



การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล :  
กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โดย

นางสาวสิริยญา สิ้นคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2560  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล :  
กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โดย

นางสาวสิริัญญา สิ้นค้า



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SERVICE FOR OFFSET AND DIGITAL  
PRINTING : THAMMASAT PRINTING HOUSE

BY

MISS SIRINYA SINKHA



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER DEGREE OF ENGINEERING  
(ENERGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY MANAGEMENT)  
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING  
THAMMASAT UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2017  
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวสิริญา สิ้นคำ

เรื่อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล : กรณีศึกษาโรงพิมพ์  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

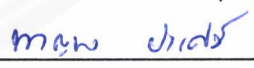
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2560

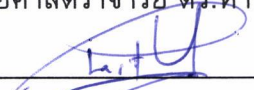
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพบุษย์ เอกแสงศรี)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หาญพล พึ่งรัตมี)

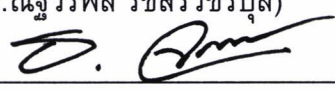
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช อุกุวรรรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
\_\_\_\_\_  
(ดร.ณัฐวราพล รัชสิริวัชรบุล)

คณบดี

  
\_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีร เจียศิริพงษ์กุล)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบ ออฟเซตและดิจิทัล : กรณีศึกษาโรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสิริญา สิ้นคำ
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หาญพล พึ่งรัมย์
ปีการศึกษา	2560

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสนใจ จึงเป็นแรงผลักดันให้มีการผลิตสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ด้วย งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) พิจารณาการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต ด้วยโปรแกรม SimaPro 7.3.3 พิจารณาในกลุ่มผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ

ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน EDIP2003 V1.03 ของบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ มีค่าผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 7.8593 kg CO<sub>2</sub> eq. และภาวะความเป็นกรด 0.1477 m<sup>2</sup> eq. เกิดผลกระทบจากการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร 4.0003E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในน้ำ 29.4272 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำเรื้อรัง 451.2660 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำเฉียบพลัน 116.3633 m<sup>3</sup> ปัจจัยหลักของผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งหมึกโทนเนอร์ ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในดิน 0.2174 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในดินเรื้อรัง 2.8853 m<sup>3</sup> ผลกระทบเกิดจากการได้มาซึ่งกระดาษ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบริการพิมพ์หนังสือ 1 เล่มแบบออฟเซตรูปแบบ 6a และ ดิจิตอล และรูปแบบ 8b ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด มีค่าผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 0.7504 และ 0.6857 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด 0.0506 และ 0.0542 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณ สารอาหาร 2.6583E-04 และ 3.1580E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในน้ำ 17.3542 และ 20.5209 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในดิน 0.2258 และ 0.2266 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อ ระบบนิเวศในน้ำเรื้อรัง 248.6749 และ 293.9774 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำเฉียบพลัน 55.6391 และ 67.1063 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในดินเรื้อรัง 2.6855 และ 2.8143 m<sup>3</sup> ตามลำดับ ส่วนบริการพิมพ์หนังสือรูปแบบ 29a และ 25b ก่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด มีค่า ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน 0.2047 และ 0.1851 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด 0.0154 และ 0.0152 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร 6.4835E-05 และ 7.2607E-05 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในน้ำ 4.2984 และ 4.8807 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในดิน 0.0739 และ 0.0653 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำเรื้อรัง 73.9245 และ 81.0319 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษ ต่อระบบนิเวศในน้ำเฉียบพลัน 21.8646 และ 23.1960 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในดิน เรื้อรัง 1.0707 และ 0.9975m<sup>3</sup> ตามลำดับ โดยการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิด ผลกระทบในทุกด้าน

สำหรับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 ของบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ มีค่าด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ 7.8606 kg CO<sub>2</sub> eq. และภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน 0.0121 kg SO<sub>2</sub> eq. ผลกระทบ มาจากการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ 4.5397E-04 kg P eq, ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ 0.4293 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ 0.0095 kg 1,4-DB eq. ปัจจัยหลักของผลกระทบเกิดจากการได้มาซึ่งหมึกโทนเนอร์ และความเป็น พิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน 2.2269E-04 kg 1,4-DB eq. เกิดผลกระทบจากการได้มาซึ่งกระดาษ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบริการพิมพ์หนังสือ 1 เล่มทั้งแบบออฟเซตรูปแบบ 6a และ ดิจิตอล และรูปแบบ 8b ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด มีค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 0.7529 และ 0.7050 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน 0.0035 และ 0.0034 kg SO<sub>2</sub> eq. การ เพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ 3.0128E-04 และ 2.9344E-04 kg P eq. ความเป็น อันตรายต่อมนุษย์ 0.2730 และ 0.3311 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน 2.6162E-04 และ 2.5964E-04 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ 0.0054 และ 0.0061 kg 1,4-DB eq. ตามลำดับ ส่วนบริการพิมพ์หนังสือรูปแบบ 29a และ 25b ก่อให้เกิด

ผลกระทบน้อยที่สุด มีค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 0.2047 และ 0.1844 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน 0.0010 และ 0.0009 kg SO<sub>2</sub> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ 7.3394E-05 และ 8.2246E-05 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ 0.0867 และ 0.0893 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน 7.6465E-05 และ 6.9761E-05 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ 0.0015 และ 0.0017 kg 1,4-DB eq. ตามลำดับ โดยการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบในทุกด้านที่พิจารณา ซึ่งความรุนแรงของผลกระทบขึ้นกับน้ำหนักของกระดาษที่ใช้พิมพ์เป็นสำคัญ เมื่อน้ำหนักกระดาษมากก็จะเกิดผลกระทบมาก รวมถึงขนาดของหนังสือยังมีขนาดใหญ่ก็จะใช้วัสดุมากขึ้นทั้งกระดาษ หมึกพิมพ์ สารเคมีประกอบการพิมพ์ และวัสดุยึดติด โดยการพิมพ์แบบออฟเซตจะเกิดผลกระทบมากกว่าการพิมพ์แบบดิจิตอล เพราะมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากบริการงานก่อนพิมพ์ที่เป็นการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ร่วมด้วย อีกทั้งขั้นตอนงานหลังพิมพ์มีความซับซ้อนกว่าจึงทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าการพิมพ์แบบดิจิตอล

จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมา ทำให้ทราบปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบของบริการงานพิมพ์ตั้งแต่การสร้างสรรค์เนื้อหาจนทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงพิมพ์ได้อย่างถูกประเด็น

**คำสำคัญ:** การพิมพ์ออฟเซต, การพิมพ์ดิจิตอล, การประเมินวัฏจักรชีวิต

Thesis Title	LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SERVICE FOR OFFSET AND DIGITAL PRINTING : THAMMASAT PRINTING HOUSE
Author	Miss Sirinya Sinkha
Degree	Master of Engineering
Major Field/Faculty/University	Energy and Environmental Technology Management Engineering Thammasat University
Thesis Advisor	Asst. Prof. Harnpon Phungrassami, Ph.d.
Academic Years	2016

### ABSTRACT

As of present, environmental impact is one of the major issues that draws attention from across the global. The concern over such issue consequently leads to an incentive to produce environmentally friendly products and services, which also includes the printing industry. This paper had the objective to study the effects of printing services at Thammasat Printing House on the environment using by life cycle assessment and calculating by SimaPro 7.3.3. The scope in this study was cradle-to-gate, with the processes of raw material extraction and production. The environmental impacts were assessed in the aspects of global warming, acidification, eutrophication, human toxicity, and ecotoxicity.

The environmental impacts was evaluating by EDIP2003 V1.03. The results of one content creation services for printing, in the aspects of global warming was 7.8593 kg CO<sub>2</sub> eq., and acidification was 0.1477 m<sup>2</sup> eq., were primarily caused by the production of electricity energy. While, eutrophication was 4.0003E-04 kg P eq., human toxicity (water) was 29.4272 m<sup>3</sup>, ecotoxicity water chronic was 451.2660 m<sup>3</sup>, and ecotoxicity water acute was 116.3633 m<sup>3</sup> The major cause of them were the



acquisition of toner. In addition, human toxicity (soil) was  $0.2174 \text{ m}^3$ , and ecotoxicity soil chronic was  $2.8853 \text{ m}^3$ , were mainly caused by the acquisition of paper.

The highest environmental impacts for one book of offset and digital printing services were 6a and 8b book format, respectively. The results of global warming was 0.7504 and 0.6857 kg CO<sub>2</sub> eq., acidification was 0.0506 and 0.0542 m<sup>2</sup> eq., eutrophication was 2.6583E-04 and 3.1580E-04 kg P eq., human toxicity (water) was 17.3542 and 20.5209 m<sup>3</sup>, human toxicity (soil) was 0.2258 and 0.2266 m<sup>3</sup>, ecotoxicity water chronic was 248.6749 and 293.9774 m<sup>3</sup>, ecotoxicity water acute was 55.6391 and 67.1063 m<sup>3</sup>, and ecotoxicity soil chronic was 2.6855 and 2.8143 m<sup>3</sup>, respectively. Additionally, 29a and 25b book format were the lowest environmental impacts of offset and digital printing services, respectively. In the aspects of global warming was 0.2047 and 0.1851 kg CO<sub>2</sub> eq., acidification was 0.0154 and 0.0152 m<sup>2</sup> eq., eutrophication was 6.4835E-05 and 7.2607E-05 kg P eq., human toxicity (water) was 4.2984 and 4.8807 m<sup>3</sup>, human toxicity (soil) was 0.0739 and 0.0653 m<sup>3</sup>, ecotoxicity water chronic was 73.9245 and 81.0319 m<sup>3</sup>, ecotoxicity water acute was 21.8646 and 23.1960 m<sup>3</sup>, and ecotoxicity soil chronic was 1.0707 and 0.9975 m<sup>3</sup>, respectively. The primarily caused of all environmental impacts was acquisition of paper.

According to the results, The environmental impacts was evaluating by ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 of one content creation services for printing, show that the climate change was 7.8606 kg CO<sub>2</sub> eq., and terrestrial acidification was 0.0121 kg SO<sub>2</sub> eq., The major cause of both were the production of electricity energy. While, freshwater eutrophication was 4.5397E-04 kg P eq., human toxicity was 0.4293 kg 1,4-DB eq., and freshwater ecotoxicity was 0.0095 kg 1,4-DB eq., were primarily caused by the acquisition of toner. In addition, terrestrial ecotoxicity was 2.2269E-04 kg 1,4-DB eq.. The mainly caused was the acquisition of paper.

For, the highest environmental impacts for one book of offset and digital printing services were 6a and 8b book format, respectively. In the aspects of climate change was 0.7529 and 0.7050 kg CO<sub>2</sub> eq., terrestrial acidification was 0.0035 and 0.0034 kg SO<sub>2</sub> eq., freshwater eutrophication was 3.0128E-04 and 2.9344E-04 kg P eq., Human toxicity was 0.2730 and 0.3311 kg 1,4-DB eq., terrestrial ecotoxicity was

2.6162E-04 and 2.5964E-04 kg 1,4-DB eq., and freshwater ecotoxicity was 0.0054 and 0.0061 kg 1,4-DB eq., respectively. On the other hand, the lowest environmental impacts of both printing services were 29a and 25b book format, respectively. The results of climate change was 0.2047 and 0.1844 kg CO<sub>2</sub> eq., terrestrial acidification was 0.0010 and 0.0009 kg SO<sub>2</sub> eq., freshwater eutrophication was 7.3394E-05 and 8.2246E-05 kg P eq., Human toxicity was 0.0867 and 0.0893 kg 1,4-DB eq., terrestrial ecotoxicity was 7.6465E-05 and 6.9761E-05 kg 1,4-DB eq., and freshwater ecotoxicity was 0.0015 and 0.0017 kg 1,4-DB eq., respectively. The major cause of environmental impacts in all of the aspects was the acquisition of paper. The violence of environmental impacts mainly depended on the weight of the paper; higher paper weight contributed to higher degree of effects. Likewise, the size of publications also had a positive correlation with the violence of environmental impacts, since larger-sized publications required more raw materials, including papers, toner, chemicals used in printing, and adhesives. Furthermore, offset printing had higher impacts on the environment than digital printing due to the additional effect from prepress, which is an etching process on printing plate. Similarly, the post press process of offset printing had also more process than that of digital printing.

Hence, it consumed relatively higher electricity energy. Upon studying the environmental impacts, the major factors of printing services that affect the environment were identified, which could be used as a guideline to effectively and pertinently minimize such effects created by printing houses.

**Keywords:** Offset Printing, Digital Printing, Life Cycle Assessment

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล : กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์” ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ที่ให้ความช่วยเหลือด้านสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หาญพล พึ่งรัมย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช อุศุภรัตน์ เป็นอย่างสูง สำหรับการให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการวิจัย รวมถึงการแก้ไขปัญหาตลอดการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณพิษณุ นภากร และบุคลากรในโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย รวมถึงให้ความช่วยเหลือ และคำปรึกษาเกี่ยวกับงานพิมพ์ตลอดการทำงานวิจัยนี้

นางสาวสิริญา สิ้นคำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์	6
2.1.1 กระบวนการก่อนการพิมพ์	6
2.1.2 กระบวนการพิมพ์	8
2.1.3 กระบวนการหลังการพิมพ์	8
2.2 การพิมพ์ออฟเซต (Offset Lithography)	9
2.2.1 โครงสร้างของระบบพิมพ์ออฟเซต	11

2.2.2 การพิมพ์ออฟเซตไรรู้	13
2.2.3 แม่พิมพ์	13
2.3 การพิมพ์ดิจิทัล (Digital printing)	18
2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)	19
2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา	20
2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	21
2.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	21
2.4.4 การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม	23
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
<b>บทที่ 3 วิธีการวิจัย</b>	<b>44</b>
3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต	44
3.1.1 เป้าหมาย	44
3.1.2 ขอบเขต	45
3.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	49
3.2.1 การสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์	49
3.2.2 การพิมพ์	50
3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	57
3.4 การแปรผลการศึกษา	57
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	<b>58</b>
4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	58
4.1.1 การสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์	58
4.1.2 การพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต	60
4.1.3 การพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล	67
4.2 การแปรผล	72
4.2.1 ผลกระทบจากการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์	72

4.2.2 ผลกระทบจากการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต	75
4.2.3 ผลกระทบจากการบริการงานพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล	88
4.2.4 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล	97
4.2.5 เปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ	100
4.2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	103
4.2.7 โอกาสในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	106
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	116
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	116
5.2 ข้อเสนอแนะ	120
รายการอ้างอิง	121
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์	127
ภาคผนวก ข ข้อมูลบริการงานก่อนพิมพ์	129
ภาคผนวก ค ข้อมูลบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์	132
ภาคผนวก ง ข้อมูลอื่นๆ	198
ประวัติผู้เขียน	202

