การประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
พฤษภาคม 2556

การประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

บทคัดย่อ

ของ

ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
พฤษภาคม 2556

ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์. (2556). *การประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก.* ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ดร.วิชชากร จารุศิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติ สถาพรประสาธน์.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ที่มาของพลาสติกจาก 3 แหล่งคือ 1.พลาสติกจากกองขยะแบบตื้น 2. ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน 3. ขยะจากชุมชน นำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผลการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกในรูปแบบ B2C พบว่า ขยะพลาสติกที่มาจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะที่มาจากชุมชนเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดเทียบเท่าน้ำมันดีเซล 30.984 kg CO_2e /ลิตร รองลงมาคือขยะจากกองขยะแบบตื้นเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบเท่าน้ำมันดีเซล 30.884 kg CO_2e /ลิตร และขยะจากชุมชนเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยสุดเทียบเท่าน้ำมันดีเซล 28.022 kg CO_2e / ลิตร ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันไพโรไลซิสจากขยะสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

CARBONFOOTPRINT ASSESSMENT OF PYROLYSIS OIL FROM WASTE PLASTICS

AN ABSTRACT
BY
SIRIWAN BOONVIBULWAT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Engineering Management
at Srinakharinwirot University
May 2013

Siriwan Boonvibulwat. (2013). *Carbonfootprint Assessment of Pyrolysis Oil From Waste Plastics.* Master thesis, M.Eng. (Engineering Management). Bankok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Witchakorn Charusiri, Asst. Prof. Dr. Kitti Sathapornprasath.

This research aims to evaluate carbon footprint from pyrolysis of waste plastics to liquid fuels based on 3 sources waste municipal such as 1) waste plastics from landfill 2) waste plastics from landfill mixed with municipal 3) municipal solid waste to calculated carbon emission in carbon dioxide equivalent from the overall life cycle activities including energy consumption, transportation and destruction of natural resources. The results show that the estimate carbon footprint from pyrolysis of plastics waste under B2C assessment from landfill given the most carbon footprint amount of 30.984 kg CO_2e /litre of diesel, while municipal solid waste contributes the least carbon footprint of 28.022 kg CO_2e /litre of diesel. An evaluation carbon footprint can be used as a preliminary tool to manage carbon footprint emission of diesel fuel to decrease carbon emission of diesel fuel which mainly cause global warming.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.วิชชากร จารุศิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำคำปรึกษาและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องตั้งแต่เริ่มดำเนินการกระทั่งได้ปริญญานิพนธ์ฉบับสมบรณ์และขอขอบคุณคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์อันประกอบไปด้วยอาจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาด้านวิชาการตรวจสอบและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา อีกทั้งเป็นผู้ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษาจนจบหลักสูตร รวมถึงคุณนิสา ชาวน้ำ คุณณัชชลิดา ศรีประทุม และเพื่อนนิสิตปริญญาโททุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอดการศึกษา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ทั้งทางภาครัฐและเอกชน และผู้ที่สนใจศึกษาส่วนคุณประโยชน์และความดีพึงได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้คุณพ่อคุณแม่ที่ได้อบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี มีความพยายามและความอดทน ตลอดจนคุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำให้ประสบความสำเร็จทางการศึกษา

ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	กรอบแนวคิดการวิจัย	3
	ขอบเขตงานวิจัย	4
	วิธีดำเนินงานวิจัย	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	6
	แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
	แนวคิดเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน	8
	วัตถุประสงค์ของกรทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์	10
	ขั้นตอนในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์	13
	การวัดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์	14
	กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นน้ำมัน	17
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	30
	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของการผลิตน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส	30
	การทำบัญชีรายการ	40
	ขั้นตอนการประเมินผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันดีเซล จากเทคโนโลยีไพโรไลซิส	43
	แนวทางการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	44
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น	50
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน	53
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน	57
เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 กรณี	60
เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณี ของแหล่งที่มาของพลาสติก	62
เปรียบเทียบผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 กรณี	64
ผลตอบแทนและการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยี	65
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
สรุปผลการวิจัย	68
ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	74
ประวัติย่อผู้วิจัย	134

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 การเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในรอบ 100 ปี 10
2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก 41
3 เก็บข้อมูลในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก 42
4 จังหวัดที่มีปริมาณขยะมูลฝอย 251-500 ตันต่อวัน 45
5 องค์ประกอบขยะชุมชน 46
6 องค์ประกอบขยะชุมชนที่สามารถเผาไหม้ได้ 47
7 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น 50
8 ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 1 จากกองขยะแบบตื้น 52
9 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน 53
10 ผลรวมการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมขยะชุมชน 55
11 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน 57
12 ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน 58
13 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานและการใช้งาน จาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของขยะพลาสติก 60
14 คาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ จาก 3 กรณี 62
15 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของขยะพลาสติก 64
16 รายจ่ายในการประเมินการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส 66
17 รายรับจากการขายน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส 66

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดวิจัย	3
2	ขอบเขตงานวิจัย	4
3	ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามพื้นที่	7
4	แสดงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการ	11
5	ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรณีที่ 1 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น	32
6	ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรณีที่ 2 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน	33
7	ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในกรณีที่ 3 ขยะพลาสติกจากชุมชน	34
8	การประเมิน B2C ในกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น	35
9	การประเมิน B2C ในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน	36
10	การประเมิน B2C ในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน	37
11	ขอบเขตของระบบในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก	39
12	ขั้นตอนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง	49
13	สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น	52
14	สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน	56
15	สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะชุมชน	59
16	เปรียบเทียบ คาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้าและการใช้งาน จาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของขยะพลาสติก	61
17	เปรียบเทียบการจัดหาวัตถุดิบ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก 3 แหล่งที่มาของขยะพลาสติก	63
18	เปรียบเทียบผลรวมการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจาก 3 กรณี	65

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลาสติกก็เป็นผลิตภัณฑ์สำคัญที่มีบทบาทในชีวิตประจำวัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้น เพราะเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าไปมากจึงทำให้สามารถปรับเปลี่ยนสมบัติของพลาสติกให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และได้มีการนำพลาสติกไปใช้แทนวัสดุชนิดอื่น เช่น ไม้ เหล็ก เป็นต้น เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีราคาสูงกว่าพลาสติก นอกจากนี้พลาสติกยังมีน้ำหนักที่เบา ยืดหยุ่นได้ดี ขึ้นรูปได้ง่าย และมีสีสันสวยงาม ไม่เกิดสนิมและที่สำคัญราคาถูก จึงทำให้มีการนำพลาสติกมาใช้อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกตามมา การฝังกลบและการถมดินเป็นการปล่อยให้เกิดการย่อยสลายของพลาสติกตามธรรมชาติซึ่งจะต้องใช้เวลานานมากจึงจะหมด การกำจัดขยะพลาสติก มีหลายวิธี เช่น การฝังกลบ (burial) การนำไปถมดิน (landfill) การเผา (incineration) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) เป็นต้น

การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การนำไปขึ้นรูปใหม่ ซึ่งใช้ได้กับพลาสติกที่เป็นพวกเทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) เพราะเป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง จึงสามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ พลาสติกที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ พอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) พอลิเอทิลีนเทเลปทาเลท (Polyethylne Terephthalate : PET) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride : PVC) พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) เป็นต้น อีกวิธีหนึ่งในการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่คือ การแปรสภาพพลาสติกเป็นสารอื่น พลาสติกเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากปิโตรเลียมเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินและดีเซล แต่ต่างกันที่พลาสติกมีโมเลกุลที่ยาวกว่าน้ำมันทั้งสองชนิด (ดุสิตา,2543) กระบวนการไพโรไลซิสจะทำลายพันธะในโมเลกุลของพลาสติก ทำให้โมเลกุลแตกออกเป็นโมเลกุลย่อยๆผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีโมเลกุลที่เล็กลง พลาสติกจึงเปลี่ยนสถานะจากของแข็งมาเป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งมี 3 ส่วน คือ ของแข็งคล้ายขี้ผึ้ง ของเหลว และก๊าซ ผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ กระบวนการไพโรไลซิสเกิดขึ้นได้โดยการให้ความร้อนแก่ขยะพลาสติกในสภาวะไร้ออกซิเจน จึงทำให้ไม่มีการเผาไหม้ ความร้อนดังกล่าวจะถูกใช้ในการสลายพันธะทางเคมี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีโมเลกุลเล็กลงดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้สภาวะในการผลิตทั้งอุณหภูมิ เวลาในการกลั่น ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวแปรอื่นๆ ต่างก็มีผลต่อน้ำมันทั้งสิ้น ดังนั้นสภาวะต่างๆเหล่านี้จึงเป็นจึงเป็นประเด็นสำคัญในการวิจัยเรื่องการไพโรไลซิสให้ได้ปริมาณน้ำมันต่อหน่วยวัตถุดิบมากที่สุดและคุ้มค่ากับการลงทุน น้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสเป็นน้ำมันที่สามารถนำมาใช้ได้จริง เมื่อมีการกลั่นและปรับสภาพให้ตรงตามความต้องการของตลาด นอกจากนี้คุณภาพของน้ำมันยังดีกว่าน้ำมันดิบที่ได้จากการขุดเจาะ เนื่องจากไม่มีการปนเปื้อนของยางมะตอยและโลหะหนัก ทำให้น้ำมันจากการเผายางมีความเหลวและใสกว่า สามารถนำมาผสมกับน้ำมันดิบ

และนำไปเข้าหอกลั่นน้ำมันเพื่อนำมาผลิตน้ำมันใช้ได้ตามปกติ หากภาครัฐมีการสนับสนุนให้มีการใช้น้ำมันจากการเผายาง จะช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้บางส่วน จากเดิมที่ต้องมีการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศถึงร้อยละ 90 โดยอาจลดการนำเข้าได้ถึงร้อยละ 10-15 ซึ่งจะมีผลต่อราคาน้ำมันในประเทศหรืออาจเป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่ได้จากของเหลือใช้ แก้ไขวิกฤติน้ำมัน และไม่ต้องกลัวกับภาวะน้ำมันหมดโลกต่อไปการวิจัยและพัฒนา การจัดการที่ดี และการสนับสนุนจากรัฐบาลเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้โครงการผลิตพลังงานจากการไพโรไลซิสของเสียมีความเป็นไปได้และเกิดประโยชน์อย่างชัดเจนในอนาคต

โดยทั่วไปการผลิตพลังงานจากการไพโรไลซิสส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากเป็นระบบปิด จากข้อมูลข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษา การสำรวจปริมาตรก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิสด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่ง 1.พลาสติกที่มากจากกองขยะแบบตื้น 2. ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน 3. ขยะจากชุมชน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยงานวิจัยเหล่านี้มีประโยชน์เป็นมีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการ ผู้บริโภคซึ่งใช้ในการบอกปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก และเป็นการพัฒนาเครื่องหมายการค้าของผู้ประกอบการให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้นในการผลิตน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยให้ผู้บริโภคตระหนักและรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีส่วนร่วมในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและลดค่าใช้จ่าย

1.2 วัตถุประสงค์

ในการทำวิจัยเรื่องการประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังต่อไปนี้

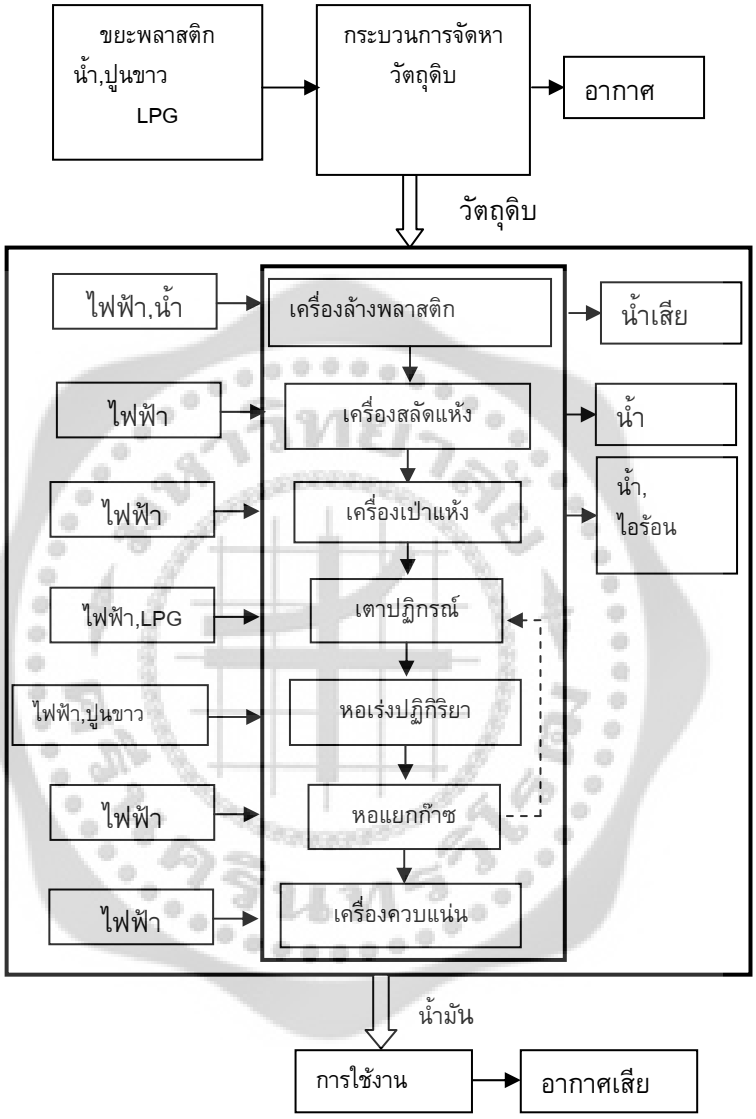
1. ประเมินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส ด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่ง

2. เปรียบเทียบการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน

3. เพื่อเสนอแนวทางในการช่วยลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.3 กรอบแนวคิด

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของกระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกในรูปแบบ business to consumer (B2C)

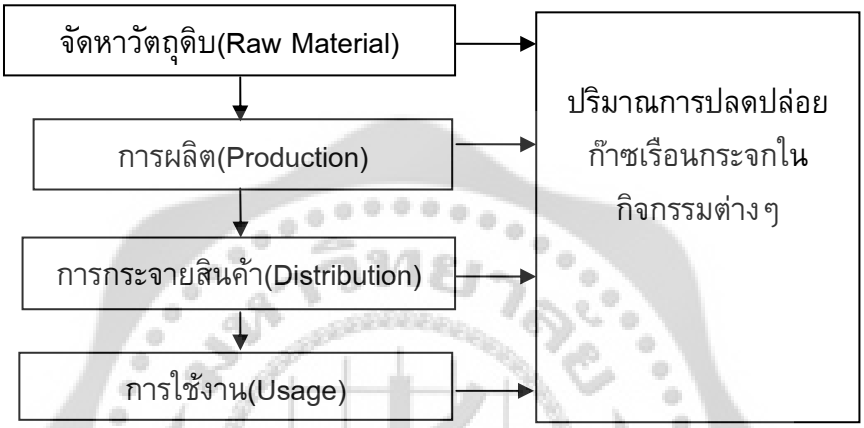


ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

ภาพประกอบ1 แสดงกรอบแนวคิด ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก จะทำในรูปแบบ business to consumer (B2C) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน

1.4 ขอบเขตวิจัย

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จะทำในรูปแบบ business to consumer (B2C) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งานจากแหล่งที่มาของพลาสติก 3 กรณี ได้แก่กรณีที่ 1 ขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้น กรณีที่ 2 ขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน กรณีที่ 3 ขยะที่มาจากชุมชน ดังแสดงในภาพประกอบ2



ภาพประกอบ 2 ขอบเขตงานวิจัย

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนวรรณกรรม (literature review)

1) คาร์บอนฟุตพริ้นท์
2) ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขยะพลาสติก
3) ข้อมูลด้านเทคโนโลยีการไพโลไรซิส

1.5.2 คำนวณการหาขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดำเนินการตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามมาตรฐาน ISO 14040: Environmental Management Life Cycle Assessment Principle and Framework อันได้แก่

1) เป้าหมายและการกำหนดขอบเขต (Goal and Scope Definition)
2) การวิเคราะห์สินค้าคงคลัง (Inventory Analysis)
3) การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)
4) การตีความ (Interpretation)

1.5.3 อภิปรายผล

1) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น

2) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

3) ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

4) เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 กรณี

5) เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติก

6) เปรียบเทียบผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 กรณี

7) การประเมินผลตอบแทนและการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสเทียบเท่าน้ำมันดีเซล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการ ผู้บริโภคซึ่งใช้ในการบอกปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก และเป็นการพัฒนาเครื่องหมายการค้าของผู้ประกอบการให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้นในการผลิตน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยให้ผู้บริโภคตระหนักและรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีส่วนร่วมในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและลดค่าใช้จ่าย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก มีแนวคิดและทฤษฎีรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

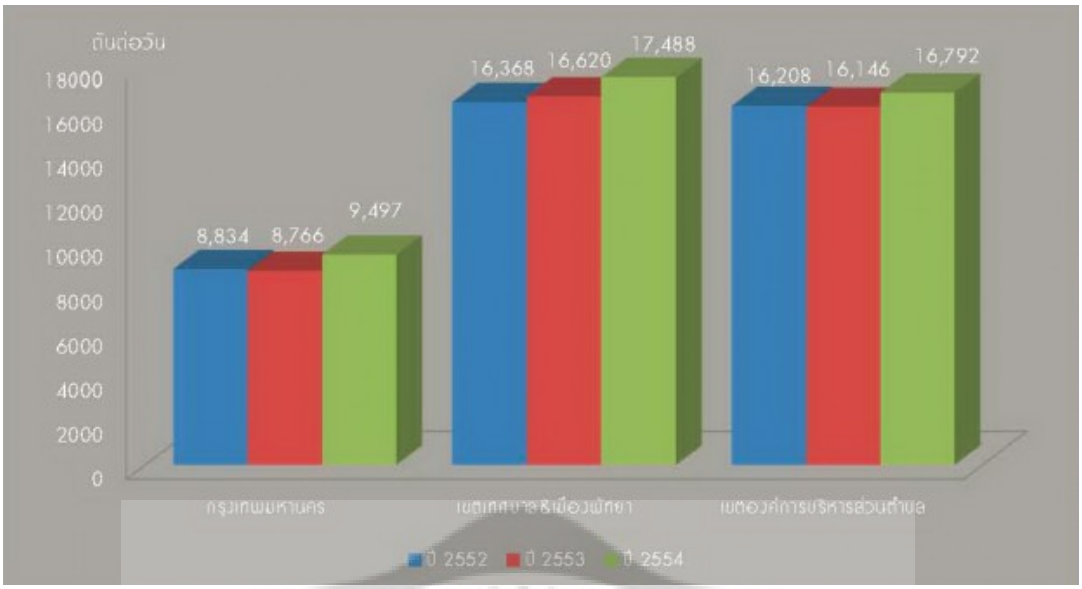
1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. แนวคิดเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน
3. กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นน้ำมัน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศยังคงเพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี พ.ศ.2554 (กระทรวงพลังงาน. 2554) มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน เพิ่มขึ้น 0.84 ล้านตัน หรือร้อยละ 5.5 ตามการขยายตัวของชุมชนและประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยกรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 9,500 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ขณะที่เขตเทศบาลและเมืองพัทยามีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 17,488 ตัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ขณะที่เขตองค์การบริหารส่วนตำบลมีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 16,792 ตัน คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ

ขณะที่สถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยในภาวะอุทกภัย คาดการณ์ว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากภาวะอุทกภัย ในพื้นที่ 65 จังหวัด ประมาณ 2,052,739 ตัน (กระทรวงพลังงาน. 2554) เป็นขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครประมาณ 747,880 ตัน และนอกเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 1,304,859 ตัน โดยขณะนี้กรุงเทพมหานครจัดการขยะไปแล้วกว่า ร้อยละ 80 ของขยะที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำท่วม

ส่วนการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย ในปี พ.ศ. 2554 (กระทรวงพลังงาน. 2554) มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณ 4.10 ล้านตัน หรือร้อยละ 26 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ 16 ล้านตัน โดยเป็นการคัดแยกและนำกลับมารีไซเคิลประมาณ 3.39 ล้านตัน ส่วนที่เหลือเป็นการนำขยะมูลฝอยอินทรีย์มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas) ประมาณ 0.59 ล้านตัน และเป็นการนำขยะมูลฝอยมาผลิตพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงทดแทน ประมาณ 119,000 ตัน



ภาพประกอบ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามพื้นที่

ที่มา: http://thaipublica.org/2011/12/report-pollution-2554/

ขยะ เศษวัสดุ ของเสีย มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกขณะ เนื่องจากการขยายตัวของเมืองการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกสบาย การอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น หากใช้วิธีกำจัดที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมย่อมก่อให้เกิดปัญหาตามมา

ขยะมูลฝอยที่ทำให้เกิดมลพิษในอากาศ กองขยะมูลฝอยขนาดมหึมาของเทศบาล จะเกิดการหมัก โดยจุลินทรีย์ในกองขยะจะเกิดก๊าซต่าง ๆ เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการกำจัดก๊าซเหล่านี้อย่างเหมาะสม ก๊าซที่เกิดขึ้นได้แก่ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น และยังมีฝุ่นละอองจากกองขยะ ก่อให้เกิดปัญหากับระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง แก่ประชาชนที่อยู่ในบริเวณ ใกล้เคียง แต่ถ้ามีการจัดการที่ดีในด้านสิ่งแวดล้อมก็ยิ่งจะทำให้ลดความเสี่ยงลงไปอีก โดยงานวิจัยเหล่านี้มีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อนักวิจัย ผู้ผลิตทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการวิจัยหรือนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันงานวิจัยเหล่านี้ยังไม่มีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางด้านต่าง ๆที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมของน้ำมันจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากเกินไป เมื่อสะท้อนกลับมายังผิวโลกก็ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน

จากภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆตามมามากมาย จึงมีผู้เห็นความสำคัญและร่วมมือกันหาวิธีในการรักษาโลกด้วยวิธีการต่างๆ วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม โดยประเทศแรกที่จัดทำได้แก่ ประเทศเยอรมนี ได้จัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมที่มีชื่อว่า นางฟ้าสีน้ำเงิน (Blue Angel) เพื่อเป็นการรับรองสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้ผู้บริโภคที่รักษ์โลกเกิดการตื่นตัวในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก หากผลิตภัณฑ์ใดไม่มีฉลากนางฟ้าสีน้ำเงินติดที่ผลิตภัณฑ์ก็จะไม่อุปโภคบริโภคเด็ดขาด (บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน). 2553)

ความตื่นตัวนี้ทำให้ประเทศต่างๆ เริ่มเห็นคุณค่าของการติดฉลากสิ่งแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์และเริ่มมีการออกฉลากเป็นของตนเองและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ได้แก่ ประเทศแคนาดา ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลีและสหภาพยุโรป สำหรับในประเทศไทยเองก็มีความตื่นตัวไม่แพ้กัน โดยการนำของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมไทยร่วมมือกับกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จัดทำ "ฉลากเขียว"(Green Label) มากขึ้นในปี พ.ศ. 2536 หลังจากนั้นก็ได้มีการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตามมาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ได้แก่ ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ฉลากคาร์บอน (Carbon label) และเมื่อไม่นานมานี้ก็ได้มีโครงการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ขึ้น (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552)

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) มีการขึ้นทะเบียนในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2552 เป็นเครื่องหมายที่ใช้บอกปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นฉลากคาร์บอนที่ใช้กันมากในระดับสากล (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552) การติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์หนึ่งๆตั้งแต่การหาวัตถุดิบจนกระทั่งถึงวิธีการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์นั้นจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามากน้อยเพียงใด ทำให้ผู้บริโภคสามารถพิจารณาในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และเป็นการส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้วิธีหนึ่ง

โครงการฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นโครงการที่เกิดจากมาตรการสมัครใจของผู้ประกอบการที่สนใจและเห็นความสำคัญต่อการรักษาโลก ในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีผู้สนใจและให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นจุดขายในระหว่างผู้ประกอบการด้วยกันเองที่จะต้องแข่งขันกันในผลิตภัณฑ์ของตนเองได้รับการยอมรับในระดับสากล การติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ถือเป็นการรับผิดชอบต่อสังคมอย่างหนึ่งทำให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นๆ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเท่าใด ทำให้สามารถพิจารณาในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ดี

ยิ่งขึ้น ในอนาคตประเทศไทยเองอาจมีผู้ประกอบการที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีกับทั้งผู้ประกอบการและผู้บริโภคเอง และดีกับโลกของเราด้วย

ในอดีตก๊าซเรือนกระจกมีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากจะช่วยให้ความอบอุ่นแก่ผิวโลก ทำให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่บนโลกได้ หากไม่มีก๊าซเรือนกระจก (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552) ก็จะทำให้อุณหภูมิของโลกเกิดความแปรปรวน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยอาจลดลงเหลือเพียง -20 องศาเซลเซียส (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552) ซึ่งเป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดตายหรือสูญพันธุ์ แต่ในปัจจุบันปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีมากเกินไป เมื่อสะท้อนกลับมาที่ผิวโลกในปริมาณที่มากก็ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นปรากฏการเรือนกระจก และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Greenpeace Thailand. 2553)

ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่อยู่ในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มีทั้งหมด 6 ชนิดที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมและการกระทำของมนุษย์ ซึ่งแต่ละก๊าซก็มีความแตกต่างกันออกไป (Carbon trust. 2007) ดังต่อไปนี้

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นก๊าซที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ไม่ว่าจะเป็นถ่านหิน น้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติเป็นต้น

2. ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดมาจากมูลของสัตว์เลี้ยง ขยะอินทรีย์ที่กำลังย่อยสลาย การเผาไหม้เชื้อเพลิง ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ

3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นก๊าซที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในไร่นาในเกษตรกรรม การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ

4. ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เป็นก๊าซที่ใช้เป็นตัวทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศและยังใช้เป็นสารขยายตัวของโฟม ตัวทำละลายของสารดับเพลิงและตัวเร่งละอองของเหลว

5. ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) เป็นผลพลอยได้ของการหลอมอลูมิเนียม ใช้ในการผลิตสารกึ่งตัวนำ

6. ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซชนิดนี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆเช่น ยางรถยนต์ ฉนวนไฟฟ้า การผลิตสารกึ่งตัวนำและใช้ในอุตสาหกรรมแมกนีเซียม

สำหรับก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ไม่นำมารวมในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากอยู่ในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากอยู่ในพิธีสารมอนทรีออล (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552) แล้วก๊าซเหล่านี้เป็นก๊าซที่เกิดจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ใช้เป็นตัวทำความเย็นในตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นสารขับดันในกระป๋องสเปรย์ เมื่อมีการนำผลิตภัณฑ์ที่มีสารนี้มาใช้สารก็จะระเหยไปสู่บรรยากาศและดูดกลืนในชั้นบรรยากาศได้นานกว่า 100 ปี ทำให้เป็นอันตรายอย่างมากและยังทำลายชั้นโอโซน

ตาราง 1 การเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในรอบ 100 ปี

สปีชีส์	สูตรทางเคมี	GWP100
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1
มีเทน	CH_4	25
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	298
HFC_s	-	124-14800
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	SF_6	22800
PFC_s	-	7390-12200

ที่มา: EPLCA. 2007.

