Research Article

Received: September 12, 2019; Accepted: November 21, 2019

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย กรณีศึกษา : พื้นที่ฝังกลบเทศบาลนครนครศรีธรรมราช

Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Management Case Study: Nakhon Si Thammarat Municipality Landfill

วัฒนณรงค์ มากพันธ์* และสมพงศ์ โอทอง

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

Wattananarong Markphan* and Sompong O-Thong

Biotechnology Program, Department of Biology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Campus, Ban Phrao, Pa Payom, Phatthalung 93210

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช ซึ่งรองรับขยะจาก 5 อำเภอ ได้แก่ เมืองนครศรีธรรมราช ท่าศาลา ลานสกา พรหมคีรี และสิชล พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยทั้งหมด 1.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี มีการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งรวมขยะ การขนส่ง และแหล่งฝังกลบ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักที่แหล่งรวมขยะ 1.22 ตันคาร์บอนต่อตันขยะต่อปี โดยอำเภอเมืองนครศรีธรรมราชมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักที่แหล่งรวมขยะมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.81 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักที่แหล่งรวมขยะ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเก็บรวบรวมและการขนส่งทั้งหมด 0.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี โดยอำเภอเมืองนครศรีธรรมราชมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81.07 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเก็บรวบรวมและการขนส่งทั้งหมด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบทั้งหมด 0.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี การจัดการของขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนครศรีธรรมราชปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงจากแหล่งรวมขยะและพื้นที่ฝังกลบขยะ

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจก; การจัดการขยะมูลฝอยเทศบาล; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** Wattananarong@gmail.com

Abstract

The amount of greenhouse gas emissions from municipal solid waste management of landfill areas in Nakhon Si Thammarat municipality was investigated. This landfill was received the solid waste from 5 districts, i.e. Mueang Nakhon Si Thammarat, Tha Sala, Lan Saka, Phrom Khiri, and Sichon. It was found that the total greenhouse gas emission from municipal solid waste management was 1.78 tons-CO_2/tonne-waste/year. The greenhouse gas was generated from waste-collecting sites, transportation, and landfill. The amount of greenhouse gas emissions from the waste-collecting site was 1.22 tons-CO_2/tonne-waste/year. Mueang Nakhon Si Thammarat district has the highest greenhouse gas emission from the waste-collecting site, 21.81 % of the total emission from all sources. Total greenhouse gas emission from collection and transportation was 0.18 tons-CO_2/tonne-waste/year. Mueang Nakhon Si Thammarat district has the highest greenhouse gas emission from collection and transportation, 81.07 % of the total emissions from the collection and transportation. Total greenhouse gas emission from landfill was 0.38 tons-CO_2/tonne-waste/year. Municipal solid waste management of Nakhon Si Thammarat municipality has high greenhouse gas emissions from waste-collecting sites and landfill sites.

Keywords: greenhouse gas; municipal solid waste management; emission of greenhouse gas

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดการขยะมูลฝอยเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ เนื่องจากมีการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและการขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างต่อเนื่อง การส่งเสริมและการพัฒนาการท่องเที่ยว การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปของประชาชน ทำให้มีผลต่อปริมาณขยะมูลฝอยที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น การประเมินปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยต่าง ๆ ประมาณ 27.80 ล้านตัน หรือประมาณ 74,998 ตันต่อวัน ซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การบริโภคที่เพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของชุมชนเมืองและการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมืองในหลายพื้นที่ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดขยะมูลฝอยพบว่ามีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยลดลงกว่าปีที่ผ่านมาเล็กน้อย เหลือเพียง 1.13 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งนำไปกำจัดอย่างถูกต้องประมาณ 11.69 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 43 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด และขยะมูลฝอยถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์ประมาณ 8.51 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 31 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด สำหรับขยะมูลฝอยอีกประมาณ 7.17 ล้านตัน หรือร้อยละ 26 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด นำไปจัดการอย่างไม่ถูกต้อง เช่น การเทกอง การเผากำจัดกลางแจ้ง การเผากำจัดในเตาเผาขนาดเล็กที่ไม่มีการบำบัดมลพิษทางอากาศ การลักลอบทิ้งในพื้นที่ต่าง ๆ [1]

ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2560 จังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณขยะตกค้างเป็นลำดับที่ 1 ของประเทศ โดยมีขยะปริมาณ 1,135,120 ตัน ส่วนใหญ่ใช้วิธีการจัดการแบบเทกอง

