



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

ปริญญา

วิศวกรรมเคมี

วิศวกรรมเคมี

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

Life Cycle Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint Analysis  
of Kraft Envelope and Polypropylene Plastic File Folder

นามผู้วิจัย นางสาวจรรย์ ไซยศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์ธีรรัตน์ มั่งจรีญ, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์ประเสริฐ ภาวนันต์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อภิญญา ดวงจันทร์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

Life Cycle Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint Analysis  
of Kraft Envelope and Polypropylene Plastic File Folder

โดย

นางสาวรณีย์ ไชยศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

พ.ศ. 2554

รชนีษ์ ไชยศรี 2554: การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ  
ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, Ph.D. 171 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม  
ตลอดวัฏจักรชีวิต รวมทั้งวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก  
ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ชนิด KA ขนาด 125 แกรม  
จำนวน 500 ชอง (น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม) และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 จำนวน 500 ชอง  
(น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม) แต่ละชองมีอายุการใช้งาน 1 ครั้ง โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิถี Impact 2002+  
สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต และวิถี IPCC 2007 GWP 100a สำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามแนวทางการ  
ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย

ผลการศึกษาทำให้ได้ข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า-สารขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของเอกสารจากกระดาษ  
คราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตโดยใช้  
สมมติฐานการจัดการซากหลังการใช้งาน 3 วิธี ได้แก่ การรีไซเคิล การฝังกลบ และการเผา พบว่า ของเอกสารจากกระดาษ  
คราฟท์ที่จัดการโดยการเผา ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการฝังกลบ ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่  
จัดการโดยการรีไซเคิล แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน  
ที่จัดการโดยการฝังกลบ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการรีไซเคิล มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม  
เท่ากับ  $4.28\text{E-}02$  Pt,  $4.19\text{E-}02$  Pt,  $4.12\text{E-}02$  Pt,  $1.45\text{E-}02$  Pt,  $1.15\text{E-}02$  Pt และ  $9.01\text{E-}03$  Pt ตามลำดับ โดยผลกระทบ  
สิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ ได้แก่ กระดาษคราฟท์ และเม็ดพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิ  
พรอพิลีน พบว่า มีค่าเท่ากับ 47.3 และ 50.9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับ 500 ชอง ตามลำดับ โดยการ  
ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการฝังกลบ

สำหรับแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเอกสารจาก  
กระดาษคราฟท์ ได้แก่ การเพิ่มสัดส่วนการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากชีวมวล  
สำหรับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้เสนอให้มีการใช้เม็ดพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน รีไซเคิล 100  
เปอร์เซ็นต์ และการลดน้ำหนักของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ทั้งนี้ พบว่า การนำของเอกสารจากกระดาษ  
คราฟท์ หรือแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มาใช้ซ้ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม  
และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Rodjane Chaisri 2011: Life Cycle Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint Analysis of Kraft Envelope and Polypropylene Plastic File Folder. Master of Engineering (Chemical Engineering), Major Field: Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Thumrongrut Mungcharoen, Ph.D. 171 pages.

This research is aimed to collect the life cycle inventory data and assess the life cycle environmental impact and carbon footprint of kraft envelope and polypropylene plastic file folder. The functional unit of this study is one time use of 500 envelopes of 125-gram KA kraft (10.655 kilogram) and 500 folders of polypropylene (PP) plastic file folder (10.725 kilogram). This work used SimaPro 7.1 with Impact 2002+ method for the life cycle assessment and IPCC 2007 GWP 100a method for carbon footprint analysis according to the Thai national guideline for carbon footprint.

The life cycle inventory data of kraft envelope and polypropylene plastic file folder were obtained from this study. For the life cycle environmental impact assessment, 3 waste management scenarios, i.e. recycling, landfill and incineration were used. The result showed that the life cycle environmental impact of kraft envelope with incineration, kraft envelope with landfill, kraft envelope with recycling, PP plastic file folder with incineration, PP plastic file folder with landfill and PP plastic file folder with recycling were 4.28E-02 Pt, 4.19E-02 Pt, 4.12E-02 Pt, 1.45E-02 Pt, 1.15E-02 Pt and 9.01E-03 Pt, respectively. Most of the environmental impact were from the raw material production, i.e. kraft paper and PP pellet.

The result of carbon footprint analysis showed that the carbon footprint of kraft envelope and PP plastic file folder were 47.3 and 50.9 kilogram carbon dioxide equivalent per 500 units, respectively. Most of the greenhouse gas emission were from the waste management by landfill.

The proposed methods to reduce the life cycle environmental impact and carbon footprint of kraft envelope and PP plastic file folder were the increase of recycled paper to 100% and the use of electricity from biomass for kraft envelope and the increase of recycled PP pellet to 100% and the decrease of PP plastic file folder weight for PP plastic file folder. It was found that the reuse of kraft envelope and PP plastic file folder were the most effective mean to reduce the life cycle environmental impact and carbon footprint.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.ประเสริฐ ภวสันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียนการศึกษา การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้มีความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อการทำ วิทยานิพนธ์ และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ต่อไป และกราบขอบพระคุณผู้แทนบัณฑิต วิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเลียม และวัสดุขั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา โครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและ พลังงานของประเทศ สำหรับอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ผู้แทนจาก บริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณ ดร.พรทิพย์ วงศ์สุโชโต ที่ ได้ให้ความช่วยเหลือในการทวนสอบข้อมูล และขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว พี่เขย และญาติ ทุกท่าน ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษามาจนถึงระดับบัณฑิตศึกษา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ทุกท่านที่ได้ให้ ความรู้ ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจผู้วิจัยในทุกเรื่องตลอดมา

รชนีัย ไชยศรี

เมษายน 2554



## สารบัญ

## หน้า

|                                                      |      |
|------------------------------------------------------|------|
| สารบัญ                                               | (1)  |
| สารบัญตาราง                                          | (2)  |
| สารบัญภาพ                                            | (4)  |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ                            | (10) |
| คำนำ                                                 | 1    |
| วัตถุประสงค์                                         | 4    |
| การตรวจเอกสาร                                        | 7    |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                    | 49   |
| อุปกรณ์                                              | 49   |
| วิธีการ                                              | 52   |
| ผลและวิจารณ์                                         | 63   |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                    | 148  |
| สรุป                                                 | 148  |
| ข้อเสนอแนะ                                           | 153  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                 | 154  |
| ภาคผนวก                                              | 161  |
| ภาคผนวก ก กระบวนการผลิตเชื้อฟอกขาว และเชื้อไม่ฟอกขาว | 162  |
| ภาคผนวก ข การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม          | 165  |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน                           | 171  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                                                                                 | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 คำศัพทภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมด้วยพิธีสารเกียวโต                                                                                                                                    | 8    |
| 2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของพอลิพรอพิลีน                                                                                                                                                                      | 46   |
| 3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระดาษคราฟท์สำหรับทำซองเอกสาร<br>น้ำหนัก 10.695 กิโลกรัม                                                                                                         | 65   |
| 4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>จำนวน 500 ซอง                                                                                                                        | 70   |
| 5 ข้อมูลการขนส่ง สำหรับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                                                                                                                                          | 72   |
| 6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน<br>น้ำหนัก 11.235 กิโลกรัม                                                                                                            | 74   |
| 7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน<br>จำนวน 500 ซอง                                                                                                                 | 76   |
| 8 ข้อมูลการขนส่ง สำหรับแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                                                                                                                   | 78   |
| 9 ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของ<br>การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>การขนส่ง และการจัดการซาก ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน  | 80   |
| 10 ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของ<br>การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>การขนส่ง และการจัดการซาก ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน | 87   |
| 11 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                                              | 102  |
| 12 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นซองพลาสติก<br>ชนิดพอลิพรอพิลีนสำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                                        | 103  |
| 13 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของ<br>ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง                                                                                                      | 106  |
| 14 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                                                                            | 108  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่            |                                                                                                                    | หน้า |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 15                  | ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของ<br>แผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง            | 111  |
| 16                  | การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นซองพลาสติก<br>ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 112  |
| <b>ตารางผนวกที่</b> |                                                                                                                    |      |
| ข1                  | ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อฟอกขาว 0.632 กิโลกรัม                                                   | 166  |
| ข2                  | ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อไม่ฟอก 0.334 กิโลกรัม                                                   | 169  |



## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                 | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1    ปราบปรามการฉ้อโกงก๊าซเรือนกระจก                                                                   | 7    |
| 2    โครงสร้างของขั้นตอน LCA                                                                           | 10   |
| 3    ขั้นตอนในการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิต                                                          | 17   |
| 4    ผลกระทบจากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ                                                              | 29   |
| 5    พอลิเมอร์เซชันโดยตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-แนตตา                                                   | 31   |
| 6    กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติก                                                                          | 35   |
| 7    แผนผังวัฏจักรชีวิตของซองเอกสาร                                                                    | 37   |
| 8    แผนผังวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก                                                                  | 38   |
| 9    ขอบเขตของระบบและห่วงโซ่การผลิต                                                                    | 41   |
| 10    รูปร่างและมิติของกล่องกระดาษ                                                                     | 42   |
| 11    ขอบเขตการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์พอลิโอฟิลีน                                   | 46   |
| 12    โปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษในประเทศไทย<br>รุ่นที่ 1.0               | 49   |
| 13    โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1                                                                     | 50   |
| 14    ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                          | 53   |
| 15    ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                   | 53   |
| 16    ขอบเขตระบบของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                                            | 56   |
| 17    ขอบเขตระบบของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                        | 57   |
| 18    กระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์สำหรับทำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                    | 64   |
| 19    ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                                                         | 70   |
| 20    แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                                     | 75   |
| 21    ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาของกระดาษคราฟท์ และการได้มาของ<br>เม็ดพอลิพรอพิลีน            | 93   |
| 22    ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน | 95   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                                                                 | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 23 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการขนส่งของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                                                                | 96   |
| 24 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการจัดการซากของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน หลังการใช้งาน                                                                              | 97   |
| 25 ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของ<br>พลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต                                                                              | 99   |
| 26 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                                                     | 100  |
| 27 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                                                | 101  |
| 28 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ<br>ของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์                                                                                                              | 107  |
| 29 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ<br>ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                                                                       | 111  |
| 30 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของ<br>ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน                                                                     | 113  |
| 31 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจาก<br>กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต   | 116  |
| 32 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจาก<br>กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม      | 116  |
| 33 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจาก<br>กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์<br>ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม | 117  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                                                                                     | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 34 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต                  | 118  |
| 35 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                     | 119  |
| 36 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                | 119  |
| 37 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต   | 121  |
| 38 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม       | 122  |
| 39 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม | 122  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                                                                           | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 40 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต   | 124  |
| 41 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม      | 124  |
| 42 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม | 125  |
| 43 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่ทำจากเออีรีไซเคิล 100%                                                                                                  | 126  |
| 44 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่ทำจากเออีรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่ทำจากเออีรีไซเคิล 100%                                                                    | 127  |
| 45 สัดส่วนและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล                                                                                                                | 128  |
| 46 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับของเอกสารจากกระดาศกราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล                                                | 129  |
| 47 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%                                                                             | 130  |
| 48 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%                                      | 131  |
| 49 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม                                                                                            | 132  |



### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                    | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 50 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม | 133  |
| 51 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                         | 135  |
| 52 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                    | 136  |
| 53 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                               | 137  |
| 54 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                          | 137  |
| 55 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต                                                | 139  |
| 56 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                                   | 139  |
| 57 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                              | 140  |
| 58 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต                               | 141  |
| 59 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                  | 142  |
| 60 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม                             | 142  |
| 61 ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง                                                                        | 144  |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่            |                                                                                              | หน้า |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 62                | ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง    | 145  |
| 63                | ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการรีไซเคิล เป็นเศษกระดาษ               | 146  |
| 64                | ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิล เป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน | 146  |
| <b>ภาพผนวกที่</b> |                                                                                              |      |
| ก1                | กระบวนการผลิตเชื้อฟอกขาว                                                                     | 163  |
| ก2                | กระบวนการผลิตเชื้อไม่ฟอกขาว                                                                  | 164  |

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                                        |                                             |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| กฟผ.                                   | = การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย             |
| Bq C-14                                | = Becquerel of Carbon-14                    |
| HIPS                                   | = High Impact Polystyrene                   |
| kg CFC-11 eq                           | = kilogram Chlorofluorocarbon-11 equivalent |
| kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>       | = kilogram Ethylene equivalent              |
| kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq | = kilogram Chloroethylene equivalent        |
| kg CO <sub>2</sub> eq                  | = kilogram Carbon dioxide equivalent        |
| kg PM <sub>2.5</sub>                   | = kilogram Particulate Matter 2.5           |
| kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq    | = kilogram Phosphate equivalent             |
| kg SO <sub>2</sub> eq                  | = kilogram Sulfur dioxide equivalent        |
| kg TEG soil                            | = kilogram Triethylene Glycol into Soil     |
| kg TEG water                           | = kilogram Triethylene Glycol into Water    |
| LCA                                    | = Life cycle assessment                     |
| LCI                                    | = Life cycle inventory                      |
| MJ primary                             | = Megajoule of Total primary energy         |
| MJ surplus                             | = Megajoule of Additional energy            |
| m <sup>2</sup> org.arable              | = Square Meter of Organic arable            |
| PC                                     | = Polycarbonate                             |
| PMMA                                   | = Polymethylmethacrylate                    |
| PM 2.5                                 | = Particulate Matter 2.5                    |
| PP                                     | = Polypropylene                             |
| Pt                                     | = Person for target year                    |

**การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต  
และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน**

**Life Cycle Environmental Impact Assessment and Carbon Footprint Analysis  
of Kraft Envelope and Polypropylene Plastic File Folder**

**คำนำ**

ใน พ.ศ. 2552 กลุ่มนักวิชาการ ได้รายงานว่า ปัจจุบันได้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ มากมายที่เป็นสัญญาณบ่งถึงความผิดปกติของโลก และปรากฏการณ์ที่รู้จักกันดี คือ ภาวะโลกร้อนอันเนื่องมาจากก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในธรรมชาติก๊าซเรือนกระจกจะเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ออกสู่อวกาศมากเกินไปและรวดเร็วจนเกินไปเพื่อให้โลกอบอุ่นเพียงพอสำหรับสิ่งมีชีวิต ก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาตินี้ เรียกว่า Natural greenhouse gas ส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของมนุษย์ พลังงานสิ้นเปลืองนี้จะใช้ก๊าซออกซิเจนทำการสันดาปร่วมกับเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้น ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกเพิ่มขึ้นที่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของมนุษย์มากมาย เช่น ระดับอุณหภูมิของผิวโลกสูงขึ้น ภัยพิบัติจากน้ำท่วม และการทำลายระบบนิเวศ เป็นต้น (กลุ่มนักวิชาการ, 2552)

ในปี พ.ศ. 2551 สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว ได้รายงานว่าการสหประชาชาติได้จัดให้มีการประชุมระดับนานาชาติ จัดทำพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งได้บันทึกข้อตกลงของประเทศสมาชิกเพื่อวางแผนในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (Methane: CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัส ออกไซด์ (Nitrous oxide: N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons: HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons: PFCs) และก๊าซซัลเฟอร์ เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulphur hexafluoride: SF<sub>6</sub>) ที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มอุณหภูมิของโลกให้ลดลงร้อยละ 6 ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2555 จากปริมาณที่ปล่อยในปีฐาน พ.ศ. 2533 (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว, 2551)

ในปี ค.ศ. 2008 MCI ได้รายงานว่าการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนอาจจะยากเกินความรับผิดชอบของคนในโลก แต่สิ่งที่ทำได้ก็คือ การทำให้เกิดขึ้นใหม่น้อยที่สุดเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนนี้ ซึ่งกลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายสินค้าในหลายประเทศ เช่น สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา เยอรมนี สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น รวมทั้งประเทศไทย ได้เร่งศึกษาวิจัยปรับปรุงกระบวนการผลิต พร้อมทั้งสร้างความตื่นตัวในกลุ่มผู้บริโภค โดยทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อบอกปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และบริการ แสดงผลในเชิงปริมาณ คือ เทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> equivalent) ว่าในแต่ละขั้นตอนได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณเท่าใด ตั้งแต่เริ่มจัดหาวัตถุดิบ นำไปแปรรูป ผลิต จัดจำหน่าย จนย่อยสลาย (MCI, 2008)

ในปี พ.ศ. 2551 เอ็มเทค ได้รายงานไว้สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่หรือแปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ ของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (เอ็มเทค, 2551) แต่การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะเน้นศึกษาเฉพาะสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ ศึกษาเฉพาะปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ตัว ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ในปี พ.ศ. 2552 สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้รายงานไว้ว่า อุตสาหกรรมผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ ต้องอาศัยกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตเยื่อกระดาษ การผลิตกระดาษคราฟท์ จนถึงการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ส่วนอุตสาหกรรมผลิตแผ่นของพลาสติกก็เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก ต้องอาศัยกระบวนการผลิตตั้งแต่การขุดเจาะ และกลั่นปิโตรเลียม การผลิตเม็ดพลาสติก จนถึงการผลิตแผ่นของพลาสติก นอกจากนี้ กระบวนการ

ผลิตในแต่ละขั้นตอนยังใช้วัตถุดิบและพลังงานในปริมาณมาก ส่งผลให้มีของเสีย รวมถึงก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณมากเช่นกัน ดังนั้น หากเราสามารถลดการใช้พลังงาน และลดมลพิษต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการนำเศษกระดาษเวียนกลับมาใช้ใหม่ ก็จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงาน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากร ได้แก่ ทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างมาก รวมถึงการลดปริมาณเศษกระดาษที่จะกลายเป็นขยะมูลฝอยได้ และส่งผลที่ดีต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องด้วย (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2552)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ และแฟ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนของบริษัทตัวอย่าง โดยอาศัยเครื่องมือในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตจากการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออก ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตผลิตภัณฑ์ การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก การใช้งาน การนำไปกำจัดทิ้งหรือนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการขนส่ง โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ตัว ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตบรรจุก๊าซเอกสารได้อย่างยั่งยืน และสนับสนุนการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และเป็นทางเลือกที่ดีของผู้บริโภคที่จะมีส่วนร่วมในการเลือกซื้อสินค้าและบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังทำให้สินค้ามีข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับแนวโน้มของนานาชาติ อันเป็นการลดการกีดกันทางการค้าจากประเทศอื่นๆ ส่งผลให้มีการส่งออกสินค้าจากประเทศไทยได้เพิ่มขึ้น



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Inventory Data) ของซองเอกสารกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน
2. เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และเปรียบเทียบผลที่ได้
3. เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

## ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ของบริษัทตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน
2. กำหนดหน่วยหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Functional unit) คือ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ชนิด KA (125 แกรม) ขนาด A4 น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีอายุการใช้งาน 1 ครั้ง
3. เก็บรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออก ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แบบประตูถึงประตู (Gate to Gate) ของบริษัทตัวอย่าง 1 บริษัท และจัดทำข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต

4. ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี Impact 2002+ ซึ่งรายการผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ที่ทำการศึกษา มีดังนี้

- 4.1 การเกิดความเป็นกรดในน้ำจืด (Aquatic acidification)
- 4.2 การเกิดความเป็นพิษในน้ำจืด (Aquatic ecotoxicity)
- 4.3 การเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำจืด (Aquatic eutrophication)
- 4.4 การเกิดสารก่อมะเร็ง (Carcinogens)
- 4.5 การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)
- 4.6 การเกิดกัมมันตภาพรังสี (Ionizing radiation)
- 4.7 การใช้พื้นที่ (Land occupation)
- 4.8 การสกัดแร่ธาตุ (Mineral extraction)
- 4.9 การเกิดสารไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogens)
- 4.10 การใช้พลังงานสิ้นเปลือง (Non-renewable energy)
- 4.11 การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone layer depletion)
- 4.12 การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ (Respiratory inorganics)
- 4.13 การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ (Respiratory organics)
- 4.14 การเกิดกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification / nutrification)
- 4.15 การเกิดความเป็นพิษต่อพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity)

5. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี IPCC 2007 GWP 100a เป็นตัวประเมิน ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบกลุ่มศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ตัว ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโดจากระบบของผลิตภัณฑ์โดยวัดออกมาในหน่วยมวลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

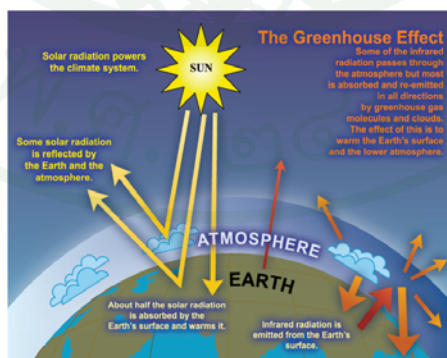
### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลพื้นฐานของการใช้ทรัพยากรและพลังงาน รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน
2. ได้ทราบถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน
3. บริษัทสามารถนำข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อม และปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปพิจารณาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยได้

## การตรวจเอกสาร

### 1. ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก

โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมาในช่วงความยาวคลื่นสั้นมากๆ ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นหรือใกล้ตามองเห็น (เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้น) โดยที่ 1 ใน 3 ส่วนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มาถึงชั้นบรรยากาศสูงสุดของโลกจะสะท้อนกลับไปสู่ชั้นอวกาศ ส่วนที่เหลืออีก 2 ใน 3 ส่วนจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศของโลก ทั้งนี้ โลกจะมีการแผ่รังสีกลับไปยังชั้นอวกาศเพื่อให้เกิดความสมดุล เนื่องจากโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่าดวงอาทิตย์ มันจึงแผ่รังสีในช่วงความยาวคลื่นยาวกว่า เช่น รังสีอินฟราเรด เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 1 ความร้อนที่ปลดปล่อยมาจากพื้นดินและพื้นมหาสมุทรจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศ รวมถึงเมฆ และรังสีก็แผ่กลับมายังโลก ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก พลังงานในเรือนกระจกจะลดการไหลของอากาศและเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายใน ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกของโลกนี้ยังช่วยทำให้พื้นผิวของดาวเคราะห์อบอุ่นขึ้นด้วย แต่หากไม่มีปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติ อุณหภูมิที่พื้นผิวของโลกโดยเฉลี่ยจะต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ดังนั้น ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาตินี้จึงมีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิของโลก และสิ่งมีชีวิตบนโลกสามารถดำเนินต่อไปได้ อย่างไรก็ตาม กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือการทำลายป่า ยังมีส่วนทำให้ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน



ภาพที่ 1 ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: IPCC (2007)

สารสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น Chlorofluorocarbons (CFCs), Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), Halons, methyl bromide (CH<sub>3</sub>Br) เป็นต้น ใช้กันแพร่หลายในเครื่องทำความเย็น และอุตสาหกรรมต่างๆ สารเหล่านี้นอกจากทำลายชั้นของโอโซน (Ozone Depleting Substances, ODSs) ที่ห่อหุ้มบรรยากาศโลกซึ่งช่วยกรองแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) แล้ว ยังมีค่าศักยภาพในการดูดกลืนความร้อน (Global warming potential: GWP) ที่ 100 ปี สูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า เช่น ก๊าซ CFC-12, CFC-114 มีค่า GWP สูงถึง 10,900 และ 10,000 เป็นต้น (IPCC, 2007)

ในปัจจุบันสาร CFC เหล่านี้ถูกควบคุมการผลิตโดยพิธีสารมอนทรีออล (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) ซึ่งเป็นข้อตกลงร่วมกันระหว่างนานาประเทศในการควบคุมการผลิตและการบริโภคสารที่ทำลายชั้นของชั้นโอโซนที่ห่อหุ้มบรรยากาศโลก

ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโต ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน และก๊าซซัลเฟอร์ เฮกซะฟลูออไรด์ ซึ่งค่าศักยภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ 100 ปี เพื่อใช้ในการคำนวณขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าศักยภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมด้วยพิธีสารเกียวโต

| ก๊าซ                    | ศักยภาพทางความร้อน |
|-------------------------|--------------------|
| คาร์บอนไดออกไซด์        | 1                  |
| มีเทน                   | 25                 |
| ไนตรัสออกไซด์           | 298                |
| ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน     | 124-14,800         |
| เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน     | 7,390-12,200       |
| ซัลเฟอร์ เฮกซะฟลูออไรด์ | 22,800             |

ที่มา: IPCC (2007)



## 2. การประเมินวัฏจักรชีวิต

### 2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นผลสืบเนื่องมาจากวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 และจากนโยบายการประหยัดพลังงานของรัฐบาลต่างๆ ส่งผลกระทบหลักต่อการปลูกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงถูกพัฒนามานานไปกับแนวคิดที่ต้องการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานสำหรับแต่ละภาคอุตสาหกรรมอย่างละเอียด จากนั้น การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ได้ขยายเพิ่มเติมถึงการวิเคราะห์ทรัพยากรชนิดอื่นๆ ด้วย รวมถึงผลกระทบจากการปลดปล่อยมลพิษและของเสียที่เกิดขึ้น ไม่ได้วิเคราะห์แค่ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปเพียงอย่างเดียว

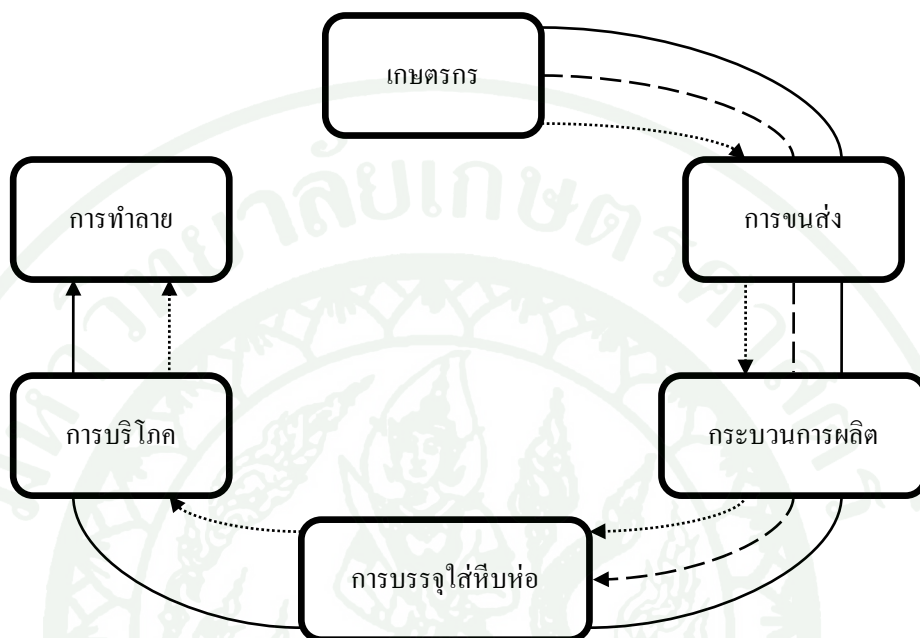
การประเมินวัฏจักรชีวิตทำให้ทราบถึงข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาประกอบกับข้อมูลในประเด็นอื่นๆ เช่น ต้นทุน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต เช่น การพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงนโยบายของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค และการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

อนึ่ง การประเมินวัฏจักรชีวิตนั้น กล่าวถึง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบผลิตภัณฑ์ภายใต้การศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ นิเวศวิทยา และการหมดไปของทรัพยากร แต่จะไม่ได้กล่าวถึงผลทางเศรษฐกิจและสังคม

### 2.2 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย แต่บางครั้งก็สามารถตัดทอนให้ลดลงได้ตามเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา แสดงดังภาพ

ที่ 2 โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 2 โครงสร้างของขั้นตอน LCA

หมายเหตุ ..... หมายถึง Gate to Gate  
 - - - - - หมายถึง Cradle to Gate  
 ——— หมายถึง Cradle to Grave

ที่มา: คัดแปลงจากอรรถเจตต์ และ ปริญญ์ (ม.ป.ป.)

สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อมและสารเคมี (Society of environment toxicology and chemical: SETAC) ได้ให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตว่าเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปแบบของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึง

กิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547)

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่าเป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอยู่ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองและสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมา แต่การประเมินวัฏจักรชีวิตจะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นมากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา

### 2.3 อนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิต

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน ได้กำหนดให้การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ถูกบรรจุอยู่ในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 โดยมีกรอบการดำเนินงานตามอนุกรมมาตรฐาน 14040 แสดงดังภาพที่ 3 และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA มีทั้งหมด 7 ฉบับ ดังนี้

2.3.1 ISO 14040 - Life cycle assessment – Principles and framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2.3.2 ISO 14041 - Life cycle assessment – Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต การวิเคราะห์และจัดทำข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

2.3.3 ISO 14042 – Life cycle assessment – Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2.3.4 ISO 14043 – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA

2.3.5 ISO/TR 14047 – Life Cycle Assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14042 – Life cycle impact assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2.3.6 ISO/TR 14048 – Life Cycle Assessment – LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA

2.3.7 ISO/TR 14049 – Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

## 2.4 ขั้นตอนในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตจะดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งมี 4 ขั้นตอนใน แสดงดังภาพที่ 3 และมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

### 2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษา LCA ต้องทราบว่าอะไรคือสิ่งที่ จะทำการศึกษาและจะศึกษาอย่างไร ซึ่งผลของการศึกษาจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นกับการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา นั่นเอง โดย LCA สามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ที่มีความแตกต่างกันได้แก่

ก. เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์



ข. เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้พื้นฐานของการออกแบบ และข้อมูลในเชิงตัวเลขค่อนข้างมาก

ค. เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งต้องอาศัยความรู้ของระบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องและข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อ

การศึกษา LCA เพื่อเป้าหมายหลักทั้ง 3 ข้อข้างต้น จะทำให้ได้ข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์ที่สามารถช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้และพัฒนาในด้านอื่นๆ เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่และการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม และจากเป้าหมายของการศึกษาดังกล่าวนี้อาจจะเป็นตัวบ่งบอกระดับของรายละเอียดที่ต้องทำการศึกษา เช่น หากต้องการศึกษาเพื่อจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมและใช้เผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะ อาจจำเป็นต้องมีหน่วยงานภายนอกเข้ามาประกันคุณภาพของข้อมูลด้วย หรือหากศึกษาเพื่อการออกแบบหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ใหม่ จะต้องมีส่วนตอนของการประเมินการปรับปรุงเพิ่มเข้ามาด้วยเช่นกัน แต่หากต้องการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันและมีวัสดุที่ใกล้เคียงกัน การศึกษา LCA อาจศึกษาได้โดยการประเมินเปรียบเทียบเฉพาะส่วนที่แตกต่างกันเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้ เรียกว่า การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Difference analysis)

ขอบเขตการศึกษา LCA จะสัมพันธ์กับความซับซ้อนของเป้าหมายการศึกษา และจะมีผลกระทบโดยตรงต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษา นั่นคือ หากการศึกษามีเป้าหมายที่ต้องการความน่าเชื่อถือของข้อมูลสูง หรือต้องการเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะ ขอบเขตการศึกษาระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการย่อมสูงตามไปด้วย

ในการเปรียบเทียบทางเลือกของการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ในการเลือกอย่างเหมาะสม ลักษณะหน้าที่การใช้งาน (Function) จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดที่ต้องกำหนดขึ้นมา ตัวอย่างเช่น บริษัทแห่งหนึ่งต้องการเลือกใช้ภาชนะบรรจุเครื่องดื่มระหว่างถ้วยกระดาษที่ใช้แล้วทิ้งกับถ้วยเซรามิก ถ้าทำการเปรียบเทียบระหว่างความคงทนในการใช้งานของถ้วยกระดาษที่ใช้แล้วทิ้งกับถ้วยเซรามิก ซึ่งมีค่าช่วงชีวิตที่ต่างกันมากย่อมไม่สามารถทำได้ จึงควรเปรียบเทียบหน่วยเป็นต่อการดื่มกาแฟ 1 ถ้วย หรือการบริโภคเครื่องดื่มร้อนใน 1 ปีของพนักงาน แทนที่จะเปรียบเทียบหน้าที่การใช้งานของถ้วยกาแฟ หรือตัวอย่างเรื่องการขนส่งอาจทำ



การเปรียบเทียบรถยนต์นั่งขนาด 4 คน ซึ่งขับเคลื่อนโดยใช้เครื่องยนต์เทียบกับรถยนต์ที่ขับเคลื่อนโดยใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยการทำงาน (Functional unit) ควรเป็นพลังงานที่ใช้ต่อระยะทาง 1,000 กิโลเมตรของถนนส่วนบุคคล

#### 2.4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis)

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาจำนวนสารเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ซึ่งสารขาเข้าและขาออกที่ได้เหล่านี้รวมถึงทรัพยากรและการปล่อยสารสู่อากาศ น้ำ และดิน การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปที่เข้าใจง่ายและควรประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต พลังงานไหลของกระบวนการ และลักษณะของข้อมูล (เช่น คุณภาพ แหล่งที่มา ข้อจำกัดของข้อมูล เป็นต้น)

#### 2.4.3 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

จัดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณ เพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลของสภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากองค์ประกอบของบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบนั้นมี 2 ขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ ประกอบด้วย การจำแนกข้อมูลเข้าไปอยู่ในกลุ่มของผลกระทบ (Classification) และการกำหนดบทบาท (Characterization) และขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting)

#### ก. การจำแนกประเภท

ขั้นตอนนี้ทำโดยการรวบรวมมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วจัดเป็นหมวดหมู่ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น อาทิเช่น ภาวะโลกร้อน การลดลงของชั้นโอโซน การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจก่อให้เกิด

ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน หรือก๊าซมีเทนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนและการเกิดมลสารชั้นทุติยภูมิจากปฏิกิริยาแสงเคมี เป็นต้น

#### ข. การกำหนดบทบาท

ขั้นตอนนี้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างมลสารที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเภทให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น ภาวะโลกร้อน สารต่างๆ ที่จัดว่าเป็นสาเหตุของปัญหานี้จะถูกประเมินเป็นหน่วย kg CO<sub>2</sub> equivalent โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

เมื่อ  $EP_j$  คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบ  $j$   
(กิโลกรัม, เทียบเท่าสารอ้างอิงของผลกระทบ  $j$ )

$Q_i$  คือ ปริมาณสาร  $i$  ที่ปล่อยออกมา (กิโลกรัมของสาร  $i$ )

$EF_{ij}$  คือ ค่าเทียบเท่าของมลสาร  $i$  ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม  $j$   
(กิโลกรัม, เทียบเท่าสารอ้างอิงของผลกระทบ  $j$  ต่อกิโลกรัมของสาร  $i$ )

#### ค. การเทียบหน่วย

ขั้นตอนนี้ทำได้โดยการหาความสำคัญของแต่ละผลกระทบ โดยทำการเปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่ออายุการใช้งาน และต่อค่าการให้ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ โดยคำนวณจากสมการที่ (2)

$$NP_{j(\text{Product})} = \frac{EP_j}{(T \times ER_i)} \quad (2)$$

เมื่อ  $NP_j$  คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม  $j$  ของผลิตภัณฑ์ (คน)

$T$  คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (ปี)

$ER_j$  คือ ค่าการให้ขนาดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม  $j$  ที่เกิดจากการกระทำ  
ของคนหนึ่งคนต่อปี (กิโลกรัมเทียบเท่าสารอ้างอิงของผลกระทบ  $j$  ต่อคน  
ต่อปี)

#### ง. การให้น้ำหนัก

ขั้นตอนนี้ทำการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยนำค่า  $NP_j$  ที่ได้มาคูณด้วยค่าการให้น้ำหนักที่มีค่าระดับความสำคัญของแต่ละผลกระทบที่แตกต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนอาจพิจารณาว่ามีความสำคัญมากกว่าภาวะฝนกรด โดยให้ค่าน้ำหนักที่อัตราส่วน 1:2 โดยค่าน้ำหนักที่คำนวณได้นี้เป็นค่าสุดท้ายที่ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่วิเคราะห์ หรือคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (3)$$

เมื่อ  $WP_j$  คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม  $j$  หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year; Pt.)