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์หนังสือและสิ่งพิมพ์	2
2.1 เปรียบเทียบการพิมพ์ออฟเซตและดิจิตอล	19
2.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งพิมพ์ออฟเซต 1 ตัน ด้วยวิธีการประเมิน Impact 2002+	26
2.3 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือโฟโต้บุ๊ก	28
2.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตสิ่งพิมพ์ออฟเซตจำนวน 1 ตัน ด้วยวิธีการประเมิน EDIP97	28
2.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตกระดาษด้วยวิธีการประเมิน IPCC	30
2.6 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหนังสือแบบพิมพ์เล่มและแบบอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCipe 1.09 midpoint และ Cumulative energy demand	32
2.7 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์รายวัน และนิตยสารรายสัปดาห์	34
2.8 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์ พิจารณาแบบ Candle to grave	35
2.9 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของนิตยสาร พิจารณาแบบ Candle to grave	37
2.10 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือภาพหรือโฟโต้บุ๊กพิจารณาแบบ Candle to customer	39
2.11 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตอูมิเนียม 1 ตัน	43
3.1 รูปแบบการบริการ (Service platform)	46
4.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	59
4.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCipe Midpoint (H) V.1.06	60
4.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตจำนวน 1 แผ่น ขนาด 0.605 m. x 0.745 m. ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	61
4.4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตจำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCipe Midpoint (H) V.1.06	61
4.5 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	62
4.6 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	62

- 4.7 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 64  
วิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.8 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 65  
วิธีการประเมิน ReCie Midpoint (H) V.1.06
- 4.9 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วย 65  
วิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.10 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 66  
วิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.11 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการ 68  
ประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.12 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 69  
วิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.13 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 70  
วิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.14 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วย 71  
วิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.15 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและระบบดิจิทัล จำนวน 98  
1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.16 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและระบบดิจิทัล จำนวน 98  
1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.17 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือออฟเซตกับงานวิจัยอื่น ด้วยวิธีการประเมิน 101  
EDIP
- 4.18 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือกับงานวิจัยอื่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe 102  
Midpoint (H)
- 4.19 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ ด้วยวิธีการ 104  
ประเมิน ReCiPe Midpoint (H)
- 4.20 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้สารเคมี ด้วยวิธีการ 105  
ประเมิน ReCiPe Midpoint (H)
- 4.21 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 106  
ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H)



4.22 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคการผลิตไฟฟ้า	107
4.23 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างแม่พิมพ์สำหรับใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ จากการใช้แผ่นแม่พิมพ์ที่ผลิตจากเศษอลูมิเนียม	110
4.24 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A5 จากการใช้แม่พิมพ์ที่ผลิตจากการรีไซเคิลเศษอลูมิเนียม	111



## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หน่วยพิมพ์ออฟเซต	10
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต	20
2.3 สัดส่วนผลกระทบของกระดาษพิมพ์เขียน	25
2.4 สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบออฟเซต	41
3.1 ขั้นตอนการการประเมินวัฏจักรชีวิต	44
3.2 ขอบเขตของการศึกษา	45
3.3 การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์	50
3.4 การบริการงานก่อนพิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต	52
3.5 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต	53
3.6 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ดิจิทัลแบบเย็บมุงหลังคา	55
3.7 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ดิจิทัลแบบไสสันทากาว	56
4.1 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์สิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	73
4.2 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์สิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	74
4.3 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตขนาด 645 มิลลิเมตร x 705 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	76
4.4 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตขนาด 645 มิลลิเมตร x 705 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	77
4.5 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ของการบริการพิมพ์หนังสือ 79 ด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP2003 V1.03	79
4.6 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	79
4.7 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	80

- 4.8 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) 80  
ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน  
EDIP 2003 V1.03
- 4.9 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) 81  
ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน  
EDIP 2003 V1.03
- 4.10 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water 81  
chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการ  
ประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.11 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity 82  
water acute) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธี  
การประเมิน EDIP 2003 V1.03
- 4.12 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil) 82  
ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน  
EDIP 2003 V1.03
- 4.13 สัดส่วนผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ของการ 84  
บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe  
Midpoint (H) V.1.06
- 4.14 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ของ 84  
การบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน  
ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.15 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater 85  
eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม  
ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06
- 4.16 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) ของการ 85  
บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe  
Midpoint (H) V.1.06
- 4.17 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial 86  
ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม  
ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

4.18	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	86
4.19	สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	89
4.20	สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	89
4.21	สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	90
4.22	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	90
4.23	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	91
4.24	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	91
4.25	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	92
4.26	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	92
4.27	สัดส่วนผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	94

4.28	สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	94
4.29	สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	95
4.30	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	95
4.31	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	96
4.32	สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	96
4.33	สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03	99
4.34	สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06	100
4.35	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์ 1 งาน	108
4.36	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริการพิมพ์หนังสือ 1 เล่ม	109

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในศตวรรษที่ 21 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น 1.0-3.7 องศาเซลเซียส จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ (Greenhouse Gases) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีเทน (CH<sub>4</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) ทำให้การประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส (Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D., 2016) โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (Conference of Parties : COP21) ประกาศนโยบายลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 ภายใน พ.ศ. 2573 และจากดัชนีผลการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (The Climate Change Performance Index) ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในระดับ 5 (very poor) อันดับที่ 49 ซึ่งเพิ่มสูงขึ้น 2 อันดับจากพ.ศ. 2558 ซึ่งให้เห็นว่าการดำเนินงานเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยยังไม่มีประสิทธิภาพ (Burck, J., Marten, F., Bals, C., 2016) จากความกังวลเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว ทำให้หลายประเทศเริ่มสนใจปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และต้องการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ รวมถึงการเลือกนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ ทำให้เกิดการกีดกันทางค้าขึ้น ในอนาคตประเทศไทยอาจได้รับผลกระทบหากไม่มีการปรับตัว อุตสาหกรรมบางประเภทจึงเริ่มก้าวเข้าสู่อุตสาหกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทั้งด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น รวมถึงการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ในประเทศไทยนั้นเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการผลิตเพื่อการส่งออกทั้งในภูมิภาคเอเชีย ยุโรปและอเมริกา เช่น ประเทศอินโดนีเซีย สิงคโปร์ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร เป็นต้น โดยหนังสือและสิ่งพิมพ์มีมูลค่าการส่งออกกว่า 2,000 ล้านบาทดังตารางที่ 1.1 ซึ่งมีอัตราการขยายตัวลดลงในปีพ.ศ.2557 เนื่องจากปัญหาภาวะเศรษฐกิจ (กระทรวงพาณิชย์, 2559) อุตสาหกรรมการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์จึงเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ควรตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าส่งออก และปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมโลกที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## ตารางที่ 1.1

## มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์หนังสือและสิ่งพิมพ์

การส่งออก	มูลค่า (ล้านบาท)	อัตราการขยายตัว (%)
พ.ศ.2555	2,809.90	-3.89
พ.ศ.2556	2,813.76	0.14
พ.ศ.2557	2,563.03	-8.91
พ.ศ.2558	2,325.74	-9.26
พ.ศ.2559	2,360.15	1.48

ที่มา : กระทรวงพาณิชย์, 2559

อุตสาหกรรมการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์จำเป็นต้องศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ (Wang, J., Hou, C. & Lin, P. 2013) เนื่องจากดำเนินงานด้วยพลังงานไฟฟ้า และสารเคมีในกระบวนการพิมพ์มีองค์ประกอบที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต 1 เล่ม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.85 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเป็นผลมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบถึงร้อยละ 62.87 โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์หนังสือนั้นจะขึ้นกับแหล่งจัดซื้อและเลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการกระบวนการพิมพ์ (Hansuebasi, A., 2011) อาทิเช่น ชนิดกระดาษ น้ำหนักกระดาษ เป็นต้น ส่วนการพิมพ์หนังสือโพลีบูคด้วยระบบดิจิตอล 1 เล่ม ทำด้วยปกแข็ง 4 สี ขนาด A4 น้ำหนัก 500 กรัม (35-45 หน้า) และน้ำหนัก 800 กรัม (80-90 หน้า) ใช้อบรมุภัณฑ์ด้วยกระดาษ และพลาสติกมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 1.000 และ 1.420 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้กระดาษถึงร้อยละ 44 และการพิมพ์ร้อยละ 21 (Kariniemi, M., Nors, M., et al., 2010) นอกจากนี้ยังมีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านอื่นๆของอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP97 ซึ่งเป็นสิ่งพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่นปริมาณ 1 ตัน มีศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับ 1,350 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภาวะฝนกรดเท่ากับ 4 กิโลกรัมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบเท่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารในน้ำเท่ากับ 5.390 กิโลกรัมไนเตรดเทียบเท่า ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์เท่ากับ 38,800,000 ลูกบาศก์เมตรในอากาศ และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศเท่ากับ 133,000

ลูกบาศก์เมตรในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต (Larsen, H. F., Hansen, M. S., & Hauschild, M., 2009)

จากที่กล่าวมาข้างต้น การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะอาศัยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) โดยพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดซาก (Dias, A. C., Louro, M., Arroja, A., & Capela, I., 2004) ทำให้ทราบความรุนแรงผลกระทบที่ผลิตภัณฑ์ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รวมถึงการจัดการแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นทางเลือกในการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภค เพราะการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นหน้าที่ของทุกคน ไม่ใช่หน้าที่ของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเท่านั้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสิ่งพิมพ์ ทั้งการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตและดิจิตอล โดยมีโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะด้านภาวะโลกร้อนเป็นประเด็นที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ อีกทั้งเป็นการกระตุ้นให้ผู้ผลิตหรือบุคคลทั่วไปสนใจปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของโรงพิมพ์ได้อีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิตอล โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment:LCA) ศึกษากลุ่มผลกระทบในด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity)



### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการให้บริการงานพิมพ์ในแต่ละขั้นตอนของการพิมพ์ออฟเซตและดิจิทัลของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตั้งแต่การบริการงานก่อนพิมพ์ ประกอบด้วย การทำบรรณาธิการ การวางหน้า การปู้ฟีดดิจิทัล และการทำแม่พิมพ์ออฟเซต การบริการงานพิมพ์ประกอบด้วย การเตรียมเครื่องพิมพ์ และการพิมพ์ และการบริการงานหลังพิมพ์ ประกอบด้วย การตกแต่งสิ่งพิมพ์ และการขึ้นรูป โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ศึกษาในกลุ่มผลกระทบ ได้แก่ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) มีขอบเขตแบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business : B2B) พิจารณาในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต สำหรับการพิมพ์ออฟเซตจะพิจารณาร่วมกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ (PCR “Content Creation for Printing”) ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานก่อนพิมพ์ (PCR “Prepress”) และข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ (PCR “Press and Post Press”) ส่วนการพิมพ์ดิจิทัลพิจารณาร่วมกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ (PCR “Content Creation for Printing”) และสามารถเทียบเคียงหลักการรวบรวมข้อมูลจากข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ (PCR “Press and Post Press”)

### 1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ด้านการบริการของโรงพิมพ์ และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการ
2. กำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน และวัตถุประสงค์ให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกัน
3. สสำรวจกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการงานพิมพ์ ทั้งปริมาณการใช้ทรัพยากร, พลังงาน, ผลผลิตที่ได้ และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการการผลิต
4. รวบรวมข้อมูลและจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) ระบุสารเข้า และสารออกของการให้บริการงานพิมพ์

5. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยใช้สมุดมวลสารและพลังงาน
6. ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยวิเคราะห์ผลเป็นการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
7. แปลผลการวิจัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของข้อมูลให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการให้บริการงานพิมพ์แบบออฟเซตกับแบบดิจิทัล
8. แก้ไขข้อผิดพลาดและจัดทำรายงาน

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบริการงานพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัลของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยสามารถนำผลกระทบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ รวมถึงการหาแนวทางแก้ไขเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบริการงานพิมพ์

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์

กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ คือ การผลิตสิ่งพิมพ์ให้ได้ตามรูปแบบและจำนวนที่ต้องการ เช่น หนังสือ แผ่นพับ ฉลาก ฯลฯ โดยเริ่มตั้งแต่การรับต้นฉบับที่เป็นอาร์ตเวิร์ค จนเป็นชิ้นงานพร้อมส่งมอบให้ลูกค้า สามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

##### 2.1.1 กระบวนการก่อนการพิมพ์ (Pre-Press Process)

ในกระบวนการก่อนการพิมพ์ ต้นฉบับหรืออาร์ตเวิร์คจะถูกส่งเข้ามาในรูปแบบของไฟล์ดิจิทัลเป็นหลัก เนื่องจากมีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบ และควบคุมกระบวนการทำแม่พิมพ์

2.1.1.1 การแปลงข้อมูลดิจิทัล (Digitization) ถ้าอาร์ตเวิร์คเป็นภาพวาด ภาพลายเส้น ภาพถ่าย फिल्मสไลด์ फिल्मเนกาทีฟ จะต้องแปลงภาพเป็นข้อมูลดิจิทัล โดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ (Computer Scanner) ที่มีคุณภาพสูง (High-end Scanner) เพื่อให้มีคุณภาพที่ดี จากนั้นจึงจัดหน้าในคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์ เช่น Illustrator, Adobe Indesign เป็นต้น

2.1.1.2 การตรวจสอบไฟล์ข้อมูล (Preflight) เป็นการตรวจสอบรายละเอียดของไฟล์อาร์ตเวิร์ค หรือไฟล์งาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในงานพิมพ์ ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ เช่น FlightCheck, PreFlight Pro เป็นต้น การตรวจสอบของซอฟต์แวร์จะตรวจไฟล์ภาพ ขนาดหน้าของชิ้นงาน แบบตัวอักษร การกำหนดสี เป็นต้น

2.1.1.3 การจัดวางหน้าสำหรับทำแม่พิมพ์ (Imposition) แม่พิมพ์สามารถวางชิ้นงานได้หลายชิ้น เนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงาน เช่น วางหน้าหนังสือได้ 8 หน้า วางฉลากได้ 40 ชิ้น เป็นต้น ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงเกี่ยวข้องกับการจัดวางหน้าในการทำแม่พิมพ์แต่ละชุด การวางหน้าหนังสือจะต้องจัดวางให้ถูกต้อง เมื่อนำไปพับแล้วหน้าเรียงกันถูกต้อง ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดวางหน้าหนังสือ ได้แก่ Prep, InPosition, Impostrip เป็นต้น