และฝังกลบ จึงทำให้มีปริมาณขยะสะสมในสถานที่กำจัดขยะและไม่มีการกำจัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงทำให้ขยะมากเกินขีดจำกัด เมื่อมีขยะตกค้างขึ้นทุกวัน จะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น ซากเน่า แมลงวัน และน้ำเน่าเสียจากขยะส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชน ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจทำให้ขาดความน่าเชื่อถือในการทำงานของคนในท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ทุกภาคส่วนควรคำนึงถึงปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น การจัดการขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบทำให้เกิดกระบวนการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศและเกิดก๊าซในหลุมฝังกลบ ก๊าซจากหลุมฝังกลบประกอบด้วยก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนออกไซด์ ไฮโดรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน แอมโมเนีย ออกซิเจน และไอน้ำ [1] ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งในก่อการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยจังหวัดนครศรีธรรมราชมีการรวบรวมขยะเพื่อกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ โดยแต่ละอำเภอของจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ เมืองนครศรีธรรมราช ท่าศาลา ลานสกา พรหมคีรี และสิชล จะขนส่งขยะไปยังจุดรวบรวมและกำจัดขยะ ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ 84 ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการขยะมูลฝอยนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนถือเป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่สำคัญ โดยพบว่าวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเทกองและการฝังกลบก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนมากเป็นอันดับที่ 3 ของการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากภาคการจัดขยะมูลฝอย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักรที่ใช้ในการรวบรวม การคัดแยก และการขนส่งขยะมูลฝอย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการจัดการขยะมูลฝอยจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยและความเชื่อมโยงกับปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [2]

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งมีการรวบรวมและขนส่งขยะจาก 5 อำเภอ ไปยังแหล่งพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช เพื่อให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการรวบรวมขยะ การขนส่ง และการฝังกลบ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย โดยใช้พื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช

3. วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับการจัดการและการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากขยะชุมชน

3.1.2 แบบสอบถามที่ใช้สอบถามกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่อยู่ในเทศบาลตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบลใน 5 อำเภอของจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีการขนส่งขยะมูลฝอยมาฝังกลบในพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจากองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาล 15 หน่วยงาน ใน 5 อำเภอ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ เมืองนครศรีธรรมราช ท่าศาลา ลานสกา พรหมคีรี และสิชล รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์

เจ้าหน้าที่ของเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบล หน่วยงานละ 1 คน เกี่ยวกับประเภทของรถบรรทุกที่ใช้ ระยะทาง ข้อมูลเชื้อเพลิง และปริมาณขยะมูลฝอยในรอบปี โดยดำเนินการสัมภาษณ์เก็บข้อมูลในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2561

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

นำข้อมูลการดำเนินการจัดการขยะของแต่ละเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบลจากแบบสอบถาม ประกอบด้วยชนิดและปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ ระยะทาง ปริมาณขยะมูลฝอย เป็นต้น นำมาประกอบการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยทั้งหมด โดยใช้โปรแกรมของ IGES (Institute for Global Environmental Strategies) [3]

3.3.2 ร้อยละขององค์ประกอบขยะมูลฝอย

เนื่องจากขยะมูลฝอยประกอบด้วยสิ่งของต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่งมิได้มีการปะปนผสมกันอยู่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจำเป็นต้องทำอย่างมีระบบ เพื่อให้มีลักษณะองค์ประกอบเหมือนกับขยะมูลฝอยทั้งหมด และสามารถใช้เป็นตัวแทนของขยะมูลฝอยที่ต้องการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจากรถยนต์ที่ใช้เก็บขนขยะมูลฝอยใช้การทำ quartering เพื่อหาร้อยละองค์ประกอบของขยะโดยน้ำหนัก ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

$$C_i = (W_i \div W) \times 100$$

โดยที่ C_i คือ ร้อยละขององค์ประกอบของมูลฝอยแต่ละชนิด; W_i คือ น้ำหนักมูลฝอยแต่ละชนิดหรือแต่ละองค์ประกอบ; W คือ น้ำหนักตัวอย่างมูลฝอยทั้งหมด; I = 1, 2, 3, ..., n คือ องค์ประกอบแต่ละประเภท

3.3.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การขนส่งขยะมูลฝอยทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยในเอเชีย ได้แก่ น้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยคำนวณโดยใช้สมการดังนี้