$WF_j$  คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อม  $j$  ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

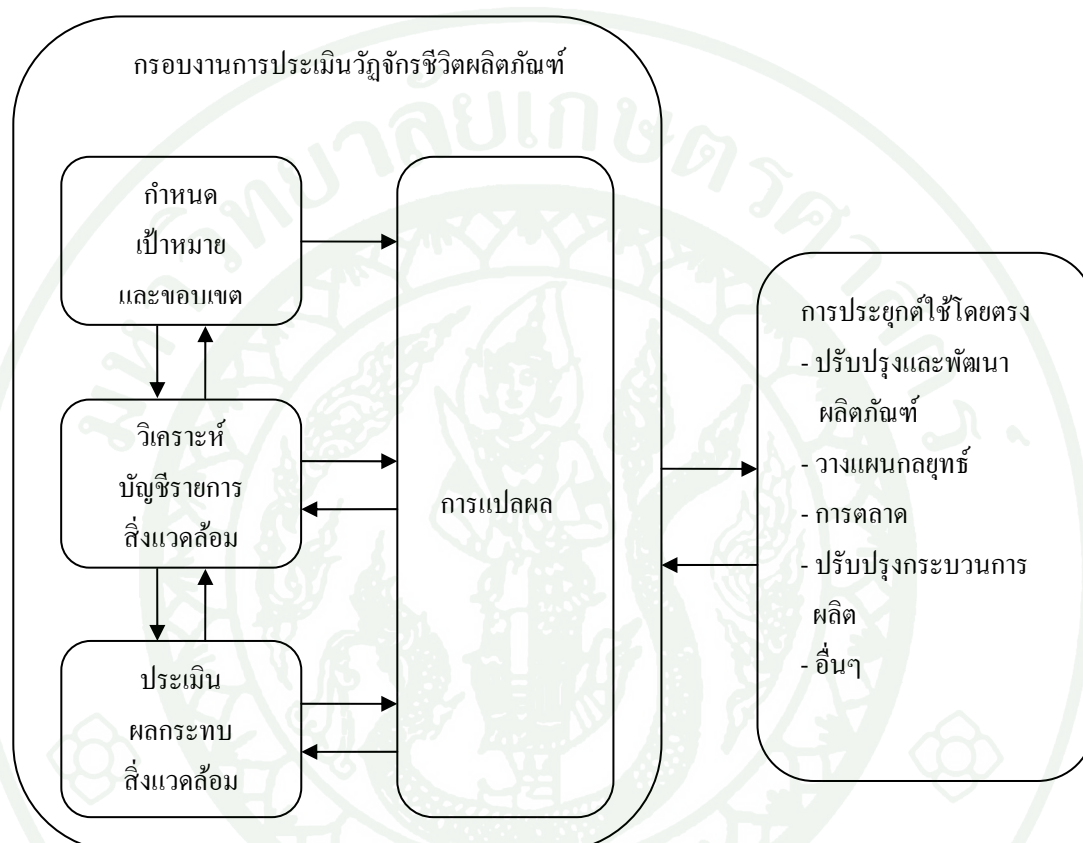
#### 2.4.4 การแปลผลการศึกษา

ขั้นการแปลผลเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้รับจากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA รวมถึงจัดทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้สามารถเข้าใจได้ง่าย สมบูรณ์ครบถ้วน และมีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้ การแปลผลการศึกษาประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักได้แก่

ก. การจำแนกประเด็นที่สำคัญที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นการวิเคราะห์ LCI และ LCIA ของการทำ LCA

ข. การประเมินค่า (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหว  
ของผลการศึกษาและความสอดคล้องของข้อมูล

ค. การจัดทำทสรูป ข้อเสนอแนะ และรายงานผล



ภาพที่ 3 ขั้นตอนในการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิต

ที่มา: Hoffman C. (2006)

### 3. คาร์บอนฟุตพริ้นท์

#### 3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้เริ่มนำมาใช้ในหลายประเทศในยุโรป และญี่ปุ่น รวมถึงเกาหลีใต้ ต่อเนื่องมาจนถึงประเทศไทย ตลาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้น เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าไร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือรอยเท้าคาร์บอน เป็นการวัดผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สร้างขึ้นจากกิจกรรมนั้นๆ โดยเป็นการวัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมา คาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้สำหรับประมาณว่าคนหนึ่ง ประเทศหนึ่งหรือองค์กรหนึ่งมีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากน้อยเพียงใด วิธีการหลักของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ประเมินปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและประเมินความมากน้อยในการส่งเสริมพลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาดขององค์กรนั้นๆ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ หรือการปลูกป่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนย่อยของรอยเท้าระบบนิเวศ (Ecological footprint) ซึ่งจะรวมเอาความต้องการของมนุษย์ทั้งหมดในระบบชีวนิเวศเข้าไปด้วย (Bureau Veritas Certification Newsletter, 2008)

#### 3.2 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่มาจากการกระทำของมนุษย์แต่ละคนในระยะเวลา 1 ปี (ซึ่งรวมถึงการปล่อยออกมาผ่านการใช้พลังงานด้วย) นิยามนี้ให้ความสำคัญเรื่องของการคำนวณปริมาณคาร์บอนของแต่ละบุคคล ซึ่งมาจากแนวความคิดที่ว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์นี้ เป็นสิ่งที่มาจากการกระทำของมนุษย์ทุกคนรวมกัน คาร์บอนฟุตพริ้นท์อาจจะพิจารณาเฉพาะการปล่อยโดยตรงอย่างเดียว ซึ่งคำนวณจากพลังงานที่ใช้ในครัวเรือนและการขนส่งรวมไปถึงการเดินทางด้วยรถยนต์ เครื่องบิน รถไฟ หรือการขนส่งสาธารณะอื่นๆ ด้วย หรืออาจจะรวมเอาการปล่อยทางอ้อมไว้ด้วยก็ได้ ซึ่งจะรวมเอาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลมาจากสินค้าและบริการที่บริโภคในแต่ละวัน (Bureau Veritas Certification Newsletter, 2008) หรือ



คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Best4ever, 2009)

จำนวนค่าคาร์บอนที่ปล่อยออกมานั้นจะมีหน่วยงานที่กำกับดูแล ทั้งนี้อยู่ในดุลยพินิจของรัฐบาลในประเทศนั้นๆ ว่าจะให้ใครเป็นผู้ดูแล อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนนั้นให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งสหราชอาณาจักรถือเป็นประเทศแม่แบบที่มีการกำหนดเป้าหมายการลดปริมาณการปล่อยสารคาร์บอนลงสูงที่สุดในสหภาพยุโรป ซึ่งได้พัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (PAS 2050, 2008) และวิธีปฏิบัติที่ดีเกี่ยวกับฉลากคาร์บอน และมีหน่วยงานอิสระ ชื่อ Carbon Trust ที่กำกับดูแล ทำการประเมิน และออกใบอนุญาตฉลากคาร์บอนของสินค้าในสหราชอาณาจักร สำหรับประเทศไทยนั้น เริ่มมีการตื่นตัวในการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยมีหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากภาครัฐให้ออกฉลากคาร์บอนได้ คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

#### 4. เยื่อกระดาษ กระดาษคราฟท์ และซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

##### 4.1 ประวัติความเป็นมาของกระดาษ

กระดาษ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาสำหรับการจดบันทึก มีประวัติศาสตร์ยาวนาน เชื่อกันว่ามีการใช้กระดาษครั้งแรกๆ โดยชาวอียิปต์โบราณ และชาวจีนตั้งแต่สมัยโบราณ แต่กระดาษในยุคแรกๆ ล้วนผลิตขึ้นเพื่อการจดบันทึกด้วยกันทั้งสิ้น จึงกล่าวได้ว่าระบบการเขียน คือ แรงผลักดันให้เกิดการผลิตกระดาษขึ้นในโลก ปัจจุบันกระดาษไม่ได้มีประโยชน์ในการใช้จดบันทึกตัวหนังสือหรือข้อความเท่านั้น ยังใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้มากมาย เช่น กระดาษชำระ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่อง กระดาษทำซองเอกสาร เป็นต้น

เนื่องจากกระดาษเป็นวัสดุสิ้นเปลือง การใช้กระดาษในปัจจุบันจึงมีการนำกระดาษกลับมาใช้อีก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์นำมาพับถุงกระดาษ กระดาษสำหรับเขียนแม่พิมพ์แล้วทิ้ง

สองหน้าก็สามารถนำไปพิมพ์อักษรเบลล์สำหรับคนตาบอดได้ เมื่อหมดสภาพแล้วก็นำไปโรงงานแปรรูปเป็นสินค้าประเภทลังกระดาษได้อีก

อุตสาหกรรมกระดาษเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องมาจากเยื่อกระดาษ โดยเป็นการใช้เยื่อกระดาษมาผลิตเป็นกระดาษชนิดต่างๆ และเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถทดแทนการนำเข้าได้อย่างมาก อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้เป็นตัวบ่งชี้ความเจริญก้าวหน้าทางสังคมและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศได้เป็นอย่างดี โดยอัตราการบริโภคกระดาษของคนไทย โดยเฉลี่ย มีประมาณ 40 ตัน/ปี (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความต่อเนื่องกันอย่างเห็นได้ชัด การผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวแต่ละประเภทเริ่มมีความสมดุลมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุตสาหกรรมขึ้นต้น อันได้แก่ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยเฉพาะเยื่อใยสั้น มีกำลังการผลิตที่สามารถรองรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้อย่างเพียงพอ

#### 4.2 วัตถุดิบในการผลิตเยื่อและกระดาษ

4.2.1 ส่วนที่เป็นเส้นใย ได้แก่ เยื่อใยสั้นเคมีฟอก (Leaf Bleached Kraft Pulp: LBKP) และเยื่อใยยาวเคมีฟอก (Needle Bleached Kraft Pulp: NBKP)

4.2.2 ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย ได้แก่ ตัวเติม (Filler) สารต้านทานการซึมน้ำ (Sizing-agent) สารสีย้อม (Dyes) สารเพิ่มการตกค้าง (Retention aid) สารเพิ่มความเหนียว สารฟอกขาว (Optical Brightening Agent: OBA) และสารควบคุมจุลชีวะ (Biocide)

ก. สารเติมแต่งหลัก (Function additive) เติมเพื่อให้กระดาษมีสมบัติเฉพาะตามต้องการ ได้แก่

1) สารต้านการซึมน้ำ เติมเพื่อให้กระดาษมีความต้านทานน้ำ สารที่ใช้เช่น ซันซาน ไซฟิง เป็นต้น

2) ตัวเติม เป็นเติมเพื่อเพิ่มเนื้อกระดาษและอุดช่องว่างต่างๆ ทำให้กระดาษมีเนื้อแน่นมากขึ้น มีความทึบแสงมากขึ้น มีความขาวสว่าง รับหมึกได้ดี มีความเรียบขึ้น ขณะเดียวกันก็จะทำให้ความแข็งแรงของกระดาษลดลง ตัวเติมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ได้แก่ ดินขาว แคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน หินปูนจากธรรมชาติมาบด (Ground calcium carbonate: GCC) หินปูนจากธรรมชาติมาสังเคราะห์ (Precipitated calcium carbonate: PCC)

3) สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเริ่มแห้ง (Dry strength agent) ช่วยทำให้กระดาษที่เปียกน้ำมีความแข็งแรงสูงขึ้น ทำให้เส้นใยยึดติดกันแข็งแรงขึ้น

4) สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียก (Wet Strength agent) เพื่อให้กระดาษที่เปียกน้ำมีความแข็งแรงไม่น้อยกว่าร้อยละสิบห้าของความแข็งแรงเดิม

5) สีข้อม โดยสีข้อมที่เติมมีวัตถุประสงค์ 2 อย่าง คือ ต้องการทำการกระดาษสีเพื่อแต่งโทนสี ให้กระดาษมีเฉดสีตามความต้องการ การเติมน้ำเงิน เพื่อให้กระดาษขาวขึ้น การเติมสีแดง เพื่อกระดาษสะท้อนแสงสม่ำเสมอ

6) การฟอกนวล ช่วยให้กระดาษมีความขาวสว่างมากขึ้น สารฟอกนวลจะใช้คู่กับสารสีข้อม โดยจะใช้สารฟอกนวลน้อยที่สุดเพราะราคาสูง

ข. สารเติมเสริมแต่งในกระดาษ เพื่อช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรดีขึ้น สภาพคล่องตัวของการผลิตดีขึ้นและช่วยให้เครื่องจักรสะอาดขึ้น ได้แก่

1) สารเพิ่มความตกล้าง ช่วยให้สารที่เติมลงไปและเศษใยตกค้างบนเส้นใยดีขึ้น เพราะช่วยให้ตัวเติมและเส้นใยมีประจุไฟฟ้าลดลง สามารถเคลื่อนที่เข้าใกล้กันและจับกันได้

2) สารต้านทานการเกิดฟอง (Defoamer) ช่วยลดการเกิดฟองทำให้เนื้อกระดาษมีความสม่ำเสมอมากขึ้นแต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้ความแข็งแรงของกระดาษและการต้านทานการซึมน้ำลดลง

3) สารควบคุมจุลชีวะ ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของจุลชีวะ ป้องกันการเกิดเมือกกลืนทรีย์ที่ทำให้เกิดจุดสกปรกและทำให้กระดาษขาด

4) สารเพิ่มการระบายน้ำ (Drainage aids) ช่วยให้การระบายน้ำในระหว่างการผลิตได้ง่ายขึ้น

5) สารช่วยการกระจายตัว (Formation aids) ช่วยให้การกระจายตัวสม่ำเสมอขึ้น ลดการจับตัวเป็นกลุ่มก้อน

#### 4.3 การเตรียมน้ำเยื่อ

ในขั้นการเตรียมน้ำเยื่อนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ เพื่อพัฒนาศักยภาพของเส้นใย โดยการนำเยื่อไปบด และปรับปรุงสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยการผสมหรือใส่สารเติมแต่งชนิดต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ส่วนผสมที่ได้นี้ เรียกว่า น้ำเยื่อ หรือ สต็อก (Stock) เยื่อที่นำมาทำกระดาษทุกชนิดจะต้องผ่านการบดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับคุณภาพของเยื่อ เยื่อบางชนิดไม่จำเป็นต้องบด เช่น เยื่อไม้บดและเยื่อเวียนทำใหม่ ในขั้นการเตรียมน้ำเยื่อประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ทำหน้าที่ในการบดและผสม โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติการ ดังนี้

4.3.1 การกระจายเส้นใย (De-fibering) กระจายเยื่อเพื่อให้เส้นใยแยกออกจากกันเป็นอิสระในน้ำโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ไฮดรอปัลเปอร์ (Hydrapulper)

4.3.2 การบดเยื่อ (Refining) บดเยื่อเพื่อให้เส้นใยแตกแขนงเป็นการเพิ่มศักยภาพของพันธะระหว่างเส้นใยให้สูงขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ คือ รีไฟเนอร์ (Refiner)

4.3.3 การผสมน้ำเยื่อ (Blending) เป็นการเติมสารเติมแต่งลงไปผสมกับเยื่อที่ผ่านการบดแล้ว โดยผสมในถังใบพัดกวน เยื่อจะถูกเก็บในถังที่เรียกว่า แมชีน เชสต์ (Machine chest)

4.3.4 การแยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำเยื่อ (Screening and cleaning) โดยใช้ Pressure screen หรือ Flat screener เพื่อคัดวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยออก แล้วผ่านเข้าสู่เครื่องทำความสะอาด

สะอาด เรียกว่า เซนทริฟิวต์คลีนเนอร์ (Centrifuge cleaner) คัดแยกวัสดุอื่นออกไป โดยใช้หลักการของถ่วงจำเพาะ

4.3.5 การควบคุมความชื้นของน้ำเยื่อ (Consistency regulator) เพื่อควบคุมให้น้ำเยื่อชื้นคงที่

#### 4.4 การผลิตเยื่อ

การผลิตเยื่อสามารถทำได้หลายวิธีทั้งโดยวิธีเคมีหรือเชิงกล ในบางกรณีอาจจะต้องนำไปผ่านการฟอกให้ขาวก่อน ในการผลิตเยื่อจึงประกอบด้วยกรรมวิธีผลิตเยื่อและการฟอกเยื่อ

##### 4.4.1 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษบริสุทธิ์

การผลิตเยื่อกระดาษบริสุทธิ์ เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของไม้ให้กลายเป็นเยื่อกระดาษ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของการผลิตกระดาษ โดยการผลิตกระดาษแบบคราฟท์ เป็นวิธีการผลิตที่นิยมในประเทศไทย ดังนั้น ข้อมูลของกระบวนการนี้จะอ้างอิงกับการผลิตกระดาษแบบคราฟท์ ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตเยื่อกระดาษใหม่ ดังนี้

ก. การตีกวนเยื่อกระดาษบริสุทธิ์ (Virgin pulp pulping) จะทำให้เยื่อกระดาษบริสุทธิ์ผสมกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีความหนาแน่นตามค่าที่ออกแบบ เพื่อเตรียมพร้อมส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป ระหว่างการตีกวน

ข. การสับเยื่อกระดาษบริสุทธิ์ (Deflaking) เพื่อทำลายพันธะของเยื่อที่ยังคงอยู่หลังผ่านการตีกวนเยื่อแล้ว รวมถึงทำให้เยื่อผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำได้ดียิ่งขึ้น

ค. การบดเยื่อกระดาษบริสุทธิ์ (Virgin pulp refining) จะทำให้โครงสร้างของเยื่อกระดาษตัวออกมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของกระดาษมีความแข็งแรง



#### 4.4.2 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษรีไซเคิล

ในปัจจุบันเศษกระดาษ (Reclaimed and waste paper) นับได้ว่าเป็นแหล่งเส้นใยที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ได้มีการนำเส้นใยกระดาษที่ใช้แล้วทั้งภายในและภายนอกประเทศมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ เส้นใยที่ได้จากเศษกระดาษชนิดนี้เรียกว่า เยื่อรีไซเคิล (Recycled fiber) เนื่องจากกระดาษที่ผ่านการใช้แล้วมีมากมายหลายประเภท เช่น ถ้าเป็นกระดาษที่ผ่านการพิมพ์ต่างๆ ก่อนนำมาทำเป็นเยื่อต้องผ่านกระบวนการเอาหมึกออก (De-inking) เสียก่อนแล้วจึงนำไปฟอก (Bleaching) ให้ขาว สำหรับนำไปผลิตกระดาษสำหรับพิมพ์หรือกระดาษชำระ แต่ถ้าจะนำไปผลิตกระดาษเหนียวหรือกระดาษสีน้ำตาลก็ไม่จำเป็นต้องเอาหมึกออก เยื่อจากกระดาษหรือเศษกระดาษที่ได้ส่วนมากจะนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน ทำเป็นเยื่อชั้นในกระดาษแข็ง หรือทำกระดาษชำระ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจากกระดาษรีไซเคิล มีขั้นตอนดังนี้

ก. การตีควนกล่อกระดาษลูกฟูกเก่า (Recycle pulp pulping) เพื่อเปลี่ยนสภาพกระดาษจากกล่อ เป็นเยื่อให้ได้มากที่สุด และทำให้เยื่อเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ สามารถทำการสูบต่อไปยังกระบวนการอื่นๆ ได้ ขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำ และใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับสูบน้ำ และสำหรับให้ใบควนทำงาน ในระหว่างการตีควนจะมีน้ำเสียที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆ ปล่อยออกมา ส่วนขยะ เช่น คลิปโลหะ ลวด เทปกาว และอื่นๆ ของกล่อกระดาษเก่า จะถูกคัดและปล่อยทิ้งออกมา

ข. การล้างของแข็งความหนาแน่นสูงออกจากเยื่อกระดาษรีไซเคิล (High density cleaning) เยื่อกระดาษรีไซเคิลจะถูกล้างเอาสิ่งสกปรกเจือปนที่มีความหนาแน่นสูงออก โดยสามารถใช้เครื่องจักรได้หลายประเภทสำหรับขั้นตอนการล้างนี้ ได้แก่ Screeners หรือ Cyclones ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของสิ่งเจือปน ระหว่างขั้นตอนการล้างจะปล่อยน้ำเสียรวมถึงขยะ เช่น เศษลวด คลิปโลหะออกมา

ค. การล้างของแข็งความหนาแน่นกลางออกจากเยื่อกระดาษรีไซเคิล (Turbo spectro cleaning) เพื่อกำจัดสิ่งปลอมปนที่มีความหนาแน่นระดับกลาง เช่น ทรายหยาบ กรวดเล็ก ออกจากเยื่อกระดาษรีไซเคิล

ง. การล้างของแข็งความหนาแน่นต่ำออกจากเยื่อกระดาษรีไซเคิล (Light density cleaning) เพื่อทำการกำจัดสิ่งปลอมปน จำพวกของแข็งที่มีความหนาแน่นต่ำออกจากเยื่อกระดาษ

จ. การลดน้ำออกจากเยื่อกระดาษรีไซเคิล (Thickening) เพื่อลดปริมาณน้ำส่วนเกินออกไปจากเยื่อกระดาษที่ผ่านการล้างแล้ว เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของเยื่อตามที่ต้องการ เยื่อกระดาษที่เจือจางจะถูกทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยการผ่านตัวกรอง (Rotating filter)

ฉ. การบดเยื่อกระดาษรีไซเคิล (Recycle pulp refining) จะทำให้โครงสร้างของเยื่อกระดาษตัวออกมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของกระดาษมีความแข็งแรง

#### 4.5 การทำแผ่นกระดาษ

หลังการผสมน้ำเยื่อเรียบร้อยแล้ว น้ำเยื่อจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องจักรผลิตกระดาษเพื่อทำเป็นแผ่นกระดาษที่ยาวต่อเนื่องกัน ซึ่งเรียกว่า เว็บเปเปอร์ (Web paper) เครื่องจักรที่ใช้ผลิตกระดาษมีหลายแบบ ส่วนใหญ่เป็นแบบโฟร์ดรีนียร์ (Fourdrinier) และแบบไซลินเดอร์ (Cylinder) ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิต ดังนี้

4.5.1 การขึ้นรูปกระดาษ (Forming) หลังจากเตรียมน้ำเยื่อกระดาษเรียบร้อยแล้ว จะสูบน้ำเยื่อกระดาษมายังเครื่องขึ้นรูป เพื่อให้ น้ำเยื่อวางตัวและขึ้นรูปเป็นแผ่น น้ำจะลอดผ่านตะแกรง ทำให้เยื่อก่อตัวเป็นแผ่นเปียก (Wet sheet forming) นั่นคือ ยังคงเป็นกระดาษที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ โดยชั้นของเยื่อกระดาษใหม่จะถูกใช้เป็นชั้นผิวด้านนอกของกล่องกระดาษ

4.5.2 การรีดน้ำออกจากกระดาษ (Pressing) จะทำการรีดน้ำโดยวิธีทางกล เพื่อกำจัดน้ำออกจากเนื้อกระดาษให้ได้มากที่สุด

4.5.3 การอบแห้งกระดาษขั้นแรก (Predrying) เพื่อทำการลดน้ำที่ยังคงหลงเหลืออยู่หลังกระดาษผ่านการรีดน้ำแล้ว และช่วยให้การฟอรั่มตัวของกระดาษดีขึ้น

4.5.4 การเคลือบผิวกระดาษ (Sizing) ทำโดยการเคลือบผิวกระดาษด้วยแป้งมัน และสารจำพวกแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วทำการขัดผิวหน้า ซึ่งจะทำให้กระดาษมีพื้นผิวที่เรียบขึ้น

4.5.5 การอบแห้งกระดาษชั้นที่ 2 (Postdrying) เพื่อกำจัดน้ำที่ยังคงหลงเหลืออยู่ ให้กระดาษแห้งสนิทและทำให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้น

4.5.6 การรีดน้ำออกจากกระดาษ จะทำการรีดน้ำโดยวิธีทางกล เพื่อกำจัดน้ำออกจากเนื้อกระดาษให้ได้มากที่สุด

4.5.7 การขัดมันกระดาษ (Calendering) ทำให้กระดาษมีผิวหน้ามันและเรียบ

4.5.8 การกรอและแบ่งม้วนกระดาษ (Reeling and rewinding) เพื่อให้พร้อมก่อนทำการห่อ และขนส่ง ผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับลักษณะความต้องการของลูกค้า เช่น ขนาดความยาว และความหนาของกระดาษ ในระหว่างการแบ่งม้วน ขอบของกระดาษจะถูกตัดแต่งด้วยชุดใบมีดตัด (Rotary fly knife)

#### 4.6 ซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์

กระบวนการผลิตซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ มีวิธีการ ดังนี้

##### 4.6.1 ขั้นตอนการตัดกระดาษ

หลังจากวางแผนการผลิตแล้ว ในขั้นตอนแรกจะเป็นการตัดกระดาษโดยใช้เครื่องตัด

##### 4.6.2 ขั้นตอนการพิมพ์

ในขั้นตอนการพิมพ์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การพิมพ์ลงบนซองสำเร็จ และการพิมพ์ลงบนกระดาษแผ่นใหญ่แล้วจึงนำไปขึ้นรูปซอง ซึ่งจะขึ้นกับรูปแบบงานแต่ละชิ้น

#### 4.6.3 ขั้นตอนการปั๊ม

แผ่นกระดาษจะถูกส่งต่อมายังขั้นตอนการปั๊มตามขนาดและรูปแบบที่กำหนด โดยใช้เครื่องปั๊มไฮดรอลิกและบล็อกมีดปั๊มที่ได้มาตรฐาน

#### 4.6.4 ขั้นตอนการติดกา

หลังจากผ่านการปั๊มตามขนาดและรูปแบบที่กำหนด ก็จะทำการติดกา และได้เป็นซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์

#### 4.7 ประโยชน์ของซองเอกสาร

ซองเอกสารถูกใช้ในการป้องกันเอกสารจากการเสื่อมสภาพหรือความเสียหายต่างๆ ได้ จึงควรให้ความสนใจกับรอยเชื่อมและการปิดผนึกของซองเป็นพิเศษ เพราะถึงแม้จะเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติที่สุดมาออกแบบทำเป็นซอง แต่หากซองนั้นมีรอยร้าวหรือปิดผนึกไม่เหมาะสม ซองนั้นก็ไม่สามารถป้องกันเอกสารจากความเสียหายได้

### 5. แพ้มซองพลาสติก

#### 5.1 พลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่มนุษย์คิดค้น และประดิษฐ์ขึ้นเพื่อช่วยให้เรามีชีวิตที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น ในอดีตเราไม่เคยรู้จักพลาสติกเลยจนกระทั่งกลางศตวรรษที่ 19 วัสดุดั้งเดิมที่มนุษย์ค้นเคยและใช้อยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวันในยุคก่อนหน้านี้ล้วนเป็นวัสดุจากธรรมชาติทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็น แก้ว ไม้ กระดาษ โลหะ ยาง หรือขนสัตว์ สิ่งเหล่านี้เคยเป็นวัสดุที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามมนุษย์ยังคงพยายามค้นหาวัดุดิบใหม่ๆ มาใช้งานอยู่เสมอ

พลาสติกจัดเป็นสารประกอบพอลิไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยโมเลกุลซ้ำๆ กันต่อกันเป็นโมเลกุลสายยาวๆ ประกอบด้วยธาตุสำคัญ คือ คาร์บอน

ไฮโดรเจน และออกซิเจน นอกจากนี้อาจมีธาตุอื่นๆ เป็นส่วนประกอบย่อย ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟลูออรีน คลอรีน และกำมะถัน เป็นต้น

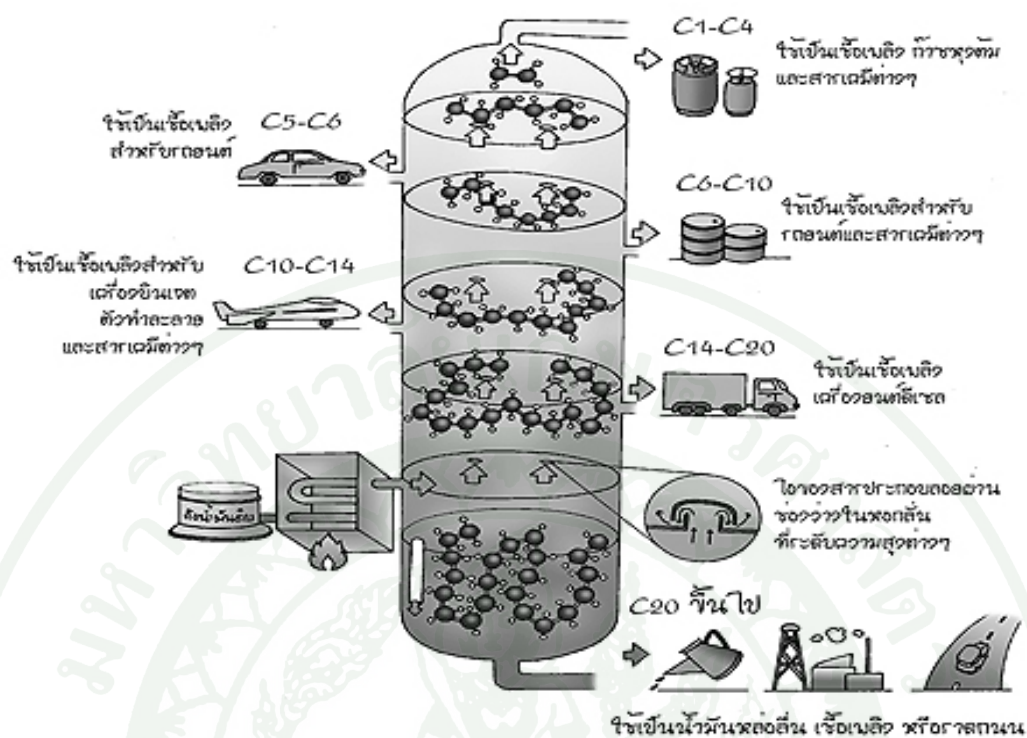
บางครั้งพบว่ามีการใช้คำว่า พลาสติก และพอลิเมอร์ ในความหมายเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน แต่คำว่าพอลิเมอร์ มักหมายถึงวัสดุประเภทพลาสติก ยาง เส้นใย และกาว ส่วนคำว่าพลาสติก จะหมายถึงสารผสมระหว่างพอลิเมอร์และสารเติมแต่ง เช่น สี สารพลาสติกไซเซอร์ สารเพิ่มเสถียรภาพ และฟิลเลอร์ ที่ถูกนำมาใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปโดยการขึ้นรูปให้มีรูปทรงต่างๆ เช่น ถัง จาน และช้อน เป็นต้น หากแปลตามรากศัพท์คำว่า พอลิเมอร์ หรือ polymer มาจากคำกรีก 2 คำ คือ คำว่า poly แปลว่ามาก และคำว่า mer แปลว่า หน่วย พอลิเมอร์จึงแปลว่า สารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กันต่อกันเป็นสายยาวๆ

พลาสติกที่ใช้กันมากในปัจจุบันอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถัง ก่อหล่ง ท่อ แผ่นฟิล์ม ส่วนมากมีแหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียม ซึ่งรวมถึงน้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติใต้ผิวดิน และมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เพราะเป็นทั้งแหล่งพลังงาน และแหล่งวัตถุดิบ สำหรับผลิตวัสดุสังเคราะห์ต่างๆ ปิโตรเลียมจะอยู่ในสถานะเป็นก๊าซ ของเหลว หรือของแข็ง ขึ้นกับอุณหภูมิ ความดัน และจำนวนหรือการจัดเรียงตัวของคาร์บอนในโมเลกุล โดยทั่วไปสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนไม่เกิน 4 อะตอม จะมีสถานะเป็นก๊าซ ถ้ามีคาร์บอนระหว่าง 5-19 อะตอม จะมีสถานะเป็นของเหลว และถ้ามีคาร์บอนตั้งแต่ 20 อะตอม จะมีสถานะเป็นของแข็ง

#### 5.1.1 การกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ

การกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ แสดงดังภาพที่ 4 ทำให้เราสามารถแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกเป็นส่วนต่างๆ ซึ่งพบว่ามีปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาวเกินกว่าความต้องการใช้งานอยู่ปริมาณมาก แต่กลับมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายสั้นที่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากกว่าอยู่น้อย จึงต้องนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกินความต้องการมาผ่านกระบวนการแยกสลาย เพื่อตัดความยาวให้สั้นลง ได้เป็นสารประกอบขนาดเล็ก เช่น ก๊าซเอทิลีน และพโรพิลีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกบางชนิดโดยก๊าซเหล่านี้จะถูกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก (เอ็มเทค, 2550)





ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ

ที่มา: เอ็มเทค (2550)

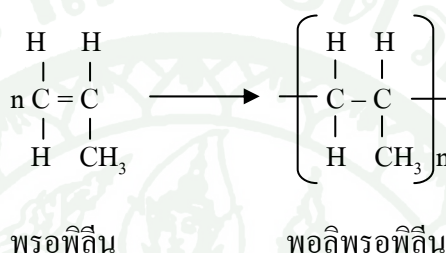
#### 5.1.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก เริ่มต้นจากการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีขนาดเล็กซึ่งได้จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ มาทำปฏิกิริยากันจนได้เป็นสายโซ่ยาว เรียกว่า พอลิเมอร์ ซึ่งพอลิเมอร์แต่ละชนิดสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นที่แตกต่างกันไป ทำให้พอลิเมอร์ มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไปด้วย โดยพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้นี้ จะถูกนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติก และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป

## 5.2 พอลิพรอพิลีน

### 5.2.1 ข้อมูลทั่วไป

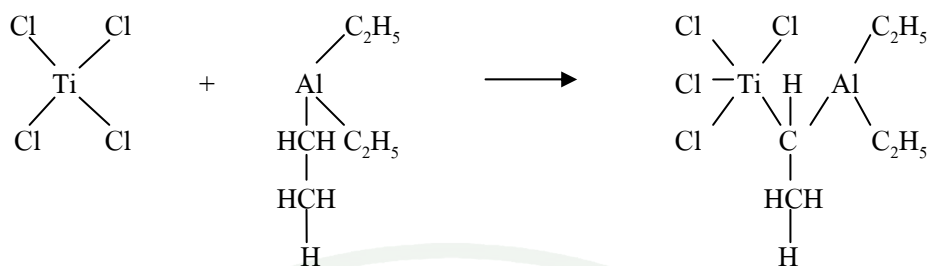
พอลิพรอฟิลีนเตรียมจากมอนอเมอร์พอรอฟิลีน โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน  
แบบรวมตัว ดังปฏิกิริยา (นิทัศน์ จิระอรุณ, ม.ป.ป.)



พอลิพรอพิลีนผลิตครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 โดยเนตตา (Natta) โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-เนตตา ที่ประกอบด้วยไททานเนียมไตรคลอไรด์ ( $\text{TiCl}_3$ ) กับอลูมิเนียมไดเอทิลคลอไรด์ ( $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$ ) ทำการพอลิเมอไรซ์พรอพิลีนที่ 70-80 องศาเซลเซียส ความดัน 100 บรรยากาศ ได้พอลิพรอพิลีนชนิดไอโซแทคติก (Isotactic) ที่ความเป็นผลึกสูง

ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-นัตตา เป็นสารผสมของไททานีี่ยมคลอไรด์กับ อลูมิเนียมอัลคิล เช่น ไททานีี่ยมเตตระคลอไรด์ ( $\text{TiCl}_4$ ) กับไตรเอทิลอลูมิเนียม ( $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ) เป็นต้น ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว เช่น พรอพิลีน มักถูกพอลิเมอไรซ์ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-นัตตา ใน กระบวนการโคออร์ดิเนชันพอลิเมอไรเซชัน

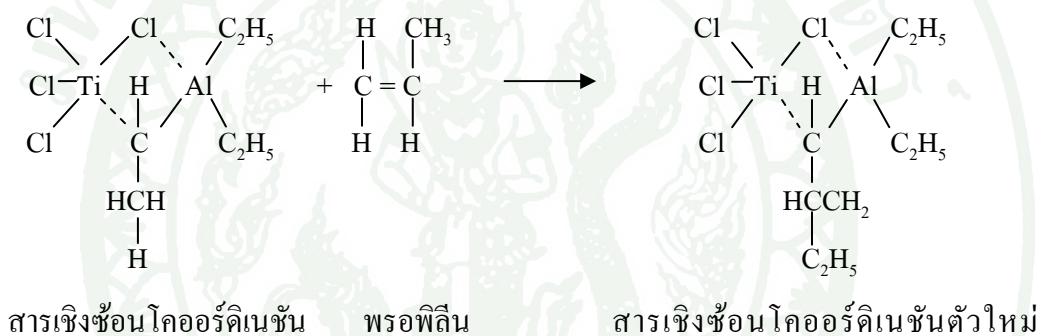
แม้ว่ากลไกสำหรับ โคออร์ดิเนชันพอลิเมอไรเซชันจะยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่าง  
สมบูรณ์ แต่ก็กล่าวได้ว่า ตัวเริ่มปฏิกิริยาเป็นสารเชิงซ้อนที่เกิดจากไททานเนียมคลอไรด์กับอลูมิเนียม  
อัลคิล ดังปฏิกิริยา



ไททาเนียมเตตระคลอไรด์ อลูมิเนียมไตรเอทิล

สารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชัน

การสลับต่อของลูกโซ่เกิดโดยการสอดแทรกโมเลกุลของมอนอเมอร์ และการแตกออกของพันธะระหว่างคาร์บอนกับโลหะ ดังปฏิกิริยา

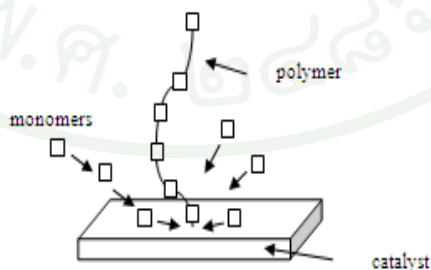


สารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชัน

พโรพิลีน

สารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชันตัวใหม่

ปฏิกิริยาเหล่านี้สิ้นสุดลงโดยการเติมไฮโดรเจน หรือสารประกอบที่ให้อะตอมไฮโดรเจน เช่น เอทานอล เป็นต้น และในการสังเคราะห์พอลิพโรพิลีน หรือพอลิเมอร์อื่นๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-เนตคานัน โมเลกุลจะเติบโตยาวขึ้นในลักษณะเดียวกันกับการยาวขึ้นของเส้นผม แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 พอลิเมอร์ไรเซชันโดยตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-เนตคา

ที่มา: นิทัศน์ (ม.ป.ป.)

จุดเติบโตของลูกโซ่อยู่ที่พื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา มอนอเมอร์แพร่จากตัวทำละลายไปยังพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วไปยังจุดเติบโต ทำปฏิกิริยาที่นั่น และพอลิเมอร์เติบโตออกจากพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา มอนอเมอร์ถูกแทรกไปในลักษณะเดียวกันซ้ำไปเรื่อยๆ ที่จุดเติบโตที่ยึดกับพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา

พอลิพรอพิลีน เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกที่เบาที่สุด มีความหนาแน่นในช่วง 0.890–0.905 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน มีลักษณะขาวขุ่น ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน และมีลักษณะอื่นๆ คล้ายกับพอลิเอทิลีน

- มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วน คงตัว ไม่เสียรูปง่าย
- สามารถทำเป็นบานพับในตัว มีความทนทานมาก
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
- ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก แต่สารเคมีบางชนิดอาจทำให้พองตัว หรืออ่อนนุ่มได้
- มีความเหนียวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 105 องศาฟาเรนไฮต์ ไปจนถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์ (40 องศาเซลเซียส ถึง -10 องศาเซลเซียส) แต่ที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ จะเปราะ
- มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซได้ดี
- สามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization) ที่ 100 องศาเซลเซียสได้
- ผสมสีได้ง่ายทั้งลักษณะโปร่งแสง และทึบแสง

### 5.2.2 กระบวนการผลิตเม็ดพอลิพรอฟิลีน

ก. เริ่มจากนำก๊าซพรอฟิลีน ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม (co-catalyst) ป้อนเข้าถังปฏิกิริยาในสภาวะอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมในถังปฏิกิริยา จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันขึ้น ทำให้เกิดผงพลาสติก ชนิดพอลิพรอฟิลีน ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะถูกดึงออก โดยถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำหล่อเย็นในระบบทำความเย็นซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิในถังปฏิกิริยา

ข. เมื่อระดับของผงพลาสติกในถังปฏิกิริยาสูงขึ้น ก็จะถูกถ่ายไปยังถังแยก (Powder Buffer Vessel) เพื่อแยกเอาก๊าซพรอฟิลีนที่ติดมากับผงพลาสติก ส่วนก๊าซพรอฟิลีน จากถังแยกจะถูกส่งไปยังหน่วยแยกก๊าซ (Gas Separation Unit) เพื่อให้ก๊าซพรอฟิลีนบริสุทธิ์ แล้ววนกลับมาใช้ใหม่ และผงพลาสติกที่แยกเอาก๊าซออกแล้วนี้ จะถูกถ่ายต่อไปยังถังไล่ก๊าซ (Purge Vessel) เพื่อใช้ในโตรเจนไล่เอาก๊าซพรอฟิลีนที่ยังเหลืออยู่เล็กน้อยไปที่ระบบเผาไหม้ (Flare) และส่งผงพลาสติกไปเก็บที่ถังเก็บผงพลาสติก (Powder Silo)

ค. ผงพลาสติก ชนิดพอลิพรอฟิลีน และสารเติมแต่ง (Additive) จะถูกนำเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเพื่อฉีดพลาสติกออกมาเป็นเส้นและทำการตัดภายใต้ น้ำหล่อเย็นด้วยใบมีด จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกสไลด์ให้แห้งที่เครื่องทำแห้ง (Dryer) จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกส่งเข้า Desorber เพื่ออบไล่กลิ่นและส่งเข้าเครื่องหล่อเย็นเม็ดพลาสติก (Pellet cooler) เพื่อลดอุณหภูมิ จากนั้นผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่อง Vibration Screen เม็ดพลาสติกจะถูกลำเลียงในกระแสดมที่มีความดันไปยังถังโฮโมจิไนซ์เพื่อทำให้เม็ดพลาสติกคลุกเคล้าเข้ากันได้ดี จากนั้นจะลำเลียงไปยังถังพักเม็ดพอลิพรอฟิลีน เพื่อเข้าเครื่องบรรจุถุงเม็ดพลาสติกต่อไป

### 5.2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิพรอฟิลีน

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิพรอฟิลีน เช่น กล่องเครื่องมือ กระเป๋ากกแพ้ม เอกสาร กล่องและด้ามเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือนกล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์ของรถยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์ทางการแพทย์ ขวดใส่สารเคมี กระป๋องน้ำมัน และถุงบรรจุปุ๋ย เป็นต้น



### 5.3 แฟ้มของพลาสติก

ในวงการบรรจุภัณฑ์เครื่องเขียน พอลิพรอพิลีนถูกผลิตเป็นแฟ้มพลาสติก กล่องบรรจุภัณฑ์ต่างๆ และยังสามารถนำไปใช้งานผ่านระบบการพิมพ์ 4 สี มีความคงทน ใช้ได้ทั้งแบบทึบและโปร่งใส (พีเคทีโปรดักส์, ม.ป.ป.)

