การประเมินวัฏจักรชีวิตการจัดการสิ่งปฏิกูล พื้นที่เขตสุขภาพที่ 9
(Life Cycle Assessment of Municipal Human Excreta Management in the Regional Health Area 9)

นายสมรัฐ นัยรัมย์
สมชาย แซ่มซูกลิ่น
ศิริภาพร ภูโยฤทธิ์
ศูนย์อนามัยที่ 9 นครราชสีมา

ABSTRACT

This study was to evaluate and compare the impact of human excreta management: collection, transportation, treatment and disposal including the wastewater discharge according to the life cycle assessment tool. Four steps of these processes comprise of 1) goal and scope 2) inventory 3) assessment 4) interpretation, were analyzed in term of global warming potential. The functional unit was the amount of human excreta generation in unit of Ton per year. The result showed that the maximum of greenhouse gases was from the collection process with 395,719.48 kilogramsCO2eq (83.0%). This was followed by transportation process, disposal process and wastewater discharge which emitted the greenhouse gases about 50,167.22 23,220.67 6,413.88 and 474.01 kilogramsCO2eq, respectively. The collection process produced the most of greenhouse gases that is because almost of human excreta treatment plants are anaerobic process that could produce more greenhouse gases. The operating procedure should be installed for properly improving management as well as the local governmental organization have to improve the treatment plant to be proper management. And also put the energy saving, water saving in policy.

บทคัดย่อ

การศึกษา เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตการจัดการสิ่งปฏิกูล พื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการจัดการสิ่งปฏิกูลในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การเก็บ ขน กำจัดสิ่งปฏิกูล รวมถึงการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล ดำเนินการโดยการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment, LCA) ในมาตรฐาน ISO 14040 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การกำหนดขอบเขตและเป้าหมาย การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบ และการแปลความหมาย การวิจัยนี้ใช้หน่วยหน้าที่การใช้งาน (Functional Unit) เป็นปริมาณสิ่งปฏิกูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดในหน่วยตันต่อปีในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 นครราชสีมา ที่ได้รับการจัดการตั้งแต่การเก็บ ขนและการกำจัด เลือกประเด็นผลกระทบเฉพาะผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (Global Warming) ใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) เป็นตัวกำหนดบทบาท ผลการประเมินพบว่าขั้นตอนของเก็บกักสิ่งปฏิกูลเป็นขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนมากที่สุด คือ มีปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 395,719.48 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 83.0 รองลงมาได้แก่ การขนส่งสิ่งปฏิกูลเพื่อนำไปกำจัด การกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยระบบบำบัดสิ่งปฏิกูล และ การกำจัดน้ำเสียจากการทำความสะอาดรถเก็บขนส่งสิ่งปฏิกูล โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 50,167.22 23,220.67 6,413.88 และ 474.01 ตามลำดับ สาเหตุที่การเก็บกักสิ่งปฏิกูลส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนมากที่สุดเนื่องจากระบบการเก็บกักสิ่งปฏิกูลที่ใช้อยู่เป็นระบบไม่ใช้อากาศส่งผลให้เกิดมลสารทางอากาศมากกว่าการเก็บกักในสภาวะเติมอากาศ การดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการสิ่งปฏิกูลควรเน้นการจัดการให้ถูกสุขลักษณะและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่รับผิดชอบดูแลการจัดการสิ่งปฏิกูล ควรมีการบำบัดสิ่งปฏิกูลโดยเน้นการหมักแบบไร้อากาศและมีการนำก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักไปใช้โยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือเป็นเชื้อเพลิง พร้อมลดการใช้ทรัพยากรที่ใช้ในการจัดการสิ่งปฏิกูล เช่น ลดการใช้น้ำ และการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

คำนิยาม : การประเมินวัฏจักรชีวิต, สิ่งปฏิกูล, เขตสุขภาพที่ 9

1. หลักการและเหตุผล

การจัดการสิ่งปฏิกูล เป็นกระบวนการดำเนินการตั้งแต่ การเก็บกัก รวบรวม ขนส่ง และการนำสิ่งปฏิกูลมาทำการปรับปรุงหรือแปรสภาพให้ปราศจากเชื้อโรคและสภาพอันน่ารังเกียจ ซึ่งการจัดการสิ่งปฏิกูลตาม พระราชบัญญัติการสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2535 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2550 หมวดที่ 3 การจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย ได้ให้คำนิยามสิ่งปฏิกูลว่า **“สิ่งปฏิกูล หมายความว่า อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความรวมถึงสิ่งอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งโสโครกและมีกลิ่นเหม็น” [1]** ตามพระราชบัญญัตินี้ ในมาตรา 18 ได้กำหนดบทบาทหน้าที่ให้การจัดการสิ่งปฏิกูลอยู่ในการควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น โดยการกำหนดให้ การเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลในเขตราชการส่วนท้องถิ่นใดให้เป็นอำนาจของราชการส่วนท้องถิ่นนั้น [2]