(1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (สมการที่ 2)

$$Emission_{Degradation} = (E_{CH4}GWP_{CH4} \times E_{N2O}) + GWP_{N20}$$

(2) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการขนส่งขยะมูลฝอย (สมการที่ 3)

$$Emission_{Degradation} = [(E_{CH4} \times GWP_{CH4}) + E_{N2O}] \times GWP_{N2O}$$

โดยที่ $Emissions_{Degradation}$ คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์); E_{CH4} คือ การปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมมีเทนต่อตันขยะอินทรีย์) โปรแกรมนี้ใช้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 4 [ค่าเฉลี่ยที่กำหนดโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2006)] ซึ่งผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโรงหมักปุ๋ย (หากมีข้อมูล); GWP_{CH4} คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซมีเทนมีค่า 21 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คิดในช่วงเวลา 100 ปี); E_{N2O} คือ การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์) โปรแกรมนี้ใช้ค่าค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.3 [ค่าเฉลี่ยที่กำหนดโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2006)] ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโรงหมักปุ๋ย (หากมีข้อมูล); GWP_{N2O} คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่า 310 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคิดในช่วง

เวลา 100 ปี)

(3) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการขนส่งขยะมูลฝอย (สมการที่ 4)

$$Emissions_T = (Fuel \div Waste) \times Energy \times EF$$

โดยที่ $Emissions_T$ คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะมูลฝอยที่ขนส่ง); Fuel คือ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการขนส่งต่อเดือน (ลิตรต่อกิโลกรัม); Waste คือ ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน); Energy คือ ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (เมกกะจูลต่อลิตรต่อกิโลกรัม); EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกกะจูล) (ตารางที่ 1)

Table 1 Greenhouse gas emission coefficients

Fuels	Units	Energy	Greenhouse gas emission coefficients
Diesel	Liter	36.42 MJ/L	0.074 $KgCO_2/MJ$
Natural gas	Kg	37.92 MJ/Kg	0.056 $KgCO_2/MJ$

(4) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอยหรือการเทกอง (สมการที่ 5)

$$CH_4 emitted in year T = (\Sigma CH_4 generated_{X,(T)} - R_{(T)}) \times (1 - OX_{(T)})$$

โดยที่ T คือ ปีที่ทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก; x คือ สัดส่วนของวัสดุ/ประเภทของของเสีย; $W_{(T)}$ คือ ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบในปีที่ T; MCF คือ ค่าปรับแก้มีเทน (methane correction factor); DOC คือ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (degradable organic carbon) ภายใต้สภาพที่มีอากาศ; DOC_f คือ สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้สภาพไร้อากาศ มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0; DDOC คือ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (decomposable degradable organic carbon) ภายใต้สภาพไร้อากาศ; $DDOC_{md(T)}$ คือ ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T; $DDOC_{mrem(T)}$ ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T และยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T; $DDOC_{mdec(T)}$ คือ ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T และย่อยสลายระหว่างปีที่ T; $DDOC_{ma(T)}$ คือ ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T; $DDOC_{ma(T-1)}$ คือ ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T-1; $DDOC_{mdecomp(T)}$ คือ ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ย่อยสลายในปีที่ T; CH_4 $generated_{(T)}$ คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในปีที่ T; F คือ สัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อปริมาตรของก๊าซทั้งหมดในหลุมฝังกลบ มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0; 16/12 คือ สัดส่วนของน้ำหนักโมเลกุลระหว่างก๊าซมีเทนและธาตุคาร์บอน (CH_4/C); $R_{(T)}$ คือ ก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้ในปีที่ T; $OX_{(T)}$ คือ สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกออกซิไดซ์ในปีที่ T; k คือ ค่าคงที่อัตราการเกิดก๊าซมีเทน; M คือ เดือนที่เริ่มเกิดปฏิกิริยา [= เวลาหน่วง (delay time) +7]

4. ผลการศึกษา

4.1 ระบบการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดนครศรีธรรมราช

ระบบการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดนครศรีธรรมราช แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ (1) การเก็บรวบรวมขยะจากครัวเรือน (2) ขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบขยะ และ (3) ฝังกลบ ชนิดของรถทั้งหมด 3 ชนิด