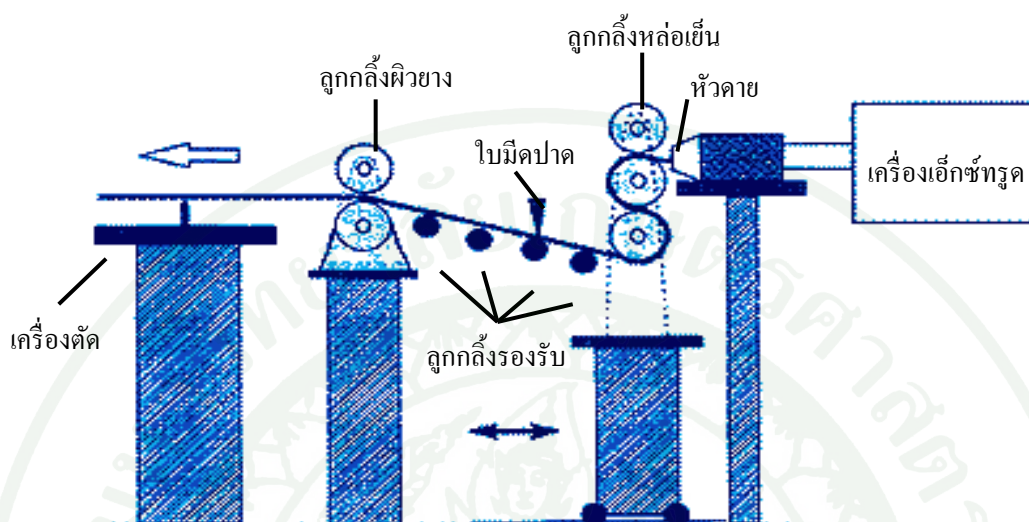
#### 5.3.1 การผลิตแฟ้มพลาสติกโดยวิธีการเอกซ์ทรูดแผ่น และฟิล์มพลาสติก

ข้อแตกต่างระหว่างแผ่นและฟิล์มพลาสติก คือ ความหนา และ ลักษณะการม้วนพับ กล่าวคือ ฟิล์มพลาสติก คือ พลาสติกที่มีหน้ากว้างและมีลักษณะผิวเรียบ มีความหนาน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร นอกจากนี้สามารถม้วนได้โดยไม่มีการผิดรูป (deformation) อย่างถาวร แต่แผ่นพลาสติกจะมีความหนามากกว่า 0.25 มิลลิเมตร และการม้วนพับจะทำให้เกิดการผิดรูปอย่างถาวร

การผลิตแผ่นพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูด ใช้สายที่มีหน้ากว้างที่เรียกว่า sheeting die หรือ slot die เป็นสายที่มีพื้นที่หน้าตัดของทางออก (die exit) เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีหน้ากว้างใกล้เคียงกับความกว้างของแผ่นพลาสติกที่จะผลิต และมีความสูงใกล้เคียงกับความหนาของแผ่นพลาสติก โดยทั่วไปเทคนิคการเอกซ์ทรูดสามารถผลิตแผ่นพลาสติกได้หนาถึง 15 มิลลิเมตร และมีหน้ากว้างได้ถึง 4 เมตร

กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูด แสดงดังภาพที่ 6 เริ่มต้นจากการดันให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวดาย ได้แผ่นพลาสติกร้อนและนิ่ม แล้วให้ผ่านช่องว่าง (nip) ของลูกกลิ้ง ซึ่งเป็นลูกกลิ้งชนิดผิวมันจากการเคลือบหรือชุบด้วยโครเมียม ลูกกลิ้งชุดนี้มีหน้าที่ในการหล่อเย็นและควบคุมความหนาของแผ่นพลาสติก ชุดของลูกกลิ้งประกอบด้วยลูกกลิ้งจำนวน 3 ตัว ตัวแรกบนสุดเป็นลูกกลิ้งที่มีน้ำหล่อเย็นไหลผ่าน เรียกว่า เป็นลูกกลิ้งหล่อเย็น (cooling roll) ลูกกลิ้งตัวกลางทำหน้าที่ในการบีบอัดแผ่นพลาสติก โดยการมีลูกกลิ้งตัวบนและล่างเป็นตัวช่วยในการบีบอัด เพื่อให้ได้แผ่นพลาสติกที่มีความหนาที่เหมาะสม และมีผิวเรียบ ลูกกลิ้งตัวนี้จะสัมผัสกับแผ่นพลาสติกมากที่สุด หลังจากผ่านลูกกลิ้งตัวกลางแล้ว แผ่นพลาสติกจะถูกส่งต่อไปยังลูกกลิ้งตัวที่สาม ซึ่งเป็นการสิ้นสุดการหล่อเย็น หลังจากนั้นจะส่งแผ่นพลาสติกแข็งผ่านใบมีด ซึ่งทำหน้าที่ปาดให้แผ่นพลาสติกมีผิวเรียบอีกรอบหนึ่ง พลาสติกจะถูกดึงโดยลูกกลิ้งที่เคลือบผิวด้วยตัวยางตัว

บนและผิวโลหะตัวล่าง หลังจากนั้นส่งแผ่นพลาสติกไปตัดขนาดตามที่ต้องการ (บริษัท เลิศศิษฐ์ อุตสาหกรรม จำกัด, 2550)



ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติก

ที่มา: บริษัท เลิศศิษฐ์ อุตสาหกรรม จำกัด (2550)

คายของเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่นิยมใช้ในการผลิตแผ่นพลาสติก คือ คายไม้แขวนเสื้อ (coathanger sheet extrusion die) และคายรูปตัวที (center-fed T die) เนื่องจากคายทั้งสองชนิดนี้มีส่วนที่ช่วยให้พลาสติกหลอมเกิดการกระจายตัว (distribution zone) กล่าวคือทำให้พลาสติกหลอมเกิดการกระจายเป็นแผ่นบาง ตามลักษณะของแผ่นพลาสติกที่ทำการผลิต นอกจากนี้ การมีส่วนที่ทำให้เกิดการกระจายตัว ทำให้ความเร็วของการไหลของพลาสติกหลอมที่ปากทางออกคาย (exit velocities) คงที่ตลอดหน้ากว้างของคาย ในปัจจุบันคายไม้แขวนเสื้อได้รับความนิยมในการผลิตแผ่นพลาสติกมากที่สุด ลักษณะของคายและส่วนที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของพลาสติกหลอมในคายไม้แขวนเสื้อ

เนื่องจากเป็นที่ทราบว่ พลาสติกหลอมไหลออกจากกระบอ (barrel) ของเครื่องเอ็กซ์ทรูด มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอ แต่ในการผลิตแผ่นพลาสติก มีความจำเป็นที่จะต้องให้เกิดการแผ่กระจายของท่อทรงกระบอ ออกเป็นแผ่นบางเต็มช่วงกว้างของคาย ดังนั้นในการออกแบบคายจึงจำเป็นต้องมีร่อง (manifolds) จำนวนมาก ซึ่งแต่ละร่องต้องมีความยาว (land

length) และรูปทรงทางเรขาคณิตที่เหมาะสม ลักษณะร่องอาจเป็นร่องครึ่งวงกลมหรือร่องรูปทรงเหลี่ยมต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้มีการต่อต้านการไหลของพลาสติกหลอม ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในดาย ในขณะที่ไหลใกล้เคียงกันตลอดทุกตำแหน่ง ซึ่งถ้าการต่อต้านการไหลของดายในทุกตำแหน่งใกล้เคียงกัน ทำให้ความเร็วของการไหล (flow velocities) ความดันในขณะไหลออก (exit pressure) อุณหภูมิของพลาสติกหลอม และการบิดตัวของโมเลกุล (molecular orientation) ของพอลิเมอร์หลอมมีค่าใกล้เคียงกันทั่วแผ่นพลาสติก ส่งผลให้ได้แผ่นพลาสติกที่ผลิตมีสมบัติเชิงกลดี และมีสมบัติคล้ายกันตลอดทั่วทั้งแผ่น

ลักษณะรูปทรงที่เหมาะสมของร่อง (manifolds) สามารถคำนวณได้จากสมการทางรีโอโลยี ถ้าออกแบบดายที่ให้ความดันตกคร่อม (pressure drop) เท่ากันในทุกๆ ตำแหน่งของการไหล จะทำให้สามารถทำให้ผลิตดายที่สมบัติการไหลภายในไม่ขึ้นกับชนิดพอลิเมอร์ และอัตราการไหล (flow rate) แต่การออกแบบนี้ จะต้องให้มีความยาวของร่อง (land length) ที่ยาวมาก ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้ยาก ดังนั้นในการออกแบบดายชนิดนี้เพื่อใช้งานแปรรูปจริง จึงออกแบบดายให้มีค่ารีโอโลยีของพอลิเมอร์หลอมขณะไหลในดายอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (design tolerance) กล่าวคือต้องยอมรับความไม่คงที่ของสมบัติต่างๆ ที่เกิดขึ้น แล้วใช้ความชำนาญในการปรับอุณหภูมิความกว้างของดาย (nip rolls) เพื่อผลิตแผ่นพลาสติกให้มีสมบัติเหมาะสม

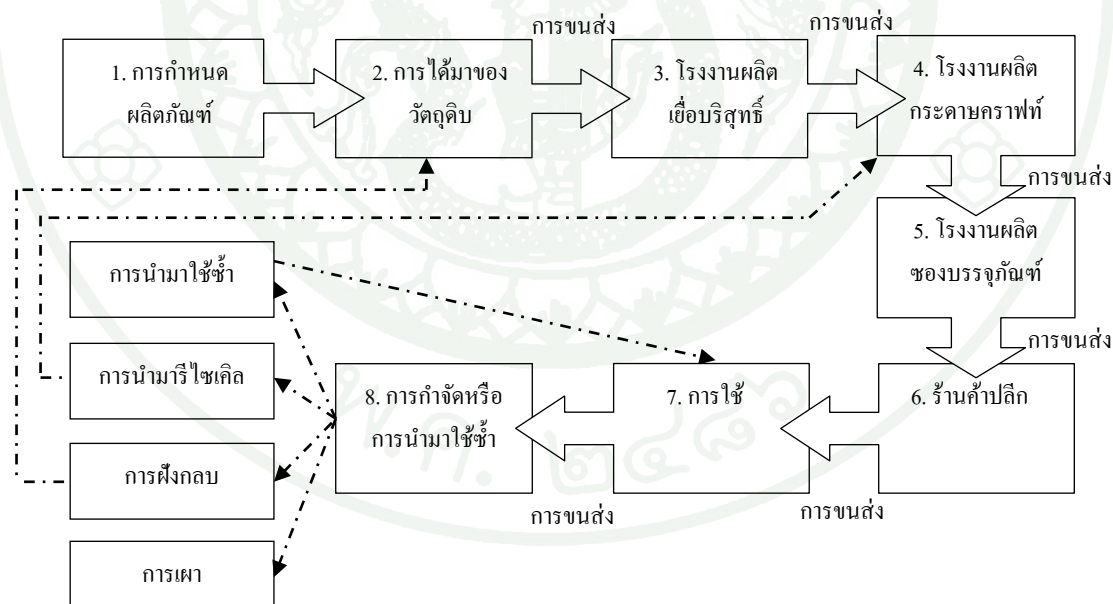
ชนิดพลาสติกที่นิยมใช้ในการผลิตแผ่นพลาสติกมากที่สุด คือ พอลิสไตรีน แผ่นพลาสติกชนิดนี้ มักจะนำไปแปรรูปต่อโดยเทคนิคเทอร์โมฟอร์ม เพื่อทำผลิตภัณฑ์ เช่น ถ้วยบรรจุโยเกิร์ต บรรจุมากรีน และอุปกรณ์ตกแต่งภายในตู้เย็น เป็นต้น นอกจากนี้ พลาสติกชนิดอื่นๆ ที่นิยมนำมาทำแผ่นพลาสติก เช่น PMMA ซึ่งใช้ทำแผ่นพลาสติกที่มีความหนา ในช่วง 2 ถึง 6 มิลลิเมตร PC ใช้ผลิตแผ่นพลาสติกที่มีความหนาอยู่ในช่วง 2 ถึง 6 มิลลิเมตร PVC ใช้ผลิตแผ่นพลาสติกที่มีความหนาอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 4 มิลลิเมตร และ HIPS ใช้ผลิตแผ่นพลาสติกมีความหนาในช่วง 0.5 ถึง 6 มิลลิเมตร เป็นต้น

## 6. การประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 6.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีวัฏจักรชีวิตที่ซับซ้อน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบไปสู่การทำลาย ซึ่งมีการใช้พลังงาน และวัตถุดิบในปริมาณที่สูงในขั้นของการผลิต แผนผังวัฏจักรชีวิตของซองเอกสาร แสดงดังภาพที่ 7

ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารเป็นกฎเกณฑ์สำคัญที่จะต้องมีการพิจารณา การตลาดที่อิงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้รับการยอมรับออกมาในรูปของฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco-labels) ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมคุณค่าของผลิตภัณฑ์และชื่อเสียงของสินค้าด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2545)



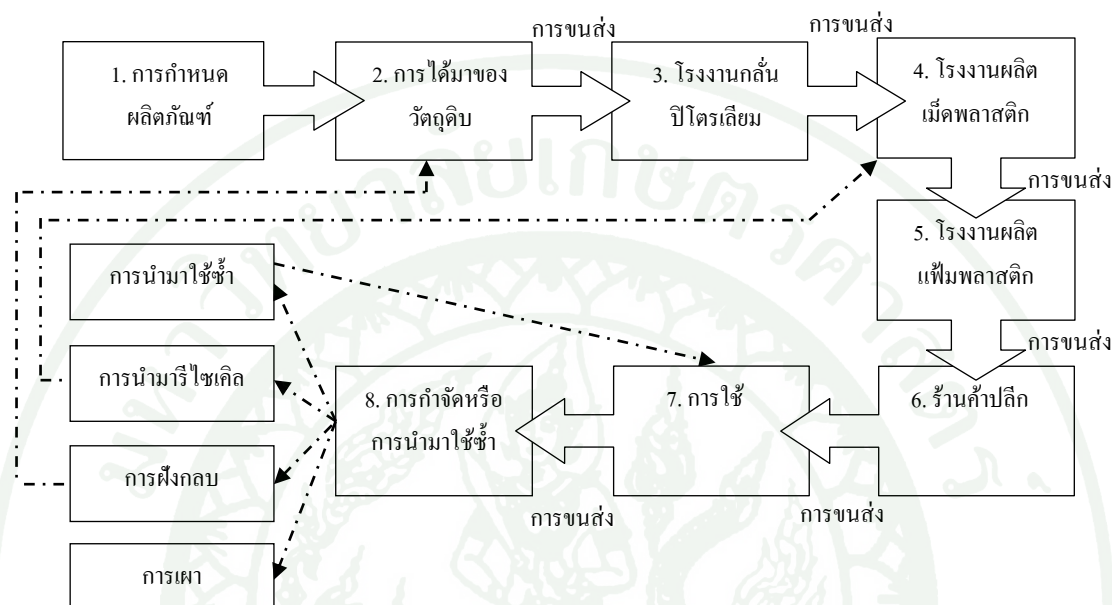
ภาพที่ 7 แผนผังวัฏจักรชีวิตของซองเอกสาร

หมายเหตุ - - - - - หมายถึง เส้นทางที่เป็นไปได้

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pitney Bowes Inc (2008) และ Waste & Resources Action Programme (n.d.)



สำหรับแผ่นรองพลาสติก นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เอกสารที่ไม่เป็นความลับ และสามารถป้องกันความเสียหายต่อเอกสารจากน้ำได้ ซึ่งวัฏจักรชีวิตของแผ่นรองพลาสติก แสดงดังรูปที่ 8



ภาพที่ 8 แผนผังวัฏจักรชีวิตของแผ่นรองพลาสติก

หมายเหตุ ----- หมายถึง เส้นทางที่เป็นไปได้

ที่มา: คัดแปลงจาก Pitney Bowes Inc (2008) และ Waste & Resources Action Programme (n.d.)

## 6.2 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเอกสารจากกระดาษกราฟท์ และแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ และแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เป็นการวัดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ ตั้งแต่การได้มาของกระดาษกราฟท์ การผลิตซองเอกสาร การขนส่ง รวมถึงการจัดการซากหลังการใช้ และแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตั้งแต่การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่ง รวมถึงการจัดการซากหลังการใช้งาน โดยวัดออกมาในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นกับขอบเขตของการศึกษานั้นๆ



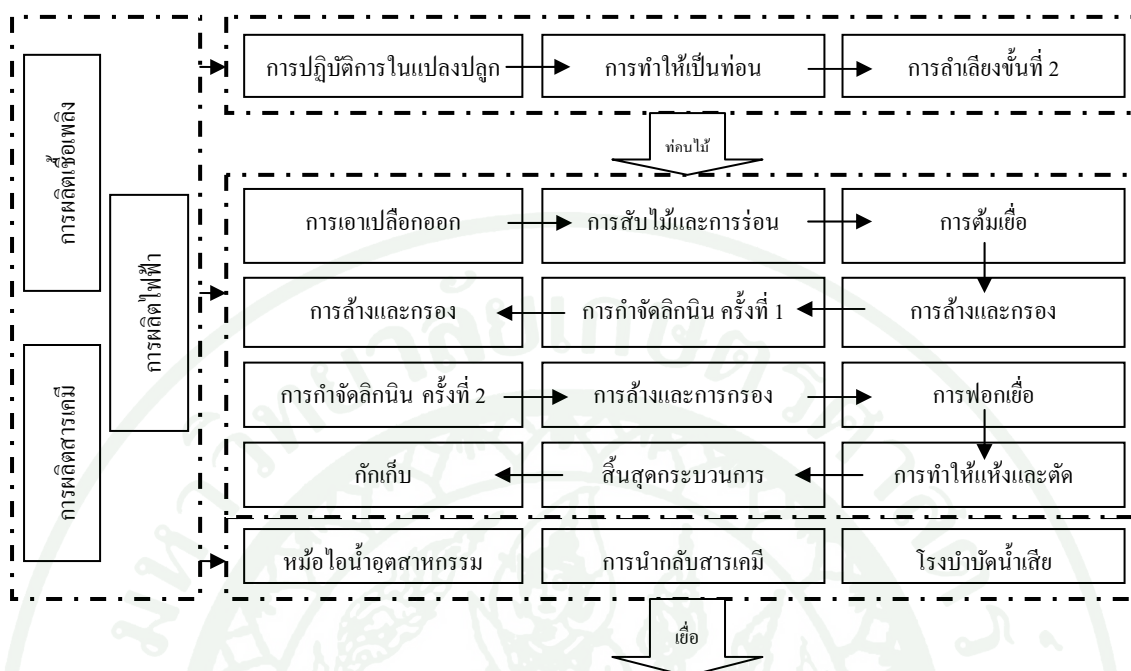
## 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 7.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของเยื่อกระดาษประเภทต่างๆ

Rebecca and Paul (2002) ได้รายงานไว้ว่า เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของความยั่งยืนและทำให้สามารถเกิดนิเวศวิทยาทางอุตสาหกรรม สารเคมีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green chemistry) และวิศวกรรมศาสตร์ต้องมีการศึกษาในแง่ของวัฏจักรชีวิต เมื่อให้มีการออกแบบที่ถูกต้อง โดยทั้ง 2 สาขาวิชาสามารถนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นสิ่งสนใจในทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ทั้งนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตควรทำการประเมินตลอดชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเกิดความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังได้ยกตัวอย่าง การประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษโดยใช้คลอรีนในการฟอก ซึ่งเป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่าการใช้สารเคมีที่มีธาตุคลอรีนในการฟอกเยื่อกระดาษเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ป่า แต่ก็ยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งนี้มียงานวิจัยจำนวนมากที่ยังทำการวิจัยเพื่อค้นหาทางเลือกที่ทำให้เกิดความปลอดภัยในการผลิต โดยทางเลือกอีกทางหนึ่งก็คือใช้เทคโนโลยี Elemental-Chlorine-Free (ECF) แม้จะมีการแทนที่ด้วยวิธี Totally-Chlorine-Free (TCF) ซึ่งเป็นวิธีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

Munoz *et al.* (2006) ได้ศึกษาการฟอกเยื่อกระดาษกราฟท์เพื่อกำจัดคาร์บอน (Organic carbon content) โดยอาศัยกระบวนการ Advanced oxidation process (AOPs) ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ วิธี  $\text{TiO}_2$ -mediated heterogeneous photocatalysis (PhC),  $\text{TiO}_2$ -mediated heterogeneous photocatalysis with  $\text{H}_2\text{O}_2$  (PhC+ $\text{H}_2\text{O}_2$ ),  $\text{TiO}_2$ -mediated heterogeneous photocatalysis coupled with Fenton (PhF), Ozonation ( $\text{O}_3$ ) and Ozonation with UV-A light irradiation ( $\text{O}_3$ +UV-A) แต่ละวิธีที่เลือกในการตรวจสอบมีความสามารถในการลดปริมาณ Dissolve Organic Carbon (DOC) ที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติหรือชนิดของแต่ละวิธี ทั้งนี้มีการนำเอาการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละวิธี เพื่อใช้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการออกแบบเกี่ยวกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธี AOPs เป็นฐานและค่าการกำหนดบทบาทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันและประสิทธิภาพในการกำจัด Dissolved Organic Carbon ตามวิธีการฟอกเยื่อกระดาษที่แตกต่างกัน





ภาพที่ 9 ขอบเขตของระบบและห่วงโซ่การผลิต

ที่มา: Gonzalez-Garcia *et al.* (2009)

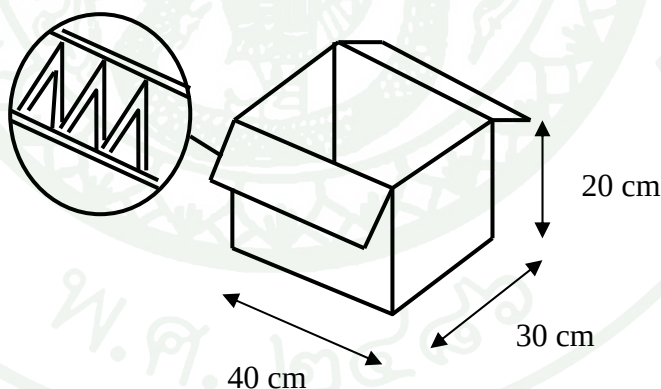
ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้เป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ภาวะโลกร้อน โดยมีการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากันที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สามารถผลิตขึ้นใหม่ได้ (Non-Renewable Fuel) เพราะถ้าใช้เชื้อเพลิงที่สามารถผลิตขึ้นใหม่ได้ (Renewable fuel) จะเกิดการสมดุลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการที่ดินยูคาลิปตัสใช้ในการเจริญเติบโต

## 7.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระดาษประเภทต่างๆ

Lee and Ding (2000) ได้ศึกษาการพัฒนากรอบการทำงานของการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับนโยบายการผลิต ในกรณีนี้ได้ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระดาษแข็งถูกฟูกที่ Yuen Foong Yu Paper MFG Co. ประเทศไต้หวัน ระบบการผลิตที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย การได้มาของวัสดุ การขนส่ง การผลิตและการจัดการซาก การบรรจุภัณฑ์ เริ่มต้นของเยื่อบริสุทธิ์และเยื่อรีไซเคิลได้รวมไว้ในขั้นตอนของการได้มาของวัตถุดิบ ในขั้นของ

การขนส่งได้ทำการประเมินการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยจากยานพาหนะ และวิเคราะห์ขั้นตอนของการผลิต โดยศึกษาผลกระทบจากสารขาเข้า (สารเคมี น้ำและพลังงาน) และสารขาออก (การปลดปล่อยสู่อากาศ น้ำเสีย และของเสียที่เป็นของแข็ง) ในขั้นของการจัดการซากจะตรวจสอบเฉพาะของเสียที่เป็นของแข็งในช่วงการผลิต แต่จะไม่รวมถึงการนำเอากล่องกระดาษมาใช้ซ้ำ กล่องกระดาษลูกฟูกประกอบด้วยกระดาษผิวกล่อและลอนลูกฟูกที่ทำจากกระดาษคราฟท์ โดยบริษัท Yuen Foong Yu Paper MFG Co. มีโรงงานผลิตอยู่ 3 ที่ คือ โรงงาน Shin-Wu ผลิตผิวกล่อกระดาษ 5 ชนิด ตามความแข็งแรงและราคา ซึ่งทำจากเชื้อผสมระหว่างเยื่อบริสุทธิ์และเยื่อรีไซเคิล โรงงาน Chen-Kung ผลิตลอนลูกฟูกซึ่งทำจากเยื่อรีไซเคิลทั้งหมด รับกระดาษผิวกล่อมาจากโรงงานอื่น โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความแข็งแรงที่หลากหลายตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งกำหนดหน่วยน้ำหนักที่เป็นกล่องกระดาษลูกฟูก 1 ตัน

Ongmongkolkul *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกล่องกระดาษแข็ง (Paperboard box) ที่ผลิตในประเทศ ได้ทำการศึกษาระบวนการผลิตของโรงงานขนาดกลางในประเทศไทยและกำหนดหน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เป็นกล่องกระดาษน้ำหนัก 655 กรัม 1 กล่องที่มีรูปร่างและมิติดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 รูปร่างและมิติของกล่องกระดาษ

ที่มา: Ongmongkolkul *et al.* (2002)

โดยผลิตจากเยื่อบริสุทธิ์ (Virgin pulp) และกล่องกระดาษลูกฟูกเก่า ทั้งนี้ มีการวิเคราะห์การใช้วัสดุและทรัพยากร การใช้พลังงานและการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมของแต่ละ



กระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลพื้นฐานได้จากการวัดและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ข้อมูลอื่นจากกระบวนการ เช่น การปลูกต้นไม้และการตัดไม้ การผลิตเชื้อกระดาษ กราฟท์ การผลิตกล่องกระดาษ การขนส่ง การผลิตไฟฟ้า การนำกลับมาใช้ใหม่และการฝังกลบ ได้จากแหล่งข้อมูลอื่น เช่น งานวิจัย ฐานข้อมูล และการสัมภาษณ์

Lopes *et al.* (2003) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษในประเทศโปรตุเกส เน้นการศึกษาไปที่กระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนโดยการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด คือ น้ำมันเตา (Heavy fuel oil) และก๊าซธรรมชาติของกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียน ทั้งนี้ได้กำหนดหน่วยหน้าที่เป็นกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 80 กรัมต่อตารางเมตร (80 แกรม) จำนวน 1 ตัน มีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษตั้งแต่ป่าไม้ยูคาลิปตัสและป่าไม้เนื้ออ่อน การผลิตเยื่อไม้ยูคาลิปตัสและการผลิตเยื่อไม้เนื้ออ่อน การผลิตกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียน การกำจัด การผลิตสารเคมี การผลิตไฟฟ้า การขนส่ง การผลิตพลังงานไฟฟ้า และการผลิตเชื้อเพลิง

Ross *et al.* (2003) ได้รายงานว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอนและก๊าซอื่นๆ ไปสู่บรรยากาศ ได้ถูกตั้งข้อสังเกตว่าเป็นตัวการที่ทำให้อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้น และได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งกล่องบรรจุภัณฑ์นี้จะใช้กาวเชื่อมติดลอนลูกฟูกระหว่างผิวกล่องทั้งสอง ขั้นตอนแรก คือ การป้อนวัสดุเข้าสู่กระบวนการทำเยื่อจากที่ขึ้นเองตามธรรมชาติและที่ปลูกเองหรือการเก็บรวบรวมกระดาษและกล่องกระดาษที่ใช้แล้ว ซึ่งในประเทศออสเตรเลียมีกระบวนการผลิต 2 แบบ คือ การผลิตเยื่อเชิงเคมีที่ใช้เส้นใยไม้และการผลิตเยื่อเชิงกลที่ใช้วัสดุรีไซเคิล โดยกำหนดหน่วยหน้าที่เป็นกล่องบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ 1 กิโลกรัม กล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีความชื้นประมาณ 12.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้น กล่องกระดาษแห้งน้ำหนัก 0.88 กิโลกรัมจะเท่ากับกล่องกระดาษที่มีความชื้นที่สามารถนำไปใช้ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

พรทิพย์ และคณะ (2006) ได้วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษในประเทศไทย: กรณีศึกษาที่ 1 การผลิตกระดาษลอนลูกฟูกด้วยกระบวนการผลิตที่มีรายละเอียดการใช้วัตถุดิบการผลิตต่างๆ กัน กำหนดหน่วยหน้าที่คือ กระดาษลอนลูกฟูก 1,000 ตัน โดยกำหนดขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตให้สิ้นสุดที่ผลิตภัณฑ์กระดาษเท่านั้น โดยยังไม่คำนึงถึงขั้นตอนการจำหน่าย การใช้งาน และการจัดการของเสียจากการใช้



กระดาษ ซึ่งข้อมูลการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้รับความร่วมมือจากโรงงานในกลุ่มการผลิตเยื่อและกระดาษ ส่วนข้อมูลการผลิตในช่วงอื่นๆ นั้น จะเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากรายงานวิจัยอื่นๆ

Mbohwa and Mashoko (2007) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระดาษเกรดต่ำสำหรับพิมพ์หนังสือพิมพ์ใน Zimbabwe การผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ใน Eastern Highlands ที่มีสภาพภูมิอากาศเหมาะสำหรับการปลูกต้นสนที่มาจากประเทศซึ่งใช้เป็นวัสดุพื้นฐานสำหรับผลิตกระดาษ การผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์นี้ใช้การผลิตเยื่อบริสุทธิ์เชิงกลของไม้สน การผลิตเยื่อจะมีการผสมกับสารเคมี ขอบเขตของระบบจะรวมถึงการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การผลิตไฟฟ้า การขนส่ง การผลิตเยื่อและการผลิตกระดาษ ระบบของการศึกษาจะไม่รวมการบำรุงรักษาสินค้าและเครื่องจักรกล การผลิตสารเคมี และการใช้ประโยชน์จากกระดาษ หน่วยหน้าที่ของการศึกษานี้ คือกระดาษหนังสือพิมพ์น้ำหนักมาตรฐาน 53 กรัมต่อตารางเมตร (GSM) ที่ผลิตจากไม้สนใน Zimbabwe ประเภทของผลกระทบที่ประเมิน ได้แก่ ภาวะการเป็นกรด ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ภาวะความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน โดยใช้ศักยภาพทางความร้อนตลอดระยะเวลา 100 ปี จาก IPCC การทำลายทรัพยากรที่ไม่สามารถสร้างใหม่ได้ (Non-renewable resource depletion) และการทำลายโอโซน การประเมินบัญชีรายการผลกระทบโดยอาศัย Eco-indicator 99 (H) เวอร์ชัน 2.03 โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.0

ธนิดา และคณะ (2552) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของกระดาษพิมพ์เขียนที่ผลิตจากเยื่อกระดาษคราฟท์ยูคาลิปตัส โดยแบ่งการพิจารณาทั้งวัฏจักรชีวิตออกเป็น 4 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบย่อยการปลูกยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน ตั้งแต่การเพาะเมล็ด การปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่งยูคาลิปตัสเข้าสู่โรงงานเพื่อผลิตเยื่อ ระบบย่อยการผลิตเยื่อกระดาษ เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำขึ้นไม้ยูคาลิปตัสมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษโดยกระบวนการคราฟท์ ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตเยื่อคราฟท์ หน่วยการนำกลับคืนสารเคมี หน่วยการผลิตพลังงานภายใต้การผลิตเยื่อกระดาษ และหน่วยการบำบัดน้ำเสีย ระบบย่อยการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการนำเยื่อมาผสมให้พอเหมาะกับการพิมพ์เพื่อลงเป็นแผ่นกระดาษ โดยขั้นตอนภายในระบบประกอบด้วย การเตรียมเยื่อ การฉาบผิว การรีดน้ำออก การอบกระดาษ และการบำบัดน้ำเสีย และระบบย่อยการกำจัดกระดาษพิมพ์เขียนเป็นขั้นตอนการกำจัดกระดาษที่ไม่สามารถนำมาใช้งานซ้ำได้ การกำจัดกระดาษมี 3 วิธี คือ การฝังกลบ การเผา และเทกองกลางแจ้ง (Open dump) ซึ่งมีกิจกรรมทั้งหมด 21 กิจกรรม ในวัฏจักรชีวิต

กระดาษพิมพ์เขียน เช่น กิจกรรมการใช้น้ำมันเตาในระบบย่อยการผลิตเยื่อกระดาษ (กราฟท์) ซึ่งมีกำลังการผลิต 800,000 ตัน/ปี และใช้น้ำมันเตา 4,607 TJ/ปี ในกระบวนการผลิต ทั้งนี้ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ศึกษามี 5 ประเภท คือ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด ภาวะการแพร่กระจายของฟิชน้ำ ภาวะหมอกควันพิษ และความเป็นพิษต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ จากผลการศึกษา พบว่าระบบย่อยการผลิตเยื่อกระดาษ ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเมื่อเทียบกับระบบย่อยอื่นๆ โดยมีกิจกรรมการใช้น้ำมันเตาเพื่อนำกลับคืนสารเคมีเป็นกิจกรรมหลักที่ปลดปล่อยมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มผลกระทบอื่นๆ ได้แก่ ภาวะการแพร่กระจายของฟิชน้ำเป็นปัญหาที่สำคัญ โดยมีฟอสฟอรัสเป็นมลสารหลักที่ก่อให้เกิดปัญหา

### 7.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จากพอลิพรอพิลีน

LyondellBasell (2009) ได้จัดทำเอกสารข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมของพอลิพรอพิลีนในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งใช้ข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต จากโปรแกรม PlasticEurope's Eco-profile ซึ่งเกี่ยวข้องกับการผลิตพอลิพรอพิลีนในยุโรป โดยมีขั้นตอนของการผลิต การใช้ และการจัดการซากหลังการใช้โดยการนำมารีไซเคิล ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของพอลิพรอพิลีน 1 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของพอลิพรอพิลีน

| ตัวบ่งชี้                                                | ค่าผลกระทบ | หน่วย                           |
|----------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|
| Global warming potential (GWP)                           | 2.00       | kg CO <sub>2</sub>              |
| Acidification potential (AP)                             | 6.13       | g SO <sub>2</sub>               |
| Photochemical ozone creation potential (POCP) (CML 2002) | 0.92       | g Ethene                        |
| Nutrification potential (NP) (CML 2002)                  | 0.74       | g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
| Dust/particulate matter                                  | 0.59       | g PM 10                         |
| Total particulate matter                                 | 0.60       | G                               |
| Waste                                                    |            |                                 |
| - Non-hazardous                                          | 0.024      | kg                              |
| - Hazardous                                              | 0.005      | kg                              |

ที่มา: LyondellBasell (2009)

Soonthonchot (2010) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พอลิโพรพิลีนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิพรอพิลีน ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเป่า (Blow molding) และวิธีการฉีด (Injection) ของขวดและฝาพลาสติก โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 ตั้งแต่เม็ดพลาสติกก่อนนำมาขึ้นรูป และการนำเม็ดพลาสติกมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยมีขอบเขตการศึกษา แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ขอบเขตการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์พอลิโพรพิลีน

ที่มา: Soonthonchot (2010)

จากผลการศึกษา พบว่า การใช้พลังงานต่อน้ำหนัก (kWh/kg) ของพลาสติกแต่ละชนิด จากการขึ้นรูปแบบเป่าใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าแบบฉีด โดยมาจากส่วนของ Air Compressor ส่วนพอลิพรอพิลีน มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่า

ส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขึ้นรูปแบบเป่าพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง การขึ้นรูปแบบฉีดพอลิพรอพิลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มีค่าเท่ากับ  $10.7 \pm 0.32$ ,  $7.85 \pm 0.2$ ,  $2.42 \pm 0.03$  และ  $2.30 \pm 0.02$  กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับ 1 กิโลกรัมของพอลิโอเลฟินส์

นอกจากนี้ ได้เสนอทางเลือกในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- ในกระบวนการขึ้นรูปแบบเป่า เสนอให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของ Air compressor หรือเปลี่ยน Air compressor
- ในกระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด เสนอให้ใช้วัสดุผสมของเม็ดพลาสติก (ใช้เส้นใยสับปะรด) และใช้เม็ดพลาสติกชีวภาพ (Polylactic acid: PLA)

#### 7.4 ความสำคัญของการติดตามสิ่งแวดล้อมบนผลิตภัณฑ์

Benedetto and Klemes (2009) ได้เสนอวิธีการตรวจสอบที่ครอบคลุมทั้งสิ่งแวดล้อมและการเงิน เพราะถือว่านโยบายด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อธุรกิจและระเบียบการปกครอง ได้มีการให้คำจำกัดความสำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน โดยปกติจะอ้างถึงการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่มีความสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์และกระบวนการ แม้ว่าจะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการเพิ่มความตระหนักของประชาชน แต่ก็ยังขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้และอาจจะต้องมีการหาเหตุผลที่ตรงกันข้าม สำหรับจุดประสงค์ของการสร้างแผนที่กลยุทธ์สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม ได้อ้างอิงถึงที่ดินเป็นคำนิยามพื้นฐาน ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะประมาณพื้นที่ที่ดินที่ต้องการเพื่อชดเชยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฟอสซิลไปสู่บรรยากาศ (The land

area required to sequester atmospheric fossil CO<sub>2</sub> emissions through afforestation) พื้นที่นี้คำนวณจากสมการ (4)

$$CF = M_{CO_2} \cdot \frac{1 - F_{CO_2}}{S_{CO_2}} \cdot EF \quad (4)$$

ซึ่ง  $CF$  คือ footprint ของการเหยียบย่ำพื้นที่โดยอ้อมโดยเชื้อเพลิงฟอสซิลและเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (m<sup>2</sup>y)

$M_{CO_2}$  คือ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (kg CO<sub>2</sub>)

$F_{CO_2}$  คือ fraction ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับโดยมหาสมุทร

$S_{CO_2}$  คือ อัตราการแยกตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยชีวมวล (kg CO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>y<sup>-1</sup>)

$EF$  คือ ปัจจัยที่ทำให้เกิดสมดุลของป่า

หน่วยของฟุตพริ้นท์นี้ คือ m<sup>2</sup>

Edwards-Jones *et al.* (2009) ได้รายงานว่ ผลิตคาร์บอนเป็นสิ่งที่บอกแก่ลูกค้าถึงปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างการผลิตและการบริโภคสินค้ารวมถึงอาหาร ซึ่งในอนาคตลูกค้า ผู้บริโภคและด้านกฎหมายจะต้องมีการชานรับผลิตคาร์บอนเพื่อสนับสนุนสินค้าติดฉลากชนิดนี้ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาน้อย ด้วยเหตุนี้ ห่วงโซ่อุปทานจึงมีการเปลี่ยนแปลง เขาได้เสนอคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสินค้าเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ ผักสลัด แก้ว ผักบรอกโคลี และถั่วเขียว ซึ่งมีแหล่งที่มาต่างกันเพื่อส่งเข้ามายังตลาดของสหราชอาณาจักร ทั้งนี้ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมาจากการขนส่ง โดยการวิเคราะห์ขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้น ไม่ได้บอกเพียงผลกระทบโดยตรงต่อห่วงโซ่อุปทานและการค้าระหว่างประเทศเท่านั้น แต่ยังมีประโยชน์ต่อการค้าอีกอย่างน้อย 3 ข้อ คือ ผลิตคาร์บอนที่ผู้บริโภคต้องเผชิญ (Consumer-facing carbon label) ข้อตกลงทางสังคมที่ผู้ผลิตจะต้องลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการจ่ายภาษีคาร์บอนของสินค้าส่งออกทุกชิ้น ปัจจุบันมีผู้ผลิตจำนวนน้อยที่มีการแจ้งระดับของการลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์แต่ก็มีการส่งเสริมให้มีส่วนร่วมในโครงการนี้



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. โปรแกรมสำหรับการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

##### 1.1 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของเชื้อ และกระดาษคราฟท์

ในการศึกษานี้ ได้จัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อ และกระดาษคราฟท์ โดยอาศัยโปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษในประเทศไทย รุ่นที่ 1.0 โดยภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548) แสดงดังภาพที่ 12

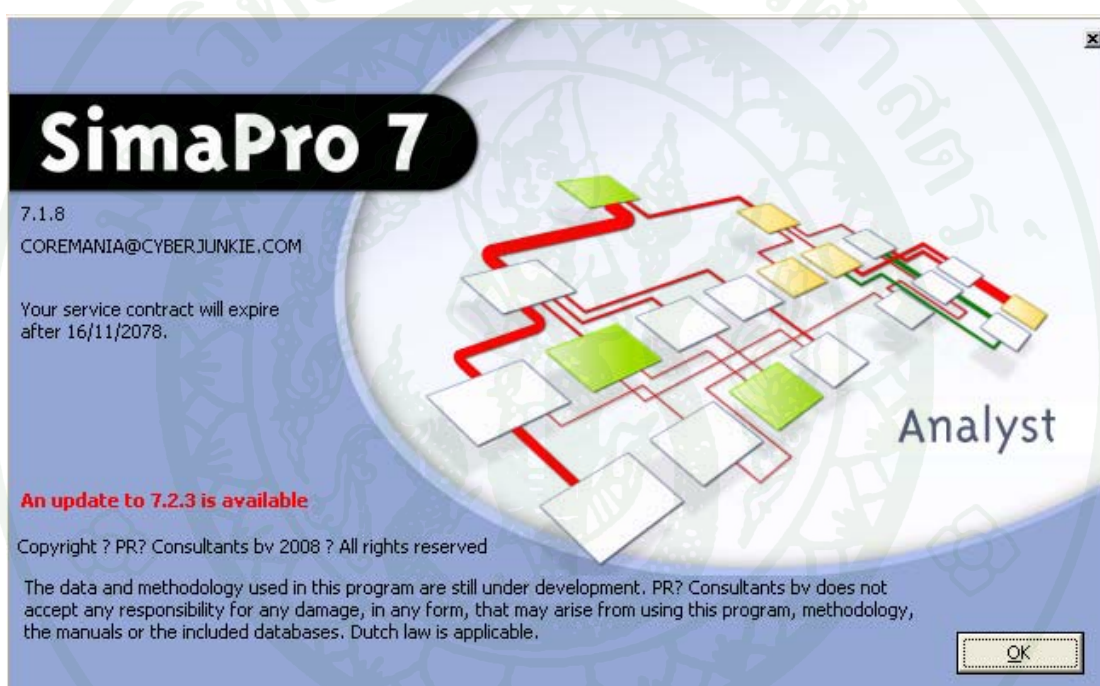


ภาพที่ 12 โปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษในประเทศไทย  
รุ่นที่ 1.0

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)

## 1.2 การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของเม็ดพอลิพรอพิลีน และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ในการศึกษานี้ ได้จัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 แสดงดังภาพที่ 13 ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย



ภาพที่ 13 โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1

ที่มา: Product Ecology Consultants (2008)

**การประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน**

**1. การประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน**

ในการศึกษานี้ ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากการทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี Impact 2002+ เป็นตัวประเมิน

**2. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน**

ในการศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากการทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี IPCC 2007 GWP 100a เป็นตัวประเมิน

## วิธีการ

### 1. การประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

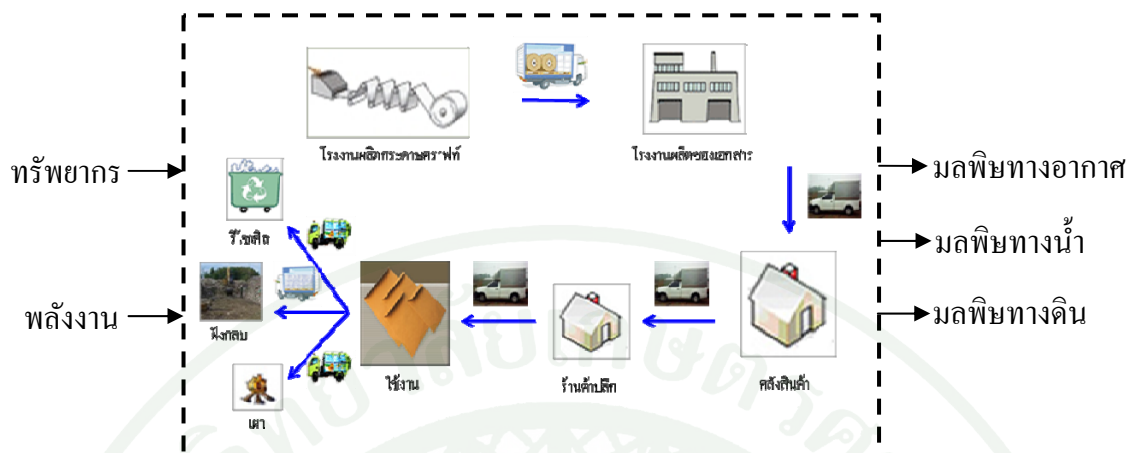
#### 1.1 การกำหนดหน่วยหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