2.1.1.4 การทำปฐพีดิจิทัล (Digital Proofing) เป็นการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ ก่อนที่จะทำแม่พิมพ์จริง เพื่อตรวจรายละเอียดต่างๆ การทำตัวอย่างหรือปฐพีในขั้นนี้ โดยทั่วไปจะใช้พริ้นเตอร์ระบบอิงค์เจ็ท (Inkjet Printer) ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถพิมพ์ตัวอย่างงานให้มีการจัดวางหน้าและขนาดใกล้เคียงกับแม่พิมพ์จริง การทำปฐพีดิจิทัลจะประหยัดกว่าการทำแม่พิมพ์จริงแล้วทำปฐพีจากแม่พิมพ์ เนื่องจากเมื่อมีการแก้ไขจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก

2.1.1.5 การทำฟิล์มแยกสี (Process Film Making) เป็นการแยกภาพในไฟล์งานออกมาเป็นภาพแต่ละสีในแต่ละแม่พิมพ์ โดยมาตรฐานจะได้ภาพแม่สี 4 ภาพ คือ สี CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) ซึ่งไฟล์งานจะถูกส่งในรูปแบบโพสต์สคริปต์ (PostScript File) แล้วแปลงเป็นไฟล์รูปแบบราสเตอร์ (Raster File) เพื่อส่งไปเครื่องยิงหรือพิมพ์ฟิล์ม มีลักษณะเป็นเครื่องพริ้นเตอร์ที่ใช้ลำแสงสร้างภาพแบบฮาล์ฟโทน (Halftone) บนแผ่นฟิล์มไวแสงได้เป็นฟิล์มที่มีภาพขาวดำตามภาพของแต่ละสีที่แยกไว้

2.1.1.6 การทำแม่พิมพ์ (Plate Making) หลังจากแยกสีแล้วจะนำฟิล์มของแต่ละสีมาทาบกับแม่พิมพ์ที่เคลือบสารไวแสง จากนั้นทำการฉายแสง ส่วนที่โดนแสงจะทำปฏิกิริยากับสารไวแสงเมื่อนำไปล้างน้ำยาจะเกิดภาพบนแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการพิมพ์ ปัจจุบันมีการสร้างเครื่องทำแม่พิมพ์โดยตรงจากคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องทำฟิล์ม หรือแยกสีก่อน ซึ่งเครื่องมีลักษณะการทำงานคล้ายเครื่องพิมพ์ฟิล์ม แต่เปลี่ยนวัสดุที่รับลำแสงเพื่อสร้างภาพจากฟิล์มไวแสงเป็นแม่พิมพ์ไวแสงแทน เครื่องที่ใช้ทำแม่พิมพ์จากคอมพิวเตอร์โดยตรงในการพิมพ์ระบบออฟเซต เรียกว่า เครื่องเพลทเซ็ทเตอร์ (Platesetter) ประโยชน์คือ ทำให้ลดขั้นตอนและค่าใช้จ่าย อีกทั้งได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพคมชัดแม่นยำขึ้น ส่วนข้อเสียคือ เพลทมีราคาสูง หากมีการแก้ไขหรือแม่พิมพ์ชำรุด จะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการทำแม่พิมพ์ใหม่สูงขึ้น

2.1.1.7 การทำปฐพีแทน/ปฐพีแม่พิมพ์ (Plate Proofing) กรณีที่ต้องการตัวอย่างงานพิมพ์ที่มีรายละเอียดและสีสันทันทีถูกต้องจะต้องทำปฐพีจากแม่พิมพ์จริงก่อน เพื่อเปรียบเทียบกับงานในกระบวนการพิมพ์ โดยใช้เครื่องปฐพีที่จำลองการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์จริงหรือใช้เครื่องพิมพ์จริง สำหรับประเภทงานที่มักต้องทำปฐพีแทน คือ งานนิตยสาร แค็ตตาล็อก โบรชัวร์ หรืองานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง

## 2.1.2 กระบวนการพิมพ์ (Press/Printing Process)

เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมาก เพราะชิ้นงานที่ออกมาจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการพิมพ์เป็นหลัก เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มักมาจากการที่พิมพ์แล้วสีไม่เหมือนตามทีลูกค้าต้องการ หรือมีการพิมพ์เหลื่อม ข้อความไม่ชัดเจน เป็นต้น กระบวนการพิมพ์จึงมีขั้นตอนดังนี้

2.1.2.1 การเตรียมพิมพ์ (Print Preparation) เป็นการเตรียมวัสดุที่จะใช้พิมพ์ให้พร้อมก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ โดยคำนวณจากจำนวนที่ต้องการพิมพ์ ตัดเจียนขนาดวัสดุที่ใช้พิมพ์ให้ถูกต้อง หรือการเตรียมหมึกที่จะใช้พิมพ์ ในขณะที่ต้องตรวจสอบความสมบูรณ์ของแม่พิมพ์ และบรูว์ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่างๆ

2.1.2.2 การพิมพ์ (Printing) แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นก็จะใช้สำหรับแต่ละสี ดังนั้นหลักการพิมพ์จะเป็นการพิมพ์สีทีละสีลงบนวัสดุที่ใช้พิมพ์ โดยทั่วไปจะมีระบบป้อนวัสดุที่ใช้พิมพ์เข้าไปในเครื่องพิมพ์ผ่านการพิมพ์ทีละสี มีการรับหมึกจากระบบจ่ายหมึกก่อนรับโอนภาพหมึกจากแม่พิมพ์ เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วจะส่งวัสดุที่ใช้พิมพ์ไปพักไว้ โดยเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องจะสามารถพิมพ์ได้ 1 สี 2 สี 4 สี หรือมากกว่านั้นตามคุณสมบัติของเครื่อง การพิมพ์หลายสีจึงอาจนำเข้าสู่เครื่องพิมพ์หลายเที่ยว เช่น เครื่องที่มีหน่วยพิมพ์สีเดียวเมื่องานพิมพ์ 4 สีหน้าเดียวจะต้องพิมพ์ทั้งหมด 4 เที่ยว นอกจากนี้เครื่องพิมพ์บางประเภทมีส่วนต่อท้ายหลังจากผ่านหน่วยการพิมพ์แล้ว เพื่อลดขั้นตอนการทำงานหลังการพิมพ์ เช่น หน่วยเคลือบผิว หน่วยอบแห้ง หน่วยพับ หน่วยตัด เป็นต้น เมื่อผ่านการพิมพ์ทั้งหมดแล้วต้องรอให้หมึกแห้งก่อนที่จะนำไปดำเนินการขั้นตอนต่อไป สำหรับการพิมพ์ระบบดิจิตอลจะไม่มีกระบวนการทำฟิล์มแยกสีหรือแม่พิมพ์ จึงส่งคำสั่งพิมพ์โดยตรงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์

## 2.1.3 กระบวนการหลังการพิมพ์ (After Press Process)

เป็นกระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานสมบูรณ์ ประกอบไปด้วยกระบวนการต่อไปนี้

2.1.3.1 การตกแต่งผิวชิ้นงาน (Surface Decoration) เช่น การเคลือบผิว เพื่อป้องกันรอยขีดข่วน ป้องกันความชื้น หรือต้องการความสวยงาม ซึ่งมีการตกแต่งผิวดังนี้

(1) การเคลือบผิว (Coating) เป็นการเคลือบวานิช ทั้งวานิชด้านและวานิชแบบใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (Water based varnish), การเคลือบพีวีซีเงาหรือพีวีซีด้าน, การเคลือบยูวี และการเคลือบเงาเฉพาะจุด (Spot UV) โดยการเคลือบวานิชจะให้ความเงาที่น้อยที่สุด ส่วนการเคลือบพีวีซีเงาจะให้ความเงามากที่สุด

(2) การรีด/ปั๊มแผ่นฟอยล์ (Hot Stamping) เป็นการปั๊มด้วยความร้อนให้แผ่นฟอยล์ติดบนชิ้นงานตามรูปแบบปั๊ม มีทั้งปั๊มฟอยล์เงิน/ทอง, ฟอยล์ลวดลายต่างๆ, ฟอยล์สีต่างๆ เป็นต้น

(3) การปั้มนูน/ปั้มลึก (Embossing/Debossing) เป็นการปั้มชิ้นงานให้นูนหรือลึกลงจากผิวชิ้นงาน ตามรูปแบบปั๊ม เช่น การปั้มนูนตัวอักษร สัญลักษณ์ เป็นต้น

2.1.3.2 การขึ้นรูป (Forming) ได้แก่ การตัดเจียน การไต่คัท การพับ การม้วน และการตากาวหรือทำให้ติดกัน

2.1.3.3 การทำรูปเล่ม (Book Making) เป็นขั้นตอนเพื่อทำหนังสือ สมุด ปฏิทิน นิตยสาร วารสาร ฯลฯ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) การตัดแบ่ง เป็นการแบ่งงานพิมพ์ที่ซ้ำกันในแผ่นเดียวกัน
- (2) การพับ เป็นการพับแผ่นพิมพ์ให้เป็นหน้ายก
- (3) การเก็บเล่ม เป็นการเก็บรวมแผ่นพิมพ์ที่พับแล้วมาเรียงให้ครบเล่ม
- (4) การเข้าเล่ม เป็นการทำให้แผ่นพิมพ์ยึดติดกันเป็นเล่ม อาจเย็บด้วยลวดเย็บมุงหลังคา หรือการไสสันตากาวก็ได้
- (5) การเย็บก๊ทากาว การเย็บก๊ทุ้มปกแข็ง การเจาะรูร้อยห่วง โดยเมื่อผ่านกระบวนการยึดเล่มติดกันแล้วจะนำชิ้นงานมาตัดเจียนขอบสามด้านให้เรียบเสมอกันตามขนาดที่ต้องการ (Plan Printing, 2012)

## 2.2 การพิมพ์ออฟเซต (Offset Lithography)

การพิมพ์ออฟเซตลิโธกราฟี หรือ การพิมพ์ออฟเซต เป็นการพิมพ์พื้นราบที่พัฒนาจากระบบพิมพ์หิน มีหลักการคือ การแยกส่วนของบริเวณภาพ (Image area) และไม่ใช่ภาพ (Non-image area) ออกจากกันบนแม่พิมพ์ด้วยวิธีทางเคมี โดยบริเวณที่เป็นภาพจะรับหมึกพิมพ์ และบริเวณที่ไม่ใช่ภาพจะรับน้ำ แล้วถ่ายทอดหมึกพิมพ์ผ่านตัวกลางหรือไม่ก็ได้ไปยังกระดาษหรือวัสดุอื่นๆ หัวใจสำคัญของการพิมพ์ออฟเซตคือ การที่ชั้นฟิล์มของน้ำสามารถป้องกันการเคลื่อนที่ของหมึกพิมพ์ไม่ให้เข้าไปในบริเวณภาพได้ และยังสามารถระเหยบนตัวกลางได้ทันก่อนที่หมึกจะถูกถ่ายลงบนกระดาษพิมพ์ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำถูกถ่ายลงบนกระดาษ เพราะจะทำให้กระดาษเกิดการขยายตัว

หน่วยพิมพ์ออฟเซตประกอบด้วยโมหลัก 3 ลูก ได้แก่

**โมแม่พิมพ์** (Plate cylinder) ทำหน้าที่รับน้ำจากหน่วยความชื้น (Dampening unit) ก่อนรับหมึกที่หน่วยจ่ายหมึก (Inking unit) ในบริเวณที่เป็นภาพ

**โมผ้ายาง** (Blanket cylinder) ทำหน้าที่รับหมึกและถ่ายโอนภาพจากโมแม่พิมพ์ โดยจะกลับด้านซ้ายเป็นขวา และด้านขวาเป็นซ้ายเหมือนภาพในกระจกเงา

**โมกดพิมพ์** (Impression cylinder) ทำหน้าที่กดพิมพ์เมื่อกระดาษวิ่งผ่านระหว่างโมผ้ายางและโมแม่พิมพ์ ทำให้กระดาษรับหมึกพิมพ์ออกมาเป็นรูปตามแบบที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีการควบคุมแรงกดพิมพ์ให้เหมาะสม



ภาพที่ 2.1 หน่วยพิมพ์ออฟเซต

หมายเหตุ. จาก <http://www.penprinting.co.th/history/cylinders1.gif>

การพิมพ์ออฟเซตส่วนใหญ่ใช้กับงานพิมพ์หนังสือ วารสาร นิตยสาร โปสเตอร์ โบรชัวร์ แผ่นพับ หนังสือพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ เพราะสามารถพิมพ์ได้จำนวนมาก ต้นทุนต่ำ และคุณภาพสูงกว่าการพิมพ์ระบบอื่น ปัจจุบันนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทูปเลต (Computer-to-plate) มาใช้แทนการสร้างภาพบนฟิล์ม (Imagesetter) ซึ่งควบคุมคุณภาพได้ง่ายขึ้น และลดระยะเวลาการทำงาน (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2557)

## 2.2.1 โครงสร้างของระบบพิมพ์ออฟเซต

โครงสร้างของเครื่องพิมพ์ ประกอบด้วยหน่วยดังต่อไปนี้

### 2.2.1.1 หน่วยป้อน

ทำหน้าที่แยกกระดาษที่ละแผ่นออกจากกองกระดาษแล้วส่งต่อไปยังหน่วยพิมพ์ผ่านแผงป้อน (Feed board) โดยมีการควบคุมการเคลื่อนที่ให้เป็นแนวตรง และเป็นจังหวะสม่ำเสมอตามความเร็วที่ตั้งไว้ (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2545)

ประกอบด้วย Stock board เป็นชั้นวางกระดาษก่อนส่งเข้าพิมพ์ โดยมี Blower pipe เป็นท่อลมเพื่อเป่ากระดาษให้ฟูแยกจากกัน และ Suction feet หรือเท้าลม ทำหน้าที่ดูดกระดาษเพื่อส่งไปยัง Pull in wheel หรือล้อกระดาษ แล้วส่งต่อไปยัง Separator fingers หรือตัวแยกกระดาษ ทำหน้าที่กดกระดาษเพื่อให้เท้าลมดูดเฉพาะกระดาษแผ่นบนสุด (สุรสิทธิ์ วิทยารัฐ, 2542)