คือ (1) รถเก็บขนขยะชนิดเปิดข้างเทท้ายขนาดเล็ก (2) รถเก็บขนขยะชนิดเปิดข้างเทท้ายขนาดใหญ่ และ (3) รถเก็บขนขยะชนิดบีบอัดมูลฝอย ระยะการเก็บรวบรวมขยะจะเว้นระยะห่าง 2-3 วันต่อครั้ง ระยะทางการขนส่งขยะจากแหล่งการรวบรวมไปยังพื้นที่ฝังกลบของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช ตั้งแต่ 1 ถึง 160 กิโลเมตร และการกำจัดก็ไม่ถูกสุขลักษณะ โดยเทศบาลนครนครศรีธรรมราชดำเนินการชั่งน้ำหนักและเทกองไว้เท่านั้น

4.2 ร้อยละขององค์ประกอบขยะ

การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยจาก 5 อำเภอที่ขนส่งขยะมูลฝอยมาทิ้ง ณ จุดรวบรวมขยะ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ 84 (ทุ่งท่าลาด) สามารถแยกองค์ประกอบขยะออกเป็นเศษอาหาร กิ่งไม้ใบไม้ พลาสติก กระดาษ ผ้า หนังยาง แก้ว โลหะ และขยะอันตราย ดังตารางที่ 2

Table 2 The composition of municipal solid waste in Nakhon Si Thammarat landfill

Composition of Municipal waste	Percentages by weight per day							Averages	S.D.
	1	2	3	4	5	6	7		
Fruits, vegetables	37.36	36.50	37.50	37.10	36.90	37.00	36.90	37.04	0.31
Paper	11.52	12.00	11.65	11.78	11.39	12.00	12.77	11.87	0.46
Plastic	25.20	24.99	25.03	25.67	24.98	24.67	24.87	25.06	0.31
Clothing	9.49	9.34	9.55	9.23	9.16	9.43	9.30	9.36	0.14
Wood	4.74	4.56	4.71	4.38	4.59	4.67	4.44	4.58	0.14
Rubber, leather	0.79	0.67	0.64	0.76	0.65	0.56	0.67	0.68	0.08
Glass	7.63	7.53	8.00	7.45	7.89	7.64	7.98	7.73	0.22
Metal	0.73	0.67	0.78	0.75	0.76	0.73	0.78	0.74	0.04
Stone, bone tile	1.14	2.10	0.70	1.20	2.30	1.70	0.49	1.38	0.68
Foam	1.40	1.50	1.45	1.34	1.29	1.60	1.80	1.48	0.17
Total percentage	100	99.86	100	99.66	99.91	100	100	99.92	0.13

ตารางที่ 2 พบว่าขยะทีมีปริมาณมากที่สุด คือ เศษอาหาร คิดเป็น 37.04 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ พลาสติก คิดเป็น 25.06 เปอร์เซ็นต์ กิ่งไม้ใบไม้ คิดเป็น 4.58 เปอร์เซ็นต์ กระดาษ คิดเป็น 11.87 เปอร์เซ็นต์ ผ้า คิดเป็น 9.36 เปอร์เซ็นต์ หนังยาง คิดเป็น 0.68 เปอร์เซ็นต์ แก้วคิดเป็น 7.73 เปอร์เซ็นต์ โลหะคิดเป็น 0.74 เปอร์เซ็นต์ กรวด หิน และกระดูก คิดเป็น 1.38 เปอร์เซ็นต์ โฟม คิดเป็น 1.48 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณความชื้นของขยะมูลฝอยต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ ตัวอย่าง เช่น กระดาษและไม้มีความชื้นสูงสุด เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับน้ำดีกว่าวัสดุอื่น ๆ มีความชื้นสูงถึง 73.64 % โฟม พลาสติก สิ่งทอ และพรมมีความชื้นเล็กน้อย คิดเป็น 37.26 %

4.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักขยะภายในถังขยะมูลฝอย

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักขยะภายในถังขยะมูลฝอยของอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช ท่าศาลา ลานสกา พรหมคีรี และสิชลแสดงผลดังตารางที่ 3 โดยคำนวณปริมาณ

ขยะประเภทเศษอาหารทั้งหมด ปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้หรือใบไม้ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดที่ใช้ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการหมัก

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอย พบว่าอำเภอสิชล เมืองนครศรีธรรมราช และท่าศาลามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก มีค่า 275.78, 267.46 และ 245.45 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะ ตามลำดับ เนื่องจากขยะโดยส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร รองลงมา คือ อำเภอลานสกาและพรหมคีรี มีค่า 225.13 และ 212.13 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการหมักเทียบเท่ากับ 788.69 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมัก 1,225.95 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี

4.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอย

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอยของ 5 อำเภอ ที่มีการขนส่งขยะมูลฝอยมายังจุดรวบรวมและกำจัดขยะของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงผลดังตารางที่ 4

รถขนขยะที่ใช้ในระบบรวบรวมขยะจาก 5

Table 3 Carbon emissions of municipal solid waste management from waste sources

Sources (districts)	Organic wastes (tonne/year)		Carbon emissions ($kgCO_2/tonne_{waste}$)
	Food waste	Wood, green waste	
Sichon	1,372.32	148.36	275.78
Lan Saka	1,701.14	12.89	212.13
Thasala	2,064.98	0.00	245.45
Phrom Khiri	1,040.20	225.13	225.13
Muang	5,721.84	3,814.56	267.46
Total	11,900.48	4,200.94	1,225.95

Table 4 Carbon emissions of municipal solid waste management from transport waste to disposal

Sources (districts)	Waste (tonne/year)*	Average transport distance (km)	Fuel (liter)	Carbon emissions ($kgCO_2/tonne_{waste}$)	Carbon emissions ($tonneCO_2$/year)
Muang	12,590.66	11	27,532	5.89	74.20
Thasala	1,165.75	31	8,400	19.42	22.64
Lan Saka	488.5	27	5,760	31.78	15.52
Phrom Khiri	2,006.54	26	17,264	23.19	46.53
Sichon	2,210.29	75	31,620	38.56	85.22
Total	18,461.74	170	90,576	118.84	244.11

*Total waste is calculated from the amount of organic waste such as food scraps, fruits and vegetables, and inorganic materials such as plastic, and glass.

Table 4 Carbon emissions of municipal solid waste management from landfill

Parameters	Values	Units
Solid waste landfill per year	90,153.02	tonne/year
Solid waste landfill capacity per year	1,081,836.24	tonne/year
Volume of CH_4/$Tonne_{waste}$	17.92	$kgCH_4/tonne_{waste}$
Convert methane to carbon dioxide	21.00	$kgCO_2$/ $KgCH_4$
Greenhouse gas emissions from landfill	376.25	$kgCO_2$/ $tonne_{waste}$
The amount of diesel fuel used in engines running on landfill.	144,000.00	liter/year
The amount of diesel used per ton of waste	1.60	$liter/tonne_{waste}$
Greenhouse gas emissions from the use of fossil fuels	4.31	$kgCO_2$/ $tonne_{waste}$
The total amount of diesel fuel used in engines running on landfill.	1,440.00	liter/year
The amount of methane emissions from organic waste landfill	17.92	$kgCH_4/tonne_{waste}$
The amount of greenhouse gas emissions directly from solid waste landfills	380.56	$kgCO_2/tonne_{waste}$
The amount of greenhouse gas emissions directly from solid waste landfills	0.38	$tonneCO_2/tonne_{waste}$
Total greenhouse gas emissions from landfills	34,308.94	$tonneCO_2$/year

*Carbon emissions of municipal solid waste management were calculated from the amount of organic and inorganic wastes.

อำเภอ มี 3 ชนิด คือ (1) รถเก็บขนขยะชนิดเปิดข้างเทท้ายขนาดเล็ก (2) รถเก็บขนขยะชนิดเปิดข้างเทท้ายขนาดใหญ่ และ (3) รถเก็บขนขยะชนิดบีบอัดมูลฝอย เชื้อเพลิงที่ใช้ คือ ดีเซล ปริมาณขยะทั้งหมดที่ขนส่งมายังจุดรวบรวมและกำจัดขยะของเทศบาลนครนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 18,461.74 ตันต่อปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะ 0.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปีและ 244.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

4.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

การปล่อยคาร์บอนของการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ฝังกลบ คำนวณจากปริมาณขยะอินทรีย์และอนินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่าขยะมูลฝอยชุมชนมีปริมาณ 90,153 ตันต่อปี ซึ่งสามารถปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจก 376 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบในหลุมฝังกลบ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เกิดจากการใช้เครื่องจักรในการจัดการในหลุมฝักกลบ ปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 4.31 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะ รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากขยะมูลฝอย

ขยะในพื้นที่หลุมฝังกลบทั้งหมด 380.56 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะ แสดงผลดังตารางที่ 5