หน่วยหน้าที่ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ คือ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ชนิด KA (125 แกรม หรือ 125 กรัมต่อตารางเมตร) ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม อายุการใช้งาน 1 ครั้ง

หน่วยหน้าที่ของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน คือ แผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม อายุการใช้งาน 1 ครั้ง

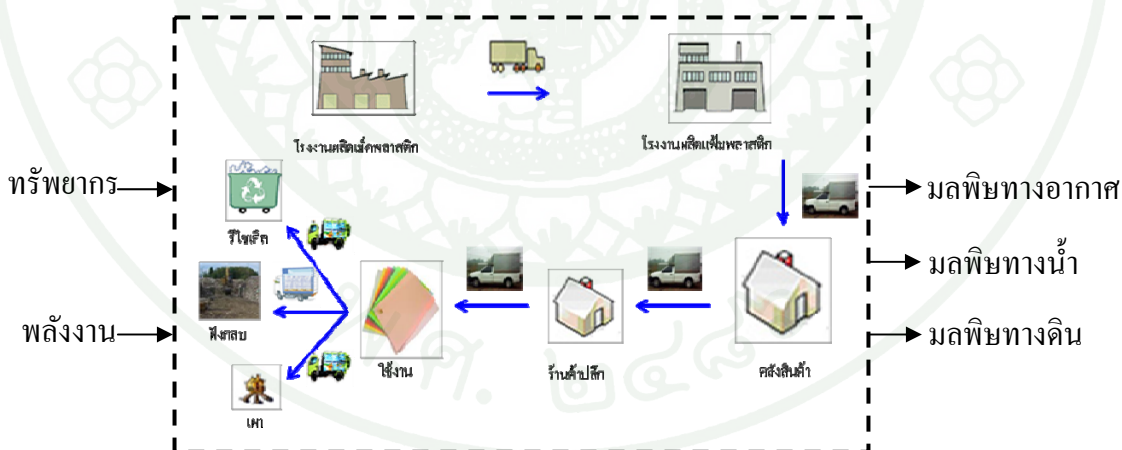
#### 1.2 การกำหนดขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิต

ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ แสดงดังภาพที่ 14 โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตเยื่อกระดาษ การผลิตกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก การใช้งาน การขนส่ง การจัดการซากหลังการใช้ โดยวิธีการนำมารีไซเคิล การฝังกลบ และการเผา



ภาพที่ 14 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 15 โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก การใช้งาน การขนส่ง การจัดการซากหลังการใช้โดยวิธีการนำมารีไซเคิล การฝังกลบ และการเผา



ภาพที่ 15 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน



### 1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์

1.3.1 ส่งแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์แบบประตู่ถึงประตูของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตของจดหมายและซองเอกสารรายใหญ่ของประเทศไทย จำนวน 1 บริษัท โดยอาศัยเทคนิคของมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม อนุกรม 14040 และ 14044

1.3.2 นำข้อมูลที่ได้มาทำคุณวุฒิและพลังงาน และจัดทำข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต

1.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

1.3.4 เมื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้แล้วทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

### 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

1.4.1 ศึกษากระบวนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

1.4.2 รวบรวมรายการวัตถุดิบสำหรับการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

1.4.3 เมื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้แล้วทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

## 2. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 2.1 การกำหนดเป้าหมายในการศึกษา

ในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อให้ทราบว่าขั้นตอนใดของวัฏจักรชีวิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก แล้วนำผลการศึกษาไปพิจารณาปรับปรุงขั้นตอนนั้นให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยลง

### 2.2 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนี้

#### 2.2.1 หน่วยการทำงาน

หน่วยหน้าที่ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ คือ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ชนิด KA (125 แกรม) ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม แต่ละซองมีอายุการใช้งาน 1 ครั้ง

หน่วยหน้าที่ของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน คือ แผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม แต่ละซองมีอายุการใช้งาน 1 ครั้ง

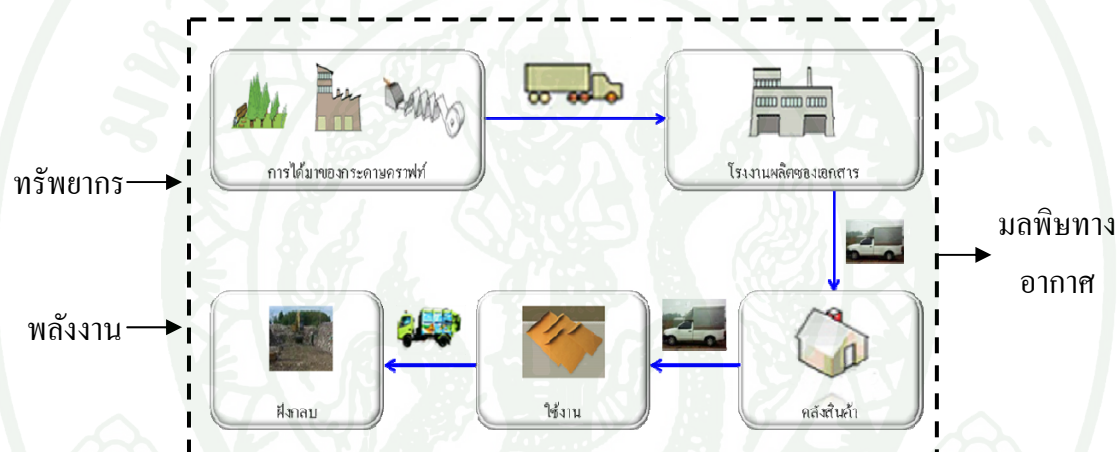
#### 2.2.2 ระบบผลิตภัณฑ์ (Product system)

ระบบผลิตภัณฑ์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน กำหนดเป็นแบบผู้ผลิตถึงผู้ใช้งาน (Business-To-Customer: B2C) เนื่องจากวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ เริ่มจากธุรกิจเยื่อและกระดาษ ไปสู่ผู้บริโภครที่เป็นผู้ใช้ซองเอกสาร ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ การผลิตกระดาษคราฟท์ การทำเป็นซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การใช้งาน การขนส่ง จนถึงการจัดการซากหลังการใช้งานโดยการฝังกลบ ส่วนวัฏจักรชีวิตของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เริ่มจากธุรกิจเม็ดพอลิพรอพิลีน ไปสู่ผู้บริโภครที่เป็นผู้ใช้แผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่

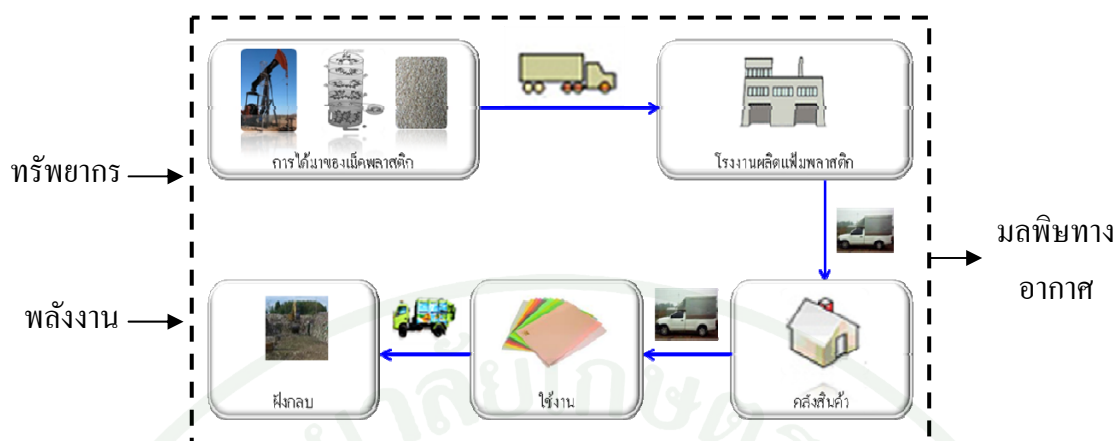
กระบวนการผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การใช้งาน การขนส่ง จนถึงการจัดซากหลังการใช้งานโดยการฝังกลบ

### 2.2.3 ขอบเขตระบบ (System boundary)

ขอบเขตระบบของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงดังภาพที่ 16 และ 17 ตามลำดับ ซึ่งไม่สามารถแยกเป็น กระบวนการย่อยได้



ภาพที่ 16 ขอบเขตระบบของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์



ภาพที่ 17 ขอบเขตระบบของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

## 2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

### 2.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของช่องเอกสารจากกระดาศกราฟท์

ก. สงแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออก ในการผลิตซองเอกสารจากกระดาศกราฟท์แบบประดูลถึงประดูลของบริษัตัวอย่าง 1 บริษั ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณท์ โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552)

### ข. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

### 2.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ใช้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยกำหนดจากน้าหนักของตัวอย่างแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

2.4 การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเพิ่ม  
ช่องพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

#### 2.4.1 การทำบัญชีรายการของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ก. ช่วงการได้มาของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต

##### 1) วัตถุดิบและพลังงาน

ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบและพลังงาน ในขั้นตอนของการผลิต  
กระดาษคราฟท์ ได้ใช้ข้อมูลจากโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษ และเยื่อ  
กระดาษในประเทศไทย รุ่นที่ 1.0 (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2548)

ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบและพลังงาน ในขั้นตอนของการผลิตของ  
เอกสารจากกระดาษคราฟท์ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการโรงงานผลิตของ  
จดหมายและช่องเอกสารรายใหญ่ของประเทศไทย

##### 2) สิ้นค้าทุน และการเก็บในคลังสินค้า

ไม่ได้พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสิ้นค้าทุน และการเก็บ  
ในคลังสินค้า

##### 3) บรรจุภัณฑ์

ในการศึกษานี้ ไม่ได้พิจารณาบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุของเอกสาร  
จากกระดาษคราฟท์ จึงไม่มีบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการได้มาของบรรจุภัณฑ์



#### 4) การขนส่ง

การขนส่งกระดาศราฟที่น้ำหนัก 10.695 กิโลกรัม จากโรงงานผลิตกระดาศราฟที่จำนวน 2 โรงงาน ไปยังโรงงานผลิตของเอกสารจากกระดาศราฟที่ ระยะทางเฉลี่ย 47 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งเศษกระดาศราฟที่น้ำหนัก 0.320 กิโลกรัม จากโรงงานผลิตของเอกสารจากกระดาศราฟที่ ไปยังโรงงานผลิตกระดาศราฟที่จำนวน 2 โรงงาน ระยะทางเฉลี่ย 47 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งของเอกสารจากกระดาศราฟที่ น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม จากโรงงานผลิตของเอกสารจากกระดาศราฟที่ ไปยังคลังสินค้า ซึ่งตั้งอยู่ในเขตสวนหลวง กรุงเทพฯ ระยะทาง 52 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ขนาด 1.5 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งของเอกสารจากกระดาศราฟที่ น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม จากคลังสินค้า ไปยังแหล่งใช้งาน ในทุกเขตของกรุงเทพฯ ระยะทาง 22 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ขนาด 1.5 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งขยะของเอกสารจากกระดาศราฟที่ น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม จากแหล่งใช้งานไปสู่สถานที่ฝังกลบ ระยะทาง 40 กิโลเมตร โดยรถขนขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

#### ข. ช่วงการใช้งาน

กำหนดให้มีการใช้งานในทุกเขตของกรุงเทพมหานคร และไม่มีการใช้ทรัพยากรอื่นในระหว่างการใช้งาน

### ก. ช่วงหลังการใช้งาน

หลังการใช้งาน 1 ครั้ง ได้กำหนดให้มีการกำจัดเศษซากของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ทั้ง 500 ซอง โดยการฝังกลบ

2.4.2 การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ประกอบด้วย

#### ก. ช่วงการได้มาของวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

##### 1) วัตถุดิบและพลังงาน

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มาของเม็ดพลาสติกชนิด PP ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Ecoinvent system process (Product Ecology Consultants, 2008)

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตแผ่นรองพลาสติกโดยการรีดเป็นแผ่น (Sheet Extrusion) ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Ecoinvent system process (Product Ecology Consultants, 2008)

##### 2) สิ้นค้าทุน และการเก็บในคลังสินค้า

ไม่ได้พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสิ้นค้าทุน และการเก็บในคลังสินค้า

##### 3) บรรจุภัณฑ์

ในการศึกษานี้ ไม่ได้พิจารณาบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จึงไม่มีบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการใช้งาน

#### 4) การขนส่ง

การขนส่งเม็ดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 11.235 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการผลิตเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง จากโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ไปยังโรงงานผลิตเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตั้งอยู่ที่เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร ระยะทางเฉลี่ย 184 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 18 ล้อ ขนาด 32 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งเศษพลาสติก น้ำหนัก 0.510 กิโลกรัม จากโรงงานผลิตเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไปยังโรงงานรีไซเคิลพลาสติก จำนวน 1 โรงงาน ระยะทางเฉลี่ย 20 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งเพิ่มของพลาสติก น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม จากโรงงานผลิตเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไปยังคลังสินค้า ระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ขนาด 1.5 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม จากคลังสินค้า ไปยังแหล่งใช้งาน ซึ่งตั้งอยู่ในทุกเขต ของกรุงเทพฯ ระยะทาง 22 กิโลเมตร โดยกำหนดให้ขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ขนาด 1.5 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

การขนส่งขยะเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม จากแหล่งที่ใช้งาน ในทุกเขตของจังหวัดกรุงเทพฯ ไปสู่สถานที่ฝังกลบ ระยะทาง 40 กิโลเมตร (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552) โดยรถขนขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และคิดการขนส่งจากกลับเป็นรถเปล่า

#### ข. ช่วงการใช้งาน

กำหนดให้มีการใช้งานในทุกเขตของกรุงเทพมหานคร และไม่มีการใช้ทรัพยากรอื่นในระหว่างการใช้งาน

### ก. ช่วงหลังการใช้งาน

หลังการใช้งานแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 1 ครั้ง ได้กำหนดให้มีการจัดการซากแผ่นของพลาสติกทั้ง 500 ซอง โดยการฝังกลบ

2.5 เมื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้แล้วทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี IPCC 2007 GWP 100a เป็นตัวประเมิน ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ยกเว้น ช่วงกำจัดซาก ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี ส่วนในช่วงการจัดการซาก ใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาตลอดช่วงเวลา 100 ปี

## ผลและวิจารณ์

### การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

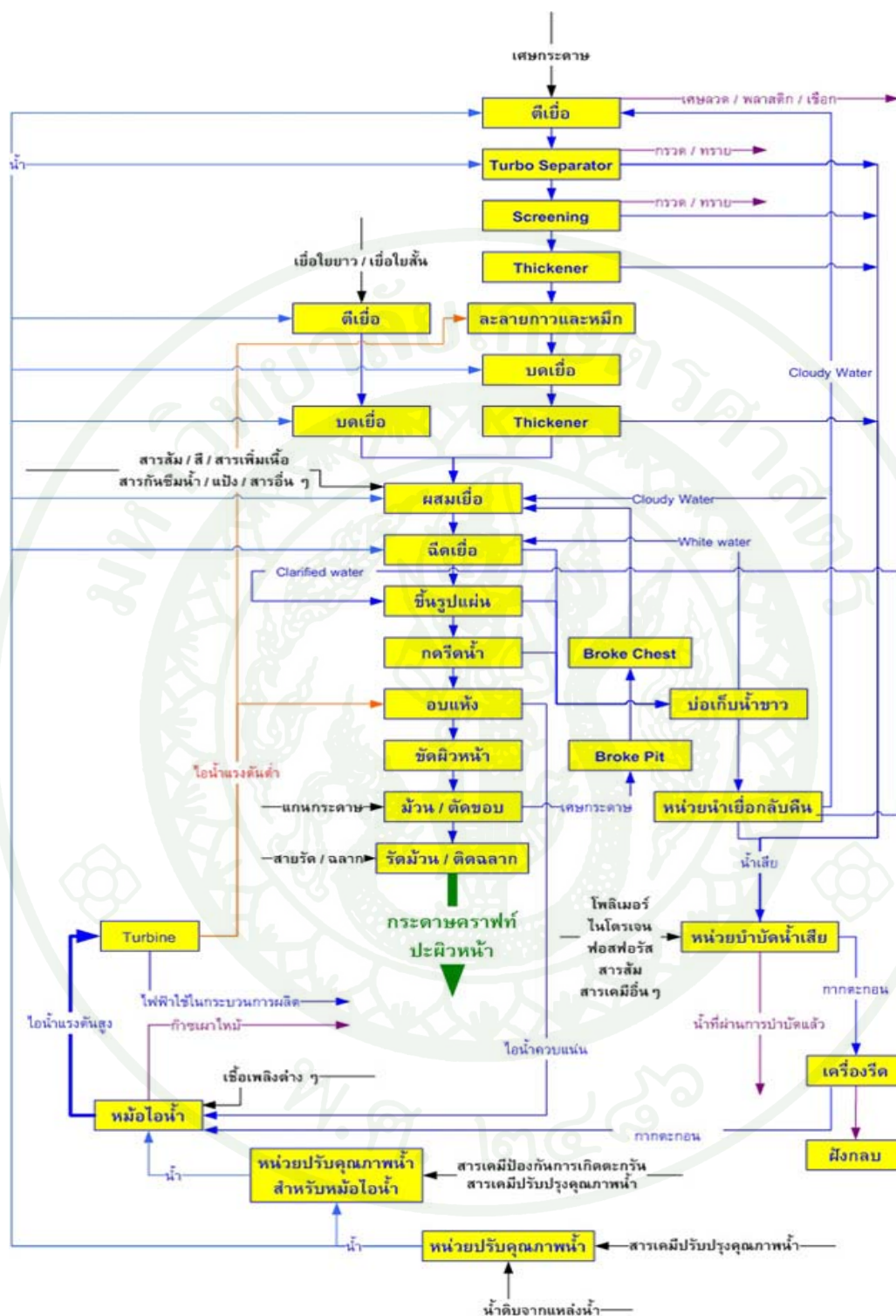
#### 1. การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ขอบเขตของการทำข้อมูลบัญชีรายการของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ แสดงดังภาพที่ 14 ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลสารขาเข้า (วัตถุดิบและพลังงาน) และสารขาออก (ผลิตภัณฑ์ ของเสีย มลสารที่ปล่อยออกสู่น้ำ อากาศ และดิน) ที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม อายุการใช้งาน 1 ครั้ง เริ่มตั้งแต่การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตของเอกสาร การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก การใช้งาน การจัดการซากหลังการใช้งาน รวมถึงการขนส่งสินค้าไปยังหน่วยต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

##### 1.1 กระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์

กระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์ แสดงดังภาพที่ 18 และข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการได้มาของกระดาษคราฟท์สำหรับทำของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ น้ำหนัก 10.695 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 3





ภาพที่ 18 กระบวนการได้มาของกระดาษกราฟสำหรับทำซองเอกสารจากกระดาษกราฟ

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)

ตารางที่ 3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์ น้ำหนัก  
10.695 กิโลกรัม

| สารขาเข้า                               |          |          | สารขาออก                    |          |              |
|-----------------------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------|--------------|
| รายการ                                  | ปริมาณ   | หน่วย    | รายการ                      | ปริมาณ   | หน่วย        |
| หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้ากระบวนการ |          |          | ผลิตภัณฑ์                   |          |              |
| Morpholine                              | 1.35E-04 | กิโลกรัม | กระดาษคราฟท์                | 10.695   | กิโลกรัม     |
| Phosphoric acid                         | 1.34E-05 | กิโลกรัม | สารที่ปล่อยสู่อากาศ         | 3.41E+01 | ลูกบาศก์เมตร |
| Hydrochloric acid                       | 1.04E-02 | กิโลกรัม | Carbon dioxide              | 1.24E+01 | กิโลกรัม     |
| Chlorine (liquid)                       | 1.23E-04 | กิโลกรัม | Carbon monoxide             | 5.10E-01 | กิโลกรัม     |
| Sodium chloride                         | 9.04E-05 | กิโลกรัม | Sulfur dioxide              | 3.34E+00 | กิโลกรัม     |
| Sodium hydroxide                        | 4.87E-03 | กิโลกรัม | Nitrogen oxide              | 3.60E-02 | กิโลกรัม     |
| Trisodium phosphate                     | 1.97E-05 | กิโลกรัม | Total suspended particulate | 2.84E-03 | กิโลกรัม     |
| Polymer (cat-ionic)                     | 3.34E-05 | กิโลกรัม | สารที่ปล่อยสู่ น้ำ          | 8.13E-02 | กิโลกรัม     |
| Polymer (an-ionic)                      | 4.25E-06 | กิโลกรัม | Suspended solid             | 4.11E-01 | กิโลกรัม     |
| Phosphate                               | 8.78E-07 | กิโลกรัม | ซีโอดี                      | 1.49E+00 | กิโลกรัม     |
| Aluminium sulphate                      | 2.65E-03 | กิโลกรัม | BOD                         | 1.32E-01 | กิโลกรัม     |
| Ammonium hydroxide                      | 1.03E-05 | กิโลกรัม | Total dissolved solid       | 2.83E-03 | กิโลกรัม     |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| สารขาเข้า                              |          |          | สารขาออก          |          |          |
|----------------------------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
| รายการ                                 | ปริมาณ   | หน่วย    | รายการ            | ปริมาณ   | หน่วย    |
| หน่วยผลิตกระดาษ                        |          |          | สารที่ปล่อยสู่ดิน | 1.32E-01 | กิโลกรัม |
| Retention aid                          | 2.98E-04 | กิโลกรัม | Sludge            | 8.24E-01 | กิโลกรัม |
| Surfactant                             | 8.54E-05 | กิโลกรัม | Rejects           | 1.74E-01 | กิโลกรัม |
| DI-767                                 |          |          |                   |          |          |
| Copper sulphate                        | 7.24E-05 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Sodium silicate                        | 3.25E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Sodium hydroxide                       | 8.54E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Clay                                   | 4.27E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Starch                                 | 1.13E-01 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Polymer (cat-ionic)                    | 2.32E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Polymer (an-ionic)                     | 1.79E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Emulsion size                          | 1.79E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Emulsion size (Anionic size 45% solid) | 5.65E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Emulsion size (liquid 35% by weight)   | 1.96E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Rosin size 35%                         | 2.04E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Optical brightening agent              | 8.54E-05 | กิโลกรัม |                   |          |          |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| สารขาเข้า                           |          |          | สารขาออก |        |       |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|--------|-------|
| รายการ                              | ปริมาณ   | หน่วย    | รายการ   | ปริมาณ | หน่วย |
| Aluminium sulphate                  | 7.00E-01 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Hydrogen peroxide                   | 1.71E-03 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – direct dye stuff              | 8.69E-04 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – yellow, orange, blue          | 1.18E-02 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – brown                         | 9.40E-04 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – blue                          | 1.18E-04 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – violet                        | 1.42E-05 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – orange                        | 5.46E-04 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Dye – yellow                        | 9.00E-04 | กิโลกรัม |          |        |       |
| American old corrugated card (AOCC) | 1.49E-01 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Old corrugated card (OCC)           | 1.63E+00 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Waste paper (black and white)       | 1.92E-01 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Recycle paper                       | 6.53E+00 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Mixed paper                         | 2.35E-01 | กิโลกรัม |          |        |       |
| Bleached kraft pulp                 | 8.40E-02 | กิโลกรัม |          |        |       |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| รายการ                        | สารขาเข้า |          | รายการ | สารขาออก |       |
|-------------------------------|-----------|----------|--------|----------|-------|
|                               | ปริมาณ    | หน่วย    |        | ปริมาณ   | หน่วย |
| Bleached sulphite pulp        | 1.81E-01  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Bleached eucalyptus pulp      | 6.32E-01  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Unbleached kraft pulp         | 3.34E-01  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Long fiber pulp               | 1.76E+00  | กิโลกรัม |        |          |       |
| หน่วยบำบัดน้ำเสีย             |           |          |        |          |       |
| Cationic acrylamide copolymer | 3.00E-05  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Dry cationic polymer          | 3.02E-05  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Praestol 2640                 | 1.00E-06  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Phosphoric acid               | 1.36E-03  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Sodium hydroxide              | 2.31E-03  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Sodium hypochlorite           | 1.30E-05  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Nitrogen                      | 1.70E-03  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Polymer (cat-ionic)           | 1.60E-03  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Polymer (an-ionic)            | 1.34E-04  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Phosphorus                    | 3.31E-04  | กิโลกรัม |        |          |       |
| Phosphate                     | 1.65E-04  | กิโลกรัม |        |          |       |



ตารางที่ 3 (ต่อ)

| สารขาเข้า          |          |                   | สารขาออก |        |       |
|--------------------|----------|-------------------|----------|--------|-------|
| รายการ             | ปริมาณ   | หน่วย             | รายการ   | ปริมาณ | หน่วย |
| Urea               | 3.50E-03 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Tape               | 1.03E-04 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Plastic rope (PP)  | 9.40E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Aluminium sulphate | 1.35E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| สาธารณูปโภค        |          |                   |          |        |       |
| Water              | 5.50E-01 | ลูกบาศก์เมตร      |          |        |       |
| Fuel oil           | 3.30E-01 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Rice husk          | 1.57E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Bark               | 2.15E-01 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Electricity (EGAT) | 2.23E+00 | กิโลวัตต์-ชั่วโมง |          |        |       |

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)

## 1.2 การผลิตของเอกสารจากกระดาษกราฟ

สำหรับของเอกสารจากกระดาษกราฟที่แสดงดังภาพที่ 19 และข้อมูลบัญชีรายการของการผลิตของเอกสารจากกระดาษกราฟที่แสดงดังตารางที่ 4



ภาพที่ 19 ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ที่มา: บริษัท สีทอง 555 จำกัด (2547)

ตารางที่ 4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จำนวน 500 ซอง

| สารขาเข้า    |        |                   | สารขาออก  |        |          |
|--------------|--------|-------------------|-----------|--------|----------|
| รายการ       | ปริมาณ | หน่วย             | รายการ    | ปริมาณ | หน่วย    |
| วัตถุดิบ     |        |                   | ผลิตภัณฑ์ |        |          |
| กระดาษคราฟท์ | 10.695 | กิโลกรัม          | ซองเอกสาร | 10.655 | กิโลกรัม |
| กาว          | 0.280  | กิโลกรัม          | เศษกระดาษ | 0.320  | กิโลกรัม |
| ไฟฟ้า        | 3.980  | กิโลวัตต์-ชั่วโมง |           |        |          |

ที่มา: จากการสอบถามผู้ประกอบการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

### 1.3 การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก และการใช้งาน

เนื่องจาก ในการศึกษาไม่ได้พิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการเก็บซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ไว้ในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก รวมถึง การใช้งานที่กำหนดให้มีการใช้งานในทุกเขตของกรุงเทพมหานคร จึงไม่มีบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนนี้

#### 1.4 การขนส่ง

ในการศึกษานี้ได้กำหนดชนิดของพาหนะและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งต่างๆ อาทิ การขนส่งกระดาษคราฟท์จากโรงงานผลิตกระดาษคราฟท์ไปยังโรงงานผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การขนส่งซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ไปยังคลังสินค้า การขนส่งซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์จากคลังสินค้าไปยังร้านค้าปลีก การขนส่งซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์จากร้านค้าปลีกไปยังแหล่งที่ใช้งาน การขนส่งซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์จากแหล่งที่ใช้งานไปยังโรงงานรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษคราฟท์ แหล่งฝังกลบขยะ และแหล่งเผาขยะ ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลการขนส่งมีทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ แบ่งได้ดังนี้

1.4.1 ข้อมูลต้นทางและปลายทางเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ข้อมูลระยะทางเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากเว็บไซต์ของกรมทางหลวง และ google earth

1.4.3 ข้อมูลของชนิดพาหนะ เป็นข้อมูลปฐมภูมิซึ่งได้จากการสอบถามผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบและซองเอกสารไปยังหน่วยต่างๆ ในการศึกษาี้ แสดงดังตารางที่ 5

#### 1.5 การจัดการซากหลังการใช้งาน

พันธพงศ์ (2550) ได้รายงานว่า ประเทศไทยมีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการเผา ในการศึกษาี้ จึงได้ศึกษาผลกระทบของการกำจัดซองเอกสารหลังการใช้งาน 3 สมมติฐาน ได้แก่ การรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ การฝังกลบ และการเผา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลการขนส่ง สำหรับซองเอกสารจากระดาษคราฟท์

| ต้นทาง                                                                    | ปลายทาง                                                                | ระยะทางเฉลี่ย<br>(กิโลเมตร) | แหล่งอ้างอิง | ชนิดพาหนะ                | สิ่งที่ขนส่ง<br>(ขาไป) |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|------------------------|
| โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์<br>อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี<br>และ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร | โรงงานผลิตซองเอกสาร<br>อ.เมือง จ.สมุทรสาคร                             | 47                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 10 ล้อ 16 คัน   | กระดาษคราฟท์           |
| โรงงานผลิตซองเอกสาร<br>อ.เมือง จ.สมุทรสาคร                                | โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์ อ.บ้านโป่ง<br>จ.ราชบุรี และ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร | 47                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 10 ล้อ 16 คัน   | เศษกระดาษ              |
| โรงงานผลิตซองเอกสาร<br>อ.เมือง จ.สมุทรสาคร                                | คลังสินค้า เขตสวนหลวง จ.กรุงเทพฯ                                       | 52                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 คัน   | ซอง 500 ซอง            |
| คลังสินค้า<br>เขตสวนหลวง จ.กรุงเทพฯ                                       | ร้านค้าปลีก จ. กรุงเทพฯ                                                | 17                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 คัน   | ซอง 500 ซอง            |
| ร้านค้าปลีก จ.กรุงเทพฯ                                                    | แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                                                 | 5                           | กำหนด        | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 คัน   | ซอง 500 ซอง            |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                                                    | โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์ อ.เมือง<br>จ.ราชบุรี และ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร    | 68                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 10 ล้อ 16 คัน   | ซอง 500 ซอง            |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                                                    | สถานีฝักรถบ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม                                        | 90                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุกขย 10 ล้อ 16 คัน | ซอง 500 ซอง            |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                                                    | เตาเผาขยะ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ                                       | 26                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุกขย 10 ล้อ 16 คัน | ซอง 500 ซอง            |

## 2. การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน

ขอบเขตของการทำบัญชีรายการของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 15 ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลสารขาเข้า (วัตถุดิบและพลังงาน) และสารขาออก (ผลิตภัณฑ์ ของเสีย มลสารที่ปล่อยออกสู่น้ำ อากาศ และดิน) ที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 จำนวน 500 ซอง น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม อายุการใช้งาน 1 ครั้ง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การได้มาของเม็ดพลาสติก การผลิตแผ่นพลาสติก การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก การใช้งาน การจัดการซากหลังการใช้งานโดยการนำไปรีไซเคิล การฝังกลบ และการเผา รวมถึงการขนส่งสินค้าไปยังหน่วยต่างๆ โดยอาศัยข้อมูล ดังนี้

### 2.1 การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน

บัญชีรายการของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Ecoinvent system process ในโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 แสดงดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก  
11.235 กิโลกรัม

| สารขาเข้า     |          |                   | สารขาออก               |          |          |
|---------------|----------|-------------------|------------------------|----------|----------|
| รายการ        | ปริมาณ   | หน่วย             | รายการ                 | ปริมาณ   | หน่วย    |
| วัตถุดิบ      |          |                   | ผลิตภัณฑ์              |          |          |
| น้ำมันดิบ     | 11.449   | กิโลกรัม          | เม็ดพอลิพรอพิลีน       | 11.235   | กิโลกรัม |
| พลังงาน/ไฟฟ้า |          |                   | สารที่ปล่อยสู่อากาศ    |          |          |
| ไฟฟ้า         | 1.43E+00 | กิโลวัตต์-ชั่วโมง | Carbon dioxide         | 1.89E+01 | กิโลกรัม |
| ถ่านหิน       | 9.54E-01 | กิโลกรัม          | Methane                | 1.32E-01 | กิโลกรัม |
| น้ำหล่อเย็น   | 4.25E-01 | ลูกบาศก์เมตร      | Carbon monoxide        | 6.84E-02 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | Sulfur dioxide         | 4.26E-02 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | NMVOC                  | 4.01E-02 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | Radon-222              | 2.22E+03 | Bq       |
|               |          |                   | สารที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ |          |          |
|               |          |                   | Sulfate                | 2.01E-02 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | COD                    | 1.64E-02 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | BOD5                   | 4.80E-03 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | สารที่ปล่อยสู่ดิน      |          |          |
|               |          |                   | เศษน้ำมันดิบ           | 2.14E-01 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | Chloride               | 2.44E-06 | กิโลกรัม |
|               |          |                   | Iron                   | 8.12E-07 | กิโลกรัม |

ที่มา: Product Ecology Consultants (2008)

## 2.2 การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากกระบวนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยการรีดเป็นแผ่น (Sheet Extrusion) ซึ่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ที่มา: พี บี แพลค (2553)

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยการรีดเป็นแผ่น ได้ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Ecoinvent system process ในโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 ซึ่งข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จำนวน 500 ชอง แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน  
จำนวน 500 ชอง

| สารขาเข้า     |        |                   | สารขาออก              |        |          |
|---------------|--------|-------------------|-----------------------|--------|----------|
| รายการ        | ปริมาณ | หน่วย             | รายการ                | ปริมาณ | หน่วย    |
| วัตถุดิบ      |        |                   | ผลิตภัณฑ์             |        |          |
| เม็ดพลาสติก   | 11.235 | กิโลกรัม          | แผ่นของ               | 10.725 | กิโลกรัม |
| ชนิดพอลิ      |        |                   | พลาสติก ชนิด          |        |          |
| พรอพิลีน      |        |                   | พอลิพรอพิลีน          |        |          |
| พลังงาน/ไฟฟ้า |        |                   | ของเสียที่เป็นของแข็ง |        |          |
| ไฟฟ้า         | 5.05   | กิโลวัตต์-ชั่วโมง | เศษพลาสติก            | 0.510  | กิโลกรัม |

ที่มา: จากข้อมูลแผ่นของพลาสติกของบริษัทตัวอย่าง และ Product Ecology Consultants (2008)

### 2.3 การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก และการใช้งาน

เนื่องจาก ในการศึกษาไม่ได้พิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการเก็บแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไว้ในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก รวมถึงการใช้งานที่กำหนดให้มีการใช้งานในทุกเขตของกรุงเทพมหานคร จึงไม่มีบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนนี้

### 2.4 การขนส่ง

ในการศึกษานี้ได้กำหนดชนิดของพาหนะและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งต่างๆ อาทิ การขนส่งเม็ดพอลิพรอพิลีน จากโรงงานผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน ไปยังโรงงานผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากโรงงานผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไปยังคลังสินค้า การขนส่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากคลังสินค้าไปยังร้านค้าปลีก การขนส่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากร้านค้าปลีกไปยังแหล่งที่ใช้งาน การขนส่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากแหล่งที่ใช้งานไปยังโรงงานรีไซเคิลเป็นเศษพลาสติก แหล่งฝังกลบขยะ และแหล่งเผาขยะ ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลการขนส่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ แบ่งได้ดังนี้

2.4.1 ข้อมูลต้นทางและปลายทาง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นจากเว็บไซต์ของบริษัทที่ผลิตแผ่นรองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งเป็นบริษัทแห่งหนึ่งในภาคกลาง

2.4.2 ข้อมูลระยะทาง เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากเว็บไซต์ของกรมทางหลวง (กรมทางหลวง, ม.ป.ป.)