กลไกการป้อนกระดาษมี 2 ลักษณะ คือ

(1) การป้อนแผ่น ออกแบบเพื่องานพิมพ์จำนวนไม่มาก เช่น วารสาร นิตยสาร หนังสือ หรือแบบฟอร์มทั่วไป โดยสามารถพิมพ์งานได้ 2 หน้าต่อเนื่องในเครื่องพิมพ์ ซึ่งหน่วยป้อนจะทำหน้าที่แยกกระดาษส่วนบนออกจากท้ายกองกระดาษด้วยหัวลมเป่า จากนั้นหัวลมดูดจะดูดแผ่นกระดาษด้านบนสุด ส่งกระดาษไปยังแผ่นกระดาษป้อน ก่อนเข้าหน่วยพิมพ์ เรียกว่า การป้อนแผ่นแบบต่อเนื่อง (Stream feeding) ในขณะที่การป้อนทีละแผ่น (Single sheet feeding) จะมีหัวลมดูดอยู่ที่ด้านบนกองกระดาษ โดยจะดูดกระดาษทีละแผ่นเข้าแผ่นป้อนกระดาษ ซึ่งปัจจุบันความนิยมใช้กันลดลง

(2) การป้อนม้วน ออกแบบเพื่องานพิมพ์จำนวนมากกว่า 100,000 แผ่นขึ้นไป มีความเร็วสูงในการพิมพ์ จึงเหมาะกับการพิมพ์หนังสือพิมพ์ หนังสือเรียน แคตตาล็อก หรือใบปลิว ประชาสัมพันธ์ เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนจะมีหน่วยป้อนเรียกว่า Reel stand เพื่อคลายม้วนออก โดยใช้มอเตอร์ควบคุมการหมุน มีระบบต่อม้วนกระดาษอัตโนมัติ ทำให้เครื่องพิมพ์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2557)

### 2.2.1.2 หน่วยส่งกระดาษ

ประกอบด้วยสายพานพากระดาษที่รับจากเท้าดูดลม ล้อส่งกระดาษบนสายพานเพื่อบังคับกระดาษไม่ให้ปลิวหรือเหยียดขึ้น โดยมี Front guide หรือฉากหน้าเป็นตัวบังคับให้กระดาษหยุด และ Slide guide หรือฉากข้าง ทำหน้าที่ผลักกระดาษด้านข้างให้ได้แนวฉากหรือตำแหน่งที่กำหนด เพื่อป้อนกระดาษเข้าสู่หน่วยพิมพ์



### 2.2.1.3 หน่วยจ่ายหมึก

ประกอบด้วย ink fountain เป็นรางใส่หมึก โดยมีสกรูบังคับการไหลของหมึกตามความต้องการ และมี Ductor roller หรือลูกกลิ้งรับส่งหมึก ทำหน้าที่รับหมึกไปยังลูกกลิ้งบดหมึก รวมถึง Distributing roller หรือลูกกลิ้งเกลี่ยหมึก และ Form roller ทำหน้าที่จ่ายหมึกให้กับแม่พิมพ์ (สุรสิทธิ์ วิทยารัฐ, 2542)

โดยหน่วยจ่ายหมึกจะทำหน้าที่ถ่ายโอนหมึกไปยังแม่พิมพ์ผ่านลูกกลิ้งเพื่อช่วยควบคุมความหนาของชั้นหมึกตามต้องการ ซึ่งชั้นหมึกควรถ่ายโอนจากผ้าไปยังผิวกระดาษทั้งหมด ความหนาของชั้นหมึกบนแม่พิมพ์จึงควรบาง เพราะจะทำให้ชั้นฟิล์มของหมึกพิมพ์มีความโปร่งใส เมื่อซ้อนทับกันเวลาพิมพ์งาน 4 สี จะผสมกันแล้วให้เฉดสีที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของการพิมพ์ออฟเซต แต่ก็ขึ้นกับสมบัติความหนืดและความถ่วงจำเพาะของหมึกพิมพ์กับจำนวนลูกกลิ้งในระบบจ่ายหมึกอีกด้วย

(1) หน่วยจ่ายหมึกที่ดีควรมีระบบหล่อเย็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิหมึกพิมพ์ไม่ให้สูงเกินไป (25-30 °C)

(2) ตรวจสอบความแข็งของผิวลูกกลิ้งยางไม่ให้มีค่าเกินที่ผู้ผลิตกำหนด เพื่อป้องกันปริมาณการถ่ายโอนหมึกไม่คงที่ (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2557)

### 2.2.1.4 หน่วยทำขึ้น

มีส่วนประกอบคล้ายหน่วยหมึก แต่จำนวนลูกกลิ้งน้อยกว่า ได้แก่ Fountain roller เป็นลูกกลิ้งอยู่ในรางน้ำยาฟาว์นเทน Ductor roller เป็นลูกกลิ้งทำหน้าที่รับส่งน้ำยาฟาว์นเทน และ Form roller เป็นลูกกลิ้งจ่ายน้ำให้แม่พิมพ์ (สุรสิทธิ์ วิทยารัฐ, 2542)

โดยหน่วยทำขึ้นจะทำหน้าที่ถ่ายโอนน้ำยาฟาว์นเทนไปเกาะเป็นฟิล์มบางๆที่ผิวแม่พิมพ์ทั้งส่วนบริเวณที่เป็นภาพและไม่ใช่ว่า โดยบริเวณที่ไม่ใช่ภาพน้ำยาฟาว์นเทนจะยึดเกาะผิวแม่พิมพ์ด้วยพันธะทางเคมี เพื่อป้องกันไม่ให้บริเวณนั้นรับหมึก ในขณะที่บริเวณที่เป็นภาพจะไม่เกิดพันธะเคมี เนื่องจากสารเคลือบผิวบริเวณภาพไม่มีคุณสมบัติดังกล่าว น้ำยาฟาว์นเทนจึงกระจายตัวเป็นสารแขวนลอยในหมึกพิมพ์แทน เรียกว่า อิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งอัตราส่วนระหว่างน้ำยาฟาว์นเทนกับหมึกพิมพ์มีความสำคัญมาก เพราะมีผลต่อระยะเวลาการเกิดสมดุลของอิมัลชันในระหว่างการพิมพ์ และอัตราการระเหยของน้ำยาฟาว์นเทนออกจากหมึกพิมพ์หลังถ่ายโอนหมึกไปยังผ้าและกระดาษพิมพ์ โดยปกติอัตราส่วนน้ำยาฟาว์นเทนอยู่ที่ร้อยละ 20-40 ของปริมาณหมึกทั้งหมด (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2557)

### 2.2.1.5 หน่วยพิมพ์

ประกอบด้วย Plate cylinder เพื่อม้วนแม่พิมพ์รอบลูกกลิ้ง Blanket cylinder เพื่อม้วนแผ่นยางรอบลูกกลิ้ง และรับหมึกจากแม่พิมพ์ และ Impression cylinder ทำหน้าที่อัดกระดาษกับ Blanket cylinder (สุรสิทธิ์ วิทยารัฐ, 2542)

### 2.2.1.6 หน่วยทำแห้ง

ทำหน้าที่ให้หมึกพิมพ์หรือสารเคลือบเซ็ทตัวหรือแห้งก่อนที่จะถูกส่งไปที่หน่วยส่งของเครื่องพิมพ์ โดยความเร็วในการพิมพ์ต้องสอดคล้องกับการแห้งของหมึกพิมพ์หรือสารเคลือบด้วย (รศ.ดร.อรุณ หาญสีบสาย, 2557)

## 2.2.2 การพิมพ์ออฟเซตไร้น้ำ (Waterless offset printing)

การพิมพ์ออฟเซตไร้น้ำเป็นอีกทางเลือกของอุตสาหกรรมกรรมการพิมพ์ เนื่องจากไม่ใช้น้ำยาฟาว์นเทน ทำให้ภาพมีความคม สีสดใส สามารถควบคุมและปรับค่าการจ่ายหมึกได้ตามต้องการ ใช้เวลาดลดลง ซึ่งระบบการทำงานเป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทูปเลต (CTP) หรือคอมพิวเตอร์ทูปเพรส (CT-Press) แม่พิมพ์สามารถใช้หมึกยูวีได้ ทำให้งานมีคุณภาพสูงขึ้นอีกด้วย

การพิมพ์ออฟเซตแบบไร้น้ำจึงต่างจากการพิมพ์ออฟเซตทั่วไปตรงที่ไม่มีหน่วยทำความชื้นและหมึกพิมพ์ไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติไม่รวมตัวกับน้ำ อีกทั้งยังได้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพสูง มีความสม่ำเสมอ สามารถพิมพ์บนผิววัสดุได้หลากหลาย ให้ขอบเขตของสีกว้าง และความอิมิตัวของสีสูง (รศ.ดร.อรุณ หาญสีบสาย, 2557)

## 2.2.3 แม่พิมพ์ (Printing plate)

แม่พิมพ์ออฟเซต มี 2 แบบ คือ แม่พิมพ์ทำเองหรือ wipe-on-plate กับแม่พิมพ์สำเร็จรูปหรือที่รู้จักกันในชื่อ “พรีเซนซิไทส์” (presensitized plate) โดยแบบแรกเป็นแม่พิมพ์ที่ต้องใช้งานทันทีหลังจากทำการเคลือบผิวและทำให้แห้งแล้ว สารไวแสงที่ใช้ส่วนใหญ่จะผสมทำเอง สารเคมีหลักได้แก่ โพรเตสเซียม ไบโครเมต และอัลบูมิน (ไข่ขาว) สำหรับแม่พิมพ์พรีเซนซิไทส์เป็นแม่พิมพ์ที่ทำการเคลือบสำเร็จรูปมาก่อนจากโรงงานผลิต สะดวกในการใช้งานและสามารถเก็บไว้ใช้งานได้นาน สารไวแสงเป็นสารประกอบประเภทไดอะโซหรือพอลิเมอร์ ผสมรวมกับสีย้อม (dyes) และแลคเกอร์ แม่พิมพ์สำเร็จรูปนี้ก่อนนำออกสู่ตลาดจะถูกทำการฉายแสงบางส่วนก่อน (pre-exposure) เพื่อความแข็งแรงของสารเคลือบเอง นับว่าเป็นข้อดีประการหนึ่ง และเมื่อนำไปใช้งานจริงจะทำให้ใช้เวลาฉายแสงน้อยลง

แม่พิมพ์ที่ดีจะต้องสามารถแยกบริเวณส่วนที่เป็นภาพและไม่ใช่ออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการให้บริเวณภาพหรือส่วนที่เป็นสารเคลือบ ซึ่งมีความหนาประมาณ 2 ไมครอน มีสมบัติเข้ากับได้กับหมึกเท่านั้น ในขณะที่บริเวณที่ไม่ใช่ภาพหรือส่วนที่เป็นโลหะของแม่พิมพ์จะต้องมีสมบัติเข้ากันได้ดีกับน้ำยาฟาว์นเทนอย่างเดียวกัน โดยผิวแม่พิมพ์ในส่วนที่เป็นภาพจะต้องเรียบพอที่จะทำให้ภาพพิมพ์มีความคมชัดได้ดี ความหยาบของผิว ณ บริเวณดังกล่าวควรมีไม่เกิน 0.6 ไมครอน นอกจากนี้แม่พิมพ์จะต้องมีสมบัติต้านทานต่อแรงกดพิมพ์และการสึกกร่อนจากการสัมผัสกับหมึกพิมพ์ น้ำยาฟาว์นเทน และผิวกระดาษ เป็นต้น

### 2.2.3.1 แม่พิมพ์เนกาทีฟ และพอสิตีฟ

ข้อแตกต่างของแม่พิมพ์ทั้งสองชนิดอยู่ที่สารเคลือบไวแสงที่มีสมบัติไม่เหมือนกัน กล่าวคือสารเคลือบไวแสงเนกาทีฟ เมื่อได้รับพลังงานแสงแล้วจะเปลี่ยนโครงสร้างให้แข็งตัวไม่สามารถละลายได้ด้วยน้ำยาสร้างภาพ ในขณะที่สารเคลือบไวแสงพอสิตีฟจะให้ผลตรงกันข้าม เพื่อให้สอดคล้องกับฟิล์มต้นฉบับเนกาทีฟและพอสิตีฟที่ใช้ตามลำดับ ซึ่งผลของภาพที่ปรากฏบนแม่พิมพ์ทั้งสองหลังจากผ่านขั้นตอนการสร้างภาพแล้วจะได้เหมือนกันคือ ภาพดูเหมือนจริงอ่านออก

การใช้แม่พิมพ์เนกาทีฟมีข้อพึงระวังเป็นพิเศษคือ ต้องพยายามไม่ให้ฝุ่นเกาะที่ฟิล์มต้นฉบับเนกาทีฟ (ส่วนใส) หรือที่แม่พิมพ์เป็นอันตราย เพราะจะมีส่วนทำให้บริเวณภาพเกิดรอยจุดขาวได้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับแม่พิมพ์พอสิตีฟนั้นมีความได้เปรียบกว่าตรงที่บริเวณภาพ (ส่วนทึบของฟิล์ม) จะไม่เห็นรอยจุดขาวจากฝุ่นเหล่านี้ หรือถ้ามีฝุ่นเกาะที่บริเวณไม่ใช่ภาพ (ส่วนใสของฟิล์ม) ก็สามารถลบรอยเหล่านี้ได้จากการฉายแสงผ่านแผ่นกระจิงแสง (diffuser) โดยขั้นตอนนี้จะกระทำฉายแสงครั้งที่ 2 หลังจากที่ทำกรฉายแสงหลักแล้ว

การเปลี่ยนแปลงเวลาฉายแสง โดยเฉพาะการฉายแสงนานๆในกรณีแม่พิมพ์เนกาทีฟจะทำให้ขนาดภาพและขนาดเม็ดสกรีนขนาดใหญ่ได้ (เม็ดสกรีนบวม) จะตรงกันข้ามกับแม่พิมพ์พอสิตีฟที่การฉายแสงนานๆมีแนวโน้มทำให้เกิดเม็ดสกรีนกร่อน (dot loss) หรือขนาดภาพเล็กลง

สำหรับแม่พิมพ์เนกาทีฟ การเปลี่ยนแปลงเวลาฉายแสงจะมีผลต่อความแข็ง (hardness) ของสารเคลือบส่วนที่เป็นภาพได้ ยิ่งฉายแสงนานก็จะยิ่งทำให้สารเคลือบมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งช่างพิมพ์จะต้องพิจารณาให้ดี ไม่ให้เวลาฉายแสงน้อยเกินไป และในทางปฏิบัติยังพบอีกว่าแม่พิมพ์ต่างชนิดกันหรือแม้กระทั่งคนละล็อตต่างกันก็ตาม ต้องการเวลาฉายแสงต่างกันไปด้วย ดังนั้นช่างพิมพ์ควรทำการทดสอบทุกครั้งที่เปลี่ยนแม่พิมพ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์พอสิตีฟเวลาฉายแสงจะไม่มีผลต่อความแข็งของสารเคลือบเลย และการเปลี่ยนชุดแม่พิมพ์ใหม่ เวลาฉายแสงก็จะไม่