5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ขยะจากชุมชนส่วนใหญ่ประกอบด้วยขยะที่มีความชื้นต่ำและขยะที่มีความชื้นสูง คิดเป็น 73.64 และ 26.36 % ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่ คือ ผัก ผลไม้ และเศษอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สยาม [4] อรชร [5] และพิชัย [6] ที่มีการแยกองค์ประกอบของขยะเป็นเศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เหล็ก อลูมิเนียม แก้ว ผ้า กิ่งไม้ต้นไม้ อื่น ๆ พบว่าขยะที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ขยะอินทรีย์ สำหรับขยะที่มีความชื้นต่ำสามารถเป็นวัตถุดิบสำหรับเตาเผาขยะที่ผลิตไฟฟ้าได้และขยะที่ความชื้นสูงสามารถเป็นวัตถุดิบสำหรับการหมักก๊าซชีวภาพ สำหรับระบบการจัดการขยะของจังหวัดนครศรีธรรมราชสร้างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 1.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะต่อปี โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยมากสุดในส่วนของการรวบรวมและการขนส่ง เนื่องจากระยะทางที่ขนส่ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ยุทธพงศ์ [7] และยุคันต์ทิวัตถ์ [8] ที่พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากการขนส่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทาง ขนาดของรถที่บรรทุก และการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยจำลองรูปแบบการกำจัดเป็น 2 แบบ คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าอย่างเดียวกับโรงไฟฟ้าที่ใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงรวมกับก๊าซชีวภาพที่หมักจากขยะอินทรีย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรูปแบบแรกมีมากกว่า นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของรูปแบบที่ 2 ยังสูงกว่าอีกด้วย ระบบการกำจัดขยะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเป็นจำนวนมาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ผลิตจากการเผา ขณะที่ก๊าซมีเทน (ซึ่งมีศักยภาพมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่าในรอบ 100 ปี) เป็นผลพลอยได้จากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายในหลุมฝังกลบ มีเทนที่เกิดขึ้นในพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยประมาณ 3-4 % ของการปล่อย GHG ทั่วโลก [9] การปล่อยมีเทนจากการจัดการขยะมีค่าประมาณ 1.87-3.37 ล้านตันในประเทศจีน (พ.ศ. 2547) เมื่อเปรียบเทียบทางเลือกของการฝังกลบกับการเปลี่ยนของเสียไปเป็นพลังงาน ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบ และชดเชยการปล่อยก๊าซจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนของเสียไปเป็นพลังงานกับการฝังกลบ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนของเสียไปเป็นพลังงานสามารถลดคาร์บอนมากถึง 1.3 ตันต่อตันของขยะเทศบาล โดยหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบและชดเชยการปล่อยมลพิษจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล

6. References

[1] Pollution Control Department, 2018, Thailand State of Pollution Report 2018, Bangkok, 35 p.

[2] Sakulpram, P., 1988, Environmental Sanitation, 2 nd Ed., Sammit Publisher, Bangkok, 612 p. (in Thai)

[3] Menikpura, N. and Sang-Arun, J., 2013, User Manual Estimation Tool for Green house Gas (GHG) Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a Life Cycle Perspective, Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Bangkok, 44 p.

[4] Yimsiri, S., 2014, Study of Greenhouse Emission from Municipal Solid Waste

Landfill of Saensook Municipality, Burapha University, Chonburi, 80 p.

[5] Chimjan, O., Nanjaikham, T. and Sangyoka, S., 2016, Greenhouse gas emission from solid easte management of Pibulsongkarm Rajabhat University, Rajabhat J. Sci. Human. Soc. Sci. 17(2): 230-242. (in Thai)

[6] Srimanta, P., 2014, Evaluation of Green house Gas Reduction from Improvement of Solid Waste Mmanagement of Khon Kaen University, Master Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen, 199 p. (in Thai)

[7] Panmanee, Y., Jaiphet, C. and Boonpoke, A., 2013, Greenhouse gas emission from road transportation sector: A case study of transportation cooperative service, Naresuan Phayao J. 6(3): 231-236. (in Thai)

[8] Kamalarkul, Y., 2014, Analysis of Green house Gas Emission from Travel and Transportation Resulting from Chulalong korn University Activities, Master Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, 96 p. (in Thai)

[9] Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (Eds), 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, The National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, 20 p.