การจัดการสิ่งปฏิกูล จากรายงานสถานการณ์อนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2557 พบว่า ภาพรวมการกำจัดสิ่งปฏิกูลมีเทศบาลเพียง ร้อยละ 6.39 เท่านั้นที่มีสถานที่บำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล และในจำนวนนี้มีเพียง ร้อยละ 13.6 ที่ได้ระบุวิธีการกำจัดสิ่งปฏิกูล และพบว่า ร้อยละ 18.71 ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีปัญหาการลักลอบทิ้งสิ่งปฏิกูลในที่สาธารณะ ไร่นา สวนและในลำคลอง [3] สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการศึกษาของวีระศักดิ์ สืบเสาะ พบว่า ส่วนใหญ่เทศบาลยังไม่มีระบบบำบัดสิ่งปฏิกูล คิดเป็น ร้อยละ 67.39 และที่มีคิดเป็น ร้อยละ 32.61 เป็นระบบที่มีการใช้งานได้ดีเพียง 1 แห่ง ที่ [4] สำหรับเขตสุขภาพที่ 9 ที่มีพื้นที่รับผิดชอบ 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์และสุรินทร์ พบว่า ส่วนมากสิ่งปฏิกูลจะถูกนำไปทิ้งในสวนไร่ นาและที่สาธารณะต่างๆ มากถึง ร้อยละ 76.0 [5] การจัดการสิ่งปฏิกูลที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสิ่งปฏิกูลจะมีองค์ประกอบของสารปนเปื้อนและสารอาหารต่างๆมากมาย ตลอดจนกระบวนการจัดการตั้งแต่การเก็บ ขนและการกำจัดจะต้องใช้ทรัพยากร วัตถุดิบ พลังงาน ส่งผลให้เกิดมลสารที่เป็นของเสียและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงการใช้ ทรัพยากร พลังงาน และการปลดปล่อยของเสียรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐาน ระบบจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 โดยมาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับ LCA ถูก บรรจุใน ISO 14040 [6] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การจัดการสิ่งปฏิกูลตั้งแต่กระบวนการเก็บ ขน และการกำจัดของเสีย มีการใช้ทรัพยากร ใช้วัตถุดิบ ใช้พลังงาน และมีการจัดการที่ไม่ถูกต้องส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและผลกระทบต่อส่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำ LCA ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อหาแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดจากการจัดการสิ่งปฏิกูล

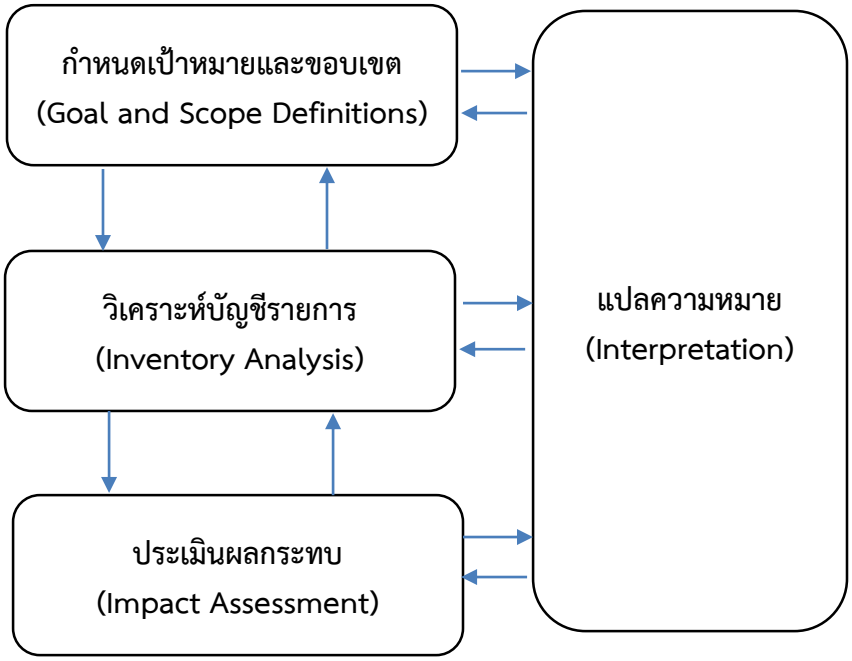
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยกระบวนการจัดการสิ่งปฏิกูลในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การ เก็บ ขน กำจัดสิ่งปฏิกูล รวมถึงการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขั้นตอนการจัดการตั้งแต่การเก็บ การขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลรวมถึงการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล

3. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ในมาตรฐาน ISO 14040 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของการจัดการสิ่งปฏิกูล โดยพิจารณาตั้งแต่กระบวนแรกที่ได้มาซึ่งสิ่งปฏิกูล คือการขับถ่ายสิ่งปฏิกูลลงในส้วม และเก็บกักสิ่งปฏิกูลในส้วม การเก็บขน จนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ การนำสิ่งปฏิกูลไปกำจัด โดยดำเนินการตามขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต 4 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

3.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขต

3.1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการประเมินการจัดการสิ่งปฏิกูลในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 ประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ ตั้งแต่กระบวนการเก็บกัก ขนและกำจัดเพื่อนำผลจากการประเมินในแต่ละกระบวนการจัดการสิ่งปฏิกูลไปใช้ประโยชน์ในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น

3.1.2 หน่วยหน้าที่การใช้งาน (Functional Unit)

การศึกษาใช้หน่วยหน้าที่การใช้งาน เป็นปริมาณสิ่งปฏิกูลที่เกิดทั้งหมดในหน่วยตันต่อปีในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 นครราชสีมา ที่ได้รับการจัดการตั้งแต่การเก็บ การขนและการกำจัด

3.1.3 ขอบเขตการศึกษา (Scope and system boundary)

เป็นการศึกษาบ่งชี้ระดับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการจัดการสิ่งปฏิกูลในแต่ละขั้นตอนโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือ มีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

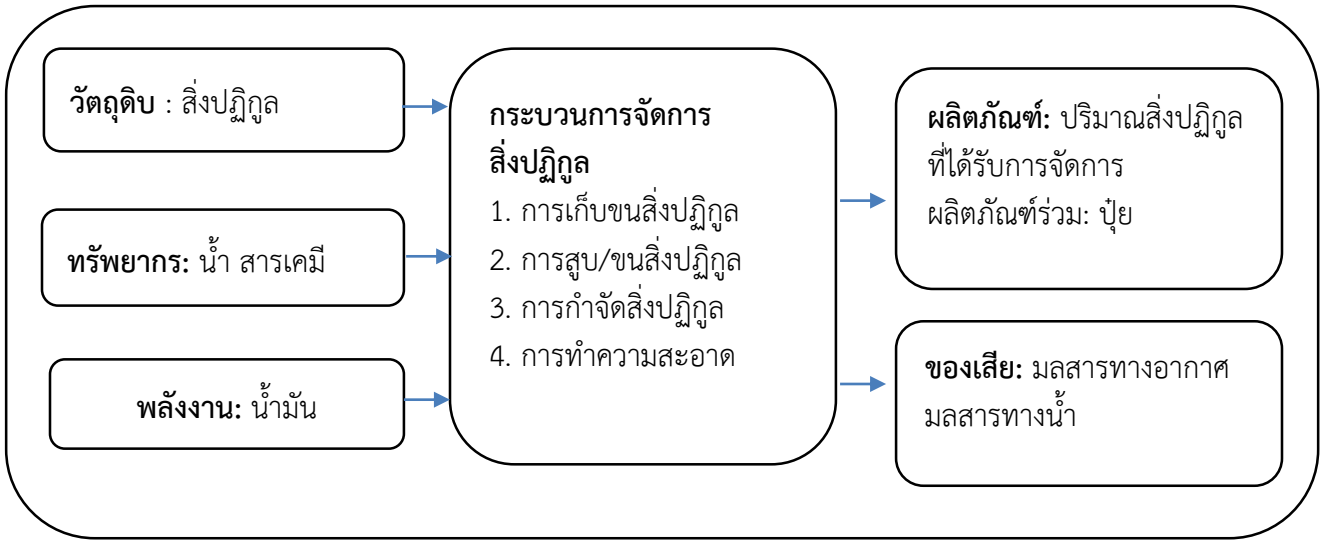
1) ทำการประเมินในระดับเขตพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 ประกอบด้วย พื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยพิจารณาสิ่งปฏิกูลที่เกิดขึ้นในหน่วยตันต่อปี

2) พิจารณาประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพียง 1 ประเภท คือ ผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ ก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และมีเทน (CH_4)

3) พิจารณาการจัดการสิ่งปฏิกูลตั้งแต่แหล่งกำเนิด การขนส่ง และการกำจัดสิ่งปฏิกูลตลอดจนน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล

4. ขั้นตอนวิเคราะห์รายการ (Inventory Analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์รายการ (Inventory Analysis) สาหรับขั้นตอนนี้เป็นการจัดทำรายการและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งปฏิกูล โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า ประกอบด้วย วัตถุดิบ คือ สิ่งปฏิกูลที่เกิดขึ้น น้ำและสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการสูบและขนสิ่งปฏิกูล สิ่งปฏิกูลที่ได้รับการจัดการจะผ่านกระบวนการจัดการ 4 กระบวนการ เกิดสารขาออก คือ ปริมาณสิ่งปฏิกูลที่ได้รับการกำจัด มีผลิตภัณฑ์ร่วมเกิดขึ้น คือ ปุ๋ยจากการหมักสิ่งปฏิกูล และของเสียที่เกิดขึ้น คือ มลภาวะทางอากาศ มีน้ำเสียเกิดขึ้น รายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตการจัดการสิ่งปฏิกูล

5. การประเมินผลกระทบ

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการจัดการสิ่งปฏิกูล จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสียหรือสารขาเข้าและขาออก ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) โดยการจำแนกจัดกลุ่ม และเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการสิ่งปฏิกูล ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor : EF) ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และคำนวณในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยมีก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และมีเทน (CH_4) และจะใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) เป็นตัวกำหนดบทบาท โดยสามารถคำนวณสภาวะโลกร้อนได้จากสมการ ดังนี้

$$Ex,i = \sum(Ai \times EFx,i)$$

เมื่อ Ex,i หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจก x ที่ปล่อยออกมา

Ai หมายถึง กิจกรรม i ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

EFx,i หมายถึง ค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก x ที่เกิดจากกิจกรรม i

ข้อมูลกิจกรรม และค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณสภาวะโลกร้อน แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลกิจกรรมสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตสิ่งปฏิกูล

ข้อมูลกิจกรรม	หน่วย	แหล่งข้อมูล
ปริมาณสิ่งปฏิกูลที่เกิดขึ้นในเขตสุขภาพที่ 9	ตัน	ได้จากการคำนวณโดยคิดอัตราการเกิดสิ่งปฏิกูล 37.595 ลิตรต่อคนต่อปี [7] และจำนวนประชากรจากกรมการปกครองกระทรวงมหาดไทย [8]
ปริมาณสารอินทรีย์ในสิ่งปฏิกูลในรูปของบีโอดี (BOD) หรือ ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	คู่มือการจัดการน้ำเสีย [9]
ปริมาณสิ่งปฏิกูลที่ได้รับการกำจัดโดยเทศบาลนครนครราชสีมา	ตัน	จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้รับผิดชอบงานจัดการสิ่งปฏิกูลของเทศบาลนครนครราชสีมา
การขนส่ง ประเภทรถ ประเภทน้ำมันที่ใช้ ระยะทางการเก็บ ขน	กิโลเมตร - ลิตร กิโลเมตร	จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามการจัดการสิ่งปฏิกูลขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดรถ ปริมาณน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดรถ	ลิตร ลิตร	1. คำนวณจากปริมาณน้ำประปาที่ใช้ (ร้อยละ 80 ของน้ำที่ใช้) 2. Guide to Best Management Practices: 100% Closed-Loop Recycle Systems at Vehicle and Other Equipment Wash Facilities [10]

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลกิจกรรมสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตสิ่งปฏิกูล (ต่อ)

ข้อมูลกิจกรรม	หน่วย	แหล่งข้อมูล
ซีโอดีของน้ำเสีย (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System [11]
ประเภทวิธีการการกำจัดสิ่งปฏิกูลในเขตการสาธารณสุข	-	1. ข้อมูลการกำจัดสิ่งปฏิกูลในเขตสุขภาพที่ 9 จากสถานการณ์การจัดการสิ่งปฏิกูล เขตสุขภาพที่ 9 [5] 2. รายงานสถานการณ์อนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2557 [3]

ตารางที่ 2 ค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ที่ใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตสิ่งปฏิกูล

ข้อมูล	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์	แหล่งข้อมูล
สิ่งปฏิกูล	กิโลกรัมบีโอดี (KgBOD)	0.30 kgCH_4/kgBOD	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [12]
การขนส่ง	Ton-km	0.3111 kgCO_2eq/ton-km	Thai national database [13]
น้ำประปาผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน	ลูกบาศก์เมตร	0.5081 kgCO_2eq/หน่วย	Thai national database [13]
การกำจัดโดยเป็น Biogas	กิโลกรัม	1 g CH_4/kg waste treated	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [12]
การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ บึงโดยตรง	กิโลกรัม	0.025 kg CO_2eq/kg COD	Thai national database [13]
การกำจัดโดยการเทกองหรือทิ้งในที่สาธารณะ	กิโลกรัมบีโอดี (kgBOD)	0.06 kgCH_4/kgBOD	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [12]

6. การแปลผล

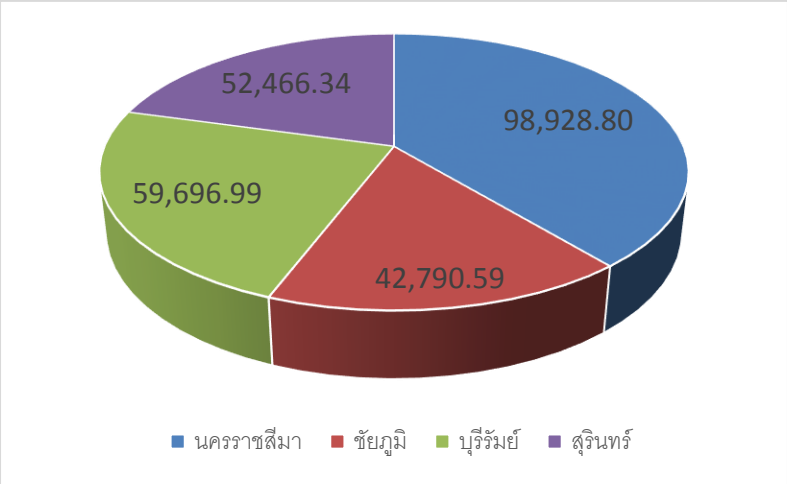
การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการโดยนำผลของการศึกษามาวิเคราะห์ สรุปหาสาเหตุปัญหา อันจะนำไปสู่แนวทางการลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากสภาวะแวดล้อมที่เกิดจากการจัดการสิ่งปฏิกูล การแปลผลของการประเมินสภาวะโลกร้อนจะแปลผลในรูปหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

7. ผลการศึกษา

การประเมินวัฏจักรชีวิตการจัดการสิ่งปฏิกูล ตั้งแต่การเกิดสิ่งปฏิกูล การเก็บกัก การขนส่ง การกำจัด และการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล มีผลการศึกษา ดังนี้

7.1 การเกิดสิ่งปฏิกูล

ปริมาณการเกิดสิ่งปฏิกูลที่ท้องถิ่นจะต้องรับผิดชอบในการเก็บรวบรวมและนำไปกำจัด จากการคำนวณ โดยใช้อัตราการเกิดสิ่งปฏิกูล 37.595 ลิตรต่อคนต่อปี [7] คูณกับจำนวนประชากรรายจังหวัด [9] พบว่าในเขตสุขภาพที่ 9 มีปริมาณการเกิดสิ่งปฏิกูล 253,882.72 ตันต่อปี พิจารณาแยกรายจังหวัด พบว่า เป็นสิ่งปฏิกูลที่เกิดจากจังหวัดนครราชสีมามากที่สุด 98,928.80 ตันต่อปี รองลงมา คือ เกิดจากจังหวัดบุรีรัมย์ ชัยภูมิ และสุรินทร์ 59,696.99 52,466.34 และ 42,790.59 ตันต่อปี ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ปริมาณการเกิดสิ่งปฏิกูลแยกรายจังหวัด

7.2 ระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูล

สิ่งปฏิกูล และน้ำเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของคน จะถูกรวบรวมผ่านแนวเส้นท่อ และรวบรวมไว้ในระบบบำบัดแบบติดกับที่ ไม่ว่าจะเป็นบ่อเกรอะ บ่อซึม หรือถังกรองไร้อากาศ ซึ่งการบำบัดโดยใช้บ่อเกรอะหรือถังกรองไร้อากาศจะเป็นระบบบำบัดสำหรับเก็บน้ำเสียหรือสิ่งปฏิกูลที่มาจากส้วมติดตั้งอยู่ใต้ดิน เป็นการบำบัดน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลเบื้องต้นในสภาวะที่ไม่เติมอากาศ ภายในบ่ออยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน มีการบำบัดทางชีวภาพอาศัยแบคทีเรียที่ไมใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ผลที่ได้จะเกิดก๊าซ จำพวกคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ นอกจากนี้ผลของการย่อยสลายเกิดกากตะกอน ซึ่งกากตะกอนจะต้องนำไปกำจัดต่อไป น้ำใสที่เกิดจากบ่อเกราะจะไหลสู่บ่อซึม บ่อซึมจะทำหน้าที่กำจัดน้ำทิ้งด้วยการซึมไปในดิน จากการขั้นตอนการเก็บกักสิ่งปฏิกูลจะเกิดมลสารที่ส่งผลกระทบต่ออากาศ และส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามการเกิดก๊าซต่างๆ จะขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียหรือสิ่งปฏิกูล

7.3 การสูบ/ขนสิ่งปฏิกูล

เมื่อระบบเก็บกักสิ่งปฏิกูลในครัวเรือนเต็ม การสูบสิ่งปฏิกูลเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการขนสิ่งปฏิกูลไปกำจัดยังสถานที่กำจัด มีวิธีการโดยใช้รถในการเก็บขนเป็นรถเครื่องยนต์ดีเซล ขนาดบรรจุมากที่สุด 5.0 ลูกบาศก์เมตร ขนาดบรรทุกเล็กที่สุด 3.5 ลูกบาศก์เมตร ระยะทางเก็บขนสิ่งปฏิกูลจะขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ บางพื้นที่ที่มีการควบคุมกำกับการจัดการสิ่งปฏิกูล องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะจัดให้มีที่ทิ้งหรือกำหนดที่ทิ้งเฉพาะให้กับผู้ประกอบการรถดูดส้วม แต่ในกรณีที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังขาดการควบคุมหรือไม่ได้จัดให้มีพื้นที่สำหรับการทิ้งสิ่งปฏิกูล ผู้ประกอบการจะนำสิ่งปฏิกูลไปทิ้งในที่ของผู้ประกอบการที่จัดหาไว้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่ไกลจากพื้นที่ที่ให้บริการ ข้อมูลจากการสำรวจผู้ประกอบการรถดูดส้วมในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล พบว่า ระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากบ้านที่ทำการสูบสิ่งปฏิกูลไปยังพื้นที่ทิ้งหรือกำจัดสิ่งปฏิกูล ประมาณ 800 เมตร ส่วนระยะทางที่ไกลที่สุดมีระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร แต่อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามถึงระยะทางที่คุ้มค่าในการทำธุรกิจ ผู้ประกอบการจะต้องมีที่ทิ้งหรือกำจัดสิ่งปฏิกูลในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก นั่นคือระยะทางอยู่ระหว่าง 1-2 กิโลเมตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกระยะทางเฉลี่ย 2 กิโลเมตรในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

7.4 การกำจัดสิ่งปฏิกูล

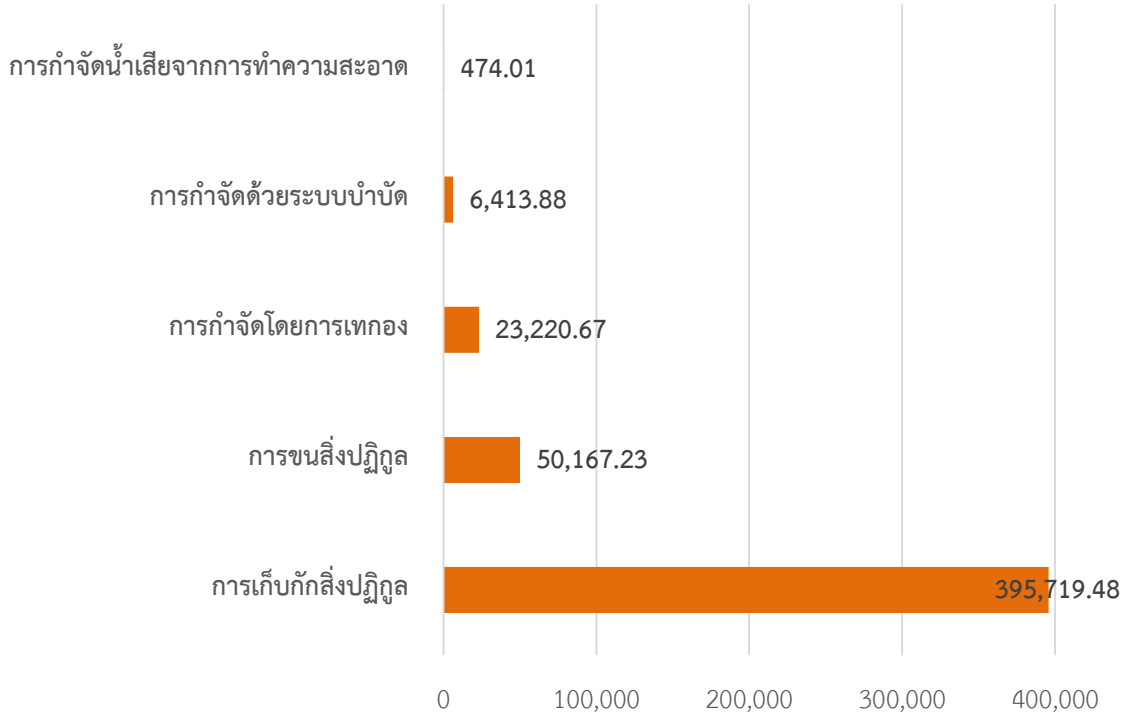
การบำบัดหรือกำจัดสิ่งปฏิกูลตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 กำหนดบทบาทในการจัดการสิ่งปฏิกูลเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ข้อมูลจากการสำรวจสถานการณ์การจัดการสิ่งปฏิกูล เขตสุขภาพที่ 9 [5] พบว่า มีเทศบาลเพียงแห่งเดียวที่มีระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลที่ใช้งานได้ดี คือ เทศบาลนครราชสีมา ซึ่งมีการนำสิ่งปฏิกูล ปริมาณ 3,600.6 ลูกบาศก์เมตร ข้อมูลปี 2559 ไปบำบัดด้วยด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศร่วมกับขยะอินทรีย์และมีการนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักไปผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นๆ มีวิธีการกำจัดที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ทิ้งรวมกับมูลฝอยทั่วไป ทิ้งในที่ที่จัดเตรียมไว้ ทิ้งในป่า หรือทิ้งในที่ไร่น่า การนำสิ่งปฏิกูลที่ไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกหลักสุขาภิบาลไปทิ้งในพื้นที่ดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การทิ้งกองรวม จะเกิดการหมัก เกิดก๊าซส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน

7.5 การทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูล

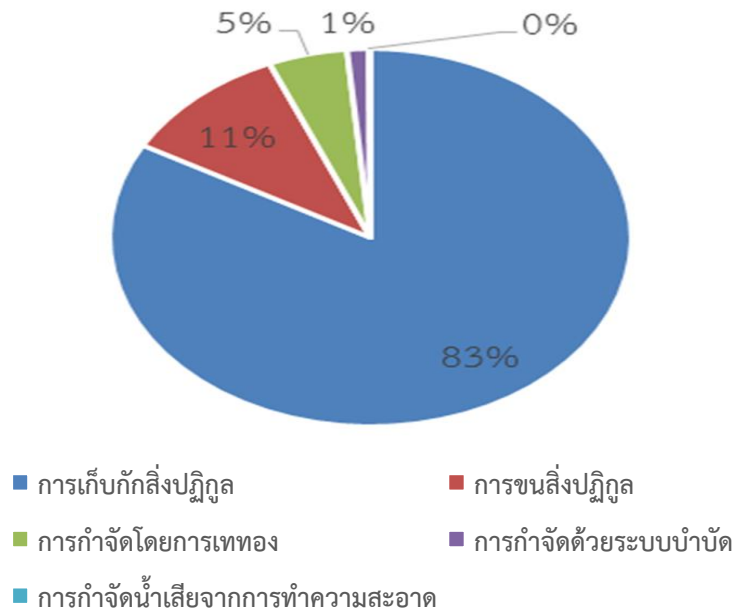
การสูบสิ่งปฏิกูล โดยใช้รถสูบสิ่งปฏิกูลทั้งของผู้ประกอบการเองหรือว่าหน่วยงานขององค์กรปกครองท้องถิ่น จะต้องมีการทำความสะอาด ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดจะส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน กระบวนการทำความสะอาดรถทรัพยากรที่ใช้ขึ้นอยู่กับผู้ดูแลรับผิดชอบรถสูบสิ่งปฏิกูล ผู้ดูแลรับผิดชอบรถสูบสิ่งปฏิกูลบางรายจะทำความสะอาดมีความถี่อย่างน้อย 3 เดือน ครั้ง บางราย 1 เดือนครั้ง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างรถสูบสิ่งปฏิกูลจะมากน้อยแตกต่างกันไป ตลอดจนสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด จากการสำรวจการจัดการสิ่งปฏิกูลไปพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบล พื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 พบว่า บางรายจะทำความสะอาดโดยการใช้น้ำเพียงอย่างเดียว แต่บางรายจะใช้สารซักฟอกร่วมด้วย การประเมินสภาวะโลกร้อนจากการทำความสะอาดสิ่งปฏิกูลจะกำหนดขอบเขตเฉพาะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูลเท่านั้น ไม่รวมผลกระทบที่เกิดจากการใช้น้ำประปา

7.6 ปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการจัดการสิ่งปฏิกูล พิจารณาเฉพาะผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน พบว่า ในขั้นตอนของเก็บกักสิ่งปฏิกูลเป็นขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนมากที่สุด คือ มีปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 395,719.48 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 83) รองลงมาได้แก่ การขนส่งสิ่งปฏิกูลเพื่อนำไปกำจัด การกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยการเทกอง การกำจัดสิ่งปฏิกูลด้วยระบบบำบัดสิ่งปฏิกูล และ การกำจัดน้ำเสียจากการทำความสะอาดรถขนส่งสิ่งปฏิกูล โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 50,167.22 (ร้อยละ 11.00) 23,220.67 (ร้อยละ 5.00) 6,413.88 (ร้อยละ 1.0) และ 474.01 (ร้อยละ 0.0) ดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 ปริมาณการเกิดภาวะโลกร้อนจากการจัดการสิ่งปฏิกูล (kgCO_2eqต่อปี)



ภาพที่ 5 สัดส่วนของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนจากการจัดการสิ่งปฏิกูล

8. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การประเมินวัฏจักรชีวิตการจัดการสิ่งปฏิกูล ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 9 ใช้วิธีการประเมินตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต 4 ขั้นตอน มุ่งเน้นประเมินเฉพาะผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม คือ ผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน ผลการประเมิน พบว่ากระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนมากที่สุด คือ กระบวนการเก็บกักสิ่งปฏิกูลในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บกักสิ่งปฏิกูลในครัวเรือนจะเป็นระบบหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งกระบวนการหมัก ย่อยสลายสารอินทรีย์จะก่อให้เกิดมลสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม เช่น มีเทน ไนตรัสออกไซด์ สูงกว่าการบำบัดหรือกำจัดสิ่งปฏิกูลโดยการเทกองกับพื้น และนอกจากนี้การเก็บกักสิ่งปฏิกูลในครัวเรือนเป็นสิ่งปฏิกูลหรือสิ่งขับถ่ายในแต่ละวันจะมีอัตราการเกิดมีเทนค่อนข้างสูงกว่าการเทกอง หรือปล่อยลงสู่ธรรมชาติ แหล่งน้ำหรือทะเล [13] เมื่อพิจารณาการเกิดสิ่งปฏิกูล สิ่งปฏิกูลที่ดูดจากส้วม จะมีองค์ประกอบของน้ำประมาณร้อยละ 99 ดังนั้นปริมาณสิ่งปฏิกูลที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับการชำระล้าง และส่งผลต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ระบบบำบัดแบบติดกับที่ต่างประเภทกันจะส่งผลให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามไปด้วย

การประเมินผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนในขั้นตอนของการขนสิ่งปฏิกูลเพื่อนำไปกำจัด จะเห็นว่าจะส่งผลต่อสภาวะโลกร้อนเป็นอันดับรองจากการเก็บกักสิ่งปฏิกูล ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งรถที่ใช้ในการสูบสิ่งปฏิกูลเป็นรถบรรทุกขนาดเบา การประเมินสภาวะโลกร้อนจะต้องทราบปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากข้อจำกัดของการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยเลือกใช้ระยะทางในการประเมินโดยการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามสำหรับผู้ประกอบการ ความไม่แน่นอนของข้อมูลระยะทางการเก็บขนเกิด ขึ้นเนื่องจากผู้ประกอบการบางรายไม่ได้มีที่บำบัดหรือ กำจัดที่มีลักษณะเป็นพื้นที่เฉพาะแต่ผู้ประกอบการจะทิ้งในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งมีระยะทางต่างกัน และปัจจัยหนึ่งขึ้นอยู่กับผู้รับบริการ ดังนั้นการประเมินก๊าซเรือนกระจกในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของผู้ประกอบการรถดูดส้วมและระยะทางที่ไกลที่สุดที่

เหมาะสมและคุ้มทุนสำหรับการขนส่งสิ่งปฏิกูลนำไปกำจัด ซึ่งส่งผลทำให้การประเมินมีค่าค่ามากหรือน้อยกว่าความเป็นจริงได้

การกำจัดสิ่งปฏิกูล สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี กรณีแรก คือ การบำบัดโดยระบบถังหมักไร้อากาศ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถนำก๊าซที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์โดยการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ กรณีที่สอง คือ การบำบัดหรือกำจัดที่ไม่ถูกวิธี นั่นคือ การทิ้งรวมกับมูลฝอยทั่วไป การเทกอง การทิ้งในธรรมชาติ สวย คลองหรือ ไร่นา ซึ่งในการจัดการสิ่งปฏิกูลย่อมเกิดผลกระทบต่างกัน เนื่องจากยังไม่มีค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) การจัดการสิ่งปฏิกูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงใช้ค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในการคำนวณโดยการเทกอง สิ่งปฏิกูลจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นตะกอนและส่วนที่เป็นน้ำเสีย การเทกองส่วนหนึ่งจะมีการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน บางส่วนจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งส่งผลต่อการเลือกใช้ค่าคงที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในการคำนวณ และส่งผลต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก

การล้างทำความสะอาดรถสูบสิ่งปฏิกูลเป็นอีกกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เมื่อเทียบสัดส่วนของการจัดการสิ่งปฏิกูลทั้งหมด ถือว่ามีสัดส่วนค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นการชำระล้างสิ่งปฏิกูลเพียงบางส่วน มีค่าความสกปรกแตกต่างจากสิ่งปฏิกูลที่สูบจากส้วมหลายเท่า ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนในสัดส่วนน้อย โดยส่งผลเพียง 474.01 กิโลกรัมคาร์บอนได้ออกไซด์เทียบเท่า แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่รวมการประเมินผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประปาสำหรับการล้างรถสูบสิ่งปฏิกูล

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัย

สิ่งปฏิกูลมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูง มีธาตุและสารอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน การนำสิ่งปฏิกูลมาใช้ประโยชน์โดยการหมักให้เกิดก๊าซชีวภาพนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะช่วยลดผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการทำปุ๋ย ดังนั้นหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีบทบาทหน้าดูแลรับผิดชอบการจัดการสิ่งปฏิกูล ควรพิจารณาแนวทางการจัดการสิ่งปฏิกูลที่ถูกหลักสุขาภิบาล โดยวิเคราะห์ประเด็นร่วมทั้งในเชิงสุขภาพ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ตลอดจนความยั่งยืนในการพัฒนา

9.2 ข้อเสนอในการศึกษาครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการจัดการสิ่งปฏิกูล ในประเด็นอื่น ร่วมด้วย เช่น สภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเติบโตของพืชน้ำ (Eutrophication) หรือผลกระทบต่อสุขภาพ (Human Health)

2) ใช้ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ในการคำนวณเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรง หรือแม่นยำในการประเมิน

10. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้รับผิดชอบงานการจัดการสิ่งปฏิกูล ผู้บริหารของขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้ประกอบการรถสูบสิ่งปฏิกูล ในเขตสุขภาพที่ 9 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลการจัดการสิ่งปฏิกูลในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะผู้บริหาร หัวหน้ากลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยที่ 9 นครราชสีมา ที่ช่วยสนับสนุนและให้ข้อเสนอแนะในการจัดทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

11. เอกสารอ้างอิง

1. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 2557.
2. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.คู่มือวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมสำหรับเจ้าหน้าที่.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.2558
3. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. สถานการณ์อนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2557. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2559.
4. วีระศักดิ์ สืบเสาะ. การจัดการสิ่งปฏิกูลของเทศบาลในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต ม.ขอนแก่น. 2551
5. สมรัฐ นัยรัมย์. การจัดการสิ่งปฏิกูล เขตบริการสุขภาพที่ 9. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://hpc9.anamai.moph.go.th/more_news.php?offset=20&cid=32&filename=home_sl
6. ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://www.thailcidatabase.net/index.php/history-life-cycle-assessment-lca
7. กรมอนามัย. คู่มือการจัดการสิ่งปฏิกูล (แบบครบวงจร).พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 2558
8. กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการทะเบียน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php
9. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการจัดการน้ำเสียสำหรับครัวเรือน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://www.wangchan.go.th/svl/EBook_01-07-2556_2.pdf
10. Florida Department of Environmental Protection Pollution Prevention Program and Industrial Wastewater Section. Guide to Best Management Practices. 100% Closed-Loop Recycle Systems at Vehicle and Other Equipment Wash Facilities. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://www.dep.state.fl.us/water/wastewater/docs/GuideBMPClosed-LoopRecycleSystems.pdf
11. A A Al-Gheethi, R M S R Mohamed, M A A Rahman, M R Johari1 and A H M Kassim. Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System. Soft Soil Engineering International Conference 2015 (SEIC2015). p 1-7.

12. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#4
13. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 59. เข้าถึงได้จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/download/ts_d92b5f295b.pdf