2.4.3 ข้อมูลของชนิดพาหนะ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการ คลังสินค้า และเว็บไซต์ของบริษัทแห่งหนึ่งในภาคกลาง

ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบและของเอกสารจากกระดาศราฟที่ไปยังหน่วยต่างๆ ใน การศึกษานี้ แสดงดังตารางที่ 8

## 2.5 การจัดการซากหลังการใช้งาน

พันธพงศ์ (2550) ได้รายงานว่า ประเทศไทยมีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการเผา ใน การศึกษานี้ จึงได้ศึกษาผลกระทบของการกำจัดแผ่นรองพลาสติก ชนิด พอลิพรอพิลีนหลังการใช้งาน 3 สมมติฐาน ได้แก่ การรีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติก การฝังกลบ และ การเผา ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อมูลการขนส่ง สำหรับฟาร์มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

| ต้นทาง                                             | ปลายทาง                                            | ระยะทางเฉลี่ย<br>(กิโลเมตร) | แหล่งอ้างอิง | ชนิดพาหนะ                 | สิ่งที่ขนส่ง<br>(ขาไป) |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก<br>อ.เมือง จ.ระยอง           | โรงงานผลิตฟาร์มของพลาสติก<br>เขตหนองแขม จ.กรุงเทพฯ | 184                         | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน    | เม็ดพลาสติก            |
| โรงงานผลิตฟาร์มของพลาสติก<br>เขตหนองแขม จ.กรุงเทพฯ | โรงงานรีไซเคิลพลาสติก<br>อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี       | 20                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน    | เศษพลาสติก             |
| โรงงานผลิตฟาร์มของพลาสติก<br>เขตหนองแขม จ.กรุงเทพฯ | คลังสินค้า<br>เขตบางแค จ.กรุงเทพฯ                  | 10                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 ตัน    | ฟาร์ม 500 ซอง          |
| คลังสินค้า เขตบางแค จ.กรุงเทพฯ                     | ร้านค้าปลีก จ.กรุงเทพฯ                             | 21                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 ตัน    | ฟาร์ม 500 ซอง          |
| ร้านค้าปลีก จ.กรุงเทพฯ                             | แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                             | 5                           | กำหนด        | รถบรรทุก 4 ล้อ 1.5 ตัน    | ฟาร์ม 500 ซอง          |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                             | โรงงานรีไซเคิลพลาสติก<br>อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี       | 20                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน    | ฟาร์ม 500 ซอง          |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                             | สถานีฝักรถ<br>อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม                  | 90                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน | ฟาร์ม 500 ซอง          |
| แหล่งใช้งาน จ.กรุงเทพฯ                             | เตาเผาขยะ<br>อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ                | 26                          | กรมทางหลวง   | รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน | ฟาร์ม 500 ซอง          |



## การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 1. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ได้ใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี Impact 2002+ เป็นตัวประเมิน ซึ่งปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการผลิตกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ขั้นตอนการจัดการซากซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์หลังการใช้งาน และขั้นตอนการขนส่งซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ไปยังหน่วยต่างๆ

1.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการผลิตกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การขนส่ง และการจัดการซากหลังการใช้งาน

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการผลิตกระดาษคราฟท์ การผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การขนส่ง และการจัดการซาก ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้ คือ การรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ การฝังกลบ และการเผา แสดงดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การขนส่ง และการจัดการซาก ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                          | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |                      |             |                               |           |                             |          |                          |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                                                 | การได้มาของ<br>กระดาษ<br>คราฟท์                                 | การผลิต<br>ของเอกสาร | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                                                 |                                                                 |                      | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
| Carcinogens<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq)         | 2.32E-01                                                        | 2.19E-01             | 5.20E-05    | 5.12E-02                      | 6.09E-05  | 2.76E-03                    | 5.39E-05 | 1.46E-01                 |
| Non-<br>carcinogens<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq) | 3.84E-01                                                        | 4.85E-03             | 6.56E-05    | -1.51E-02                     | 7.75E-05  | 7.86E-03                    | 6.86E-05 | 7.86E-01                 |
| Respiratory<br>inorganics<br>(kg PM 2.5)                        | 2.71E-01                                                        | 1.75E-03             | 1.02E-05    | 1.84E-04                      | 1.65E-05  | 3.15E-04                    | 1.21E-05 | 8.50E-04                 |
| Ionizing<br>radiation<br>(Bq C-14)                              | 3.71E+02                                                        | 3.94E-01             | 9.69E-02    | -                             | 1.14E-01  | 9.52E+00                    | 1.01E-01 | 7.74E+00                 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                           | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |                      |             |                               |           |                             |          |                          |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                                                  | การได้มาของ<br>กระดาษ<br>คราฟท์                                 | การผลิต<br>ของเอกสาร | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                                                  |                                                                 |                      | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
| Ozone layer<br>depletion<br>(kg CFC-11 eq)                       | 3.81E-06                                                        | 8.55E-10             | 1.28E-09    | 8.91E-08                      | 1.94E-09  | 3.58E-08                    | 1.47E-09 | 3.12E-08                 |
| Respiratory<br>organics<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq) | 2.15E+01                                                        | 8.81E-04             | 4.68E-06    | 6.94E-04                      | 1.37E-05  | 1.60E-04                    | 7.44E-06 | 5.06E-04                 |
| Aquatic<br>ecotoxicity<br>(kg TEG water)                         | 3.25E+03                                                        | 6.69E+01             | 4.57E-01    | -2.22E+03                     | 5.97E-01  | 2.73E+02                    | 4.96E-01 | 2.47E+02                 |
| Terrestrial<br>ecotoxicity<br>(kg TEG soil)                      | 6.14E+02                                                        | 7.14E-01             | 2.67E-01    | -1.17E+00                     | 3.08E-01  | 4.08E+00                    | 2.77E-01 | 2.06E+01                 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                             | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |                      |             |                               |           |                             |          |                          |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                                                    | การได้มาของ<br>กระดาษ<br>คราฟท์                                 | การผลิต<br>ซองเอกสาร | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                                                    |                                                                 |                      | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
| Terrestrial<br>acid/nutri<br>(kg SO <sub>2</sub> eq)               | 3.75E+00                                                        | 5.97E-02             | 3.21E-04    | 1.10E-02                      | 4.81E-04  | 7.66E-03                    | 3.67E-04 | 3.09E-02                 |
| Land<br>occupation<br>(m <sup>2</sup> org.arable)                  | 3.19E+00                                                        | 8.47E-05             | 1.07E-04    | -                             | 1.24E-04  | 1.61E-02                    | 1.11E-04 | 3.31E-03                 |
| Aquatic<br>acidification<br>(kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)  | 3.30E+00                                                        | 1.12E-02             | 4.84E-05    | -3.01E-04                     | 7.26E-05  | 3.19E-03                    | 5.54E-05 | 4.43E-03                 |
| Aquatic<br>eutrophication<br>(kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq) | 3.57E-02                                                        | 1.91E-05             | 4.96E-07    | -3.05E-05                     | 7.63E-07  | 4.08E-04                    | 5.74E-07 | 4.80E-05                 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                    | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |           |             |                               |           |                             |          |                          |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                           | การได้มาของ                                                     | การผลิต   | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                           | กระดาษ<br>คราฟท์                                                | ซองเอกสาร | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
| Global warming<br>(kg CO <sub>2</sub> eq) | 3.19E+01                                                        | 2.97E+00  | 8.14E-03    | -4.77E-01                     | 1.24E-02  | 2.85E-01                    | 9.39E-03 | 5.37E+00                 |
| Mineral extraction<br>(MJ surplus)        | 3.93E-01                                                        | 8.90E+01  | 5.73E-05    | 9.57E-07                      | 2.01E-01  | 4.30E+00                    | 1.54E-01 | 4.63E+00                 |
| Non-renewable energy<br>(MJ primary)      | 4.52E+02                                                        | 4.37E-04  | 1.36E-01    | -8.10E+01                     | 6.38E-05  | 3.17E-03                    | 5.87E-05 | 6.86E-03                 |



ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนแบบหลายวง สารเบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene) อาร์ซีนิก และโครเมียม สู่อากาศ มีการปลดปล่อยอาร์ซีนิกไอออน สารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และอาร์ซีนิก สู่แหล่งน้ำ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารไม่ก่อมะเร็ง พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยอาร์ซีนิก สารไดออกซิน และสังกะสี สู่อากาศ มีการปลดปล่อยอาร์ซีนิกไอออน สู่แหล่งน้ำ และมีการปลดปล่อยแคดเมียม และสังกะสี สู่ดิน

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอันตรายที่มีผลต่อระบบหายใจ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ PM 2.5 สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดกัมมันตภาพรังสี พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยคาร์บอน-14 และ เรดอน-222 สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยสาร Halon 1301, Halon 1211, CFC-114 และ HCFC-22 สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอันตรายที่มีผลต่อระบบหายใจ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่ใช่มีเทน สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นพิษในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยอลูมิเนียม และคอปเปอร์ สู่อากาศ มีการปลดปล่อยอลูมิเนียม คอปเปอร์ไอออน ซิงค์ไอออน สู่แหล่งน้ำ มีการปลดปล่อยอลูมิเนียม และคอปเปอร์ สู่ดิน

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นพิษต่อพื้นดิน พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยคอปเปอร์ และสังกะสี สู่อากาศ มีการปลดปล่อยสังกะสี อลูมิเนียม โครเมียม และคอปเปอร์ สู่ดิน

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดกรดบนพื้นดิน พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดมีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พื้นที่ พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พื้นที่สำหรับป่าไม้ การขนส่ง การตั้งโรงงาน และการจัดการซากหลังการใช้งาน ในกรณีที่มีการจัดการซากโดยการฝังกลบ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นกรดในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ และก๊าซแอมโมเนีย สู่อากาศ และมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ สู່แหล่งน้ำ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสู่อากาศ แหล่งน้ำ และดิน และมีการปลดปล่อยซีโอดี และฟอสเฟต สู່แหล่งน้ำ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง พบว่า เกิดจากการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมัน

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการสกัดแร่ธาตุ พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการสกัดเอาอลูมิเนียม และนิกเกิล

ทั้งนี้ ในกระบวนการรีไซเคิลก็สามารถช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจาก ไม่ต้องใช้เยื่อกระดาษใหม่ทั้งหมด

## 1.2 การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก และการใช้งาน

เนื่องจาก ในการศึกษาไม่ได้พิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการเก็บของเอกสารจากกระดาษกราฟที่ไว้ในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก รวมถึงการใช้งาน ในขั้นตอนนี้นี้เหล่านี้ จึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 2. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้ใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี Impact 2002+ เป็นตัวประเมิน ซึ่งปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขั้นตอนการจัดการซากแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และขั้นตอนการขนส่งแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไปยังหน่วยต่างๆ

2.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการผลิตเม็ดพลาสติก PP การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การจัดการซากหลังการใช้งาน และการขนส่ง

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การจัดการซากหลังการใช้งาน และการขนส่ง ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้ คือ การรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน การฝังกลบ และการเผา แสดงดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตเพิ่มของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่ง และการจัดการซาก ตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                          | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |                               |             |                               |           |                             |          |                          |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                                                 | การได้มาของ<br>เม็ดพลาสติก<br>PP                                | การผลิต<br>เพิ่มพลาสติก<br>PP | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                                                 |                                                                 |                               | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
|                                                                 |                                                                 |                               |             |                               |           |                             |          |                          |
| Carcinogens<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq)         | 3.76E+00                                                        | 3.71E-02                      | 9.06E-06    | 2.71E-01                      | 1.46E-05  | 2.10E-03                    | 1.06E-05 | 1.49E-01                 |
| Non-<br>carcinogens<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq) | 5.21E-02                                                        | 5.74E-02                      | 1.16E-05    | 1.49E-01                      | 1.85E-05  | 1.77E-03                    | 1.35E-05 | 8.17E-01                 |
| Respiratory<br>inorganics<br>(kg PM 2.5)                        | 2.71E-01                                                        | 3.49E-03                      | 1.78E-06    | -7.87E-03                     | 5.31E-06  | 2.37E-04                    | 2.78E-06 | 6.43E-04                 |
| Ionizing<br>radiation<br>(Bq C-14)                              | 3.71E+02                                                        | 3.23E+02                      | 1.68E-02    | -                             | 2.68E-02  | 2.51E+00                    | 1.95E-02 | 2.38E+00                 |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                           | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |             |               |              |             |              |          |              |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|----------|--------------|
|                                                                  | การได้มาของ                                                     | การผลิต     | การรีไซเคิล   |              | การฝังกลบ   |              | การเผา   |              |
|                                                                  | เม็ดพลาสติก                                                     | แผ่นพลาสติก | การขนส่ง      | การจัดการซาก | การขนส่ง    | การจัดการซาก | การขนส่ง | การจัดการซาก |
|                                                                  | PP                                                              | PP          | (การรีไซเคิล) |              | (การฝังกลบ) |              | (การเผา) |              |
| Ozone layer<br>depletion<br>(kg CFC-11 eq)                       | 1.78E-09                                                        | 3.19E-07    | 2.23E-10      | -6.81E-06    | 5.95E-10    | 3.32E-08     | 3.27E-10 | 1.60E-08     |
| Respiratory<br>organics<br>(kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq) | 2.15E+01                                                        | 1.02E-03    | 8.20E-07      | -4.82E-02    | 5.80E-06    | 1.56E-04     | 2.25E-06 | 4.55E-04     |
| Aquatic<br>ecotoxicity<br>(kg TEG water)                         | 3.25E+03                                                        | 2.32E+02    | 8.03E-02      | 2.31E+04     | 1.60E-01    | 1.01E+01     | 1.03E-01 | 1.02E+02     |
| Terrestrial<br>ecotoxicity<br>(kg TEG soil)                      | 6.14E+02                                                        | 5.61E+01    | 4.76E-02      | 1.17E+01     | 7.18E-02    | 2.71E+00     | 5.41E-02 | 2.26E+00     |



ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                                       | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |             |             |               |           |              |          |              |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------|--------------|----------|--------------|
|                                                              | การได้มาของ                                                     | การผลิต     | การรีไซเคิล |               | การฝังกลบ |              | การเผา   |              |
|                                                              | เม็ดพลาสติก                                                     | แผ่นพลาสติก | การขนส่ง    | การจัดการซาก  | การขนส่ง  | การจัดการซาก | การขนส่ง | การจัดการซาก |
|                                                              | PP                                                              | PP          |             | (การรีไซเคิล) |           | (การฝังกลบ)  |          | (การเผา)     |
| Terrestrial acid/nutri (kg SO <sub>2</sub> eq)               | 3.75E+00                                                        | 6.49E-02    | 5.60E-04    | -3.15E-01     | 1.46E-04  | 6.14E-03     | 8.13E-05 | 2.41E-02     |
| Land occupation (m <sup>2</sup> org.arable)                  | 3.19E+00                                                        | 2.16E-01    | 1.83E-05    | -             | 2.86E-05  | 1.61E-02     | 2.11E-05 | 1.12E-03     |
| Aquatic acidification (kg SO <sub>2</sub> eq)                | 6.59E-02                                                        | 2.15E-02    | 8.45E-06    | -5.02E-02     | 2.21E-05  | 1.48E-03     | 1.23E-05 | 3.28E-03     |
| Aquatic eutrophication (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq) | 1.45E-03                                                        | 1.02E-04    | 8.65E-08    | 1.75E-04      | 2.37E-07  | 3.88E-05     | 1.29E-07 | 1.43E-05     |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| ผลกระทบ<br>สิ่งแวดล้อม                    | ค่าเทียบเท่ามลสารทั้งหมดตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้งาน |                              |             |                               |           |                             |          |                          |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|--------------------------|
|                                           | การได้มาของ<br>เม็ดพลาสติก<br>PP                                | การผลิต<br>แผ่นพลาสติก<br>PP | การรีไซเคิล |                               | การฝังกลบ |                             | การเผา   |                          |
|                                           |                                                                 |                              | การขนส่ง    | การจัดการซาก<br>(การรีไซเคิล) | การขนส่ง  | การจัดการซาก<br>(การฝังกลบ) | การขนส่ง | การจัดการซาก<br>(การเผา) |
|                                           |                                                                 |                              |             |                               |           |                             |          |                          |
| Global warming<br>(kg CO <sub>2</sub> eq) | 1.89E+01                                                        | 5.47E+00                     | 1.42E-03    | 3.20E-01                      | 3.85E-03  | 5.18E-01                    | 2.10E-03 | 2.71E+01                 |
| Mineral extraction<br>(MJ surplus)        | 4.52E+02                                                        | 1.00E+02                     | 2.37E-02    | -2.75E+02                     | 6.03E-02  | 3.45E+00                    | 3.40E-02 | 2.29E+00                 |
| Non-renewable energy<br>(MJ primary)      | 3.93E-01                                                        | 8.30E-02                     | 1.01E-05    | -2.02E-03                     | 1.41E-05  | 2.79E-03                    | 1.12E-05 | 4.71E-03                 |

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอน สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารไม่ก่อมะเร็ง พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยแอนติโมนี อาร์ซีนิก และซีลีเนียม ลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงมีการปลดปล่อยสารไดออกซินสู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอันตรายที่มีผลต่อระบบหายใจ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และ PM 2.5

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดกัมมันตภาพรังสี พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยคาร์บอน-14 และ เรดอน-222 สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยสาร Halon 1211 และสาร Halon 1301 สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอันตรายที่มีผลต่อระบบหายใจ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่ใช่มีเทน สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นพิษในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยอลูมิเนียม และแอนติโมนี สู่แหล่งน้ำ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นพิษต่อพื้นดิน พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยอลูมิเนียม และคอปเปอร์ สู่อากาศ และดิน

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดกรดบนพื้นดิน พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พื้นที่ พบว่า เกิดจากการใช้พื้นที่ในการขนส่ง การตั้งโรงงาน และการจัดการซากหลังการใช้งาน ในกรณีที่มีการจัดการซากโดยการฝังกลบ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดความเป็นกรดในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำจืด พบว่า โดยส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสู่น้ำ อากาศ และดิน มีการปลดปล่อย ซีโอดี และฟอสเฟต สู່แหล่งน้ำ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน สู่อากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการสกัดแร่ธาตุ พบว่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการสกัดคอปเปอร์ เหล็ก นิกเกิล และสังกะสี

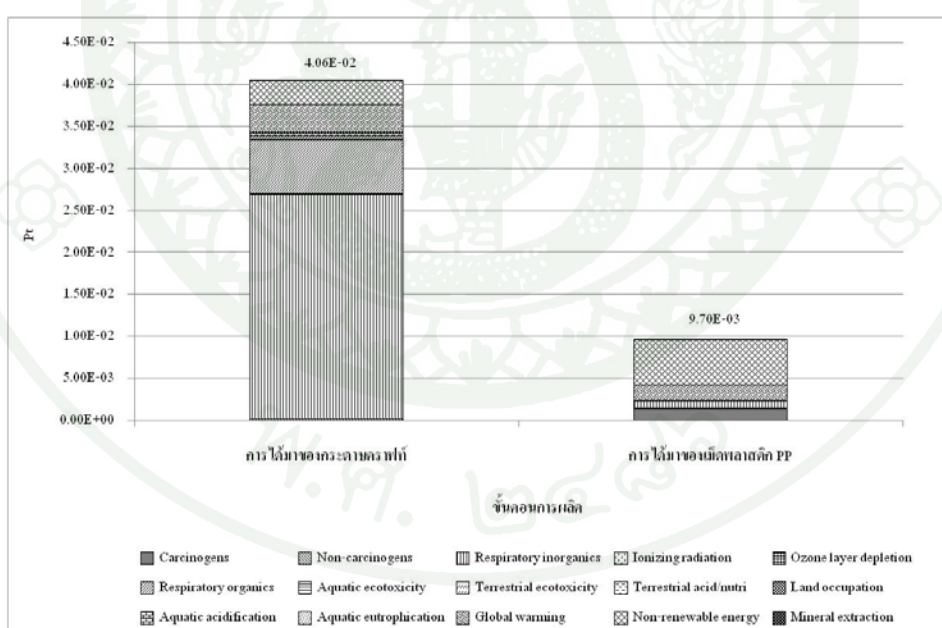
ทั้งนี้ ในกระบวนการรีไซเคิลก็สามารถช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจาก ไม่ต้องใช้เม็ดพลาสติกใหม่ทั้งหมด

## 2.2 การเก็บในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก และการใช้งาน

เนื่องจาก ในการศึกษาไม่ได้พิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากการเก็บแพมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ไว้ในคลังสินค้าและร้านค้าปลีก รวมถึงการใช้งาน ในขั้นตอนนี้ เหล่านี้ จึงไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

### การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต ของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ เริ่มตั้งแต่การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การขนส่งสินค้าไปยังหน่วยต่างๆ รวมถึงการจัดการซากหลังการใช้งาน ส่วนแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เริ่มตั้งแต่การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่งสินค้าไปยังหน่วยต่างๆ รวมถึงการจัดการซากหลังการใช้งาน ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาของกระดาษคราฟท์ และการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 21 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 22 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการขนส่ง แสดงดังภาพที่ 23 และผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการจัดการซากหลังการใช้งาน แสดงดังภาพที่ 24



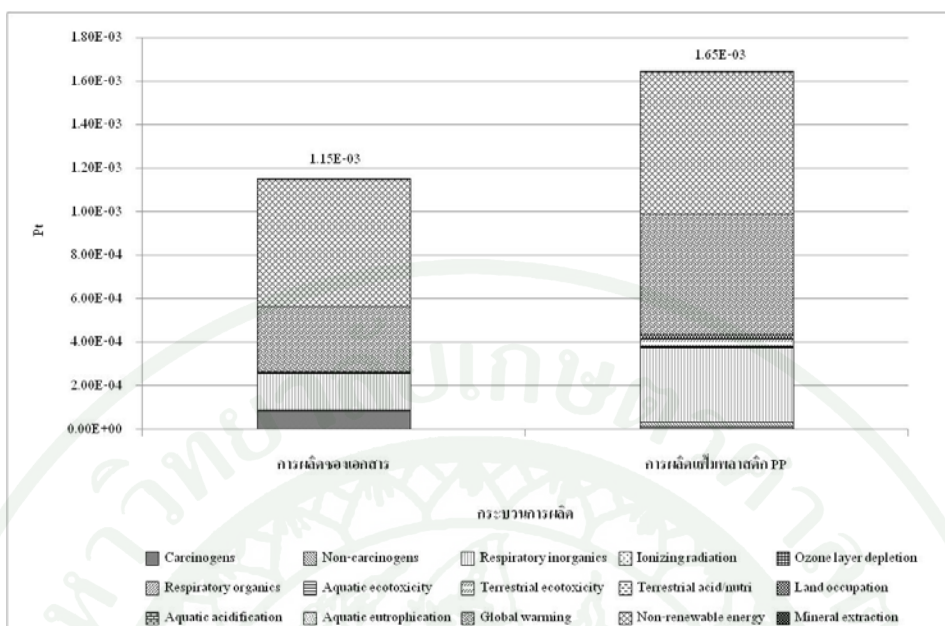
ภาพที่ 21 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงของการได้มาของกระดาษคราฟท์ และการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน



จากภาพที่ 21 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษกราฟท์ และการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน พบว่า การได้มาของกระดาษกราฟท์มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน

การได้มาของกระดาษกราฟท์ โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ เนื่องจาก ในขั้นตอนของการผลิตเยื่อกระดาษต้องมีการใช้สารเพิ่มปริมาณซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพิ่มเนื้อกระดาษ และอุดช่องว่างต่างๆ ทำให้กระดาษมีเนื้อแน่นมากขึ้น สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อแห้ง สารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียก สีย้อม สารฟอกขาว เป็นต้น สารอินทรีย์เหล่านี้มีขนาดเล็กมาก ก่อให้เกิดเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถกระจายไปสู่ภายนอกได้ นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันในระบบการเผาไหม้ยังทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ เนื่องจาก สารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบในเยื่อกระดาษ หลังจากการผลิตเยื่อกระดาษ จะเกิดเป็นน้ำดำ หรือ black liquor ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการต้มเยื่อ ซึ่งน้ำดำนี้เป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่เป็นของเหลวสีเข้ม มีกากตะกอนและค่าความเป็นกรดค่าสูง (พิสมัย และคณะ, 2543) รวมถึงปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนจากสารอินทรีย์ระเหยได้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากการใช้เชื้อเพลิงสิ้นเปลือง เช่น ถ่านหิน และน้ำมัน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน

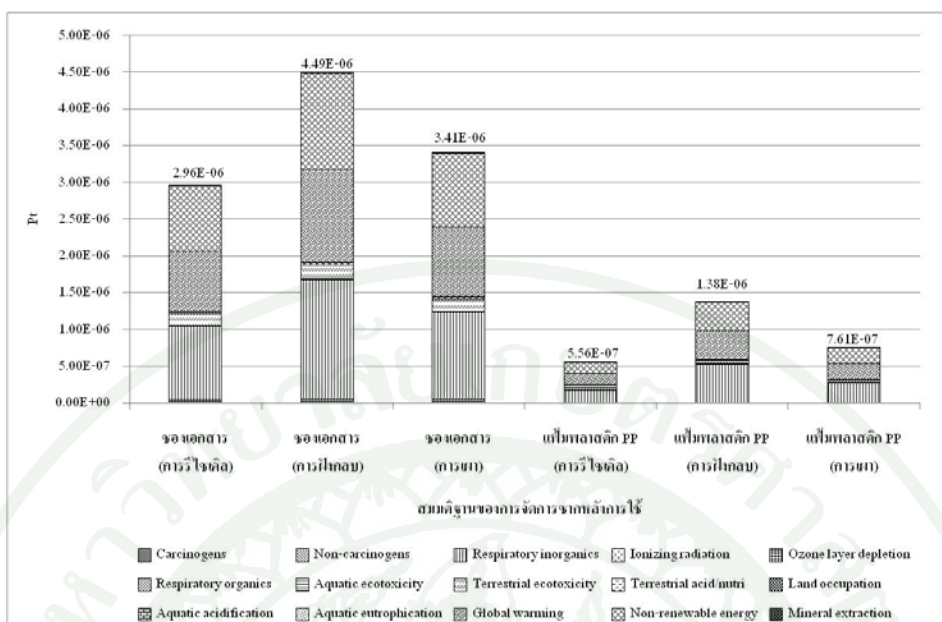
การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง การเกิดภาวะโลกร้อน และการเกิดสารก่อมะเร็ง เนื่องจาก เม็ดพอลิพรอพิลีนต้องใช้ น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบในการผลิต ทั้งนี้ ต้องมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเป็นเชื้อเพลิงในทุกๆ ขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน ตั้งแต่การขุดเจาะปิโตรเลียม การกลั่นปิโตรเลียม และกระบวนการผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน เมื่อพลังงานสิ้นเปลืองถูกเผาจะเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่อากาศ และเกิดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสู่อากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง



ภาพที่ 22 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากภาพที่ 22 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน พบว่า ในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

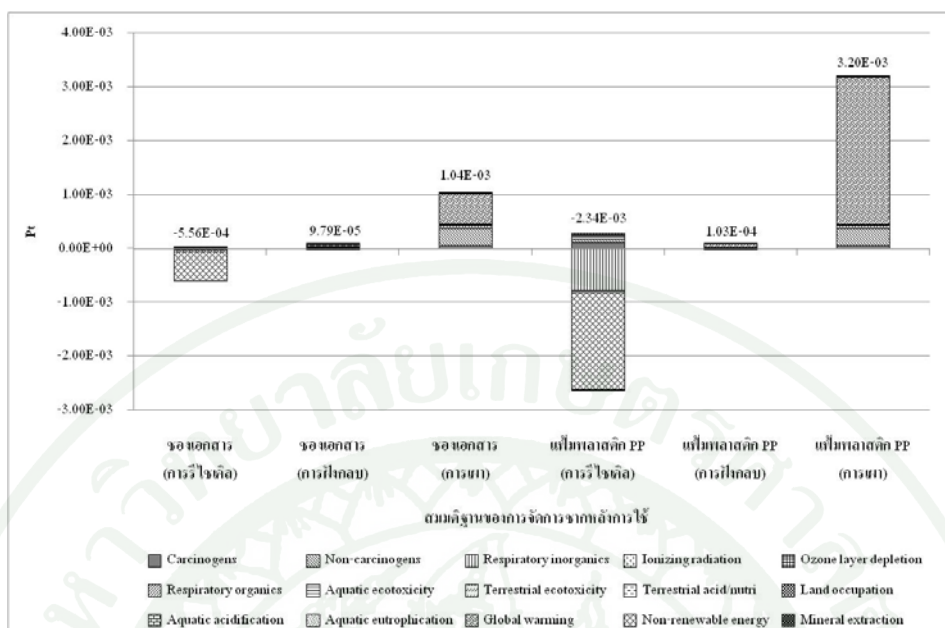
ในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง การเกิดภาวะโลกร้อน และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ เนื่องจาก ในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ เครื่องจักรต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการตัดกระดาษคราฟท์ การปั๊มของ และการติดกาว แล้วทำเป็นซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ส่วนในขั้นตอนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เครื่องจักรก็ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการหลอมและรีดเป็นแผ่นแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จึงมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากช่วงของการได้มาของไฟฟ้า ซึ่งในการผลิตไฟฟ้ามีการใช้ถ่านหิน และน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ จะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่อากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และมีการปลดปล่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์



ภาพที่ 23 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากภาพที่ 23 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน พบว่า การขนส่ง โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน และการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เนื่องจาก ในการขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดต่างๆ ต้องมีการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเกิดจากการพลังงานสิ้นเปลืองจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ ก็จะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และมีการปลดปล่อย PM<sub>2.5</sub> ซึ่งเป็นฝุ่นละออง มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ ซึ่งก่อให้เกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ

จากภาพที่ 24 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการจัดการซากของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน หลังการใช้งาน พบว่า การเผาไหม้ของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีผลกระทบสูงสุด รองลงมา คือ การเผาของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การฝังกลบแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การฝังกลบของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การรีไซเคิลแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ตามลำดับ



ภาพที่ 24 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการจัดการซากของเอกสารจากกระดาษกราฟ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน หลังการใช้งาน

การรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษกราฟ และการรีไซเคิลแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ โดยการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษกราฟ ส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง และการเกิดภาวะโลกร้อน จากการผลิตเยื่อกระดาษใหม่ แต่ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งส่วนใหญ่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็งจากการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจจากการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในการกระบวนการรีไซเคิล ส่วนการรีไซเคิลแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เพราะไม่ต้องใช้วัตถุดิบใหม่จากปิโตรเลียม และไม่ต้องพลังงานสิ้นเปลืองในกระบวนการผลิตวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้ผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ส่งผลให้ลดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และ PM 2.5 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ แต่ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการรีไซเคิล โดยส่วนใหญ่จะก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งจากการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ การเกิดสารไม่ก่อมะเร็งจากการปลดปล่อยแอนติโมนี อาร์ซีนิก และซิลิเนียม ลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงมีการปลดปล่อย



สารไดออกซินสู่อากาศ และการเกิดภาวะโลกร้อนจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในขั้นตอนของการได้ของไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการรีไซเคิล

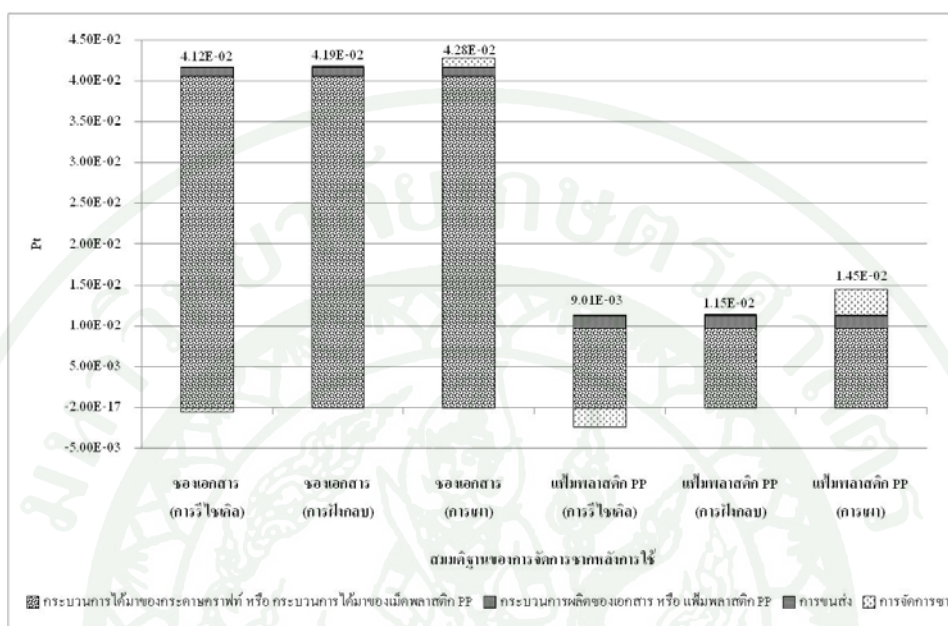
การฝังกลบแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าของ เอกสารจากกระดาษคราฟท์ โดยการฝังกลบของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเพื่อใช้สำหรับ เครื่องจักรในการฝังกลบของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิ ลีน ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถบรรทุกขยะ รวมถึงการได้มาของไฟฟ้าเพื่อใช้ในปั้มแก๊สชีวภาพ แล้ว ส่งผลกระทบต่อเนื่องด้านการเกิดภาวะโลกร้อนจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน กระบวนการเผาไหม้พลังงานสิ้นเปลือง ด้านการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจจากการ การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และ PM 2.5 นอกจากนี้ ของ เอกสารจากกระดาษคราฟท์ยังสามารถย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มากกว่าแ้วมของพลาสติก โดยที่แ้วมของพลาสติกอาจจะต้องใช้เวลาหลายร้อยปีในการสลายตัว

การเผาแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าของเอกสาร จากกระดาษคราฟท์ โดยการเผาของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิ พรอพิลีน ส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเพื่อใช้ในกระบวนการ เผาไหม้ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และใช้เป็น เชื้อเพลิงสำหรับรถบรรทุกขยะ แล้วส่งผลกระทบต่อเนื่องด้านการเกิดภาวะโลกร้อนจากการ ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่อากาศในกระบวนการเผาไหม้พลังงานสิ้นเปลือง ผลกระทบ สิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจจากการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และ PM 2.5 สู่อากาศ ด้านการเกิดสารไม่ก่อมะเร็ง เกิดจาก การปลดปล่อยแอนติโมนี อาร์ซีนิก และซีลีเนียม ลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงมีการปลดปล่อยสารไดออก ซินสู่อากาศ ด้านการเกิดสารก่อมะเร็งจากการปลดปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนสู่อากาศ จาก กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ แ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ยังมี เปอร์เซนต์น้ำหนักของคาร์บอนมากกว่ากระดาษ (Sintef Energy Research, 2001) ทำให้มี ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนมากกว่า

ดังนั้น การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจาก กระดาษคราฟท์ และแ้วมของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตาม



รายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 25, 26 และ 27 ตามลำดับ

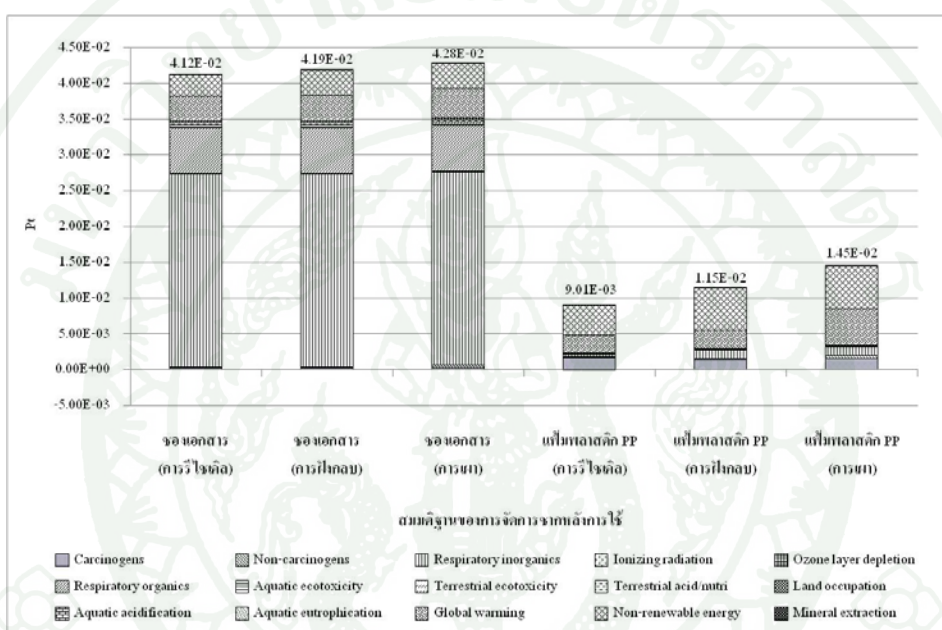


ภาพที่ 25 ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต

จากภาพที่ 25 เป็นผลกระทบของสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการเผา มีผลกระทบสูงสุด รองลงมา คือ ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการฝังกลบ และของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการรีไซเคิล ตามลำดับ ส่วนเพิ่มของพลาสติก พบว่า เพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา มีผลกระทบสูงสุด รองลงมา คือ เพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการฝังกลบ และเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการรีไซเคิล ตามลำดับ

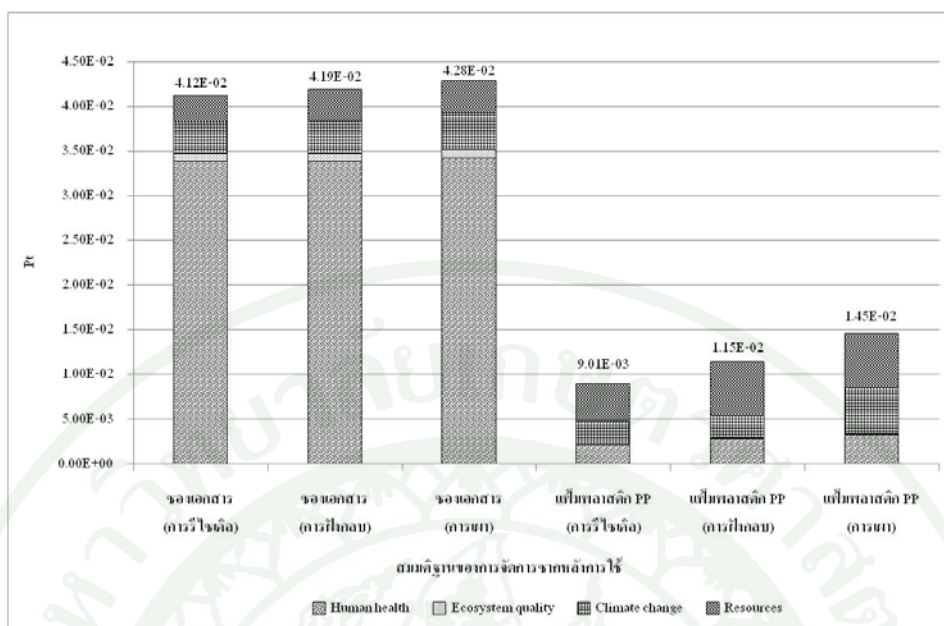
สำหรับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ในช่วงของการได้มาของกระดาษคราฟท์ มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุด รองลงมา คือ ขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ขั้นตอนการจัดการซากหลังการใช้งาน และขั้นตอนการขนส่ง ตามลำดับ

สำหรับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ในช่วงของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุด รองลงมา คือ ขั้นตอนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขั้นตอนการจัดการซากหลังการใช้งาน และการขนส่ง ตามลำดับ แต่แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา ในขั้นตอนการจัดการซากหลังการใช้งานโดยการเผา มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าการขั้นตอนการผลิตเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นของพลาสติก และการขนส่ง ตามลำดับ



ภาพที่ 26 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 26 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การใช้พลังงานสิ้นเปลือง และการเกิดภาวะโลกร้อน ส่วนแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง การเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ



ภาพที่ 27 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 27 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า

ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากร จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ

สำหรับการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และ  
 แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 11  
 และ 12 ตามลำดับ

**ตารางที่ 11** การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สำหรับ  
 งานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ผลกระทบสิ่งแวดล้อม                            | Acidification<br>(Pt) | Global warming<br>(Pt) | Non-renewable<br>energy (Pt) |
|-----------------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| ซองเอกสาร (การรีไซเคิล)                       |                       |                        |                              |
| จากงานวิจัยนี้                                | 2.91E-04              | 3.48E-03               | 3.03E-03                     |
| ซองเอกสาร (การฝังกลบ)                         |                       |                        |                              |
| จากงานวิจัยนี้                                | 2.90E-04              | 3.56E-03               | 3.59E-03                     |
| ซองเอกสาร (การเผา)                            |                       |                        |                              |
| จากงานวิจัยนี้                                | 2.92E-04              | 4.07E-03               | 3.59E-03                     |
| กล่องกระดาษลูกฟูก                             |                       |                        |                              |
| จากงานวิจัยของ Ongmongkolkul<br>และคณะ (2002) | 7.93E-03              | 1.23E-03               | 6.58E-06                     |

จากตารางที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษ  
 คราฟท์ สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจาก ไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการ  
 ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จึงทำการเปรียบเทียบกับกล่อง  
 กระดาษลูกฟูก พบว่า ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์สำหรับงานวิจัยนี้มีผลกระทบสิ่งแวดล้อม  
 ด้านการเกิดภาวะฝนกรดและด้านการเกิดภาวะโลกร้อนใกล้เคียงกันกับกล่องกระดาษลูกฟูก  
 เนื่องจาก ในกระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์ มีการปลดปล่อยก๊าซกรดจากการผลิตไฟฟ้า  
 ด้วยถ่านหินที่มีซัลเฟอร์เจือปน จึงก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดกรด ส่วนผลกระทบ  
 สิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนเกิดจากก๊าซที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่  
 กล่องกระดาษลูกฟูกมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองน้อยกว่า เนื่องจาก กระดาษคราฟท์สำหรับทำลอน  
 ลูกฟูกส่วนใหญ่ทำมาจากเยื่อรีไซเคิล 100% จึงก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าซอง



เอกสารจากกระดาศกราฟที่ที่กระดาศกราฟที่มีส่วนประกอบของเชื้อใหม่ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความสวยงาม

**ตารางที่ 12** การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน  
สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ผลกระทบสิ่งแวดล้อม                                                             | ที่จัดการโดย     | ที่จัดการโดย   | ที่จัดการโดย |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|--------------|
|                                                                                | การรีไซเคิล (Pt) | การฝังกลบ (Pt) | การเผา (Pt)  |
| แผ่นพลาสติก PP จากงานวิจัยนี้                                                  | 9.01E-03         | 1.15E-02       | 1.45E-02     |
| แผ่นพลาสติก PP<br>จากฐานข้อมูล BUWAL250<br>(Product Ecology Consultants, 2008) | 9.27E-03         | 1.17E-02       | 1.48E-02     |

จากตารางที่ 12 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่ง และการจัดการซากหลังการใช้งาน เนื่องจาก ไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จึงทำการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีน จากฐานข้อมูล Ecoinvent system process ในโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีน จากฐานข้อมูล BUWAL250 ในโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 พบว่า แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้ มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกันกับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจาก เม็ดพอลิพรอพิลีน ของทั้ง 2 งานวิจัย ทำมาจากน้ำมันดิบ



## การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี IPCC 2007 GWP 100a เป็นตัวประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกละปล่อยออกในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ยกเว้น ช่วงกำจัดซาก ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี ส่วนในช่วงการจัดการซาก ใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาตลอดช่วงเวลา 100 ปี (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552)

### 1. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ได้ประเมินตามการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ดังนี้

#### 1.1 การได้มาของกระดาษคราฟท์

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษคราฟท์ มีค่าเท่ากับ 13.5 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกระดาษคราฟท์ 10.695 กิโลกรัม เพื่อใช้สำหรับทำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง โดยมาจากการกระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์ และขั้นตอนของการได้มาของแป้งมัน ไฟฟ้า เยื่อใยยาวซึ่งมีการนำเข้าจากต่างประเทศ สารส้ม ถ่านหินลิกไนต์ และน้ำมันเตาที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ส่วนการได้มาของเยื่อเยื่อคลิปต์สฟอกขาว เยื่อซัลไฟต์ เยื่อเยื่อคลิปต์สไม์ฟอกขาว ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในขั้นตอนของการเพาะปลูกวัตถุดิบสำหรับทำเยื่อกระดาษชนิดต่างๆ

## 1.2 การผลิตของเอกสารจากกระดาษกราฟท์

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนของการผลิตของเอกสารจากกระดาษกราฟท์ มีค่าเท่ากับ 3.03 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ 500 ซอง โดยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากขั้นตอนการได้มาของไฟฟ้า และกาวสำหรับติดซองเอกสาร

## 1.3 การได้มาของบรรจุภัณฑ์

ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจาก ไม่ได้พิจารณาในขั้นตอนนี้

## 1.4 การใช้งาน

ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการใช้งาน

## 1.5 การขนส่ง

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่งซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ไปยังสถานที่ต่างๆ มีค่าเท่ากับ 0.395 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อซองเอกสารจากกระดาษกราฟท์ 500 ซอง ซึ่งเกิดจากการได้มาของน้ำมันเชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ขณะขนส่ง

## 1.6 การจัดการซากหลังการใช้งาน

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการซากโดยการฝังกลบ ใช้ตามข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากการกองขยะแบบดิน สำหรับกระดาษ มีก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยออกมาจากการกองขยะแบบดิน 2.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันมูลฝอย (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552) ดังนั้น ก๊าซเรือน