ตารางที่ 1 เป็นการแสดงโอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกในรอบ 100 ปี แสดงให้เห็นว่า ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการดูดกลืนความร้อนไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้ค่าดูดกลืนความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับก๊าซชนิดอื่นๆ คือมีค่า GWP เท่ากับ 1 ตัวอย่าง ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีค่า GWP 25 และ 298 หมายความว่า ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ 1 กิโลกรัม จะสามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 และ 298 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์1 กิโลกรัม จึงเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 และ 298 กิโลกรัม (มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2553)

2.3 วัตถุประสงค์ของการทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากการกระทำของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวร้ายขึ้นหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องจึงร่วมมือกันจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมในรูปของสัญลักษณ์ต่างๆ ที่มีวัตถุประสงค์ที่คล้ายคลึงกัน แต่มีหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้ผู้ประกอบการและผู้บริโภคตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยรณรงค์ให้ผู้บริโภคบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อจัดการและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเพื่อรายงานค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกต้องและแม่นยำ (Carbon trust. 2007)

จากพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ประเทศสมาชิกได้วางเป้าหมายว่าจะต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 5.2 ภายในปี 2551-2555 โดยให้ปี 2533 เป็นปีฐานในการเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา จึงเป็นที่มาในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษ ในเดือนมีนาคม 2550 ต่อมาฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

กลายเป็นฉลากคาร์บอนที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล (พรพิมล และคณะ. 2553) การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทำให้ผู้บริโภคได้มีส่วนร่วมในการลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันและทำให้ตัดสินใจเลือกซื้อได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้ประกอบการตระหนักถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้มากขึ้นด้วย และยังเป็นการแข่งขันระดับผู้ประกอบการด้วยกันเองในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับจากทั่วโลกคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint : CF) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ข้อมูลรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon profile) คือฉลากที่บ่งบอกปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ฯลฯ) ที่ปลดปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์และบริการทั้งกิจกรรมทางตรงและทางอ้อม (Wiedmann,T,and Minx,j. 2007) ตลอดวัฏจักรชีวิต โดยเริ่มตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การประกอบชิ้นส่วน การขนส่ง การใช้งานและการกำจัดซากหลังการใช้งาน แสดงภาพประกอบ4 โดยแสดงในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) ผ่านทางฉลากที่ติดไว้กับผลิตภัณฑ์บนบรรจุภัณฑ์ เอกสารประชาสัมพันธ์ หรือเวปไซต์ต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ (Rugrungruang,F. 2009)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นโครงการที่เกิดจากความสมัครใจของผู้ประกอบการที่เห็นความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและมุ่งเน้นถึงผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเป็นหลัก จึงเป็นโครงการหนึ่งที่น่าสนใจและให้การส่งเสริม นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผู้บริโภคมีแนวทางในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น

ภาพประกอบ 4 แสดงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการ

ที่มา: http://www.proton.rmutphysics.com/australia/index 17.html

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศไทย (สาวิตรี. 2553) การจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศไทย เกิดขึ้นจากความร่วมมือกันระหว่างศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค/MTEC) กับองค์การบริหารจัดการเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) หรือ อบก. (TGO) ซึ่งเป็นสององค์กรหลักในการดำเนินงานระยะแรกตั้งแต่ปี 2552 สำหรับการดำเนินงานในระยะที่ 2 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 เป็นต้นมา รูปแบบการดำเนินงานได้เปลี่ยนไปคือ จากเดิมที่มีศูนย์รวมอยู่ที่เอ็มเทคและ องค์การบริหารจัดการเรือนกระจก ยังมีผู้เชี่ยวชาญด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างอิสระ และมี verifier เข้าไปตรวจสอบ โดยการทำงานจะคล้ายกับระบบบริหารงานคุณภาพ ISO ทำให้การขยายขอบเขตการดำเนินงานได้กว้างขวางยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันหน่วยงานที่ได้รับการรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศมีเพียงหน่วยงานเดียวเท่านั้นคือ TGO ส่วน MTEC เป็นหน่วยงานที่ให้การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (carbon footprint of product : CFP) (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก.2552)

การส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ของผลิตภัณฑ์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นจากการใช้พลังงาน การเกษตร การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดภาวะโลกร้อน จึงเป็นหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมในฐานะผู้ผลิตภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภคอย่างไรก็ตามผู้บริโภคจำเป็นต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จึงได้พัฒนาโครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ของผลิตภัณฑ์ขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดประกอบการตัดสินใจ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันในตลาดโลก "คาร์บอนฟุตพริ้นท์" หมายถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน (Rugrungruang,F. 2009) โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไหร่ ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น การใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย เนื่องจากขณะนี้

ในหลายประเทศเริ่มมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้กันแล้ว ทั้งในอังกฤษ ฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น และมีการเรียกร้องให้สินค้าที่นำเข้าจากประเทศไทยต้องติดเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย นอกจากนั้น หากประเทศไทยมีการดำเนินโครงการและเก็บข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจน จะช่วยให้เรามีอำนาจในการต่อรองมากขึ้นในการประชุมระดับโลกเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. 2552)

1. แบบ business to consumer : B2C เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

2. แบบ business to business : B2B เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดใน PCRs ของแต่ละผลิตภัณฑ์

2.4 ขั้นตอนในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ในการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละผลิตภัณฑ์หรือบริการเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุดและเชื่อถือได้ มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนได้แก่ การกำหนดวิธีการ การกำหนดขอบเขต การรวบรวมข้อมูล การยืนยันผล การเปิดเผยข้อมูล (Carbon Trust. 2007)

1. การกำหนดวิธีการ

การกำหนดวิธีการก่อนการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นการเริ่มต้นในการเตรียมการเพื่อจะได้จัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ วิธีการที่นิยมใช้คือ การศึกษาจากพิธีสารก๊าซเรือนกระจก (GHG Protocol) ที่ผลิตโดย World Resources Institute (WRI) และ the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) เพื่อเป็นแนวทางในการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การกำหนดขอบเขต

ควรมีการกำหนดขอบเขตในการคำนวณส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ชัดเจน โดยอาจมีการกำหนดชนิดของการปล่อย ตัวอย่างเช่น อาจคำนวณเฉพาะกิจกรรมทางตรงหรือกิจกรรมทั้งหมด ฯลฯ

3. การรวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซและการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิง การขนส่งต่างๆ การปล่อยก๊าซจากปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการผลิตหรือจากกิจกรรมทางการเกษตร การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

4. การยืนยันผล

ผลที่ได้ควรมีการยืนยันจากองค์กรหรือแหล่งต่างๆที่เชื่อถือได้ โดยการให้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์ เทคนิคการรวบรวมข้อมูลและกระบวนการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกใช้ไป

5. การเปิดเผยข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การเปิดเผยข้อมูลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะปรากฏในโฆษณา รายงานด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมหรืออื่นๆจะต้องทำให้แน่ใจได้ว่า ข้อมูลเหล่านี้มีความถูกต้อง โปร่งใสและเชื่อถือได้ โดยหลายๆองค์กรได้เตรียมการสำหรับการลดปริมาณคาร์บอนในอนาคต โดยศึกษาจากพิธีสารเพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมการว่าควรจัดการกับผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อย่างไร ดังนั้นในความพยายามที่จะลดปริมาณคาร์บอนนั้นจะต้องมีข้อมูลที่ดีที่สุด มีแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซที่ถูกต้องและเป็นแหล่งที่ใหญ่ที่สุดของการปล่อยก๊าซคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อความมีประสิทธิผลที่สุด

2.5 การวัดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (EPLCA. 2007)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นตัวเลขย่อยของข้อมูลที่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์การประเมินค่าวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ของผลิตภัณฑ์จะประเมินตามมาตรฐานสากล (ISO 14040, ISO 14044) ของสิ่งแวดล้อมและแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ การผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้ผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ จนกระทั่งถึงการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์โดยโครงการสิ่งแวดล้อมสหประชาชาติ (The United Nations Environment Programme : UNEP) ได้อธิบายถึงลักษณะสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้ดังนี้ (Carbon Trust. 2006)

– ต้องระบุและแสดงปริมาณของจำนวนสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง พลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ และการปล่อยก๊าซของเสีย

– มีการกำหนดและประเมินค่าของผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมทีสำคัญ

– มีการกำหนดโอกาสที่มีอยู่ในการนำมาพัฒนาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้นจะต้องคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ครอบคลุมสองส่วนหลัก ได้แก่ กิจกรรมทางตรงและกิจกรรมทางอ้อม (พรพิมล และคณะ. 2553) ดังนี้

1. กิจกรรมทางตรง เป็นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสินค้าโดยตรง เช่น การใช้พลังงานฟอสซิลในกระบวนการผลิตและการขนส่งทั้งทางบก ทางน้ำและทางอากาศ

2. กิจกรรมทางอ้อม เป็นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกตลอดการใช้สินค้า ตลอดจนการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน

2.5.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์(Rugrugruang,F. 2009)

$CO_2 e = CO_2$ + ปริมาณก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ

หมายเหตุ CO_2e คือผลรวมของก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือเรียกว่า ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (carbondioxide equivalent) เป็นหน่วยแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.5.2 การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (พรพิมล และคณะ. 2553)

การประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งออกเป็น 3 ระดับด้วยกัน ได้แก่

1. ระดับผลิตภัณฑ์ การแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นการสื่อสารโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค ทำให้ผู้บริโภคทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างชัดเจน

2. ระดับการให้บริการ ตัวอย่างเช่น การให้บริการของบางสายการบินที่มีการประกาศค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ว่าระหว่างการเดินทางมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเท่าใด ทำให้ผู้บริโภคสามารถเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการเดินทางกับสายการบินอื่นๆ ทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่าควรเลือกใช้บริการของสายการบินใด

3. ระดับองค์กร การที่องค์กรใดองค์กรหนึ่ง มีการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้วจัดพิมพ์ลงในรายงานประจำปี จะทำให้องค์กรนั้นมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังทำให้องค์กรมีภาพลักษณ์ที่ดีต่อบุคคลภายนอกอีกด้วย

2.5.3 ประโยชน์ของฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Rugrugruang,F. 2009)

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการ ผู้บริโภค ตลอดจนสิ่งแวดล้อมและสังคม ดังนี้

ใช้ในการบอกปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

1. เป็นการพัฒนาเครื่องหมายการค้าของผู้ประกอบการให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. ทำให้มีการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมของผู้ประกอบการด้วยกันเอง ทำให้เกิดการแข่งขันในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

3. ช่วยให้ผู้บริโภคตระหนักและรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีส่วนร่วมในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและลดค่าใช้จ่าย

5. ช่วยลดการจ่ายค่าภาษีคาร์บอนและได้กำไรจากคาร์บอนเครดิต

2.5.4 วิธีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Wikiagree. 2010)

การที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีมากขึ้น จนเป็นสาเหตุให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก มีสาเหตุสำคัญมาจากการกระทำของมนุษย์ มนุษย์จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อการกระทำของตนเอง วิธีการการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆมีหลายวิธี นอกจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถปฏิบัติและร่วมมือกันได้

นอกจากวิธีการที่ควรปฏิบัติในกรณีต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ยังมีวิธีการอื่นๆที่แนะนำและควรนำไปปฏิบัติเพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกหลากวิธี (Rendell,EG. 2009) ได้แก่

1. ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกครั้งเมื่อไม่ได้ใช้

เมื่อไม่ได้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ควรปิดหรือถอดปลั๊กออก จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 454 กิโลกรัมต่อปี

2. เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากบรรจุภัณฑ์

หากซื้อผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากบรรจุภัณฑ์จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 544 กิโลกรัม และลดขยะได้ถึง 10%

3. การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

การเปลี่ยนจากการใช้หลอดไฟแบบดั้งเดิมมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์จะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ถึง 66% และทำให้ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 68 กิโลกรัมต่อปี

4. การนำของใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

หากนำของภายในบ้านที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 1,089 กิโลกรัมต่อปี เมื่อจะซื้อสินค้าทุกครั้งให้คำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้นานกว่า 1 ครั้ง

5. ช่วยกันปลูกต้นไม้

การปลูกต้นไม้ให้มากขึ้นมีส่วนช่วยลดผลกระทบจากสภาวะโลกร้อน เนื่องจากในหนึ่งช่วงชีวิตของต้นไม้จะสามารถดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่า 1 ตันหรือ 1000 กิโลกรัม นอกจากนี้ร่มเงาของต้มไม้ยังช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศได้ 10-15%

ในสภาวะที่โลกต้องเผชิญกับปัญหาที่มนุษย์เป็นผู้ก่อขึ้น เป็นสาเหตุให้สภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเข้าสู่ภาวะโลกร้อนนั้น หน่วยงานต่างๆรวมถึงองค์กร จึงร่วมมือกันแก้ไขปัญหาโดยมีวิธีการต่างๆ วิธีการหนึ่งคือ การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมขึ้น และที่กำลังได้รับความสนใจในขณะนี้ได้แก่ ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นฉลากที่บ่งบอกปริมาณการปล่อบก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ถือได้ว่าผู้ประกอบการได้มีความรับผิดชอบต่อสังคมในการเปิดเผยข้อมูลการปล่อบก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ทำให้ผู้บริโภคได้รับทราบข้อมูลและสามารถตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ง่ายขึ้น การติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นโครงการที่เกิดขึ้นจากความสมัครใจของผู้ประกอบการในการเข้ามามีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ถึงแม้ว่าฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะเป็นเพียงฉลากที่บอกปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆเท่านั้น แต่จะเป็นแนวทางต่อไปสำหรับผู้ประกอบการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้น้อยที่สุด แม้แต่ตัวผู้บริโภคเองหากนำผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่ติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่า ก็นับว่าเป็นการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่ง นอกจากการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้วนั้น เรายังสามารถช่วยกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการต่างๆ โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย จึงก่อให้เกิดผลดีต่อสภาพแวดล้อม

2.6 กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นน้ำมัน

2.6.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการไพโรไลซิส

การแยกสลายสารอินทรีย์ด้วยการใช้ความร้อนเป็นกระบวนการที่ต้องอธิบายด้วยกระบวนการทางเคมีซึ่งมีความซับซ้อนมาก ปฏิกิริยาการเผาไหม้หลักๆ ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งมีผลิตภัณฑ์หลักจากการเผาไหม้ คือ คาร์บอนมอนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ไนโตรเจนไตรออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ (ชมพูนุช. 2548) ในกระบวนการเผาไหม้ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันจะเกิดขึ้นปะปนกันอยู่ วิธีหนึ่งที่จะกำจัดมลภาวะจากการเผาไหม้ได้ก็ คือ การย่อยสลายด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งปราศจากแก๊สออกซิเจน หรือมีออกซิเจนน้อยที่สุด

2.6.2 ขยะพลาสติก

ปริมาณความต้องการใช้พลาสติกนับวันจะมีมากขึ้นจากข้อมูลใน พ.ศ. 2539 (ดุสิตา. 2543) ปรากฏว่า พลาสติกที่ผลิตได้ทั่วโลกมีรวม 2.4 ล้านตัน แบ่งเป็นพลาสติกชนิดต่าง ๆ พลาสติกที่ใช้แล้วมักถูกทิ้งเป็นขยะพลาสติกซึ่งส่วนหนึ่งถูกนำกลับมาใช้อีก ในลักษณะต่างๆกัน และอีกส่วนหนึ่งถูกนำไปกำจัดทิ้งโดยวิธีการต่างๆ การนำขยะพลาสติกไปกำจัดทิ้งโดยการฝังกลบเป็นวิธีที่สะดวกแต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติพลาสติกจะถูกย่อยสลาย เพราะโดยธรรมชาติพลาสติกจะถูกย่อยสลายได้ยาก จึงทับถมอยู่ในดิน และนับวันยิ่งมีปริมาณมากขึ้นตามปริมาณการใช้พลาสติกส่วนการเผาขยะพลาสติกก็ก่อให้เกิดมลพิษ และเป็นอันตรายอย่างมาก (ดุสิตา. 2543) วิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติกที่ได้ผลดีที่สุดคือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้

ประโยชน์ใหม่ การนำขยะพลาสติกใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่มีหลายวิธีดังนี้เช่น การฝังกลบ (burial) การนำไปถมดิน (landfill) การเผา (incineration) และการนำกลับมา ใช้ใหม่ (recycle) เป็นต้นหรือนำมาสลายตัวให้เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมโมเลกุลเล็ก ๆ แล้วนำไปกลั่นเพื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

2.6.3 กระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการเปลี่ยนขยะพลาสติกที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (ซึ่งเป็นองค์ประกอบประเภทเดียวกับสารประกอบในน้ำมัน) ให้เป็นพลังงานแปรรูปที่มีค่าความร้อนอย่างก๊าซเชื้อเพลิงและน้ำมัน คือ กระบวนการที่เรียกรวมกันว่า กระบวนการพีจีแอล (PGL Process) ซึ่งย่อมาจากกระบวนการย่อย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis) แกซิฟิเคชัน (gasification) และลิควิดแฟคชัน (liquidfraction) ทั้ง 3 กระบวนการมีความเหมือนกัน คือเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่สารใดสารหนึ่ง เพื่อย่อยสลายโมเลกุลของสารนั้นให้มีขนาดเล็กลงในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยแต่ด้วยกระบวนการผลิตและสภาวะที่ต่างกันทำให้ การไพโรไลซิสจะให้ก๊าซและน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการแกซิฟิเคชันจะให้ก๊าซสังเคราะห์ (ไฮโดรเจนรวมกับคาร์บอนมอนอกไซด์) และการทำลิควิดแฟคชันนั้นมีการเติมตัวทำละลายเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ด้วยเพื่อวัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์หลักในกระบวนการพีจีแอลทั้งหมด กระบวนการไพโรไลซิสถือเป็นกระบวนการที่นิยมมากที่สุด ประมาณร้อยละ 74 (ซอเฟียและสุทาริกา. 2550)

การไพโรไลซิสเป็นระบบที่ให้ความร้อน ซึ่งเป็นการกลั่นทำลายและการสลายตัวของสารอินทรีย์ในรูปของแข็ง ณ สภาพไร้ออกซิเจนหรือมีออกซิเจนอยู่อย่างจำกัด โดยปกติจะใช้อุณหภูมิประมาณ 350-1000ºC ทำให้เกิดการสลายตัวไปเป็นองค์ประกอบย่อยชนิดต่างๆโดยเฉพาะสารพวกพอลิเมอร์จะให้ผลที่ได้เป็นก๊าซ ของเหลว และกากของแข็ง ซึ่งล้วนสามารถหมุนเวียนกลับมาในรูปของเชื้อเพลิงหรือในลักษณะเป็นวัตถุดิบหรือผลิตผลทางปิโตรเคมี การไพโรไลซิสสามารถดำเนินได้ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิ เวลาในการเกิดปฏิกิริยาและความดันคงที่ที่เหมาะสม ในสภาพที่ก๊าซหรือของเหลวที่เข้าร่วมปฏิกิริยามีอย่างเพียงพอหรือไม่เพียงพอตลอดจนถึงตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถแปรเปลี่ยนไปในลักษณะสภาวะต่างๆได้อย่างมากมาย ซึ่งการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสจะให้สารประกอบอย่างง่ายโมเลกุลเล็กๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) มีเทน (CH_4) น้ำ (H_2O) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เมื่อพลาสติกถูกไพโรไลซิสจะทำให้โมเลกุลของพอลิเมอร์แตกตัว ซึ่งวิธีการนี้แตกต่างจาก การเผาทิ้ง เพราะว่าการเผาทิ้งเป็นการเผาไหม้แบบปฏิกิริยาคายความร้อนกับอากาศโดยตรง แต่การไพโรไลซิสเป็นกระบวนการที่ต้องการความร้อนแบบปฏิกิริยาดูดความร้อน โดยสรุปใจความสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการไพโรไลซิสได้ดังนี้

1) ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการไพโรไลซิส

ปฏิกิริยามูลฐาน

สารอินทรีย์ ⟶ ก๊าซ + ของเหลว + เถ้า

ปฏิกิริยารอง

$CO + H_2O \longleftrightarrow CO_2 + H_2 +$ ความร้อน

$C + H_2O \longleftrightarrow CO_2 + H_2 +$ ความร้อน

$C + CO_2 \longleftrightarrow 2CO +$ ความร้อน

$C + O_2 \longleftrightarrow CO_2 +$ ความร้อน

$C + H_2 \longleftrightarrow CH_2 +$ ความร้อน

2) ขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการไพโรไลซิส แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) กระบวนการไพโรไลซิสขั้นต้น (simple pyrolysis)

กระบวนการนี้เกิดที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนจะถูกย่อยสลายด้วยความร้อนไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิงของเหลวและกากของแข็ง โดยมีการส่งผ่านความร้อนในลักษณะทางอ้อม สามารถกระทำเพื่อเพิ่มปริมาณของผลได้ของทั้งก๊าซและของเหลว หรือเพื่อที่จะเพิ่มปริมาณของก๊าซเพียงอย่างเดียวก็ได้

2.2) กระบวนการไพโรไลซิสขั้นที่สอง (slagging pyrolysis) หรือกระบวนการแกซิฟิเคชัน (gasification)

กระบวนการนี้เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1500 – 1600 ºC ซึ่งต้องเติมอากาศหรือออกซิเจนเข้าไปบางส่วน เพื่อรักษาสภาพของอุณหภูมิสูงๆนี้ สารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ไอน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อนจะได้ก๊าซเชื้อเพลิงเป็นผลิตภัณฑ์หลักและจะเกิดเถ้าเหลว (liquid slag) ด้วย

3) ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิสพลาสติกหรือวัสดุเหลือใช้นั้นจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซเชื้อเพลิง โดยปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้และสัดส่วนองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ที่ได้นั้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส วิธีการให้ความร้อน อัตราการให้ความร้อน เวลาที่สัมผัสปฏิกิริยา ความดัน หรือสารเคมีที่เติมเข้าไปเพื่อเป็นตัวที่ทำให้เกิดการออกซิเดชัน เช่น อากาศ ออกซิเจน น้ำ หรือเป็นตัวทำให้เกิดการรีดักชัน เช่น ไฮโดรเจน หรือคาร์บอนมอนอกไซด์

4) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการไพโรไลซิสพลาสติก

การไพโรซิสเป็นกระบวนการแตกสลายพอลิเมอร์ให้เป็นโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งคล้ายกับเป็นกระบวนการย้อนกลับของการพอลิเมอร์ไรเซชันหรือดีพอลิเมอร์ไรเซชัน (depolymerization) ของ พอลิเมอร์ต่างๆที่เป็นการรวมมอนอเมอร์ให้เป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ในบางครั้งก็คล้ายกับการพอลิเมอร์ไรเซชัน การที่พอลิเมอร์จะแตกสลายเป็นโมเลกุลเล็กๆ หรือเป็นมอนอเมอร์ชนิดใดบ้างขึ้นอยู่กับโครงสร้างของพอลิเมอร์และสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา

แม้ว่ากลไกของกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันและการดีพอลิเมอร์ไรเซชันจะคล้ายกัน แต่พลังงานที่ใช้ในการดีพอลิเมอร์ไรเซชันจะสูงกว่าถ้านำค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของทั้ง 2 ตัดกันที่อุณหภูมิหนึ่งเมื่อเกินค่าอุณหภูมิสูงสุด (ceiling temperature) นี้แล้วกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันก็จะเกิดขึ้นอย่างโดดๆ ในระหว่างการไพโรไลซิสพลาสติก อาจจะเกิดปฏิกิริยาที่มีรูปแบบต่างกันดังต่อไปนี้ คือ

4.1) เกิดการดีพอลิเมอร์ไรเซชันเพื่อย่อยสลายเป็นมอนอเมอร์ เช่น พวกพอลิเมทิล -เมตะไครเลต (polymethylmethacrylate, PMMA) และพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoro ethylene, PTFE) PMMA สามารถที่จะย่อยสลายไปเป็นมอนอเมอร์ได้ค่อนข้างสูง มอนอเมอร์นี้สามารถนำกลับมาทำการพอลิเมอร์ไรเซชันใหม่หรือใช้เป็นสารที่เติมลงไปในน้ำมันหล่อลื่นที่อุณหภูมิสูงๆประมาณ 500-700ºC PTFE สามารถที่จะย่อยกลับไปเป็นมอนอเมอร์โดยใช้ไอน้ำร้อนยิ่งยวด

4.2) เกิดการแบ่งแยกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย (fragmentation) ที่โซ่หลักและแตกตัวที่ความยาวโซ่ต่างๆกัน ทำให้เกิดเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ เช่น พอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) และพอลิพรอพิลีน (polyprolene, PP) PE และPP สามารถที่จะย่อยสลายด้วยความร้อนไปเป็นสารไฮโดรคาร์บอนได้มากมายที่อุณหภูมิ 400ºC ผลิตภัณฑ์ต่างๆจะมีพวกพาราฟินและโอเลฟินตั้งแต่ C_7-C_{12} เป็นส่วนใหญ่ ที่อุณหภูมิต่ำชิ้นส่วนย่อยๆนี้จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น และอาจมีการเชื่อมโยง (cross-linking)เกิดขึ้นด้วยที่อุณหภูมิสูงๆ ผลิตภัณฑ์จะเป็นพวกก๊าซต่างๆ เช่น ไฮโดรเจน มีเทน พรอพิลีน เป็นต้น

4.3) เกิดการย่อยสลายทั้งในลักษณะรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 ได้แก่ พอลิสไตรีน (polystyrene, PS) และพอลิไอโซบิวทีน (polyisobutene, PIB)

4.4) เกิดการดึงเอาองค์ประกอบหลักๆ ออกเหลือทิ้งไว้แต่กากถ่าน เช่น พีวีซีให้ไฮโดรครอลิกและพอลิไวนิลอะซิเตทจะให้ไฮโดรอะซิติกออกมา พีวีซีจะให้ไฮโดรครอลิกเมื่ออุณหภูมิประมาณ 200ºC

4.5) ขจัดโซ่ที่อยู่ด้านข้าง (side-chain) แล้วตามด้วยการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล จะให้สารประกอบที่ไม่อิ่มตัว ได้แก่ พวกเทอร์โมเซตติ้งพอลิเมอร์ต่างๆ เช่น เรซินฟินอลลิก ยูเรีย ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายที่ซับซ้อนมากและมีช่วงอุณหภูมิค่อนข้างกว้าง เมื่อ

พิจารณาในแง่พฤติกรรมทางจลนพลศาสตร์ของพอลิเมอร์ ในระหว่างการย่อยสลายความร้อน ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลางๆในระหว่างความเป็นไปได้ทั้ง 2 ลักษณะดังนี้

ก) เกิดการรุกเร้า (initiate) อย่างรวดเร็วทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซ ซึ่งมีการลดน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลงช้าๆ กล่าวคือ จะเกิดเป็นมอนอเมอร์จากที่ถูกแยกออกจากปลายโซ่

ข) เกิดการรุกเร้า (initiate) อย่างช้าๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซ ซึ่งทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลดลงอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ จะมีการทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ตำแหน่งต่างๆอย่าง คละเคล้า ตัวอย่างของพอลิเมอร์ในรูปแบบนี้ได้แก่ พอลิเอทิลีน

แม้ว่าพลาสติกส่วนใหญ่จะย่อยสลายที่อุณหภูมิระหว่าง 200-350ºC แต่เพื่อจะให้มีอัตราสลายตัวสูงๆ เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการไพโรไลซิสพลาสติกในแต่ละชนิดมักจะถูกออกแบบไว้สำหรับการปฏิบัติงานที่อุณหภูมิสูงๆ

2.6.4 วัตถุดิบสำหรับการไพโรไลซิสสมบัติของพลาสติก

1) พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE)

พอลิเอทิลีนมีน้ำหนักเบามาก คือ มีความถ่วงจำเพาะ 0.92 ในรูปแผ่นบางสามารถพับงอได้ดี มีความหนามากขึ้นจะคงรูป รับแรงดึงและแรงอัดได้น้อย มีความยืดตัวได้สูงถึง 5 เท่าตัว ฉีกขาดยาก มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง ไม่เกาะติดน้ำ เป็นพลาสติกที่มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีในช่วงกว้างของความถี่ ทนความร้อนได้น้อย แต่ทนความเย็นได้ -100ºF (ซอเฟีย และสุทาริกา. 2550) ได้โดยไม่ทำให้สมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง มีความทนทานต่อสารเคมี แต่ไม่ทนต่อกรดไนตริก เบนซีนและโทลูอีนร้อนแปรรูปง่าย มีความเหนียว และยืดหยุ่นแม้ที่อุณหภูมิต่ำ มีความใส ไม่เป็นพิษ ไม่มีกลิ่น เมื่อเป็นฟิล์มบางๆ จะโปร่งใสยอมให้ไอน้ำผ่านได้น้อย จึงเหมาะกับการหีบห่อ พอลิเอทิลีนในทางการค้าผลิตจากก๊าซเอทิลีน พอลิเอทิลีนแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.1) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density polyethylene, LDPE) ส่วนใหญ่จะใช้ทำฟิล์ม และห่อของ ถุงใส่ขนมปัง ถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร สามารถนำมารีไซเคิลเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว นอกจากนั้นใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการฉีด และอื่นๆ พอลิเอทิลีนชนิดนี้จะมีกิ่งก้านสาขาแยกจากสายโซ่โมเลกุลอยู่ห่างกัน จึงทำให้มีความอ่อนตัว นิ่มและยืดหยุ่น

1.2) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) ใช้ทำขวดนม น้ำผลไม้ โยเกิร์ต บรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วใช้สำหรับงานฉีด และงานเป่า พอลิเอทิลีนชนิดนี้มีกิ่งก้านสาขาน้อยมาก จนเกือบเป็นเส้นตรง โมเลกุลอยู่ชิดกันมากจึงมีความหนาแน่นสูง ทนความร้อนได้สูงและแข็งแกร่งกว่า

2) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP)

พอลิพรอพิลีน เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกที่เบาที่สุด คล้ายกับพอลิเอทิลีนแต่คุณภาพดีกว่า มีสมบัติเชิงกลดีมาก เหนียว ทนต่อแรงดึง แรงกระแทกและทรงตัวดี มีจุดหลอมตัวที่ 165ºC (ซอเฟีย และสุทาริกา. 2550) ไอน้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้ต่ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก มีการนำเอาพอลิพรอพิลีนไปใช้งานในลักษณะเดียวกับพอลิเอทิลีน เมื่อต้องการให้มีสมบัติที่ดีขึ้น พอลิพรอพิลีนได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆได้มากมาย ตัวอย่างเช่น ถุงบรรจุอาหารร้อน ฟิล์มใส ฟิล์มห่อหุ้ม หรือบรรจุอาหารที่ไม่ต้องการให้ออกซิเจนซึมผ่าน พลาสติกหุ้มซองบุหรี่ เชือก แห อวน ถังน้ำมัน ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ ภาชนะเครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

3) พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS)

พอลิสไตรีนมีน้ำหนักเบาที่สุดในพลาสติกชนิดแข็ง (rigid plastic) มีความถ่วงจำเพาะ 0.89-1.1 มีความหดตัวน้อยมาก พอลิสไตรีนมีความคงรูปดีแต่เปราะ สามารถทำเป็นสีต่างๆได้ มีทั้งใส ฝ้า และทึบ ผิวมีทั้งเรียบและขรุขระ ไม่มีรสและกลิ่น เป็นฉนวนไฟฟ้าดี ความดูดซึมน้ำต่ำ ไม่เหมาะกับการใช้งานภายนอก ทนความร้อนได้พอสมควร ทนสารเคมีที่ใช้ในบ้านได้ ทนกรดและด่างชนิดอ่อนได้ ไม่ทนน้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ อะซิโตน น้ำมันสน ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้ เช่นเทปเพลง สำลี ถังบรรจุเครื่องดื่ม ของเด็กเล่น แผงและตู้โทรทัศน์ วิทยุ นอกจากนั้นยังนำมาทำโฟมใส่อาหาร ซึ่งจะเบามาก สามารถนำมารีไซเคิลเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ แผงสวิตช์ไฟ ฉนวนความร้อน ถาด เป็นต้น

2.6.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

1) ความสำคัญของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สาร (substance) (ชนาธิป. 2547) ที่เติมลงไปในปฏิกิริยาในจำนวนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสารตั้งต้น แล้วทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างถาวรในปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้วจะได้ตัวเร่งปฏิกิริยาคืนมา การเร่งปฏิกิริยาจะเป็นแบบวัฏจักร เริ่มจากตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์จะถูกคาย ซับออก และตัวเร่งปฏิกิริยาก็จะทำการดูดซับสารตั้งต้นใหม่เป็นวัฏจักรในบางกรณี การเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยเพิ่มอุณหภูมิหรือความเข้มข้นของสารตั้งต้นอาจไม่เหมาะในเชิงปฏิบัติ วิธีที่เหมาะที่สุดคือ การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไป จึงให้ความหมายของตัวเร่งปฏิกิริยาว่าเป็นสารที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นโดยที่สารตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถกลับคืนสู่รูปเดิมได้ ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่ได้เป็นตัวลดหรือทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ลดลง แต่เป็นวิถี (pathway) หรือเส้นทางเลือกซึ่งมีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำกว่าพลังงานก่อกัมมันต์เดิม ที่กล่าวเช่นนี้ได้ก็เพราะอนุภาคที่มีพลังงานสูง(อยู่แล้ว)ก็ยังสามารถชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะเดิมที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาได้

เมื่อพลังงานก่อกัมมันต์ E_a ลดลงเป็น E'_a และพลังงานก่อกัมมันต์ลดลงทั้งปฏิกิริยาที่เกิดไปข้างหน้าและย้อนกลับ ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจึงเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาทั้งปฏิกิริยาที่เกิดไปข้างหน้าและปฏิกิริยาที่เกิดย้อนกลับ

2) สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

สิ่งจำเป็นพื้นฐานของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาคะตะไลติกที่ดีต้องมีสมบัติที่สำคัญสองประการได้แก่

2.1) ตัวเร่งปฏิกิริยาต้องสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาให้สารผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและมีอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่สูงเพียงพอที่ยอมรับได้ภายใต้เงื่อนไขของอุณหภูมิและความดันขณะทำการทดลอง หากต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้เงื่อนไขที่ยุ่งยาก คือ ภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สูงมากๆจะเป็นผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากและภายใต้เงื่อนไขที่ยุ่งยากนี้มักจะเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง (Side reaction) จะต้องไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยเฉพาะการเกิดพิษต่อปฏิกิริยาหรือการเกาะของคาร์บอนซึ่งจะเป็นตัวกีดกั้น (deactivation)

2.2) ตัวเร่งปฏิกิริยาต้องคงทนต่อปฏิกิริยา สามารถใช้ได้ในช่วงของเวลาที่ยาวนาน ตัวเร่งปฏิกิริยาบางตัวอาจมีอายุการใช้งานได้หลายปี ซึ่งพบน้อยมากและมีราคาแพง แต่การเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูกนั้นต้องมีการเปลี่ยนบ่อยครั้ง

สมบัติอื่นๆของตัวเร่งปฏิกิริยา

ก) ไม่รบกวนสมดุลของปฏิกิริยา

ข) ช่วยลดพลังงานกระตุ้นปฏิกิริยา

ค) ต้องเป็นสสารเสมอ

2.4.7 ความสำคัญของสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงต่าง ๆ

1) ความดันไอ

ความดันไอเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำมันโดยเฉพาะน้ำมันเบนซิน ความดันไอจะแสดงถึงความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอของน้ำมันเมื่ออุณหภูมิคงที่ โดยที่ค่านี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมันและอุณหภูมิเมื่อให้ปริมาตรคงที่ เพราะฉะนั้นน้ำมันเบนซินที่ดีจะต้องมีส่วนผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องมีสารประกอบที่ระเหยง่ายมากพอที่จะทำให้ส่วนผสมของไอระเหยและอากาศพอเหมาะต่อการเกิดการลุกไหม้ได้ (ซอเฟียและสุทาริกา. 2550) เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทติดได้ง่ายในบรรยากาศปกติ แต่อย่างไรก็ตามถ้าน้ำมันมีความดันไอหรืออัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างไอกับของเหลว (vapor/liquid volume ratio) สูงเกินไป จะทำให้เกิดฟองอากาศ เนื่องจากเกิดไอของน้ำมันขึ้นในระบบจ่ายน้ำมัน เช่น ถ้าฟองอากาศเกิดในท่อระหว่างถังน้ำมันกับปั๊มและคาร์บูเรเตอร์ รวมทั้งในปั๊มและคาร์บูเรเตอร์จะทำให้เกิดการอัดไอ (vapor lock) ทำให้น้ำมันไหลไม่สะดวกและทำให้ส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศในกระบอกสูบไม่เหมาะสมและไม่

สม่ำเสมอ กำลังของเครื่องตก เครื่องยนต์เดินไม่เรียบและดับในที่สุด ถ้าฟองอากาศเกิดขึ้นในท่อทางก่อนเข้าสู่ปั๊มหรือภายในตัวปั๊ม จะทำให้ปั๊มจ่ายน้ำมันที่เป็นของเหลวให้แก่คาร์บูเรเตอร์ได้น้อยลง การอัดไอที่เกิดขึ้นในส่วนคาร์บูเรเตอร์จะทำให้น้ำมันท่วมหรือล้นออกทางหัวฉีดทำให้เครื่องยนต์ติดขัดและสตาร์ทไม่ติด วิธีการแก้ไขคือต้องทิ้งให้น้ำมันที่ล้นออกมาระเหยจนแห้งเสียก่อนแล้วจึงสตาร์ทใหม่

2) อุณหภูมิการกลั่น

ในการผลิตน้ำมันที่ใช้กับเครื่องยนต์จำเป็นที่จะต้องมีส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆที่มีจุดเดือดต่อเนื่องกันไม่ขาดระยะ ถ้าขาดช่วงใดช่วงหนึ่งไปจะทำให้การเผาไหม้สะดุดไม่ต่อเนื่อง เครื่องยนต์ได้พลังงานไม่เต็มที่ ดังนั้นน้ำมันที่เหมาะนำไปใช้งานจึงต้องมีสมบัติที่สำคัญคือ เมื่อนำมากลั่นอุณหภูมิของน้ำมันจะต้องเปลี่ยนไปทุกเปอร์เซ็นต์ปริมาตร โดยในการทดสอบจะต้องมีการควบคุมอัตราการให้ความร้อนให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ได้จากการกลั่นแต่ละ 10% โดยปริมาตรต้องอยู่ในช่วง 7 - 10°C เพราะถ้าให้ความร้อนมากเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า Carry Over คือส่วนเบาที่กลั่นออกมาจะพาเอาส่วนหนักติดออกมาด้วย แต่ถ้าให้ความร้อนน้อยเกินไปจะทำให้เสียเวลาและทำให้ยืดเวลาการระเหยของไอน้ำมันออกไปตามรอยรั่วของอุปกรณ์มากขึ้น

การทดสอบสมบัติการกลั่นจะชี้ถึงสมบัติของน้ำมันในแง่ต่างๆ ดังนี้คือ

2.1) การติดของเครื่องยนต์

2.2) การเร่งเครื่อง

2.3) การเกิดการเจือจางของน้ำมันเครื่องในห้องเครื่อง

ถ้านำผลการทดสอบสมบัติการกลั่นที่โดยปริมาตรของสารที่กลั่นได้กับอุณหภูมิ

ก) ช่วงแรก (front end) เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีปริมาตรของน้ำมันที่กลั่นได้ 0-20% ถ้าอุณหภูมิในช่วงนี้ต่ำจะทำให้เครื่องยนต์ติดง่ายขณะเย็น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดฟองอากาศในท่อน้ำมัน (vapor lock) ทำให้น้ำมันไหลไม่สะดวก ทำให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันบางเกินไป (overlean air-fuel mixer) แต่ถ้าเกิดฟองอากาศในส่วนของคาร์บูเรเตอร์จะทำให้ส่วนผสมหนาเกินไป (overrich air-fuel mixture) เครื่องยนต์จะติดยากขณะร้อน โดยปกติอัตราส่วนโดยมวลที่เหมาะสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง (air-fuel ratio : A/F ratio) สำหรับเครื่องยนต์เบนซินควรอยู่ในช่วง 8:1 ถึง 17: 1

ข) ช่วงกลาง (mid range) เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีปริมาตรของน้ำมันที่กลั่นได้ 20-90% น้ำมันที่มีสมบัติการกลั่นช่วงนี้เหมาะสมจะทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากจะสามารถปรับอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงได้ถูกต้องตลอดเวลาขณะเร่งเครื่อง อุ่นเครื่องได้เร็ว เร่งเครื่องได้ดี ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อวิ่งระยะทางสั้นๆ ถ้าอุณหภูมิที่ 50% Recovered ต่ำเกินไปจะมีโอกาสทำให้เกิดเกร็ดน้ำแข็งที่คาร์บูเรเตอร์ โดยเฉพาะน้ำมันก๊าซเบนซินอากาศยาน

(Aviation Gasoline) อุณหภูมิที่จุดนี้จะมีความสำคัญมากเพราะในขณะที่เครื่องบินอยู่ในระดับสูง อุณหภูมิจะต่ำมากมีโอกาสจะเกิดเกร็ดน้ำแข็งได้มากกว่าปกติ

ค) ช่วงท้าย (tail end หรือ back end) เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีปริมาตรของน้ำมันที่กลั่นได้ 90-100% อุณหภูมิการกลั่นในช่วงนี้จะต้องไม่สูงเกินไป เพื่อให้ส่วนผสมในท่อร่วมไอดีกระจายตัวไปได้อย่างทั่วถึง นอกจากนั้นอุณหภูมิของการกลั่นในช่วงนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณส่วนหนักที่มีในน้ำมัน เพราะถ้ามีสารพวกนี้ในปริมาณสูงจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีเขม่ามาก อีกทั้งกากน้ำมันที่เหลือจะไหลไปรวมกับน้ำมันหล่อลื่น ทำให้เกิดน้ำมันหล่อลื่นใส (dilution) อายุการใช้งานของน้ำมันเครื่องสั้นลง ห้องน้ำมันเครื่องสกปรก เขม่าที่เกิดขึ้นจะไปจับตามเขี้ยวหัวเทียน ทำให้ประสิทธิภาพการสปาร์คลดลงจนถึงน็อคได้

โดยทั่วไปการกำหนดมาตรฐานสมบัติการกลั่นของน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาคสำหรับในประเทศไทยมีตารางกำหนดอุณหภูมิของน้ำมันที่กลั่นได้ที่ปริมาตรต่างๆ

1. จุดเริ่มเดือด (Initial Boiling Point หรือ IBP) คืออุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์เมื่อเริ่มมีน้ำมันกลั่นตัวเป็นหยดแรก จากที่ปลายหลอดควบแน่นลงในกระบอกตวง

2. จุดเดือดสุดท้าย (End Point, Final Boiling Point หรือ FBP) คืออุณหภูมิสูงสุดที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์เมื่อกันขวดกลั่นแห้ง (สังเกตจากการที่ไม่เห็นมีหยดน้ำมันถูกกลั่นออกมา)

3. Percent Recovered คือ ปริมาตรของส่วนที่กลั่นได้ ณ จุดต่างๆ เช่น ในการทดลองจะมีการอ่านค่าอุณหภูมิที่ 10% Recovered หมายถึงอุณหภูมิเมื่อมีส่วนที่กลั่นได้ 10 ml

4. Percent Recovery คือปริมาตรของส่วนที่กลั่นได้ทั้งหมดเมื่อหยุดให้ความร้อนและสังเกตพบว่าภายในระยะเวลา 2 นาที ปริมาตรในกระบอกตวงไม่เปลี่ยนแปลง

5. Percent Total Recovery คือ ผลรวมของ% Recovery กับกาก (Residue)

6. Percent Loss คือค่าที่ได้จาก 100%Total Recovery

7. Percent Evaporated คือปริมาตรของส่วนที่กลั่นได้ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับผลรวมของ % Recovery กับ %Loss

3) ความถ่วง API

ความถ่วงเอพีไอเป็นตัวเลขที่แสดงถึงค่าความหนักเบาของปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปชนิดต่างๆ การรายงานค่าความถ่วง API จะรายงานที่อุณหภูมิมาตรฐานเท่ากับ 60°F (15.6°C) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาตรของน้ำมันจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนไปของอุณหภูมิ ดังนั้นความถ่วง API จะมีค่าแตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิที่วัดแตกต่างกัน

ความถ่วง API จะมีความสัมพันธ์กับค่าความถ่วงจำเพาะ แสดงในสมการที่ 2.1

$$\text{ความถ่วง API ที่ } 60°F = \frac{141.5}{\text{ความถ่วงจำเพาะที่ } 60/60°F} - 131.5 \qquad (2.1)$$

ความถ่วง นอกจากจะเป็นตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปแล้วยังใช้เป็นค่าที่ใช้ทำนายฐานของน้ำมันดิบ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในปิโตรเลียมคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก จากความแตกต่างของน้ำหนักระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจน (C/H Ratio) ทำให้ทราบว่าน้ำมันที่มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจนสูงจะมีค่าความถ่วง API ต่ำจะเป็นพวกฐาน Naphthenic แต่ถ้าน้ำมันมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจนต่ำจะมีค่าความถ่วง API สูงจะเป็นพวกฐานพาราฟิน

4) ความหนืด

ความหนืด คือความสามารถในการต้านทานการไหลของของเหลวใดๆ น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูง เครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าความหนืดของน้ำมันเรียกว่า วิสโคมิเตอร์ (viscometer) ซึ่งจะใช้วิธีการจับเวลาที่ของไหลจำนวนหนึ่งไหลผ่านหลอดแก้วเล็กๆที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ณ อุณหภูมิที่กำหนด วิสโคมิเตอร์ที่ใช้มีหลายระบบแต่ที่นิยมใช้กันทั่วโลกคือ ความหนืดจลน์ (kinematic viscometer) มีหน่วยเป็น cSt

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญมากอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำมันชนิดหนักตั้งแต่น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเตา

สำหรับน้ำมันดีเซลความหนืดจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ในหลายด้านคือ สมบัติการฉีดเป็นฝอยของน้ำมัน ถ้าน้ำมันมีความหนืดสูงเกินไปคุณภาพในการฉีดเป็นฝอยจะลดลงเกิดเป็นหยดน้ำมันขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้น้ำมันพุ่งเป็นลำแทนที่จะกลายเป็นฝอยเล็กๆ มีผลต่อการกระจายตัวของน้ำมันและการผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สำหรับในเครื่องยนต์ขนาดเล็ก น้ำมันที่ถูกฉีดออกไปจะไปเกาะที่ผนังกระบอกสูบ ซึ่งจะชะล้างฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นที่เคลือบอยู่และไหลลงสู่ห้องน้ำมันเครื่อง ทำให้เกิดน้ำมันเครื่องใส เครื่องยนต์จะเกิดการสึกหรอ แต่ถ้าน้ำมันมีความหนืดต่ำเกินไปจะเกิดการรั่วไหลที่ปั๊มหัวฉีดได้ง่าย มิเตอร์ที่วัดปริมาณน้ำมันจะทำงานคลาดเคลื่อน ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลง ชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบเชื้อเพลิงและหัวฉีดจะสึกหรอเร็วขึ้น

ความหนืดจะมีผลต่อความข้นใสของน้ำมันหล่อลื่นโดยที่น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดต่ำจะไหลได้ง่ายแต่มีฟิล์มหล่อลื่นบาง ส่วนน้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดสูงจะไหลได้ยากแต่มีฟิล์มหล่อลื่นหนา สำหรับน้ำมันหล่อลื่นนอกจากจะมีค่าความหนืดแล้วยังจะดูอัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปซึ่งเรียกว่า ค่าดัชนีความหนืด (viscosity index หรือ VI) น้ำมันที่มีค่าดัชนีความหนืดสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดน้อย เมื่ออุณหภูมิที่ใช้งานเปลี่ยนแปลงไปและสามารถที่จะใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ส่วนน้ำมันที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเป็นกรณีของน้ำมันเครื่องที่มีค่าดัชนีความหนืดต่ำ จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากและเครื่องยนต์จะสึกหรอได้เร็ว ซึ่งค่าความหนืดนี้สามารถคำนวณได้จากสูตรทางคณิตศาสตร์หรือเปิดจากตาราง

5) ค่าความร้อนจากการเผาไหม้

ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (heating value) ได้จากการคายความร้อนของการเผาไหม้ โดยจะวัดความแตกต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและหลังจากสิ้นสุดการเผาไหม้ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

5.1) ค่าความร้อนจากการเผาไหม้รวม (gross heat of combustion) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่น้ำมันปลดปล่อยออกมาเป็นหน่วยแคลอรี่ต่อกรัม หรือเมกาจูลต่อกิโลกรัม ค่าความร้อนที่ได้เกิดจากการเผาไหม้ของธาตุองค์ประกอบในน้ำมัน เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจนและออกซิเจนในภาชนะปิดมีปริมาตรคงที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ทุกชนิดอยู่ในสภาวะก๊าซคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยกเว้นที่อยู่ในสภาวะของเหลว ทั้งนี้ให้อุณหภูมิเริ่มเผาไหม้ และสิ้นสุดการเผาไหม้อยู่ที่ 25°C

5.2) ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สุทธิ (net heat of combustion) หมายถึงปริมาณความร้อนที่น้ำมันปลดปล่อยออกมาหน่วยเป็นแคลอรี่ต่อกรัม หรือเมกาจูลต่อกิโลกรัม ค่าความร้อนที่ได้เกิดจากการเผาไหม้ของธาตุองค์ประกอบในน้ำมัน เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจน ทำที่ความดันคงที่ 0.001 Mpa. (1atm) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ทุกชนิดอยู่ในสภาวะก๊าซคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมทั้งไอน้ำที่อยู่ในสภาวะก๊าซ ทั้งนี้ให้อุณหภูมิเริ่มเผาไหม้ และสิ้นสุดการเผาไหม้อยู่ที่ 25°C

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Z.W. Zhong (2010) งานชิ้นนี้ได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการซึ่งเป็นไพโรไลซิสแบบเร็วโดยผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้ชีวมวล สำหรับการสร้างพลังงาน การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของไพโรไลซิสของขยะกิ่งไม้ได้ถูกควบคุมในการศึกษาโรงงานไพโรไลซิสที่จัดตั้งอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ที่ได้สแดงให้ถึงกระบวนการของไพโรไลซิสแบบเร็วในความเป็นจริงของการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและกระบวนการที่ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ความพยายามยังคงต้อง

สร้างและจัดการประเด็นความเป็นไปได้ในการเกิดความร้อนชื้นของบรรยากาศโลก การวิจัยอย่างต่อเนื่องและการพัฒนาต้องสำเร็จลุล่วงเพื่อลดความเป็นไปได้ในการเกิดความร้อนชื้อนของบรรยากาศโลกจากไพโรไลซิสแบบเร็ว

ศันสนีย์ (2011) ศึกษาการประเมินวงจรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มในเมทานอล/เอทานอลภาวะเหนือวิกฤต โดยเริ่มจากการศึกษาปฏิกิริยาของน้ำมันปาล์มในแอลกอฮอล์ภาวะเหนือวิกฤตที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดัน 10-15 เมกะพาสคัล อัตราส่วนโดยโมลแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันปาล์ม 3:1-24:1 และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 10 นาที ในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ พบว่าที่ภาวะดังกล่าวเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เอสเทอริฟิเคชัน และการแตกตัวทางความร้อนของไตรกลีเซอไรด์ขึ้นพร้อมกันและปฏิกิริยาทั้งหมดเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การวิเคราะห์หาองค์ประกอบและหาช่วงจุดเดือดของเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถสรุปอัตราส่วนโดยโมลที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มเป็น 12:1 และ 18:1 สำหรับการผลิตในเมทานอลและเอทานอลภาวะเหนือวิกฤต ตามลำดับ โดยมีค่าร้อยละการเปลี่ยนของไตรกลีเซอไรด์มากกว่า 98 และมีผลได้ทางเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น เชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตได้จากเครื่องปฏิกรณ์ขนาด 1.2 ลิตร มีสมบัติทางเชื้อเพลิงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นค่าความเป็นกรด ปริมาณเอสเทอร์และกลีเซอรีน จากนั้นจึงใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือสำหรับการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในแอลกอฮอล์ภาวะเหนือวิกฤตแบบดั้งเดิม ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ความดัน 20 เมกะพาสคัล และอัตราส่วนโดยโมลแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันปาล์ม 42:1 และการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มในแอลกอฮอล์ภาวะเหนือวิกฤตในภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองนี้ ผลการศึกษาพบว่าการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพแบบใหม่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส สามารถลดภาระทางสิ่งแวดล้อมลงได้ถึง 2 เท่า เนื่องจากพลังงานสำหรับการนำแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่มีค่าลดลง และพบว่าการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากเอทานอลส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้เมทานอลเป็นสารตั้งต้น

ปราณี (2551) ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ซึ่งวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดในสามช่วงกระบวรการ คือ กระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมัน และการนำไบโอดีเซลไปใช้งาน และวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro พิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นในแง่การใช้ทรัพยากร สุขภาพของมนุษย์ และผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

ผลกระทบที่เกิดจากการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร มีค่าเท่ากับ 1.52×10^{-3} Pt ซึ่งผลกระบทส่วนใหญ่ คือการเกิดพิษในดินที่ส่งผลต่อมนุษย์ และขั้นตอนที่ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือขั้นตอนการใช้งาน มีค่าความรุนแรงของผลกระทบเท่ากับ 8.00×10^{-4} Pt

พัชรินท์ (2553) ศึกษาการจัดทำบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตในการขนส่งสินค้า ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2547-2550 พบว่ามลพิษทางอากาศในการขนส่งสินค้ามากที่สุด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ รองลงมาคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์

คาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่ใช่มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และมีเทน ตามลำดับ

ไอศิกา (2010) ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตถ่านกัมมันต์ทั้งสามกระบวนการผลิตที่ใช้วัตถุดิบเป็นสารตั้งต้นแตกต่างกัน ได้แก่ การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม และการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด ในงานวิจัยใช้โปรแกรม HYSYS เพื่อจำลองกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้และปริมาณสารที่ออกจากกระบวนการผลิต เนื่องจากข้อมูลของการผลิตถ่านกัมมันต์ที่ได้มาจากบทความทางวิชาการระดับนานาชาติ ซึ่งการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตนั้น ใช้ดัชนีชี้วัดเชิงนิเวศน์ (Eco–indicator 99) ซึ่งดัชนีนี้สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ประกอบด้วย ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ และการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ โดยหน่วยของค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ Point : Pt ซึ่งผลการศึกษาของกระบวนการผลิตทั้งสามแบบโดยใช้ดัชนีชี้วัดเชิงนิเวศน์ พบว่า กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเท่ากับ 2.6136 Pt รองลงมาคือกระบวนการผลิตจากกะลาปาล์ม มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 2.0068 Pt และกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดมีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่ากับ 1.2276 Pt และศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อนโดยคาร์บอนฟุตพริ้น ซึ่งวัดค่าในหน่วยของกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากผลการศึกษา พบว่ากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุดเท่ากับ 119.5567 $kgCO_2e$ รองลงมาคือกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเท่ากับ 89.0543 $kgCO_2e$ และกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุด คือ กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มเท่ากับ 87.1017 $kgCO_2e$

ซึ่งงานวิจัยในประเทศไทยในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกยังไม่เป็นที่แพร่หลายงานวิจัยนี้จึงวิจัยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบเท่าน้ำมันดีเซลจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายคือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยการนำหลักการและทฤษฎีที่กล่าวมาในบทที่ 2 มาใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน-ฟุตพริ้นท์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการ ไพโรไลซิส ด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่ง ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

3.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

3.3 เป้าหมายและขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

3.4 การทำบัญชีรายการ

3.5 ขั้นตอนการประเมินผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

3.6 แนวทางการแปลผลและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of Products)

การส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ของผลิตภัณฑ์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นจากการใช้พลังงาน การเกษตร การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งได้ส่งผลกระทบ ต่อการดำรงชีพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดภาวะโลกร้อน จึงเป็นหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม ในฐานะผู้ผลิตภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภค

การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยจึงเป็นทางหนึ่งที่ผู้บริโภคจะมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และยังเป็นกลไกทางการตลาด ในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้า ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความต้องการของผู้บริโภคด้วย อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคจำเป็นต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนา

ศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จึงได้พัฒนาโครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ของผลิตภัณฑ์ขึ้น เพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดประกอบการตัดสินใจ และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยในการแข่งขันในตลาดโลก "คาร์บอนฟุตพริ้นท์" หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ตั้งแต่กระบวนการหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดเมื่อกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น การใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกด้วย

3.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสนี้ทำการศึกษาในส่วนของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของการผลิตน้ำมันดีเซลน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสโดยใช้เทคนิคคาร์บอนฟุตพริ้นท์ซึ่งในขั้นตอนของคาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้นจะยึดขั้นตอนตามหลัก ISO 14040 ในการศึกษาวิจัยนี้จะแบ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

(2) การทำบัญชีรายการ

(3) ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและต้นทุนตลอดชีวิตของการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ข้อมูลเบื้อต้นเกี่ยวกับขยะ
- ข้อมูลด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปน้ำมันจากขยะ
- ค่า Emission factor

(4) แนวทางการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลปฐมภูมิ ที่ได้จากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบ จากโครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเทศบาลแห่งหนึ่ง ขนาดกำลังผลิต 6 ตัน (ขยะป้อนเข้า) ต่อวัน ผลิตน้ำมันได้ 1,400 ลิตรต่อวัน

3.3 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการนำไประยุกต์ใช้

1. กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

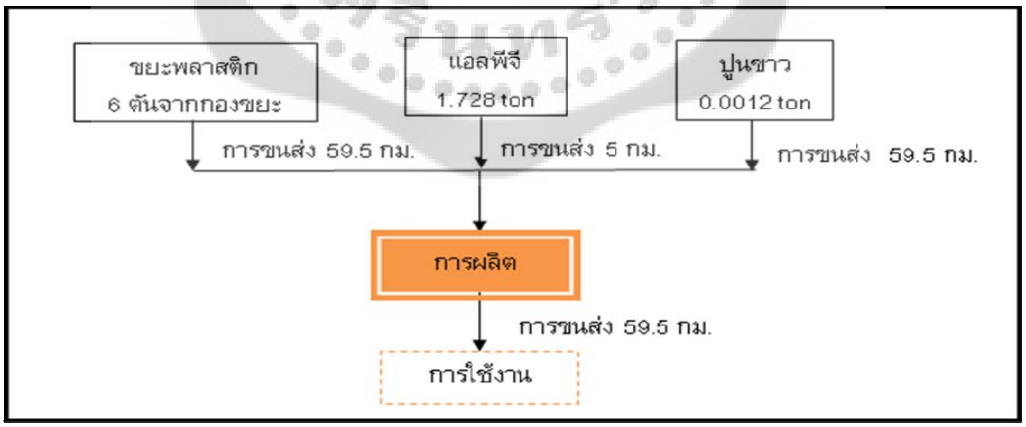
1) ประเมินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส ด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่ง

2) เปรียบเทียบการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน

3) เพื่อเสนอแนวทางในการช่วยลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. การกำหนดขอบเขต (Scope definition)

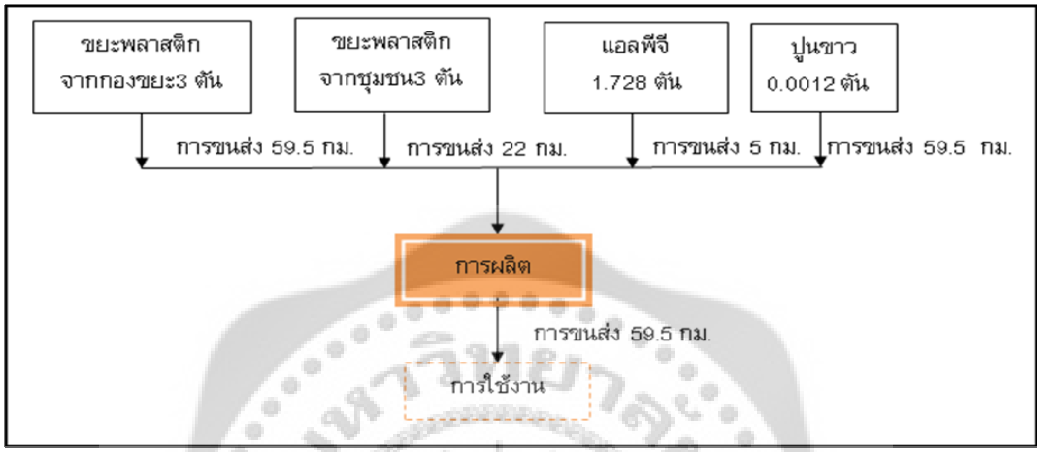
ประเมินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาของน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกโดยเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส ด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่ง รูปแบบการประเมิน business to consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์กรณีที่ 1 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น



ภาพประกอบ 5 ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรณีที่ 1 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น

ภาพประกอบ 5 แสดงการจำลองภาพเหตุการณ์การปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรณีที่ 1 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจากกองขยะ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

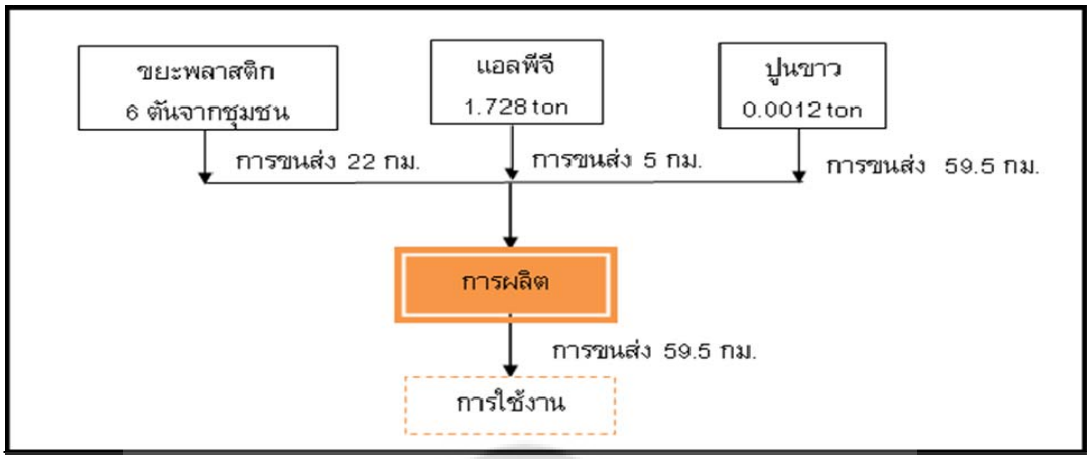
กรณีที่ 2 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน



ภาพประกอบ 6 ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรณีที่ 2 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน

ภาพประกอบ6 แสดงการจำลองภาพเหตุการณ์การปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรณีที่ 2 ขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจากกองขยะแบบตื้นและการได้มาซึ่งขยะจาก กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

กรณีที่ 3 ขยะพลาสติกจากชุมชน



ภาพประกอบ 7 ขอบเขตการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในกรณีที่ 3 ขยะพลาสติกจากชุมชน

ภาพประกอบ 7 แสดงการจำลองภาพเหตุการณ์การปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรณีที่ 3 ขยะพลาสติกจากชุมชน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบซึ่งห่างจากโรงงานไพโรไลซิส 22 กิโลเมตร กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

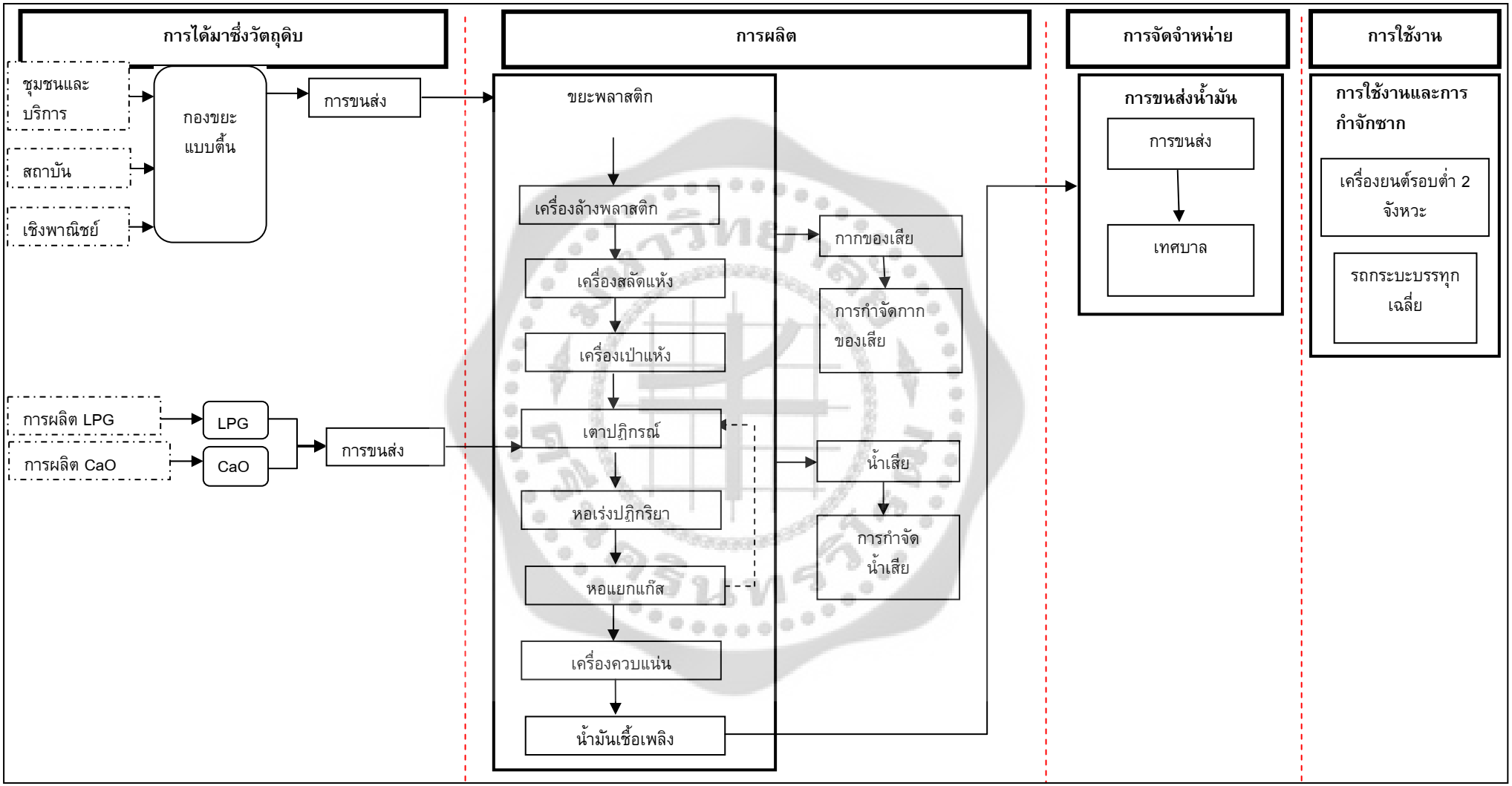
1. ขอบเขตของระบบ (System boundary)

ทำการศึกษาระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (unit process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยทำการเก็บข้อมูลและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือของเสียที่ออกจากกระบวนการและการจัดการกับผลกระทบหรือของเสียเหล่านั้น ซึ่งกรอบแนวคิดการคำนวณ (methodological framework)การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรของชีวิตผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา
2. การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม
3. การประเมินผลกระทบ
4. การแปลผล

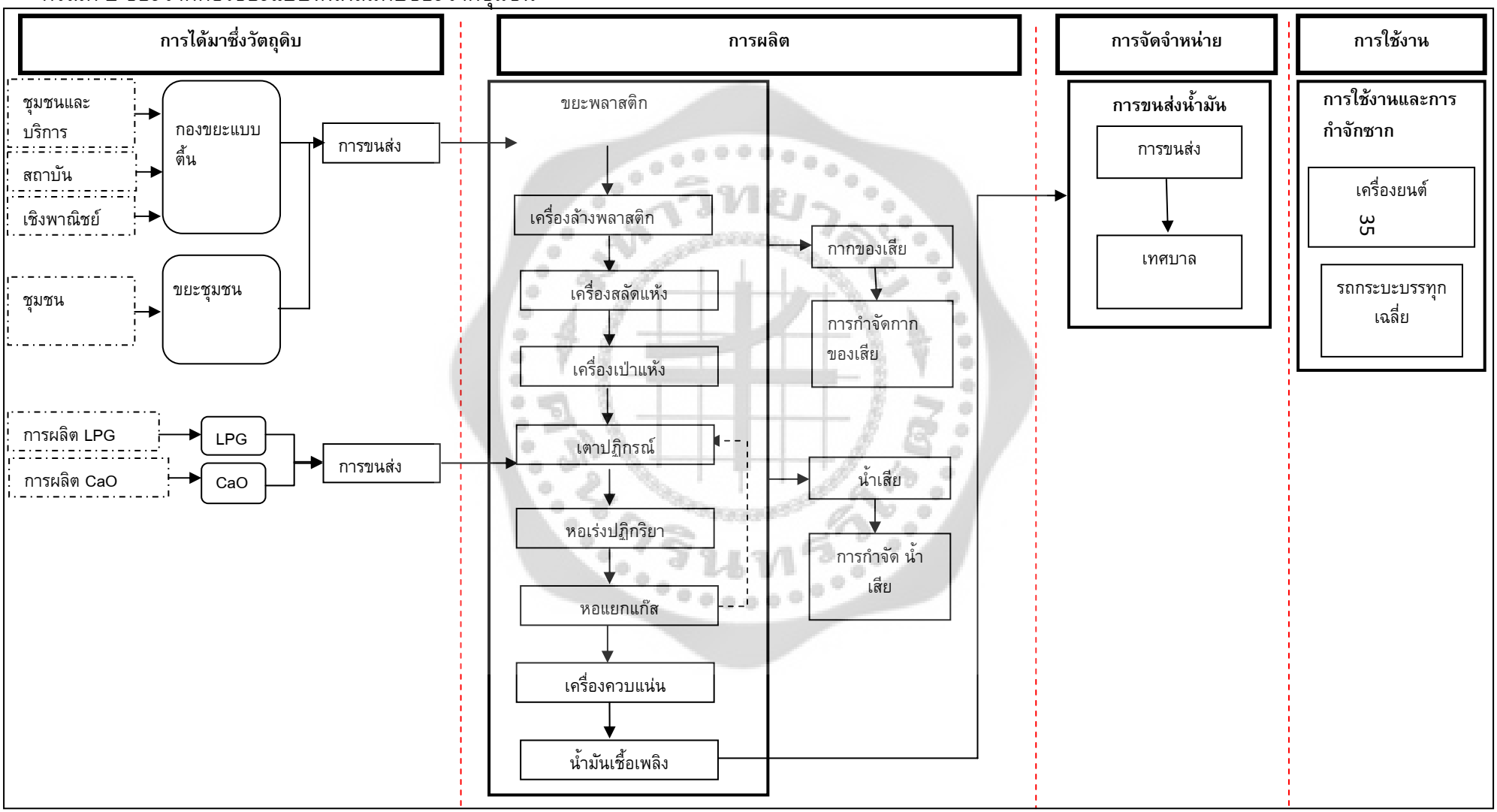
โดยวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการได้มาซึ่งวัตถุ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการจัดการซากหลังจากการใช้งาน

กรณีที่1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น



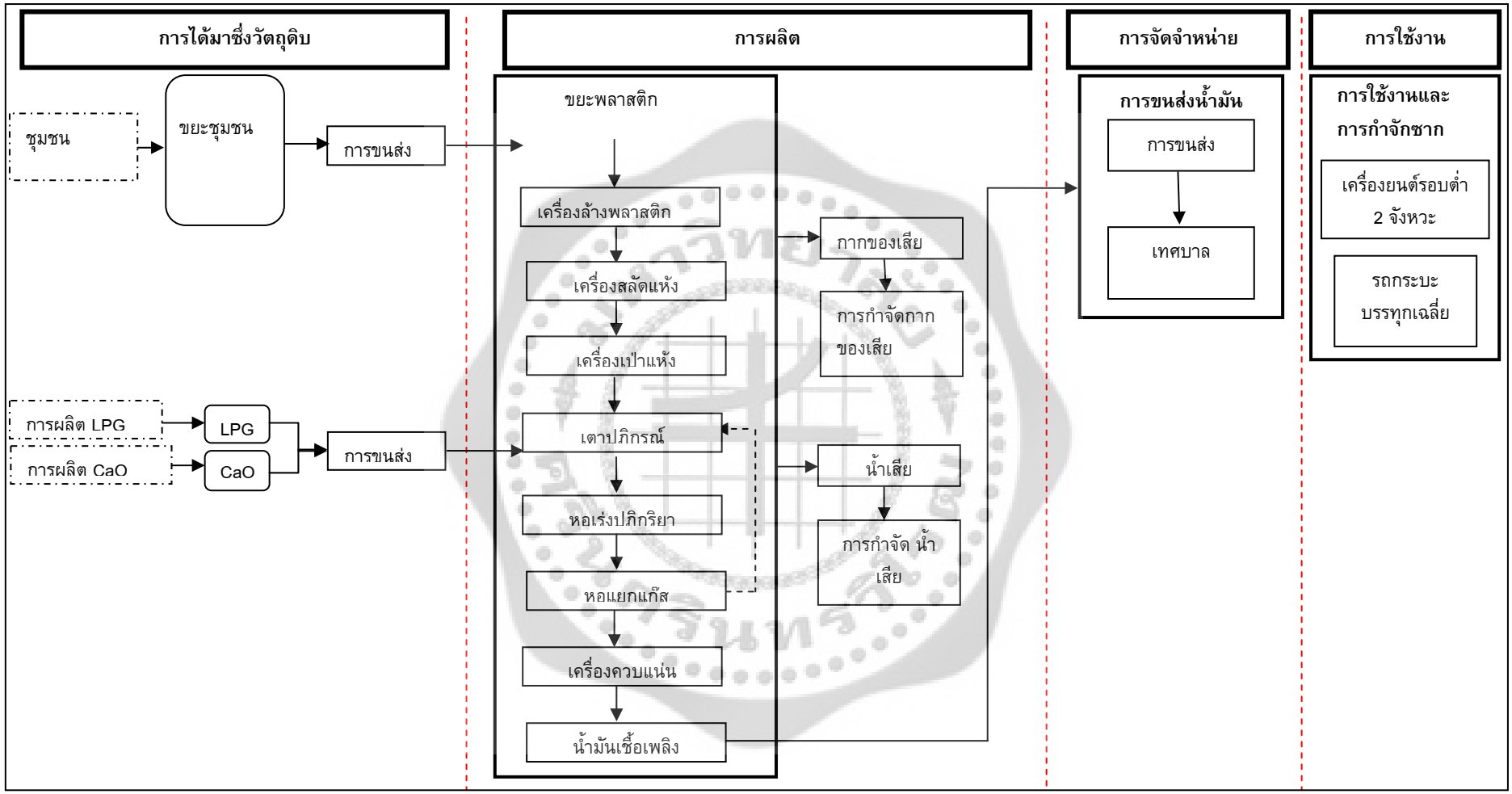
ภาพประกอบ 8 การประเมิน B2C ในกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น

กรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบดั้นผสมกับขยะจากชุมชน



ภาพประกอบ 9 การประเมิน B2C ในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบดั้นผสมกับขยะจากชุมชน

กรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน



ภาพประกอบ 10 การประเมิน B2C ในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

2. ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

- วัตถุดิบ

ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะรวมถึงตัววัตถุดิบทุกตัวที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยในกรณีที่มีวัตถุดิบซึ่งได้มาจากการใช้วัตถุที่เป็นวัตถุรีไซเคิล จำให้การได้มานั้นเป็นศูนย์ อาทิ เช่น พลาสติกรีไซเคิล ที่เกิดจากกระบวนการผลิต พลาสติกที่มาจากขยะจากการรับซื้อของเก่า เป็นต้น

- พลังงาน

ให้นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาและการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มารวมกับการปล่อยก๊าซที่เกิดจากระบบการจัดหาพลังงาน

- สินค้าทุน (capital goods)

ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุน

- ข้อกำหนดของการผลิตและการบริการ(manufacturing and service provision)

นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการภายในวัฏจักรของผลิตภัณฑ์มาคำนวณด้วย

- การปฏิบัติงานในพื้นที่ (operation of premises)

คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบแสงสว่าง ระบบความร้อน ระบบความเย็น การระบายอากาศ การควบคุมความชื้น การควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ณ สถานที่

- การขนส่ง

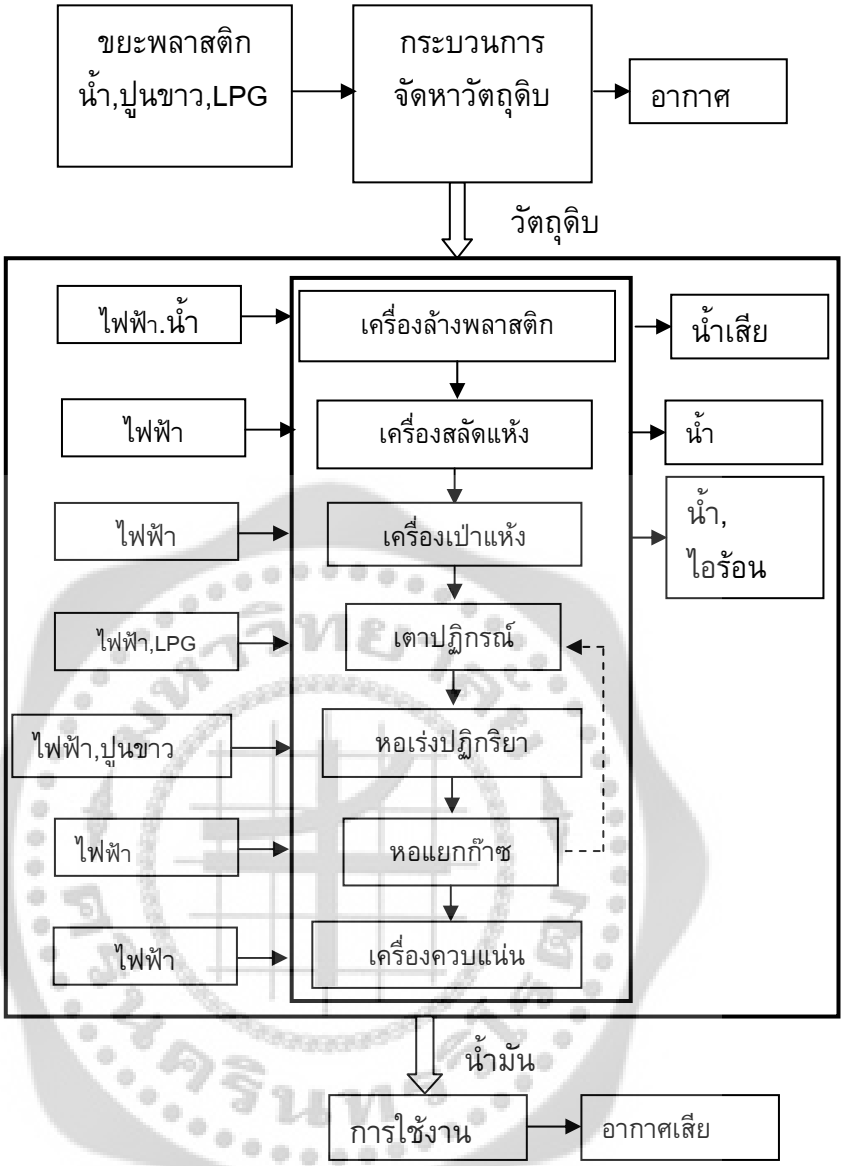
ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง และประเมินแบบ cradle to grave คำนวณจนถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

- บรรจุภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์จะละเว้นการคำนวณเนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม

- ขั้นตอนกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตผลิคภัณฑ์รวมถึงกระบวนการบรรจุ การกำจัดของเสียและการขนส่งภายในกระบวนการผลิต



ภาพประกอบ 11 ขอบเขตของระบบในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

สำหรับการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้น จะไม่ทำการศึกษาผลกระทบจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จัดเป็นต้นทุนคงที่ เช่น อาคารหรือโรงเรือน เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ เนื่องจากต้องการทราบผลกระทบที่จะเกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ทรัพยากร พลังงาน ในการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสเป็นหลัก (major impact) ส่วนผลกระทบที่เกิดจากส่วนที่ไม่นำมาคิดนั้นจัดเป็นผลกระทบรอง (minor impact) ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. ประเด็นที่ไม่กำหนดให้อยู่ในขอบเขตระบบ

กิจกรรมที่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

- พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ และ สำหรับการเตรียมกระบวนการ
- การเดินทางไปกลับของลูกค้า ณ จุดขาย
- สินค้าทุน สำนักงาน การวิจัยและพัฒนา การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ
- การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน
- การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

4. ช่วงการใช้งาน

ต้องคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์รวมถึงการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ cradle to grave ซึ่งข้อมูลการใช้ได้จากการทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ๊ท์ได้

5. หน่วยการทำงาน (functional unit)

หน่วยการวิเคราะห์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง เทียบเท่าน้ำมันดีเซล 1 ลิตร จากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

3.4 การทำบัญชีรายการ

ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการจะทำการเก็บข้อมูล โดยจะทำการเก็บข้อมูลในส่วนของคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลไปที่ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้

สำหรับข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (secondary data) สามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกกระบวนการดังตารางที่ 2

ตาราง 2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
กระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส	**ระบบของวงจรผลิตภัณฑ์**	**สารขาเข้า**
	-วัตถุดิบ	-พลังงาน
	-การผลิต	-น้ำ
	-การขนส่ง	-พลาสติก
	-การอุปโภค/บริโภค	-สารเคมี
	-การหมุนเวียนกลับมาใช้	**สารขาออก**
	-การกำจัดทิ้ง	-น้ำมัน
		-น้ำเสีย
		-ไอเสีย
		-กากของเสีย
		-ความร้อน

จากตารางบัญชีรายการ 2 สามารถจัดประเภทข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการในทุกๆ กระบวนการย่อยได้เป็น 3 กลุ่มสำหรับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังนี้

1. ชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการ
2. ชนิดและปริมาณของเชื่อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการ
3. ชนิดและปริมาณของเสียที่ออกจากกระบวนการ

ตาราง 3 ข้อมูลในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

สารขาเข้า(Input)	กระบวนการผลิต(Process)	สารขาออก(Output)
1. วัตถุดิบ - พลาสติก 6 ตัน **2. พลังงาน** - ก๊าซปิโตเลียมเหลว 1,400 กิโลกรัม - ไฟฟ้า 1,000 หน่วย **3. สารเคมี** - ปูนขาว 3 กิโลกรัม **4. ทรัพยากร** - น้ำ	ขยะพลาสติก ↓ เครื่องล้างพลาสติก ↓ เครื่องสลัดแห้ง ↓ เครื่องเป่าแห้ง ↓ เตาปฏิกรณ์ ↓ หอเร่งปฏิกริยา ↓ หอแยกแก๊ส	**1. น้ำมันจากกระบวนการไพโรไลซิส** - น้ำมันเบนซิน 1200 ลิตร - น้ำมันดีเซล 200 ลิตร **2. ก๊าซ** - คาร์บอนไดออกไซด์ - ไอเสีย **3. ของเสีย** - กาก - น้ำเสีย - ไอร้อน

บัญชีรายการในช่วงการใช้งาน

ในช่วงของการใช้งานนั้นได้กำหนดคุณภาพของน้ำมันโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 เป็นการทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของน้ำมัน และประเภทที่ 2 คือ การทดสอบคุณสมบัติในการทำงานของน้ำมันที่สามารถใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การทดสอบที่มีมาตรฐานเป็นตัวกำหนด เช่น การใช้มาตรฐานของ ASTM (American Society for Testing and Materials) หรือของ IP (Institute of Petroleum) (สถาบันวิจัยพลังงาน ,2551)

3.5 ขั้นตอนการประเมินผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับผลิตภัณฑ์ การแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์เป็นการสื่อสารระหว่างผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค ให้ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างชัดเจนซึ่งการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ ควรแสดงด้วยตัวเลข 3 หลัก การปัดเศษตัวเลขต้องเป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 929-2533 สำหรับสำหรับการประเมินแบบ cradle to grave ไม่ใช่แสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งงานวิจัยนี้จะแสดงไว้ในบทที่ 4 ผลการวิจัย ทำการศึกษาระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (unit process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยทำการเก็บข้อมูล คำนวณ และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์

3.6 แนวทางการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากจัดทำบัญชีรายการและวิเคราะห์ผลกระทบ นำค่าที่ได้มาแปลผลข้อมูลให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

โดยนำผลที่ได้จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสตั้งแต่ในช่วงกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการไพโรไลซิส การจัดจำหน่าย และการใช้งาน มาวิเคราะห์ผลกระทบจากค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส 1 ลิตร ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสาเหตุใดเป็นหลัก

2. วิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการ

โดยนำผลที่ได้จากการประเมินการใช้พลังงานตลอดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสตั้งแต่ในช่วงกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการไพโรไลซิส การจัดจำหน่าย และการใช้งาน มาวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำมันดีเซลจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส 1 ลิตร

3. หาแนวทางในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

เมื่อทราบถึงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และผลกระทบตั้งแต่ในช่วงกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการไพโรไลซิส การจัดจำหน่าย และการใช้งาน แล้วก็จะหาแนวทางและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกด้วยการจำลองภาพเหตุการณ์ของที่มาพลาสติกจาก 3 แหล่งคือ

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขยะ
2. ข้อมูลด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปน้ำมันจากขยะ
3. ค่า Emission factor

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

.ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปรผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบกราฟและตารางที่มีคำอธิบาย ดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น

ตอนที่ 2 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

ตอนที่ 3 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 กรณี

ตอนที่ 5 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติก

ตอนที่ 6 เปรียบเทียบผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 กรณี

ตอนที่ 7 การประเมินผลตอบแทนและการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิสเทียบเท่าน้ำมันดีเซล

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณขยะ

ตาราง 4 จังหวัดที่มีปริมาณขยะมูลฝอย 251-500 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ , 2551)

จังหวัด	ปริมาณขยะมูลฝอย ระหว่าง 251-500 (ตัน/วัน)
สงขลา	475.95
นครศรีธรรมราช	452.8
เชียงใหม่	430.15
ปทุมธานี	397.8
ขอนแก่น	330.74
อุดรธานี	321.97
สุราษฎร์ธานี	316.62
ระยอง	293.85
นครปฐม	285.17
สมุทรสาคร	271.22
อุบลราชธานี	252.3

องค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะจะเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล และพฤติกรรมทางเศรษฐกิจสังคม วิถีของชีวิตแต่ละชุมชนเมือง ขยะในจังหวัดต่าง ๆ จะมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกันไปแสดงในตารางที่ 5 ถึงตารางที่ 6

ตาราง 5 องค์ประกอบขยะชุมชน

องค์ประกอบ	ปริมณฑล กทม.	ภาคกลาง	ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เฉลี่ย
1.เศษอาหาร/ผัก/ผลไม้	55.09	54.04	53.38	58.83	56.26	55.52
2.กระดูก/เปลือกหอย	0.59	0.24	0.59	0.26	0.43	0.42
3.กระดาษ	9.12	7.54	8.27	8.93	7.22	8.21
4.พลาสติก	18.24	25.49	22.36	16.88	21.55	20.90
5.โลหะ	1.63	1.46	1.86	1.29	2.15	1.68
6.แก้ว	3.96	1.95	4.23	8.73	3.42	4.46
7.ไม้/กิ่งไม้	2.27	2.13	2.59	1.76	2.12	2.17
8.ยาง	1.57	0.14	0.00	0.51	0.38	0.52
9.หนัง	0.40	0.01	0.59	0.17	0.00	0.24
10.ผ้า	1.93	1.97	1.69	1.29	1.79	1.74
11.เซรามิก/หิน/กระเบื้อง	0.51	0.51	0.00	0.00	0.26	0.26
12.สารพิษ/สารอันตราย	0.55	1.56	0.86	0.08	0.59	0.73
13.ผ้าอ้อม/ ผ้าอนามัย/กระดาษทิชชู	1.00	0.06	0.00	0.60	0.06	0.33
14.อื่น ๆ (เศษดิน/ผง/ไม่สามารถระบุได้)	2.29	0.29	0.00	0.66	0.00	0.63
ความหนาแน่นขยะชุมชน (กก./ลบ.ม.)	197.96	197.50	227.75	181.13	212.33	203.33

ที่มา: กระทรวงพลังงาน 2554

ตาราง 6 องค์ประกอบขยะชุมชนที่สามารถเผาไหม้ได้

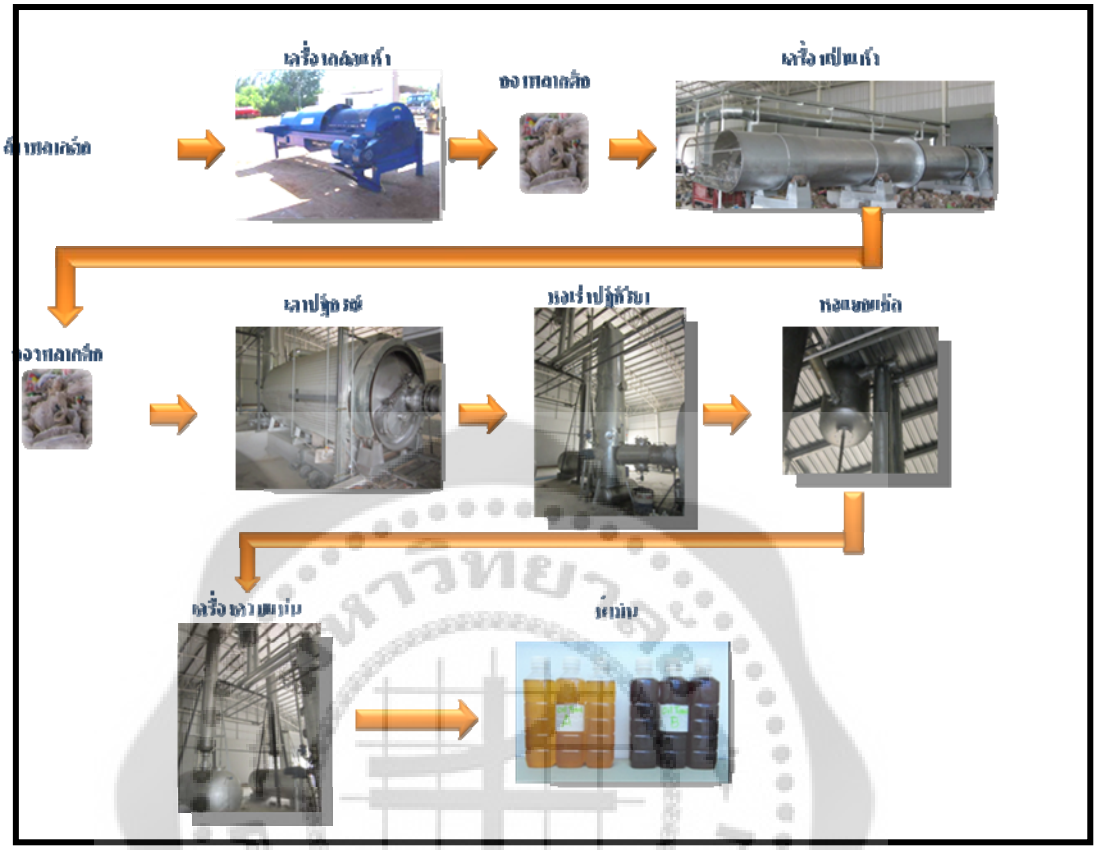
องค์ประกอบ	ปริมณฑล กทม.	ภาคกลาง	ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เฉลี่ย
1.เศษอาหาร/ผัก/ผลไม้	55.09	54.04	53.38	58.83	56.26	55.52
3.กระดาษ	9.12	7.54	8.27	8.93	7.22	8.21
-กระดาษขาว(A4)/สมุดเล่ม	1.63	1.04	1.04	2.26	1.48	1.49
-หนังสือพิมพ์	2.24	3.47	3.77	2.61	2.02	2.80
-นิตยสาร/หนังสือ/แผงขนม	0.88	0.69	2.00	0.21	1.41	1.04
-กระดาษกล่อง	2.47	1.76	1.66	2.64	1.99	2.10
-เศษกระดาษสกปรก/อื่นๆ	1.91	0.69	0.42	1.31	0.32	0.91
4.พลาสติก	18.24	25.49	22.36	16.88	21.55	20.90
-PET (กันเชื่อมเป็นจุด/ขวดน้ำอัดลม/น้ำมันพืช/น้ำดื่ม)	0.87	0.99	0.94	0.31	0.41	0.70
-HDPE (ขวดน้ำขุ่น/ขวดนม/ถุงช้อปปิ้ง/ขวดโลชั่น/แชมพู)	8.71	13.45	6.94	7.03	10.33	9.29
-PVC (ก้นเชื่อมเป็นขีด/น้ำดื่มใส/ขวดน้ำผลไม้)	0.95	0.74	0.30	0.81	1.30	0.82
-LDPE (ถุงซิป/ถุงเย็น/จุกใน/ยาสีฟัน/ขวดน้ำเกลือ)	1.21	0.60	3.58	1.10	1.07	1.51
-PP (ฝาภาชนะ/ถุงร้อน/หลอด/ถ้วยพลาสติกร้อน)	4.55	7.79	7.75	6.80	7.36	6.85

ตาราง 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมณฑล กทม.	ภาคกลาง	ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เฉลี่ย
- PS (กล่องใส่CD/เทปฝVDO/กระถางต้นไม้)	0.92	1.66	1.77	0.49	0.86	1.14
- ถุงพลาสติกสกปรก /อื่น ๆ	1.03	0.26	0.00	0.33	0.21	0.37
7.ไม้/กิ่งไม้	2.27	2.13	2.59	1.76	2.12	2.17
8.ยาง	1.57	0.14	0.00	0.51	0.38	0.52
9.หนัง	0.40	0.01	0.59	0.17	0.00	0.24
10.ผ้า	1.93	1.97	1.69	1.29	1.79	1.74
13.ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย/ กระดาษทิชชู	1.00	0.06	0.00	0.60	0.06	0.33
รวมส่วนที่เผาไหม้ได้ (ร้อยละ)	**89.63**	**91.38**	**88.87**	**88.98**	**89.32**	**89.64**

ที่มา: กระทรวงพลังงาน 2554

4.2 ข้อมูลด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปน้ำมันจากขยะ



ภาพประกอบ 12 ขั้นตอนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง

ภาพประกอบ 12 แสดงขั้นตอนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการล้างพลาสติก เครื่องสลัดพลาสติก เครื่องสลัดแห้งจะทำการสลัดหรือปั่นพลาสติกให้น้ำออก โดยอาศัยการหมุนของโรเตอร์ จากนั้นพลาสติกจะถูกลำเลียงเข้าโดยเครื่องป้อนเข้าเครื่องเป่าแห้ง จะทำการป้อนพลาสติกเข้าสู่ เครื่องเป่าแห้งโดยมีลักษณะของการป้อนเข้าแบบสกรู จากนั้นพลาสติกจะเคลื่อนสู่เครื่องเป่าแห้งพลาสติก ซึ่งเครื่องเป่าแห้งจะทำงานโดยการพาความร้อน โดยมีพัดลมดูดอากาศทำหน้าที่ดูดความร้อนที่ได้จากเตาปฏิกรณ์ เข้าไปยังปล่องของเครื่องเป่าแห้ง เป็นการประหยัดพลังงานในการให้ความร้อน ซึ่งพลาสติกที่ได้จะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จากนั้นพลาสติกจะถูกนำเข้าเครื่องป้อนเข้าเตาปฏิกรณ์ ซึ่งจะต้องใช้สายพานในการลำเลียงเศษพลาสติกพลาสติกจะถูกนำเข้าเครื่องป้อนเข้าเตาปฏิกรณ์ ในการลำเลียงเศษพลาสติกเข้าไปนั้นจะต้องไม่ให้มีอากาศเข้าไป จึงต้องใช้การลำเลียงแบบขันสกรูเมื่อเศษพลาสติกถูกนำเข้าเตาปฏิกรณ์ถูกทำให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ ที่เตาปฏิกรณ์มีปลอกทำการครอบเตาปฏิกรณ์เพื่อรักษาอุณหภูมิความร้อนของก๊าซและนำเอาความร้อนไปจ่ายให้กับเครื่องเป่าแห้งส่วนกากคาร์บอนในเตาปฏิกรณ์จะถูกลำเลียงออกมาโดยเครื่องนำกากคาร์บอนออกจากเตาปฏิกรณ์ ซึ่ง

การลำเลียงจะเป็นแบบสกรูเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า จากนั้นหอเร่งปฏิกิริยาจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาของก๊าซ เพื่อที่จะให้เกิดเป็นเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆก๊าซบางส่วนที่อยู่ภายในหอเร่งปฏิกิริยาจะถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลว แล้วตกลงมายังถังเก็บน้ำมันตกค้างหอแยกก๊าซจะทำหน้าที่แยกก๊าซออกเป็น 2 ทางเพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่นซึ่งมีอยู่ 2 เครื่องเมื่อก๊าซถูกแยกจ่ายเป็นสองทางจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่นและใช้น้ำจากหอหล่อเย็น ผ่านเข้าไป เพื่อทำการควบแน่น ทำให้ก๊าซกลายเป็นของเหลวเมื่อก๊าซถูกควบแน่นเป็นน้ำมันแล้ว จะถูกส่งไปเก็บที่ถังเก็บน้ำมัน โดยจะมี ปั๊มสำหรับสูบน้ำมันออกมาเมื่อก๊าซที่ยังควบแน่นไม่หมดจะถูกส่งเข้าถังน้ำป้องกันก๊าซออกจากระบบ ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ก๊าซที่จ่ายไปเผาย้อนกลับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้จากเตาปฏิกรณ์ กับอากาศภายนอกเพื่อส่งไปให้ความร้อนกับเครื่องเป่าแห้งเครื่องบำบัดอากาศจะทำหน้าที่บำบัดอากาศที่ได้จากการเผาไหม้โดยการฉีดน้ำเพื่อดักจับเขม่าควัน ก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอกหอหล่อเย็นจะทำหน้าที่จ่ายน้ำไปยังเครื่องควบแน่น เพื่อทำการควบแน่นก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงจนกระทั้งได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันออกมา

งานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลที่แท้จริงพร้อมทั้งคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง รวมทั้งการทำลาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และประเมินมูลค่าน้ำมันที่ได้จากเทคโนโลยีไพโรไลซิสเทียบเท่าน้ำมันดีเซล

4.1 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น

ตาราง 7 บัญชีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้น

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ (raw material)**					
	ขยะพลาสติกจากกองขยะ	ton		6	3.027	18.162
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		120	0.0264	3.168
	ปูนขาว	kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวมา	ton-km	31	1844.5	0.0833	153.647
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวกลับ	ton-km	25	1487.5	0.4882	726.198
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					998.535

ตาราง 7 (ต่อ)

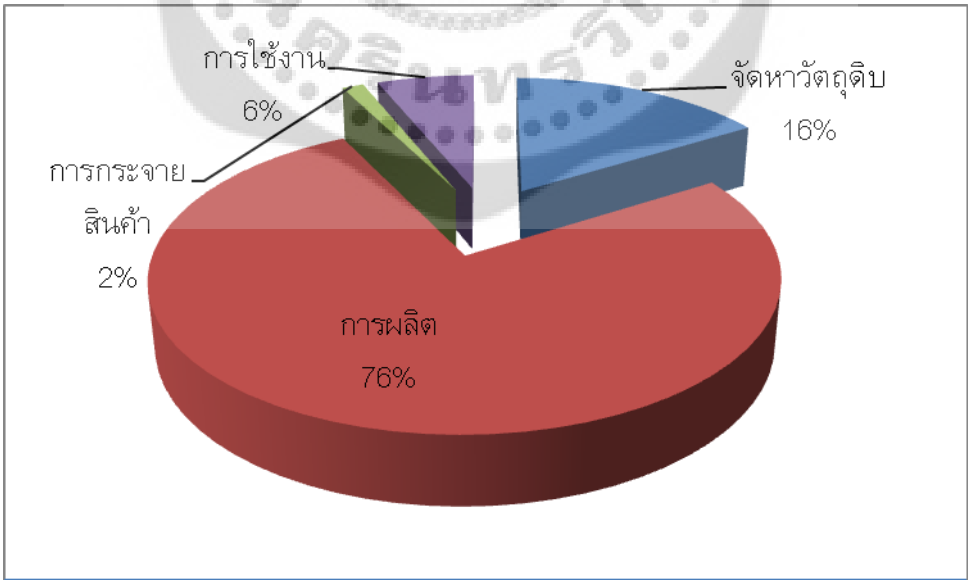
ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO2 e	คำนวณ
2	**การผลิต (production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิน	l		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	l		200	2.708	541.600
	CO_2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m^3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.28
3	**การกระจายสินค้า (distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206
4	**การใช้งาน(usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/l		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/l		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					6176.953

จากตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินรายละเอียดปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น มีการเก็บข้อมูลที่แท้จริงพร้อมทั้งคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้น ซึ่งรูปแบบการประเมิน Business to Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์จากกิจกรรมต่างๆทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง แสดงข้อมูลผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในตารางที่ 8

ตาราง 8 ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก
จากกองขยะแบบตื้น

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO_2e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ (raw material)	998.535
การผลิต (production)	4714.281
การกระจายสินค้า (distribution)	84.206
การใช้งาน (usage)	379.931

ตารางที่ 8 แสดงผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 1 จากกองขยะแบบตื้น ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง ของกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน ค่าการผลิตจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดคือ 4714.281 kg CO_2e/batch สาเหตุโดยขั้นตอนการควบแน่นน้ำมันเบนซินในส่วนการผลิตค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดถึง 2627.520 kg CO_2e/batch ได้แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก
จากกองขยะแบบตื้น

ภาพประกอบ 13 แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการกระจายสินค้าคิดเป็นร้อยละ 2 การจัดหาวัตถุดิบร้อยละ 16 การใช้งานร้อยละ 6 การผลิตมีปริมาณสูงร้อยละ 76 จากข้อมูลดังกล่าว สาเหตุมาจากกระบวนการควบแน่นน้ำมันเบนซินมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด 2627.520 kg CO_2e /batch จึงทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตมีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ

4.2 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

ตาราง 9 บัญชีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ (raw material)**					
	ขยะพลาสติกจากกองขยะ	ton		3	3.027	9.081
	ขยะพลาสติกจากชุมชน	ton		3	2.027766667	6.083
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		90	0.0264	2.376
	ปูนขาว	Kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวมา	ton-km	28	1666	0.0833	138.778
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวกลับ	ton-km	25	1487.5	0.4882	726.198
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวมา	ton-km	4.8	105.6	0.1613	17.033
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	39.6	0.3718	14.723
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					1011.633

ตาราง 9 (ต่อ)

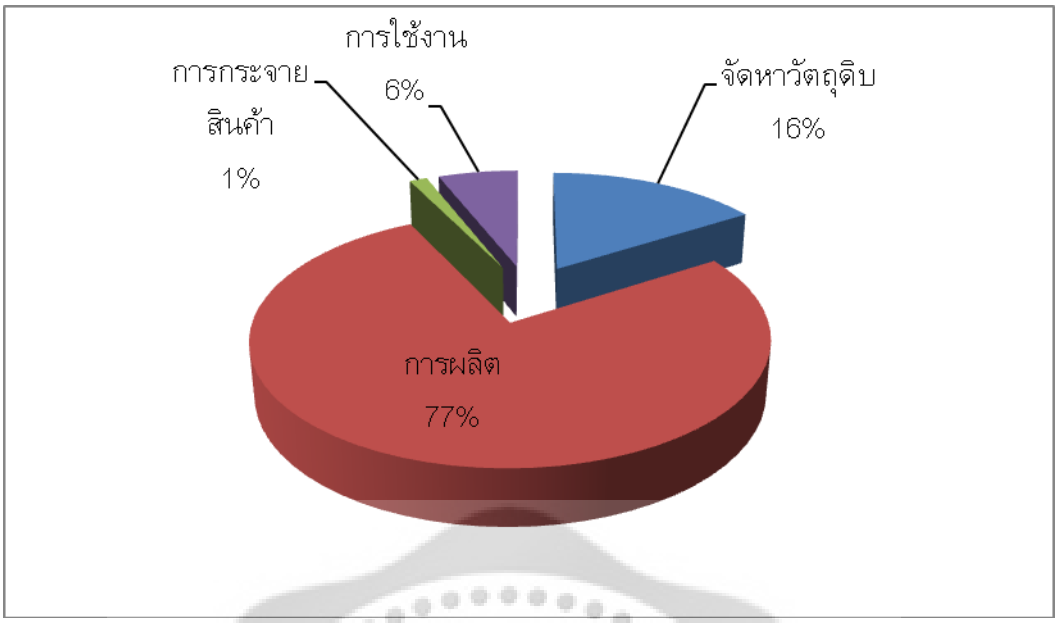
ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
2	**การผลิต (production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิล	l		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	l		200	2.708	541.600
	CO_2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m^3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.281
3	**การกระจายสินค้า (distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206
4	**การใช้งาน (usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ 2 จังหวะ	km/l		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/l		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					6189.655

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน มีการเก็บข้อมูลที่แท้จริงพร้อมทั้งคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel โดยคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้น ซึ่งรูปแบบการประเมิน Business to Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์จากกิจกรรมต่างๆ ทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง แสดงข้อมูลผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในตารางที่ 10

ตาราง 10 ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO_2 e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ (raw material)	1011.633
การผลิต (production)	4714.281
การกระจายสินค้า (distribution)	84.206
การใช้งาน (usage)	379.931

ตารางที่ 10 แสดงผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 2 จากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง ของกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน พบว่ามีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันทั้งกรณีที่1 และกรณีที่ 2 ในส่วนของการผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานคือ 4714.281 Kg CO_2e 84.206 Kg CO_2e และ 379.9313 Kg CO_2e ตามลำดับจากข้อมูลดังกล่าว พบว่าสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่างกันคือ กระบวนการจัดหาวัตถุดิบมีความแตกต่างกันจากแหล่งของขยะ โดยพบว่าค่าการผลิตจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดคือ 4714.281 kg CO_2e/batch แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นแสดงในภาพประกอบ14



ภาพประกอบ 14 สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

ภาพประกอบ14 แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการกระจายสินค้าคิดเป็นร้อยละ 1 การจัดหาวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 16 การใช้งานคิดเป็นร้อยละ 6 และการผลิตมีปริมาณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงคิดเป็นร้อยละ 77 จากข้อมูลดังกล่าว จึงทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตมีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ

4.3 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

ตาราง 11 บัญชีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะชุมชน

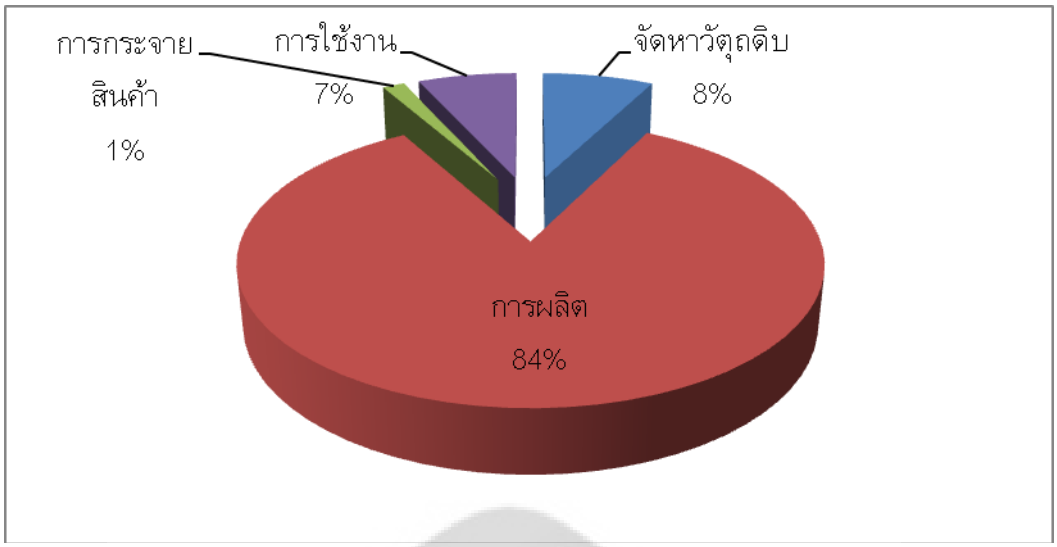
ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ (raw material)**					
	ขยะพลาสติกจากชุมชน	ton		6	2.0277	12.167
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		60	0.0264	1.584
	ปูนขาว	kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวมา	ton-km	31	682	0.1613	110.007
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวกลับ	ton-km	25	550	0.3718	204.490
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					425.608
2	**การผลิต (production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิล	l		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	l		200	2.708	541.600
	CO_2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m^3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.281
3	**การกระจายสินค้า (distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206
4	**การใช้งาน (usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/l		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/l		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					5604.422

ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน มีการเก็บข้อมูลที่แท้จริงพร้อมทั้งคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้น ซึ่งรูปแบบการประเมิน Business to Consumer (B2C) เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดซากผลิตภัณฑ์จากกิจกรรมต่างๆ ทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง แสดงข้อมูลผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในตารางที่ 12

ตาราง 12 ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะชุมชน

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO_2 e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ (raw material)	425.608
การผลิต (production)	4714.281
การกระจายสินค้า (distribution)	84.206
การใช้งาน (usage)	379.931

ตารางที่ 12 แสดงผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะชุมชนค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ทั้งทางการใช้พลังงาน การขนส่ง ของกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน พบว่ามีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันทั้ง 3 กรณีในส่วนของการผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานคือ 4714.281 Kg CO_2e 84.206 Kg CO_2e และ 379.9313 Kg CO_2e ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าว พบว่าสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่างกันคือกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ โดยค่าการผลิตจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดคือ 4714.281 kg CO_2e /batch ได้แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในภาพประกอบ15



ภาพประกอบ 15 สัดส่วนร้อยละคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากขยะชุมชน

ภาพประกอบ15 แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการกระจายสินค้าคิดเป็นร้อยละ 1 การจัดหาวัตถุดิบร้อยละ 8 การใช้งานร้อยละ 7 การผลิตมีปริมาณสูงร้อยละ 84 และพบว่ากระบวนการควบแน่นน้ำมันเบนซินมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด 2627.52 kg CO_2e/batch จึงทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตมีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ

4.3 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 กรณี

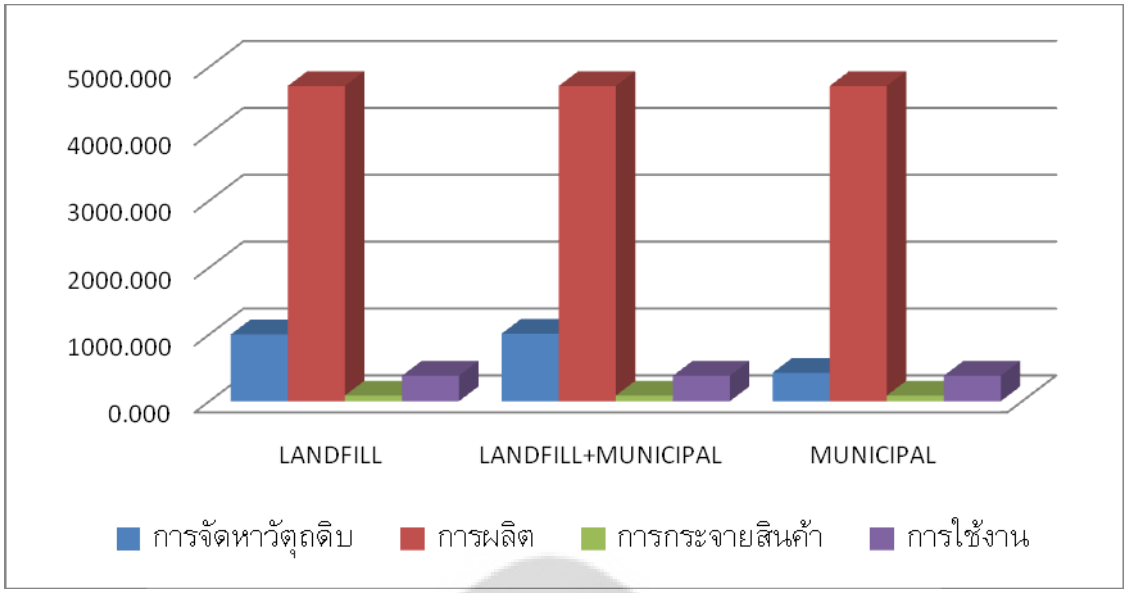
ผลการเปรียบเทียบปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กรณีแสดงในตารางที่ 12

ตาราง 12 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งาน จำแนกตามกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากแหล่งที่มาของขยะพลาสติก

กิจกรรม	กองขยะแบบตื้น (kg CO_2e/batch)	กองขยะแบบตื้น+ขยะชุมชน (kg CO_2e /batch)	ขยะชุมชน (kg CO_2e /batch)
การจัดหาวัตุถดิบ	998.535	1011.237	426.004
การผลิต	4714.281	4714.281	4714.281
การกระจายสินค้า	84.206	84.206	84.206
การใช้งาน	379.931	379.931	379.931

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานมีผลต่อค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกทั้ง 3 แหล่งพบว่า การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งาน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากันแต่ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบที่เกิดขึ้น 3 แหล่งมีค่าที่แตกต่างกัน คือกรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้นกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 998.535 kg CO_2e /batch กรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชนกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 1011.237 kg CO_2e /batch

กรณีที่ 3 ขยะจากกองขยะแบบตื้นกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยสุด 426.004 kg CO_2e / batch ดังแสดงในภาพประกอบ16



ภาพประกอบ 16 เปรียบเทียบ คาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งาน จาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของขยะพลาสติก

ภาพประกอบ 16 เปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการผลิตสูงกว่าการจัดหาวัตถุดิบ การกระจายสินค้า และการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจากทั้ง 3 แหล่ง พบว่า การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน จะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันทั้ง 3 กรณี คือ 4714.281 Kg CO_2e 84.206 Kg CO_2e และ 379.9313 Kg CO_2e สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่างกันคือกระบวนการจัดหาวัตถุดิบ

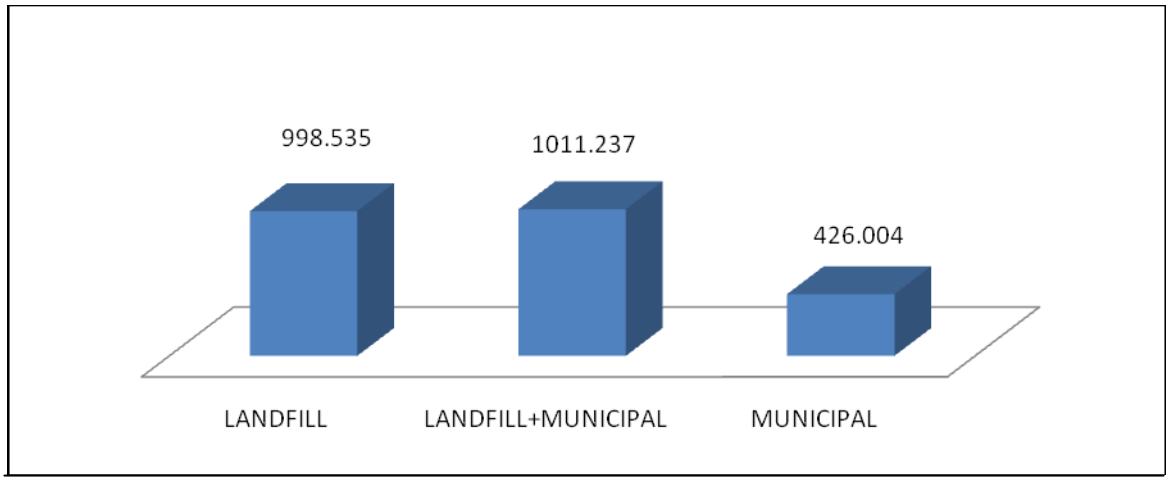
4.5 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติก

การเปรียบเทียบการจัดหาวัตถุดิบที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจาก 3 แหล่งแสดงในตารางที่ 40

ตาราง 14 คาร์บอนฟุตพริ้นท์การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจำแนกตามแหล่งที่มาของขยะพลาสติก

การจัดหาวัตุถดิบ	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์(kg CO_2e/ batch)
1. กองขยะแบบตื้น	998.535
2. กองขยะแบบตื้น+ขยะชุมชน	1011.633
3. ขยะชุมชน	425.608

จากตารางที่ 14 ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดหาวัตถุดิบที่เกิดขึ้นจาก 3 กรณีมีค่าที่ต่างกันคือ กรณีที่ 1 ขยะจากกองขยะแบบตื้นกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 998.535 kg CO_2e /batch และมีการขนส่งขยะจากกองขยะไป-กลับรวม 864.976 kg CO_2e /batch กรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชนกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดถึง 1011.633 kg CO_2e /batch และส่วนที่เป็นตัวแปรสำคัญในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือการขนส่งขยะซึ่งในกรณีที่ 2 ต้องมีการขนส่งขยะจากกองขยะไป-กลับรวม 864.976 kg CO_2e /batch และขนส่งขยะจากชุมชนไป-กลับรวม 31.756 kg CO_2e/batch และกรณีที่ 3 ขยะจากกองขยะแบบตื้นกิจกรรมการจัดหาวัตถุดิบ ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 425.608 kg CO_2e /batch และขนส่งขยะจากชุมชนไป-กลับรวม 31.756 kg CO_2e /batch แสดงในภาพประกอบ17



ภาพประกอบ 17 เปรียบเทียบการจัดหาวัตถุดิบ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จาก 3 แหล่งที่มาของขยะพลาสติก

ภาพประกอบ 17 แสดงผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติกพบว่าการนำขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชนมาใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด 1011.633 kg CO_2e /batch ค่าการปลดรองลงมาคือขยะพลาสติกจากกองขยะแบบตื้นมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 998.535 kg CO_2e /batch และขยะพลาสติกจากชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยที่สุด 425.608 kg CO_2e /batch และค่าที่ส่งผลให้ค่าการปลดปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้ง 3 กรณีแตกต่างกันคือจากกรณีที่1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกองขยะ 18.162 kg CO_2e /batch รถขนขยะจากกองขยะ 879.845 kg CO_2e /batch จากกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขยะพลาสติกจากกองขยะ 9.081 kg CO_2e /batch รถขนขยะจากกองขยะ 864.976 kg CO_2e /batch ขยะพลาสติกจากชุมชน 6.0833 kg CO_2e /batch รถขนขยะจากชุมชน 31.756 kg CO_2e /batch จากกรณีที่3 ขยะจากชุมชน ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากขยะพลาสติกจากชุมชน12.1666 kg CO_2e /batch รถขนขยะจากชุมชน 314.497 kg CO_2e /batch

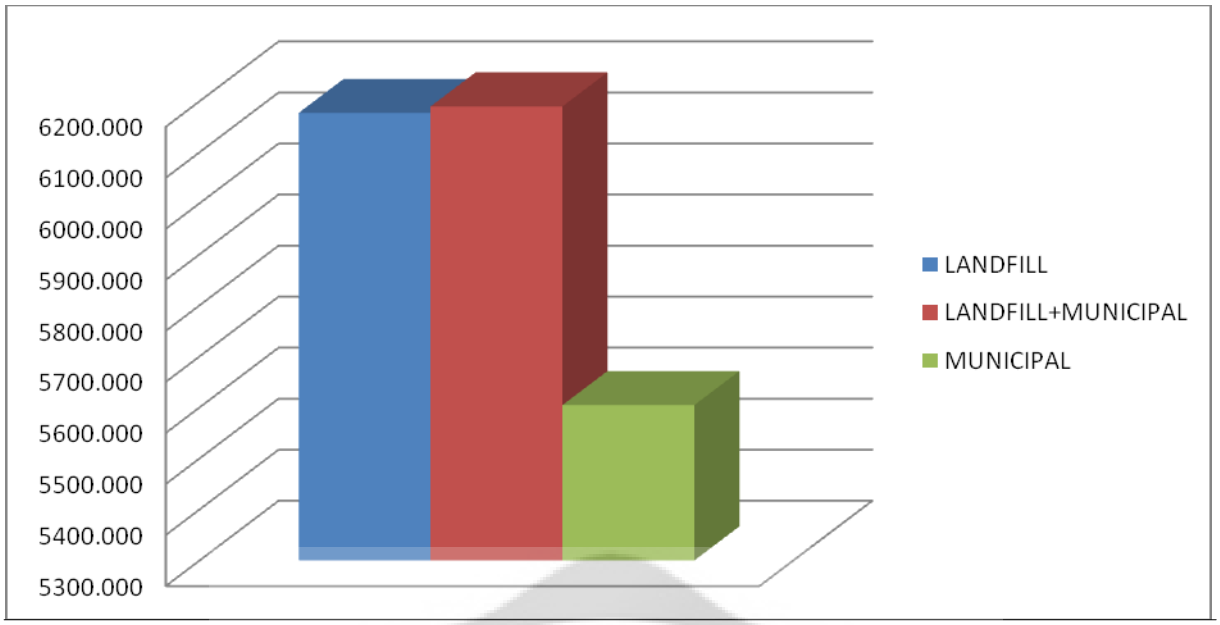
4.6 เปรียบเทียบผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 กรณี

เปรียบเทียบผลรวมทั้งหมดที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจาก 3 แหล่งที่มาของขยะพลาสติกแสดงในตารางที่ 15

ตาราง 15 ผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจำแนกตามแหล่งที่มาของขยะพลาสติก

กิจกรรม	กองขยะแบบตื้น (kg CO_2e/ /batch)	กองขยะแบบตื้น+ขยะชุมชน (kg CO_2e /batch)	ขยะชุมชน (kg CO_2e /batch)
การจัดหาวัตุถดิบ	998.535	1011.237	426.004
การผลิต	4714.281	4714.281	4714.281
การกระจายสินค้า	84.206	84.206	84.206
การใช้งาน	379.931	379.931	379.931
รวมทั้งสิ้น	6176.953	6189.655	5604.422

ตารางที่ 15 ผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติกจำแนกตามแหล่งที่มาของขยะพลาสติกพบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรณีที่ 3 ขยะที่มาจากชุมชนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่ำที่สุด รองลงมาคือค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกรณีที่ 1 ขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้น และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของกรณีที่ 2 ขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ18



ภาพประกอบ 18 เปรียบเทียบผลรวมการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจาก 3 กรณี

ภาพประกอบ18 พบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะที่มาจากชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่ำที่สุดคือ 5604.422 kg CO_2e/batch ส่วนขยะทีมาจากบ่อขยะแบบตื้น มีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 6176.953 kg CO_2e/batch และขยะทีมาจากบ่อขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 6189.655 kg CO_2e/batch สาเหตุมาจากแหล่งที่มาซึ่งส่งผลต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตสูงกว่าอีก 2 กรณี

อีกทั้งค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบเท่าลิตรของน้ำมันดีเซลของขยะที่มาจากชุมชนมีค่าต่ำที่สุด 28.022 kg CO_2e/ลิตร ส่วนขยะที่มาจากบ่อขยะแบบตื้น มีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 30.884 kg CO_2e/ลิตร และขยะที่มาจากบ่อขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 30.984 kg CO_2e/ลิตร

4.7 การประเมินผลตอบแทนและการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

ระบบจัดการคัดแยกขยะ (Front End System)

- การแปรรูปขยะเป็นน้ำมันโดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิส
- กำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 6 ตันพลาสติก/วัน
- ได้น้ำมันไม่น้อยกว่า 4,500 ลิตร/วัน
- น้ำมันที่ผลิตได้มีความร้อนไม่ต่ำกว่า 34.5 MJ/kg
- ทดสอบการผลิตน้ำมันได้เต็มกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 240 ชม.

งบประมาณโครงการฯ รวมทั้งสิ้น 94.6 ล้านบาท

- ระบบคัดแยกขยะมูลฝอย 14 ล้านบาท
- ระบบแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน 72 ล้านบาท
- ค่าที่ปรึกษา 8.6 ล้านบาท

ส่วนที่ กองทุนฯ สมทบงบประมาณ 30.1 ล้านบาท

1) สมทบค่าจ้างที่ปรึกษาออกแบบ 8.6 ล้านบาท
(10% ของเงินลงทุนระบบคัดแยก และแปรรูปฯ)

2) สมทบค่าลงทุนก่อสร้างติดตั้งโรงงาน 21.5 ล้านบาท
(25% ของเงินลงทุนระบบคัดแยก และแปรรูปฯ)

ตาราง 16 รายจ่ายในการประเมินการลงทุนระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

รายการ	**ปริมาณ**	**ราคา**	**รวมราคา**
ขยะพลาสติก	6,000 กิโลกรัม	2.5 บาท/กิโลกรัม	15,000 บาท
ปูนขาว	3 กิโลกรัม	73.33 บาท/กิโลกรัม	220 บาท
ก๊าซแอลพีจี	1,400 กิโลกรัม	17.3 บาท/กิโลกรัม	24,220 บาท
ค่าไฟฟ้า	1,000 หน่วย	3.219 บาท/หน่วย	3,219 บาท
รวมทั้งสิ้น			42,659 บาท

หมายเหตุ รายจ่ายไม่รวมค่าแรงงาน และค่าการขนส่งวัตถุดิบ

ตาราง 17 รายรับจากการขายน้ำมันเชื้อเพลิงจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส

รายการ	**ปริมาณ**	**ราคา**	**รวมราคา**
น้ำเบนซิน	1,200 ลิตร	20 บาท/ลิตร	24,000 บาท
น้ำมันดีเซล	200 ลิตร	18 บาท/ลิตร	3,600 บาท
รวมทั้งสิ้น	-	-	27,600 บาท

จากตาราง 16 และ ตาราง 17 การประเมินผลตอบขั้นต้นก่อนการดำเนินโครงการจะมีการผลิตน้ำมันได้ได้น้ำมันไม่น้อยกว่า 4,500 ลิตร/วัน และราคาขายน้ำมันหน้าโรงงานประมาณ 18-20 บาท/ลิตร ซึ่งในหนึ่งรอบการผลิตจะได้รับผลตอบแทนจากการจำหน่ายน้ำมัน 81,000 – 90,000 บาท ซึ่งในขั้นการผลิตจริงจะได้น้ำมันเชื้อเพลิงเพียง 1,400 ลิตร/วัน ซึ่งราคาขายน้ำมันหน้าโรงงานประมาณ 18-20 บาท/ลิตร ในหนึ่งรอบการผลิตจะได้รับผลตอบแทนจากการจำหน่ายน้ำมัน 27,600 บาท โครงการไพโรไลซิสนี้มีต้นทุนสูงสุดจากค่าแรงงาน และค่าปิโตเลียมเหลว ส่วนรายได้หลักมาจากการ

จำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งรายได้ส่วนนี้เป็นรายได้ที่สำคัญมากเมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ พบว่ามีต้นทุนการผลิตสูงกว่ารายได้ที่เข้ามาในโครงการ จึงทำให้มีผลตอบแทนในโครงการต่ำ ทั้งนี้พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงการคือ วัตถุดิบซึ่งเป็นขยะพลาสติกมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะผลิต โดยในการผลิตในหนึ่งรอบต้องใช้ขยะพลาสติกถึง 6,000 กิโลกรัม/รอบการผลิต จึงต้องมีค่าใช่จ่ายในการรับซื้อขยะพลาสติกในราคา 2.50 บาท/กิโลกรัม รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 15,000 บาท ซึ่งควรจะลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซื้อพลาสติก 6,000 กิโลกรัม เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต หรือทำการรณรงค์ขอความร่วมมือในการแยกขยะจากบ้านเรือนและชุมชน

ซึ่งการศึกษาการจำลองแหล่งที่มาของวัตถุดิบพบว่า กรณีที่ 3 ขยะที่มากจากชุมชนมีการปลดปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 426.004 kg CO_2e ซึ่งน้อยกว่า กรณีที่ 1 ขยะที่มาจากกองขยะแบบดั้น 998.535 kg CO_2e ส่วนกรณีที่ 2 ขยะที่มากจากกองขยะแบบดั้นผสมกับขยะที่มากจากชุมชนมีค่าการปลดปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุด สาเหตุมาจากการขนส่งขยะ ซึ่งมีการขนส่งขยะที่มาจาก 2 แหล่งจึงทำให้ค่าการปลดปล่อยสูงถึง 1011.237 kg CO_2e

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก พบว่ากิจกรรมต่างๆ ทั้งทางการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน รวมถึงการใช้พลังงาน การขนส่ง และการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะที่มาจากชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดต่ำที่สุดคือ 28.022 Kg CO_2e /ลิตร ส่วนขยะที่มาจากบ่อขยะแบบตื้น มีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 30.884 Kg CO_2e /ลิตร และขยะที่มาจากบ่อขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชนมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 30.984 Kg CO_2e /ลิตร ซึ่งทั้ง 3 กรณี การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน จะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากันทั้ง 3 กรณีคือ 4714.281 Kg CO_2e 84.206 Kg CO_2e 379.9313 Kg CO_2e ตามลำดับ

สิ่งที่ทำให้เกิดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่างกันคือการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 แหล่งที่มาของพลาสติกซึ่งขยะที่มาจากกรณีที่ 2 คือขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะที่มาจากชุมชนจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ 1011.237 Kg CO_2e รองลงมาคือกรณีที่ 1 ขยะที่มาจากกองขยะแบบตื้นจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ 998.535 Kg CO_2e และกรณีที่ 3 คือขยะที่มาจากชุมชนจะมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดคือ 426.004 Kg CO_2e ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการไพโรไลซิส

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำมาใช้เสนอแนะมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
2. สามารถนำผลการวิจัยมาใช้อ้างอิงหรือวางแผนในการจัดการวัดค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้มีคุณภาพดีขึ้น
3. สามารถประเมินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งาน

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ทำการศึกษาแหล่งข้อมูลก่อนที่จะค้นคว้าข้อมูลและรายละเอียด เพื่อให้ทราบถึงค่าการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น

2. ทำการศึกษาโครงการไพโรไลซิสอื่น เพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยว่ามีความแตกต่างหรือสอดคล้องกันอย่างไร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. Carbon Trust. (2007). *Carbon footprinting an introduction for organization*. [Online] [cited 8 September 2012] available from internet : http://teenet.tei.or.th/Knowledge/Paper/carbonfootprint.pdf
2. Carbon Trust. (2006). Carbon footprint in the supply chain : the next step for business. [Online] [cited 10 September 2012] available from internet : http://teenet.tei.or.th/Knowledge/Paper/carbonfootprintinsupplychain.pdf
3. European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA). (2007). Carbon footprint-what it is and how to measure it. [Online] [cited 17 September 2012] available from internet : http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf
4. Greenpeace Thailand. ก๊าซอื่นๆ. [ออนไลน์] [อ้างถึง 3 ตุลาคม 2555] เข้าถึงได้จาก http://www.greenpeace.org/seasia/th/campaigns/climate-and-energy/climate-change-science/ogases/
5. Hertwich, EG., and Peters, GP. Carbon footprint of nation : a global, trade-linked analysis. EnvironmentScience & Technology, May, 2009, p. A-G.
6. Matthews, HS., Hendrickson, CT., and Weber, CL. The importance of carbon footprint estimation boumdaries. Environmental Science & Technology. 2008, vol. 42, no. 16, p. 5839-5842.
7. Rendell,EG. (2009). Reduce your carbon footprint. [Online] [cited 8 August 2012] available from internet : http://www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/Document-74682/0130-FS-DEP4126.pdf
8. Rugrungruang, F. (2009). *Carbon Footprint of Food Packaging.* [Online] [cited 19 September 2012] available from internet : http://smc.simtech.astar.edu.sg/uploads/ak14440w/File/carbon%20Footprint%20of%20Food%20packaging.pdf
9. Wiedmann,T.,and Minx,J. (2007). *A definition of "Carbon Footprint".* [Online] [cited 7 September 2012] available from internet : http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_0701_carbon_footprint.pdf
10. Wikia Green. *How to reduce your carbon footprint.* [Online] [cited 8 September 2012] available from internet : http://green.wikia.com/wiki/Wikia_Green
11. กรมควบคุมมลพิษ. (2554) *คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น.* กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

12. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553) *รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2553*. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
13. คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. (2552) *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
14. ชมพูนุท หรรษวรพงศ์. (2548). *เลือกตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อใช้ในการเปลี่ยนโพลีเอทลีนชนิดความหนาแน่นสูงให้เป็นน้ำมันเบนซิน* : ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
15. ซอเฟีย เชื้อผู้ดี และสุทาริกา สมัยสงค์. (2550). *สมบัติด้านเชื้อเพลิงของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสขยะพลาสติก*. วิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
16. ดุสิตา เลิฟเลิสและนุรักษ์ กฤษดานุรักษ์. (2543). *การทดลองหาข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตสารไฮโดรคาร์บอนจากขยะพลาสติก* ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
17. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). ฉลากเปลี่ยนโลก. [ออนไลน์] [อ้างถึง 4 ตุลาคม 2555] เขาถึงได้ http://www.pttplc.com/Files/Document/energy_mag/53_3/03_taproot%20or%20virtue.pdf
18. ปราณี หนูทองแก้ว และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2551) *การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน*. ใน หนังสือหนังสือรวบรวมบทความการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
19. พรพิมล บุญคุ้ม, อธิวัตร จิรจริยาเวช และ ฉันธนา ยูวะนิยม. มารู้จักคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbonfootprint) ใน 7 คำถาม. [ออนไลน์] [อ้างถึง 17 กันยายน 2555] เข้าถึงได้จาก http://www2.mtec.or.th/website/article_list.aspx?id=117[&cate=23
20. พัชรินทร์ วรธนกุล โสภิดา วิมานนท์ และธิฌาดา ศรีรัตนพันธ์. (2553) *การจัดทำบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตในการขนส่งสินค้าทางรถไฟสำหรับประเทศไทย*. ใน หนังสือหนังสือรวบรวมบทความวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: ฉบับที่ 2
21. ฟิสิกส์ราชมงคล. โลกร้อนกับรอยเท้าคาร์บอน [ออนไลน์] [อ้างถึง 25 มกราคม 2556] เข้าถึงได้จากhttp://www.proton.rmutphysics.com/australia/index 17.html
22. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ก๊าซเรือนกระจก. [ออนไลน์] [อ้างถึง 7 ตุลาคม 2555] เข้าถึงได้จาก http://www.ru.ac.th/climate-change/GHG.htm
23. ศุภกิจ สุทธิเรืองวงศ์และคณะ. ม.ป.ป. *“ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาขยะไฟเบอร์กลาสโดยวิธีไพโรไลซิส”* นครปฐม : ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
22. สาวตรี ระงับพิษ. MTEC จับมือ TGO ผลักดันฉลาก “คาร์บอนฟุตพริ้นท์”. [ออนไลน์] [อ้างถึง 17 กันยายน 2555] http://www.engineeringtoday.net/PDF/etoday]90_53/40-Environment.pdf

23. องค์การบริหารจดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). รายชื่อบริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์. [ออนไลน์] [อ้างถึง 1 กันยายน 2553] เข้าถึงได้จาก http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=320&Itemid=68

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพถ่ายการดูงานโครงการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

อาคารโรงงานระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

เทศบาลนครขอนแก่น รองรับขยะพลาสติก 6 ton/Batch

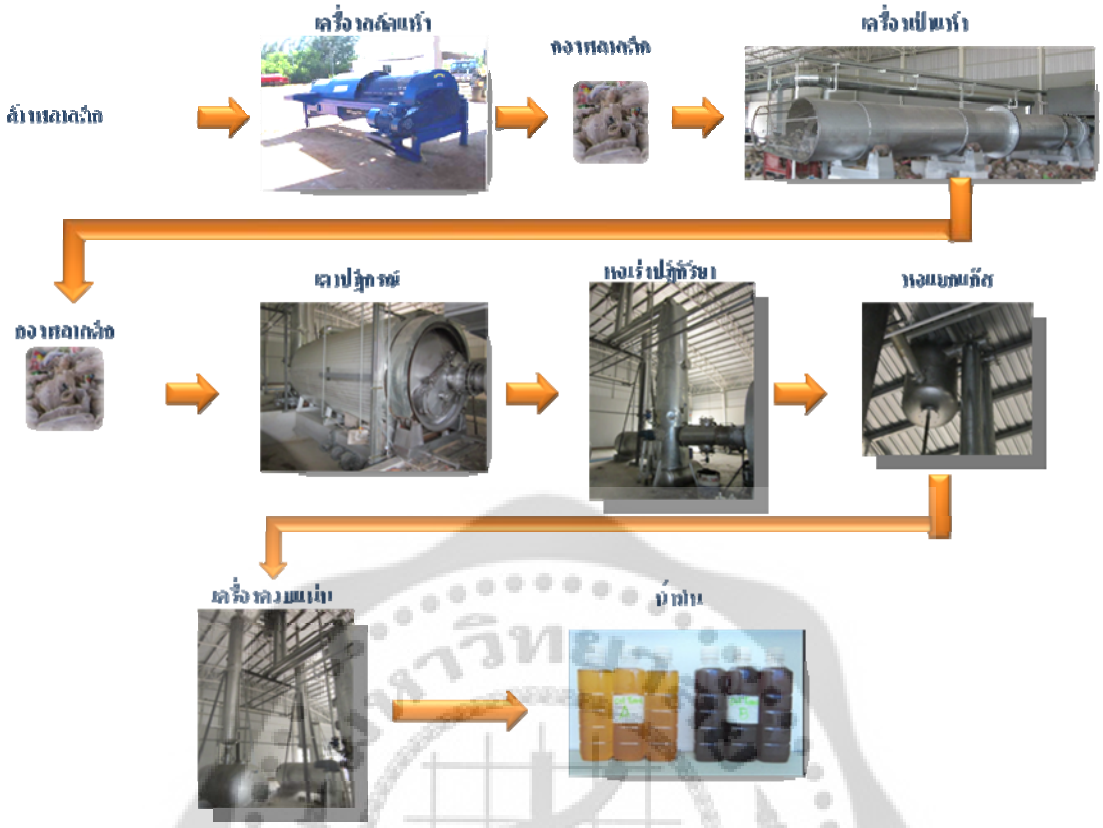
ขยะพลาสติกที่มาจากกองขยะแบบตื้น

ชุมชน

ขยะชุมชน

การแยกขยะของชุมชนบะขาม

รถขนขยะพลาสติกจากชุมชนมายังโรงงานไพโรไลซิส



ขั้นตอนการผลิตน้ำมันจากพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

เครื่องสลัดแห้ง จะทำการสลัดหรือปั่นพลาสติกให้น้ำออก โดยอาศัยการหมุนของโรเตอร์

เครื่องป้อนเข้าเครื่องเป่าแห้ง จะทำการป้อนพลาสติกเข้าสู่ เครื่องเป่าแห้งโดยมีลักษณะของการป้อนเข้าแบบสกรู

เครื่องเป่าแห้งจะทำงานโดยการพาความร้อน โดยมีพัดลมดูดอากาศ ทำหน้าที่ดูดความร้อนที่ได้จากเตาปฏิกรณ์ เข้าไปยังปล่องของเครื่องเป่าแห้ง เป็นการประหยัดพลังงานในการให้ความร้อน ซึ่งพลาสติกที่ได้จะต้องมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

พลาสติกที่ผ่านการทำความสะอาดและเป่าแห้ง

พลาสติกจะถูกนำเข้าเครื่องป้อนเข้าเตาปฏิกรณ์ ซึ่งจะต้องใช้สายพานในการลำเลียงเศษพลาสติก

พลาสติกจะถูกนำเข้าเครื่องป้อนเข้าเตาปฏิกรณ์ ซึ่งในการลำเลียงเศษพลาสติกเข้าไปนั้นจะต้องไม่ให้มีอากาศเข้าไป ดังนั้นจึงต้องใช้การลำเลียงแบบขันสกรู

เมื่อเศษพลาสติกถูกนำเข้าเตาปฏิกรณ์ จะถูกทำให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ ซึ่งจะได้แก๊สออกมา

ในการรักษาอุณหภูมิความร้อนจะมีปลอกทำการครอบเตาปฏิกรณ์ และ มีท่อสำหรับนำเอาความร้อนไปจ่ายให้กับเครื่องเป่าแห้ง

กากคาร์บอนในเตาปฏิกรณ์จะถูกลำเลียงออกมาโดยเครื่องนำกากคาร์บอนออกจากเตาปฏิกรณ์ ซึ่งการลำเลียงจะเป็นแบบสกรูเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า และจะถูกลำเลียงไปเก็บที่รถเข็น

หอเร่งปฏิกิริยาจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาของแก๊ส เพื่อที่จะให้เกิดเป็นเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

แก๊สบางส่วนที่อยู่ภายในหอเร่งปฏิกิริยาจะถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลว แล้วตกลงมายังถังเก็บน้ำมันตกค้าง

หอแยกแก๊สจะทำหน้าที่แยกแก๊สออกเป็น 2 ทางเพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่นซึ่งมีอยู่ 2 เครื่อง

เมื่อแก๊สถูกแยกจ่ายเป็นสองทางจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องควบแน่นและใช้น้ำจากหอหล่อเย็น ผ่านเข้าไป เพื่อทำการควบแน่น ทำให้แก๊สกลายเป็นของเหลว

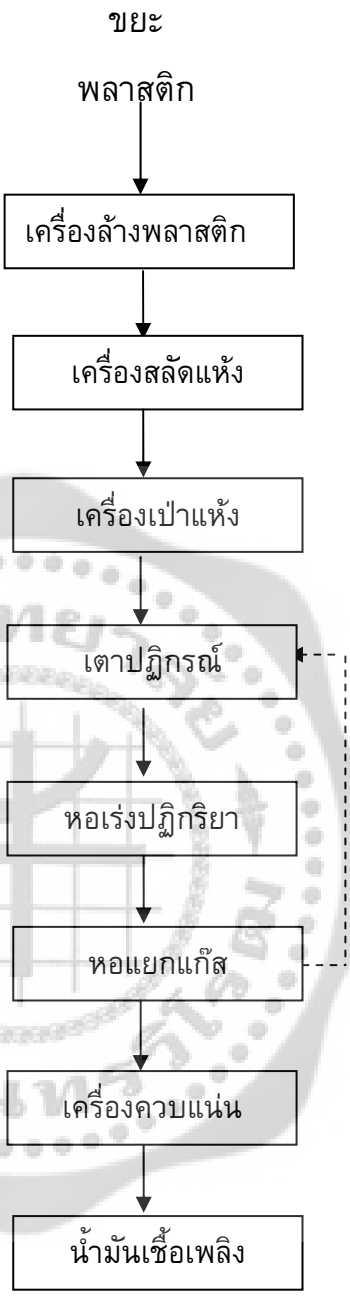
เมื่อแก๊สถูกควบแน่นเป็นน้ำมันแล้ว จะถูกส่งไปเก็บที่ถังเก็บน้ำมัน โดยจะมี ปั๊มสำหรับสูบน้ำมันออกมา

เมื่อแก๊สที่ยังควบแน่นไม่หมดจะถูกส่งเข้าถังน้ำป้องกันแก๊สออกจากระบบ ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แก๊สที่จ่ายไปเผาย้อนกลับ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้จากเตาปฏิกรณ์ กับอากาศภายนอกเพื่อส่งไปให้ความร้อนกับเครื่องเป่าแห้ง

เครื่องบำบัดอากาศจะทำหน้าที่บำบัดอากาศที่ได้จากการเผาไหม้โดยการฉีดน้ำเพื่อดักจับเขม่าควันก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอก

หอหล่อเย็นจะทำหน้าที่จ่ายน้ำไปยังเครื่องควบแน่น เพื่อทำการควบแน่นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงให้กลายเป็นน้ำมัน



Flow Diagram ของกระบวนการไพโรไรซิสขยะ

ภาคผนวก ข

รายการคำนวณ

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่1 ขยะจากกองขยะแบบตื้น

ผลการประเมินปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่1

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)**					
	ขยะพลาสติกจากกองขยะ	ton		6	3.027	18.162
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		120	0.0264	3.168
	ปูนขาว	kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวมา	ton-km	31	1844.5	0.0833	153.647
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวกลับ	ton-km	25	1487.5	0.4882	726.198
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					998.535
2	**การผลิต(Production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิน	L		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	L		200	2.708	541.600
	CO2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.28
3	**การกระจายสินค้า(Distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206
4	**การใช้งาน(Usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/L		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/L		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					6176.953

ข้อมูลผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ๊นท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 1 จากกองขยะแบบตื้น

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ (kg CO_2e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)	998.535
การผลิต(Production)	4714.281
การกระจายสินค้า(Distribution)	84.206
การใช้งาน(Usage)	379.931

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน

ผลการประเมินปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้าและการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 2

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)**					
	ขยะพลาสติกจากกองขยะ	ton		3	3.027	9.081
	ขยะพลาสติกจากชุมชน	ton		3	2.027766667	6.083
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		90	0.0264	2.376
	ปูนขาว	kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวมา	ton-km	28	1666	0.0833	138.778
	รถขนขยะจากกองขยะเที่ยวกลับ	ton-km	25	1487.5	0.4882	726.198
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวมา	ton-km	4.8	105.6	0.1613	17.033
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	39.6	0.3718	14.723
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					1011.633
2	**การผลิต(Production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิล	l		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	l		200	2.708	541.600
	CO2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.281
3	**การกระจายสินค้า(Distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 2 ขยะจากกองขยะแบบตื้นผสมกับขยะชุมชน (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
4	**การใช้งาน(Usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/L		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/L		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					6189.655

ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 2 กองขยะแบบตื้นผสมกับขยะจากชุมชน

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ (kg CO_2 e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)	1011.633
การผลิต(Production)	4714.281
การกระจายสินค้า(Distribution)	84.206
การใช้งาน(Usage)	379.931

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

ผลการประเมินปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 3

ลำดับ	กระบวนการ	หน่วย	น้ำหนัก (ตัน)	จำนวน	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2 e	คำนวณ
1	**จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)**					
	ขยะพลาสติกจากชุมชน	ton		6	2.027766667	12.167
	น้ำล้างพลาสติก	m^3		60	0.0264	1.584
	ปูนขาว	kg		12	1.0676	12.811
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวมา	ton-km	31	682	0.1613	110.007
	รถขนขยะจากชุมชนเที่ยวกลับ	ton-km	25	550	0.3718	204.490
	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	1.812	99.66	0.2676	26.669
	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	99	0.3105	30.740
	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	11.728	58.64	0.1188	6.966
	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	10	50	0.4035	20.175
	รวม					425.608
2	**การผลิต(Production)**					
	ไฟฟ้า	kwh		1000	0.561	561.000
	LPG	kg		1400	0.498	697.200
	น้ำหล่อเย็น	m^3		20	0.0003	0.006
	น้ำมันเบนซิล	l		1200	2.1896	2627.520
	น้ำมันดีเซล	l		200	2.708	541.600
	CO2	kg		1710	0.1605	274.455
	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m3		20	0.625	12.500
	รวม					4714.281
3	**การกระจายสินค้า(Distribution)**					
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	3.2	190.4	0.2676	50.951
	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	1.8	107.1	0.3105	33.255
	รวม					84.206
4	**การใช้งาน(Usage)**					
	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/L		9.75	32.435	316.241
	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/L		10	6.369	63.690
	รวม					379.931
	รวมทั้งหมด					5604.422

ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 3 ขยะจากชุมชน

กิจกรรม	ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ (kg CO_2 e/batch)
จัดหาวัตุถดิบ(Raw Material)	425.608
การผลิต(Production)	4714.281
การกระจายสินค้า(Distribution)	84.206
การใช้งาน(Usage)	379.931

เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 กรณี

ผลการเปรียบเทียบปัจจัยการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า และการใช้งานที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ๊นท์ ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กรณี

กิจกรรม	กองขยะแบบตื้น (kg-CO_2e/batch)	กองขยะแบบตื้น+ ขยะชุมชน (kg-CO_2e /batch)	ขยะชุมชน (kg-CO_2e /batch)
การจัดหาวัตุถดิบ	998.535	1011.237	426.004
การผลิต	4714.281	4714.281	4714.281
การกระจายสินค้า	84.206	84.206	84.206
การใช้งาน	379.931	379.931	379.931

เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดหาวัตถุดิบจาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติก

ผลการเปรียบเทียบการจัดหาวัตถุดิบ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ๊นท์ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กรณีแสดงได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คาร์บอนฟุตพริ๊นท์การจัดหาวัตถุดิบ จาก 3 กรณีของแหล่งที่มาของขยะพลาสติก

การจัดหาวัตุถดิบ	ค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ ($kg\text{-}CO_2e$/ batch)
1. กองขยะแบบตื้น	998.535
2. กองขยะแบบตื้น+ขยะชุมชน	1011.633
3. ขยะชุมชน	425.608

เปรียบเทียบผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 กรณีของแหล่งที่มาของพลาสติก

เปรียบเทียบผลรวมทั้งหมด ที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ๊นท์ ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กรณี

กิจกรรม	กองขยะแบบตื้น ($kg\text{-}CO_2e$/ /batch)	กองขยะแบบตื้น+ขยะชุมชน ($kg\text{-}CO_2e$ /batch)	ขยะชุมชน ($kg\text{-}CO_2e$ /batch)
การจัดหาวัตุถดิบ	998.535	1011.237	426.004
การผลิต	4714.281	4714.281	4714.281
การกระจายสินค้า	84.206	84.206	84.206
การใช้งาน	379.931	379.931	379.931
รวม	6176.953	6189.655	5604.422

Emission factor ค่าที่ใช้หลักๆ ในการประเมินน้ำมันจากกระบวนการไพโรไลซิส

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO_2 eq/หน่วย)	แหล่งที่มา
1.	ขยะพลาสติกจากกองขยะ	ton	3.027	Thai LCI data
2.	ขยะพลาสติกจากชุมชน	ton	2.027766667	Thai LCI data
3.	น้ำล้างพลาสติก	m^3	0.0264	Metropolitan waterworks Authority(Thailand)
4.	ปูนขาว	Kg	1.0676	JEMAI
5.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งปรกติ 50% Loading	ton-km	0.0833	Thai LCI data
6.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งปรกติ 0% Loading	ton-km	0.4882	Thai LCI data
7.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก Full load 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	ton-km	0.1613	Thai LCI data
8.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก Full load 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	ton-km	0.3718	Thai LCI data
9.	รถขนปูนขาวเที่ยวมา	ton-km	0.2676	Thai LCI data
10.	รถขนปูนขาวเที่ยวกลับ	ton-km	0.3105	Thai LCI data
11.	รถขนLPGเที่ยวมา	ton-km	0.1188	Thai LCI data
12.	รถขนLPGเที่ยวกลับ	ton-km	0.4035	Thai LCI data
13.	ไฟฟ้า	kwh	0.561	TC common data
14.	LPG	kg	0.498	Thai LCI data
15.	LPGจากการกลั่น	kg	0.3851	Thai LCI data
16.	น้ำหล่อเย็น	m^3	0.0003	SimaPro
17.	น้ำมันเบนซิล	l	2.1896	IPCC
18.	น้ำมันดีเซล	l	2.708	IPCC 2007,DEDE
19.	CO2	kg	0.1605	Thai LCI data
20.	น้ำเสียปล่อยสู่แหล่งน้ำโดยตรง	m^3	0.625	IPCC 2006

21.	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวไป	ton-km	0.2676	Thai LCI data
22.	รถขนส่งน้ำมันไปยังเทศบาลเที่ยวกลับ	ton-km	0.3105	Thai LCI data
23.	เครื่องยนต์รอบต่ำ2จังหวะ	km/l	32.435	กรมควบคุมมลพิษ ,2551
24.	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	km/l	6.369	American Petroleum Institute 2004

ภาคผนวก ค

Emission Factor

ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (ซึ่งจะมผลบังคับใช้ตั้งแต่ มกราคม 2556 เป็นต้นไป)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
1. กลุ่มปิโตรเคมี						
1.	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)		kg	2.1718	Thai national database	Update_24Sep12
2.	Epoxy resin		kg	6.6860	Industry Data	Update_24Sep12
3.	Expanded polystyrene (EPS)		kg	4.6127	Franklin USA 98	Update_24Sep12
4.	General Purposed Polystyrene (GPPS)		kg	2.2441	Thai national database	Update_24Sep12
5.	High Density Polyethylene (HDPE)		kg	5.4842	Thai national database	Update_24Sep12
6.	High Impact Polystyrene (HIPS)		kg	2.3350	Thai national database	Update_24Sep12
7.	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)		kg	1.1831	Thai national database	Update_24Sep12
8.	Low Density Polyethylene (LDPE)		kg	1.7257	Thai national database	Update_24Sep12
9.	Polyethylene terephthalate (PET)	Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant	kg	2.8854	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
10.	Polyethylene terephthalate (PET)	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	kg	2.6922	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
11.	Polybutadiene	Polybutadiene, at plant	kg	3.9106	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
12.	Polycarbonate	Polycarbonate, at plant	kg	7.7760	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
13.	Polyester resin	Polyester resin, unsaturated, at plant	kg	7.4185	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
14.	Polypropylene (PP)		kg	1.3621	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
15.	Polyurethane (flexible polyurethane)	Polyurethane, flexible foam, at plant	kg	4.8524	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
16.	Polyurethane (rigid urethane board)	Polyurethane, rigid foam, at plant	kg	4.3229	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
17.	Ploy vinyl Chloride (PVC)		kg	2.4704	Thai national database	Update_24Sep12
18.	P-xylene		kg	0.4993	Thai national database	Update_24Sep12
19.	Styrene Monomer (SM)	Styrene Monomer (SM)	kg	1.6977	Thai national database	Update_24Sep12
20.	Styrene Acrylonitrile (SAN)	Styrene Acrylonitrile (SAN)	kg	1.8864	Thai national database	Update_24Sep12
21.	Vinyl Chlodie Monomer (VCM)		kg	2.1684	Thai national database	Update_24Sep12
22.	Xylene	Xylene, at plant	kg	1.6338	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
23.	Benzene		kg	0.7344	Thai national database	Update_24Sep12
24.	Bisphenol A	Bisphenol A, powder, at plant	kg	4.9162	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
25.	Caprolactam (CPL)		kg	1.0054	Thai national database	Update_24Sep12
26.	Cyclohexane (CX)		kg	0.7403	Thai national database	Update_24Sep12
27.	Ethylene		kg	1.0525	Thai national database	Update_24Sep12
28.	Ethylene Glycol	Ethylene glycol, at plant	kg	1.4280	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
29.	Ethylene oxide	Ethylene oxide, at plant	kg	1.5746	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
30.	Mixed C4	Mixed C4	kg	1.0166	Thai national database	Update_24Sep12
31.	Toluene		kg	0.9631	Thai national database	Update_24Sep12
32.	Nylon 6	Nylon 6, at plant	kg	9.2691	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
33.	Paraffin wax	Paraffin, at plant	kg	0.7982	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
34.	Alkylbenzene sulfonate	Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical, at plant	kg	1.3586	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
35.	Anticrease agent	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
36.	Ethoxylated alcohols (AE7)	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
37.	Leveling agent	Ethoxylated alcohols (AE7), petrochemical, at plant	kg	2.1671	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
38.	Propylene		kg	1.0505	Thai national database	Update_24Sep12
39.	Soaping agent	Fatty alcohol sulfate, petrochemical, at plant	kg	2.3372	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
40.	Wetting agent	Fatty alcohol sulfate, petrochemical, at plant	kg	2.3372	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
2. กลุ่มกระดาษ (Pulp and Paper)						
41.	Kraft paper, unbleached	Kraft paper, unbleached, at plant	kg	0.9954	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
42.	Kraft paper, bleached	Kraft paper, bleached, at plant	kg	1.8974	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
43.	Sulphate pulp, unbleached	Sulphate pulp, unbleached, at plant	kg	0.4895	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
44.	Sulphite pulp, bleached	Sulphite pulp, bleached, at plant	kg	0.5122	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
3. กลุ่มยาง (Rubber)						
45.	Synthetic rubber	Synthetic rubber, at plant	kg	3.5138	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
46.	Styrene butadiene rubber (SBR)		kg	0.9732	Franklin USA 98	Update_24Sep12
4. กลุ่มการขนส่งโดยรถบรรทุก (Truck Transportations) และขนส่งประเภทอื่นๆ (Others)						

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
47.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading		tkm	0.3111	Thai national database	Update_24Sep12
48.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading		tkm	0.2681	Thai national database	Update_24Sep12
49.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 75% Loading		tkm	0.1829	Thai national database	Update_24Sep12
50.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading		tkm	0.1402	Thai national database	Update_24Sep12
51.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.3726	Thai national database	Update_24Sep12
52.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.3145	Thai national database	Update_24Sep12
53.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.2126	Thai national database	Update_24Sep12
54.	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.1616	Thai national database	Update_24Sep12
55.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4246	Thai national database	Update_24Sep12
56.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1240	Thai national database	Update_24Sep12
57.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0870	Thai national database	Update_24Sep12
58.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0674	Thai national database	Update_24Sep12
59.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.5101	Thai national database	Update_24Sep12
60.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1435	Thai national database	Update_24Sep12
61.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0985	Thai national database	Update_24Sep12
62.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0745	Thai national database	Update_24Sep12
63.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4892	Thai national database	Update_24Sep12
64.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1076	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
65.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0764	Thai national database	Update_24Sep12
66.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0610	Thai national database	Update_24Sep12
67.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.6044	Thai national database	Update_24Sep12
68.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1338	Thai national database	Update_24Sep12
69.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0937	Thai national database	Update_24Sep12
70.	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0730	Thai national database	Update_24Sep12
71.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.5863	Thai national database	Update_24Sep12
72.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0966	Thai national database	Update_24Sep12
73.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0687	Thai national database	Update_24Sep12
74.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0530	Thai national database	Update_24Sep12
75.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.7466	Thai national database	Update_24Sep12
76.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1194	Thai national database	Update_24Sep12
77.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0835	Thai national database	Update_24Sep12
78.	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0635	Thai national database	Update_24Sep12
79.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพวง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.8629	Thai national database	Update_24Sep12
80.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพวง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0798	Thai national database	Update_24Sep12
81.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพวง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0565	Thai national database	Update_24Sep12
82.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพวง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0441	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
83.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	1.0590	Thai national database	Update_24Sep12
84.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0970	Thai national database	Update_24Sep12
85.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0683	Thai national database	Update_24Sep12
86.	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0530	Thai national database	Update_24Sep12
87.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.8801	Thai national database	Update_24Sep12
88.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0757	Thai national database	Update_24Sep12
89.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0526	Thai national database	Update_24Sep12
90.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0409	Thai national database	Update_24Sep12
91.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.9958	Thai national database	Update_24Sep12
92.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0916	Thai national database	Update_24Sep12
93.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0647	Thai national database	Update_24Sep12
94.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0505	Thai national database	Update_24Sep12
95.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.8351	Thai national database	Update_24Sep12
96.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0835	Thai national database	Update_24Sep12
97.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0591	Thai national database	Update_24Sep12
98.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0446	Thai national database	Update_24Sep12
99.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	1.1367	Thai national database	Update_24Sep12
100.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1005	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
101.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0702	Thai national database	Update_24Sep12
102.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0544	Thai national database	Update_24Sep12
103.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	1.0142	Thai national database	Update_24Sep12
104.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0862	Thai national database	Update_24Sep12
105.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0594	Thai national database	Update_24Sep12
106.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0457	Thai national database	Update_24Sep12
107.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	1.2375	Thai national database	Update_24Sep12
108.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1037	Thai national database	Update_24Sep12
109.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0707	Thai national database	Update_24Sep12
110.	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0537	Thai national database	Update_24Sep12
111.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading		km	0.2400	Thai national database	Update_24Sep12
112.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading		tkm	0.3781	Thai national database	Update_24Sep12
113.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 75% Loading		tkm	0.2689	Thai national database	Update_24Sep12
114.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading		tkm	0.2140	Thai national database	Update_24Sep12
115.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.3071	Thai national database	Update_24Sep12
116.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.4666	Thai national database	Update_24Sep12
117.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.3255	Thai national database	Update_24Sep12
118.	รถตบรรทก 4 ลอ ขนาดเลก นาหนกบรรทกสงสด 1.5 ตน วง แบบสมบกสมบน 100% Loading		tkm	0.2540	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
119.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบปกติ 0% Loading		km	0.3324	Thai national database	Update_24Sep12
120.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบปกติ 50% Loading		tkm	0.3380	Thai national database	Update_24Sep12
121.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบปกติ 75% Loading		tkm	0.2390	Thai national database	Update_24Sep12
122.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบปกติ 100% Loading		tkm	0.1824	Thai national database	Update_24Sep12
123.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.4080	Thai national database	Update_24Sep12
124.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.3649	Thai national database	Update_24Sep12
125.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.2535	Thai national database	Update_24Sep12
126.	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.1979	Thai national database	Update_24Sep12
127.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4043	Thai national database	Update_24Sep12
128.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1191	Thai national database	Update_24Sep12
129.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0838	Thai national database	Update_24Sep12
130.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0649	Thai national database	Update_24Sep12
131.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.4201	Thai national database	Update_24Sep12
132.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1294	Thai national database	Update_24Sep12
133.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0907	Thai national database	Update_24Sep12
134.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0687	Thai national database	Update_24Sep12
135.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4346	Thai national database	Update_24Sep12
136.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1015	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
137.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0712	Thai national database	Update_24Sep12
138.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0543	Thai national database	Update_24Sep12
139.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.5563	Thai national database	Update_24Sep12
140.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1221	Thai national database	Update_24Sep12
141.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0858	Thai national database	Update_24Sep12
142.	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0675	Thai national database	Update_24Sep12
143.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.5711	Thai national database	Update_24Sep12
144.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0847	Thai national database	Update_24Sep12
145.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0586	Thai national database	Update_24Sep12
146.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0451	Thai national database	Update_24Sep12
147.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.6737	Thai national database	Update_24Sep12
148.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1037	Thai national database	Update_24Sep12
149.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0720	Thai national database	Update_24Sep12
150.	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0550	Thai national database	Update_24Sep12
151.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.6015	Thai national database	Update_24Sep12
152.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0875	Thai national database	Update_24Sep12
153.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0613	Thai national database	Update_24Sep12
154.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0486	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
155.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.6632	Thai national database	Update_24Sep12
156.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1013	Thai national database	Update_24Sep12
157.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0734	Thai national database	Update_24Sep12
158.	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0608	Thai national database	Update_24Sep12
159.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.8163	Thai national database	Update_24Sep12
160.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0799	Thai national database	Update_24Sep12
161.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0574	Thai national database	Update_24Sep12
162.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0447	Thai national database	Update_24Sep12
163.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.9900	Thai national database	Update_24Sep12
164.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0909	Thai national database	Update_24Sep12
165.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0651	Thai national database	Update_24Sep12
166.	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0520	Thai national database	Update_24Sep12
167.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.7821	Thai national database	Update_24Sep12
168.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0726	Thai national database	Update_24Sep12
169.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0515	Thai national database	Update_24Sep12
170.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0402	Thai national database	Update_24Sep12
171.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.8603	Thai national database	Update_24Sep12
172.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0854	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
173.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0624	Thai national database	Update_24Sep12
174.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0499	Thai national database	Update_24Sep12
175.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4892	Thai national database	Update_24Sep12
176.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิงปกติ 50% Loading		tkm	0.0835	Thai national database	Update_24Sep12
177.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิงปกติ 75% Loading		tkm	0.0603	Thai national database	Update_24Sep12
178.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิงปกติ 100% Loading		tkm	0.0472	Thai national database	Update_24Sep12
179.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.5412	Thai national database	Update_24Sep12
180.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0939	Thai national database	Update_24Sep12
181.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0689	Thai national database	Update_24Sep12
182.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0549	Thai national database	Update_24Sep12
183.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.6277	Thai national database	Update_24Sep12
184.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0913	Thai national database	Update_24Sep12
185.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0621	Thai national database	Update_24Sep12
186.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0468	Thai national database	Update_24Sep12
187.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.7336	Thai national database	Update_24Sep12
188.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1092	Thai national database	Update_24Sep12
189.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0768	Thai national database	Update_24Sep12
190.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วงแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0607	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
191.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4611	Thai national database	Update_24Sep12
192.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0829	Thai national database	Update_24Sep12
193.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0606	Thai national database	Update_24Sep12
194.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0472	Thai national database	Update_24Sep12
195.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน 0% Loading		km	0.4795	Thai national database	Update_24Sep12
196.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน 50% Loading		tkm	0.0980	Thai national database	Update_24Sep12
197.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน 75% Loading		tkm	0.0728	Thai national database	Update_24Sep12
198.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเต้าและชนิดถ้วย) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน 100% Loading		tkm	0.0543	Thai national database	Update_24Sep12
199.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.5939	Thai national database	Update_24Sep12
200.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0951	Thai national database	Update_24Sep12
201.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0668	Thai national database	Update_24Sep12
202.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0511	Thai national database	Update_24Sep12
203.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.6390	Thai national database	Update_24Sep12
204.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1059	Thai national database	Update_24Sep12
205.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0748	Thai national database	Update_24Sep12
206.	รถบรรทุกเฉพาะกิจ(ตัดเครน) 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0569	Thai national database	Update_24Sep12
207.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.9401	Thai national database	Update_24Sep12
208.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0836	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
209.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0574	Thai national database	Update_24Sep12
210.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0431	Thai national database	Update_24Sep12
211.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.3055	Thai national database	Update_24Sep12
212.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1583	Thai national database	Update_24Sep12
213.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.1088	Thai national database	Update_24Sep12
214.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดกล้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0836	Thai national database	Update_24Sep12
215.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.9074	Thai national database	Update_24Sep12
216.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0837	Thai national database	Update_24Sep12
217.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0591	Thai national database	Update_24Sep12
218.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0459	Thai national database	Update_24Sep12
219.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	1.1144	Thai national database	Update_24Sep12
220.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1037	Thai national database	Update_24Sep12
221.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0742	Thai national database	Update_24Sep12
222.	รถบรรทุกซีเมนต์ผง (ชนิดเตาและชนิดถ้วย) 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0586	Thai national database	Update_24Sep12
223.	เรือ แบบ bulk	Transport, transoceanic tanker (เรือขนส่งข้ามมหาสมุทรแบบ bulk)	tkm	0.0056	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
224.	เรือบรรทุก container	Transport, transoceanic freight ship (เรือขนส่งข้ามมหาสมุทรทเป็นสินคา)	tkm	0.0107	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
225.	เรือขนส่งตามลำน้ำ	Transport, barge	tkm	0.0446	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
5. เคมีภัณฑ์ (Chemicals)						
226.	Lubricant oil (น้ำมันเกียร์)	Lubricating oil, at plant	kg	0.8319	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
227.	Lime	Quicklime, in pieces, loose, at Plant	kg	0.9985	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
228.	Lime	Quicklime, milled, loose, at Plant	kg	1.0154	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
229.	Lime	Quicklime, milled, packed, at Plant	kg	1.0215	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
230.	Lime (Ca(OH)2)	Lime, hydrated, loose, at Plant	kg	0.7759	USLCI	Update_24Sep12
231.	Lime (Ca(OH)2)	Lime, hydrated, packed, at Plant	kg	0.7820	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
232.	Soda powder	Soda, powder, at plant	kg	0.4449	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
233.	Kaolin (ดินขาว)	Kaolin, at plant	kg	0.2167	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
234.	Silicone	Silicone product, at plant	kg	2.8649	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
235.	Aluminium hydroxide	Aluminium hydroxide, at plant	kg	0.6470	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
236.	Acetaldehyde	Acetaldehyde, at plant	kg	1.3639	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
237.	Acetic acid	Acetic acid from acetaldehyde, at plant	kg	2.5702	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
238.	Acrylic acid	Acrylic acid, at plant	kg	1.9493	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
239.	Alcohol	Ethanol from ethylene, at Plant	kg	1.2381	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
240.	Ammonia	Ammonia, steam reforming, liquid, at plant	kg	1.8876	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
241.	Ammonia	Ammonia, liquid, at regional Storehouse	kg	2.0520	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
242.	Ammonia	Ammonia, partial oxidation, liquid, at plant	kg	2.7907	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
243.	Butyl Cellosolve	Butyl acetate, at plant	kg	3.5273	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
244.	Calcium carbonate	Limestone, crushed, washed	kg	0.0025	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
245.	Calcium carbonate	Limestone, milled, loose, at Plant	kg	0.0305	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
246.	Calcium carbonate	Limestone, milled, packed, at Plant	kg	0.0366	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
247.	calcium chloride	Calcium chloride, CaCl2, at Plant	kg	0.8729	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
248.	Carbon Tetrachloride	Carbon Tetrachloride at, plant	kg	1.6390	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
249.	Chlorine	Chlorine, gaseous, diaphragm cell, at plant	kg	1.0548	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
250.	Ethanol	Ethanol, 95% in H2O, from sugarcane molasses, at sugar refinery	kg	0.3962	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
251.	Ethanol	Ethanol, 95% in H2O, from sugarcane, at fermentation plant	kg	0.3727	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
252.	Ethyl Acetate	Ethyl acetate, at plant	kg	2.8110	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
253.	Ferro Manganese	Ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn, at regional Storage	kg	1.9734	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
254.	HCL 100%	Hydrochloric acid, from Mannheim process, at plant	kg	0.4094	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
255.	Hydrogen Peroxide50%	Hydrogen peroxide, 50% in H2O, at plant	kg	1.1239	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
256.	Iso Butyl Alcohol	Isobutanol, at plant	kg	2.3547	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
257.	K2CO3	Potassium carbonate, at plant	kg	2.2173	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
258.	Magnesium	Magnesium, at plant	kg	83.1368	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
259.	Methanol	Methanol, at plant	kg	0.7212	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
260.	Methyl acrylate	Methyl acrylate, at plant	kg	2.8008	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
261.	Monosodium Phosphate	Sodium phosphate, at plant	kg	2.8586	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
262.	MTBE (methyl tert-butyl ether)	Methyl tert-butyl ether, at Plant	kg	1.1288	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
263.	Nitric acid	Nitric acid	kg	0.6504	ETH - ESU 96 unit processes	Update_24Sep12
264.	Nitric acid	Nitric acid, 50% in H2O, at Plant	kg	3.1596	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
265.	Phenol	Phenol, at plant	kg	3.8971	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
266.	Potassium hydroxide	Potassium hydroxide, at regional storage	kg	1.9272	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
267.	Preservative (Bisphenol A)	Preservative (Bisphenol A), powder, at plant	kg	4.9162	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
268.	Preservative (Benzaldehyde)	Preservative (Benzaldehyde), at plant	kg	4.9355	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
269.	Preservative (Wood preservative)	Wood preservative, creosote, at plant	kg	1.6545	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
270.	Silica	Silica sand, at plant	kg	0.0223	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
271.	Silicon tetrahydride	silicon tetrahydride, at plant	kg	79.8509	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
272.	Sodium chlorate	Sodium chlorate, powder, at Plant	kg	4.2407	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
273.	Sodium chloride	Sodium chloride, powder, at Plant	kg	0.1933	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
274.	Sodium hydroxide	Sodium hydroxide, 50% in H2O, membrane cell, at plant	kg	1.1148	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
275.	Sodium hypochlorite	Sodium hypochlorite, 15% in H2O, at plant	kg	0.8712	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
276.	Sodium Silicate	Sodium silicate, spray powder 80%, at plant	kg	1.5922	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
277.	Sodium tripolyphosphate	Sodium tripolyphosphate, at Plant	kg	5.8902	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
278.	Sulfur	Sulfur from Refinery	kg	0.4529	Thai national database	Update_24Sep12
279.	Sulfuric acid	Sulphuric acid, liquid, at plant	kg	0.1219	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
280.	Urea	Urea, as N, at regional Storehouse	kg	3.2826	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
281.	Varnish	Vanish (Acrylic varnish, 87.5% in H2O, at plant)	kg	1.8823	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
282.	Zinc	Zinc, primary, at regional Storage	kg	4.5455	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
283.	Acetylene	Acetylene, at regional Storehouse	kg	2.2804	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
284.	Aluminium Sulphate $Al_2(SO_4)_3$	Aluminium sulphate, powder, at plant	kg	0.5311	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
285.	Solvents	Solvents, organic, unspecified, at plant	kg	2.3893	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
286.	Nitric acid	Nitric acid, 50% in H2O, at Plant	kg	3.1596	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
287.	Magnesium sulphate	Magnesium sulphate, at plant	kg	0.3385	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
288.	Sodium chloride	Sodium chloride, powder, at Plant	kg	0.1937	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
289.	Phosphoric acid	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant	kg	1.4067	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
290.	sodium hydroxide diaphram	Sodium hydroxide, 50% in H2O, diaphragm cell, at plant	kg	1.3711	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
291.	Sulphite	Sulphite, at plant	kg	1.4528	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
292.	Benzyl alcohol	Benzyl alcohol, at plant	kg	3.6610	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
293.	Benzyl chloride	Benzyl chloride, at plant	kg	2.1148	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
294.	Ammonium nitrate	Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse	kg	8.4819	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
295.	Phthalic anhydride	Phthalic anhydride, at plant	kg	2.5663	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
296.	Purified terephthalic acid	Purified terephthalic acid, at Plant	kg	1.8983	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
297.	Hydrochloric acid	Hydrochloric acid, 30% in H2O, at plant	kg	0.8709	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
298.	Hydrochloric acid	Hydrochloric acid, from the reaction of hydrogen with chlorine, at plant	kg	1.3325	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
299.	Sulphite	Sulphite, at plant	kg	1.4528	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
300.	Chlorodifluoromethane, R22 (สารทาความเยน, R22)	Chlorodifluoromethane, at plant (R22)	kg	75.7860	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
301.	Refrigerant R134a (สารทาความเยน, R134a)	Refrigerant R134a, at plant	kg	103.3316	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
302.	Copper oxide	Copper oxide, at plant	kg	1.9568	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
303.	Magnesium sulphate	Magnesium sulphate, at plant	kg	0.3385	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
304.	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H2O, at plant	kg	0.9207	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
305.	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H2O, at plant/Malaysia database using Thai Electricity 2009	kg	0.9677	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
306.	Phosphoric acid	Phosphoric acid, fertiliser grade, 70% in H2O, at plant/US database using Thai Electricity 2009	kg	0.8931	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
307.	Phosphoric acid	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant	kg	1.4063	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
308.	Sodium sulphate	Sodium sulphate, from Mannheim process, at plant	kg	0.4695	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
309.	Sodium sulphate	Sodium sulphate, from natural sources, at plant	kg	0.1454	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
310.	Sulphur dioxide, liquid	Sulphur dioxide, liquid, at Plant	kg	0.5202	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
311.	Zinc oxide	Zinc oxide, at plant	kg	2.9066	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
312.	Soap (สบู่)	Soap, at plant	kg	1.6685	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
313.	Nitrogen	Nitrogen, liquid, at plant	kg	0.4970	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
314.	Oxygen	Oxygen, liquid, at plant	kg	0.4690	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
6. กลุ่มพลังงาน: เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง						
315.	Liquefied Petroleum Gas, LPG Mixed (ก๊าซหุงต้ม mixed)	Liquefied Petroleum Gas (LPG) Mixed [LPG Thai]	kg	0.4122	Thai national database	Update_24Sep12
316.	Naphtha (แนฟทา)		kg	0.3451	Thai national database	Update_24Sep12
317.	Liquefied Petroleum Gas from Refinery (ก๊าซหุงต้มจากกระบวนการกลั่น)	Liquefied Petroleum Gas (LPG) from Refinery	kg	0.3874	Thai national database	Update_24Sep12
318.	Gasoline (แก๊สโซลีน)		kg	0.7069	Thai national database	Update_24Sep12
319.	Kerosene / Jet oil (น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเครื่องบิน)	Jet oil/Kerosene	kg	0.3128	Thai national database	Update_24Sep12
320.	Fuel oil (น้ำมันเตา)		kg	0.3057	Thai national database	Update_24Sep12
321.	Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์)		kg	0.3282	Thai national database	Update_24Sep12
322.	Charcoal (ถ่านไม้)	Charcoal, at plant	kg	1.0054	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
323.	การผลิตถ่านหิน	Lignite coal, at surface mine	kg	0.1187	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
324.	ชิ้นไม้สับ	Wood chips saw mill to stock	kg	-0.5787	ETH-ESU	Update_24Sep12
7. กลุ่มผลิตภัณฑ์จากก๊าซธรรมชาติ						
325.	Carbon dioxide (คาร์บอนไดออกไซด์)	Carbon dioxide from natural Gas	kg	0.0855	Thai national database	Update_24Sep12
326.	Propane (โพรเพน)		kg	0.1021	Thai national database	Update_24Sep12
327.	Methane (ก๊าซธรรมชาติ / มีเทน)		kg	0.1515	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
328.	Ethane (อีเทน)		kg	0.2651	Thai national database	Update_24Sep12
329.	Natural Gas Liquid (ก๊าซธรรมชาตเหลว)	Natural Gas Liquid (NGL)	kg	0.3894	Thai national database	Update_24Sep12
330.	Liquefied Petroleum Gas from natural gas (ก๊าซหุงต้มจากการแยกก๊าซธรรมชาติ)	Liquefied Petroleum Gas (LPG) from Natural gas	kg	0.4232	Thai national database	Update_24Sep12
8. โลหะเหล็ก						
331.	Sinter iron (เหล็กซินเตอร์)	Sinter, iron, at plant	kg	0.3493	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
332.	Cast iron (เหล็กหล่อ)	Cast iron, at plant	kg	1.6382	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
333.	Pig iron (เหล็กพิก / เหล็กดบ)	Pig iron, at plant	kg	1.5143	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
334.	Galvanized steel sheet	Galvanized steel sheet, at Plant	kg	2.7073	USLCI	Update_24Sep12
9. โลหะที่มิใช้เหล็ก						
335.	Alumnium Sheet	Aluminium sheet, primary prod., prod. mix, aluminium semi-finished sheet product	kg	3.2231	ELCD 2.0	Update_24Sep12
336.	Aluminium Primary	Aluminium, primary, at plant	kg	12.2359	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
337.	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from new scrap, at plant	kg	0.4329	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
338.	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from old scrap, at plant	kg	1.4682	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
339.	Aluminium alloy (AlMg3)	Aluminium alloy, AlMg3, at Plant	kg	6.3369	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
340.	Brass	Brass, at plant	kg	2.4528	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
10. กลุ่มเกษตรและปศุสตว์						
341.	การปลูกข้าวโพด	Corn, at farm, product	ton	0.2671	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
342.	เมล็ดข้าวโพดแห้ง (รวมไซโล)	Corn seed, silo, 15% Moisture	kg	0.3088	Thai national database	Update_24Sep12
343.	ลานตากข้าวโพด	Corn, drying yard, 15% Moisture	kg	0.3538	Thai national database	Update_24Sep12
344.	ชานอ้อย	Bagasse, from sugarcane, at sugar refinery	kg	0.0109	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
345.	กากน้ำตาล	Molasses, at sugar refinery	kg	0.1381	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
346.	น้ำมันมะพร้าว	Crude coconut oil, at plant	kg	0.1896	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
347.	น้ำเชื่อม	Syrup, from sugarcane molasses, at distillery	kg	0.2934	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
348.	เมล็ดฝ้าย	Cotton seed, at farm	kg	0.3447	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
349.	อาหารสุกรขุน	Feeds for swine	kg	0.4589	Thai national database	Update_24Sep12
350.	อาหารไก่เนื้อ	Feeds for broiler	kg	0.5350	Thai national database	Update_24Sep12
351.	อาหารไก่ไข่	Feeds for layer broiler	kg	0.4426	Thai national database	Update_24Sep12
352.	อาหารไก่เจ	Feeds for vegetarian broiler	kg	0.5701	Thai national database	Update_24Sep12
353.	ปลาป่นจากเศษปลาซูริมิ	Fish meal, surimi meal	kg	2.6493	Thai national database	Update_24Sep12
354.	ปลาป่นจากปลาเป็ด	Fish meal, Trash fish	kg	5.7354	Thai national database	Update_24Sep12
355.	ปลาป่นจากเศษปลาทูน่า	Fish meal, tuna meal	kg	4.2571	Thai national database	Update_24Sep12
356.	กากถั่วเหลือง	Soybean meal	kg	0.4508	Thai national database	Update_24Sep12
357.	การปลูกถั่วเหลือง	Soybeans, at farm	kg	0.2899	Thai national database	Update_24Sep12
358.	เศษปลาซูริมิ	Surimi meal	kg	0.2095	Thai national database	Update_24Sep12
359.	การประมงปลาเป็ด	Trash fish	kg	0.8869	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
360.	เศษปลาทูน่า	Tuna meal	kg	1.2585	Thai national database	Update_24Sep12
361.	น้ำตาล	Sugar, from sugarcane, at sugar refinery	kg	0.1840	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
11. กลุ่มกระบวนการ						
362.	Blow moulding		kg	1.2077	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
363.	Injection moulding		kg	1.4162	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
364.	Calendering, rigid sheets		kg	0.4171	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
365.	Casting, brass		kg	0.0647	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
366.	Casting, bronze		kg	0.0658	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
367.	Extrusion, plastic film		kg	0.5751	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
368.	Extrusion, plastic pipes		kg	0.4169	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
369.	Foaming, expanding		kg	0.7550	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
370.	Stretch blow moulding		kg	1.6483	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
371.	Thermoforming, with calendering		kg	0.8592	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
12. กลุ่มไฟฟ้า						
372.	Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	Thai Electricity, grid mix 2009	kWh	0.6093	Thai national database	Update_24Sep12
13. กลุ่มวัสดุก่อสร้าง						
373.	Sand (ทราย)	Sand, at mine	kg	0.0037	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
374.	Brick (อิฐ)	Brick, at plant	kg	0.2414	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
375.	clay (ดินเหนียว)	Clay, at mine	kg	0.0004	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
376.	Sanitary ceramics (สุขภัณฑ์)	Sanitary ceramics, at regional Storage	kg	2.4092	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
14. สิ่งทอ						
377.	คาร์บอนไฟเบอร์		Kg	7.5500	Ecoinvent 2.0 (สวนผสมของ graphite และ ไนลอน)	Update_24Aug11
378.	ผ้าถัก CVC (70/30)		kg	11.6900	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
379.	ผ้าถัก CVC (70/30)(เฉดสีกลาง)*		kg	17.2000	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
380.	ผ้าถัก CVC (70/30)(เฉดสีเข้ม)*		kg	20.4600	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
381.	ผ้าถัก CVC (70/30)(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	23.8100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
382.	ผ้าถัก CVC (70/30)(เฉดสีออน)*		kg	15.3600	โโครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
383.	ผ้าถัก TC (65/35)		kg	11.5600	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
384.	ผ้าถัก TC (65/35)(เฉดสีกลาง)*		kg	17.2500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
385.	ผ้าถัก TC (65/35)(เฉดสีเข้ม)*		kg	20.8900	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
386.	ผ้าถัก TC (65/35)(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	24.6100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
387.	ผ้าถัก TC (65/35)(เฉดสีอ่อน)*		kg	15.2100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
388.	ผ้าถักฝ้าย		kg	12.6200	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
389.	ผ้าถักฝ้าย(เฉดสีกลาง)*		kg	18.0500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
390.	ผ้าถักฝ้าย(เฉดสีเข้ม)*		kg	21.0000	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
391.	ผ้าถักฝ้าย(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	24.0200	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
392.	ผ้าถักฝ้าย(เฉดสีอ่อน)*		kg	16.3900	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
393.	ผ้าถักโพลีเอสเทอร์		kg	5.4400	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
394.	ผ้าถักโพลีเอสเทอร์(เฉดสีกลาง)*		kg	11.2100	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
395.	ผ้าถักโพลีเอสเทอร์(เฉดสีเข้ม)*		kg	15.2200	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
396.	ผ้าถูกโพลีเอสเทอร์(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	19.3300	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
397.	ผ้าถักโพลีเอสเทอร์(เฉดสีอ่อน)*		kg	8.9600	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
398.	ผ้าทอ CVC (70/30)		kg	17.1700	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
399.	ผ้าทอ CVC (70/30)(เฉดสีกลาง)*		kg	23.0900	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
400.	ผ้าทอ CVC (70/30)(เฉดสีเข้ม)*		kg	26.3500	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
401.	ผ้าทอ CVC (70/30)(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	29.7000	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
402.	ผ้าทอ CVC (70/30)(เฉดสีอ่อน)*		kg	21.2500	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
403.	ผ้าทอ TC (65/35)		kg	15.9100	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
404.	ผ้าทอ TC (65/35)(เฉดสีกลาง)*		kg	21.8200	โครงการพัฒนาขอกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
405.	ผ้าทอ TC (65/35)(เฉดสีเข้ม)*		kg	25.4500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
406.	ผ้าทอ TC (65/35)(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	29.1800	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
407.	ผ้าทอ TC (65/35)(เฉดสีอ่อน)*		kg	19.7700	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
408.	ผ้าทอฝ้าย		kg	18.2400	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
409.	ผ้าทอฝ้าย (เฉดสีอ่อน)*		kg	22.5800	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
410.	ผ้าทอฝ้าย(เฉดสีกลาง)*		kg	24.2300	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
411.	ผ้าทอฝ้าย(เฉดสีเข้ม)*		kg	27.1800	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
412.	ผ้าทอฝ้าย(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	30.2000	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
413.	ผ้าทอโพลีเอสเทอร์		kg	9.4100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
414.	ผ้าทอโพลีเอสเทอร์(เฉดสีกลาง)*		kg	15.2600	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
415.	ผ้าทอโพลีเอสเทอร์(เฉดสีเข้ม)*		kg	19.2700	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
416.	ผ้าทอโพลีเอสเทอร์(เฉดสีเข้มมาก)*		kg	23.3700	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
417.	ผ้าทอโพลีเอสเทอร์(เฉดสีอ่อน)*		kg	13.0100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
418.	เส้นด้าย CVC (70/30)		kg	11.0100	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
419.	เส้นด้าย TC (65/35)		kg	9.9800	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
420.	เส้นด้ายปอกระเจา		Kg	0.5161	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
421.	เส้นด้ายฝ้าย		kg	11.9000	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
422.	เส้นด้ายโพลีเอสเทอร์		kg	4.1300	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
423.	เส้นใยขนแกะ		kg	41.3000	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
424.	เส้นใยไนลอน 6 ใยยาว (SDY)		kg	5.6500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
425.	เส้นใยฝ้าย (เฉลย) การนำเข้า การผลิตแบบดั้งเดิม		kg	5.7900	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
426.	เส้นใยฝ้าย US การผลิตแบบดั้งเดิม		kg	6.0500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
427.	เส้นใยฝ้าย US การผลิตแบบออร์แกนนิกส์		kg	2.4500	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
428.	เส้นใยโพลีเอสเตอร์ใยยาว (SDY)		kg	5.4700	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
429.	เส้นใยโพลีเอสเตอร์ใยสั้น (PSF)		kg	3.4900	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
430.	เส้นใยเรยอนใยสั้น		kg	7.2800	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
431.	เส้นใยอะครีลิคใยสั้น (ASF)		kg	10.1000	โครงการพัฒนาขอกำหนดราย ผลิตภัณฑ์ฯ : ประเภทผลิตภัณฑ์ สิ่งทอ, 2554	Update_24Aug11
432.	คาร์บอนไฟเบอร์		Kg	7.5500	Ecoinvent 2.0 (สวนผสมของ graphite และ ไนลอน)	Update_24Aug11
15. น้ำ						
433.	น้ำประปา		kg	0.0003	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_4Oct11
434.	น้ำหล่อเย็น		kg	0.0003	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_4Oct11

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หนวย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
16.อาหาร						
435.	กระเทียม	ข้อมลูกรมวิชาการเกษตร	kg	0.1660	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
436.	เกลือ		kg	3.2500	Ecoinvent 2.0	
437.	ไก่	ฐานข้อมูล "chicken" ของ LCA Food DK ในSimaPro	kg	1.8202	ประมาณการเรื่องการขนส่งจากแหล่งที่เป็นหลักแล้วคิดระยะทางที่เป็นตัวแทน	
438.	ข่า	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.1200	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
439.	แครอท	ฐานข้อมูล "Carrot, conventional, washed and packed, from field" ของ LCA Food DK ในSimaPro	kg	0.1198	ประมาณการเรื่องการขนส่งจากแหล่งที่เป็นหลักแล้วคิดระยะทางที่เป็นตัวแทน	
440.	น้ำกะทิ	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	kg	0.0109		
441.	น้ำตาล	วิทยา กันยา. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	kg	1.0800		
442.	ใบโหระพา	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.0443	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
443.	ผงชูรส	Japanese Database	kg	0.8690		
444.	ผิวมะกรูด	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.0812	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
445.	พริกชี้ฟ้าแดง	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.1200	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
446.	พริกไทย	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.0682	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
447.	มะเขือพวง	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.2460	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
448.	มันฝรั่ง	ฐานข้อมูล "Potatoes, from farm" ของ LCA Food DK ใน SimaPro	kg	0.1527	ประมาณการเรื่องการขนส่งจากแหล่งที่เป็นหลักแล้วคิดระยะทางที่เป็นตัวแทน	

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
449.	รากผักชี	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.0868	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
450.	สับปะรดสด	คู่มือ LCI/LCA แนวปฏิบัติในการจัดทำฐานขอมูลวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สับปะรดกระป๋อง กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม	kg	0.0990	DIW project (National database of pineapple cultivation)	
451.	หอมแดง	ข้อมูลกรมวิชาการเกษตร	kg	0.0437	สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจและการเกษตร กรมวิชาการเกษตร	
452.	หัวหอมใหญ่	ฐานข้อมูล "Onion, dried and stored" ของ LCA Food DK ใน SimaPro	kg	0.2653	ประมาณการเรื่องการขนส่งจากแหล่งที่เป็นหลักแล้วคิดระยะทางที่เป็นตัวแทน	

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์
วัน/เดือน/ปีเกิด	5 สิงหาคม 2529
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	55/76 ถ.ประชาสรรค์ ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) สาขา เคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
พ.ศ. 2555	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