ต่างกันมากนัก ด้วยเหตุผลดังกล่าวการทำมาตรฐานการทำแม่พิมพ์จึงนิยมใช้แม่พิมพ์พอลิทีฟเป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้แม่พิมพ์พอลิทีฟยังมีข้อได้เปรียบกว่าแม่พิมพ์เนกาทีฟอีก

ก) การฉายแสงนานกว่าปกติของแม่พิมพ์พอลิทีฟ จะทำให้ลักษณะเม็ดสกรีนมีความคมชัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับขนาดลดลง ซึ่งการเกิดเม็ดสกรีนกร่อนนี้นับว่าเป็นประโยชน์ต่อการชดเชยภาวะการเกิดเม็ดสกรีนบวมในขั้นตอนการพิมพ์ได้

ข) ส่วนที่เป็นภาพ (สารเคลือบ) บนแม่พิมพ์พอลิทีฟสามารถเพิ่มความแข็งแรง และทนต่อการสึกกร่อน ยืดอายุการใช้งานได้ด้วยการนำไปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 200 °C หลังจากผ่านการสร้างภาพแล้ว

### 2.2.3.2 แม่พิมพ์สำเร็จรูป

ปัจจุบันแม่พิมพ์สำเร็จรูปใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ยุติกันดีมากกว่าแม่พิมพ์ทำเอง แม่พิมพ์สำเร็จรูปมีโครงสร้างแบบออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่

ก) ฐานโลหะ มีความหนาให้เลือกใช้ระหว่าง 0.006-0.020 นิ้ว วัสดุที่ใช้เป็นอะลอยโลหะผสม (alloy) ระหว่างอะลูมิเนียม ทองแดง และแมงกานีส โดยอะลูมิเนียมจะเป็นองค์ประกอบหลักที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ อะลอย 1050 ซึ่งมีปริมาณอะลูมิเนียมสูงถึงร้อยละ 99.5 กับทองแดงอีก 0.5 ทำให้การปรับผิวโดยเฉพาะวิธีทางไฟฟ้าเคมีมีประสิทธิภาพ และป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี ในขณะที่อะลอย 3003 เป็นโลหะผสมระหว่างอะลูมิเนียมร้อยละ 98.5 กับแมงกานีส 1.5 ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องการแม่พิมพ์ที่มีความแข็งแรงมากขึ้น ทนต่อการโค้งงอและแรงกดพิมพ์ได้เป็นอย่างดี พบว่าความหยابของผิวฐานโลหะแม่พิมพ์จะมีผลโดยตรงต่อความละเอียดของภาพพิมพ์ที่ได้ แม่พิมพ์มาตรฐานทั่วไปจะมีความหยابของผิวอยู่ที่ 0.8-1.2 ไมครอน ถ้าความหยابน้อยกว่านี้อาจมีผลทำให้การยึดติดกับสารเคลือบไม่ดี เกิดปัญหาแม่พิมพ์หลุดลอกได้ง่าย

ข) ชั้นอะโนไดส์ เป็นชั้นบางๆของอะลูมิเนียมออกไซด์หนาประมาณ 1 ไมครอน มีความแข็งแรงประมาณ 7 Mohs ช่วยป้องกันการสึกกร่อนหรือรอยขีดข่วนที่อาจเกิดบนผิวแม่พิมพ์

ค) ชั้น passivating เป็นสารประกอบประเภทซิลิเคต (silicate compound) ทำหน้าที่กั้นสารเคลือบไวแสงไม่ให้สัมผัสทำปฏิกิริยากับฐานโลหะโดยตรง เพื่อให้ง่ายต่อการล้างสารเคลือบที่ไม่ต้องการออกไปในขั้นตอนการสร้างภาพ มิฉะนั้นจะต้องใช้เวลาล้างนานขึ้นหรืออาจเกิดคราบรอยต่างบนแม่พิมพ์ ณ บริเวณที่ล้างสารเคลือบออกไม่หมด ชั้นนี้ยังมีข้อดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการเปียกผิว (wettability) กับน้ำยาฟาว์เทน ณ บริเวณดังกล่าวได้อีกด้วย

ง) ชั้นสารเคลือบไวแสง เป็นสารผสมระหว่างสารประกอบไดอะโซหรือพอลิเมอร์ไวแสงร่วมกับสีย้อมและแลคเกอร์ โดยสีย้อมจะสีต่างๆกันเพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ระบุชนิดของแม่พิมพ์ และเพิ่มคอนทราสต์ของภาพทำให้ช่างทำแม่พิมพ์สามารถตรวจสอบความถูกต้องของภาพบนแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น ส่วนแลคเกอร์จะช่วยให้สารเคลือบมีความแข็งแรงทนต่อแรงกดพิมพ์ได้ดี จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้พิจารณาอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ได้

### 2.2.3.3 แม่พิมพ์คอมพิวเตอร์ทุเพลต (CTP-Plate)

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทุเพลต หรือ CTP ต้องการแม่พิมพ์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของเลเซอร์ที่ใช้ในเครื่องสร้างภาพนั้นๆ และมีความไวสูงขึ้นกว่าแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ใช้กันทั่วไป เลเซอร์ที่ใช้เป็นเครื่องสร้างภาพหรือเพลตเช่นเตอร์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

(1) เลเซอร์ช่วงความยาวคลื่นมองเห็นได้ (visible lasers) เช่น เลเซอร์อาร์กอนสีเขียว (490nm) เลเซอร์ไดโอดสีแดง (625nm) เลเซอร์ FD-YAG สีเหลือง (540nm) และเลเซอร์ไดโอด UV สีน้ำเงิน (410nm) เป็นต้น แม่พิมพ์ที่ออกแบบมาใช้มี 3 ประเภท ได้แก่

ก) แม่พิมพ์ซิลเวอร์-เฮไลต์ (Agx) เป็นแม่พิมพ์ความไวสูง ใช้พลังงานในการทำปฏิกิริยาไม่มากเท่าใดนัก จึงสามารถใช้เลเซอร์กำลังต่ำๆได้ แต่มีข้อจำกัดตรงที่แม่พิมพ์ชนิดนี้ถูกแสงสว่างไม่ได้ ถ้าจะใช้ไฟนिरภัยต้องกำหนดสีแดงเข้มที่ประมาณ 700 nm และระบบน้ำยาสร้างภาพจะทำให้สูญเสียปริมาณของธาตุเงินได้ การนำไปใช้งานใช้ได้ทั้งพิมพ์งานคอมเมอร์เชียลสิ่งพิมพ์ทั่วไปและหนังสือพิมพ์จำนวนพิมพ์ทำได้สูงถึง 200,000 กดพิมพ์ให้ความละเอียดสูงมากกว่า 200 lpi และช่วงน้ำหนักระหว่าง 1%-98% หลักการสร้างภาพใช้วิธีที่เรียกว่า diffusion transfer development แม่พิมพ์มี 3 ชั้น ชั้นบนเป็นสารเคลือบไวแสง เมื่อถูกแสงแล้ว Agx เกิดปฏิกิริยาที่ชั้นบน ในขณะที่ Agx ยังไม่ถูกแสงจะเคลื่อนที่ไปยังชั้นกลางเรียกว่า อิมัลชัน (emulsion) เกิดปฏิกิริยากันทำให้ชั้นกลางมีความแข็งแรงติดกับฐานแม่พิมพ์ ส่วนบริเวณไม่ใช้ภาพที่ไม่มีสารเคลื่อนที่ของ Agx จะถูกชะล้างออกไปในโพรเซสเซอร์ หรือเครื่องล้าง

ข) แม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์ เป็นแม่พิมพ์ความไวปานกลางที่ต้องใช้เลเซอร์กำลังสูงพอควร ออกแบบมาสำหรับงานพิมพ์จำนวนมากๆ (long run) การทำงานของระบบ CTP กับแม่พิมพ์ชนิดนี้จะเร็วและคล่องตัวกว่าแม่พิมพ์ซิลเวอร์-เฮไลต์ หลักการสร้างภาพจะตรงข้ามกับแบบซิลเวอร์-เฮไลต์ตรงที่บริเวณภาพจะถูกทำการฉายแสงลงบนแม่พิมพ์ ซึ่งมี 3 ชั้น ชั้นบนเป็นชั้น overcoat layer ป้องกันไม่ให้อากาศทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันกับสารเคลือบพอลิเมอร์ ซึ่งอาจเกิดการแข็งตัวของสารเคลือบเสียก่อน หลังจากฉายแสงแล้วจะต้องผ่านขั้นตอน วิธีที่ให้ความร้อนที่ประมาณ 100°C ก่อนทำการสร้างภาพ เพื่อช่วยให้ส่วนบริเวณภาพที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน

มีความแข็งแรงและแข็งตัวมากขึ้น โดยปกติเครื่องล้างจะรวมฟังก์ชันพรีฮีทร่วมด้วย แม่พิมพ์ชนิดนี้จะมี ความทนทานพิมพ์ได้จำนวน 200,000 กดพิมพ์ พอๆกับแม่พิมพ์ซิลเวอร์-เฮไลต์ แต่ถ้านำไปอบที่ อุณหภูมิ 220-250°C หลังจากการสร้างภาพแล้วจะช่วยให้แม่พิมพ์แข็งแรงขึ้น เพิ่มจำนวนพิมพ์ได้สูง ถึง 1,000,000 กดพิมพ์ สำหรับคุณภาพงานพิมพ์สามารถเก็บรายละเอียดเม็ดสกรีนได้ตั้งแต่ 2-98% ที่ความละเอียด 175 lpi

ค) แม่พิมพ์ UV มีหลักการเหมือนแม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์ แต่จะต่างกัน ตรงที่แม่พิมพ์ UV ออกแบบมาให้ไวแสงในช่วงคลื่นที่ประมาณ 400-410 nm. ซึ่งเทคโนโลยีนี้มี แนวโน้มได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ใช้จำนวนมากใน ท้องตลาด มีอายุการใช้งานนานกว่าเลเซอร์ชนิดอื่น ห้องทำงานสามารถใช้ไฟนิรภัยสีเหลืองได้ เช่นเดียวกับแม่พิมพ์สำเร็จรูป และคุณภาพงานพิมพ์ไม่แตกต่างกับแม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์

แม่พิมพ์ UV ถูกออกแบบมาให้ใช้กับงานพิมพ์ทั่วไป เช่นเดียวกับ แม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์ โดยปกติจะพิมพ์ได้จำนวน 200,000 กดพิมพ์ แต่ถ้าผ่านการอบจะเพิ่มจำนวน พิมพ์ได้ถึง 1,000,000 กดพิมพ์

(2) เลเซอร์ช่วงรังสีความร้อน (thermal lasers) ได้แก่ เลเซอร์ไดโอด (830) และเลเซอร์ YAG (1050nm) ดมพิมพ์จะออกแบบมาโดยเฉพาะให้สารเคลือบมีสมบัติความไว ต่อรังสีช่วงคลื่นดังกล่าว เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้ เรียกแม่พิมพ์ประเภทนี้ว่า แม่พิมพ์เทอร์มัล หรือ แม่พิมพ์ความร้อนก็ได้ มีให้เลือก 2 แบบคือ แบบเนกาทีฟ และพอสิตีฟ การใช้งานของแม่พิมพ์ ประเภทนี้จะสามารถทำได้ในห้องสว่างและเนื่องจากสารเคลือบผิวมีความไวต่ำจึงต่ำการเลเซอร์กำลัง สูงในขั้นตอนการฉายแสง ในขณะที่คุณภาพงานพิมพ์ที่ได้จะอยู่ในเกณฑ์เช่นเดียวกับแม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์

ก) แม่พิมพ์ความร้อนแบบเนกาทีฟ มีหลักการคล้ายระบบแม่พิมพ์โฟโต้พอลิเมอร์ที่ต้องการพรีฮีทที่อุณหภูมิ 150-180 °C ก่อนทำการสร้างภาพในเครื่องล้าง รังสีความร้อนจะ ทำให้แม่พิมพ์ปล่อยสารกรดอิสระ (free acid) ออกมา และเมื่อนำไปพรีฮีทจะกระตุ้นให้กรดทำ ปฏิกิริยากับสารเคลือบ เปลี่ยนสภาวะโครงสร้างให้แข็งตัวไม่ละลายในน้ำยาสร้างภาพ หลังการสร้าง ภาพจะทำให้แม่พิมพ์ทนทานขึ้นถึง 1,000,000 กดพิมพ์

ข) แม่พิมพ์ความร้อนแบบพอสิตีฟ แม่พิมพ์ประเภทนี้หลังจากขั้นตอนฉาย แสงแล้ว นำไปผ่านเครื่องล้างได้ทันที ไม่ต้องผ่านขั้นตอนพรีฮีทเพราะส่วนที่ถูกรังสีจะละลายออกได้ แม่พิมพ์มีความทนทานพิมพ์ได้ 200,000 กดพิมพ์เท่านั้น ไม่สามารถนำไปอบเพิ่มความแข็งแรงได้ (รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย, 2545)

## 2.3 การพิมพ์ดิจิทัล (Digital printing)

การพิมพ์ดิจิทัล หมายถึง กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ที่ไม่ผ่านแม่พิมพ์ แต่จะพิมพ์ลงผิววัสดุโดยตรง ซึ่งหมึกพิมพ์ที่ใช้มีทั้งรูปแบบที่เป็นผง (Dry toner) และของเหลว (Liquid toner) ในที่นี้กล่าวถึงระบบพิมพ์อิงค์เจ็ท (Inkjet) หรือพ่นหมึก เป็นการพิมพ์โดยพ่นหมึกขนาดเล็กไปที่ผิววัสดุแบบไม่จำกัดประเภทผิววัสดุที่ใช้พิมพ์ มีเทคนิคการพ่นหมึกทั้งแบบที่ละลายตามต้องการ (Drop-on-demand) และพ่นแบบต่อเนื่อง (Continuous) ข้อดีของการพิมพ์ดิจิทัลคือ การทำงานจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยตรง จึงสามารถรับข้อมูลสั่งพิมพ์ได้รวดเร็ว และแก้ไขได้ง่าย

ระบบพิมพ์อิงค์เจ็ทความเร็วสูงได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจากศักยภาพที่สามารถเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ของธุรกิจการพิมพ์ได้ นับเป็นความสำเร็จของการพัฒนาของผู้ผลิต โดยเฉพาะหัวพ่นหมึกที่มีมากถึงล้านหัว และแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งหน่วยป้อนกระดาษได้เปลี่ยนเป็นแบบป้อนม้วน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้เร็วขึ้น จำนวนหมึกพิมพ์ได้เพิ่มเป็น 5 และ 6 สี เพื่อปรับปรุงการผลิตน้ำหมึกสีดำและสีเทา โดยมักใช้ในงานพิมพ์ transpromo, mailing, หนังสือ และแมกกาซีน