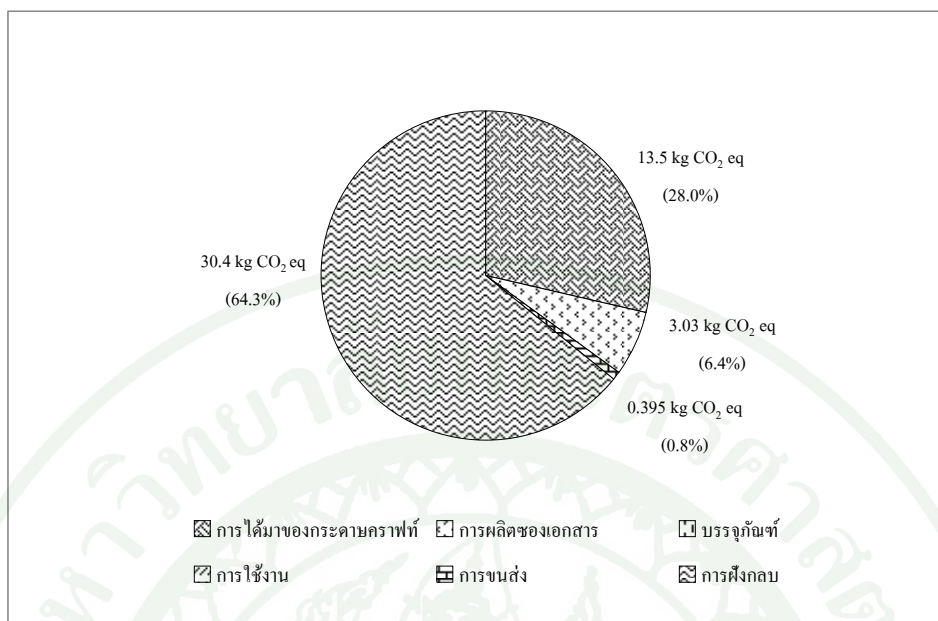
กระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการฝั่งกลบของเอกสาร มีค่าเท่ากับ 30.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อของเอกสาร 500 ชอง

### 1.7 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาษกราฟท์

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษกราฟท์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษกราฟท์ 500 ชอง และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักรชีวิต แสดงดังตารางที่ 13 และภาพที่ 28

**ตารางที่ 13** ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษกราฟท์ 500 ชอง

| ขั้นตอน                 | ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า<br>ต่อของเอกสาร 500 ชอง) | คิดเป็นสัดส่วน<br>(ร้อยละ) |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| การได้มาของกระดาษกราฟท์ | 13.5                                                                                           | 28.5                       |
| การผลิตของเอกสาร        | 3.03                                                                                           | 6.4                        |
| บรรจุภัณฑ์              | 0.00                                                                                           | 0.0                        |
| การใช้งาน               | 0.00                                                                                           | 0.0                        |
| การขนส่ง                | 0.395                                                                                          | 0.8                        |
| การฝั่งกลบ              | 30.4                                                                                           | 64.3                       |
| รวม                     | 47.3                                                                                           | 100                        |



**ภาพที่ 28** ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของของเอกสารจากกระดาศรฟท์

ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของของเอกสารจากกระดาศรฟท์ สำหรับการวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์  
สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ผลิตภัณฑ์                                                                                                                                                                | ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ<br>ผลิตภัณฑ์ 10.655 กิโลกรัม) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จากงานวิจัยนี้                                                                                                                                  | 47.3                                                                                                   |
| กล่องกระดาษคราฟท์ จากงานวิจัยของ<br>Ongmongkolkul และคณะ (2002)                                                                                                          | 12.2                                                                                                   |
| บรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกฝาชน (RSC) 3 ชั้น<br>ประเภทลอน B, C หรือ E น้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย<br>474 กรัมต่อตารางเมตร จากงานวิจัยขององค์การ<br>บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2553) | 15.0                                                                                                   |

จากตารางที่ 14 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจาก ไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จึงเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกล่องกระดาษคราฟท์ หรือกระดาษลูกฟูก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษคราฟท์เช่นเดียวกับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ พบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์สำหรับงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษคราฟท์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจาก กระดาษคราฟท์สำหรับงานวิจัยนี้เป็นชนิดเดียวกับกระดาษคราฟท์สำหรับทำฝากล่องซึ่งต้องการความแข็งแรง และความทนต่อความการขีดข่วนได้ดี จึงมีส่วนประกอบของเยื่อใหม่มากกว่ากระดาษคราฟท์ทำลอนลูกฟูกที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล เพื่อใช้เป็นลอนลูกฟูกในกล่องกระดาษคราฟท์หรือบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก ซึ่งการใช้เยื่อใหม่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าเยื่อรีไซเคิล



## 2. การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้ประเมินตามการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ดังนี้

### 2.1 การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน มีค่าเท่ากับ 21.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเม็ดพอลิพรอพิลีน สำหรับทำแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง คิดเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.97 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเม็ดพอลิพรอพิลีน 1 กิโลกรัม ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมา โดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก การจัดการเศษพลาสติกโดยการรีไซเคิลเศษพลาสติก โดยการฝังกลบ และการเผา รวมถึงการจัดการของเสียอันตราย เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเม็ดพอลิพรอพิลีน จากงานวิจัยของ Borealis พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.70 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเม็ดพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน 1 กิโลกรัม (Borealis, 2008)

### 2.2 การผลิตแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนของการผลิตแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีค่าเท่ากับ 4.61 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาเกิดจากกระบวนการได้มาของไฟฟ้าเพื่อใช้ในการกระบวนการรีดเป็นแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 2.3 การได้มาของบรรจุภัณฑ์

ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจาก ไม่ได้พิจารณาในขั้นตอนนี้

## 2.4 การใช้งาน

ไม่มีการใช้ทรัพยากรอื่นในช่วงการใช้งาน จึงไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้

## 2.5 การขนส่ง

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการขนส่ง มีค่าเท่ากับ 0.322 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง ซึ่งเกิดจากการได้มาของน้ำมันเชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ขณะขนส่ง

## 2.6 การจัดการซากหลังการใช้งาน

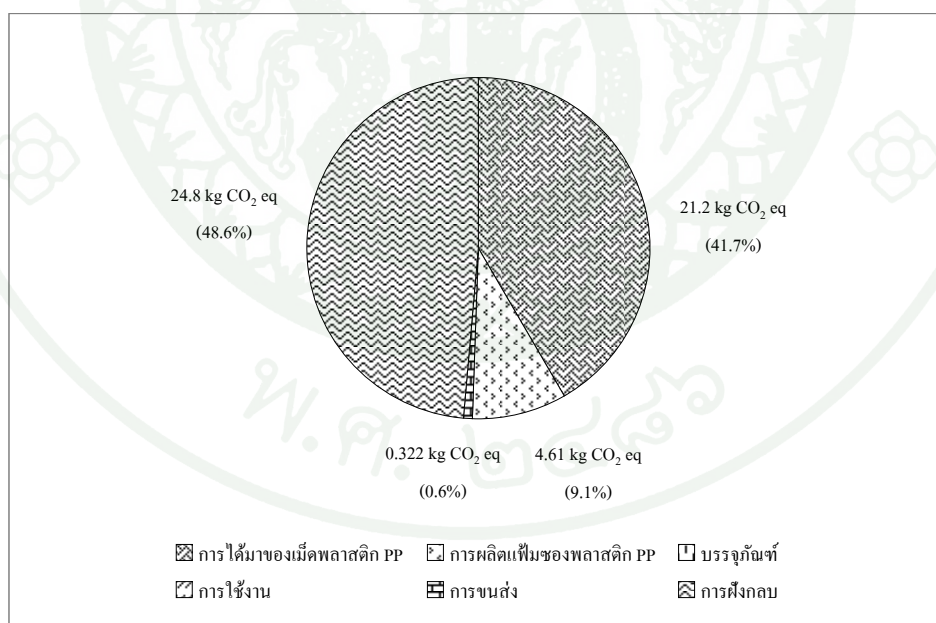
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการจัดการซากโดยการฝังกลบ ซึ่งใช้ตามข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากการกองขยะแบบดิน สำหรับพลาสติก มีก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยออกมาจากการกองขยะแบบดิน 2.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันมูลฝอย (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552) ดังนั้น ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการฝังกลบเพิ่มของเอกสาร มีค่าเท่ากับ 24.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อชองเอกสาร 500 ชอง

## 2.7 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักรชีวิต แสดงดังตารางที่ 15 และภาพที่ 29

ตารางที่ 15 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง

| ขั้นตอน                                   | ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า<br>ต่อแผ่นของพลาสติก 500 ซอง) | คิดเป็นสัดส่วน<br>(ร้อยละ) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน               | 21.2                                                                                                | 41.7                       |
| การผลิตแผ่นของพลาสติก<br>ชนิดพอลิพรอพิลีน | 4.61                                                                                                | 9.1                        |
| บรรจุภัณฑ์                                | 0.00                                                                                                | 0.0                        |
| การใช้งาน                                 | 0.00                                                                                                | 0.0                        |
| การขนส่ง                                  | 0.322                                                                                               | 0.6                        |
| การฝังกลบ                                 | 24.8                                                                                                | 48.6                       |
| รวม                                       | 50.9                                                                                                | 100                        |



ภาพที่ 29 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 16

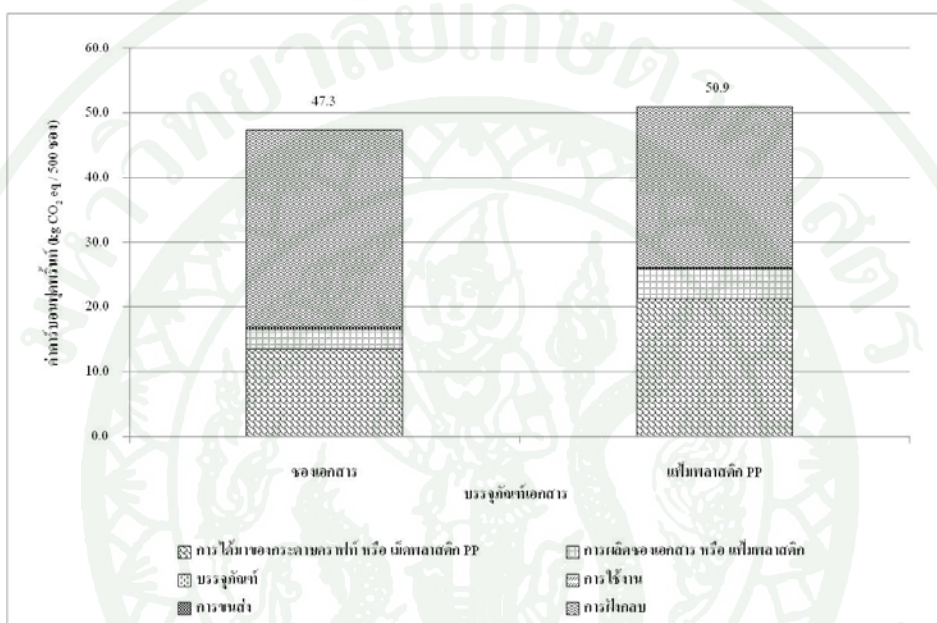
**ตารางที่ 16** การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ผลิตภัณฑ์                                                                                                  | ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>(กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า<br>ต่อผลิตภัณฑ์ 10.725 กิโลกรัม) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากงานวิจัยนี้                                                             | 50.9                                                                                                   |
| ถุงพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากงานวิจัยของ<br>คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ<br>ประเทศไทย (2552) | 25.7                                                                                                   |

จากตารางที่ 16 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจาก ไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จึงเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สำหรับงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถุงพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยคณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2552) พบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีค่ามากกว่าถุงพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เนื่องจาก แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้รวมเอาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการฝังกลบและการขนส่งด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน และการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน กับถุงพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน และการผลิตถุงพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 25.8 และ 25.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อผลิตภัณฑ์ 10.725 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใกล้เคียงกัน

### การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากภาพที่ 30 เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

การได้มาของวัตถุดิบ พบว่า การได้มาของเม็ดพลาสติกเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นซองพลาสติกมี ชนิดพอลิพรอพิลีน มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการได้มาของกระดาษคราฟท์เพื่อใช้ในการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ เนื่องจาก แผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ทำมาจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ทั้งหมด แต่ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ทำจากเศษกระดาษคราฟท์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งคิดว่าของเสียไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้



ต้นไม้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับทำของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ยังสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในขั้นตอนของการเจริญเติบโต ซึ่งจะคิดการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการได้มาของเยื่อใหม่ด้วย

การผลิต พบว่า ในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าขั้นตอนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เนื่องจาก กระบวนการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ต้องมีการหลอม และรีดเป็นแผ่นพลาสติก จึงต้องใช้พลังงานมาก แต่การผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์มีใช้พลังงานเพื่อใช้ในการตัดกระดาษและติดกาว เท่านั้น

การใช้งาน พบว่า ไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งาน เนื่องจาก ไม่ได้พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้

การจัดการซากหลังการใช้งานโดยการฝังกลบ พบว่า ในขั้นตอนการฝังกลบของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าแผ่นของพลาสติก เนื่องจาก ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ทำจากวัตถุดิบธรรมชาติที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ จึงสามารถย่อยสลายได้ และเกิดก๊าซมีเทนขึ้นมา สำหรับแผ่นของพลาสติกก็สามารถย่อยสลายได้ แต่ต้องใช้เวลามากหลายร้อยปี จึงมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าของเอกสารจากกระดาษคราฟท์

การขนส่ง พบว่า ในขั้นตอนการขนส่งของเอกสารจากกระดาษคราฟท์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการขนส่งแผ่นของพลาสติก

จากการวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่า ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าแผ่นของพลาสติก ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการฝังกลบ รองลงมา คือ การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และการขนส่ง ตามลำดับ ส่วนแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการฝังกลบ การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และการขนส่ง ตามลำดับ

## การเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

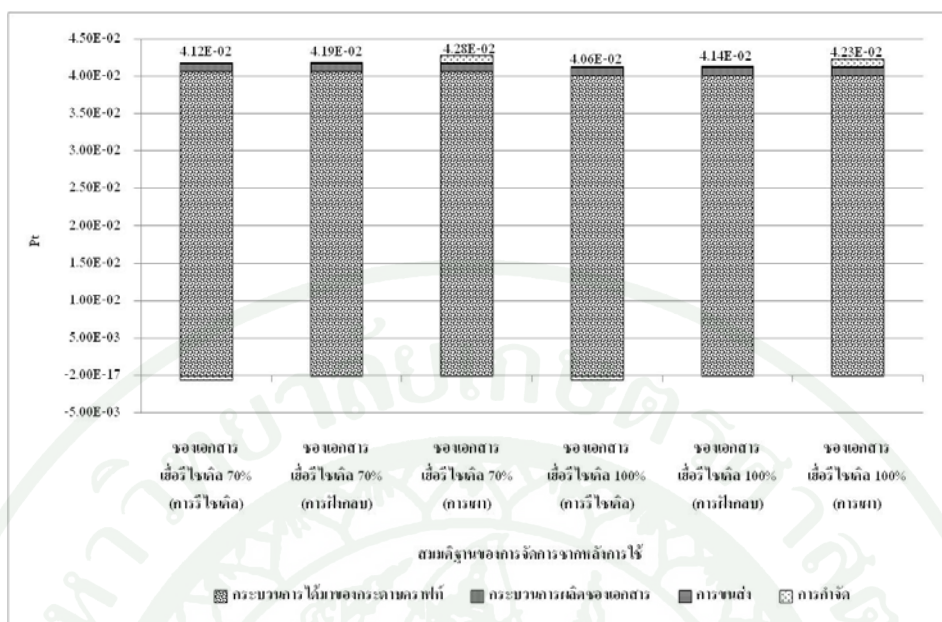
### 1. การเสนอเพื่อปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

#### 1.1 การใช้กระดาษคราฟท์จากเยื่อรีไซเคิล 100%

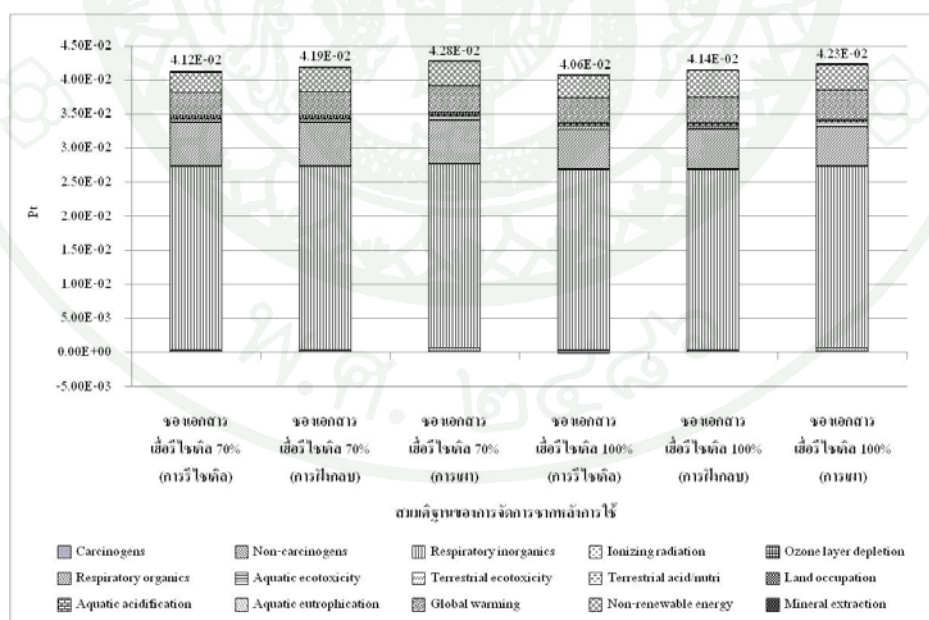
เนื่องจาก ในกระบวนการได้มาของกระดาษคราฟท์มีการใช้เยื่อใหม่เป็นวัตถุดิบร่วมสำหรับการผลิตกระดาษคราฟท์ โดยเยื่อใหม่ต้องมีการตัดต้นไม้เพิ่ม ใช้น้ำและสารเคมีในกระบวนการผลิตในปริมาณมาก จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเช่นกัน จึงขอเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการใช้กระดาษคราฟท์จากเยื่อรีไซเคิล 100% ที่มีการใช้เศษกระดาษ หรือกล่องกระดาษเก่ามาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% (ชนิด KA) กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 31, 32 และ 33 ตามลำดับ

จากภาพที่ 31 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% จะทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลงในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษคราฟท์ ส่วนในขั้นตอนการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ การใช้งาน และการขนส่ง มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่ากัน เนื่องจาก เป็นผลิตภัณฑ์กระดาษคราฟท์เช่นกัน

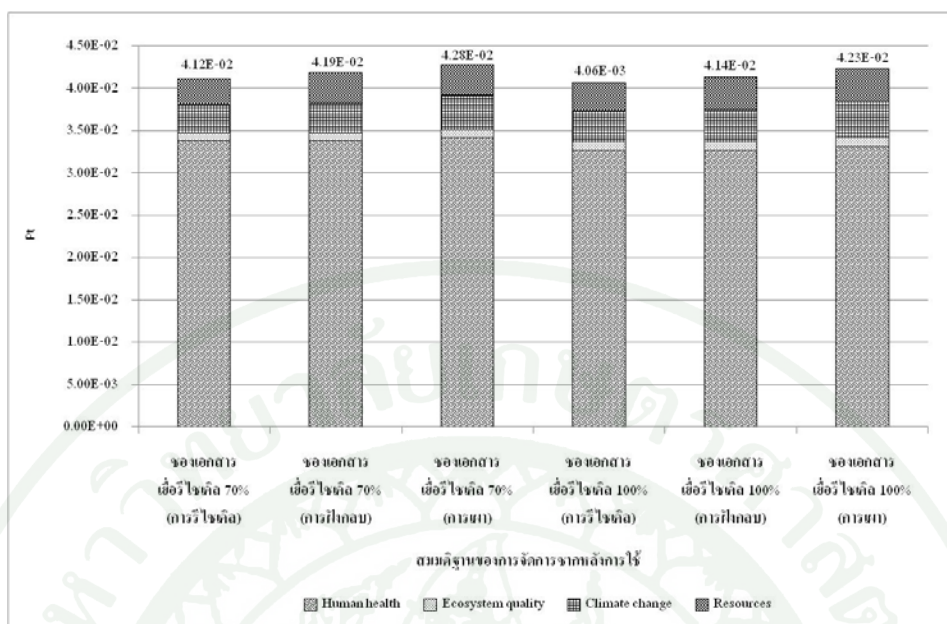
จากภาพที่ 32 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อผลิตซองเอกสารจากเยื่อรีไซเคิล 100% ส่วนใหญ่จะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน และการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เพราะวัตถุดิบหลักในการผลิตกระดาษคราฟท์ ทำมาจากเศษกระดาษ เป็นการลดการใช้ไม้ น้ำและสารเคมีต่างๆ เพื่อผลิตเยื่อใหม่



ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษกราฟที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษกราฟที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต



ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษกราฟที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษกราฟที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



**ภาพที่ 33** การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

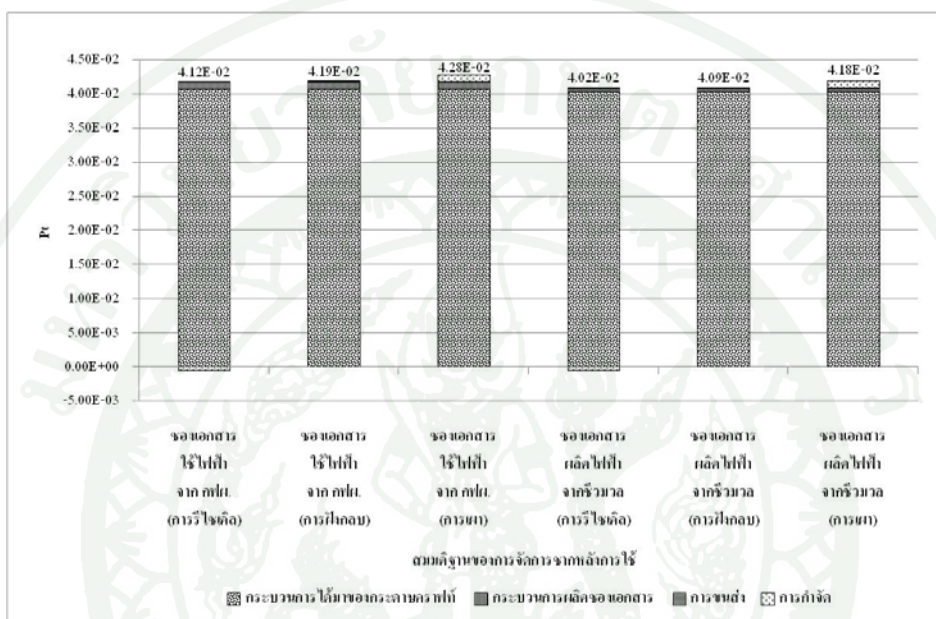
จากภาพที่ 33 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% จะทำให้ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อระบบหายใจ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

### 1.1 การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

เนื่องจาก การได้มาของไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์ ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อม จึงขอเสนอให้มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล แทนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นการใช้ของเสียที่เกิดจากการตัดต้นไม้ให้เกิด



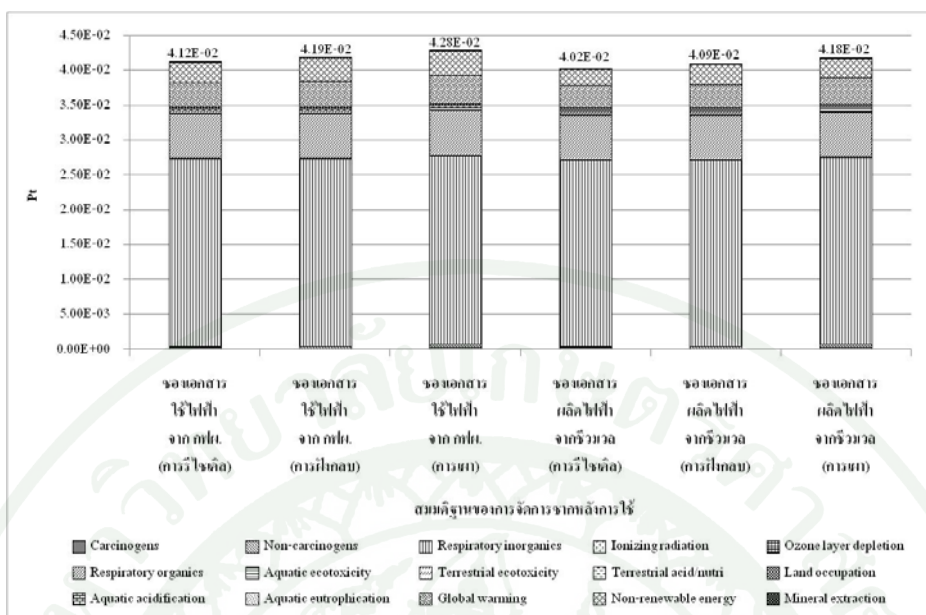
ประโยชน์ ซึ่งการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 34, 35 และ 36 ตามลำดับ



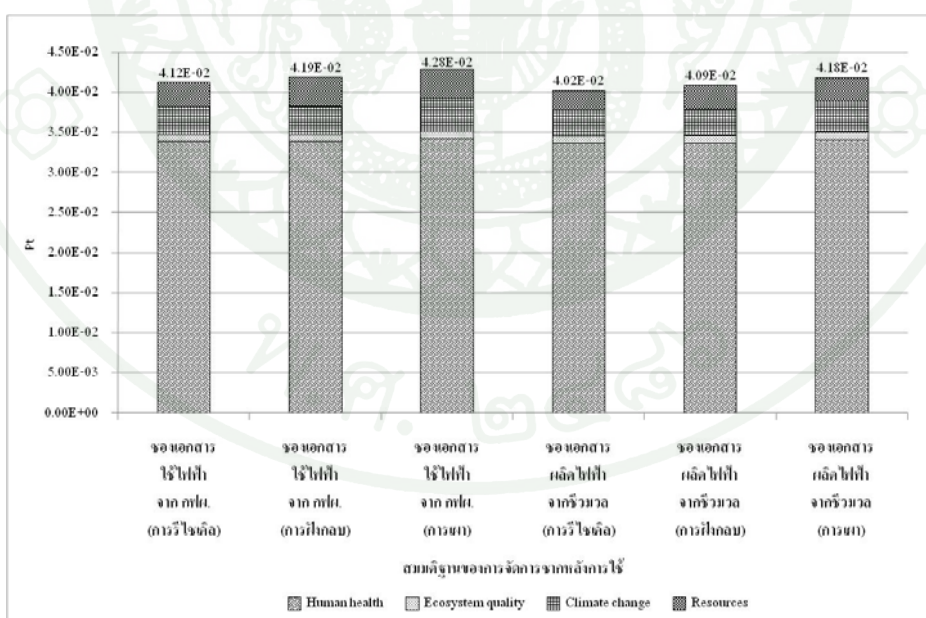
**ภาพที่ 34** การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต

จากภาพที่ 34 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า เมื่อผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการได้มาของกระดาษคราฟท์





ภาพที่ 35 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้จากการไฟฟ้าฝ้ายผลิตแห่งประเศไทย กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้จากชีวมวล ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 36 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้จากการไฟฟ้าฝ้ายผลิตแห่งประเศไทย กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้จากชีวมวล ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

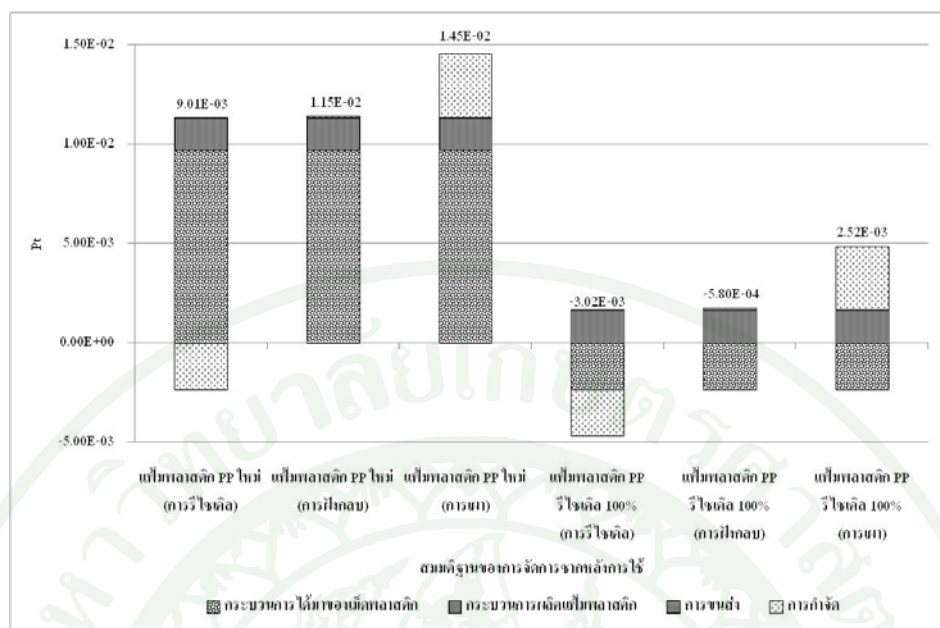
จากภาพที่ 35 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง จากการใช้ชีวมวลแทนถ่านหิน นอกจากนี้ ยังช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน

จากภาพที่ 36 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน

## 2. การเสนอเพื่อปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

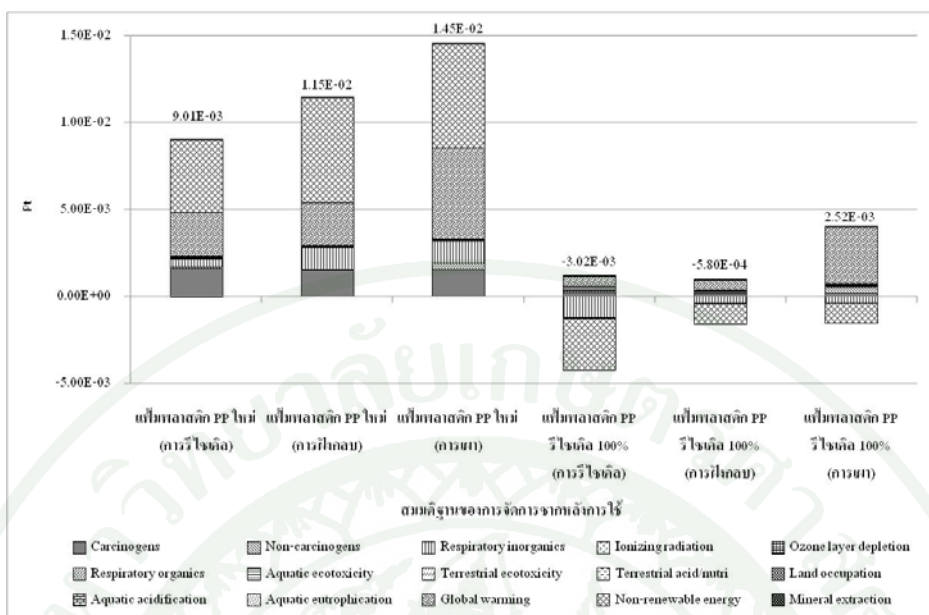
### 2.1 การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%

เนื่องจาก ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ จึงขอเสนอให้มีการเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เป็นเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ซึ่งการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 37, 38 และ 39 ตามลำดับ

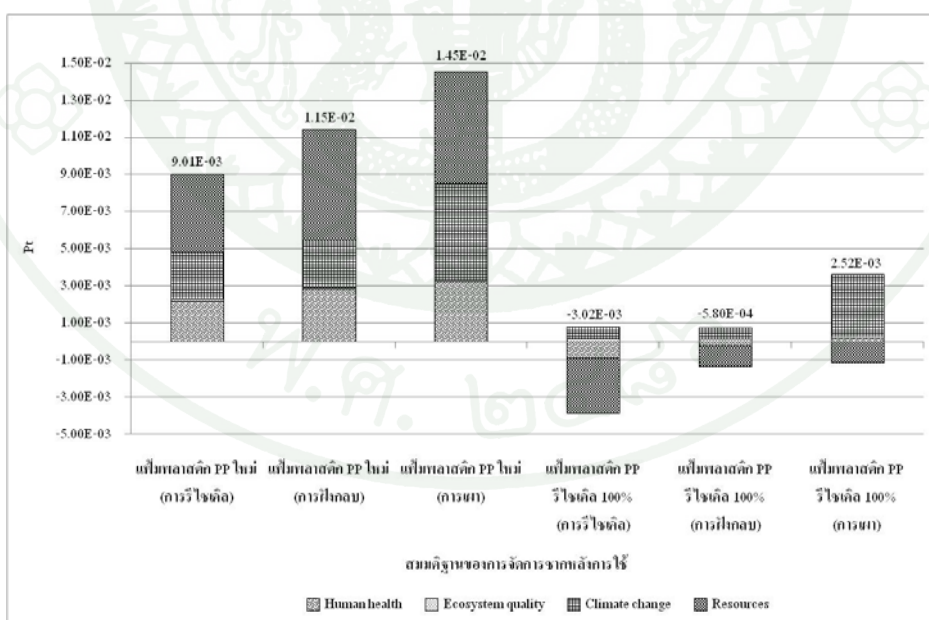


**ภาพที่ 37** การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต

จากภาพที่ 37 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน ส่วนในขั้นตอนของการผลิตแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การขนส่ง และการจัดการซากแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่ากับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่



ภาพที่ 38 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 39 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีนที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม



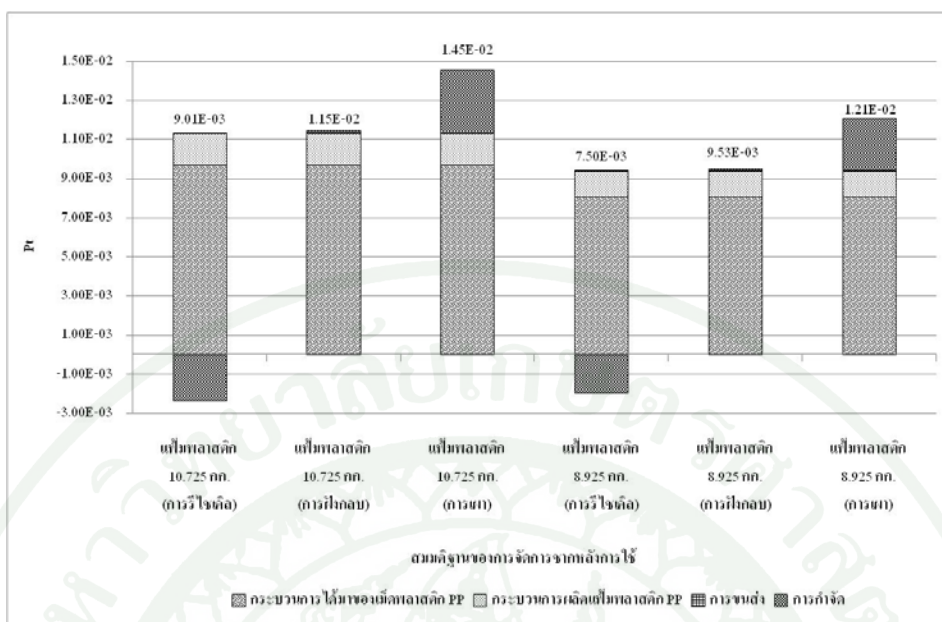
จากภาพที่ 38 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน และการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

จากภาพที่ 39 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

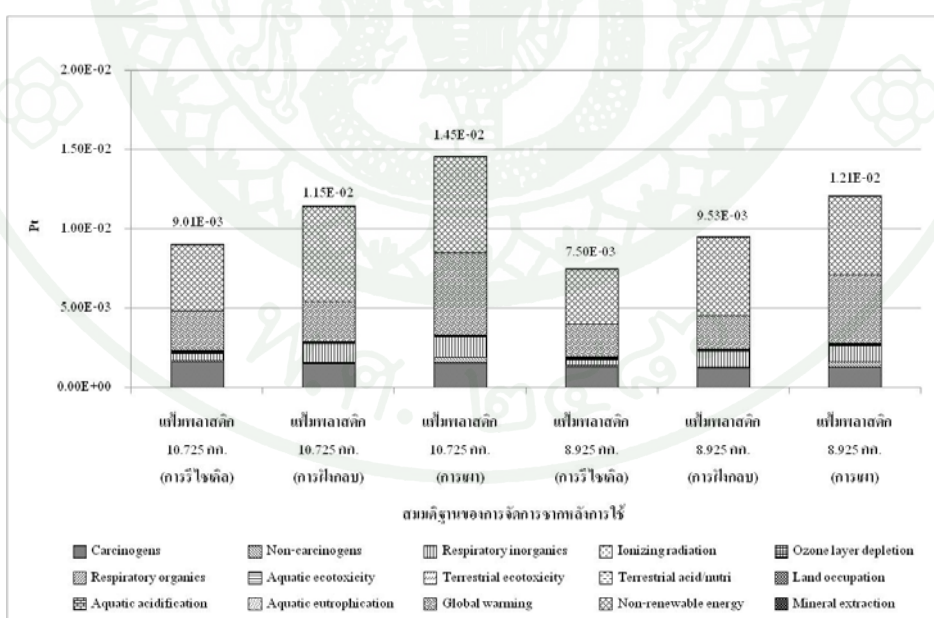
## 2.2 การลดน้ำหนักของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

เนื่องจาก แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ของบริษัทตัวอย่างอีก 1 บริษัท มีน้ำหนักเท่ากับ 8.925 กิโลกรัมต่อแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง จึงขอเสนอให้มีการลดน้ำหนักของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 40, 41 และ 42 ตามลำดับ

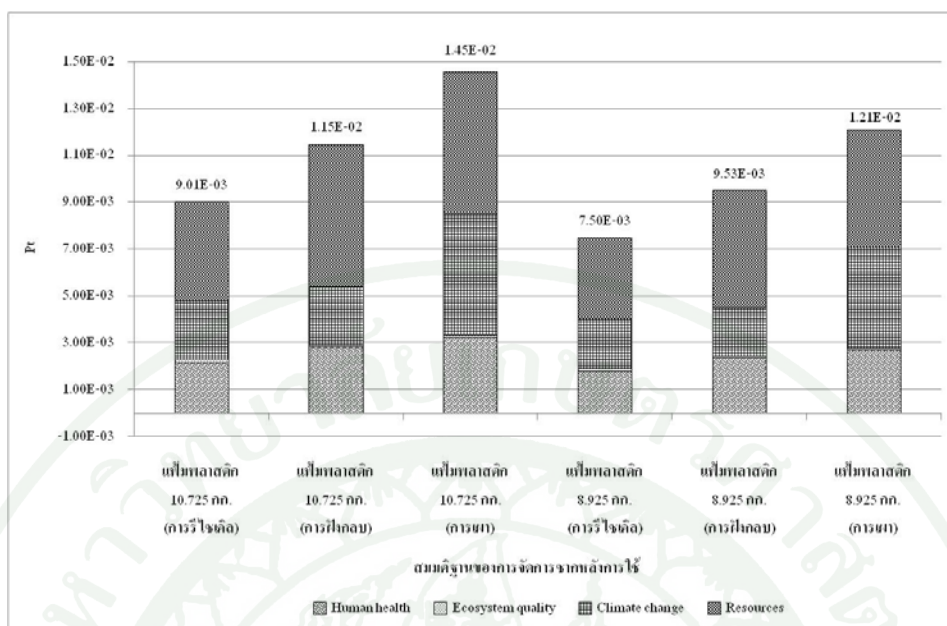




ภาพที่ 40 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต



ภาพที่ 41 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 42 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 40, 41 และ 42 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ พบว่า การลดน้ำหนักของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกด้าน และทุกกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อม

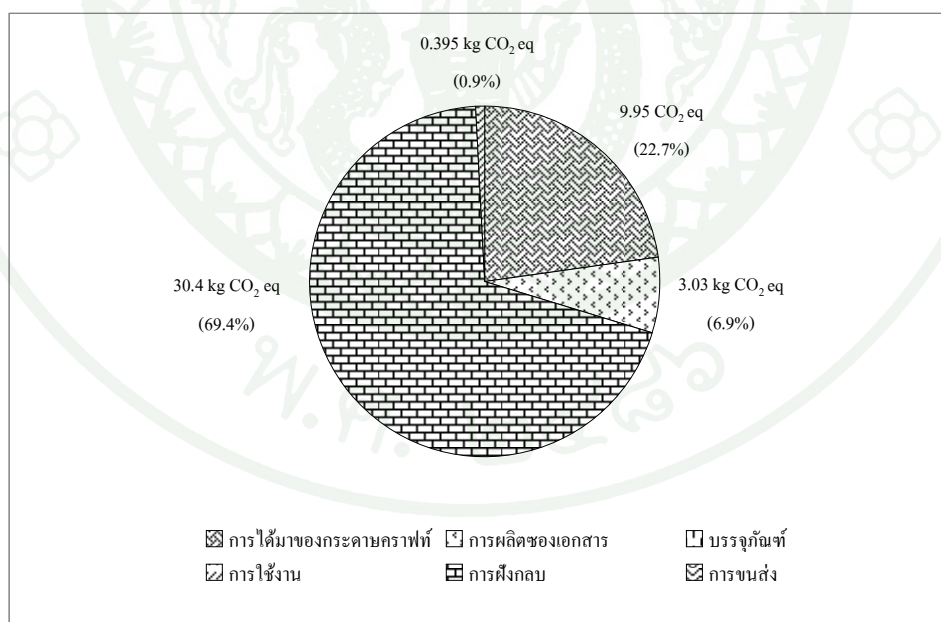
## การเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 1. การเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

