, categorized into Scopes 1-3. Field data were collected in 2023 and analyzed following the methodologies of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) under the GHG Protocol for organization. Results indicated that 95.8% of the trees were common species type, followed by 4.1% palms and minor portions of vines, with no bamboo and mangrove species recorded. The total estimated biomass was 3,420 tons, equivalent to 5,885 tons of CO₂ sequestration 4,628 tons from aboveground and 1,257 tons from belowground biomass.

Total GHG emissions from university activities in 2023 amounted to 3,100.34 tCO₂eq. Direct emissions (Scope 1) contributed 6%, mainly from vehicle use, LPG consumption, and agricultural and livestock activities. Indirect emissions from other sources (Scope 3) accounted for 35.3%, including 28.3% from waste, 6.8% from transportation, and 0.1% from wastewater. Electricity use (Scope 2) was the largest source, representing 59.2% or 1,834.4 tCO₂eq. Overall, the university's CO₂ emissions in 2023 represented 52.7% of the carbon stored in campus vegetation. This underscores the importance of strategically managing green spaces to sustainably reduce and offset the university's carbon footprint.

Keywords: Greenhouse Gases/ Carbon Sequestration/ Green University/
Carbon Credits/ Sustainability

บทนำ

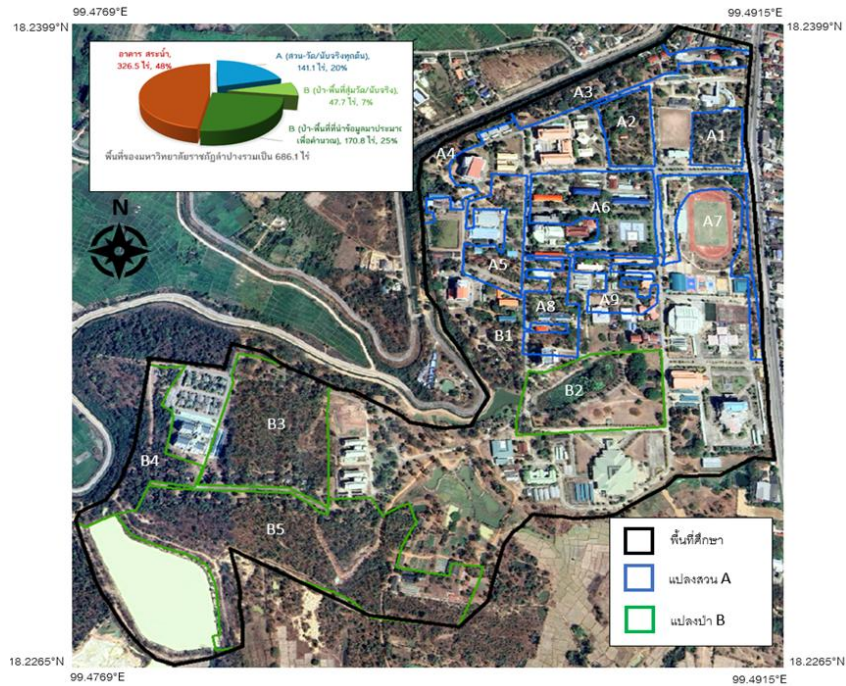
ปัจจุบันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ อันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [1] เพื่อบรรเทาผลกระทบดังกล่าว มนุษย์จึงมีความพยายามอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการดำเนินมาตรการที่ช่วยชะลออัตราการเพิ่มของอุณหภูมิโลก การตระหนักถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาแนวทางการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมในระดับสากล ตามข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ได้กำหนดเป้าหมายในการจำกัดอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม [2] ทั้งนี้ ประเทศไทยได้กำหนดนโยบายมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2065 (พ.ศ. 2608) เพื่อสนับสนุนเป้าหมายของการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 28 (COP28) ซึ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพของมาตรการกักเก็บคาร์บอน [3]

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีเป็นสถาบันการศึกษาที่มีกิจกรรมทางด้านการศึกษา ซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในอาคารกว่า 50 หลัง ซึ่งถูกใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอน การให้บริการด้านวิชาการและการพักอาศัย อย่างไรก็ตาม มหาวิทยาลัยยังเป็นพื้นที่สีเขียวที่มีการปลูกต้นไม้หลายชนิด ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ ชนิดของพรรณไม้ ขนาดและอายุของต้นไม้มีผลต่อความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี รวมถึงการวิเคราะห์แหล่งที่มาหลักของการปล่อยก๊าซ เพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาความสามารถของต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพิจารณาการสะสมคาร์บอนของพรรณไม้เพื่อประเมินศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นคาร์บอนเครดิตของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้

เป็นแนวทางในการส่งเสริมการบริหารจัดการที่สนับสนุนเป้าหมายสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) และเป็นกลยุทธ์ในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยในระยะยาวให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรภายในมหาวิทยาลัย ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเสริมสร้างศักยภาพของพื้นที่สีเขียวให้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) ที่สามารถบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นระบบ

วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Exploratory Research) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามในปี พ.ศ. 2566 สำหรับเป็นพื้นฐาน และนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏลำปาง การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ 1) การประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของมวลชีวภาพของต้นไม้ โดยการสำรวจขนาดและความสูงของต้นไม้ เพื่อนำมาคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ภายในพื้นที่ศึกษาดำเนินการตามหลักการทางนิเวศวิทยาป่าไม้ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับป่าภาคเหนือของประเทศไทย และการประเมินคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพใช้สมการจากแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล 2) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัย โดยการวิเคราะห์ดำเนินการตามหลักการการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกในองค์กร (Corporate Greenhouse Gas Inventory) โดยใช้แนวทางของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2006) [4] และตามหลักมาตรฐานการจัดทำบัญชีและการรายงานก๊าซเรือนกระจกสำหรับองค์กร (Greenhouse Gas Protocol) ทั้งนี้แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถูกจำแนกตามขอบเขตการปล่อย (Scope 1, Scope 2 และ Scope 3) ดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและกราฟแสดงสัดส่วนของพื้นที่ที่ศึกษา

1. ขั้นตอนการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบชีวมวลของต้นไม้

1.1 พื้นที่ที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตั้งอยู่ที่ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง มีพื้นที่ทั้งหมด 1,097,720 ตารางเมตร หรือคิดเป็น 686.075 ไร่ โดยมีพิกัดภูมิศาสตร์ที่ ละติจูด 18.234 องศาเหนือ และลองจิจูด 99.485 องศาตะวันออก ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาถูกกำหนดตามแนวเขตของมหาวิทยาลัย ดังแสดงขอบเขตด้วยเส้นสีน้ำเงิน ในภาพที่ 1 โดยการนำเข้าพิกัดให้อยู่ในระบบกริด UTM จากจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ซึ่งเป็นจุดที่ทราบค่าพิกัดในระบบพิกัดภูมิประเทศ เป็นตัวกลางที่ทำให้สามารถจัดภาพให้มีความสัมพันธ์อ้างอิงกับพื้นภูมิประเทศ การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินโดยใช้เทคนิค Georeferencing จากโปรแกรม ArcMap10.1 ด้วยการทำซ้อนทับกันระหว่างแผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษากับแผนที่ภูมิประเทศ ดำเนินการโดยใช้แผนที่ภูมิประเทศซึ่งได้รับข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม จากโปรแกรม Google Earth

Pro ซึ่งเป็นภาพถ่ายเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2565 และนำเข้าแผนที่ภูมิประเทศให้อยู่ในระบบพิกัดกริด UTM ในโปรแกรม ArcMap10.1 ในรูปแบบ Shapefile โดยแบ่งพื้นที่ตามโซนของกลุ่มต้นไม้เป็นหลักและแต่ละแปลงมีพื้นที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากขอบเขตและข้อจำกัดตามอาคารสิ่งก่อสร้างและแหล่งน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างต้นไม้ งานวิจัยนี้จึงแยกพื้นที่สำรวจเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) แปลงสวน A ซึ่งเป็นลักษณะสวน แบ่งได้เป็น 9 แปลงย่อย รวมพื้นที่เป็น 141.2 ไร่ (ประมาณ 20% ของพื้นที่มหาวิทยาลัย) ที่มีการปลูกต้นไม้ไม่เป็นระเบียบจัดสวนรอบ ๆ อาคารสถานที่ ซึ่งได้มีการศึกษาต้นไม้ทุกต้นบนพื้นที่ทั้งหมด 2) แปลง B ซึ่งเป็นลักษณะป่า แบ่งเป็น 5 แปลงย่อย โดยภาพรวมเป็นป่าที่รกและมีต้นไม้อยู่หนาแน่นคล้ายกันทุกแปลง จัดอยู่ในประเภทป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest) หรือป่าแพะ มีลักษณะทั่วไปเป็นป่าโปร่ง พื้นที่แห้งแล้งดินร่วนปนทราย กรวด หรือดินลูกรังเป็นส่วนใหญ่ โดยมีพื้นที่ประมาณ 218.5 ไร่ (ประมาณ 32% ของพื้นที่มหาวิทยาลัย) จึงวิเคราะห์ด้วยการสุ่มต้นไม้เฉพาะในส่วนที่ตีแปลงรวมเป็นจำนวน 47 ไร่ ซึ่งคิดเป็น 21.5% ของพื้นที่แปลงป่า หรือ 7% ของพื้นที่มหาวิทยาลัยทั้งหมด (ดังแสดงสัดส่วนในกราฟวงกลมภาพที่ 1) โดยป่าทั้ง 5 แปลงย่อยมีการสุ่มไม่น้อยกว่า 0.5% ของพื้นที่ ทั้งนี้เป็นไปตามหลักวิธีการคิดและคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Supporting Scheme; LESS เวอร์ชัน 5 ขององค์การบริหารจัดการลดก๊าซเรือนกระจก [3] ที่สำหรับพื้นที่ 100-1000 ไร่ ซึ่งข้อมูลของต้นไม้ที่นำเสนอจะรวมแปลงย่อยเข้าด้วยกันโดยแยกเป็นแปลงสวน A และแปลงป่า B ที่มีการคิดประมาณคุณค่าพื้นที่สุ่มตัวอย่างเทียบออกมาเป็นพื้นที่แปลงใหญ่แล้ว

1.2 การเก็บข้อมูลและขอบเขตการวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพและการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน

การสำรวจต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ระดับอก 4.50 เซนติเมตรขึ้นไป และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ในช่วงปี 2566 โดยเก็บข้อมูลชนิดของต้นไม้ วัดความสูงรวม (H) จากพื้นดินถึงเรือนยอดด้วยเครื่องมือไคลโนมิเตอร์ (Clinometer) และวัดเส้นรอบวงระดับอกโดยใช้สายวัด และนำไปหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง และทำการวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้และคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษาวิจัย โดยวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพรวมของพันธุ์ไม้จากผลรวมของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (W_T) และมวลชีวภาพใต้ดิน (W_R) ด้วยการใช้สมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของไม้ ซึ่งได้แก่ 1) กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป [4] 2) กลุ่มเถาวัลย์ [5] และ

3) กลุ่มปาล์ม [6] โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequenstration: CS) ที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพรวมคิดตามสัดส่วน 44/12 ของคาร์บอนคูณด้วยค่าสัดส่วนคาร์บอนเฉลี่ย [3] [7] [8] และมวลชีวภาพใต้ดินสามารถหาได้จากสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นคูณด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ W_S คือ มวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น W_B คือ มวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่ง W_L คือ มวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบ

ตารางที่ 1 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของต้นไม้

ชนิด	สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (kg)	สัดส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อต้น	สัดส่วนคาร์บอนเฉลี่ย
กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป [4], [8]	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$ $W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$ $W_L = (28/(W_S + W_B) + 0.025)^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	0.270	0.470
กลุ่มปาล์ม [6], [9]	$W_T = 6.666 + 12.826 (H)^{0.5}(\ln H)$	0.410	0.413
กลุ่มเถาวัลย์ [5], [8]	$W_T = 0.8622 (D)^{2.0210}$	0.270	0.470

2. ขั้นตอนการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และขอบเขตการศึกษา

2.1 ข้อมูลจำนวนประชากร

ในปี 2566 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีบุคลากรที่ทำงานเป็นจำนวน 773 คน นักศึกษาจำนวน 5092 คน รวม 5,865 คน โดยพักอาศัยอยู่ในภาคมหาวิทยาลัยรวมทั้งสิ้น 729 คน ข้อมูลจำนวนดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การดำเนินงานยึดตามหลักการการประเมินก๊าซเรือนกระจกในองค์กร (อบก., 2565) และข้อกำหนดของ IPCC 2006 ที่ได้มีการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเป็น 3 ประเภทกิจกรรม ได้แก่

ประเภทที่ 1 (Scope 1) : การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ทั้งประเภทเคลื่อนที่ได้และประเภทเคลื่อนที่ไม่ได้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ดังต่อไปนี้

1) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ยานพาหนะของมหาวิทยาลัยในการเดินทางไปราชการ โดยมีการสำรวจระยะทางการใช้ยานพาหนะของทางมหาวิทยาลัยทุกคัน ซึ่งมีทั้งสิ้น 14 คัน ทั้งประเภทดีเซลและแก๊สโซลีน ในส่วนของรถประเภทดีเซล ประกอบไปด้วย รถตู้โดยสารจำนวน 6 คัน รถ 6 ล้อ ซึ่งจัดเป็นรถบรรทุกขนาดกลางจำนวน 3 คัน รถบัสซึ่งจัดอยู่ในประเภทรถโดยสารจำนวน 2 คัน และรถกระบะอยู่จำนวน 1 คัน ส่วนรถที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซลีนเป็นรถยนต์ขนาดเล็ก 1500 ซีซี และรถยนต์ขนาด 2000 ซีซี อย่างละ 1 คัน ซึ่งใช้สำหรับงานในราชการทั้งในพื้นที่จังหวัดลำปางและต่างจังหวัด

2) การใช้ก๊าซหุงต้ม โดยทำการสำรวจปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ร้านค้าผู้ประกอบการร้านค้าและร้านอาหารถึงอัตราการใช้ก๊าซหุงต้มโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน และนำมาคิดอัตราการใช้ต่อปี ทั้งนี้ไม่ได้สำรวจการใช้ก๊าซหุงต้มจากบุคลากรและนักศึกษาที่พักอาศัยในมหาวิทยาลัย เนื่องจากโดยส่วนใหญ่มีการใช้การประกอบอาหารโดยใช้ไฟฟ้า หรือซื้ออาหารจากร้านค้าภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

3) กิจกรรมจากศูนย์การเรียนรู้เกษตรผสมผสานตามพระราชดำริและอุทยานวิถียอเพียงของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยเป็นหน่วยงานที่มีการเลี้ยงสัตว์และทำการทำนาปลูกข้าวเพื่อการศึกษาและเรียนรู้ทางด้านเกษตรแบบผสมผสาน โดยวิธีการประมาณค่านั้นยึดตามแนวทางของ IPCC (2006, 2019, Ch. 10) Tier -1 ทั้งนี้มีการพิจารณาการประมาณค่าก๊าซเรือนกระจกใน 1 ปี ที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนจากการทำนาข้าวแบบแช่น้ำไม่ต่อเนื่องในพื้นที่ที่มีการปลูก 2 ครั้งต่อปี ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น $594 \text{ kg-CO}_{2\text{eq}}/\text{ไร่/ปี}$ และการเลี้ยงโคและกระบือ (ในเอเชีย) ที่มีการประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดการหมักในระบบทางเดินอาหาร (Enteric Fermentation) ที่ $47 \text{ kg-CH}_4/\text{ตัว/ปี}$ และการจัดการมูลสัตว์ด้วยวิธีการตากแห้งก่อนนำมาทำเป็นปุ๋ยที่ $1 \text{ kg-CH}_4/\text{ตัว/ปี}$ ส่วนการใช้มูลสัตว์ในดินและการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วยในงานวิจัยนี้ ส่วนการเลี้ยงไก่ นั้น ไม่ต้องนำมาคิดประมาณด้วยตามแนวทางของ IPCC โดยการคำนวณใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) มีเทน เทียบเท่า

กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยค่า GWP100 เท่ากับ 28 เท่า จึงคิดเป็น 1,344 kg-CO_{2eq}/ตัว/ปี

ประเภทที่ 2 (Scope 2) : การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร มี 2 ส่วน ได้แก่

- 1) การใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย โดยดูจากปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าในรอบปี
- 2) น้ำประปา ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง มีการผลิตน้ำประปาใช้เอง โดยการสูบน้ำดิบขึ้นมาจากน้ำใต้ดินด้วยปั๊มน้ำที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้า ซึ่งหน่วยการใช้ถูกรวมไปกับปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ ดังที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ ดังนั้นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) จึงเท่าศูนย์

ประเภทที่ 3 (Scope 3): การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมครอบคลุมกิจกรรมที่อยู่นอกเหนือจากประเภทที่ 1 และ 2 โดยผู้วิจัยได้รวบรวมเฉพาะข้อมูลที่สามารถสำรวจได้จริง หรือคำนวณโดยการประมาณตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในแนวทางการประเมินกิจกรรมขององค์กร อบก. (2565) และ IPCC (2006) ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การใช้ทรัพยากร การบริการ วัสดุสำนักงานหรือห้องปฏิบัติการ ที่ไม่มีข้อมูลหรือไม่สามารถรวบรวมได้ จะไม่นำมาพิจารณา ผลการประมาณค่านี้จึงสะท้อนค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำสุดที่เป็นไปได้ โดยข้อมูลที่น่ามาพิจารณาในประเภทนี้ประกอบด้วย

- 1) การใช้อยานพาหนะในการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย โดยทำการสำรวจนับจำนวนรถแต่ละประเภทที่เข้ามาภายในมหาวิทยาลัย ด้วยการสุ่มนับในสัปดาห์ช่วงระหว่างเปิดและปิดภาคเรียน อย่างละ 1 สัปดาห์ (7 วัน) และคูณด้วยจำนวนสัปดาห์ที่มีการเปิดและปิดภาคเรียนตามกำหนดปีการศึกษาของมหาวิทยาลัยในปี 2566 เพื่อการคำนวณประเภทของเชื้อเพลิงที่รถแต่ละชนิดใช้ในการประเมินค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันตามเกณฑ์ ทั้งนี้ระยะทางการใช้อยานพาหนะของบุคลากร คิดจากจากประตูทางเข้าหลักไปถึงระยะกึ่งกลางเฉลี่ยของมหาวิทยาลัย คือค่าประมาณเท่ากับ 1 กิโลเมตร รวมระยะเข้าไปและกลับออกเป็นระยะทาง 2 กิโลเมตร โดยมีช่วงการสำรวจในระหว่างเปิดภาคเรียน ได้แก่ ในวันที่ 18-24 ธันวาคม 2566 และข้อมูลช่วงปิดภาคเรียนใช้ข้อมูลการสำรวจในวันที่ 17 – 23 เมษายน 2566 เป็นตัวแทนของข้อมูลการใช้อยานพาหนะในมหาวิทยาลัย

2) ขยะมูลฝอย (ซึ่งจัดว่าเป็นขยะชุมชน, Municipal Solid Waste, MSW) ที่มีวิธีการกำจัดขยะโดยเทศบาลลำปางด้วยวิธีการฝังกลบ แต่ด้วยปริมาณขยะที่มากทำให้งานวิจัยนี้ไม่สามารถสำรวจด้วยการชั่งวัดน้ำหนักของขยะที่เกิดขึ้นได้จริง จึงได้พิจารณาจากอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของบุคคลตามข้อมูลของ IPCC (2006) ซึ่งอัตราการเกิดขยะมูลฝอยของคนไทยอยู่ที่ 0.4 ตัน/คน/ปี ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากการสำรวจโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด พบว่าในปี 2559 อัตราการเกิดขยะมูลฝอยคิดเป็น 1.14 กิโลกรัม/คน/วัน นั่นคือเท่ากับ 0.416 ตัน/คน/ปี ฉะนั้นจึงนำอัตราดังกล่าวคูณกับจำนวนบุคลากรและนักศึกษาที่พักอาศัยภายในมหาวิทยาลัย ส่วนบุคลากรและนักศึกษาที่พักอาศัยภายนอกมหาวิทยาลัยซึ่งใช้เวลาดำเนินกิจกรรมในมหาวิทยาลัยเป็นช่วงเวลา 8 ชั่วโมงทำการ ถูกคำนวณด้วยสัดส่วน 1 ใน 3 ตามเวลาช่วงที่บุคลากรและนักศึกษาดำเนินกิจกรรมอยู่ในมหาวิทยาลัย ตามตัวเลขข้อมูลประชากรดังที่แสดงมาข้างต้น เพื่อประมาณปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย ส่วนการขนส่งขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเพื่อนำไปกำจัด โดยทางมหาวิทยาลัยได้มีการจัดเก็บขยะทุกวัน โดยทางมหาวิทยาลัยได้ทำสัญญากับเทศบาลตำบลชมพูในการนำขยะไปกำจัดต่อและมีการเข้ามาเก็บทุกวันราชการ ได้คำนวณโดยยึดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในองค์กรจากทาง อบก. ในการใช้รถบรรทุก 6 ล้อ 16 ตัน ในการขนส่งกากของเสียไปกำจัด ณ แหล่งกำจัดในระยะทาง 40 กิโลเมตร [3]

3) ของเสียปฏิภูลที่เกิดจากการขับถ่าย คิดจากจำนวนบุคลากรและนักศึกษาที่พักอาศัยอยู่ในมหาวิทยาลัย ด้วยหลักการเช่นเดียวกับข้อ 2) โดยปริมาณสิ่งปฏิภูลของคนทั่วไปมีค่าเฉลี่ย 2 ลิตร/คน/วัน และค่า Emission Factor มีค่าเท่ากับ 154.63 (mg/L BOD) ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทน 0.42 kg CH₄/kg BOD ตามวิธีที่กำหนดใน IPCC (2006) เมื่อพิจารณาจากค่า BOD ที่เข้าสู่ระบบบ่อเกรอะ (Septic tanks) จะมีก๊าซมีเทนที่ถูกปลดปล่อย ซึ่งมีเทนมีการแปลงเป็นค่า เทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยค่า GWP100 ฉะนั้นการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสำหรับการปล่อยสิ่งปฏิภูลใน 1 ปี เท่ากับ 1.327 kgCO₂eq/ปี

โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs emission) จากกิจกรรมแต่ละชนิดคำนวณได้จากข้อมูลกิจกรรมแต่ละชนิดที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกต่อปี (Activity data) ดังสมการที่ 1

$$\text{GHGs emission} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

ทั้งนี้มีหน่วยเป็น kg CO_{2eq}/ปี โดยค่าอัตราการปลดปล่อย (Emission Factor, EF) แสดงในตารางที่ 2 และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซในองค์กร AR5, อบก. (2565) [3]

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของแต่ละปัจจัย

ประเภทที่/ กิจกรรม	ตัวแปร - อัตราการปลดปล่อย (EF)
1/* ระยะทางและประเภทยานพาหนะของมหาวิทยาลัยในการเดินทางไปราชการ	แก๊สโซลีน - 2.239424 kgCO _{2eq} /L แก๊สดีเซล - 2.740623 kgCO _{2eq} /L
1/ ปริมาณก๊าซหุงต้ม LPG จากโรงอาหาร	3.11 kgCO _{2eq} /kg
1/ การปลูกข้าวทำนา 2 ครั้งต่อปี ในพื้นที่น้ำแช่ไม่ต่อเนื่อง	594 kg-CO _{2eq} /ไร่/ปี
1/ การเลี้ยงโค กระบือ (พันธุ์เอเชีย)	1,344 kg-CO _{2eq} /ตัว/ปี
2/ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย	0.4999 kgCO _{2eq} /kWh
3/ ยานพาหนะ ที่เข้าออกในมหาวิทยาลัย	เช่นเดียวกับ 1/*
3/ ขยะมูลฝอยวิธีฝังกลบ	จำนวนบุคลากร/น.ศ. - 0.416 tCO _{2eq} /คน/ปี รถเทศบาล - 0.0494 tCO _{2eq} /km
3/ ของเสียปฏิภูล	จำนวนบุคลากร/น.ศ. - 1.327 kgCO _{2eq} /คน/ปี

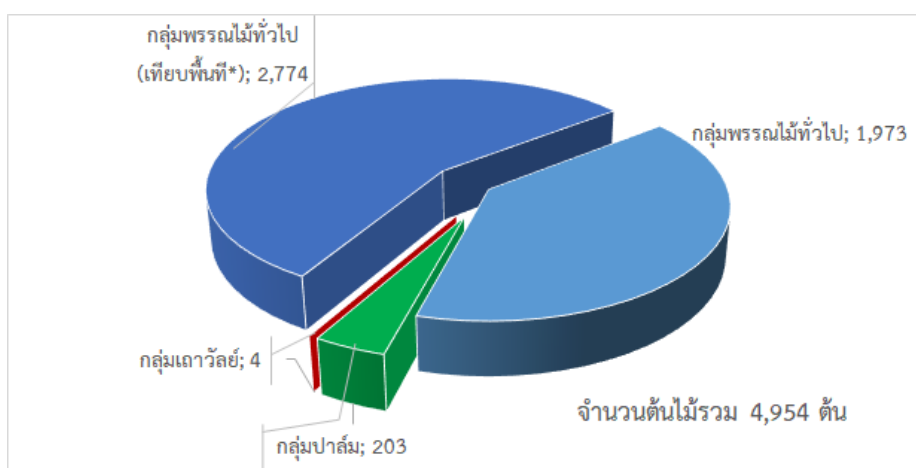
ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์

ด้วยกระบวนการสำรวจและคำนวณข้อมูลการกักเก็บและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าผลการวิจัยได้แสดงแยกเป็น 2 ตอนดังนี้

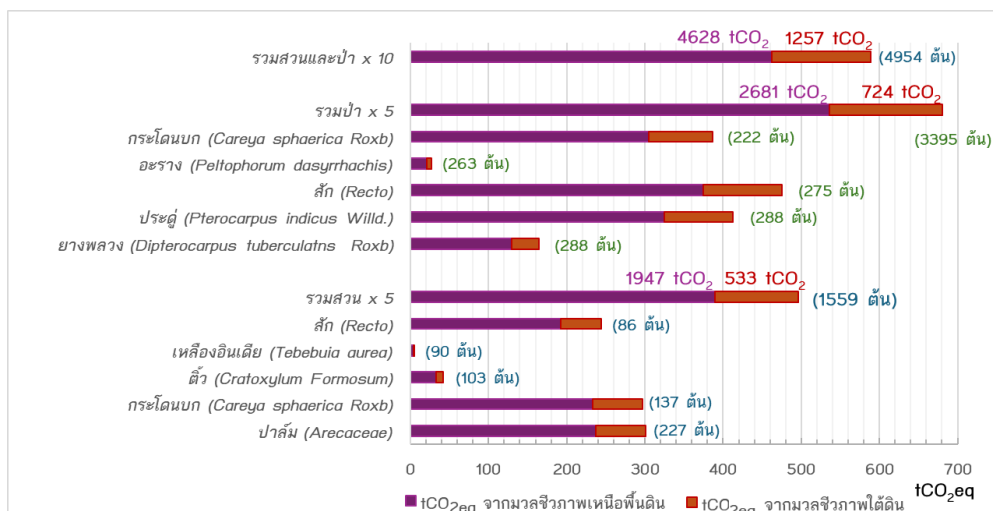
1. ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบชีวมวลของต้นไม้

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบชีวมวลของต้นไม้ ที่มีคว

สูงและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (~1.3 เมตร) เป็นไปตามเงื่อนไขบนพื้นที่สำรวจในแปลงสวนระหว่างอาคาร (แปลง A) ที่มีการสำรวจหมดทุกต้น และที่สำรวจในพื้นที่ป่า (แปลง B) ที่มีการสุ่มสำรวจ ผลจากการสำรวจพบว่าต้นไม้ส่วนใหญ่มีประเภทเป็นพรรณไม้ทั่วไป มีจำนวนทั้งสิ้น 1,973 ต้น มีกลุ่มปาล์ม 203 ต้น มีเถาวัลย์โดยเล็กน้อยเพียง 4 ต้น และไม่มีไม้กลุ่มไผ่ โดยในส่วนของพื้นที่ป่าแปลง B ที่ได้สุ่มสำรวจ ได้นำจำนวนและข้อมูลของต้นไม้ที่สำรวจมาคำนวณจำนวนต้นไม้เทียบกับพื้นที่จริง พบว่าทำให้ผลการสำรวจมีต้นไม้ที่ไม่ได้สำรวจในป่าแปลง B ซึ่งอยู่ในกลุ่มพรรณไม้ทั่วไปเป็นจำนวน 2,774 ต้น ทำให้ได้ประเภทพรรณไม้ทั่วไปมีจำนวน 4,747 ต้น คิดเป็น 95.8 % ของต้นไม้ทั้งหมดที่กระจายอยู่ทั่วมหาวิทยาลัย ซึ่งตรงกับกลุ่มพรรณไม้ที่มักพบในภาคเหนือของประเทศไทย ดังภาพที่ 2 และผลรวมจำนวนของต้นไม้ทุกกลุ่มในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางคิดได้เป็น 4,954 ต้น



ภาพที่ 2 จำนวนกลุ่มพรรณไม้ที่สำรวจพบในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดย * หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการเทียบสัดส่วนจากการสุ่มตัวอย่างสำรวจ

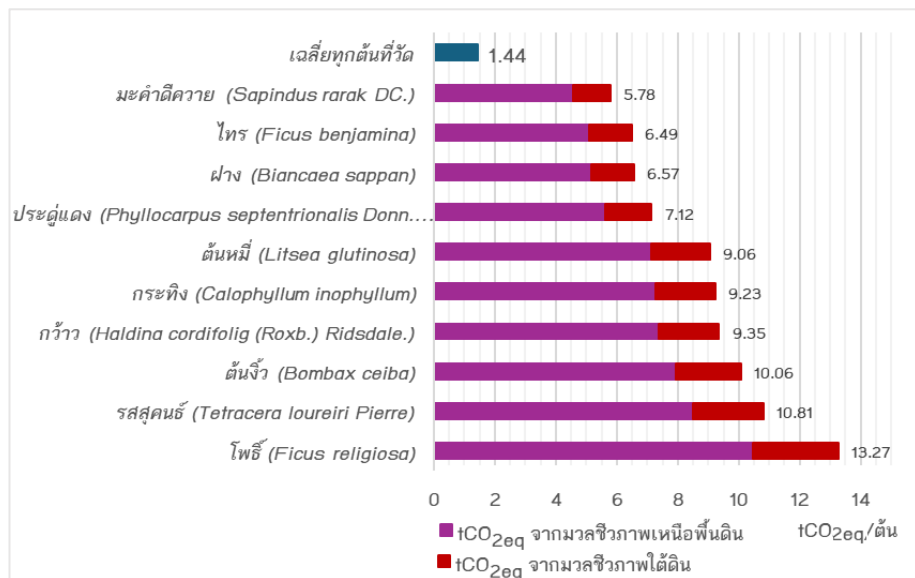


ภาพที่ 3 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (สีม่วง) และมวลชีวภาพใต้ดิน (สีน้ำตาล) ของพื้นที่ในสวนแปลง A และป่าแปลง B ทั้งหมด โดยเรียงลำดับจากที่มีจำนวนต้นมากที่สุด 5 อันดับแรก (ล่างขึ้นบน) ของแต่ละแปลง ตามลำดับ และค่าการกักเก็บรวมทั้งหมด

จากภาพที่ 3 ที่แสดงผลการสำรวจและคำนวณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยเรียงลำดับตามชนิดที่มีการสำรวจพบจำนวนต้นมากที่สุด 5 อันดับแรก พบว่าในแปลง A ที่เป็นสวนระหว่างอาคารมีต้นปาล์มที่มีการปลูกเป็นจำนวนมากที่สุด จำนวน 227 ต้น มีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าประมาณ 301 ตัน ซึ่งอยู่ในส่วนของมวลชีวภาพเหนือดิน 237 tCO_{2eq} และใต้ดิน 64 tCO_{2eq} ถัดมาคือต้นกระโดนบกมี 137 ต้น อันดับถัดมาได้แก่ต้นติ้ว และต้นเหลืองอินเดีย ที่มีจำนวน 103 ต้น และ 90 ต้น ตามลำดับ แต่ทั้งนี้พืชทั้งสองชนิดมีขนาดเล็ก จึงสามารถกักเก็บได้เพียง 42 และ 4 tCO_{2eq} (ตามลำดับ) เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าต้นสักที่พบว่ามี 86 ต้น แต่สามารถกักเก็บได้ถึง 244 tCO_{2eq} หากเมื่อรวมต้นไม้ที่สำรวจในแปลงสวน A ทั้งหมดพบว่ามีถึง 1,559 ต้น สามารถกักเก็บได้ 2,480 tCO_{2eq} ส่วนแปลง B ที่เป็นต้นไม้ในป่า พบว่าเป็นพรรณไม้ต่างชนิดกับแปลงสวน A โดยพบว่ามียางพลวงและประดู่เป็นจำนวนมากที่สุด 288 ต้น เท่ากัน แต่เนื่องจากยางพลวงเป็นไม้ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับประดู่ จึงกักเก็บได้ 165 tCO_{2eq} น้อยกว่าประดู่ที่กักเก็บได้รวมถึง 413 tCO_{2eq} และต้นไม้ทั้งหมดในแปลง B ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มพรรณ

ไม้ทั่วไปสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 3,405 tCO_{2eq} ซึ่งเมื่อรวมกับแปลง A แล้วพบว่าต้นไม้ในมหาวิทยาลัยสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 5,885 tCO_{2eq}

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงนำมาซึ่งการคำนวณหาค่าศักยภาพการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้แต่ละชนิดเพื่อเป็นทางเลือกในการปลูกต้นไม้ในมหาวิทยาลัยที่สามารถขึ้นได้และให้ผลการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีต่อไปในอนาคต ดังแสดงผลการคำนวณศักยภาพการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดของต้นไม้ 10 อันดับแรก ซึ่งได้แก่ต้นโพธิ์ ต้นรสนุคนธ์ ต้นจี่ว ต้นก๊วว ต้นกระทิง และต้นหมี่ ตามลำดับดังในกราฟรูปที่ 4 ต้นไม้ดังกล่าวล้วนมีเส้นรอบวงเพียงอกมากกว่า 2 เมตร และสูงเกิน 20 เมตรขึ้นไป เป็นไม้เก่าแก่ดั้งเดิมที่มีมาก่อนการก่อตั้งมหาวิทยาลัยมากกว่า 50 ปี มีศักยภาพในการกักเก็บมากที่สุด โดยสามารถกักเก็บได้มากกว่า 9 tCO_{2eq} ต่อต้น



ภาพที่ 4 ศักยภาพของต้นไม้ใน 10 อันดับแรกและศักยภาพเฉลี่ยในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อนำผลการสำรวจต้นไม้แต่ละกลุ่มพรรณไม้ พบว่า กลุ่มพรรณไม้ทั่วไปสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 5,809 ตัน จากมวลชีวภาพรวม 3,377.2 ตัน ซึ่งคิดเป็น 98% ของปริมาณก๊าซที่ถูกกักเก็บไว้ทั้งหมด หรือคิดแล้วเฉลี่ยถึง 1.55 ± 2.56 ตันต่อตัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณที่มากที่สุด หลากพันธุ์ชนิด มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยพบว่ามีเส้นรอบวงเฉลี่ย 108 ± 0.64 เซนติเมตร และสูงเฉลี่ย 14.37 ± 8.63 เมตร ทั้งนี้เป็นไปตามศักยภาพการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามสมการแอลโลเมตรีของพรรณไม้ทั่วไปที่จะให้ค่าการกักเก็บก๊าซได้สูงกว่าพรรณไม้กลุ่มอื่นซึ่งจะเห็นได้จากกราฟในภาพที่ 4 ที่แสดงศักยภาพการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อต้นไม้ 1 ตันใน 10 อันดับแรกที่พบในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก

ส่วนกลุ่มปาล์มหรือต้นปาล์มแม้ว่าจะมีจำนวนมากที่สุด ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกมากในมหาวิทยาลัยมีอายุประมาณ 20 ปี มีขนาดลำต้นที่มีเส้นรอบวงเพียงอกเฉลี่ยประมาณ 50 เซนติเมตร และสูงเฉลี่ยประมาณ 16 เมตร แต่เป็นพรรณไม้ในกลุ่มที่ให้ค่าการกักเก็บไม่มาก ประมาณ $0.3 \text{ tCO}_{2\text{eq}}$ ต่อต้นเท่านั้น

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าเส้นรอบวงและความสูงจากการสำรวจ การคำนวณมวลชีวภาพและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ต้นไม้กักเก็บในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก พ.ศ. 2566

กลุ่ม พรรณไม้	ค่าเฉลี่ย (m)		มวลชีวภาพ (ตัน) (กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ตัน)			CO _{2eq} เฉลี่ย (ตัน/ตัน)
	เส้นรอบวง	ความสูง	เหนือพื้นดิน	ใต้พื้นดิน	รวม	
พรรณไม้ ทั่วไป	1.08 ± 0.64	14.37 ± 8.63	2,659.2 (4,574.1)	718.0 (1,235.0)	3,377.2 (5,809.1)	1.55 ± 2.56
ปาล์ม	1.62 ± 1.56	17.55 ± 6.33	30.4 (53.8)	12.5 (22.1)	42.9 (75.9)	0.37 ± 0.56
เถาวัลย์	0.16 ± 0.06	-	0.1 (0.2)	0.03 (0.05)	0.13 (0.23)	0.06 ± 0.04
รวม	1.09 ± 0.78	14.44 ± 8.44	2,689.7 (4,628.1)	731.0 (1,257.1)	3,420.2 (5,885.2)	1.44 ± 2.46

ส่วนกลุ่มเถาว์วัลย์ พบว่าไม่สามารถวัดความสูงได้เนื่องจากลักษณะของลำต้นในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีเถาว์วัลย์มีลำต้นที่ยืดหยุ่นและสามารถยืดยาวได้มาก ลำต้นของเถาว์วัลย์ไปพันกับต้นไม้ชนิดอื่นทำให้ไม่สามารถทำการวัดความสูงได้ ทั้งนี้เมื่อคำนวณเฉลี่ยต้นไม้มที่มีทั้งหมดที่สำรวจในมหาวิทยาลัยพบว่ามีการกักเก็บเฉลี่ยที่ $1.44 \pm 2.46 \text{ tCO}_2\text{eq}$ ต่อต้น

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นโดยรวมว่าต้นไม้บนพื้นที่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีศักยภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอน โดยพบว่ามีมวลชีวภาพรวมทั้งสิ้น 3,420 ตัน ซึ่งสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 5,885 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งถือเป็นปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิเวศป่าประเภทอื่น ในแง่ของโครงสร้างมวลชีวภาพ พบว่าสัดส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอยู่ที่ 2,690 ตัน ในขณะที่มวลชีวภาพใต้ดินอยู่ที่ 731 ตัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงกว่ามวลชีวภาพใต้ดินประมาณ 3.7 เท่า โดยค่ามวลชีวภาพและศักยภาพในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ศึกษามีความสอดคล้องกับลักษณะทั่วไปของระบบนิเวศในป่าเต็งรังที่มีต้นไม้นขนาดใหญ่เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อคำนวณอัตราส่วนของมวลชีวภาพต่อพื้นที่ 1 ไร่ (1,600 ตารางเมตร) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางทั้งหมด (รวมอาคาร) พบว่ามีมวลชีวภาพเฉลี่ย 4.98 ตันต่อไร่ และสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 8.57 ตันต่อไร่ แต่หากคำนวณเฉพาะพื้นที่แปลง A และแปลง B พบว่ามีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ย 9.51 ตันต่อไร่ และสามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 16.34 ตันต่อไร่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับศักยภาพของป่าเต็งรังในสวนป่า จ.ขอนแก่น ป่าในอุทยานแห่งชาติลำน้ำน่าน และป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร อยู่ในลำดับที่ต่ำกว่าป่าชุมชน ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบดังกล่าวแสดงอยู่ในตารางที่ 4 ซึ่งนำเสนอการวิเคราะห์มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าเต็งรัง

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับงานวิจัยอื่น ในป่าเต็งรังพื้นที่ 1 ไร่

ผู้วิจัย	พื้นที่ศึกษา	มวลชีวภาพ (ตัน)	การกักเก็บคาร์บอน (tCO _{2eq} /ไร่)
วสันต์, ตดาวลัย และสาพิส (2553) [10]	เต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จ.ขอนแก่น	3.54	9.34
ชัยษา และคณะ (2559) [11]	ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อ.จุน จ.พะเยา	29.98	15.42
ดอกรัก และ คณะ (2560) [12]	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร	18.89	8.88
จุฑาพร และ คณะ (2565) [13]	อุทยานแห่งชาติลำน้ำน่าน จ.อุตรดิตถ์ และ จ.แพร่	11.95	8.77
ศศิธร และคณะ (2566) [14]	ป่าชุมชนห้วยหินขาว จ.หนองคาย	30.71	14.44
งานวิจัยนี้	คิดพื้นที่ทั้งหมดของ มหาวิทยาลัย	4.98	8.57
	คิดพื้นที่เฉพาะที่แปลง A และ B ทั้งหมด (ไม่รวมอาคาร)	9.51	16.37

และเมื่อพิจารณาถึงความหลากหลายของพรรณไม้ พบว่ามีองค์ประกอบของพรรณไม้ที่หลากหลาย ซึ่งบ่งชี้ถึงความซับซ้อนของระบบนิเวศ ทั้งนี้โครงสร้างของป่าที่ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่จำนวนมากมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chave et al. (2014) [15] ซึ่งระบุว่าต้นไม้ขนาดใหญ่มีบทบาทสำคัญในการกักเก็บคาร์บอนในป่าเขตร้อน นอกจากนี้ Pan et al. (2011) [16] รายงานว่าป่าเขตร้อนเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะในส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เช่นเดียวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าเขตร้อนของ Vieira et al. (2008) [17] ที่พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างสองปัจจัยดังกล่าว

2. ผลการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 1 (Scope 1) ได้มีการพิจารณาจากกิจกรรม 3 ประเภท ได้แก่

1) กิจกรรมที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ยานพาหนะของมหาวิทยาลัยในการเดินทางไปราชการ โดยมีการสำรวจพบว่ามหาวิทยาลัย จากข้อมูลการบันทึกระยะทางการใช้รถในช่วงระยะเวลาในปี 2566 และคำนวณค่าประมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยอัตราการสิ้นเปลืองทำให้สามารถได้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแต่ละประเภท เป็นไปตามตารางที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่ารถประเภทที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุดคือรถตู้โดยสารที่มีจำนวนมากที่สุด และรถบัสเป็นอันดับรองลงมา ด้วยระยะทางในการเดินทางมากเนื่องจากใช้ในราชการเพื่อออกต่างจังหวัดเป็นส่วนใหญ่และเป็นรถที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซล ส่วนรถบรรทุกขนาดกลางที่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงมากและค่า Emission factor ที่มากกว่าแต่มีการใช้เฉพาะในพื้นที่ในระยะทางสั้นเท่านั้นจึงทำให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่ารถตู้โดยสาร ในภาพรวมจะเห็นว่าการใช้ยานพาหนะภายในมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นปริมาณ 113.41 ตัน ซึ่งมาจากการใช้เชื้อเพลิงด้วยยานพาหนะประเภทดีเซล 94.59% โดยทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด รองลงมาคือไนตรัสออกไซด์และมีเทนตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสัดส่วนของค่าศักยภาพการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซแต่ละชนิดและเครื่องยนต์แต่ละประเภท

ตารางที่ 5 แสดงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากการทำกิจกรรมประเภทที่ 1 โดยการใช้รถของมหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2566

ชนิด เชื้อเพลิง	ปริมาณที่ใช้ (L)	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	CO _{2eq} (kg)
Diesel	39,147.00	105,696.90	5.56	5.56	107,286.27
Gasoline	2,743.88	5,981.66	0.33	0.49	6,126.26
Total	41,890.88	111,678.56	5.89	6.05	113,412.53

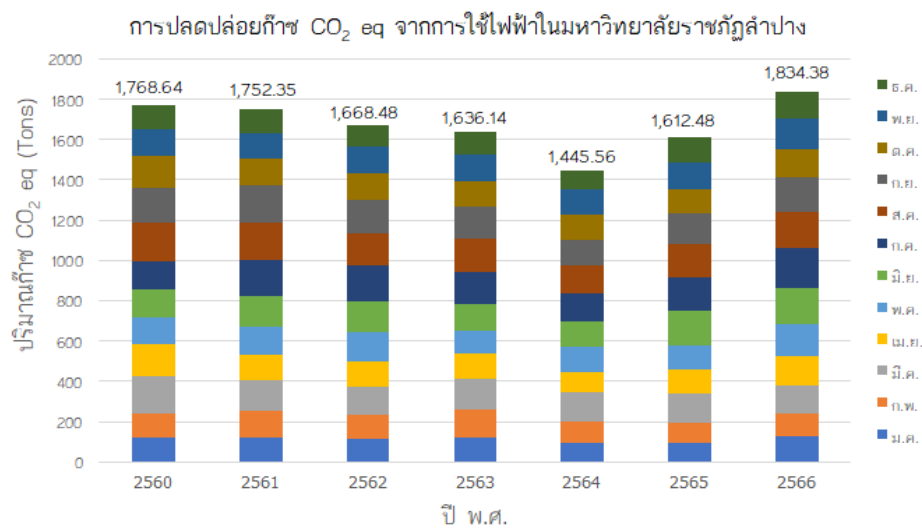
จากข้อมูลในตารางที่ 5 จะพบว่าในปี 2566 มีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะเพื่อการเดินทางไปราชการที่ปล่อยก๊าซเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปริมาณถึง 113.41 ตัน ซึ่งเป็นปริมาณที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งให้ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนน้อยกว่า

2) การใช้ก๊าซหุงต้ม โดยทำการสำรวจปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ร้านค้าผู้ประกอบการร้านค้าและร้านอาหารถึงอัตราการใช้ก๊าซหุงต้มโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน และนำมาคิดอัตราการใช้ต่อปี พบว่ามีการใช้ก๊าซหุงต้มเป็นจำนวนทั้งสิ้น 12,672 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นปริมาณเทียบเท่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 39.45 ตัน ทั้งนี้ไม่ได้สำรวจการใช้ก๊าซหุงต้มจากบุคคลากรและนักศึกษาที่พักอาศัยในมหาวิทยาลัย เนื่องจากโดยส่วนใหญ่มีการใช้การประกอบอาหารโดยใช้ไฟฟ้า หรือซื้ออาหารจากร้านค้าภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

3) กิจกรรมการปลูกข้าวและเลี้ยงสัตว์จากศูนย์การเรียนรู้เกษตรแบบผสมผสานตามแนวพระราชดำริ และอุทยานวิถีพอเพียง จากการสำรวจ พบว่าในปี 2566 ทางศูนย์ฯ ได้มีการทำนาข้าวแบบแช่น้ำไม่ต่อเนื่องในพื้นที่ 2 ไร่ และปลูก 2 ครั้งต่อปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณเทียบเท่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1.19 ตัน และการเลี้ยงโคและกระบือมีจำนวนรวม 14 ตัว คิดเป็น 18.81 ตัน รวมเป็น 20.0 ตัน

2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 2 (Scope 2)

เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร ได้คำนวณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย โดยพิจารณาจากปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้เห็นแนวทางในการควบคุมการใช้ไฟฟ้าและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในแต่ละเดือน การศึกษานี้จึงแสดงข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2560 จนถึงปี 2566 ดังแสดงข้อมูลเป็นกราฟในภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยในปี 2560-2566

จากกราฟที่แสดงในภาพที่ 5 จะเห็นว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน ซึ่งมีการใช้มากใน 2 ช่วงได้แก่ เดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงก่อนปิดภาคเรียนและกำลังเข้าสู่ฤดูร้อน และเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มเปิดภาคเรียน ซึ่งต่างจากการใช้ไฟฟ้าตามครัวเรือนทั่วไปที่มักมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมากในเดือนเมษายน โดยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีนั้น จะเห็นว่าในปี 2564 มีการปล่อยก๊าซน้อยกว่าปีอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในช่วงสถานการณ์โควิด เป็นจำนวน 1445 ตัน และกลับมาเพิ่มขึ้นในปี 2565 เป็นปริมาณ 1,612 ตัน และมากถึง 1,834 ตัน ในปี 2566 ประกอบกับในปี 2565-2566 ทางมหาวิทยาลัยมีการเปิดขยายกิจกรรมการเรียนการสอนของคณะใหม่ (คณะพยาบาลศาสตร์) การใช้อาคารเรียนระดับปฐมวัยของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง รวมทั้งมีการเปิดใช้หอพักใหม่ของนักศึกษาครุศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัย จึงทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีมากกว่าปีก่อนหน้าอย่างเห็นได้ชัด

2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 3 (Scope 3) ได้แก่

1) การใช้น้ำมันในการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย โดยทำการสำรวจนับจำนวนรถแต่ละประเภทที่เข้ามาภายในมหาวิทยาลัย ด้วยการสุ่มนับในสัปดาห์ช่วงระหว่างเปิดและปิดภาคเรียน ในปีการศึกษา 2566 อย่างละ 1 สัปดาห์ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 6 ซึ่งผลการสำรวจจำนวนยานพาหนะ พบว่านักศึกษามีการใช้รถจักรยานยนต์เป็นส่วนใหญ่ และรถยนต์ที่สำรวจได้มาจากการใช้น้ำมันของ

บุคลากรซึ่งมีทั้งรถประเภทที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเบนซินและดีเซลในปริมาณพอ ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่อนำข้อมูลการสำรวจทั้งหมดมาประมวลผลเป็นแบบทั้งปี พบว่าในปี 2566 มีการปลดปล่อยในปริมาณ 212.7 ตัน

2) การจัดการขยะมูลฝอย ได้ใช้วิธีคำนวณจากจำนวนบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย โดยมีการแยกจำนวนผู้ที่พักอาศัยภายในแบบ 24 ชั่วโมง และผู้ที่เข้ามาทำงานหรือเรียนเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยผลการคำนวณคิดเป็นสัดส่วนตามเวลาที่ใช้ชีวิตอยู่ในมหาวิทยาลัยดังแสดงในตารางที่ 7 และทั้งนี้โดยปริมาณขยะที่เกิดมีการใช้รถบรรทุกเพื่อนำไปกำจัดขยะโดยเทศบาลเมืองเขลางค์นครลำปางด้วยวิธีการฝังกลบนอกมหาวิทยาลัยด้วยระยะทาง 40 กิโลเมตร แสดงผลการคำนวณในตารางที่ 7 ซึ่งพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเกิดจากส่วนของการดำเนินชีวิตของบุคลากรและนักศึกษายู่ 874.9 ตัน จากใช้รถขนขยะของเทศบาล 2.2 ตัน รวมเป็น 877.1 ตัน แต่อย่างไรก็ตามทางมหาวิทยาลัยมีนโยบายการจัดการแยกประเภทของขยะเพื่อนำไปรีไซเคิลบางส่วน แต่ยังไม่สมบูรณ์มากนัก รวมทั้งนโยบายการแยกและกำจัดเศษอาหารในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยซึ่งไม่ได้นำมาพิจารณาในการประมาณค่านี้

3) ของเสียปฏิภูล ได้ใช้วิธีคำนวณจากจำนวนบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย (ด้วยวิธีการประมาณสัดส่วนเวลาการพักอาศัย เช่นเดียวกับขยะมูลฝอย) และแสดงผลการคำนวณในตารางที่ 7 ซึ่งพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้มีค่าประมาณ 3.3 ตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ตารางที่ 6 แสดงผลการสำรวจชนิดและปริมาณของรถได้จากการสำรวจและประเมินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการใช้ยานพาหนะที่เข้ามาในมหาวิทยาลัย ในปี 2566

ประเภท ยานพาหนะ (เชื้อเพลิง)	ผลการสำรวจปริมาณรถ ใน 1 สัปดาห์ (คัน)		ผลการคำนวณ	
	ปิดภาคเรียน	เปิดภาคเรียน	ปริมาณเชื้อเพลิง (L)	CO _{2eq} (kg)
รถยนต์ส่วนบุคคล ขนาด 1 ตัน (ดีเซล)	2,790	3,770	31,759.52	87,040.87
รถยนต์เฉลี่ยทุก ขนาด (เบนซิน)	2,490	4,422	25,916.68	58,038.45

รถตู้โดยสาร (ดีเซล)	41	73	618.58	1,695.30
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (เบนซิน)	2,919	13,364	25,825.08	57,833.31
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ (เบนซิน)	615	925	3,024.72	6,773.64
รถบรรทุก ขนาดกลาง (ดีเซล)	9	19	463.42	1,270.06
รถโดยสาร ประจำทาง (ดีเซล)	0	1	22.46	61.54
รวม	8,864	22,574	87,630.46	212,713.17

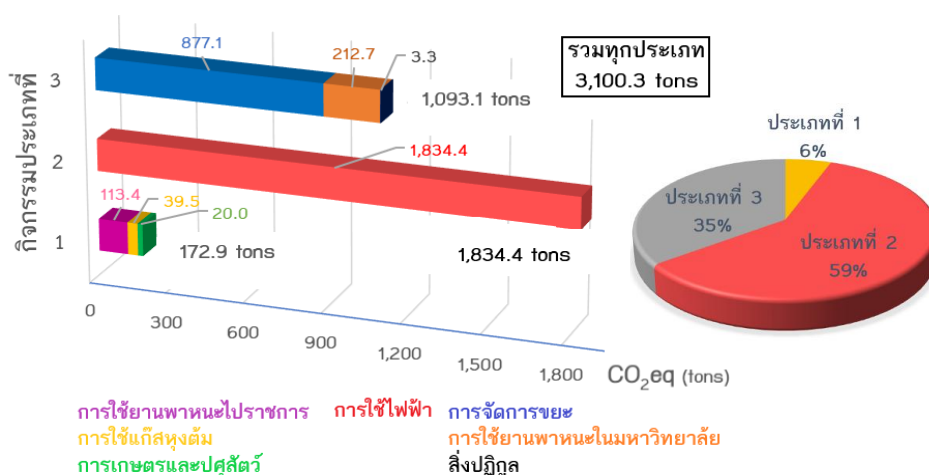
ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินการปล่อยก๊าซเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากขยะและสิ่งปฏิกูล

รูปแบบการพักอาศัยและเข้ามาในมหาวิทยาลัย	จำนวนบุคลากรนักศึกษา	จำนวน (คน)	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	CO _{2eq} ขยะ (kg)	CO _{2eq} สิ่งปฏิกูล (kg)
พักภายใน (24 ช.ม./วัน)	บุคลากรและครอบครัว นักศึกษา	381	158.50	133,469.48	505.77
พักภายนอก (8 ช.ม./วัน)	บุคลากร นักศึกษา	348	144.77	121,909.13	461.96
		561	77.79	65,508.64	248.24
		4,744	657.83	553,962.57	2,099.17
CO _{2eq} จากพาหนะการขนส่งขยะ (kg)				2,225.90	
รวม		6,034	1,038.89	877,075.73	3,315.13

ในภาพรวมของข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าทั้งหมดในปี 2566 พบว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นปริมาณ 3,100.3 ตัน ดังสัดส่วนที่แสดงในภาพที่ 6 โดยแหล่งที่มาหลักคือการใช้ไฟฟ้าถึง 1,834.4 ตัน (คิดเป็น 59.2% ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด) ซึ่งจัดเป็นการจัดกิจกรรม

ประเภทที่ 2 รองลงมาคือเป็นผลจากกระบวนการจัดการขยะ 28.3% การใช้ยานพาหนะของบุคลากรและนักศึกษาภายในบริเวณมหาวิทยาลัย (6.8%) การใช้รถสำหรับการเดินทางไปราชการ (3.7%) การใช้ก๊าซหุงต้ม (1.3%) การทำนาปลูกข้าวและเลี้ยงสัตว์ (0.6%) และน้อยที่สุดจากการเกิดสิ่งปฏิกูล 3.3 ตัน (0.1%) ตามลำดับ

เมื่อนำผลที่ได้มาคิดอัตราการปลดปล่อยก๊าซเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ของบุคลากรและนักศึกษาทั้งหมด (รวม 5,865 คน) พบว่ามีค่าการปลดปล่อย 0.528 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในสถานศึกษาต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่นจากมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ โดยการศึกษาของสุรวุฒิ และ ดุษฎีพร (2562) [18] ที่พบว่ามีปริมาณการปล่อย เป็นปริมาณรวมทั้งสิ้น 3,469.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีคิดเป็น 0.569 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยมาจากการใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 52.2% ในขณะที่ผลการศึกษาจาก วริศราและคณะ (2564) [19] พบว่ามีการปลดปล่อยที่ 1,594 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือ 3.036 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยให้ผลที่ตรงกันและชัดเจนว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งปลดปล่อยที่สำคัญที่สุด



ภาพที่ 6 ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากกิจกรรม

แต่ละประเภท ในปี 2566 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง (กราฟแท่งในหน่วยตัน และร้อยละในกราฟวงกลม)

สรุป

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจและคำนวณข้อมูลการกักเก็บและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแบ่งผลการวิจัยเป็น 2 ส่วน ดังนี้:

1. การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปแบบชีวมวลของต้นไม้

จากการสำรวจต้นไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ทั้งในส่วนของพื้นที่สวนต้นไม้ที่ปลูกสลับกับอาคาร และพื้นที่ป่าเต็งรัง พบว่าต้นไม้ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยมีมวลชีวภาพรวม 3,420 ตัน สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 5,885 ตัน ต้นไม้ที่มีศักยภาพในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดมักเป็นต้นไม้เก่าแก่ ซึ่งสามารถกักเก็บได้มากกว่า 9 ตันต่อต้น และโดยค่าเฉลี่ยการกักเก็บของต้นไม้ทั้งหมดทุกกลุ่มที่ได้สำรวจพบว่าอยู่ที่ประมาณ 1.44 ตันต่อต้น จากค่าเฉลี่ยพบว่ามีมวลชีวภาพและมีศักยภาพในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สอดคล้องและใกล้เคียงกับป่าเต็งรังและระบบนิเวศอื่น ๆ ที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และการจัดการพื้นที่สีเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนในอนาคต

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

จากผลการสำรวจและคำนวณการใช้พลังงานและกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปี 2566 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าทั้งหมด 3,100.3 ตัน ทั้งนี้ตัวเลขดังกล่าวเป็นการประมาณการขั้นต่ำเท่านั้น อาจมีกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่สามารถนำมาแสดงหรือประเมินได้ โดยเมื่อจัดเรียงลำดับตามประเภทของกิจกรรมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของอบก. แล้วจะพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามาจากกิจกรรมประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นทางอ้อมด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

จากข้อมูลทั้งสองสะท้อนให้เห็นว่า ต้นไม้ในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางมีศักยภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ใน 1 ปี คิดเป็น 52.7% ของปริมาณการกักเก็บและสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากต้นไม้ในมหาวิทยาลัยทั้งหมด บ่งบอกถึงความจำเป็นในการดำเนินการด้านการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นการลดการใช้ไฟฟ้าให้เหลือเพียงเท่าที่จำเป็น รวมถึงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งปัจจุบันทางมหาวิทยาลัยได้มีเริ่มติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารไปบางส่วนแล้ว

(แต่เนื่องจากยังไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลไว้ จึงไม่นำมาพิจารณา) และมีแผนในการติดตั้งเพิ่มเติมในแต่ละปี แต่ทั้งนี้ควรให้ความสำคัญต่อบทบาทของต้นไม้ขนาดใหญ่ทั้งในเชิงการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนและการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมความสมดุลของระบบนิเวศโดยรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มหาวิทยาลัยมีการขยายตัวของจำนวนของอาคารและการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นตามการพัฒนาศักยภาพการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการสนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานวิจัยในปีงบประมาณ 2566-2567 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อให้การศึกษาครั้งนี้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการให้ข้อมูลสำหรับการสำรวจ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 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; 2021.
2. United Nations. Report of the Conference of the Parties on its 21st session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015 : addendum. In: Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change [Internet]. FCCC/CP: 2015 Dec 13; Paris: United Nations; 2016 [cited 2026 Jun 23], p.1-36. Available from: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
3. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [อินเทอร์เน็ต]. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน); 2565 [เข้าถึงเมื่อ 23 มิ.ย.

- 2569]. เข้าถึงได้จาก: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/tools/files.php?mod=YjNKblXNXBlbUYwYVcdVgyUnZkMjVzYjJGaw&type=WDBaSlRFVLQ&files=TkRFPQ>
4. Ogawa H, Yoda K, Ogino K, Kira T. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand: II. Plant biomass. *Nat Life SE Asia*. 1965;4:49–80.
 5. ชิงชัย วิริยะบัญชา, ภาณุมาศ ลาดปลาชะ, วัฒนา ศักดิ์ชูวงศ์. การสะสมคาร์บอนของเถาว์วัลย์ในป่าธรรมชาติ ณ อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2: การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว; 18–19 ส.ค. 2554; นนทบุรี, ประเทศไทย. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน); 2554. 23 หน้า.
 6. Pearson T, Walker S, Brown S. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. Washington, D.C.: Winrock International and the BioCarbon Fund of the World Bank; 2005.
 7. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (ฉบับที่ 4). [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน); 2566 [เข้าถึงเมื่อ 23 มิ.ย. 2569]. เข้าถึงจาก: <https://ghgreduction.tgo.or.th/en/methodology/calculation-tools/forestry-and-agriculture-project/download/4489/245/> 23.html
 8. Eleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, editors. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); Institute for Global Environmental Strategies (IGES); 2006.
 9. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2554). คู่มือการประเมินคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ประเทศไทย. กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
 10. วสันต์ จันทร์แดง, อดาว์วัลย์ พวงจิตร, สาทิส ดิลกสัมพันธ์. การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์* 2553;29(3):36-44.

11. ชัญญา กันฉิ่ง, ณัฐพงษ์ ฟองมณี, ปาริฉัตร ประพัฒน์, สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล, เกื้อกุล กุสสุตา นุภาพ, บัณฑิตา ใจปิ่นตา. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช ที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อ.จุน จ.พะเยา. ใน: การประชุมวิชาการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 3; 15-17 มิ.ย. 2559; น่าน, ประเทศไทย. น่าน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน; สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.); 2559. หน้า 89-95.
12. ดอกรัก มารอด, ประทีป ดั่งแคว, จักรพงษ์ ทองสวี่, วงศธร พุ่มพวง, สกิต ถิ่นกำแพง, อนุสรณ์ กุลวงษ์ และคณะ. การจัดกลุ่มหมู่ไม้ และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร. วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 2560;1(1):1-9.
13. จุฑาพร ทองนุ่น, พิชิต ลำไย, สันติ สุขสะอาด, ศุภศิษย์ ศรีอักษรินทร์. พลวัตป่าไม้และการกักเก็บคาร์บอนในช่วงเวลา 10 ปีในพื้นที่อุทยานแห่งชาติลำน้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดแพร่. วารสารวนศาสตร์ไทย 2565; 41(2):48-62. doi: 10.14456/tjf.2022.5
14. ศศิธร เพชรแสน, สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์, ดารินทร์ ล้วนวิเศษ, วณิชยา จรูญพงษ์, ศรียา อินทสิน. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนห้วยหินขาว ตำบลด่านศรีสุข อำเภอโพธิ์ตาก จังหวัดหนองคาย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 2566;11(1):109-125.
15. Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. 2005;145(1):87–99. doi: 10.1007/s00442-005-0100-x
16. Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*. 2011;333(6045):988–93. doi: 10.1126/science.1201609
17. Vieira S, Trumbore S, Camargo PB, Selhorst D, Chambers JQ, Higuchi N, et al. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102(51):18502–7. doi: 10.1073/pnas.0505966102.

18. สุรวุฒิ สุธา, ดุษฎีพร หิรัญ. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2562;26(1):227-33.
19. วริศรา สีวิวัฒน์, วิภาดา ทองหอม, ศุภิสรา แขวงโสภา, ธนกฤต เนียมหอม, วิธิตา พัฒนอิสรานุกุล. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตพญาไท. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2564;29(4):604-17. doi: 10.14456/tstj.2021.51