ปัจจุบันระบบพิมพ์ดิจิทัลเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในอุตสาหกรรมการพิมพ์ โดยเฉพาะบางแบบสามารถนำไปใช้ผลิตงานพิมพ์แทนระบบคอนเวเนชันแนลได้ด้วยต้นทุนต่ำกว่า มีรายงานว่า การเติบโตของธุรกิจประเภทนี้เกินกว่า 100% ในช่วงที่ผ่านมา และผู้ใช้งานจะเริ่มแยกไม่ออกแล้วว่า เครื่องใดน่าจะเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้ระหว่างสำนักงาน บริษัทรับพิมพ์งานด่วน งานจำนวนน้อย หรือใช้งานในโรงพิมพ์ เพราะความสามารถในด้านความเร็ว คุณภาพ และความคล่องตัวในการจัดการข้อมูลแทบจะไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก ยิ่งการพัฒนาระบบเซิร์ฟเวอร์ (server) รุ่นใหม่ๆ สามารถใช้งานร่วมกันได้กับเครื่องพิมพ์แบบต่างๆโดยไม่จำกัด และเพิ่มศักยภาพความเร็วได้สูงเท่ากับเครื่องพิมพ์ระบบคอนเวเนชันแนลแล้ว ประเด็นสำคัญในการดำเนินธุรกิจพิมพ์สมัยใหม่คือ การผสมผสานใช้งานร่วมกันระหว่างระบบพิมพ์ทั้งสอง ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายและการใช้งานไม่น่าจะเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ข้อดีของระบบพิมพ์ดิจิทัลคือ ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในการพิมพ์ได้ การพิมพ์เฉพาะบุคคล และการพิมพ์ตามสั่ง (รศ.ดร.อรรฎ หาญสืบสาย, 2557)

## ตารางที่ 2.1

### เปรียบเทียบการพิมพ์ออฟเซตและดิจิทัล

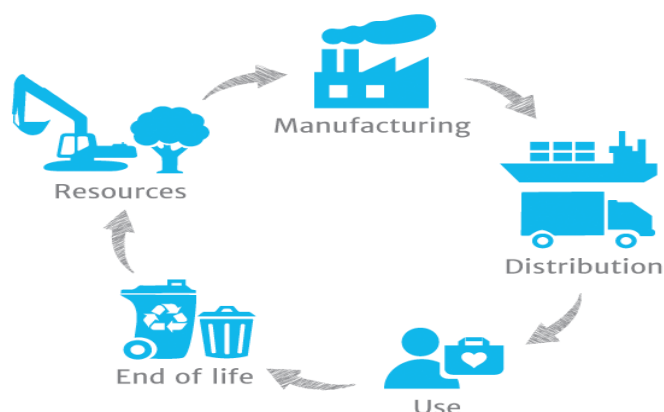
การพิมพ์ออฟเซต	การพิมพ์ดิจิทัล
- เหมาะกับงานที่มีจำนวน ต้นทุนจะลดลง	- เหมาะกับงานพิมพ์ที่มีจำนวนน้อย
- มีภาพประกอบมาก เน้นรายละเอียดงานพิมพ์สูง	- ประหยัดเวลาทำงาน
- ขอบภาพและตัวอักษรมีความคมชัด	- มีความสะดวก สามารถพิมพ์ได้ทันทีโดยไม่ต้องสร้างภาพบนแม่พิมพ์
- มีความสวยงาม และรวดเร็วในการพิมพ์	- สามารถพิมพ์ได้ไม่จำกัดสี
- คุณภาพงานพิมพ์สูง	- แก้ไขข้อมูลในไฟล์งานได้ทันที
- ต้องทำแม่พิมพ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์	- ควบคุมคุณภาพได้ง่าย มีมาตรฐานเท่ากันในทุกหน้า
- งานอาร์ตเวิร์คที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน	
- แก้ไขข้อมูลได้ยาก เพราะต้องทำแม่พิมพ์ใหม่	

## 2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง/การแจกจ่าย การใช้งาน การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากหลังใช้งาน กล่าวได้ว่าพิจารณาตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) มีการระบุปริมาณวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ประเมินโอกาสที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อหาวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการจัดการผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งานหรือเสื่อมสภาพ ซึ่งการพิจารณาร่วมกับกิจกรรมอื่นๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และทราบที่มาและสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง ดังนั้นการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้





ภาพที่ 2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต

หมายเหตุ. จาก [http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/images/cycle\\_en.png](http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/images/cycle_en.png)

#### 2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope

##### Definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของสิ่งที่เราต้องการศึกษาว่า ต้องการศึกษาระยะใด และนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ทั้งนี้เป้าหมายของการทำ LCA มีความแตกต่างกัน ได้แก่

- การวิเคราะห์จุดอ่อน/จุดแข็งของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยความรู้พื้นฐานของการออกแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค
- การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นช่องทางสื่อสารระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค เพื่อให้ทราบผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
- การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อ

เป้าหมายนี้เป็นตัวบ่งชี้ขอบเขตของการศึกษา ทั้งนี้หากวัตถุประสงค์ของการศึกษาต้องการผลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ขอบเขตของการศึกษา ระยะเวลา และงบประมาณที่ใช้ก็จะสูงตามขึ้นด้วย ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนผลการวิเคราะห์ให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้นและนำไปประยุกต์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อ

สิ่งแวดล้อม โดยการกำหนดขอบเขตของการประเมินนี้จะต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ด้วย เพื่อให้ผลการศึกษาไปทิศทางเดียวกัน

การกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

- การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate เริ่มต้นตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน จนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการกำจัดซากเมื่อหมดอายุหรือเสื่อมสภาพ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน เช่น เชื้อเพลิง ไฟฟ้า น้ำ และวัสดุต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับผลิตภัณฑ์อื่น ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Gate

- การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ จนกระทั่งถึงขั้นตอนการกำจัดซาก เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบช่วงการใช้งานได้อย่างชัดเจน เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

#### 2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis)

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ภายในขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษาที่กำหนดขึ้น โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมต้องครอบคลุมถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตและผังการไหล (Flow chart) รวมถึงปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

#### 2.4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนการคำนวณเพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมได้ให้อยู่ในรูปของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอธิบายค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ทั้งชั้นกลางหรือปลายทางที่เกิดขึ้นในช่วงตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

2.4.3.1 การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มผลกระทบ (Classification) โดยจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆจากข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออก เช่น ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) จัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดจัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า 1 ประเภท ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็น

สารที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในลักษณะการก่อให้เกิดความเป็นกรด

2.4.3.2 การกำหนดบทบาท (Characterization) เป็นขั้นตอนการแสดงผลกระทบในรูปแบบของตัวบ่งชี้ (Indicator) ปรับค่าปริมาณของมลสารที่ปล่อยออกมาให้เป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบ โดยใช้ค่าแฟคเตอร์ (Characterization Factor) หลังจากนั้นรวมค่าทั้งหมดของผลกระทบแต่ละตัวเพื่อให้ได้ค่าผลกระทบรวม

2.4.3.3 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) เป็นการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ทำการศึกษากับขนาดของผลกระทบนั้นในระดับประเทศ ภูมิภาค โลกหรือกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ต้องอ้างอิง

2.4.3.4 การให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นกับผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor) ว่าเป็นเท่าใด

2.4.3.5 การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) เป็นการจัดกลุ่มผลกระทบออกเป็นหมวดหมู่ โดยรวมกลุ่มผลกระทบแยกตามประเภท คือ ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ และการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงาน และยังสามารแบ่งระดับของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายระดับ เช่น ระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค เป็นต้น

2.4.3.6 การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลที่นำมาใช้ ก่อนที่จะแปลผลและนำผลไปใช้ ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดในเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณ การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล เช่น วิธีการป้อนส่วน วิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีความอ่อนไหวต่อผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty Analysis) เพื่อประเมินระดับความไม่แน่นอนของผลกระทบสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity analysis) เพื่อจำแนกข้อมูล เป็นต้น

#### 2.4.4 การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม (Interpretation and Improvement Analysis)

การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ทราบช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมถึงแหล่งที่มาของปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ และความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นระบบจะทำให้การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ทั้งนี้การตีความและการแปรผลควรอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตการศึกษา เป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ที่วางไว้และทำด้วยความระมัดระวัง เพราะผู้ที่นำข้อมูลที่ได้ประยุกต์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมจะสามารถเลือกแนวทางการจัดการเพื่อปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

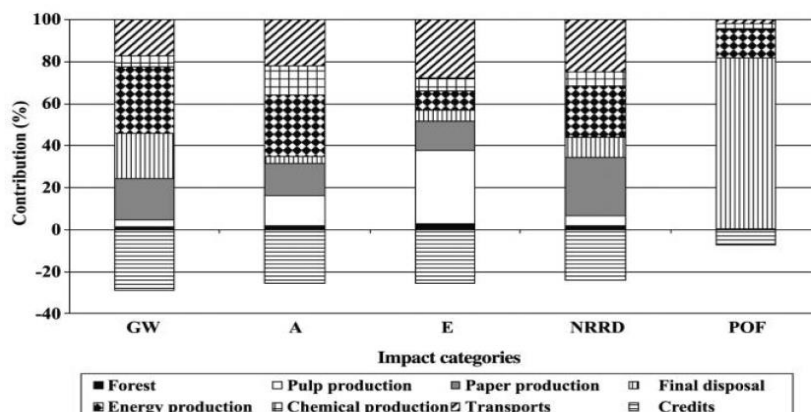
#### 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Achachlouei, and Moberg (2015) ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของนิตยสารเพื่อระบุกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งหนังสือขนาด 230x297 มิลลิเมตร น้ำหนัก 499 กรัมต่อเล่ม ผลิตกระดาษที่ประเทศฟินแลนด์ และจัดพิมพ์ในประเทศสวีเดน สำหรับการจัดการของเสียหลังใช้งานแล้ว กระดาษจะถูกรีไซเคิลร้อยละ 94 และเผาร้อยละ 6 เมื่อประเมินผลกระทบพบว่า เกิดผลกระทบต่อด้านภาวะโลกร้อน 0.15 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อคนอ่าน 1 คนต่อ 1 ฉบับ ซึ่งเกิดจากการผลิตกระดาษทั้งปกและเนื้อในของนิตยสารเป็นสำคัญ โดยการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นสามารถลดภาระของผลกระทบได้ทั้งการรีไซเคิลกระดาษและการเรียกเก็บคืนนิตยสารจากชั้นวางขายประมาณ 0.077 และ 0.012 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ สำหรับการใช้กระดาษ มากกว่าร้อยละ 60 ของผลกระทบมาจากขั้นตอนการทำเยื่อกระดาษ และผลิตกระดาษ นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนกระบวนการพิมพ์นั้นร้อยละ 60 มาจากการขนส่งกระดาษจากประเทศฟินแลนด์มายังสถานที่จัดพิมพ์ในประเทศสวีเดน รองลงมาเป็นผลจากการพิมพ์ซึ่งมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานมาใช้ในกระบวนการ เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากการเปลี่ยนแหล่งที่มาของพลังงานจากเดิมใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศสวีเดนร่วมกับพลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำในประเทศฟินแลนด์เปลี่ยนเป็นพลังงานเฉลี่ยของทวีปยุโรป พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นเนื่องจากไฟฟ้าผลิตมาจากการเผาไหม้ถ่านหิน รวมถึงการเพิ่มจำนวนผู้อ่านจะทำให้ผลกระทบลดลง

ในขณะที่ลดจำนวนผู้อ่านจะทำให้ผลกระทบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการก่อให้เกิดผลกระทบ

**Boguski (2010)** คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้านผลิตภัณฑ์ของ National Geography magazine โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และการกำจัดซาก ซึ่งการคำนวณอ้างอิงสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) พบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาจากกระบวนการผลิตกระดาษ และการพิมพ์นิตยสารเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้พลังงานในการผลิตกระดาษถึงร้อยละ 79 จากการใช้พลังงานทั้งหมด รองลงมาคือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ร้อยละ 17 โดยมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ยต่อเล่มเท่ากับ 0.82 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีสาเหตุมาจากกระดาษถึงร้อยละ 70 จากการปลูกต้นไม้ การตัด และกระบวนการผลิต เมื่อพิจารณานิตยสารที่ใช้เยื่อกระดาษรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5 และ 10 ค่าภาวะโลกร้อน (GWP) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนกระบวนการพิมพ์ส่งผลกระทบต่อร้อยละ 26 จากการทำเหมือง การใช้สารละลาย หมึก และการขนส่ง สำหรับการรีไซเคิลนิตยสารหลังใช้งานแล้วร้อยละ 60 จะสามารถลดผลกระทบได้ร้อยละ 2 เมื่อเทียบกับการจัดการของเสียที่หลุมฝังกลบ

**Dias, Louro, Arroja, and Capela (2004)** ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระดาษพิมพ์เขียนน้ำหนัก 80 กรัมต่อตารางเมตร โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต พิจารณาครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และการกำจัดซาก ซึ่งแสดงสัดส่วนผลกระทบดังภาพที่ 2.3 โดยผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกระดาษถึงร้อยละ 30 เช่นเดียวกับผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ที่สัดส่วนมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและการขนส่งมากที่สุด ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษส่งผลมากที่สุดถึงร้อยละ 35 ผลกระทบด้านการลดลงของทรัพยากรที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (non-renewable resource depletion) สัดส่วนผลกระทบมาจากขั้นตอนการผลิตกระดาษมีการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตและการขนส่ง และผลกระทบด้านโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ (photochemical oxidant formation) ขั้นตอนการกำจัดของเสียมีผลมากที่สุดถึงร้อยละ 80 เนื่องจากเกิดก๊าซมีเทนบริเวณหลุมฝังกลบ



### ภาพที่ 2.3 สัดส่วนผลกระทบของกระดาษพิมพ์เขียน

หมายเหตุ. จาก “Evaluation of the environmental performance of printing and writing paper using life cycle assessment” by Dias, A. C., Louro, M., Arroja, A., Capela, I., 2004, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 15(5), p.479.

Enroth (2009). ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ของสื่อการเรียนในเมืองต่างๆของประเทศนอร์เวย์ ได้แก่ หนังสือและสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งหนังสือมีขอบเขตพิจารณาตั้งแต่กระบวนการผลิตกระดาษ การขนส่งกระดาษ งานก่อนพิมพ์และการพิมพ์ การขนส่งหนังสือ การใช้งาน และการกำจัดซาก สำหรับสื่อเว็บไซต์อิเล็กทรอนิกส์จะพิจารณาการออกแบบสื่อ การใช้อินเทอร์เน็ต กระบวนการผลิตคอมพิวเตอร์ การใช้งานสื่ออิเล็กทรอนิกส์ และการจัดการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การศึกษานี้สนใจการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการใช้งานและการขนส่ง มีหน่วยผลิตภัณฑ์คือ หนังสือน้ำหนัก 0.8 กิโลกรัมต่อเล่ม มีอายุการใช้งาน 5 ปี ส่วนสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีอายุ 5 ปี ใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 40 สัปดาห์ ด้วยนักเรียน 5,000 คนต่อปี พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหนังสือมีสาเหตุมาจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษถึงร้อยละ 50 และการพิมพ์หนังสือร้อยละ 35 ผลกระทบของสื่อออนไลน์มาจากการใช้งานสื่อถึงร้อยละ 44 และกระบวนการผลิตคอมพิวเตอร์ร้อยละ 38 เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมสื่อออนไลน์จะก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนมากกว่าหนังสือถึง 10 เท่าเมื่อใช้กับอุปกรณ์โน้ตบุ๊ก ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่าคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้จอ LCD เกิดผลกระทบสูงกว่าหนังสือเกือบ 30 เท่า เนื่องจากในขั้นตอนการใช้งานของหนังสือไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเหมือนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า อีกทั้งหนังสือสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลายาวนานและมีผู้อ่านได้หลายคน

Esquer, Vaeza-Gastélum, Remmen, Alvarez-Chávez, and Velázquez (2015) ประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่นจำนวน 1 ตันในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศเม็กซิโก ด้วยวิธีการ Impact 2002+ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro พิจารณาแบบ Cradle-to-gate ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต ซึ่งมีกำลังการผลิตหนังสือพิมพ์ 6,000 ฉบับต่อวัน น้ำหนักเฉลี่ยของหนังสือพิมพ์ฉบับวันจันทร์ถึงเสาร์ 0.15 กิโลกรัม ส่วนวันอาทิตย์มีน้ำหนักฉบับละ 0.18 กิโลกรัม และผลิตนิตยสาร 22,000 เล่มต่อวัน น้ำหนักเฉลี่ยเล่มละ 0.05 กิโลกรัม มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 2.2 ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการพิมพ์และการใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการพิมพ์ใช้กระดาษปริมาณมาก นอกจากนี้ยังใช้หมึกพิมพ์และตัวทำละลายที่ส่งผลกระทบทางด้านสุขอนามัยมนุษย์ ภาวะโลกร้อน และการใช้ทรัพยากร ในขณะที่ผลกระทบทางระบบนิเวศมีผลเพียงเล็กน้อย

## ตารางที่ 2.2

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งพิมพ์ออฟเซต 1 ตัน ด้วยวิธีการประเมิน Impact 2002+

Damage category	Midpoint category	Units	Total
Ecosystem quality	Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	19,713.70
Terrestrial ecotoxicity		kg TEG soil	4034.00
Land occupation		m <sup>2</sup> org.arable	19.33
Terrestrial acid/nutri		kg SO <sub>2</sub> eq	9.22
Aquatic acidification		kg SO <sub>2</sub> eq	3.37
Aquatic eutrophication		kg PO <sub>4</sub> P-lim	0.104
Resources Non-renewable energy		MJ primary	10,525.22
Mineral extraction		MJ surplus	-37.41
Climate change Global warming		kg CO <sub>2</sub> eq	456.123
Human health Ionizing radiation		Bq C-14 eq	15,407.98
Carcinogens		kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq	19.43
Respiratory inorganics		kg PM2.5 eq	0.116
Respiratory organics		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0.494
Ozone layer depletion		kg CFC-11 eq	0.000215

## ตารางที่ 2.2

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งพิมพ์ออฟเซต 1 ตัน ด้วยวิธีการประเมิน Impact 2002+ (ต่อ)

Damage category Midpoint category	Units	Total
Non-carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq	-0.513

หมายเหตุ. จาก “Life cycle assessment for printed newspapers in Northwestern Mexico” by Esquer, J., Vaeza-Gastélum, C., Remmen, A., Alvarez-Chávez, C. R., & Velázquez, L. E., 2015, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(3), p.263.

**Hansuesai (2011)** คำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือแรกเริ่มสถาปัตยกรรมของประเทศ ของโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตาม PAS2050:2008 ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการพิมพ์ในโรงพิมพ์ การขนส่งไปสู่ลูกค้า และการกำจัดซาก ซึ่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.85 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนังสือ 1 เล่ม ซึ่งเป็นผลมาขึ้นขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ได้แก่ กระดาษที่ใช้พิมพ์ร้อยละ 34.42 พิล์มและแม่พิมพ์ร้อยละ 24.77 ซึ่งขั้นตอนนี้จะขึ้นกับความต้องการของลูกค้าและจำนวนที่ผลิต และเป็นผลจากการผลิตในโรงพิมพ์โดยตรงร้อยละ 22.29 ขึ้นกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ส่วนการกำจัดซากมีการปล่อยร้อยละ 12.06

**Kariniemi, Nors, Kujanpää, Pajula, and Pihkola (2010).** ประเมินวัฏจักรชีวิตของหนังสือโฟโต้บุ๊กพิมพ์ 4 สีด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A4 มีเวลาการเก็บรักษาหนังสือ 50 ปี โดยพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าแบบส่งตรงถึงบ้าน ซึ่งการคำนวณจะอ้างอิงสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และ PAS2050 มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 2,013 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนังสือโฟโต้บุ๊ก 1 ตัน ซึ่งเป็นผลกระทบที่เกิดจากกระดาษถึงร้อยละ 44 รองลงมาคือ การกระจายสินค้าไปยังลูกค้าด้วยวิธีการส่งตรงถึงบ้านร้อยละ 20 กระบวนการพิมพ์ร้อยละ 21 ตามลำดับ โดยแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังตาราง 2.3 ทั้งแบบมีบรรจุภัณฑ์ประกอบด้วยกระดาษลูกฟูกและฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และแบบไม่มีบรรจุภัณฑ์



### ตารางที่ 2.3

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือโฟโต้บุ๊ก

หน่วยการทำงาน	มีบรรณภัณฑ์	ไม่มีบรรณภัณฑ์
หนังสือโฟโต้บุ๊ก 1 ตัน	2013 kgCO <sub>2</sub> eq	1745 kgCO <sub>2</sub> eq
หนังสือโฟโต้บุ๊ก 1 เล่ม น้ำหนัก 500 กรัม (35-45 หน้า)	1000 gCO <sub>2</sub> eq	870 gCO <sub>2</sub> eq
หนังสือโฟโต้บุ๊ก 1 เล่ม น้ำหนัก 800 กรัม (80-90 หน้า)	1420 gCO <sub>2</sub> eq	1280 gCO <sub>2</sub> eq

หมายเหตุ. จาก “Evaluating Environmental Sustainability of Digital Printing” by Kariniemi, M., Nors, M., Kujanpää, M., Pajula, T., & Pihkola, H., 2010, *Society for Imaging Science and Technology*, p.94.

**Larsen, Hansen, and Hauschild (2009).** ประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ด้วยวิธีการประเมิน EDIP97 ของสิ่งพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่นจำนวน 1 ตัน ซึ่งเป็นการพิมพ์ทั้งหนังสือและแผ่นพับ โดยการศึกษานี้ให้ความสนใจปริมาณการใช้พลังงานและประเภทผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ดังตารางที่ 2.4 สำหรับผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับพลังงานเป็นผลมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการใช้ในกระบวนการพิมพ์ ส่วนความเป็นอันตรายต่อมนุษย์และระบบนิเวศนั้นเป็นผลมาจากการปล่อยของสารทำลายในกระบวนการพิมพ์และการทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ รวมถึงผลจากการผลิตเม็ดสี ซึ่งมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ และการได้มาซึ่งพลังงานทั้งจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านไม้

### ตารางที่ 2.4

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งพิมพ์ออฟเซตจำนวน 1 ตันด้วยวิธีการประเมิน EDIP97

Name	Amount	Unit
Global warming	1,350,000	gCO <sub>2</sub> eq
Acidification	4,000	gSO <sub>2</sub> eq
Nutrient enrichment	5,390	gNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> eq
Human TOX, water	1,540	m <sup>3</sup> water
Human TOX, soil	20.4	m <sup>3</sup> soil

## ตารางที่ 2.4

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งพิมพ์ออฟเซตจำนวน 1 ตันด้วยวิธีการประเมิน EDIP97 (ต่อ)

Name	Amount	Unit
EcoTOX, water, chronic	133,000	m <sup>3</sup> water
EcoTox, water, Acute	17,700	m <sup>3</sup> water
EcoTox, soil	4,940	m <sup>3</sup> soil

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “Life cycle assessment of offset printed matter with EDIP97: how important are emission of chemical?” by Larsen, H. F., Hansen, M. S., & Hauschild, M., 2009, *Journal of Cleaner Production*, 17, p.120.

Leon, Aliaga, Boulougouris, Hortal, and Marti (2015) ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระดาษสำหรับใช้พิมพ์นิตยสาร 2 ชนิดคือ กระดาษปฏิทินไม่เคลือบผิว (supercalendered) และกระดาษเคลือบผิว (light-weight coated) โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ด้วยวิธีการประเมิน IPCC มีหน่วยผลิตภัณฑ์เป็น 1 ตารางเมตรของกระดาษสำหรับพิมพ์นิตยสาร พิจารณาขอบเขตแบบ candle to gate ซึ่งสนใจการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต การเลือกเยื่อกระดาษและลดความหนาของชั้นเคลือบผิว ทำให้กระดาษเคลือบผิวและกระดาษปฏิทินไม่เคลือบผิวมีน้ำหนัก 52.5 กรัมต่อตารางเมตร จากเดิมที่ 56 และ 70 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งตารางที่ 2.5 กระดาษเคลือบผิวมีพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนที่สามารถลดผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดถึง 11.0 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตร ส่วนสารเติมแต่งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีค่าเพิ่มสูงขึ้น 0.4 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตร อย่างไรก็ตามยังทำให้การปล่อยโดยรวมลดลงร้อยละ 22.9 หรือ 10.7 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตร กระดาษปฏิทินไม่เคลือบผิวถึงแม้การปล่อยก๊าซจากเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 20.3 คิดเป็น 19.7 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตร โดยการใช้พลังงานเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบ จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานของกระดาษเคลือบผิวลดลงจากร้อยละ 78 เหลือร้อยละ 73 ส่วนกระดาษปฏิทินไม่เคลือบผิวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 75 เป็นร้อยละ 77

## ตารางที่ 2.5

## ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตกระดาษด้วยวิธีการประเมิน IPCC

Product	unit	Basis	Improvement	Saving (g CO <sub>2</sub> eq)	Saving (%)
C paper	g CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup>	6.5	35.8	0.7	2.9
WC paper	g CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup>	7.3	77.6	9.7	0.3

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “Quantifying GHG emissions savings potential in magazine paper production: a case study on supercalendered and light-weight coated papers” by Leon, J., Aliaga, C., Boulougouris, G., Hortal, M., & Marti, J. L., 2015, *Journal of Cleaner Production*, 103, p.306.

Moberg, Johansson, Finnveden, and Jonsson (2010). ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) พิจารณาตั้งแต่การได้มาวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน และการกำจัดซาก เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของหนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตได้อธิบายถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของการพิมพ์หนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ในทั้งประเทศสวีเดนและทวีปยุโรป พบว่า ขั้นตอนที่ส่งผลกระทบมากที่สุดของทั้งสองผลิตภัณฑ์ คือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ โดยเฉพาะการสร้างแม่พิมพ์หรือแพลตฟอร์ม (platform) ซึ่งประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของหนังสือพิมพ์ คือ จำนวนผู้อ่านหนังสือพิมพ์และจำนวนหน้าต่อเล่ม ส่วนหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์มีประเด็นอายุการใช้งานของแท็บเล็ต และการใช้งานของอุปกรณ์ที่หลากหลาย เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของหนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า หนังสือพิมพ์มีปริมาณการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสูงกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงมีผลกระทบด้านอื่นด้วย เนื่องจากเป็นผลมาจากการใช้กระดาษมีส่วนร้อยละ 30 ถึง 70 ของผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้น ในขณะที่หนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อยึดอายุการใช้งานของแท็บเล็ตจะทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลงได้

**Naicker, and Cohen (2016)** ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้พลังงานของหนังสือแบบพิมพ์เล่มและแบบอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งเป็นตำราเรียนจำนวน 21 เล่ม โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต พิจารณาตั้งแต่การการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และการกำจัดซาก ด้วยวิธีการประเมิน ReCipe 1.09 midpoint hierarchist และ Cumulative energy demand จากโปรแกรม Sima Pro v8.1 พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นพิษของระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) และ ความเป็นพิษของระบบนิเวศในน้ำทะเล (Marine ecotoxicity) และการลดลงของโลหะ (Metal depletion) ของหนังสือแบบพิมพ์เล่มมีค่าน้อยกว่าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ในขณะที่ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone depletion) ภาวะความเป็นกรดบนบก (Terrestrial acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในน้ำทะเล (Marine eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) การเกิดโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ (Photochemical oxidant formation) การเกิดอนุภาคของสาร (Particulate matter formation) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) การแผ่รังสีของไอออน (Ionising radiation) การครอบครองที่ดิน การเกษตร (Agricultural land occupation) การครอบครองที่ดินในเมือง (Urban land occupation) การเปลี่ยนแปลงที่ดินทางธรรมชาติ (Natural land transformation) การลดลงของแหล่งน้ำ (Water depletion) และการลดลงของฟอสซิล (Fossil depletion) ของหนังสือแบบพิมพ์เล่มมีค่ามากกว่าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังตารางที่ 2.6 มีสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความต้องการใช้พลังงานในหนังสือแบบพิมพ์เล่มมาจากกระบวนการผลิตกระดาษและการพิมพ์ ส่วนหนังสือแบบอิเล็กทรอนิกส์มาจากกระบวนการผลิต iPad และการอ่านหนังสือ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินและการขุดถ่านหินเป็นกิจกรรมที่ส่งกระทบอย่างเห็นได้ชัดในประเทศแอฟริกาใต้ ซึ่งการลดใช้พลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินสามารถลดผลกระทบของหนังสือทั้งสองแบบได้

## ตารางที่ 2.6

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของหนังสือแบบพิมพ์เล่มและแบบอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCipe 1.09 midpoint และ Cumulative energy demand

Characterisation	Unit	print system	digital system
Global warming potential	kg CO <sub>2</sub> eq	132.0000	375.0000
Ozone depletion potential	kg CFC-11 eq 0	5.1200E-06	1.1800E-06
Terrestrial acidification potential	kg SO <sub>2</sub> eq	0.7240	0.2890
Freshwater eutrophication potential	kg P eq	0.0094	0.0210
Marine eutrophication potential	kg N eq	0.0951	0.0244
Human toxicity potential	kg 1,4-DB eq	8.3800	5.2100
Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	0.6290	0.1660
Particulate matter formation potential	kg PM10 eq	0.2760	0.0892
Terrestrial ecotoxicity potential	kg 1,4-DB eq	0.0199	0.0025
Freshwater ecotoxicity potential	kg 1,4-DB eq	0.0629	0.2060
Marine ecotoxicity potential	kg 1,4-DB eq	0.0829	0.2720
Ionising radiation potential	kBq U <sup>235</sup> eq	3.2700	1.3600
Agricultural land occupation potential	m <sup>2</sup> a	462.0000	0.5570
Urban land occupation potential	m <sup>2</sup> a	4.5000	0.2490
Natural land Transformation Potential	m <sup>2</sup>	0.0347	0.0012
Water depletion potential	m <sup>3</sup>	193.0000	86.2000
Mineral resource depletion potential	kg Fe eq	0.4650	15.2000
Fossil resource depletion potential	kg oil eq	32.2000	9.5800

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “A life cycle assessment of e-books and printed books in South Africa” by Naicker, V., Cohen, B., 2016, *Journal of Energy in Southern Africa*, 27(2), p.73.