#### 1.1 การใช้กระดาษคราฟท์จากเยื่อรีไซเคิล 100%

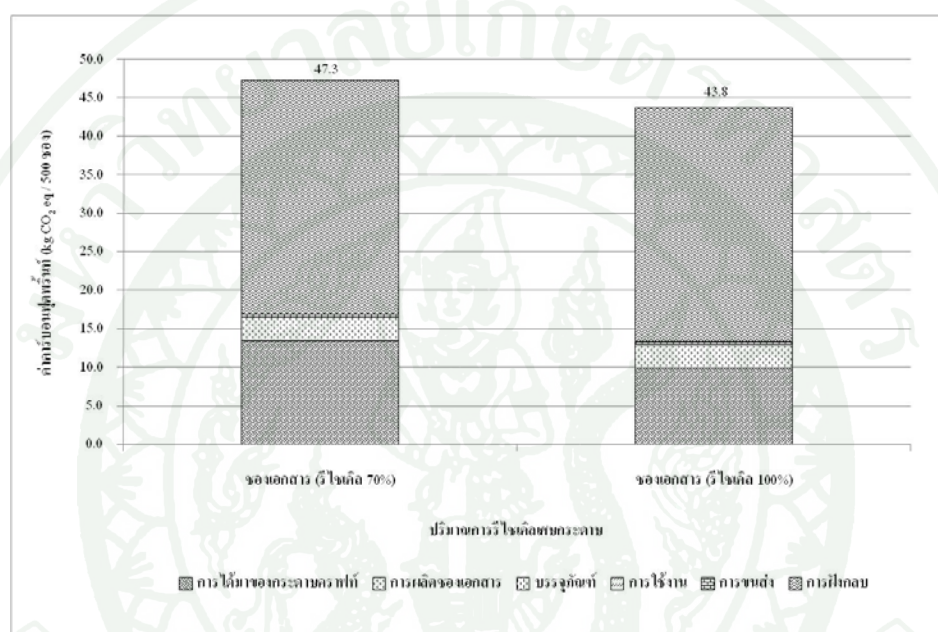
ตัวอย่างการปรับปรุงเพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ คือ การใช้กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% แทนการใช้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง มีค่าเท่ากับ 43.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักรชีวิต แสดงดังภาพที่

43



ภาพที่ 43 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100%

จากตัวอย่างการปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์โดยการ  
ใช้กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% เพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของ  
ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ซึ่งการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจาก  
กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล  
100% แสดงดังภาพที่ 44



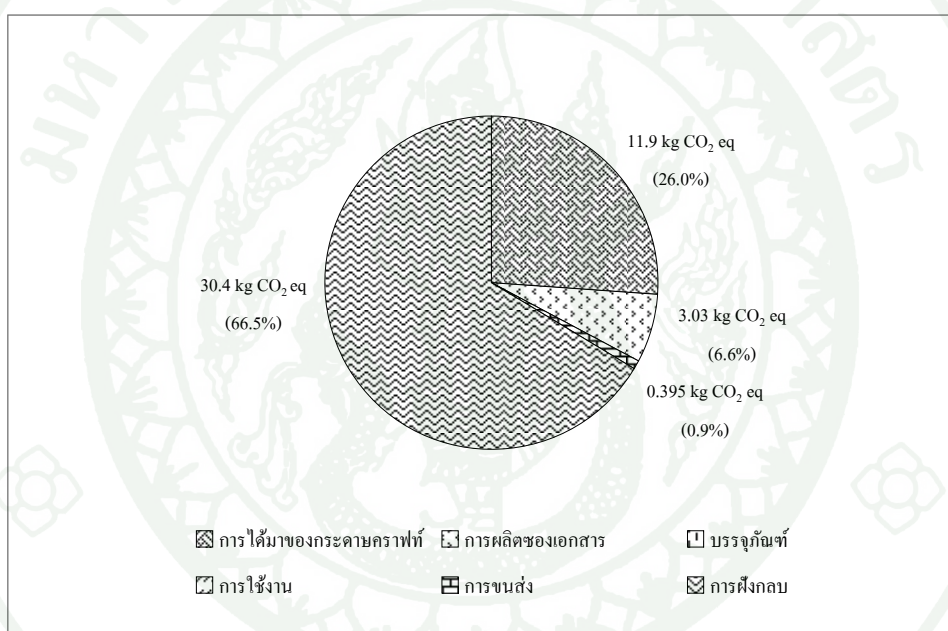
ภาพที่ 44 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100%

จากภาพที่ 44 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% กับของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่ทำเยื่อรีไซเคิล 100% พบว่า การใช้กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% จะทำให้มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 43.8 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ชอง ซึ่งเป็นการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษคราฟท์



## 1.2 การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

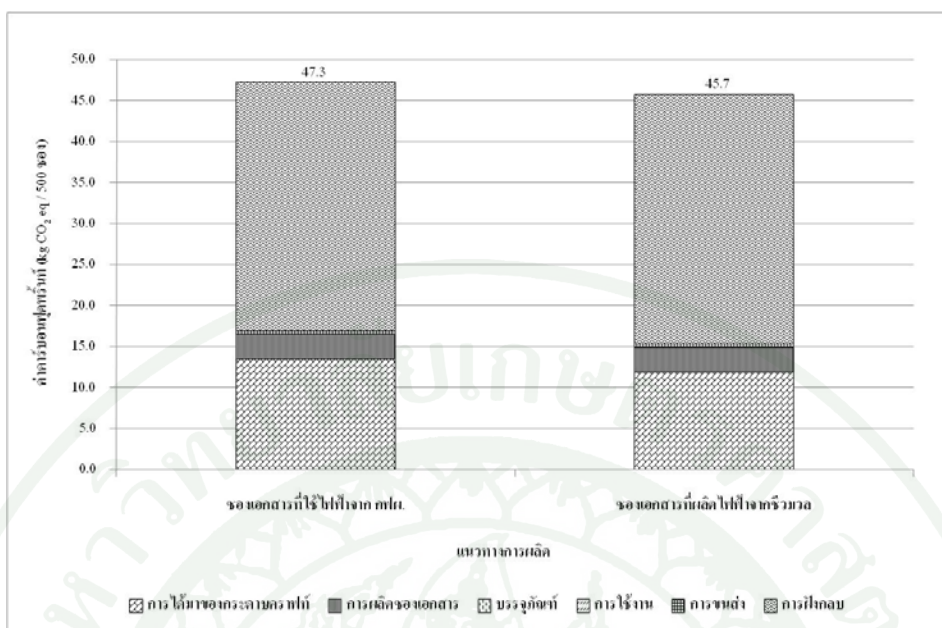
เนื่องจาก การได้มาของไฟฟ้าเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์ ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงขอเสนอให้มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล แทนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นการใช้อย่างเสียให้เกิดประโยชน์ และการใช้ชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า จะทำให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าเท่ากับ 0 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งสัดส่วนและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล แสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 สัดส่วนและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

จากตัวอย่างการปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตของเอกสารจากกระดาษคราฟท์โดยการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลแทนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับช่องเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล แสดงดังภาพที่ 46





**ภาพที่ 46** การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

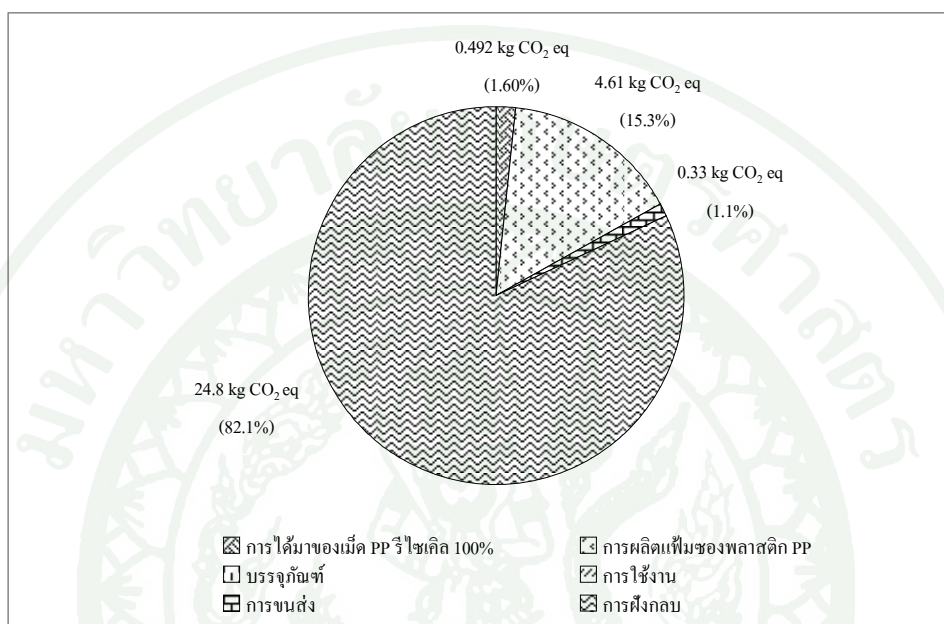
จากภาพที่ 46 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กับซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลจะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ มีค่าเท่ากับ 45.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง ซึ่งเป็นการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ในขั้นตอนได้มาของกระดาษคราฟท์

## 2. การเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 2.1 การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%

ตัวอย่างการปรับปรุงเพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน คือ การผลิตแผ่นซองพลาสติกจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% แทนการใช้แผ่นซองพลาสติกจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง มีค่าเท่ากับ 30.2 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์ต่อแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติกที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักรชีวิต แสดงดังภาพที่ 47

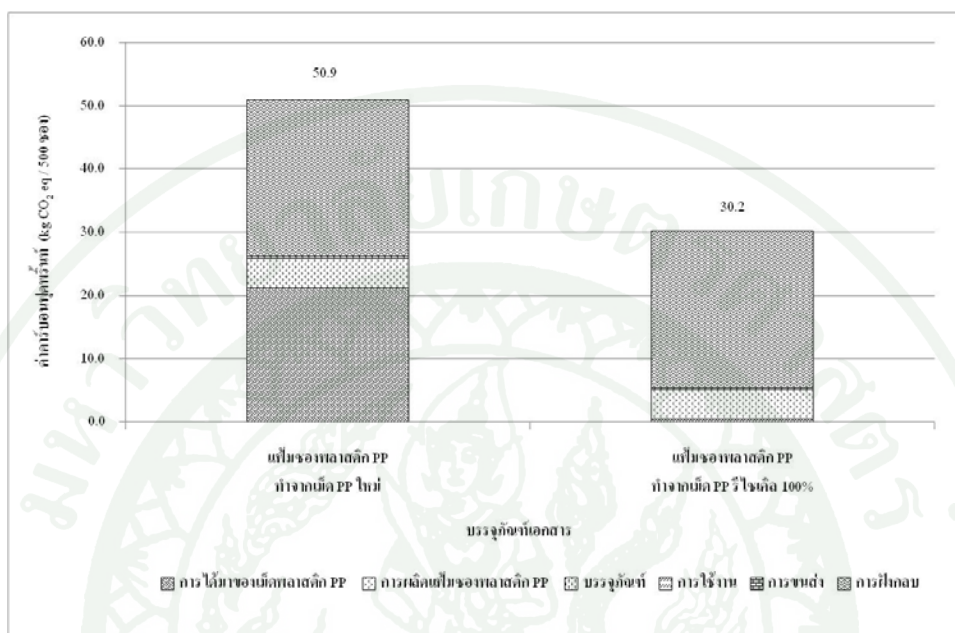


ภาพที่ 47 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%

จากภาพที่ 47 เป็นปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการฝังกลบ รองลงมา คือ การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% และการขนส่ง ตามลำดับ

จากตัวอย่างการปรับปรุงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยการเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ คือ การใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% แทนการใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ ในการผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิ

พรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% แสดงดังภาพที่ 48

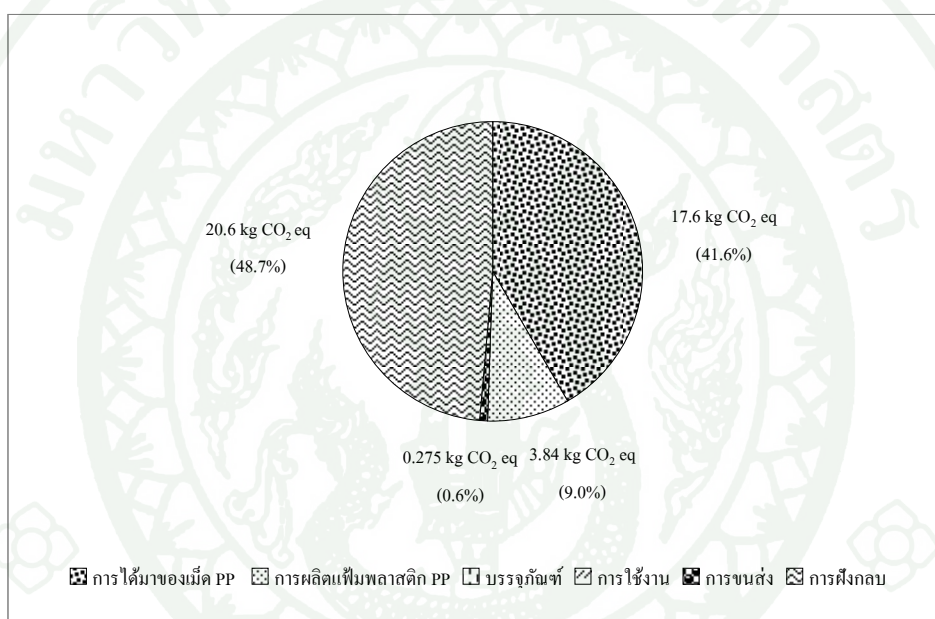


**ภาพที่ 48** การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100%

จากภาพที่ 48 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่ทำจากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% พบว่า การผลิตแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากเม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% จะช่วยลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีค่าเท่ากับ 30.2 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง ซึ่งเป็นการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน

## 2.2 การลดน้ำหนักของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

เนื่องจาก ฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ของบริษัทตัวอย่างอีก 1 บริษัท มีน้ำหนักเท่ากับ 8.925 กิโลกรัมต่อฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ชอง จึงขอเสนอให้มีการลดน้ำหนักของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักรชีวิตของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีน้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม แสดงดังภาพที่ 49



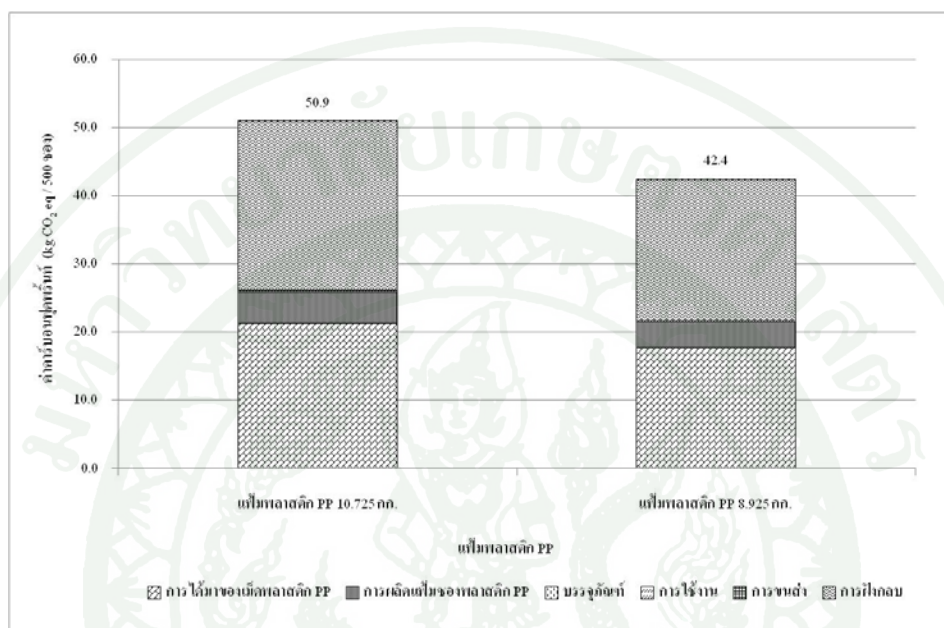
ภาพที่ 49 ปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม

จากภาพที่ 49 เป็นปริมาณและสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนต่างๆ ของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการฝังกลบ รองลงมา คือ การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และการขนส่ง ตามลำดับ

จากตัวอย่างการปรับปรุงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยการลดน้ำหนักของฟีดของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน เพื่อลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของฟีดของพลาสติก



ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม แสดงดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม กับแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม

จากภาพที่ 50 เป็นการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม และแผ่นของพลาสติก น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม พบว่าแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 42.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง ซึ่งเป็นการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ในทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต



## การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล

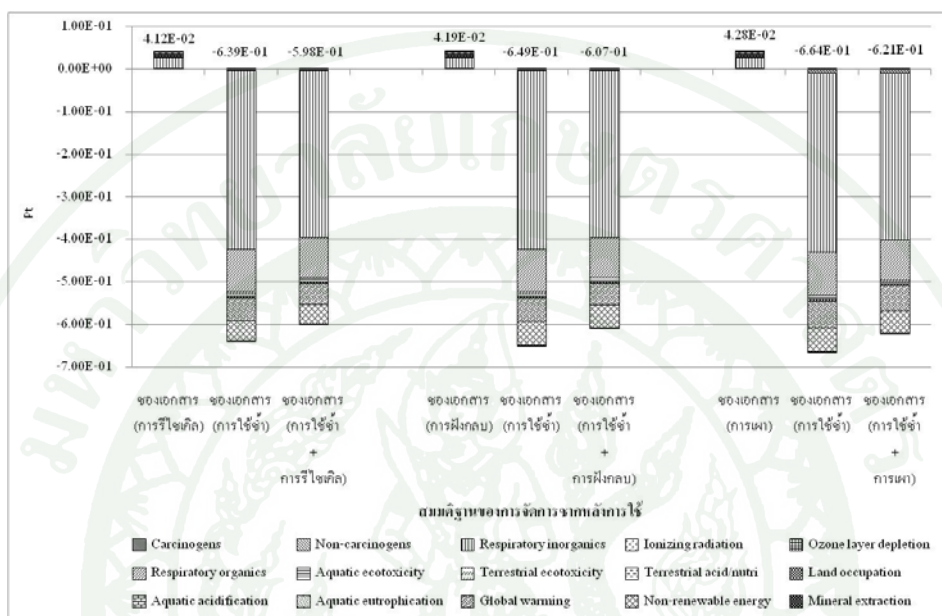
### 1. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity Analysis) เป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีผลต่อผลลัพธ์ และบทสรุปที่ได้จากการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล และผลสรุปของการศึกษา โดยความอ่อนไหวของข้อมูลและผลสรุปของการศึกษาอาจเกิดขึ้น เนื่องจากความไม่แน่นอนของข้อมูล การตรวจสอบความอ่อนไหวทำได้โดยการตรวจสอบปัจจัยที่อิทธิพลต่อผลการศึกษานี้ ซึ่งได้จากการเปลี่ยนสมมติฐานและข้อมูลให้แตกต่างกันไป จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงสมมติฐาน และข้อมูลที่ต่างกันดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน

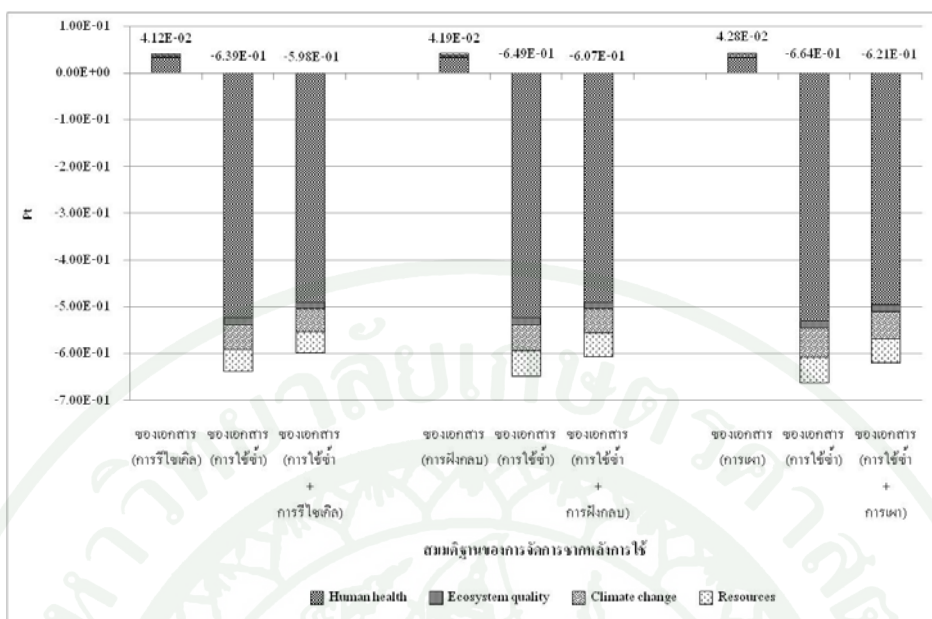
#### 1.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มาใช้ซ้ำ

จากข้อมูลของบริษัท LC Industries เมือง Durham ประเทศ North Carolina ซึ่งผลิตจากบริษัท National Industries For the Blind ภายใต้ยี่ห้อ SKILCRAFT (LCI Industries, 2011) ได้ระบุว่าซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ 31 ครั้ง และจากข้อมูลของบริษัท Ambro ซึ่งเป็นบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ตั้งอยู่ที่เมือง Telford ในประเทศอังกฤษ ได้ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิพรอพิลีนสามารถนำมาใช้ซ้ำได้ถึง 50 ครั้ง (Ambro, 2008) ดังนั้น จึงทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลโดยการเปลี่ยนหน่วยหน้าที่ในการศึกษา คือ ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีการนำมาใช้ซ้ำ 31 ครั้ง ซึ่งมีการใช้ทั้งหมด 15,500 ครั้ง และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีการนำมาใช้ซ้ำ 50 ครั้ง ซึ่งมีการใช้ทั้งหมด 25,000 ครั้ง จึงกำหนดหน่วยหน้าที่ให้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีการใช้ทั้งหมด 7,750 ครั้ง ดังนั้น การใช้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 7,750 ครั้ง จะใช้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 250 ซอง และการใช้แผ่นของพลาสติก 7,750 ครั้ง จะใช้แผ่นของพลาสติก 155 ซอง ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,750 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 51 และ

52 ตามลำดับ ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 53 และ 54 ตามลำดับ



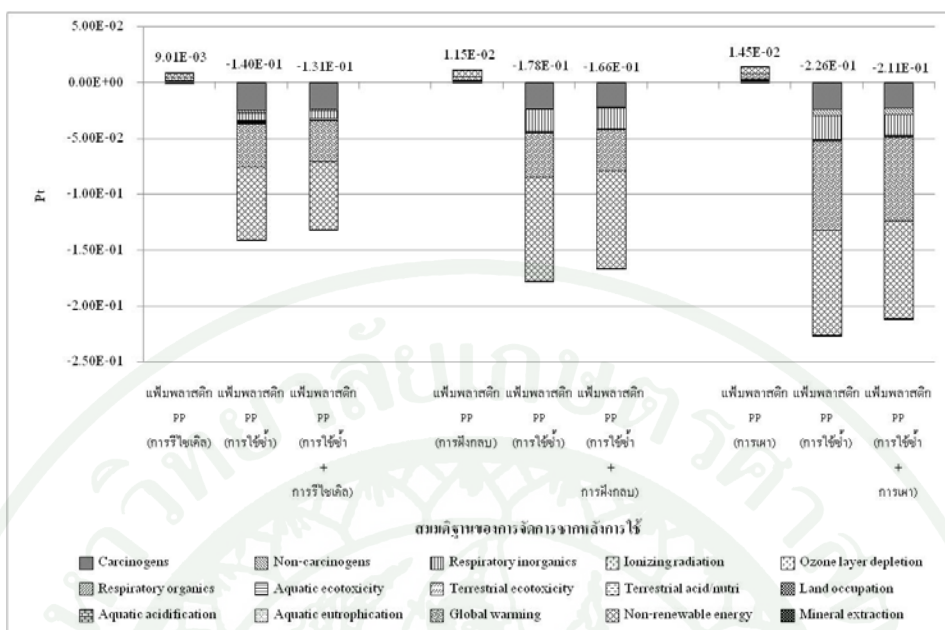
ภาพที่ 51 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



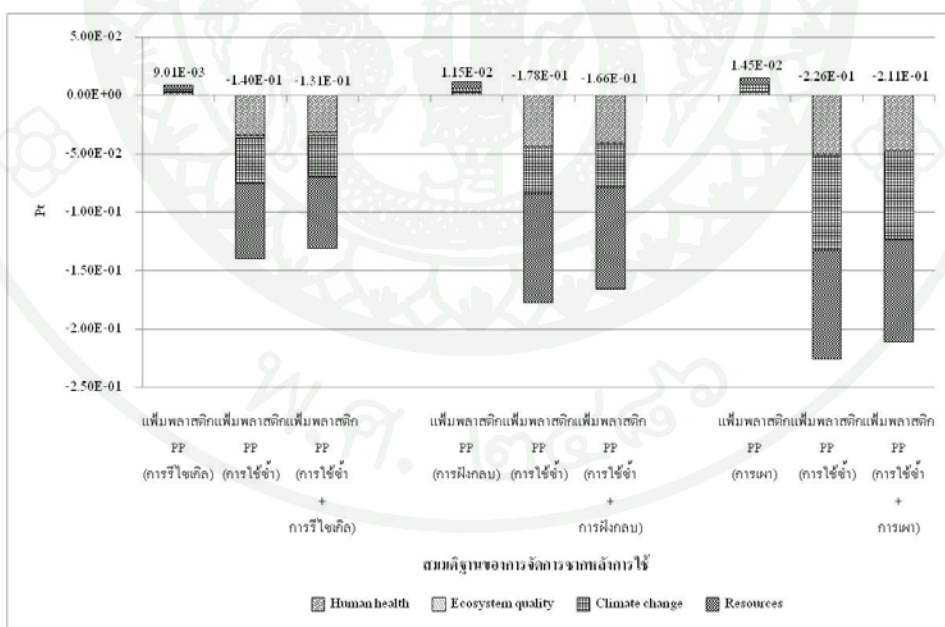
ภาพที่ 52 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 51 และ 52 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ พบว่า การนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์มาใช้ซ้ำ สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการได้มาของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ในการนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์มาใช้ซ้ำ จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากร จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง



ภาพที่ 53 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 54 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

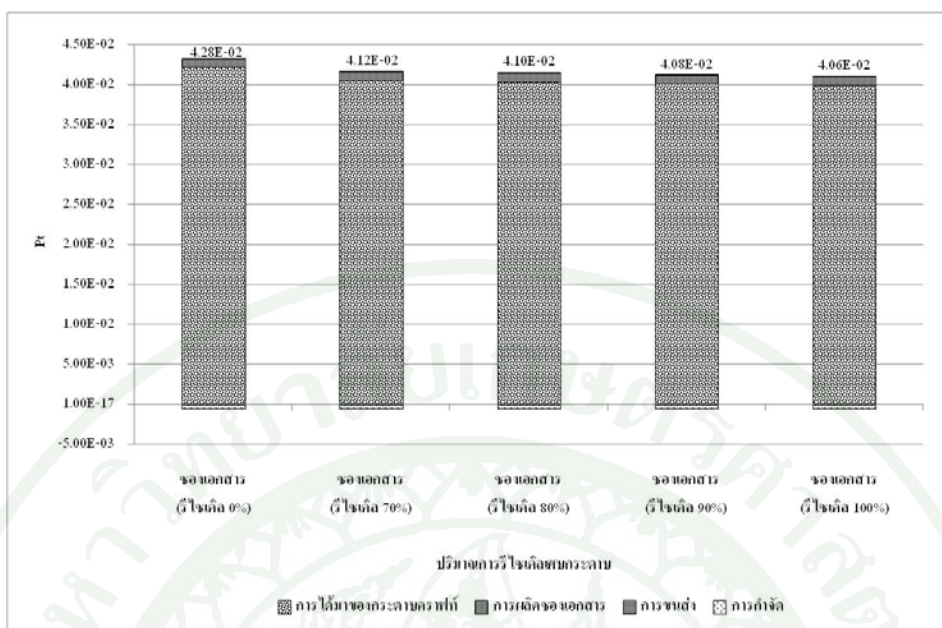


จากภาพที่ 53 และ 54 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ พบว่า การนำแผ่นของพลาสติกมาใช้ซ้ำ จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ

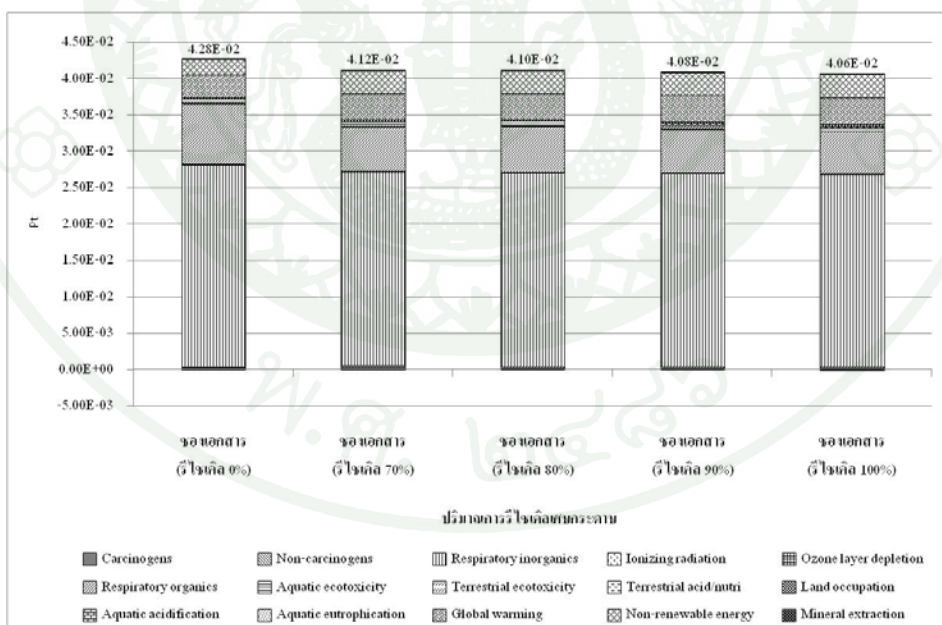
## 1.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

เนื่องจาก ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สามารถนำมารีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สามารถนำมารีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีนได้ เพื่อลดการใช้วัตถุดิบใหม่ จึงทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สัดส่วน 0%, 70%, 80%, 90% และ 100% ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 55, 56 และ 57 ตามลำดับ ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม และตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม แสดงดังภาพที่ 58, 59 และ 60 ตามลำดับ

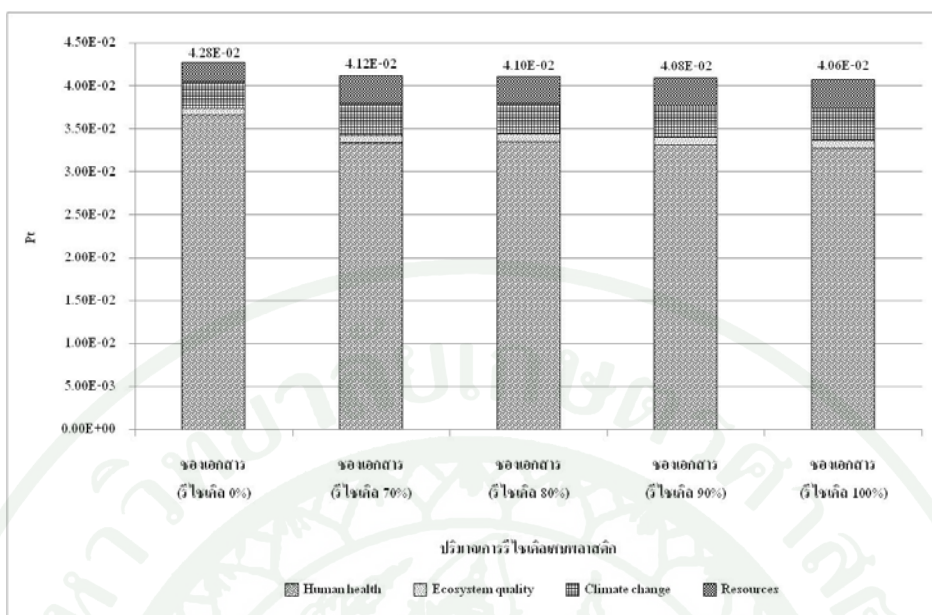




ภาพที่ 55 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต



ภาพที่ 56 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



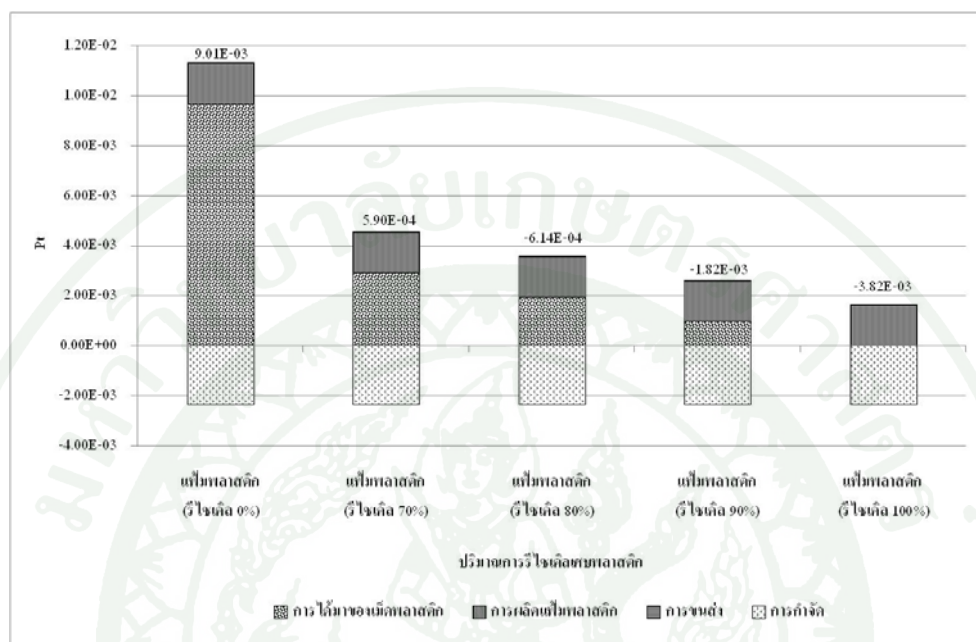
ภาพที่ 57 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 55 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการได้มาของกระดาศกราฟ

จากภาพที่ 56 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน และการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

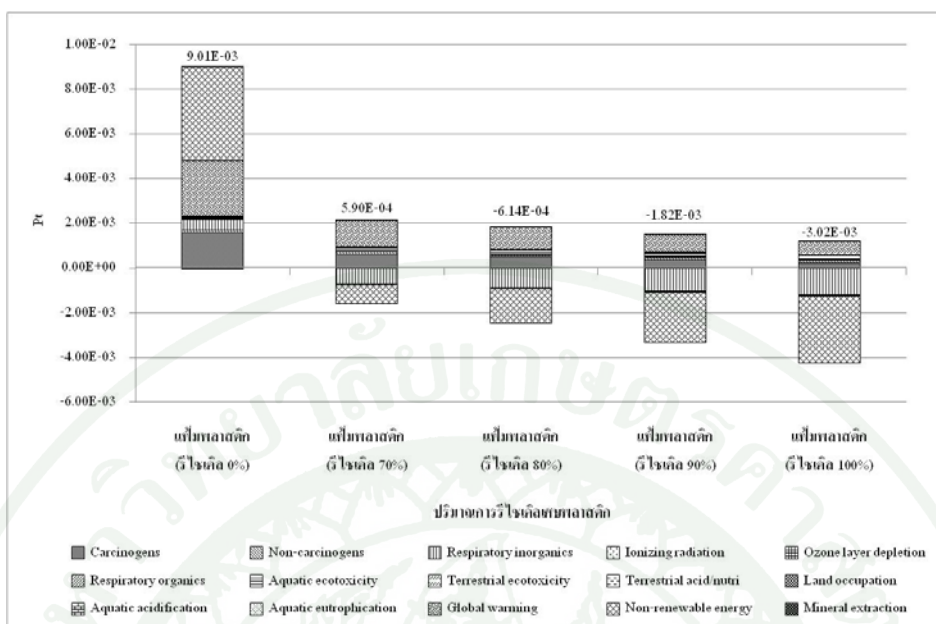
จากภาพที่ 57 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของของเอกสารจากกระดาศกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาศ โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลด

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

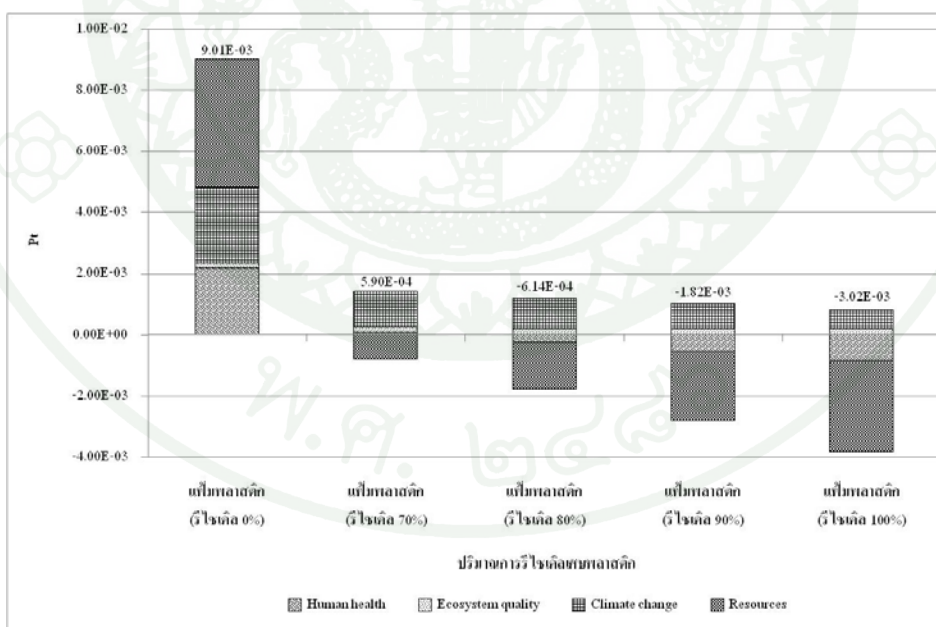


ภาพที่ 58 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของฟิล์มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต

จากภาพที่ 58 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของฟิล์มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามขั้นตอนต่างๆ ในวัฏจักรชีวิต พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน



ภาพที่ 59 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 60 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเพิ่มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม



จากภาพที่ 59 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน และการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

จากภาพที่ 60 เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์จากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

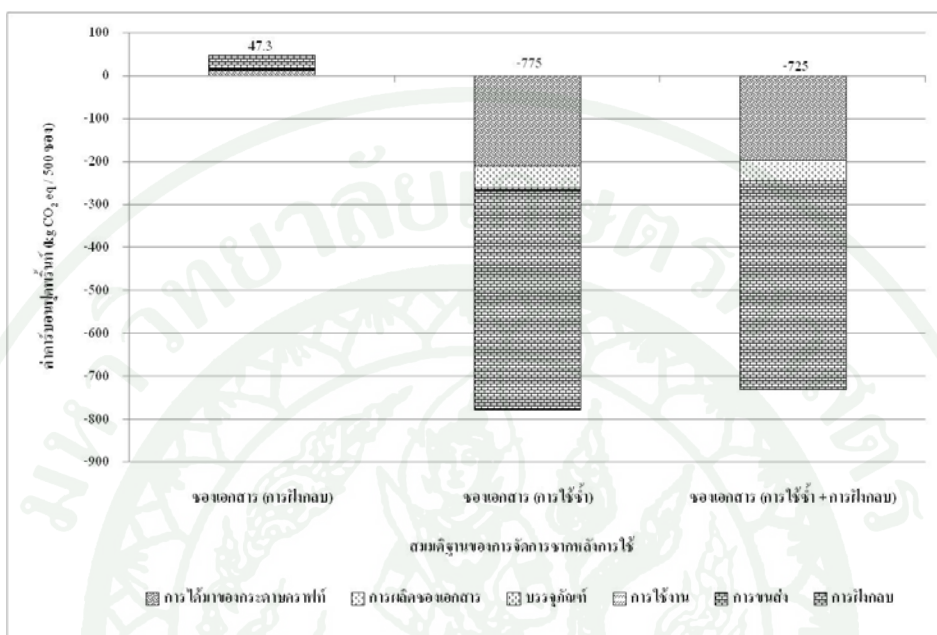
## 2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 2.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มาใช้ซ้ำ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยการเปลี่ยนหน่วยหน้าที่ในการศึกษา คือ การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีการนำมาใช้ซ้ำ 31 ครั้ง ซึ่งมีการใช้ทั้งหมด 15,500 ครั้ง และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีการนำมาใช้ซ้ำ 50 ครั้ง ซึ่งมีการใช้ทั้งหมด 25,000 ครั้ง จึงกำหนดหน่วยหน้าที่ให้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีการใช้ทั้งหมด 7,750 ครั้ง ดังนั้น การใช้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 7,750 ครั้ง จะใช้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 250 ซอง และการใช้แฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 7,750 ครั้ง จะใช้แฟ้มซองพลาสติก 155 ซอง ซึ่งผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสาร

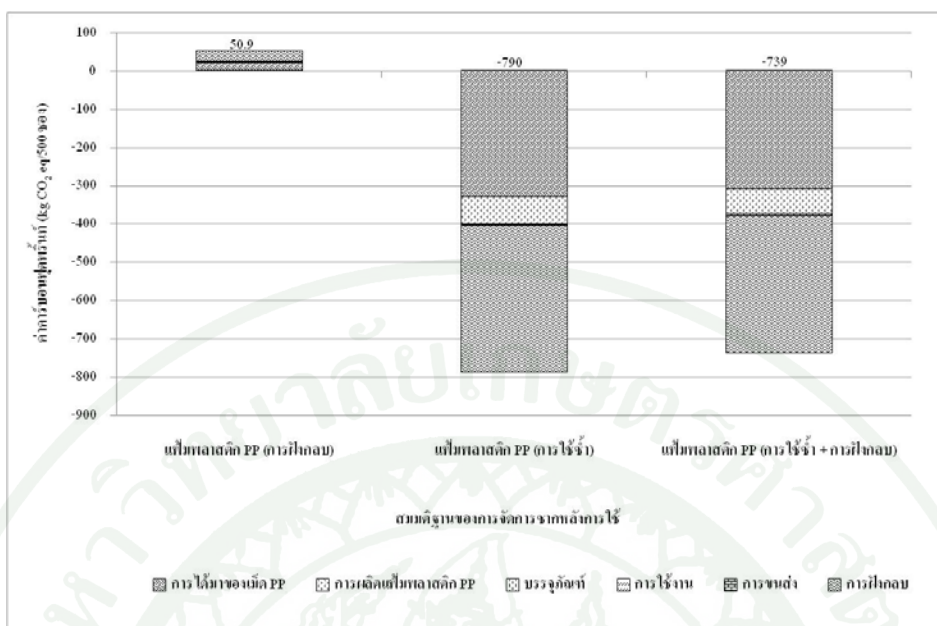


จากกระดาษคราฟท์ และเพิ่มช่องพลาสติกที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง แสดงดังภาพที่ 61 และ 62 ตามลำดับ



**ภาพที่ 61** ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง

จากภาพที่ 61 เป็นผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง พบว่า การนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์มาใช้ซ้ำ จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกๆ ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต

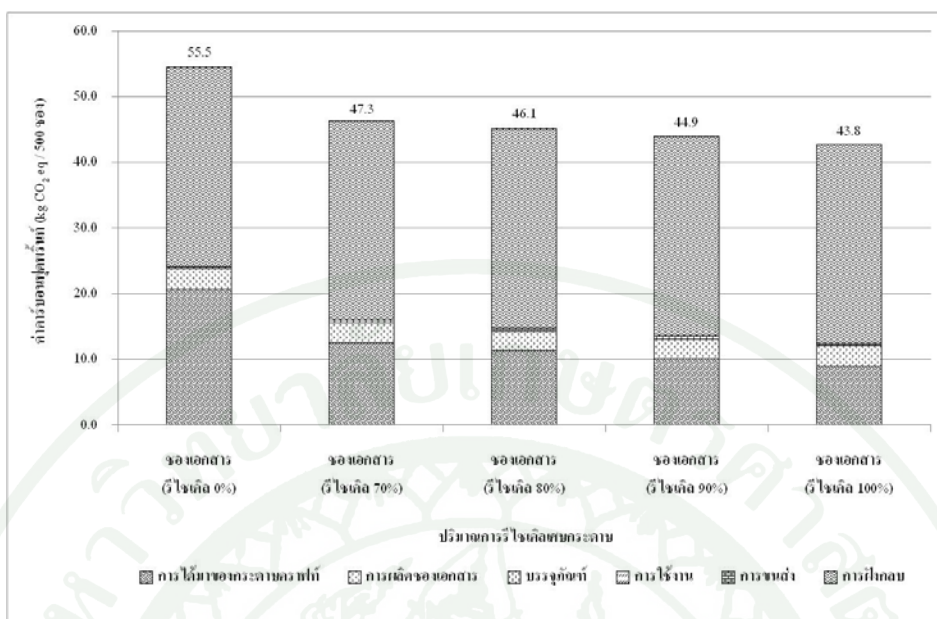


ภาพที่ 62 ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง

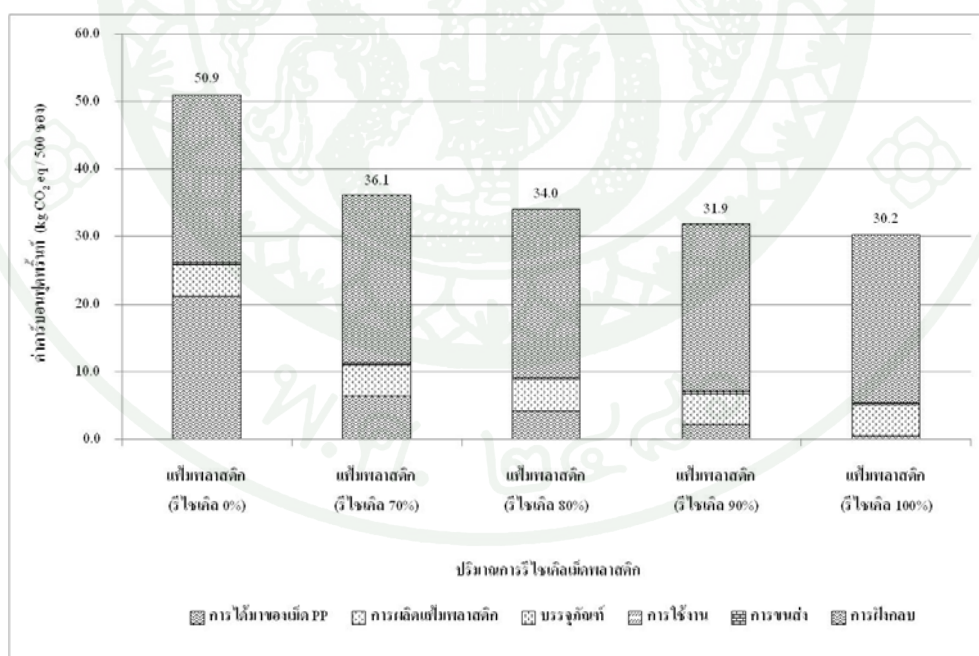
จากภาพที่ 62 เป็นผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการใช้ 7,550 ครั้ง พบว่า การนำแผ่นของพลาสติกมาใช้ซ้ำ จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกๆ ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต

## 2.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

เนื่องจาก ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สามารถนำมารีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ และ แผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สามารถนำมารีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติก PP ได้ เพื่อลดการใช้วัตถุดิบใหม่ จึงทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลจากการรีไซเคิลของเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สัดส่วน 0%, 70%, 80%, 90% และ 100% ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ แสดงดังภาพที่ 63 ส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติก ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน แสดงดังภาพที่ 64

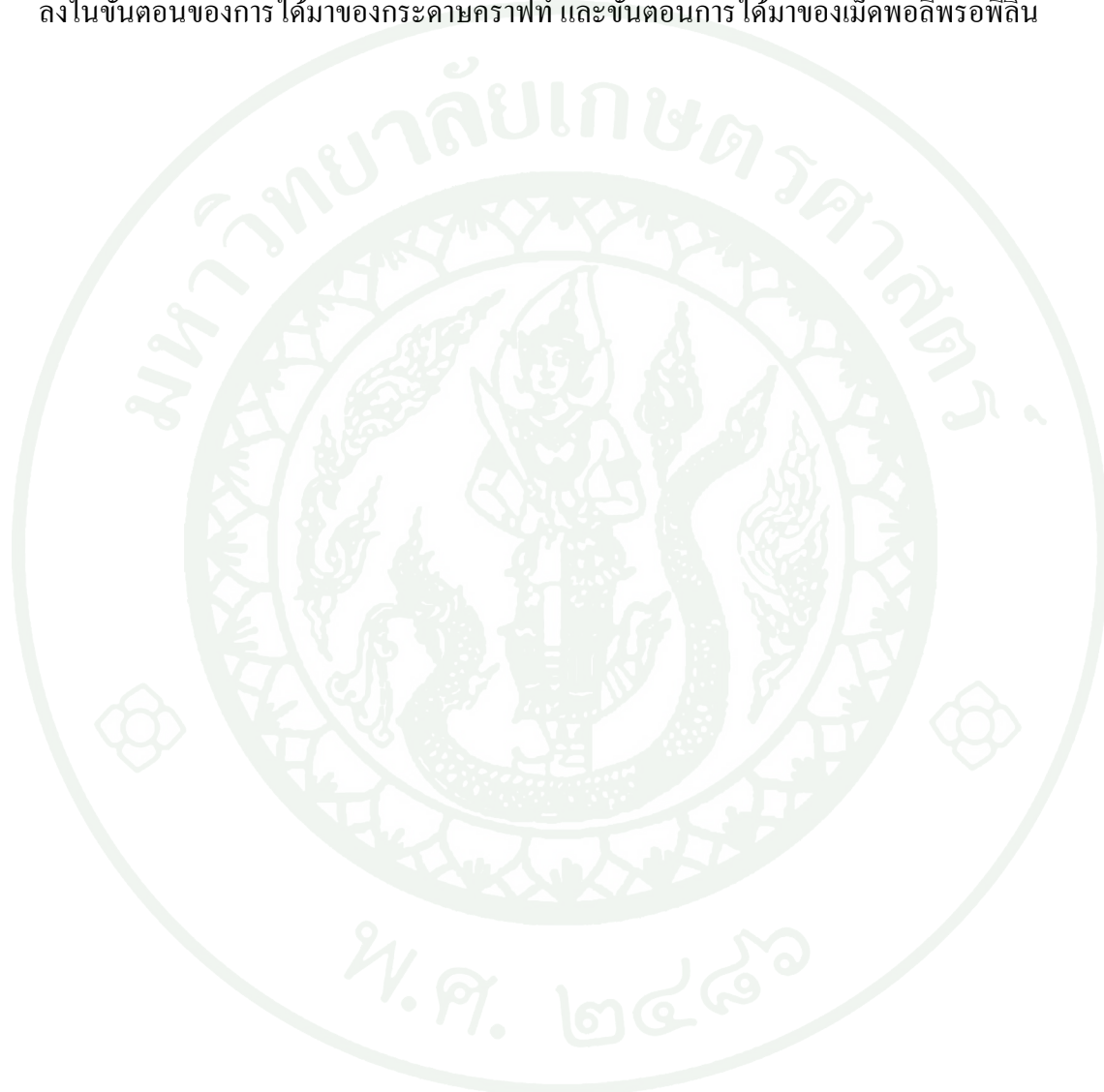


ภาพที่ 63 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของเอกสารจากกระดาษกราฟ ที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ



ภาพที่ 64 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน

จากภาพที่ 63 และ 64 เป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษกราฟที่มีการรีไซเคิลเป็นเศษกระดาษ และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่มีการรีไซเคิลเป็นเม็ดพอลิพรอพิลีน ตามลำดับ พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของการรีไซเคิลมากขึ้น จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลง จากการที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษกราฟ และขั้นตอนการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน



## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ชนิด KA (125 แกรม) น้ำหนัก 10.655 กิโลกรัม และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ขนาด A4 น้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม จำนวน 500 ซอง แต่ละซองมีอายุการใช้งาน 1 ครั้ง โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.1 วิธี Impact 2002+ สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต และวิธี IPCC 2007 GWP 100a สำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย

#### 1. การทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากการทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นของพลาสติก พบว่า

##### 1.1 ข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนของการได้มาของกระดาษคราฟท์ ซึ่งส่วนใหญ่มีการใช้เยื่อกระดาษจากเยื่อรีไซเคิล เยื่อใหม่ น้ำดิบ และแป้งมัน เป็นต้น และมีการใช้พลังงานจากถ่านหินและไฟฟ้า ซึ่งจะได้กระดาษคราฟท์ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ รวมทั้ง ส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สู่อากาศ มีการปลดปล่อยของแข็ง และ COD ลงสู่แหล่งน้ำ และมีทิ้งกากของเสียบนดิน

ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนของการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ซึ่งจะใช้กระดาษคราฟท์ และกาว เป็นวัตถุดิบในการผลิต ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักร ซึ่งจะได้ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ เป็นผลิตภัณฑ์ และเศษกระดาษที่เกิดจากการทำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ สามารถนำไปรีไซเคิลได้



ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนการขนส่ง มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสีย โดยรถบรรทุกขนาดต่างๆ

## 1.2 ข้อมูลบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนของการได้มาของแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งมีการใช้วัตถุดิบหลักจากน้ำมันดิบ และมีการใช้พลังงานจากไฟฟ้า ถ่านหิน และน้ำหล่อเย็น ซึ่งจะได้แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ รวมทั้ง ส่วนใหญ่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สู่อากาศ มีการปลดปล่อยซัลเฟต และ COD ลงสู่แหล่งน้ำ และมีทิ้งเศษน้ำมันดิบบนดิน

ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนของการผลิตแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ซึ่งจะใช้เม็ดพอลิพรอพิลีน เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักร ซึ่งจะได้แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ และเศษพลาสติกที่เกิดจากการทำแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน สามารถนำไปรีไซเคิลได้

ข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนการขนส่ง มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสีย โดยรถบรรทุกขนาดต่างๆ

## 2. การประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

### 2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากการศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตตามสมมติฐานของการจัดการซากหลังการใช้ 3 วิธี ได้แก่ การรีไซเคิล การฝังกลบ และการเผา พบว่า ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการเผามีผลกระทบสูงสุด รองลงมาคือ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการฝังกลบ ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการรีไซเคิล แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา แผ่นพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการ

โดยการฝังกลบ และเพิ่มช่องพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการรีไซเคิล ซึ่งมีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เท่ากับ  $4.28\text{E-}02$  Pt,  $4.19\text{E-}02$  Pt,  $4.12\text{E-}02$  Pt,  $1.45\text{E-}02$  Pt,  $1.15\text{E-}02$  Pt และ  $9.01\text{E-}03$  Pt ตามลำดับ โดยผลกระทบสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการได้มาของกระดาษคราฟท์ และการได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน

ชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากร จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง

เพิ่มช่องพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยส่วนใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการใช้ทรัพยากรจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้พลังงานสิ้นเปลือง มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของการมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดสารก่อมะเร็ง และการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อระบบหายใจ

## 2.2 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเพิ่มช่องพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

จากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่า เพิ่มช่องพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์

จากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 47.3 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ชอง ซึ่งในขั้นตอนการฝังกลบชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด รองลงมา คือ การได้มาของกระดาษคราฟท์ การผลิตชองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และการขนส่ง ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 50.9 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง ซึ่งในขั้นตอนการฝักรีดซองแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด รองลงมา คือ การได้มาของเม็ดพอลิพรอพิลีน การผลิตแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน และการขนส่ง ตามลำดับ

### 3. การเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อม และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

#### 3.1 การเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ โดยการเปลี่ยนจากการใช้กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% มาเป็นกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% โดยซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการเผา ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการฝักรีด และซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการรีไซเคิล มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เท่ากับ  $4.23\text{E-}02$ ,  $4.14\text{E-}02$ , และ  $4.06\text{E-}02$  ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีการเสนอให้มีการเปลี่ยนการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มาเป็นการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการเผา ซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการฝักรีด และซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่จัดการโดยการรีไซเคิล มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เท่ากับ  $4.18\text{E-}02$  Pt,  $4.09\text{E-}02$  Pt และ  $4.02\text{E-}02$  Pt ตามลำดับ

การเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน โดยการเปลี่ยนจากการใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ มาเป็นการใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% โดยแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา แฟ้มซองพลาสติกที่จัดการโดยการฝักรีด และแฟ้มซองพลาสติกจัดการโดยการรีไซเคิล มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เท่ากับ  $2.52\text{E-}03$  Pt,  $-5.80\text{E-}04$  Pt และ  $-3.02\text{E-}03$  Pt ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีการเสนอให้มีการลดน้ำหนักของแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จากน้ำหนัก 10.725 กิโลกรัม มาเป็นแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน น้ำหนัก 8.925 กิโลกรัม โดยแฟ้มซองพลาสติก ชนิดพอลิ

พรอพิลีน ที่จัดการโดยการเผา เผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการฝังกลบ และ เผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ที่จัดการโดยการรีไซเคิล มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เท่ากับ  $1.21\text{E-}02$  Pt,  $9.53\text{E-}03$  Pt และ  $7.50\text{E-}03$  Pt ตามลำดับ

### 3.2 การเสนอแนวทางการปรับปรุงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน

การเสนอแนวทางในการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ได้แก่ การเปลี่ยนจากการใช้กระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 70% มาเป็นกระดาษคราฟท์ที่ทำจากเยื่อรีไซเคิล 100% และเปลี่ยนการผลิตซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ที่มีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมาเป็นการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีค่าเท่ากับ 43.8 และ 45.7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ 500 ซอง ตามลำดับ

การเสนอแนวทางในการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน ได้แก่ การเปลี่ยนการใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนใหม่ มาเป็นการใช้เม็ดพอลิพรอพิลีนรีไซเคิล 100% และลดปริมาณของเผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน จาก 10.725 กิโลกรัม มาเป็น 8.925 กิโลกรัม จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีค่าเท่ากับ 30.2 และ 42.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน 500 ซอง ตามลำดับ

นอกจากนี้ การนำซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ และเผ้มของพลาสติก ชนิดพอลิพรอพิลีน มาใช้ซ้ำ หรือรีไซเคิล จะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

### ข้อเสนอแนะ

- 1) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซองเอกสารจากกระดาษคราฟท์ ได้ใช้ฐานข้อมูลบัญชีรายการจากโปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษในประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลในปี 2548 จึงควรใช้ฐานข้อมูลของประเทศไทยที่เป็นปัจจุบัน
- 2) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต และวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นของพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน มีการใช้ข้อมูลของต่างประเทศ จึงควรใช้ข้อมูลบัญชีรายการที่เป็นของประเทศไทย
- 3) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต และการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ ควรใช้ข้อมูลปฐมภูมิให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จริงของผลิตภัณฑ์นั้น



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทางหลวง. ม.ป.ป. สอบถามระยะทางระหว่างจังหวัดหรืออำเภอ.

แหล่งที่มา: <http://map-server.doh.go.th/>, 11 เม.ย. 2553.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2545. **Packaging Design** กลยุทธ์การเพิ่ม

มูลค่าสินค้า. แหล่งที่มา: <http://library.dip.go.th/multim/edoc/09652.doc>, 25 พฤษภาคม 2552.

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2550. **การผลิตกระดาษรีไซเคิล.**

แหล่งที่มา: <http://eco-town.dpim.go.th/news/detail.php?id=173>, 2 ตุลาคม 2552.

กลุ่มนักวิชาการ. 2552. **คู่มือสอบ กระทรวงพลังงาน.** กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย. 2552. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

ธนิดา แซ่ตัน, สุเมธ ไชยประพันธ์, ธันวดี เตชะภัททวรกุล และวาริท เจาะจิตต์. 2552.

**การประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อมของกระดาษพิมพ์เขียนที่ผลิตจากเยื่อกระดาษคราฟท์คุณภาพดี.** การประชุมเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา. ครั้งที่ 14.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 10-11 กันยายน 2552.

นิทัศน์ จิระอรุณ. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการสอน เรื่อง วัสดุพอลิเมอร์ ชุดที่ 2.**

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บริษัท เลิศศิษย์ อุตสาหกรรม จำกัด. 2550. **การผลิตแผ่นพลาสติกโดยวิธีการเอกซ์ทรูดแผ่น และ**

**ฟิล์มพลาสติก.** แหล่งที่มา: <http://www.lertsit.com/map.html>, 12 ตุลาคม 2552.

บริษัท ลีทอง 555 จำกัด. 2547. **ซองเอกสารน้ำตา KA.**

แหล่งที่มา: [http://www.555envelope.com/thai\\_shop.asp?cat=1&pid=89](http://www.555envelope.com/thai_shop.asp?cat=1&pid=89), 2 มกราคม 2554.

พรทิพย์ วงศ์โชโต, คุณาวุฒิ บุญญานพคุณ, วิทย์ สุนทรนันท์, พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ  
ประเสริฐ ภวสันต์. 2549. **การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักร  
ชีวิตของการผลิตกระดาษในประเทศไทย: กรณีศึกษาที่ 1 การผลิตกระดาษลอนลูกฟูกด้วย  
กระบวนการผลิตที่มีรายละเอียดการใช้วัตถุดิบการผลิตต่างๆ กัน. วารสารวิจัยสภาวะ  
แวดล้อม. ปีที่ 28. เล่มที่ 2. หน้า 61-89.**

พันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์. 2550. **การจัดการขยะมูลฝอยในเยอรมนี: ขยะ ของไร้ค่า หรือมหาสมบัติ.**

แหล่งที่มา: <http://www.oknation.net/blog/print.php?id=133489>, 23 สิงหาคม 2553.

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, รณิษฐ์ หวังศิรธรรม, พันธุ์ณี สมวงศ์ษา, สุปรานี เหล่าอุบล, เดโช ศรีวิจิตร,  
ไพโรจน์ ชัยจันทิก, พิชิต เจนบรรจง และสุวัฒน์ชัย ทองน้อย. 2543. **การพัฒนาสาร  
ลิกนินจากน้ำค้กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษเพื่อการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม.  
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. ส่วนที่ 1: หน้า 21-22,  
ส่วนที่ 2: หน้า 20-21.**

พีเคทีโปรดักส์. ม.ป.ป. **แผ่นพลาสติกพีพี.**

แหล่งที่มา: <http://pktproduct.tarad.com/article?id=55983&lang=th>, 1 พฤศจิกายน 2553.

พี บี แพค. 2553. **ซองพลาสติก PP.** แหล่งที่มา: <http://www.pb-pac.com/ซองพลาสติกpp.html>,

2 มกราคม 2554.

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

**โปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษในประเทศไทย  
รุ่นที่ 1.0.**

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2547. คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2552. ข้อเสนอด้านเทคนิคในโครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ.

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว. 2551.

**Carbon Footprint** (ข้อมูลที่จำเป็นต้องมี เพื่อสื่อสารกับผู้ซื้อสินค้า).

แหล่งที่มา: <http://www.nni.nikkei.co.jp/AC/TNW/Nni20081103IS1FOOTP.htm>,  
11 มิถุนายน 2552.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2553. รายละเอียดผลิตภัณฑ์.

แหล่งที่มา: [http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/CF\\_Certified\\_Product.php](http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/CF_Certified_Product.php).  
4 มีนาคม 2554.

อรรถเจตต์ อภิขจรศิลป์ และ ปริญญ์ บุญกนิษฐ. ม.ป.ป.

**เครื่องมือในการประเมินสิ่งแวดล้อม (Environmental Assessment Tools).**

**Eco Design Consultant.**

เอ็มเทค. 2550. กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก.

แหล่งที่มา: [http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable\\_plastic/process\\_plas.html](http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/process_plas.html),  
2 สิงหาคม 2553.

\_\_\_\_\_. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิต. แหล่งที่มา: [http://www.mtec.or.th/ecodesign2010/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6:-life-cycle-assessment-lca&catid=1:-ecodesign&Itemid=5](http://www.mtec.or.th/ecodesign2010/index.php?option=com_content&view=article&id=6:-life-cycle-assessment-lca&catid=1:-ecodesign&Itemid=5), 3 พฤษภาคม 2553.

Ambro. 2008. **Envelopes**. Available Source: <http://www.lcidistribution.com/catalog/category-details.jsp?productName=Envelopes&sku=123380&uom=case>, February 10, 2011.

- Benedetto L. D. and Klemes J. 2009. **The Environmental Performance Strategy Map: an integrated LCA approach to support the strategic decision-making process.** Journal of Cleaner Production. 17: 900-906.
- Best4ever. 2009. **Carbon Footprint.** Available Source: <http://www.vcharkarn.com/vblog/49041>, November 2, 2010.
- Borealis. 2008. **Addressing Climate Change: Borealis' Approach to Climate Change and Its Polyolefin Carbon Footprint.** Borealis AG. October 2008.
- Bureau Veritas Certification Newsletter. 2008. **Reduce your carbon footprint footprint.** Issue 4.18.
- Edwards-Jones G., Plassmann K., York E.H., Hounsborne B., Jones D.J., Mila L. and Canals I. 2009. **Vulnerability of Exporting nations to the development of a carbon label in the United Kingdom.** Environmental Science and Policy. 12: 479-490.
- Gonzalez-Garcia S., Almudena A., Teresa Moreira M, Romero Javier and Feijoo Gumersindo. 2009. **Environmental impact assessment of total chlorine free pulp from *Eucalyptus globulus* in Spain.** Journal of Cleaner Production. 17: 1010-1016.
- Hermann B.G., Kroeze C. and Jawjit W. 2007. **Assessing environmental performance by Combining life cycle assessment, multi-criteria analysis and environmental performance indicators.** Journal of Cleaner Production. 15: 1787-1796.
- Hoffman C. 2006. **Life Cycle Assessment of HMA and RAP.** Available Source: [http://pavementinteractive.org/index.php?title=Life\\_Cycle\\_Assessment\\_of\\_HMA\\_andRAP#LCA\\_methodology](http://pavementinteractive.org/index.php?title=Life_Cycle_Assessment_of_HMA_andRAP#LCA_methodology), September 22, 2009.

IPCC. 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

LCI industries. 2011. **100% Recycled Pol-Eco® Polypropylene from Ambroplastics.**

Available Source: [http://www.ambro.co.uk/catalogue/products\\_recycled-range/index.html](http://www.ambro.co.uk/catalogue/products_recycled-range/index.html), February 9, 2011.

Lee Y.-M. and Ding C.Y. 2000. **Life cycle assessment and production policy: An application to corrugated paperboard manufacture.** Journal of Environmental Management. 59: 157-165.

Lopes E., Dias A., Arroja L., Capela I. and Pereira F. 2003. **Application of life cycle assessment to the Portuguese pulp and paper industry.** Journal of cleaner production. 11. 51-59.

LyondellBasell. 2009. **Environmental Information Document Relevant to Australia.**

Available Source: <http://www.lyondellbasell.com/NR/rdonlyres/C2ED0A47-6430-45FA-87A4-D4018108814D/0/AusPPEnvirostatementSep09.pdf>, October 28, 2010.

Mbohwa C.T. and Mashoko L. 2007. **Application of Life Cycle Assessment in the Zimbabwean Pulp and Paper Industry.**

Available Source: <http://www.lcm2007.org/paper/Mbohwa>, July 20, 2009.

MCI. 2008. **MCI's go green glossary.**

Available Source: <http://www.mcicoach.com/gogreen/greenGlossary.htm>, June 7, 2009.



Munoz I., Rieradevall J., Torrades Francesc., Peral Jose and Domenech Xaveir. 2006.

**Environmental assessment of different advanced oxidation process applied to a bleaching kraft mill effluent.** Chemosphere. 62: 9-16.

Ongmongkolkul A., Per H. Nielsen and Mousa M. Nazhad. 2002. **Life Cycle Assessment of Paperboard Packaging Produced in Thailand.** 330-339.

PAS 2050: 2008. **Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.**

Pitney Bowes Inc.2008. **The Environmental Impact of Mail: A Baseline.**

Available Source: [http://www.pb.com/bv70/en\\_US/extranet/landingpages/Environ\\_Impact\\_Mail\\_Web.pdf](http://www.pb.com/bv70/en_US/extranet/landingpages/Environ_Impact_Mail_Web.pdf), May 3, 2009.

Product Ecology Consultants. 2008. **SimaPro Program.** Version 7.1.

Rebecca L. L., and Paul T. A., 2002. **Life-Cycle Approaches for Assessing Green Chemistry Technologies.** Ind. Eng. Chem. Res. 41: 4498-4502.

Ross S., Evans D., and Webber M. 2003. **Using LCA to Examine Greenhouse Gas Abatement Policy.** The International Journal of Life Cycle Assessment. Volume 8: 19-26.

Sintef Energy Research. 2001. **Characterization of MSW for Combustion System.** Page 9.

Soonthonchot N. 2010. **Greenhouse Gas Emission from Production of Polyolefins Products.**

Climate Thailand Conference. Available Source: <http://www.conference.tgo.or.th/download/ppt/TechnicalConference/200810/ES1.pdf>, November 1, 2010.

Waste & Resources Action Programme. n.d. **A summary of the packaging life cycle.**

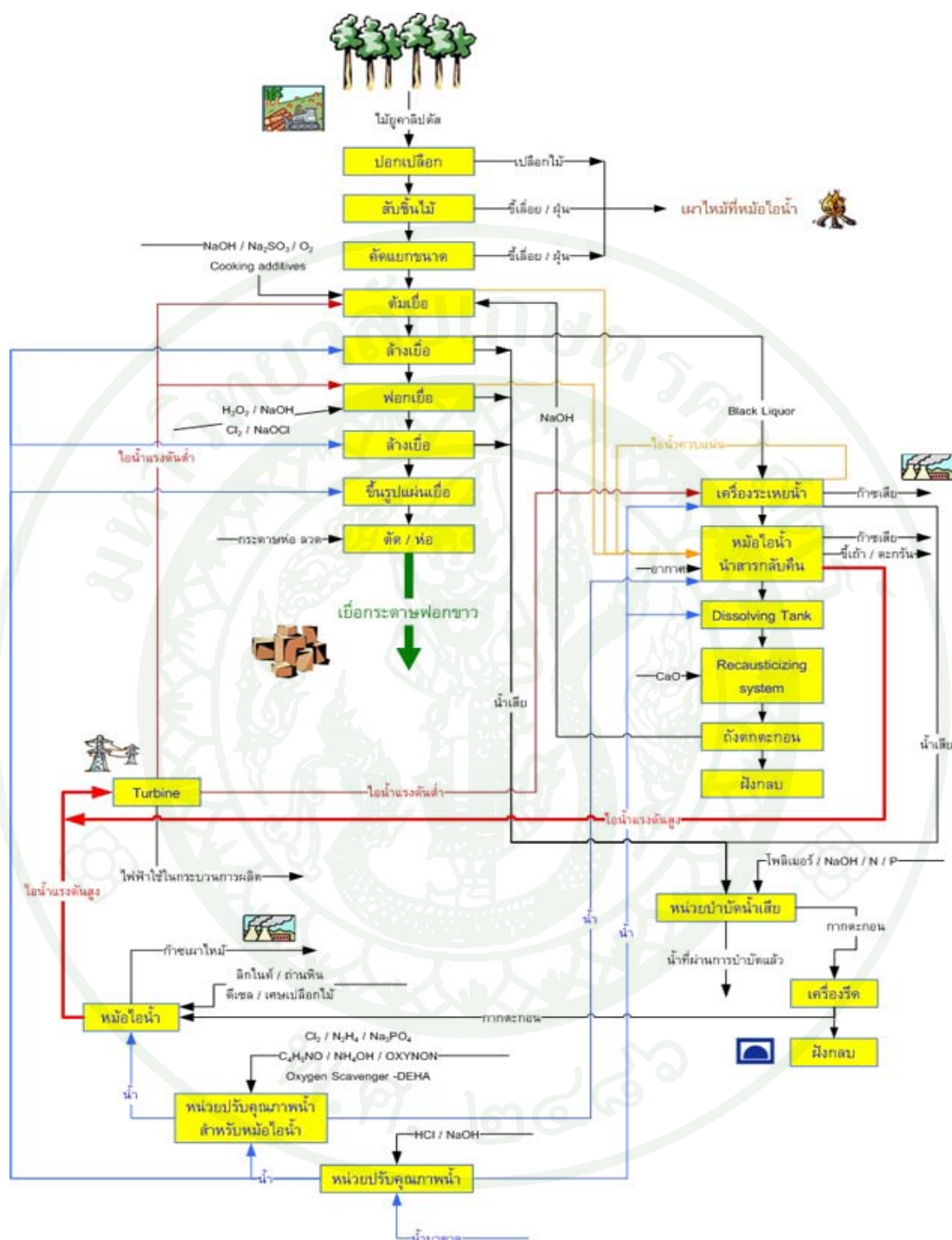
Available Source: [http://www.wrap.org.uk/downloads/The\\_Packaging\\_Lifecycle.](http://www.wrap.org.uk/downloads/The_Packaging_Lifecycle.35a67931.6566.pdf)

35a67931.6566.pdf, June 14, 2009.









ภาพผนวกที่ ก1 กระบวนการผลิตเชื้อฟอกขาว

**ที่มา:** ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)







## 1. ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ตารางผนวกที่ ข1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อฟอกขาว 0.632 กิโลกรัม

| สารขาเข้า                               |          |          | สารขาออก               |          |              |
|-----------------------------------------|----------|----------|------------------------|----------|--------------|
| รายการ                                  | ปริมาณ   | หน่วย    | รายการ                 | ปริมาณ   | หน่วย        |
| หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้ากระบวนการ |          |          | ผลิตภัณฑ์              |          |              |
| Ameret D                                | 2.00E-06 | กิโลกรัม | เชื้อฟอกขาว            | 6.32E-01 | กิโลกรัม     |
| Biosperse                               | 3.86E-04 | กิโลกรัม | สารที่ปล่อยสู่อากาศ    | 1.80E+00 | ลูกบาศก์เมตร |
| Morpholine                              | 2.00E-06 | กิโลกรัม | Chlorine               | 1.00E-06 | กิโลกรัม     |
| Hydrochloric acid                       | 8.40E-04 | กิโลกรัม | Carbon dioxide         | 2.40E-01 | กิโลกรัม     |
| Chlorine (liquid)                       | 1.00E-06 | กิโลกรัม | Carbon monoxide        | 9.64E-01 | กิโลกรัม     |
| Sodium hydroxide                        | 2.41E-04 | กิโลกรัม | Sulfur dioxide         | 7.84E-01 | กิโลกรัม     |
| Sodium hypochlorite                     | 7.00E-06 | กิโลกรัม | Nitrogen oxide         | 5.61E-01 | กิโลกรัม     |
| Trisodium phosphate                     | 1.00E-06 | กิโลกรัม | Total suspended solid  | 9.80E-03 | กิโลกรัม     |
| Aluminium sulphate                      | 3.84E-04 | กิโลกรัม | สารที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ | 2.50E-02 | ลูกบาศก์เมตร |
| Ammonium hydroxide                      | 1.00E-06 | กิโลกรัม | Suspended solid        | 2.00E-02 | กิโลกรัม     |
| หน่วยผลิตเชื้อกระดาษ                    |          |          | COD                    | 1.60E-02 | กิโลกรัม     |
| Biocide                                 | 4.00E-06 | กิโลกรัม | BOD                    | 3.20E-03 | กิโลกรัม     |
| Hydrochloric acid                       | 1.20E-03 | กิโลกรัม | Total dissolved solid  | 3.75E-02 | กิโลกรัม     |

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

| สารขาเข้า                     |          |          | สารขาออก          |          |          |
|-------------------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|
| รายการ                        | ปริมาณ   | หน่วย    | รายการ            | ปริมาณ   | หน่วย    |
| Chlorine (liquid)             | 6.80E-03 | กิโลกรัม | สารที่ปล่อยสู่ดิน | 3.10E+01 | กิโลกรัม |
| Sodium chloride               | 3.40E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Sodium sulphate               | 1.12E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Sodium hydroxide              | 2.70E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Sodium hypochlorite           | 1.14E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Oxygen                        | 5.30E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Ammonia                       | 1.00E-06 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Hydrogen peroxide             | 1.70E-03 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| หน่วยผลิตคลอไรด์              |          |          |                   |          |          |
| Sulphur                       | 1.47E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| หน่วยผลิตซัลเฟอร์ไดออกไซด์    |          |          |                   |          |          |
| Sodium chloride               | 1.48E-02 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| หน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์           |          |          |                   |          |          |
| Wrap card paper (WCP)         | 7.27E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| Wire (unitized bale)          | 7.66E-04 | กิโลกรัม |                   |          |          |
| หน่วยบำบัดน้ำเสีย             |          |          |                   |          |          |
| Cationic acrylamide copolymer | 3.00E-06 | กิโลกรัม |                   |          |          |

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

| สารขาเข้า            |          |                   | สารขาออก |        |       |
|----------------------|----------|-------------------|----------|--------|-------|
| รายการ               | ปริมาณ   | หน่วย             | รายการ   | ปริมาณ | หน่วย |
| Dry cationic polymer | 3.00E-06 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Sodium hydroxide     | 1.34E-04 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Sodium hypochlorite  | 1.00E-06 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Nitrogen             | 9.70E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Polymer (cat-ionic)  | 4.20E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Phosphorus           | 1.90E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| สาธารณูปโภค          |          |                   |          |        |       |
| Water                | 2.60E-02 | ลูกบาศก์เมตร      |          |        |       |
| พลังงาน/เชื้อเพลิง   |          |                   |          |        |       |
| Coal                 | 6.80E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Diesel oil           | 9.34E-04 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Fuel oil             | 1.55E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Bark                 | 2.60E-03 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Bagasse              | 6.30E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Electricity (EGAT)   | 9.40E-02 | กิโลวัตต์-ชั่วโมง |          |        |       |

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)



ตารางผนวกที่ ข2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อไม่ฟอก 0.334 กิโลกรัม

| สารขาเข้า                               |          |              | สารขาออก                    |          |              |
|-----------------------------------------|----------|--------------|-----------------------------|----------|--------------|
| รายการ                                  | ปริมาณ   | หน่วย        | รายการ                      | ปริมาณ   | หน่วย        |
| หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้ากระบวนการ |          |              | ผลิตภัณฑ์                   |          |              |
| Ameret D                                | 3.00E-06 | กิโลกรัม     | เชื้อไม่ฟอก                 | 3.34E-01 | กิโลกรัม     |
| Biosperse 250                           | 6.08E-04 | กิโลกรัม     | สารที่ปล่อยสู่อากาศ         | 1.60E+00 | ลูกบาศก์เมตร |
| Hydrochloric acid                       | 1.30E-03 | กิโลกรัม     | Carbon dioxide              | 5.31E-01 | กิโลกรัม     |
| หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนเข้ากระบวนการ |          |              | Carbon monoxide             | 2.10E-03 | กิโลกรัม     |
| Sodium hydroxide                        | 3.31E-04 | กิโลกรัม     | Nitrogen oxide              | 9.38E-04 | กิโลกรัม     |
| Sodium hypochlorite                     | 1.20E-05 | กิโลกรัม     | Total suspended particulate | 9.30E-05 | กิโลกรัม     |
| Trisodium phosphate                     | 1.00E-06 | กิโลกรัม     | สารที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ      | 2.70E-03 | ลูกบาศก์เมตร |
| Aluminium sulphate                      | 8.19E-04 | กิโลกรัม     | Suspended solid             | 3.60E-05 | กิโลกรัม     |
| Ammonium hydroxide                      | 3.00E-06 | กิโลกรัม     | COD                         | 3.95E-04 | กิโลกรัม     |
| หน่วยผลิตเชื้อ                          |          |              | BOD                         | 2.01E-04 | กิโลกรัม     |
| กระดาษ                                  |          |              |                             |          |              |
| Calcium oxide                           | 4.24E-02 | กิโลกรัม     |                             |          |              |
| Eucalyptus log                          | 5.36E-04 | ลูกบาศก์เมตร |                             |          |              |
| หน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์                     |          |              |                             |          |              |
| Wrap card paper                         | 8.19E-04 | กิโลกรัม     |                             |          |              |

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

| สารขาเข้า                           |          |                   | สารขาออก |        |       |
|-------------------------------------|----------|-------------------|----------|--------|-------|
| รายการ                              | ปริมาณ   | หน่วย             | รายการ   | ปริมาณ | หน่วย |
| Wire<br>(unitized bale)             | 8.99E-04 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Cationic<br>acrylamide<br>copolymer | 1.50E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Dry cationic<br>polymer             | 1.60E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Sodium<br>hydroxide                 | 3.00E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Sodium<br>hypochlorite              | 7.00E-06 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Phosphate                           | 8.20E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| สาธารณูปโภค                         |          |                   |          |        |       |
| Water                               | 2.60E-03 | ลูกบาศก์เมตร      |          |        |       |
| พลังงาน/เชื้อเพลิง                  |          |                   |          |        |       |
| Coal                                | 1.50E-01 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Diesel oil                          | 3.40E-05 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Fuel oil                            | 1.45E-02 | กิโลกรัม          |          |        |       |
| Electricity<br>(EGAT)               | 1.40E-01 | กิโลวัตต์-ชั่วโมง |          |        |       |

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548)

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                         | นางสาวรชนีช์ ไชยศรี                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| เกิดวันที่                   | 25 พฤษภาคม 2528                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| สถานที่เกิด                  | อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ประวัติการศึกษา              | วท.บ. (เคมีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                                                                                                                                                                                                                                             |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | -                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ         | โครงการพัฒนานักนิสิตศึกษาและวิจัย<br>ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<br>ภายใต้ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเคมี<br>และวัสดุขั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา<br>โครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและ<br>พลังงานของประเทศ สำหรับอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ |