



คู่มือการใช้โปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต

ภายใต้โครงการการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ (MRV) สำหรับ
การพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำในเอเชีย

ดร. Nirmala Menikpura และ

ดร.จรรยา แสงอรุณ

Sustainable Consumption and Production (SCP) Group,
Institute for Global Environmental Strategies (IGES)



ตุลาคม 2556

จัดแปลโดย

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)





User Manual
Estimation Tool for Greenhouse Gas (GHG) Emissions
from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a
Life Cycle Perspective

Nirmala Menikpura
Janya Sang-Arun

This tool is developed under the project of Measurement, Reporting and Verification (MRV) for low carbon development in Asia (FY2013)

บันทึกถึงผู้ใช้

คู่มือฉบับนี้อธิบายวิธีใช้งานโปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอย version 2 ซึ่ง Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศญี่ปุ่น พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเสริมสร้างศักยภาพของเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของประเทศเขมรและประเทศไทยในปี พ.ศ.2556 โปรแกรม version 2 ได้เพิ่มเติมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอยโดยเตาเผาและการเผาในที่โล่ง และปรับปรุงตามความเห็นของผู้ใช้งาน

IGES น้อมรับความเห็นของผู้ใช้ทุกท่านเพื่อปรับปรุงโปรแกรมให้เหมาะสมกับความต้องการของเจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและผู้อื่นในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โปรดส่งความเห็นของท่านไปยัง ดร. Nirmla Menikpura (menikpura@iges.or.jp) และ ดร.จรรยา แสงอรุณ (sang-arun@iges.or.jp)

ลิขสิทธิ์ของโปรแกรมนี้เป็นของ IGES อย่างไรก็ตาม IGES ได้เปิดกว้างให้ผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมไปพัฒนาต่อได้ (opens this calculator to all for the purposes of development) หากไม่มีการนำไปจำหน่ายหรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า โดยโปรดระบุชื่อของ IGES ในกิตติกรรมประกาศด้วย

ผู้ให้การสนับสนุนทางการเงิน
กระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น

คำนำของผู้แปล

ดร. Nirmala Menikpura และ ดร.จรรยา แสงอรุณ นักวิจัยของ Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศญี่ปุ่น ได้จัดทำคู่มือฉบับนี้ขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานโปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ (Measurement, Reporting, Verification: MRV) สำหรับการพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำ ผู้เขียนใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (life cycle) ซึ่งคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการกำจัด ผู้ใช้งานโปรแกรมเพียงแต่ทำความเข้าใจกับคู่มือและจัดเตรียมข้อมูลให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโปรแกรม หลังจากป้อนข้อมูลในแผ่นงานก็สามารถดูผลลัพธ์จากการคำนวณได้ โดยไม่ต้องเสียเวลากับการคำนวณซึ่งค่อนข้างซับซ้อน

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) เล็งเห็นว่าคู่มือการใช้งานโปรแกรมฉบับนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการส่งเสริมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีที่มีอยู่ในปัจจุบัน และพยากรณ์ค่าในอนาคต ซึ่งจะช่วยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถวางแผนการจัดการขยะมูลฝอยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดียิ่งขึ้น

พฤศจิกายน 2556

ปวีณา พาณิชยพิเชฐ

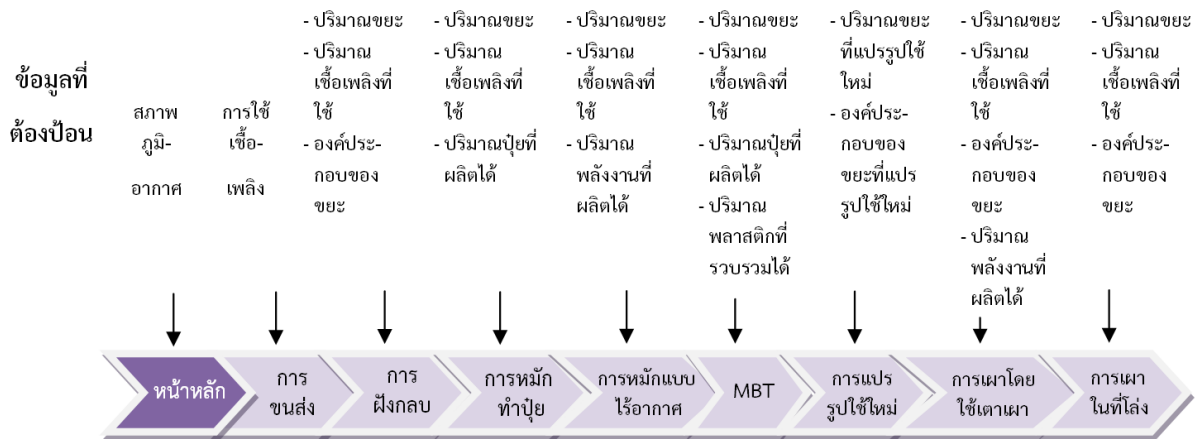
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการขยะมูลฝอยนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนถือเป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่สำคัญ โดยพบว่าวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเทกองและการฝังกลบก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนมากเป็นอันดับที่สามของการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการกิจกรรมของมนุษย์ และวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเผาในที่โล่งซึ่งใช้กันมากในประเทศกำลังพัฒนานอกจากจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแล้วยังทำให้เกิดอนุภาคหรือผงเขม่าที่เรียกว่า Black carbon ซึ่งเป็นมลสารที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นเป็นอันดับที่ 2 รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากภาคการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเกิดจากการการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักรที่ใช้ในการรวบรวม การคัดแยกและการขนส่งขยะมูลฝอย ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการจัดการขยะมูลฝอยจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยและความเชื่อมโยงกับปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในปี 2554 กลุ่มงาน Sustainable Consumption and Production (SCP) ของ Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศญี่ปุ่น ได้ร่วมกับหน่วยงานของประเทศไทย กัมพูชา และลาวได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเสริมสร้างศักยภาพของเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อช่วยลดปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอย ทั้งนี้ IGES พบว่า เป็นเรื่องยากสำหรับผู้เข้าร่วมอบรมในการทำความเข้าใจสูตรที่ต้องใช้ในการคำนวณ ดังนั้นจึงได้พัฒนาโปรแกรมการคำนวณอย่างง่ายขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลในแผ่นงาน และสามารถดูผลลัพธ์จากการคำนวณได้เลย ซึ่งจะช่วยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมในการจัดการขยะมูลฝอยและออกแบบระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของท้องถิ่น และประเมินความสำเร็จ/ความก้าวหน้าในการดำเนินงานลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของท้องถิ่น

โปรแกรมที่ IGES พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธี และจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน โดยโปรแกรมใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle approach: LCA) ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (direct emission) ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิของแต่ละวิธี ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมนี้ในการคำนวณค่าของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก โดยเลือกหรือป้อนค่าเฉพาะของประเทศ โปรแกรมประกอบด้วยแผ่นงาน (spread sheet) จำนวน 10 แผ่น ได้แก่ “คำแนะนำ” “หน้าหลัก” “การขนส่ง” “การฝังกลบ” “การหมักทำปุ๋ย” “การหมักแบบไร้อากาศ” (การหมักก๊าซชีวภาพ) “การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment: MBT)” “การแปรรูปใช้ใหม่” “การเผาโดยใช้เตาเผา” และ “การเผาในที่โล่ง” ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลและเลือกเงื่อนไขที่สอดคล้องสถานการณ์ของท้องถิ่นในแผ่นงานที่เกี่ยวข้องทุกแผ่น



โปรแกรมนี้อ้างอิงหลักการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยและข้อมูลตามที่ระบุไว้ใน 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste (IPCC, 2549) ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ซึ่งประเทศไทยจะต้องใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกเสนอต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้หากมีการใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่นจะต้องมีการระบุที่มาแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณ สำหรับโปรแกรมที่จัดทำขึ้นนี้ใช้วิธีการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแบบ bottom-up โดยผู้สุทธาคำนวณไว้ในเซลล์ของแผ่นงาน ผู้ใช้สามารถอ่านรายละเอียดของสูตรการคำนวณได้จากคู่มือฉบับนี้ ในกรณีที่ใช้โปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน จะต้องรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิของแต่ละวิธีเข้าด้วยกันซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับปริมาณขยะมูลฝอยที่จัดการในแต่ละวิธี แต่ไม่คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะอินทรีย์ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการนับซ้ำ (double counting) ค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิที่คำนวณได้ของแต่ละวิธีจะเป็นเครื่องสะท้อนถึงผลดีหรือผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของวิธีนั้น ๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจหรือการกำหนดนโยบายได้

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการใช้งานโปรแกรมนี้ ก็คือ ผู้ใช้ต้องมีข้อมูลกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการกำจัด เนื่องจากโปรแกรมใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) นอกจากนี้ยังมีการกำหนดสมมติฐานหลายข้อซึ่งมีผลต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ เช่น ใช้ข้อมูลจากบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการแปรรูปใช้ใหม่เนื่องจากขาดข้อมูลเกี่ยวกับการแปรรูปใช้ใหม่ในระดับท้องถิ่น ในอนาคต IGES จะพัฒนาโปรแกรมคำนวณที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้และมีข้อมูลเฉพาะเจาะจงสำหรับท้องถิ่น

สารบัญ

บทนำ.....	1
แผ่นงาน “แนะนำการใช้งาน”.....	2
แผ่นงาน “หน้าหลัก”.....	3
แผ่นงาน “การขนส่ง”.....	4
แผ่นงาน “การฝังกลบ”.....	6
แผ่นงาน “การหมักทำปุ๋ย”.....	11
แผ่นงาน “การหมักแบบไร้อากาศ” (การหมักก๊าซชีวภาพ).....	14
แผ่นงาน “การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ” (MBT).....	18
แผ่นงาน “การแปรรูปใช้ใหม่”.....	22
แผ่นงาน “การเผาโดยใช้เตาเผา”.....	26
แผ่นงาน “การเผาในที่โล่ง”.....	29
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน.....	31
ข้อจำกัดในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนวทางในการพัฒนา.....	32
เอกสารอ้างอิง.....	33
ภาคผนวก ก: รายการข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ.....	34

บทนำ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากวิธีการทั่วไปที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอย คือ การเทกองและการฝังกลบก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนมากเป็นอันดับที่สามของการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเทกองและการฝังกลบขยะมูลฝอยแล้ว ขั้นตอนในการจัดการขยะมูลฝอยตั้งแต่การรวบรวม การคัดแยก และการขนส่งขยะมูลฝอยก็ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร หากมีการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เช่น การแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ การผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักขยะอินทรีย์หรือการเผาขยะมูลฝอย ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งรับผิดชอบเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยต้องเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างการจัดการขยะมูลฝอยและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

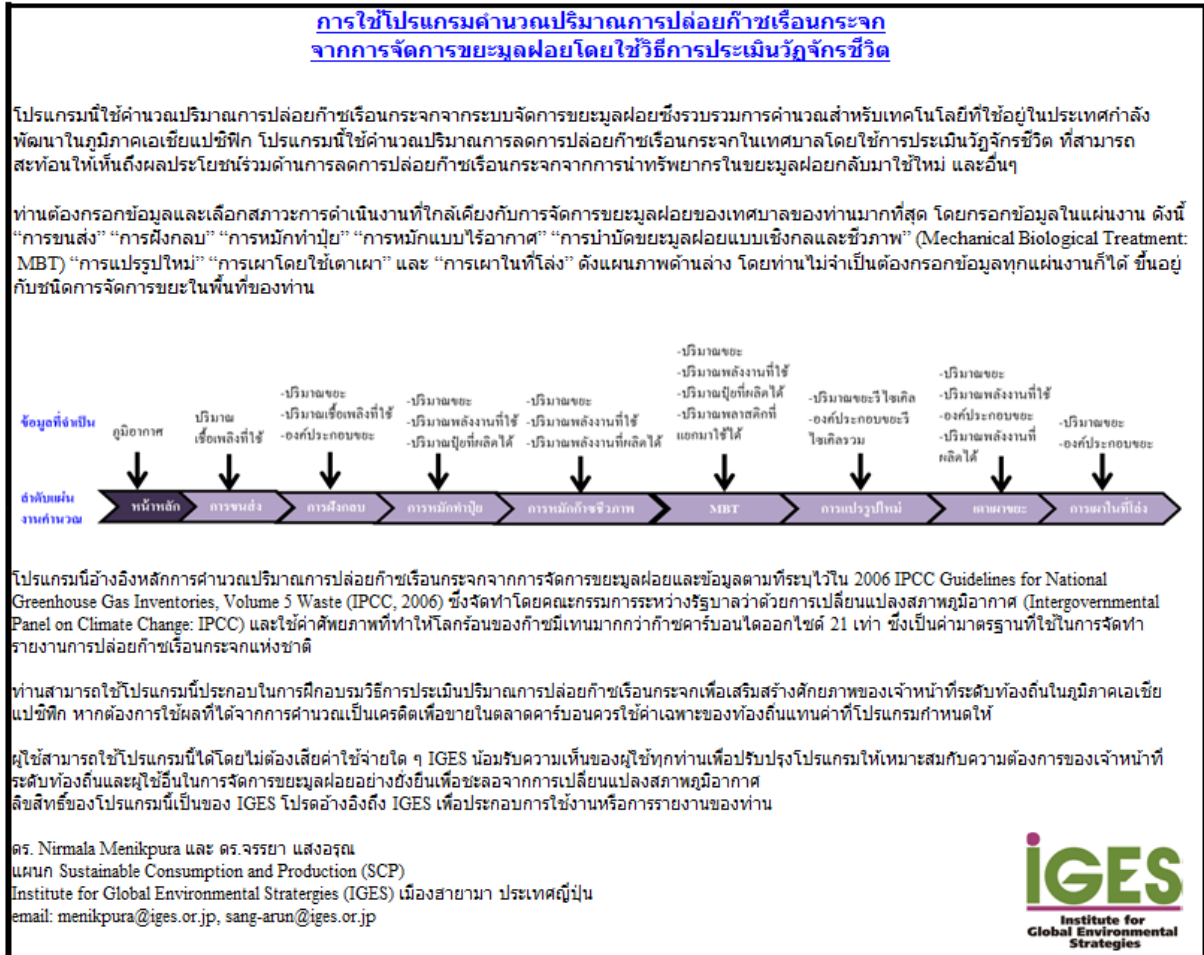
กลุ่มงาน Sustainable Consumption and Production (SCP) ของ Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศญี่ปุ่น ได้ร่วมกับหน่วยงานในประเทศต่าง ๆ จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเสริมสร้างศักยภาพของเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย กัมพูชา และลาว โดยจัดการอบรมเรื่องการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย IGES พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมไม่เข้าใจสูตรและรายการคำนวณซึ่งมีความซับซ้อน จึงได้พัฒนาโปรแกรมคำนวณอย่างง่ายขึ้น เพื่อช่วยให้บุคลากรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยของท้องถิ่นซึ่งจะช่วยสนับสนุนการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศแบบ bottom-up

โปรแกรมนี้สามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยประเภทต่าง ๆ และจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle approach: LCA) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (direct emission) ซึ่งใช้สำหรับการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและคิดคาร์บอนเครดิตเพื่อขายในตลาดคาร์บอน และเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารเลือกวิธีที่เหมาะสมในการจัดการขยะมูลฝอยและช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของท้องถิ่น ประเมินความก้าวหน้าในการดำเนินงานลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ โปรแกรมยังสามารถคำนวณค่าของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก โดยผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเลือกหรือป้อนค่าเฉพาะของประเทศได้

โปรแกรมประกอบด้วยแผ่นงาน (spread sheet) จำนวน 10 แผ่น ได้แก่ “คำแนะนำ” แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้งานโปรแกรม “หน้าหลัก” แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณ “การขนส่ง” ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง และแผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธี ได้แก่ “การฝังกลบ” “การหมักทำปุ๋ย” “การหมักแบบไร้อากาศ” “การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ” (Mechanical Biological Treatment: MBT) “การแปรรูปใช้ใหม่” “การเผาโดยใช้เตาเผา” และ “การเผาในที่โล่ง” ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแต่ละแผ่นงานตามวิธีการที่ใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย ป้อนข้อมูลและเลือกเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสถานการณ์ของท้องถิ่น รายละเอียดการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธีซึ่งปรากฏอยู่ในแต่ละแผ่นงานของโปรแกรมมีรายละเอียด ดังนี้

แผนงาน “แนะนำการใช้งาน”

แผนงานนี้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของโปรแกรมและคำแนะนำในการใช้งาน ประเภทของข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย รายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนงาน “คำแนะนำ” อธิบายรายละเอียดในการใช้งานโปรแกรม

แผ่นงาน “หน้าหลัก”

ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องเลือกประเทศและสภาพภูมิอากาศของประเทศจาก drop-down list ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อให้โปรแกรมเลือกใช้ค่าเฉพาะของประเทศไทย ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิล และใช้ค่านี้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิต

แผ่นงานนี้สรุปผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการต่าง ๆ ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เมื่อผู้ใช้งานโปรแกรมป้อนข้อมูลในแผ่นงานตามวิธีการที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใช้ในการจัดการขยะมูลฝอยจนครบถ้วน ผลการคำนวณประกอบด้วย ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การย่อยสลายของขยะอินทรีย์ การเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีฟอสซิลเป็นองค์ประกอบ ฯลฯ) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการนำวัสดุและพลังงานกลับมาใช้ใหม่และการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธีและค่ารวมของทุกวิธี และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

หน้าหลัก
การระบุ
การฝังกลบ
การหมักทำปุ๋ย
การหมักก๊าซชีวภาพ
อื่น
การนำไปใช้
การนำเชื้อเพลิงฟอสซิล
การนำเชื้อเพลิงฟอสซิล
การเผาไหม้

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ

Version II (ยท) - ธันวาคม 255

โปรดเลือกประเทศของท่าน

โปรดเลือกสภาพภูมิอากาศของประเทศของท่าน

ตารางสรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงและทางอ้อมจากการจัดการขยะจะปรากฏเมื่อท่านกรอกข้อมูลในแต่ละแผ่นส่วนนี้

กิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง	ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	หน่วย
การขนส่ง การฝังกลบ การหมักทำปุ๋ย การหมักก๊าซชีวภาพ Mechanical Biological Treatment (MBT) การแปรรูปไฮโดรเจน การเผาโดยใช้อากาศ การเผาในที่โล่ง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะทั้งหมด				กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะรวม กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะอินทรีย์ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่นำมาแปรรูปไฮโดรเจน กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่เผาโดยเผา กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่เผาในที่โล่ง
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อเดือน				กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการจัดการขยะต่อเดือน

รูปที่ 2 แผ่นงาน “หน้าหลัก” สรุปผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการต่าง ๆ ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

แผ่นงาน “การขนส่ง”

การขนส่งขยะมูลฝอยทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยในเอเชีย ได้แก่ น้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลปริมาณขยะที่ทำการขนส่งและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในแต่ละเดือน ดังแสดงในรูปที่ 3

หน้าหลัก	การขนส่ง	การฝึกอบรม	การนัดหมาย	การหมักก๊าซชีวภาพ	MBT	การปรับปรุงใหม่	คำนวณโดยใช้ไดนามิก	การเผาในชีโลง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอย								
คำแนะนำสำหรับผู้ใช้งาน								
1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยต่อเดือน								
2) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงและปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยต่อเดือน								
ข้อมูลป้อนเข้า								
การขนส่งขยะมูลฝอยโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง								
ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง					<input type="text"/>			
ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยต่อเดือน					<input type="text"/>			
การขนส่งขยะมูลฝอยโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง								
ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง					<input type="text"/>			
ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยต่อเดือน					<input type="text"/>			
ผลลัพธ์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอยโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง					0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย			
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอยโดยใช้รถบรรทุกที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง					0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย			
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยจากการขนส่งขยะมูลฝอย					0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย			
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการขนส่งขยะมูลฝอยต่อเดือน					0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน			

รูปที่ 3 แผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอย

โปรแกรมนี้คิดเฉพาะปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอย โดยไม่คิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสำรวจและขุดเจาะน้ำมัน การขนส่งและกระบวนการกลั่นน้ำมันเนื่องจากมีค่าน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญ (Menikpura 2554) และไม่คิดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emissions_T = \frac{Fuel(units)}{Waste(tonnes)} \times Energy(MJ/unit) \times EF(kgCO_2/MJ)$$

โดยที่

Emissions _T	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะมูลฝอยที่ขนส่ง)
Fuel	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการขนส่งต่อเดือน (ลิตร/กิโลกรัม)
Waste	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)
Energy	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (เมกกะจูลต่อลิตร/กิโลกรัม)
EF	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกกะจูล)

ประเภทของเชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าความร้อนสุทธิ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
น้ำมันดีเซล	ลิตร	36.42 เมกกะจูล/ลิตร	0.074 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล
ก๊าซธรรมชาติ	กิโลกรัม	37.92 เมกกะจูล/กิโลกรัม	0.056 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการขนส่งขยะมูลฝอย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน)} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย)} \times \text{ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งทั้งหมด (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)}$$

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายแห่งในเอเชียได้เปลี่ยนไปใช้ก๊าซธรรมชาติแทนน้ำมันดีเซลเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะมูลฝอย หากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดจะต้องคิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามปริมาณเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ในขนส่ง

แผนงาน “การฝังกลบ”

การฝังกลบเป็นวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่ทั่วโลกใช้มากที่สุด และมีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมากในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมาแต่ยังไม่มี การเผยแพร่ความรู้มากนัก (Manfred และคณะ 2552) ประเทศกำลังพัฒนาในเอเชียส่วนใหญ่ยังคงจัดการขยะมูลฝอยโดยการเทกองและฝังกลบซึ่งจะเกิดกระบวนการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (anaerobic decomposition) ทำให้เกิดก๊าซในหลุมฝังกลบที่เรียกว่า landfill gas (LFG) ซึ่งองค์ประกอบหลักประกอบด้วยก๊าซมีเทนร้อยละ 60 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 40 โปรแกรมนี้จะคิดเฉพาะก๊าซมีเทนว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อนเพิ่มขึ้น แต่ไม่นับรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากเกิดจากแหล่งชีวภาพ (CRA, 2553) ในขณะที่รัฐบาลส่งเสริมให้ทำการฝังกลบขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) แต่ขยะมูลฝอยส่วนมากยังคงถูกเทกองไม่มีการปิดทับและขาดระบบรวบรวม LFG ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศและจัดเป็นกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุดเป็นอันดับที่สาม (IPCC, 2550)

ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในหลุมฝังกลบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และวิธีการจัดการ โดยทั่วไปปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์และความชื้นเพิ่มขึ้น ดังนั้น หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาลมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าหลุมฝังกลบที่ไม่มีการจัดการ (เทกอง) เนื่องจากขยะที่อยู่ด้านบนส่วนใหญ่เกิดการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน หลุมฝังกลบที่ไม่มีการจัดการที่มีความลึกมากจะเกิดก๊าซมีเทนมากกว่าหลุมฝังกลบที่ไม่มีการจัดการซึ่งมีความลึกน้อยกว่า

แบบจำลองของเสียของ IPCC (2549) สามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยได้หลายประเภท โดยใช้ค่า default ที่ได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยและสภาพภูมิอากาศของประเทศหรือภูมิภาคนั้น และใช้สมการ First Order Decay (FOD) ซึ่งสะท้อนอัตราการย่อยสลายของขยะมูลฝอยในหลุมฝังกลบในการคำนวณ

สมการพื้นฐานของ First Order Decay (FOD) คือ

$$(1) \quad \text{DDOC}_m = \text{DDOC}_{m(0)} \times e^{-kt}$$

$\text{DDOC}_{m(0)}$ สารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC) ในช่วงต้นของปฏิกิริยา ($t = 0$) และ $e^{-kt} = 1$

k คือ ค่าคงที่ของปฏิกิริยา

t คือ เวลาใด ๆ ในปีนั้น

DDOC_m สารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC) ณ เวลาใด ๆ

จากสมการ (1) จะเห็นได้ว่าเมื่อสิ้นปีที่ 1 ปริมาณ DDOC ที่ยังไม่ย่อยสลายในหลุมฝังกลบ มีค่าเท่ากับ

$$(2) \quad \text{DDOC}_{m(1)} = \text{DDOC}_{m(0)} \times e^{-k}$$

ปริมาณ DDOC ที่เกิดการย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าเท่ากับ

$$(3) \quad \text{DDOC}_{m\text{decomp}(1)} = \text{DDOC}_{m(0)} \times (1 - e^{-k})$$

สำหรับปฏิกิริยาแบบ first order นั้นปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายแล้วเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ไม่ว่าจะฝังกลบสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้เมื่อไรก็ตาม ดังนั้น เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสมในหลุมฝังกลบและปริมาณของปีล่าสุดจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปี

เป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) และใช้สมการ (2) และ (3) ในการคำนวณ โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบในวันที่ 1 มกราคม ของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC_m) จากปริมาณขยะมูลฝอย (W) สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$(4) \quad DDOC_{md(T)} = W_{(T)} \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC_m) ที่ยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T มีค่าเท่ากับ

$$(5) \quad DDOC_{mrem(T)} = DDOC_{md(T)} \times e^{(-k * ((13-M)/12))}$$

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC_m) ที่ย่อยสลายระหว่างปีที่ T มีค่าเท่ากับ

$$(6) \quad DDOC_{mdec(T)} = DDOC_{md(T)} \times (1 - e^{(-k * ((13-M)/12))})$$

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC_m) ที่สะสมอยู่ในหลุมฝังกลบ ณ สิ้นปีที่ T มีค่าเท่ากับ

$$(7) \quad DDOC_{ma(T)} = DDOC_{mrem(T)} + (DDOC_{ma(T-1)} \times e^{-k})$$

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOC_m) ทั้งหมดที่ย่อยสลายในปีที่ T มีค่าเท่ากับ

$$(8) \quad DDOC_{mdecomp(T)} = DDOC_{mdec(T)} + (DDOC_{ma(T-1)} \times (1 - e^{-k}))$$

ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการย่อยสลายของ DOC มีค่าเท่ากับ

$$(9) \quad CH_4 \text{ generated}_{(T)} = DDOC_{mdecomp(T)} \times F \times 16/12$$

ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากหลุมฝังกลบ มีค่าเท่ากับ

$$(10) \quad CH_4 \text{ emitted in year } T = \left(\sum_x CH_4 \text{ generated}_{x, (T)} - R_{(T)} \right) \times (1 - OX_{(T)})$$

โดยที่

T	ปีที่ทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก
x	สัดส่วนของวัสดุ/ ประเภทของของเสีย
W _(T)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบในปีที่ T
MCF	ค่าปรับแก้มีเทน (Methane Correction Factor)
DOC	ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (Degradable organic carbon) ภายใต้อากาศที่มีอากาศ
DOC _f	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้อากาศไร้อากาศ มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0
DDOC	ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (Decomposable Degradable Organic Carbon) ภายใต้อากาศไร้อากาศ
DDOC _{md(T)}	ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T
DDOC _{mrem(T)}	ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T และยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T
DDOC _{mdec(T)}	ปริมาณ DDOC ที่ฝังกลบในปีที่ T และย่อยสลายระหว่างปีที่ T
DDOC _{ma(T)}	ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T

$DDOC_{ma(T-1)}$	ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ยังไม่ย่อยสลาย ณ สิ้นปีที่ T-1
$DDOC_{mdcomp(T)}$	ปริมาณ DDOC ทั้งหมดที่ย่อยสลายในปีที่ T
$CH_4\ generated_{(T)}$	ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในปีที่ T
F	สัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อปริมาตรของก๊าซทั้งหมดที่เกิดในหลุมฝังกลบ มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0
16/12	สัดส่วนของน้ำหนักโมเลกุลระหว่างก๊าซมีเทนและธาตุคาร์บอน (CH_4/C)
$R_{(T)}$	ก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้ในปีที่ T
$OX_{(T)}$	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกออกซิไดซ์ในปีที่ T
k	ค่าคงที่อัตราการเกิดก๊าซมีเทน
M	เดือนที่เริ่มเกิดปฏิกิริยา (= เวลาหน่วง (delay time) + 7)

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบหรือลานเทกองจำเป็นต้องใช้ค่า default หลายค่า ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องของค่าปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน รายละเอียดของค่า default ที่ต้องใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัดส่วนต่าง ๆ และค่า default ที่ IPCC 2006 waste model ใช้ในการคำนวณ

ค่า	หน่วย	วิธีการคำนวณ
ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบ	ตัน/เดือน	ปริมาณ/ รายละเอียด
ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบ	จิกะกรัม/ปี	ปริมาณขยะที่ฝังกลบ (ตัน/เดือน) $\times 12/1000$
ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ (Degradable Organic Carbon)	DOC	ได้จากค่า default ของ IPCC $DOC_{\text{ขยะมูลฝอย}} = \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทอาหาร} \times 0.15 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทกิ่งไม้และใบไม้} \times 0.43 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทกระดาษ} \times 0.4 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทสิ่งทอ} \times 0.24$
สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้สภาพไร้อากาศ (DOC_f)	DOC_f	ค่า default ของ IPCC คือ 0.5
ค่าคงที่อัตราการเกิดก๊าซมีเทน (Methane generation rate constant)	k	ค่าขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของขยะมูลฝอยและที่ตั้งของหลุมฝังกลบ $k_{MSW} = \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทอาหาร} \times 0.4 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทกิ่งไม้และใบไม้จากสวน} \times 0.17 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทกระดาษ} \times 0.07 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทสิ่งทอ} \times 0.07 + \% \text{ ของผ้าอ้อมที่นำมาฝังกลบ} \times 0.17 + \% \text{ ของขยะมูลฝอยประเภทไม้และฟาง} \times 0.035$
เวลาที่ใช้ในการสลายตัวเหลือครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่เดิม (Half- life time ($t_{1/2}$, years))	$h = \ln(2)/k$	คำนวณได้จากค่า k
ค่าเอ็กซ์โปเนนเชียล (exp1)	$\exp(-k)$	คำนวณได้จากค่า k
เดือนที่เริ่มเกิดการย่อยสลาย	M	ค่าที่ IPCC แนะนำ คือ หลังจากฝังกลบครบ 12 เดือน
ค่าเอ็กซ์โปเนนเชียล (exp2)	$\exp(-k((13-M)/12))$	คำนวณได้จากค่า k และ M

ตารางที่ 1 ค่าสัดส่วนต่าง ๆ และค่า default ที่ IPCC 2006 waste model ใช้ในการคำนวณ (ต่อ)

ค่า	หน่วย	วิธีการคำนวณ										
สัดส่วนของก๊าซมีเทนต่อปริมาณของก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากหลุมฝังกลบ (Fraction to CH ₄)	F	ค่าที่ IPCC แนะนำคือ 0.5										
สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกออกซิไดซ์บนพื้นผิวของหลุมฝังกลบ (Methane Oxidation on Landfill cover)	OX	ค่าที่ IPCC แนะนำมีรายละเอียด ดังนี้ <table border="1"> <thead> <tr> <th>ประเภทของการกำจัด</th> <th>ค่า</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>หลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>ลานเทกอง</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทของการกำจัด	ค่า	หลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	0.1	ลานเทกอง	0				
ประเภทของการกำจัด	ค่า											
หลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	0.1											
ลานเทกอง	0											
ค่าปรับแก้มีเทน (Methane Correction Factor) สำหรับหลุมฝังกลบ และลานเทกอง	MCF	ค่าแตกต่างกันตามประเภทของหลุมฝังกลบ ค่าที่ IPCC แนะนำมีรายละเอียด ดังนี้ <table border="1"> <thead> <tr> <th>ประเภทของหลุมฝังกลบ</th> <th>ค่า</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีระบบจัดการ การคลุมดิน และระบบกันซึม</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>จำแนกไม่ได้</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า	มีระบบจัดการ การคลุมดิน และระบบกันซึม	1	ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	จำแนกไม่ได้	0.6
ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า											
มีระบบจัดการ การคลุมดิน และระบบกันซึม	1											
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8											
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4											
จำแนกไม่ได้	0.6											

ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากหลุมฝังกลบหรือลานเทกองได้โดยป้อนข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน เช่น ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เครื่องยนต์ใช้ในการฝังกลบ องค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบ ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องเลือกประเภทของหลุมฝังกลบจาก drop-down list ดังรูปที่ 4 ข้อควรระวังในการป้อนข้อมูล ผลรวมของคาร์บอนขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยแต่ละประเภท ต้องมีค่าเท่ากับ 100% มิฉะนั้นโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ทราบว่าเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องตรวจสอบและแก้ไขจนค่าผลรวมมีค่าเท่ากับ 100% หน่วยของปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนต่อตันขยะมูลฝอยที่เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ตลอดวัฏจักรชีวิต คือ กิโลกรัมของก๊าซมีเทนต่อตันขยะมูลฝอย

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย/การเทกอง สามารถคำนวณโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะ/การเทกอง (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย)} = \text{การปล่อยก๊าซมีเทนต่อตันขยะมูลฝอย (กิโลกรัมมีเทนต่อตันขยะมูลฝอย)} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} + \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการฝังกลบ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย)}$$

โดยที่

GWP_{CH_4} ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซมีเทนมีค่า 21 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการฝังกลบขยะมูลฝอย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน) = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย) × ปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบทั้งหมดต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)

เกณฑ์วัด	การขนส่ง	กาฝฝังกลบ	การหมักปุ๋ย	การหมักก๊าซชีวภาพ	MBT	การแปรรูปไม้ไผ่	การเผาไอน้ำ/ไอน้ำ	การเผาในโรง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย/การเทกอง								
คำแนะนำสำหรับผู้ใช้								
1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่ฝังกลบหรือเทกองต่อเดือน								
2) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่ทำงานที่หลุมฝังกลบ								
3) โปรดเลือกประเภทหลุมฝังกลบของเทศบาลท่าน								
4) โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในตาราง								
5) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย/การเทกองจะปรากฏในเซลล์หมายเลข C33								
ข้อมูลป้อนเข้า								
ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่ฝังกลบ							ตัน/เดือน	
ปริมาณน้ำมันดีเซลทั้งหมดที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่ทำงานในหลุมฝังกลบ							ลิตร/เดือน	
เลือกประเภทหลุมฝังกลบของเทศบาลท่าน								
โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบ								
องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (%)							
เศษอาหาร								
กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน								
พลาสติก								
กระดาษ								
ผ้า								
หนัง/ยาง								
แก้ว								
โลหะ								
ขยะอันตราย								
อื่น ๆ								
รวม	0.00							
ผลลัพธ์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH ₄) จากการฝังกลบขยะอินทรีย์							0.00	กิโลกรัมมีเทน/ตัน
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการฝังกลบขยะมูลฝอย/การเทกอง							0.00	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะรวม
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการฝังกลบต่อเดือน							-	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เดือน

รูปที่ 4 แผนงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

แผนงาน “การหมักทำปุ๋ย”

การหมักขยะอินทรีย์เป็นกิจกรรมที่ทวีความสำคัญเพิ่มขึ้นในภูมิภาคเอเชียเพราะเป็นกิจกรรมที่องค์กร-ปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ การหมักทำปุ๋ยทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (การใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล) ในการดำเนินงาน และการย่อยสลายของขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศซึ่งเกิดขึ้นบริเวณด้านในของกองปุ๋ย แต่โดยทั่วไปก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะถูกออกซิไดซ์โดยอากาศในกองปุ๋ยกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ขยะอินทรีย์ส่วนใหญ่ในกองจะเกิดการย่อยสลายแบบใช้อากาศซึ่งสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การหมักทำปุ๋ยอาจทำให้เกิดก๊าซไนตรัสออกไซด์จำนวนเล็กน้อยอีกด้วย IPCC กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการหมักทำปุ๋ยเท่ากับ 4 กิโลกรัมมีเทน/ตันขยะอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) และ 0.3 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในการเกษตรแทนการใช้ปุ๋ยเคมี จากการศึกษาพบว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จำนวน 1 ตัน มีธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P₂O₅) และโปแตสเซียม (K₂O) เท่ากับ 7.1 4.1 และ 5.4 กิโลกรัม ตามลำดับ (Patyk, 1996)¹ โปรแกรมจะคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักทำปุ๋ยได้ก็ต่อเมื่อทำให้เกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีเท่านั้น นอกจากนี้การหมักทำปุ๋ยยังช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ที่จะถูกนำไปฝังกลบได้

ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลปริมาณขยะประเภทเศษอาหารและกิ่งไม้/ใบไม้จากสวนที่นำมาหมักทำปุ๋ย ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงานของโรงทำปุ๋ยหมัก ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ต่อเดือน และร้อยละของปุ๋ยหมักที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ดังรูปที่ 5

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการทำปุ๋ยหมัก สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้ (โปรแกรมไม่คิดการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเนื่องจากมีปริมาณเล็กน้อยมาก)

$$Emissions_{Operation} = \frac{Fuel(L)}{Waste(tonnes)} \times Energy(MJ / L) \times EF(kgCO_2 / MJ)$$

โดยที่

Emissions _{operation}	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงทำปุ๋ยหมัก (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะนำมาทำปุ๋ยหมัก)
Fuel	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงทำปุ๋ยหมักต่อเดือน (ลิตร)
Waste	ปริมาณขยะประเภทเศษอาหารและกิ่งไม้/ใบไม้จากสวนที่นำมาหมักทำปุ๋ยต่อเดือน (ตัน)
Energy	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันดีเซล มีค่าเท่ากับ 36.42 เมกกะจูล/ลิตร)
EF	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันดีเซล มีค่าเท่ากับ 0.074 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์คำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emission_{Degradation} = E_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + E_{N_2O} \times GWP_{N_2O}$$

¹ ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโรงหมักปุ๋ยได้

โดยที่

Emissions _{Degradation}	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์)
E _{CH4}	การปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมมีเทน/ตันขยะอินทรีย์) โปรแกรมนี้ใช้ค่า default เท่ากับ 4 (ค่าเฉลี่ยซึ่งกำหนดโดย IPCC (IPCC, 2006)) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโรงหมักปุ๋ยได้หากมีข้อมูล
GWP _{CH4}	ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซมีเทนมีค่า 21 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี) ²
E _{N2O}	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์) โปรแกรมนี้ใช้ค่า default เท่ากับ 0.3 (ค่าเฉลี่ยซึ่งกำหนดโดย IPCC (IPCC, 2006)) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโรงหมักปุ๋ยได้หากมีข้อมูล
GWP _{N2O}	ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่า 310 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี) ²

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากการหมักทำปุ๋ยได้จากผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการทำปุ๋ยหมักและการย่อยสลายของขยะอินทรีย์

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากการหมักทำปุ๋ย} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการทำปุ๋ยหมัก} + \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์}$$

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีโดยเกษตรกรใช้ปุ๋ยหมักทดแทนสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{AvoidedGHG}_{\text{Compost}} = AC \times PC_{\text{Agriculture}} \times A_{\text{GHG}}$$

โดยที่

AvoidedGHG _{Compost}	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีอันเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะอินทรีย์)
AC	ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ (ตันปุ๋ยหมัก/ตันขยะอินทรีย์)
PC _{Agriculture}	ร้อยละของปุ๋ยหมักที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและทำสวน (%)
A _{GHG}	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากับปุ๋ยหมัก 1 ตัน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันปุ๋ยหมัก)

หมายเหตุ: กรณีที่เกษตรกรใช้ปุ๋ยหมักโดยไม่ได้ลดการใช้ปุ๋ยเคมีจะไม่คิดค่า AvoidedGHG_{Compost}

การผลิตปุ๋ยหมักช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ที่จะฝังกลบ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์สามารถคำนวณได้โดยใช้แบบจำลองของ IPCC 2006 ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถดูรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณได้ในแผ่นงาน “การฝังกลบ”

² จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า มีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์หลายค่า โปรแกรมนี้เลือกใช้ค่า 21 และ 310 สำหรับก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ ตามที่โครงการ CDM (ภายใต้ UNFCCC) เลือกใช้ โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะอินทรีย์)} = \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีอันเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทน} + \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์}$$

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักทำปุ๋ย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักทำปุ๋ย} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} - \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด}$$

กรณีที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักทำปุ๋ยมีค่าเป็นบวก (เช่น มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจำนวนมากหรือการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้เพื่อการเกษตรหรือการทำสวนยังไม่มีประสิทธิภาพ) ไม่ได้หมายความว่า การหมักทำปุ๋ยไม่ช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่อาจต้องมีการปรับปรุงระบบการผลิตและใช้ปุ๋ยหมักให้ดีขึ้น หากค่าเป็นลบจะชี้ให้เห็นว่าการหมักทำปุ๋ยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการหมักทำปุ๋ย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน)} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะอินทรีย์)} \times \text{ปริมาณขยะอินทรีย์ที่นำมาทำปุ๋ยหมักต่อเดือน (ตันขยะอินทรีย์ต่อเดือน)}$$

หน้าหลัก	ภาพแสง	การฝังกลบ	การหมักทำปุ๋ย	การหมักก๊าซชีวภาพ	MBT	การรวบรวม/ใช้ใหม่	การเผา/โดย	การเผาในเตาโรง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักทำปุ๋ย								
คำแนะนำสำหรับผู้ใช้								
1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะประเภทเศษอาหารและกิ่งไม้/ใบไม้จากสวนที่นำมาหมักทำปุ๋ย								
2) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโรงทำปุ๋ยหมัก								
3) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณการผลิตปุ๋ยหมักต่อเดือน								
4) โปรดป้อนข้อมูลร้อยละของการนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร								
ข้อมูลป้อนเข้า								
ปริมาณขยะประเภทเศษอาหารทั้งหมดที่นำมาหมักทำปุ๋ย				ตัน/เดือน				
ปริมาณขยะประเภทกิ่งไม้/ใบไม้จากสวนทั้งหมดที่นำมาหมักทำปุ๋ย				ตัน/เดือน				
ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโรงทำปุ๋ยหมัก				ลิตร/เดือน				
ปริมาณปุ๋ยหมักทั้งหมดที่ผลิตได้				ตัน/เดือน				
ร้อยละของการนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร				%				
ผลลัพธ์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงทำปุ๋ยหมัก				0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอย				0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการหมักทำปุ๋ย				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ				
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่หลีกเลี่ยงได้ทางอ้อมจากการลดการผลิตปุ๋ยเคมี				0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ				
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่หลีกเลี่ยงได้จากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์				0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักทำปุ๋ย (โดยวิธีจัดการประเมินวัฏจักรชีวิต)				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะอินทรีย์				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการหมักทำปุ๋ยต่อเดือน				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				

รูปที่ 5 แผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักทำปุ๋ย

แผ่นงาน “การหมักแบบไร้อากาศ” (การหมักก๊าซชีวภาพ)

การหมักแบบไร้อากาศเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพมากในการบำบัดขยะอินทรีย์สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ในภูมิภาคเอเชียเพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดเนื่องจากสามารถรวบรวมก๊าซชีวภาพมาผลิตพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้าได้และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักแบบไร้อากาศต้องคำนวณทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล) ในกิจกรรมต่าง ๆ ของการหมักแบบไร้อากาศ และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการรั่วไหลของถังหมักแบบไร้อากาศ (reactor) โดยใช้ค่า default ของ IPCC (2006) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 กิโลกรัมมีเทน/ตันขยะอินทรีย์ ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเปลี่ยนไปใช้ค่าเฉพาะของโครงการได้หากมีข้อมูล

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักแบบไร้อากาศมีค่าความร้อน (calorific value) อยู่ในช่วง 20-25 เมกกะจูล/ลูกบาศก์เมตร จึงสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้าทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เทคโนโลยีในการผลิตพลังงานมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การเผาไหม้เพื่อผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็ก (น้อยกว่า 200 กิโลวัตต์) หรือเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดใหญ่ (ขนาดสูงสุด 1.5 เมกกะวัตต์) (Pöschl และคณะ 2553)

การหมักแบบไร้อากาศช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะอินทรีย์ ในทำนองเดียวกันกับการหมักทำปุ๋ย โดยผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลรายเดือน เช่น ปริมาณขยะอินทรีย์ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าของโรงหมักแบบไร้อากาศ ค่าความชื้นโดยประมาณของของผสมที่เข้าสู่ระบบ (ของผสมประกอบด้วยขยะอินทรีย์และน้ำ) ประเภทของผลผลิตที่ได้จากการหมักแบบไร้อากาศ (พลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน) ดังแสดงในรูปที่ 6

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในของเหลวที่เข้าสู่ระบบสามารถทำได้โดยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นเรื่องยุ่งยากสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ดังนั้นอาจใช้ค่าประมาณการสัดส่วนของของขยะอินทรีย์ต่อน้ำแทน เช่น ขยะเศษผัก 1 ตัน (ค่าความชื้น 60%) กับน้ำ 1 ตัน เมื่อนำมาผสมกันแล้วจะมีปริมาณน้ำ 1.6 ตัน คิดเป็นค่าความชื้น 80%

ประเภท	ค่าชดเชย	การฝังกลบ	สภาพป่าเปียก	การหมักก๊าซชีวภาพ	MB	การประมงน้ำจืด	การเผาโดยเตา	การเผาในโรง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักก๊าซชีวภาพ								
คำแนะนำสำหรับผู้ใช้งาน								
1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะประเภทเศษอาหารและกิ่งไม้ ใบไม้จากสวนที่นำมาหมักก๊าซชีวภาพ								
2) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของการหมักก๊าซชีวภาพ (ได้แก่ การบดย่อย การผสม)								
3) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของการหมักก๊าซชีวภาพ (ได้แก่ การบดย่อย การผสม)								
4) โปรดป้อนข้อมูลค่าความชื้นโดยประมาณของขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ								
5) โปรดเลือกประเภทของการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้								
ข้อมูลนำเข้า								
ปริมาณขยะประเภทเศษอาหารทั้งหมดที่นำมาหมักก๊าซชีวภาพ								
ปริมาณขยะประเภทกิ่ง ไม้ ใบไม้จากสวนทั้งหมดที่นำมาหมักก๊าซชีวภาพ								
ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของการหมักก๊าซชีวภาพ								
ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของการหมักก๊าซชีวภาพ								
ค่าความชื้นโดยประมาณของขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ								
ผลผลิตที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพ								
สิ่งที่ได้ (ประเมินในเชิงทฤษฎี)								
ไม่มี								
ผลลัพธ์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของการหมักก๊าซชีวภาพ								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหล (unavoidable leakages)								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการหมักก๊าซชีวภาพ								
ปริมาณการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำพลังงานกลับมาใช้								
ปริมาณการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะอินทรีย์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักก๊าซชีวภาพ (โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต)								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการหมักก๊าซชีวภาพต่อเดือน								

รูปที่ 6 แผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักแบบไร้อากาศ

ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ว่าจะใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือ ความร้อน โปรแกรมจะคำนวณปริมาณพลังงานที่ผลิตได้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินงาน สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้ (โปรแกรมไม่คิดการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงฟอสซิลเนื่องจากมีปริมาณเล็กน้อยมาก)

$$Emissions_{Operation} = (FC \times NCV_{FF} \times EF_{CO_2}) + (EC \times EF_{el})$$

โดยที่

Emissions _{Operation}	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงาน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์)
FC	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (มวล หรือปริมาตร/ ตันขยะอินทรีย์)
NCV _{FF}	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (เมกกะจูล/หน่วยมวลหรือปริมาตร)
EF _{CO2}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล)
EC	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (เมกกะวัตต์ชั่วโมง/ตันขยะอินทรีย์)
EF _{el}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกกะวัตต์ชั่วโมง)

ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการรั่วไหลของถังหมักแบบไร้อากาศ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emissions_{Treatment} = E_{CH_4} \times DM \times 1000 \times GWP_{CH_4}$$

โดยที่

Emissions _{Treatment}	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์)
E _{CH4}	การปล่อยก๊าซมีเทนจากการรั่วไหลของถังหมักแบบไร้อากาศ (กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัมขยะอินทรีย์แห้ง)
DM	เปอร์เซ็นต์ของขยะอินทรีย์แห้งในขยะอินทรีย์ที่นำมาหมัก (%) (DM = 100 - ร้อยละของน้ำในขยะอินทรีย์ที่นำมาหมัก)
1000	ค่าการแปลงหน่วยที่ใช้ในการคำนวณปริมาณขยะอินทรีย์แห้งต่อขยะอินทรีย์
GWP _{CH4}	ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซมีเทนมีค่า 21 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักแบบไร้อากาศสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงาน +
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของถังหมักแบบไร้อากาศ

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักแบบไร้อากาศสามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$AvoidanceGHG_{Electricity} = C_{Biogas} \times P_{CH4} \times E_{CH4} \times \frac{1}{CF_{Energy}} \times E_{Powerplant} \times EF_{el}$$

โดยที่

Avoidance GHG_{Electricity} ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะอินทรีย์)

C_{Biogas} ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ต่อตันขยะอินทรีย์ (ลูกบาศก์เมตร/ตันขยะอินทรีย์)

P_{CH4} เปอร์เซ็นต์ของมีเทนในก๊าซชีวภาพ (%)

E_{CH4} ปริมาณพลังงานของก๊าซมีเทน (เมกกะจูล/ลูกบาศก์เมตร)

CF_{Energy} ค่าการแปลงหน่วยที่ใช้ในการแปลงพลังงานของก๊าซมีเทนเป็นไฟฟ้า (3.6 เมกกะจูล/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

E_{Powerplant} ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า (%)

EF_{el} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตความร้อนโดยใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักแบบไร้อากาศ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$AvoidanceGHG_{Thermal} = C_{Biogas} \times P_{CH4} \times E_{CH4} \times EF_{CO2}$$

โดยที่

Avoidance GHG_{Thermal} ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตความร้อนโดยใช้ก๊าซชีวภาพ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะอินทรีย์)

C_{Biogas} ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ต่อตันขยะอินทรีย์ (ลูกบาศก์เมตร/ตันขยะอินทรีย์)

P_{CH4} เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ (%)

E_{CH4} ปริมาณพลังงานของก๊าซมีเทน (เมกกะจูล/ลูกบาศก์เมตร)

EF_{CO2} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล) (โปรแกรมคำนวณโดยกำหนดสมมติฐานว่าใช้ก๊าซชีวภาพแทน LPG)

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์สามารถคำนวณได้โดยใช้แบบจำลองของ IPCC (2006) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถดูรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณได้ในแผ่นงาน “การฝังกลบ” ส่วนปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะอินทรีย์)} = \\ & \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงาน} + \\ & \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์} \end{aligned}$$

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักแบบไร้อากาศสามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักแบบไร้อากาศ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ} \\ & \text{ตันขยะอินทรีย์)} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} - \text{ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} \end{aligned}$$

ในการทำงานเกี่ยวกับการหมักทำปุ๋ย หากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเป็นบวก จะหมายความว่า การหมักแบบไร้อากาศยังทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของการ ผลิตพลังงานให้ดีขึ้น หากค่าเป็นลบจะชี้ให้เห็นว่าการหมักแบบไร้อากาศสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการหมักแบบไร้อากาศ สามารถคำนวณ โดยใช้สมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน)} = \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะอินทรีย์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะอินทรีย์)} \times \\ & \text{ปริมาณขยะอินทรีย์ที่นำมาหมักแบบไร้อากาศต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)} \end{aligned}$$

แผนงาน “การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ” (MBT)

การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ (MBT) เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนทำการบำบัดต่อด้วยความร้อนหรือนำไปฝังกลบ ขั้นตอนการทำ MBT เริ่มจากการม่ขยะมูลฝอยเพื่อทำให้ขยะมูลฝอยเข้ากันเป็นเนื้อเดียวและนำขยะมูลฝอยไปเทกองโดยให้อากาศและน้ำสามารถถ่ายเทได้ดีซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ขยะอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้เร็วขึ้น MBT ช่วยลดมวลของขยะมูลฝอยโดยย่อยสลายสารอินทรีย์ก่อนที่จะนำไปฝังกลบได้ถึง 50% จึงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ ขยะมูลฝอยที่ได้จาก MBT จะมีความเสถียรและสามารถนำไปร้อนเพื่อคัดแยกพลาสติกออกมาผลิต Refuse-derived fuel (RDF) หรือน้ำมันดิบได้ ส่วนที่เหลือประกอบด้วยวัสดุซึ่งมีลักษณะคล้ายปุ๋ยและวัสดุที่มีลักษณะคงทน (inert materials)

กิจกรรมที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก MBT ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ไฟฟ้าเพื่อดำเนินการ และการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ การจัดการที่ดีจะช่วยให้ขยะอินทรีย์เกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะที่มีอากาศซึ่งช่วยลดการเกิดก๊าซมีเทน โดยก๊าซมีเทนที่เกิดบริเวณด้านล่างของกองขยะมูลฝอยจะถูกออกซิไดซ์โดยอากาศในกองขยะมูลฝอยกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะไม่ถูกนับในบัญชีก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากมีที่มาจากแหล่งชีวภาพ ทำให้มีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศจาก MBT ตามคู่มือของ IPCC กระบวนการ MBT อาจปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ปริมาณเล็กน้อย IPCC กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการหมักทำปุ๋ยเท่ากับ 4 กิโลกรัมมีเทน/ตันขยะอินทรีย์ และ 0.3 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์/ตันขยะอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

MBT ช่วยลดการฝังกลบขยะอินทรีย์และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบ การใช้วัสดุซึ่งได้จากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์จาก MBT ทดแทนปุ๋ยเคมีช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีเช่นเดียวกับการหมักทำปุ๋ยหรือการหมักแบบไร้อากาศ อย่างไรก็ตาม วัสดุดังกล่าวอาจมีโลหะหนักปนเปื้อนเนื่องจากไม่มีการแยกขยะมูลฝอยก่อนที่จะทำ MBT จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักก่อนการนำไปใช้เป็นปุ๋ย นอกจากนี้ยังสามารถนำพลาสติกที่ได้หลังสิ้นสุดกระบวนการไปผลิต RDF หรือผลิตน้ำมันดิบด้วยวิธีการ pyrolysis ซึ่งเป็นที่นิยมมากขึ้นถึงแม้ว่าจะต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างมากแต่ก็ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก MBT ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลรายเดือนของกระบวนการ MBT เช่น ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำมาบำบัดด้วย MBT ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของระบบ MBT กรณีที่มีการใช้ประโยชน์วัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ผู้ใช้งานโปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตและใช้ปุ๋ยหมัก ได้แก่ ความสามารถในการผลิตวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักต่อเดือน ร้อยละของการนำวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพดิน และกรณีที่มีการแยกพลาสติกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ MBT ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องเลือกว่านำพลาสติกที่ได้ไปใช้ผลิต RDF หรือน้ำมันดิบ หากนำไปผลิต RDF ต้องป้อนข้อมูลปริมาณพลาสติกซึ่งนำไปผลิต RDF ปริมาณน้ำมันดีเซลและไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต RDF ปริมาณ RDF ที่ผลิตได้และเปอร์เซ็นต์ของ RDF ที่นำไปใช้ผลิตพลังงาน หากนำขยะพลาสติกที่แยกได้ไปใช้ผลิตน้ำมันดิบ จะต้องป้อนปริมาณขยะ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตน้ำมันดิบ ปริมาณน้ำมันดิบที่ผลิตได้ เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันดิบที่นำไปใช้ผลิตพลังงาน ดังรูปที่ 7

เมื่อผู้ใช้งานโปรแกรมป้อนข้อมูลครบถ้วนแล้ว โปรแกรมจะคำนวณปริมาณการใช้ประโยชน์วัสดุคล้ายปุ๋ยหมักและปริมาณของ RDF หรือน้ำมันดิบที่ใช้เป็นพลังงานต่อตันขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ MBT และแสดงผลการคำนวณในช่อง “สิ่งที่ได้” และแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิต่อตันขยะมูลฝอยจาก MBT

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินงานของระบบ MBT สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้ (โปรแกรมไม่คิดการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเนื่องจากมีปริมาณเล็กน้อยมาก)

$$Emissions_{Operation} = (FC \times NCV_{FF} \times EF_{CO_2}) + (EC \times EF_{el})$$

โดยที่

$Emissions_{Operation}$ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงาน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะมูลฝอย)

FC ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (มวล หรือปริมาตร/ ตันขยะมูลฝอย)

NCV_{FF} ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (เมกะจูล/หน่วยมวลหรือปริมาตร)

EF_{CO_2} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกะจูล)

EC ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (เมกะวัตต์ชั่วโมง/ตันขยะมูลฝอย)

EF_{el} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกะวัตต์ชั่วโมง)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emission_{Degradation} = E_{CH_4} \times OW_{Percentage} \times GWP_{CH_4} + E_{N_2O} \times OW_{Percentage} \times GWP_{N_2O}$$

โดยที่

$Emission_{Degradation}$ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะมูลฝอย)

E_{CH_4} การปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย (กิโลกรัมมีเทน/ตันขยะมูลฝอย)

$OW_{Percentage}$ ร้อยละของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย (%)

GWP_{CH_4} ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซมีเทนมีค่า 21 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี)

E_{N_2O} การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการย่อยสลายของของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย (กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์/ตันขยะมูลฝอย)

GWP_{N_2O} ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (ก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่า 310 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคิดช่วงเวลา 100 ปี)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจาก MBT คำนวณได้จากผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าในการดำเนินงาน และการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอย

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจาก MBT = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าในการดำเนินงาน + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะ

หากมีการนำพลาสติกที่ได้จากการแยกขยะมูลฝอยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ MBT ไปใช้ผลิต RDF หรือน้ำมันดิบ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ประโยชน์พลาสติกสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emissions_{RDF / crudeoilproduction} = (FC \times NCV_{FF} \times EF_{CO_2}) + (EC \times EF_{el})$$

โดยที่

Emission _{S_{RDF/crude oil production}}	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำ RDF/ผลิตน้ำมันดิบ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะมูลฝอย)
FC	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (มวล หรือปริมาตร/ ตันขยะมูลฝอย)
NCV _{FF}	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (เมกกะจูล/หน่วยมวลหรือปริมาตร)
EF _{CO2}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล)
EC	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (เมกกะวัตต์ชั่วโมง/ตันขยะมูลฝอย)
EF _{el}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกกะวัตต์ชั่วโมง)

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัสดุคัล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ในการปรับสภาพดินแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$AvoidedGHG_{Compost} = AC \times PC_{Agriculture} \times A_{GHG}$$

โดยที่

AvoidedGHG _{Compost}	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีอันเนื่องมาจากการใช้วัสดุคัล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ทดแทน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอย)
AC	ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ (ตันปุ๋ยหมัก/ตันขยะมูลฝอย)
PC _{Agriculture}	ร้อยละของปุ๋ยหมักที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและทำสวน (%)
A _{GHG}	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากับปุ๋ยหมัก 1 ตัน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันปุ๋ยหมัก)

นอกจากนี้ MBT ยังช่วยลดการฝังกลบขยะอินทรีย์จึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์สามารถคำนวณได้โดยใช้แบบจำลองของ IPCC (2006) ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถดูรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณได้ในแผ่นงาน “การฝังกลบ”

การผลิตพลังงานโดยใช้ RDF หรือน้ำมันดิบที่ได้จาก MBT จัดว่าเป็นการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ขยะพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันดิบ) ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ RDF และน้ำมันดิบจึงเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โปรแกรมนี้จึงไม่คิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ RDF หรือน้ำมันดิบ แต่คิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากสายโซ่การผลิตเชื้อเพลิง ได้แก่ การสำรวจและขุดเจาะน้ำมัน การขนส่ง และกระบวนการผลิตน้ำมัน

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจาก MBT สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอย)} = \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ยเคมีอันเนื่องจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทน} + \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์} + \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิล} \end{aligned}$$

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจาก MBT สามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจาก MBT} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} - \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด}$$

กรณีที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเป็นบวก ไม่ได้หมายความว่า MBT ไม่ช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพราะถึงอย่างไร MBT ก็เป็นวิธีที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการฝังกลบ แต่หากค่าเป็นลบจะชี้ให้เห็นว่า MBT สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจาก MBT สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน)} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย)} \times \text{ปริมาณขยะมูลฝอยที่บำบัดด้วย MBT ต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)}$$

หน้าหลัก	การขนส่ง	การฝังกลบ	การหมักทำปุ๋ย	การแยกก๊าซชีวภาพ	MBT	การแปรรูปไปให้	การเผาไหม้เตาเผา	การเผาในเตาเผา
----------	----------	-----------	---------------	------------------	-----	----------------	------------------	----------------

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลและชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment: MBT)

คำแนะนำสำหรับผู้ใช้

- โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำมาบำบัดแบบ MBT
- โปรดป้อนข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของระบบ MBT
- โปรดป้อนข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของระบบ MBT
- โปรดป้อนข้อมูลความสามารถในการผลิตวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักต่อเดือน
- โปรดป้อนข้อมูลร้อยละของการนำวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้เพื่อประโยชน์ในการปรับสภาพดิน
- โปรดเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ขยะประเภทพลาสติกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการบำบัด
- โปรดใส่ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปขยะประเภทพลาสติกเป็นพลังงาน

ข้อมูลนำเข้า

ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่นำมาบำบัดแบบ MBT

ร้อยละของขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ต่อขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ

ปริมาณเป้าหมายเชื้อเพลิงที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของระบบ MBT

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของระบบ MBT

การใช้ประโยชน์วัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้

การแยกพลาสติกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการบำบัด

	ตัน/เดือน
	%
	ลิตร/เดือน
	กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

สิ่งที่ได้

ไม่ใช่

ผลลัพธ์

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของระบบ MBT	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอย	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากกระบวนการ MBT	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้จากการผลิตปุ๋ยเคมี	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้จากกรณีฝังกลบขยะมูลฝอย	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ
0.00	
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการบำบัดแบบ MBT (โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต)	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจาก MBT ต่อเดือน **0.00** ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน

รูปที่ 7 แผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก MBT

แผ่นงาน “การแปรรูปใช้ใหม่”

การแปรรูปใช้ใหม่ (recycle) เป็นทางเลือกในการจัดการขยะมูลฝอยที่ยั่งยืนเพราะช่วยให้มีการนำวัสดุมีค่ากลับมาใช้ใหม่ซึ่งมีผลดีทั้งต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทำวัสดุอีกด้วย ถึงแม้ว่ากระบวนการแปรรูปใช้ใหม่จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการคัดแยก การขนส่ง และกระบวนการแปรรูปใช้ใหม่ แต่ก็ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่ให้ครบทุกกระบวนการในวงจรชีวิตเป็นเรื่องยากเพราะต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องหลายภาคส่วน การพัฒนาฐานข้อมูลจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ประเทศกำลังพัฒนาต้องดำเนินการ และต้องมีการเก็บข้อมูลในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เช่น ข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบของวัสดุที่สามารถแปรรูปใช้ใหม่ได้ในแต่ละเดือน ข้อมูลจากบริษัทขนส่งและโรงงานที่ทำการแปรรูปวัสดุเพื่อใช้ใหม่

วัสดุที่ได้จากการคัดแยกจะถูกขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปวัสดุแต่ละประเภทซึ่งอาจจะตั้งอยู่คนละจังหวัด ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากในการเก็บข้อมูลเฉพาะของโรงงานที่ทำการแปรรูปวัสดุแต่ละประเภทเพื่อใช้ใหม่ เช่น องค์ประกอบของวัสดุที่แปรรูปใช้ใหม่ ความสามารถในการแปรรูปใช้ใหม่ ปริมาณวัสดุที่ได้จากการแปรรูปใช้ใหม่ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการเตรียมวัสดุ (การทำความสะดวก การย่อยให้มีขนาดเล็ก การบรรจุหีบห่อ) และขั้นตอนการแปรรูปใช้ใหม่ ระยะทางขนส่งวัสดุที่จะแปรรูปใช้ใหม่ไปยังโรงงาน รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

โปรแกรมนี้ใช้ข้อมูลของประเทศไทยในการคำนวณ โดยอ้างอิงผลการศึกษาด้านข้อมูลก๊าซเรือนกระจกการแปรรูปใช้ใหม่และห่วงโซ่กระบวนการผลิตของวัสดุแต่ละประเภทของ Menikpura (2554) ซึ่งได้จากการศึกษาในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งคิดระยะทางเฉลี่ยในการขนส่ง เท่ากับ 30 กิโลเมตร และอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยซึ่งประกาศโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551) เท่ากับ 566 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องป้อนข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบของขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ได้ต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 8

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรรูปใช้ใหม่คำนวณได้จากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรในโรงคัดแยกและโรงงานที่ทำการแปรรูปวัสดุเพื่อใช้ใหม่ โปรแกรมไม่คิดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emissions_{Recycling} = (FC \times NCV_{FF} \times EF_{CO_2}) + (EC \times EF_{el})$$

โดยที่

$Emissions_{Recycling}$ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่

(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่)

FC ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (มวล หรือปริมาตร/ ตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่)

NCV_{FF} ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (เมกะจูล/หน่วยมวลหรือปริมาตร)

EF_{CO_2} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/เมกะจูล)

EC ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (เมกะวัตต์ชั่วโมง/ตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่)

EF_{el}

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกกะวัตต์ชั่วโมง)

การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่จะต้องคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปวัสดุแต่ละประเภทใช้ใหม่ โดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณวัสดุที่แปรรูปใช้ใหม่ได้ (กิโลกรัม/ตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่)} = \text{ปริมาณวัสดุที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ (กิโลกรัม/ตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่)} * \text{ร้อยละของวัสดุที่แปรรูปใช้ใหม่ได้}$$

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า วัสดุส่วนใหญ่ที่ได้จากการแปรรูปใช้ใหม่ ได้แก่ กระดาษ พลาสติก อลูมิเนียม เหล็ก และแก้ว โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 90-95 การแปรรูปใช้ใหม่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการผลิตวัตถุดิบ ลดการฝังกลบวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และลดก๊าซมีเทนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของกระดาษซึ่งเป็นองค์ประกอบของขยะมูลฝอยประเภทเดียวที่ย่อยสลายได้

โปรแกรมนี้คำนวณโดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล Eco-invent และ SimaPro LCA ช่วยในการคำนวณ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานความร้อน ไฟฟ้า และวัตถุดิบที่ต้องใช้ในกระบวนการแปรรูปใช้ใหม่ของวัสดุแต่ละประเภท และปรับข้อมูลให้เหมาะสมกับสถานการณ์ของประเทศไทย เช่น ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า ประสิทธิภาพของหัวเผาและโรงไฟฟ้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551) รายงานว่า 96.2% ของพลังงานความร้อนที่อุตสาหกรรมกระดาษใช้มาจากถ่านหินและผลิตภัณฑ์ของถ่านหิน และที่เหลืออีก 3.8% มาจากน้ำมันเตาและน้ำมันดีเซล โปรแกรมนี้ใช้ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่อน้ำหนักกระดาษที่ผลิตได้ของประเทศไทยแทนการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล Eco-invent ซึ่งอ้างอิงข้อมูลการใช้พลังงานของยุโรป การทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกต้องพิจารณาปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้ในกระบวนการแปรรูปใช้ใหม่ แหล่งพลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าในระบบสายส่งของประเทศ

โปรแกรมนี้ใช้แบบจำลองของ IPCC 2006 ในการคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบกระดาษและใช้ข้อมูลของประเทศไทยที่ได้จากการศึกษาของ Menikpura (2554) ได้แก่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปวัสดุแต่ละประเภทใช้ใหม่ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการผลิตวัตถุดิบและการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์ (กระดาษ) ดังรายละเอียด ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ปริมาณการปล่อยและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่ (ข้อมูลของประเทศไทย)

วัสดุ	(ก) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่	(ข) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการผลิตวัตถุดิบ	(ค) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบวัสดุ	(ง) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ (ง) = (ก)-(ข)-(ค)
กระดาษ	1,266	971	2,383	-2,088
พลาสติก	2,148	1,899	0	249
อลูมิเนียม	393	12,486	0	-12,093
เหล็ก	1,102	2,949	0	-1,847
แก้ว	569	1,024	0	-454

ที่มา: Menikpura (2554)

หน้าปก	ภาษาแม่	การฝึกอบรม	การนำท่าไป	การนำก๊าซใช้	MST	การแปรรูปใช้ใหม่	ภาษาแม่	การแก้ไข
--------	---------	------------	------------	--------------	-----	------------------	---------	----------

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่ (อ้างอิงข้อมูลของประเทศไทย)

บันทึกสิ่งใหม่
 การแปรรูปใช้ใหม่ไม่ใช่กระบวนการที่มีเพียงขั้นตอนเดียว วัสดุที่แปรรูปใช้ใหม่ได้ในเทศบาลของท่านอาจถูกส่งไปยังโรงงานแปรรูปหลายแห่งซึ่งอาจอยู่ต่างจังหวัด การเก็บข้อมูลซึ่งมีลักษณะเฉพาะเจาะจงขึ้นอยู่กับพื้นที่เช่นนี้จึงเป็นเรื่องยากและส่งผลกระทบต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่ ท่านสามารถใช้แผนงานนี้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่ในเทศบาลของท่านอย่างคร่าวๆ โดยป้อนข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่มีการแปรรูปใช้ใหม่ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณได้มาจากการเก็บข้อมูลในจังหวัดนั้น (ได้แก่ ระยะทางเฉลี่ยที่ใช้ในการขนส่งเท่ากับ 30 กิโลเมตร ใช้ด้านพื้นและน้ำมันดีเซลในการผลิตพลังงานความร้อน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าในระบบสายส่งของไทย เท่ากับ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 เมกะวัตต์ชั่วโมง)

คำแนะนำสำหรับผู้ใช้
 1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ได้ต่อเดือน
 2) โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบของขยะในตารางด้านล่าง

ข้อมูลนำเข้า
 ปริมาณขยะทั้งหมดที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ได้ ตัน/เดือน

โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบของขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ได้

ประเภทของขยะ	เปอร์เซ็นต์ (%)
กระดาษ	
พลาสติก	
อลูมิเนียม	
เหล็ก	
แก้ว (หลอมใหม่)	
รวม	0.00

ผลลัพธ์

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากกระบวนการแปรรูปใช้ใหม่	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการแปรรูปใช้ใหม่	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการแปรรูปใช้ใหม่ (โดยวิธีคูณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก)	0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะรวมที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการแปรรูปใช้ใหม่ต่อเดือน **0.00** ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน

รูปที่ 8 แผนงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่
 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการแปรรูปใช้ใหม่ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่
 (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่) =

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปกระดาษใช้ใหม่ × ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภทกระดาษ +
 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปพลาสติกใช้ใหม่ × ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภทพลาสติก +
 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปแก้วใช้ใหม่ × ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภทแก้ว +
 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปอลูมิเนียมใช้ใหม่ × ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภทอลูมิเนียม +
 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปโลหะใช้ใหม่ × ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภทโลหะ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการแปรรูปใช้ใหม่ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการแปรรูปใช้ใหม่
 (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่) =

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด - ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

กรณีที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเป็นบวก ไม่ได้หมายความว่า การแปรรูปใช้ใหม่ไม่ช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่โดยมากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเป็นลบเพราะการแปรรูปใช้ใหม่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการผลิตวัตถุดิบ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิรายเดือนจากการแปรรูปใช้ใหม่ต่อตันขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน) = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย) × ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่ต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)

เมื่อเปรียบเทียบการแปรรูปใช้ใหม่กับเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยอื่นจะเห็นได้ว่าการแปรรูปใช้ใหม่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก จึงควรเก็บข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ประกอบในการคำนวณ เพื่อให้ทราบค่าปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปใช้ใหม่

แผ่นงาน “การเผาโดยใช้เตาเผา”

การเผาขยะมูลฝอยเป็นวิธีการที่ช่วยลดมวลและปริมาตรของขยะได้ถึง 75% และ 90% ตามลำดับ และยัง สามารถผลิตพลังงานได้อีกด้วยจึงได้รับความสนใจจากประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียเป็นอย่างมาก การเผา ขยะมูลฝอยช่วยลดการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศในหลุมฝังกลบซึ่งเป็นวิธีหลักที่ ประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย นอกจากนี้ยังสามารถผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะมูลฝอย ได้ซึ่งจะช่วยลดการผลิตไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

โดยทั่วไป เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยจะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับท้องถิ่นแต่พบว่า มีเตาเผาขยะมูลฝอยบางแห่งทำงานไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากองค์ประกอบและความชื้นของ ขยะมูลฝอย จากข้อมูลการดำเนินงานของเตาเผาขยะมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ต พบว่า ถึงแม้จะมีการพักขยะมูลฝอยไว้ ในหลุมเพื่อระบายน้ำออกก่อนทำการเผาแต่ขยะมูลฝอยยังมีความชื้นสูงถึง 40-42% ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการ เผาขยะมูลฝอย นอกจากนี้ ขยะอินทรีย์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักมีค่าความร้อนต่ำทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ต่ำและปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้มาก เตาเผาขยะมูลฝอยแห่งอื่นที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนของภูมิภาค เอเชียก็ประสบปัญหาในทำนองเดียวกัน

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเตาเผาขยะมูลฝอยจะต้องทราบองค์ประกอบของ ขยะมูลฝอยที่นำมาเผา ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลและไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการดำเนินงานของเตาเผาและปริมาณไฟฟ้าและ ความร้อนที่ผลิตได้ นอกจากนี้ การเผาขยะมูลฝอยทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ คาร์บอนในขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นของผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีทั้งที่มาจากแหล่งชีวภาพ และฟอสซิล คู่มือของ IPCC (2006) แนะนำให้คิดเฉพาะปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผา ขยะมูลฝอยที่มีฟอสซิลเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น ในการคำนวณจะไม่คิดรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากแหล่ง ชีวภาพ ได้แก่ กระดาษ อาหาร และเศษไม้ แต่จะนับเฉพาะฟอสซิล ได้แก่ พลาสติก สิ่งทอ ยาง ตัวทำละลาย และ น้ำมัน ค่า default ของ IPCC ที่ต้องใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ น้ำหนักแห้งของ ขยะมูลฝอย ปริมาณคาร์บอนรวม สัดส่วนของคาร์บอนประเภทฟอสซิล และค่าออกซิเดชันแฟกเตอร์

กระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยอาจปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและวิธีการจัดการ โปรแกรมจะใช้ค่า default ของปริมาณการ ปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ตามประเภทของเตาเผาที่ผู้ใช้งานโปรแกรมเลือก

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ไฟฟ้าในการเผาขยะมูลฝอย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$Emissions_{Operation} = (FC \times NCV_{FF} \times EF_{CO_2}) + (EC \times EF_{el})$$

โดยที่

$Emissions_{Operation}$	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงาน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะที่เผา)
FC	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (มวล หรือปริมาตร/ ตันขยะที่เผา)
NCV_{FF}	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (เมกกะจูล/หน่วยมวลหรือปริมาตร)
EF_{CO_2}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์/เมกกะจูล)
EC	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (เมกกะวัตต์ชั่วโมง/ตันขยะที่เผา)

EF_{el} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกกะวัตต์ชั่วโมง)

โปรแกรมนี้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ฟอสซิลในขยะเปียก โดยใช้ Tier 2 approach ตามที่ IPCC (2006) กำหนด ซึ่งต้องใช้ข้อมูลเฉพาะของประเทศในการคำนวณ

$$CE = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times \frac{44}{12}$$

โดยที่

CE การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะที่เผา)

SW_i ปริมาณขยะมูลฝอยประเภท i (น้ำหนักเปียก) ที่นำมาเผา (กิโลกรัม/ตันขยะมูลฝอยที่เผา)

dm_i ปริมาณขยะมูลฝอยแห้งในขยะมูลฝอยที่นำมาเผา

CF_i สัดส่วนของคาร์บอนในขยะมูลฝอยแห้ง (ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด) (ค่า 0.0-1.0)

FCF_i สัดส่วนของฟอสซิลคาร์บอนในคาร์บอนทั้งหมด (ค่า 0.0-1.0)

OF_i ค่าออกซิเดชันแฟคเตอร์ (ค่า 0.0-1.0)

44/12 ตัวปรับค่า C เป็น CO₂

i ประเภทของฟอสซิลในขยะมูลฝอยที่นำมาเผา เช่น สิ่งทอ ยาง หนัง พลาสติก

กระบวนการเผาไหม้ทำให้สารประกอบคาร์บอนส่วนใหญ่ในขยะมูลฝอยเกิดการออกซิไดซ์กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากกระบวนการเผาไหม้ไม่มีประสิทธิภาพจะมีส่วนที่ไม่ถูกออกซิไดซ์หรือออกซิไดซ์ไม่หมด อย่างไรก็ตาม โปรแกรมนี้กำหนดสมมติฐานว่าประสิทธิภาพการเผาขยะมูลฝอยมีค่าใกล้เคียง 100% และค่าออกซิเดชันแฟคเตอร์ เท่ากับ 1

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอยสามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาเผา)} = \text{การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงาน} + \text{การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอย}$$

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการเผาขยะมูลฝอย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} \\ & \text{(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาเผา)} = \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะมูลฝอย} + \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตความร้อนจากการเผาขยะมูลฝอย} + \\ & \text{การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอย (BAU)} \end{aligned}$$

การฝังกลบขยะมูลฝอยที่ดำเนินการอยู่ทั่วไป (Business As Usual: BAU) ในประเทศกำลังพัฒนาในเอเชีย มักไม่มีระบบรวบรวมก๊าซในหลุมฝังกลบ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการเผาขยะมูลฝอย} \\ & \text{(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่นำมาเผา)} = \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} - \text{ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} \end{aligned}$$

เช่นเดียวกับการจัดการวิธีอื่น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเป็นบวก หมายความว่า การเผาขยะมูลฝอยไม่ช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่หากค่าเป็นลบจะชี้ให้เห็นว่าการเผาขยะมูลฝอยและมีการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนด้วยนั้นสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนจากการเผาขยะมูลฝอย สามารถคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือน (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน)} = \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย ที่นำมาเผา (น้ำหนักเปียก))} \times \text{ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำมาเผาต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)}$$

หมวดหลัก	การขนส่ง	การติดตั้ง	การนำกากไปใช้	การหมัก/กำจัดกาก	MBT	การแปรสภาพ	การเผา/โดยเตาเผา	การยก/ฝังฝัง
สถานะนำส่วนรับใช้								
1) โปรดเลือกชนิดของเตาเผา								
2) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะที่เผา								
3) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินระบบ								
4) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบ								
5) โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบขยะที่เผา								
6) โปรดป้อนข้อมูลชนิดและปริมาณพลังงานที่ผลิตจากเตาเผาขยะ								
ข้อมูลนำเข้า								
ชนิดของเตาเผาขยะ				[]		ส่วนต่อเดือน		
ปริมาณขยะที่เผา				[]		ตันต่อเดือน		
ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินระบบ				[]		กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน		
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบ				[]				
องค์ประกอบขยะที่เผา								
องค์ประกอบขยะที่เผา				ร้อยละ (%)				
เศษอาหาร								
เศษพลาสติกและสิ่งไม่ต่าง								
พลาสติก								
กระดาษ								
เศษผ้า								
ยางและหนัง								
แก้ว								
โลหะ								
ของเสียอันตราย								
อื่นๆ								
ทั้งหมด				0.00				
ข้อมูลการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (energy recovery)								
ชนิดพลังงานที่ผลิตจากการเผาขยะ				[]				
				[]				
				[]				
				[]				
Outputs								
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิ				0.00 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน				
ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้สุทธิ				0.00 เมลลิจูลต่อเดือน				
ผลลัพธ์								
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินระบบ				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะ				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นส่วนประกอบ				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการหลีกเลี่ยงการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตกระแสไฟฟ้าตามระบบเดิมที่ไปอยู่				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงแบบเดิมในการผลิตความร้อน				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะอินทรีย์				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการเผาขยะที่มีองค์ประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิง (รัฐจักรวิวัฒน์)				0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากเตาเผาขยะต่อเดือน				ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน				
				0.00 เดือน				

รูปที่ 9 แผ่นงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา

แผนงาน “การเผาในที่โล่ง”

มีแนวโน้มว่าการเผาขยะมูลฝอยในลานเทกองหรือหลุมฝังกลบซึ่งเป็นวิธีการจัดการที่สะดวกและมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการลดปริมาณของขยะมูลฝอยและช่วยลดพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยจะเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่ได้รับการยอมรับเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนอย่างรุนแรงจึงจำเป็นต้องมีการออกกฎ/ระเบียบห้ามการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่ง การเผาในที่โล่งนอกจากจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซพิษ เช่น ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง black carbon และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า black carbon เป็นมลสารที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นเป็นอันดับที่ 2 รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจุบันยังไม่มีค่า default ที่ใช้ในการคำนวณผลกระทบของ black carbon โปรแกรมนี้จึงคำนวณเพียงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาขยะมูลฝอยประเภทฟอสซิลในที่โล่ง

โปรแกรมนี้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ฟอสซิลในขยะเปียกในที่โล่ง โดยใช้ Tier 2 approach ตามที่ IPCC (2006) กำหนด ซึ่งต้องใช้ข้อมูลเฉพาะของประเทศในการคำนวณ และใช้ค่า default เช่นเดียวกับการเผาโดยใช้เตาเผาเวียนค่าออกซิเดชันแพคเตอร์เนื่องจากการเผาในที่โล่งเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยให้ใช้ค่าออกซิเดชันแพคเตอร์ 58%

$$CE = \sum_i (SW_i \times dmi \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times \frac{44}{12}$$

โดยที่

CE	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ตันขยะมูลฝอยที่เผา)
SW _i	ปริมาณขยะมูลฝอยประเภท i (น้ำหนักเปียก) ที่นำมาเผา (กิโลกรัม/ตันขยะมูลฝอยที่เผา)
dmi	ปริมาณของขยะมูลฝอยแห้งในขยะมูลฝอยที่นำมาเผา
CF _i	สัดส่วนของคาร์บอนในขยะมูลฝอยแห้ง (ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด) (ค่า 0.0-1.0)
FCF _i	สัดส่วนของฟอสซิลคาร์บอนในคาร์บอนทั้งหมด (ค่า 0.0-1.0)
OF _i	ค่าออกซิเดชันแพคเตอร์ (ค่า 0.0-1.0)
44/12	ตัวปรับค่า C เป็น CO ₂
i	ประเภทของฟอสซิลในขยะมูลฝอยที่นำมาเผา เช่น สิ่งทอ ยาง หนัง พลาสติก

การเผาในที่โล่งไม่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินงานและไม่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งก็คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาขยะมูลฝอยประเภทฟอสซิล ในอนาคตจะปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถคำนวณผลกระทบจากการปล่อย black carbon เพื่อให้ทราบผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่ง

เป้าหมาย งานแข่ง การสังคม การกีฬา การหมักชีวภาพ MGT การประมง การเลี้ยงปลา การเลี้ยงสัตว์

ส่วนแนะนำรับผู้ใช้

1) โปรดป้อนข้อมูลปริมาณขยะที่เผาในที่โล่ง
 2) โปรดป้อนข้อมูลองค์ประกอบขยะที่เผาในที่โล่ง

ข้อมูลนำเข้า
 ปริมาณขยะที่เผาในที่โล่ง ตันต่อเดือน

องค์ประกอบขยะที่เผาในที่โล่ง

องค์ประกอบขยะ	ร้อยละ (%)
เศษอาหาร	
เศษหญ้าและกิ่งไม้ต่างๆ	
พลาสติก	
กระดาษ	
เศษผ้า	
ยางและหนัง	
แก้ว	
โลหะ	
ของเหลือใช้เครื่องใช้	
อื่นๆ	
ทั้งหมด	0.00

ผลลัพธ์

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเป็นส่วนใหญ่ 0.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะที่เผาในที่โล่ง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการเผาในที่โล่งต่อเดือน **0.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน**

รูปที่ 10 แผนงานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเผาขยะมูลฝอยในที่โล่ง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน

โปรแกรมนี้สามารถประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณปริมาณการปล่อย/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธีและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากวิธีการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน ซึ่งเป็นค่ารวมของทุกวิธีคิดตามสัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยที่จัดการด้วยวิธีนั้น ๆ โดยจะแสดงผลลัพธ์ในแผ่นงาน “หน้าหลัก” ดังแสดงในรูปที่ 2

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากวิธีการจัดการขยะมูลฝอยทุกวิธี สามารถคำนวณโดยใช้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน} \\ & (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้}) = \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบ}) \times \text{ร้อยละของขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบ} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักทำปุ๋ย} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะอินทรีย์}) \times \text{ร้อยละของขยะอินทรีย์ที่นำมาหมักทำปุ๋ย} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการหมักแบบไร้อากาศ} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะอินทรีย์}) \times \text{ร้อยละของขยะอินทรีย์ที่นำมาหมักแบบไร้อากาศ} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจาก MBT} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะมูลฝอย}) \times \text{ร้อยละของขยะมูลฝอยที่จัดการด้วย MBT} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการแปรรูปใช้ใหม่} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะมูลฝอยที่แปรรูปใช้ใหม่ได้}) \times \text{ร้อยละของขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการเผาโดยเตาเผา} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะมูลฝอย}) \times \text{ร้อยละของขยะมูลฝอยที่นำมาเผา} + \\ & \text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการเผาในที่โล่ง} (\text{กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/} \\ & \text{ตันขยะมูลฝอย}) \times \text{ร้อยละของขยะมูลฝอยที่นำมาเผา} \end{aligned}$$

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสานจะต้องระวังเรื่องการนับซ้ำ (double counting) เช่น เมื่อคิดปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยจำนวนหนึ่งด้วยวิธีการหนึ่งแล้วจะต้องไม่นำไปคิดด้วยวิธีการอื่นอีก

โปรแกรมนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสานและเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจของผู้บริหารในการเลือกเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม

ข้อจำกัดของโปรแกรมและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

การพัฒนาหรือประยุกต์ใช้เครื่องมือในการประเมินวัฏจักรชีวิตยังมีข้อจำกัดโดยเฉพาะในเรื่องข้อมูลที่ต้องใช้ องค์ประกอบของส่วนท้องถิ่นมักไม่มีข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปใช้ใหม่ซึ่งเป็นวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลของท้องถิ่นซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น ถึงแม้โปรแกรมจะครอบคลุมเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอยทุกวิธีแต่ยังต้องปรับปรุงให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น

ในการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละวิธี โปรแกรมใช้การฝังกลบและการเทกองเป็นกรณีฐาน (base scenario) เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้กันมากในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ในเอเชีย อย่างไรก็ตาม IGES จะปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้รองรับกรณีท้องถิ่นบางส่วนท้องถิ่นบางแห่งใช้วิธีการจัดการแบบอื่นเป็นกรณีฐาน เช่น การเผา หรือ MBT

IGES น้อมรับความเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ใช้งานโปรแกรมทุกท่านเพื่อปรับปรุงโปรแกรมให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Conestoga-Rovers & Associates (CRA), 2010. Landfill gas management facilities design guidelines, Richmond, British Columbia. Available in <http://www.env.gov.bc.ca/epd/mun-waste/waste-solid/landfills/pdf/Design-guidelines-final.pdf> (accessed 20 August 2012).

DEDE (Department of Alternative Energy Development and Efficiency). 2008. Annual report, Ministry of Energy, Thailand .

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston HS Buendia L Miwa K Ngara T Tanabe, K (Eds.). Published: IGES, Japan.

IPCC, 2007. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

Manfredi S., Tonini D., Christensen, T.H. and Scharff, H. 2009. Landfilling of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. Waste Management & Research 27: 825–836.

Menikpura, S.N.M. 2011. Development Sustainability Indicators for Evaluating Municipal Solid Waste Management Systems- LCA Perspective, PhD thesis, The Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

Patyk, A. 1996. Balance of Energy Consumption and Emissions of Fertilizer Production and Supply. Reprints from the International Conference of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects, Brussels, Belgium, 4-5 April 1996.

Pöschl, M., Ward, S. and Owende, P, 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. Applied Energy, 87, 11, pp. 3305-3321.

ภาคผนวก ก
รายการข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ

ขั้นตอน/วิธีการจัดการ	ข้อมูลที่ต้องใช้	หน่วย
การขนส่ง (Transportation)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกทุกที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	ตัน/เดือน
	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอย ต่อเดือน	ลิตร/เดือน
	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ขนส่งโดยใช้รถบรรทุกทุกที่ใช้ ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง	ตัน/เดือน
	ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอย ต่อเดือน	กิโลกรัม/เดือน
การฝังกลบ (Mix waste landfilling)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำมาฝังกลบ	ตัน/เดือน
	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่ทำงานใน หลุมฝังกลบ	ลิตร/เดือน
	องค์ประกอบของขยะมูลฝอย	%
การหมักทำปุ๋ย (Composting)	ปริมาณขยะประเภทเศษอาหาร กิ่งไม้/ใบไม้จาก สวนที่นำมาหมักทำปุ๋ย	ตัน/เดือน
	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ	ลิตร/เดือน
	ปริมาณปุ๋ยหมักทั้งหมดที่ผลิตได้	ตัน/เดือน
	ร้อยละของการนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ ทางการเกษตร	%
การหมักแบบไร้อากาศ หรือ การหมักก๊าซชีวภาพ (Anaerobic digestion)	ปริมาณขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร กิ่งไม้/ ใบไม้จากสวนที่นำมาหมักแบบไร้อากาศ	ตัน/เดือน
	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน	ลิตร/เดือน
	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน	กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน
	ค่าความชื้นโดยประมาณของขยะอินทรีย์ที่เข้าสู่ ระบบ	%
การบำบัดขยะมูลฝอยแบบ เชิงกลและชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment (MBT))	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าระบบ MBT	ตัน/เดือน
	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน	ลิตร/เดือน
	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน	กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน
	ปริมาณวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้	ตัน/เดือน
	ร้อยละของการนำวัสดุคล้ายปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ไปใช้ ปรับปรุงดิน	%
การแปรรูปใช้ใหม่ (Recycling)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ใหม่	ตัน/เดือน
	องค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่นำมาแปรรูปใช้ ใหม่ได้	%

ขั้นตอน/วิธีการจัดการ	ข้อมูลที่ต้องใช้	หน่วย
การเผา (Incineration)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เผาในเตาเผา	ตัน/เดือน
	ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน	ลิตร/เดือน
	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน	กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน
	องค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เผาได้	%
	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน
	ร้อยละของไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ใช้ในการดำเนินงาน	%
	ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้	เมกกะจูล/เดือน
	ร้อยละของความร้อนที่ผลิตได้ที่ใช้ในการดำเนินงาน	%
การเผาในที่โล่ง (Open Burning)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เผาในที่โล่ง	ตัน/เดือน
	องค์ประกอบของขยะมูลฝอย	%