**Nors, Pajula, and Pihkola. (2009).** ศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์รายวัน และนิตยสารรายสัปดาห์ในประเทศฟินแลนด์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต พิจารณาครอบคลุมตั้งแต่การปลูกต้นไม้จนกระทั่งถึงการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์งานพิมพ์ ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแสดงในรูปแบบของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คำนวณด้วยโปรแกรม KCL-ECO หนังสือพิมพ์จะพิมพ์ด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ 40 แกรมด้วยเทคนิค Clodset offset นิตยสารจะพิมพ์ด้วยกระดาษปอนด์เคลือบผิว 150 แกรม (ปก) และกระดาษเคลือบผิวชนิดบาง 80 แกรม (เนื้อใน) ด้วยเทคนิค Heatset offset ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะมีการรีไซเคิลด้วยอัตราร้อยละ 83 และ 16 ส่วนร้อยละ 1 จะเผาเพื่อให้ได้พลังงาน โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์ 1 ตันมีค่าระหว่าง 750-940 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และนิตยสารมีค่าระหว่าง 1,140-1,350 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าอัตราส่วนการรีไซเคิล ซึ่งการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเยื่อ และกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากถึงร้อยละ 44-66 จากผลรวมทั้งหมด กระบวนการพิมพ์ร้อยละ 12-17 การขนส่งผลิตภัณฑ์ร้อยละ 8-17 และการกำจัดซากติดเป็นร้อยละ 1-21 เมื่อคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อเล่มจะแสดงดังตารางที่ 2.7 สาเหตุที่ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างมาจาก 1.ขนาด รูปร่างและน้ำหนักของหนังสือ 2.ชนิดของกระดาษที่ใช้พิมพ์ 3.เทคนิคที่ใช้พิมพ์ 4.ลักษณะการส่งสินค้า และ 5.การจัดการซาก ซึ่งการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เนื่องจากมีการจัดซื้อพลังงานมาจากหลายประเทศ แต่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตกระดาษและการบวนการพิมพ์ เพื่อลดใช้พลังงาน และลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงการเลือกใช้พลังงานจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดสิ้น

## ตารางที่ 2.7

## คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของหนังสือพิมพ์รายวัน และนิตยสารรายสัปดาห์

Case	Carbon footprint for one copy (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Carbon footprint for yearly subscription (kg CO <sub>2</sub> eq.)
Daily newspaper	0.15-0.19	53-66
Weekly magazine	0.19-0.23	9-11

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “Calculating the carbon footprints of a Finnish newspaper and magazine from cradle to grave” by Nors, M., Pajula, T. and Pihkola, H., 2009., *Life cycle assessment of products and technologies: LCA symposium, 2009*, 6<sup>th</sup> October, Paper presented at VTT, Espoo, Finland,

**Pihkola et al. (2010)** ประเมินวัฏจักรชีวิต และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์ในประเทศฟินแลนด์ พิมพ์ด้วยระบบออฟเซตและใช้เวลาอ่าน 34 นาทีต่อวัน ซึ่งในปี 2008 มีหนังสือพิมพ์กว่า 3.1 ล้านฉบับ มีหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นหนังสือพิมพ์ 1,000 กิโลกรัม ขอบเขตการพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การพิมพ์ การขนส่งไปยังลูกค้าและการกำจัดซากกระดาษที่หลุมฝังกลบ โดยการประเมินหลุมฝังกลบ 2 วิธี ได้แก่ การประเมินตาม IPCC (LF high) และตาม Technical University of Denmark ซึ่งสมมุติว่าหลุมฝังกลบมีประสิทธิในการกักเก็บก๊าซ และกระดาษย่อยสลายช้ากว่า IPCC เมื่อประเมินผลกระทบจึงแสดงผลกระทบดังตารางที่ 2.8 การประเมินหลุมฝังกลบตาม IPCC เกิดผลกระทบ 1,060 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหนังสือพิมพ์หนึ่งตัน ซึ่งสัดส่วนการจัดซื้อกระแสไฟฟ้ามาใช้ในการกระบวนการผลิตกระดาษมีการปล่อยก๊าซถึงร้อยละ 31 การปล่อยโดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระดาษอีกร้อยละ 17 การขนส่งหนังสือพิมพ์ไปยังลูกค้ามีสัดส่วนร้อยละ 16 และการกำจัดซากก็เป็นอีกส่วนที่มีความสำคัญถึงร้อยละ 16 สำหรับการใช้พลังงานสะอาดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถลดผลกระทบได้ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้แหล่งพลังงานขึ้นอยู่กับโครงสร้างพลังงานพื้นฐานในพื้นที่นั้นๆ ด้วย ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพก็สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ นอกจากนี้ยังได้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe โดยการหาขนาดผลกระทบต่อประชากรยุโรปหนึ่งคน พบว่า ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(Climate change) ภาวะความเป็นกรดภาคพื้นดิน (Terrestrial acidification) และการเกิดอนุภาค (Particulate matter formation) เป็นผลมาจากการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะการผลิตกระดาษ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) เป็นผลมาจากการปล่อยฟอสฟอรัสจากกระบวนการผลิตกระดาษและหมึกพิมพ์ การเกิดอนุมูลอิสระ (Photochemical oxidant formation) เป็นผลมาจากการปล่อยไนโตรเจนของกระบวนการผลิตพลังงานและความร้อน รวมถึงการขนส่ง การลดลงของทรัพยากร (Resources depletion) เกิดจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษ และการลดลงของแร่ธาตุ (Mineral resources depletion) เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกระดาษ

## ตารางที่ 2.8

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือพิมพ์ พิจารณาแบบ *Cradle to grave*

	LF high (base case)	LF low	LF high, Green energy	LF low, Green energy
Carbon footprint of one tonne of newspapers	1,060 kg	890 kg	666 kg	485 kg
Carbon footprint of one newspaper (approx. 48 pages)	0.212 kg	0.178 kg	0.133 kg	0.097 kg
Carbon footprint of yearly subscription	75 kg	63 kg	47 kg	35 kg

หมายเหตุ. จาก “Life cycle assessment and carbon footprint of a coldset offset printed newspaper” by Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S., 2010, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, p.73.



**Pihkola et al. (2010)** ประเมินวัฏจักรชีวิต และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของนิตยสารที่พิมพ์ด้วยระบบออฟเซตในประเทศฟินแลนด์ และคนฟินแลนด์ใช้เวลาอ่านประมาณ 19 นาทีต่อวัน เฉลี่ยคนละ 6-7 เล่ม ซึ่งมีนิตยสารกว่า 3,000 สำนักพิมพ์ โดย 55 สำนักพิมพ์เป็นนิตยสารรายสัปดาห์ รวมแล้วประมาณ 13.7 ล้านเล่มในปี 2008 จึงประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของนิตยสารรายสัปดาห์มีหน่วยผลิตภัณฑ์คือ นิตยสาร 1,000 กิโลกรัม ขอบเขตการประเมินพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนกระทั่งการกำจัดซากกระดาษที่หลุมฝังกลบ โดยประเมินหลุมฝังกลบ 2 วิธี ได้แก่ ประเมินตาม IPCC (LF high) และ Technical University of Denmark ซึ่งสันนิษฐานว่าหลุมฝังกลบมี ประสิทธิภาพในการกักเก็บก๊าซ และกระดาษย่อยสลายช้ากว่า IPCC เมื่อประเมินผลกระทบจึงแสดงผลกระทบตั้งตารางที่ 2.8 โดยหลุมฝังกลบที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บก๊าซสูง และมีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่าหลุมฝังกลบที่มีการปล่อยก๊าซสูงประมาณร้อยละ 11 ซึ่งก๊าซที่ปล่อยออกมาจากหลุมฝังกลบเกิดจากการย่อยสลายของกระดาษที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ขึ้น ส่วนการใช้พลังงานสะอาดจะช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ร้อยละ 7 จากกรณีฐาน และการนำเยื่อกระดาษมาใช้ใหม่ 40% ของคาร์บอนไดออกไซด์ถูกถ่ายโอนไปยังผลิตภัณฑ์อื่นที่นำเยื่อกระดาษไปเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ดังนั้นแท้จริงแล้วการปล่อยก๊าซไม่ได้ลดลง แต่เป็นประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการรีไซเคิล ซึ่งมีการปล่อยก๊าซ 905 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนิตยสาร 1 ตัน สัดส่วนมาจากหลุมฝังกลบถึงร้อยละ 21 รองลงมาจากการจัดซื้อพลังงานมาใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษ ร้อยละ 20 การปล่อยโดยตรงในกระบวนการผลิตกระดาษร้อยละ 8 การจัดซื้อพลังงานในกระบวนการพิมพ์ร้อยละ 12 และการปล่อยโดยตรงจากกระบวนการพิมพ์ร้อยละ 11 นอกจากนี้ยังได้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe โดยการหาขนาดผลกระทบต่อประชากรยุโรปหนึ่งคน ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดภาคพื้นดิน (terrestrial acidification) การเกิดอนุภาค (Particulate matter formation) เกิดจากการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในกิจกรรมต่างๆ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) เกิดจากการผลิตกระดาษและหมึกพิมพ์ การเกิดอนุมูลอิสระ (Photochemical oxidant formation) เกิดจากการผลิตพลังงานและความร้อน และการขนส่งสินค้า การลดลงของทรัพยากร (Resources depletion) เกิดจากการผลิตกระดาษและใช้พลังงาน และการลดลงของแร่ธาตุ (Mineral resources depletion) เกิดจากการลดลงของธาตุยูเรเนียมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานนิวเคลียร์

## ตารางที่ 2.9

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของนิตยสาร พิจารณาแบบ *Cradle to grave*

	LF high (base case)	LF low	LF high, Green energy	LF low, Recycled fibre
Carbon footprint of one tonne of magazines	1,488 kg	1,312 kg	1,380 kg	905 kg
Carbon footprint of one issue (170 g, 56pages)	0.253 kg	0.223 kg	0.235 kg	0.154 kg
Carbon footprint of yearly subscription (48 issues)	12 kg	11 kg	11 kg	7 kg
Carbon footprint of one issue (250 g, 86pages)	0.372 kg	0.328 kg	0.345 kg	0.226 kg
Carbon footprint of yearly subscription (48 issues)	18 kg	16 kg	17 kg	11 kg

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “Life cycle assessment and carbon footprint of a heatset offset printed magazine” by Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S., 2010, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, p.105.

**Pihkola et al. (2010)** ประเมินวัฏจักรชีวิต และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือภาพหรือโฟโต้บุ๊ก 4 สี พิมพ์ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์โทรโปโตกราฟีด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิตอลและอ่านในประเทศฟินแลนด์ ซึ่งการพิมพ์ส่วนใหญ่จะพิมพ์จำนวนน้อยหรือเพียง 1 เล่มเท่านั้น โดยการศึกษานี้มีหน่วยผลิตภัณฑ์เป็น 1,000 กิโลกรัมหนังสือภาพ มีน้ำหนักต่อเล่มประมาณ 500 กรัมและ 800 กรัม ขอบเขตการพิจารณาตั้งแต่การมาได้ซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และการขนส่งไปยังลูกค้าด้วยวิธีการส่งไปรษณีย์ สำหรับการใช้งานของหนังสือไม่มีปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการกำจัดซากของหนังสือภาพยังไม่มีข้อมูลเพียงพอ เนื่องจากหนังสือภาพมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และมักจะไม่ค่อยทิ้งกัน จึงไม่นำมาร่วมพิจารณาด้วย เมื่อประเมินผลกระทบตามหลักเกณฑ์ PAS2050 แสดงผลกระทบดังตารางที่ 2.10 มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2,013 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งถ้ามีการจำกัดซากของหนังสือภาพจะทำให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นจากการย่อยสลายของกระดาษ อีกทั้งการรีไซเคิลเยื่อกระดาษที่พิมพ์ด้วยเครื่องดิจิตอลจะต้องใช้พลังงานและสารเคมีมากกว่าการพิมพ์ทั่วไปสำหรับขั้นตอนการไล่หมึกพิมพ์ ทำให้ได้ประโยชน์จากการรีไซเคิลลดลง โดยสัดส่วนคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาจากการใช้กระดาษที่ใช้พิมพ์หนังสือร้อยละ 44 กระบวนการพิมพ์ร้อยละ 21 และการขนส่งไปยังลูกค้าร้อยละ 20 ของการปล่อยทั้งหมด นอกจากนี้ยังได้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe โดยการหาขนาดผลกระทบต่อประชากรยุโรปหนึ่งคน ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดภาคพื้นดิน (Terrestrial acidification) การเกิดอนุภาค (Particulate matter formation) เกิดจากการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในกิจกรรมต่างๆ ทั้งกระบวนการผลิตและขนส่ง การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) เกิดจากการผลิตกระดาษและพลาสติกห่อบรรจุภัณฑ์ การเกิดอนุมูลอิสระ (Photochemical oxidant formation) เกิดจากการผลิตความร้อน และพลังงาน รวมถึงการขนส่งสินค้า ทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ การลดลงของแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil resources depletion) เกิดจากการใช้พลังงานในการผลิตวัตถุดิบหนังสือภาพ พลาสติกบรรจุภัณฑ์และกระบวนการพิมพ์ การลดลงของแร่ธาตุ (Mineral resources depletion) เกิดจากการลดลงของธาตุยูเรเนียมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานนิวเคลียร์ ส่วนด้านความเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ (human toxicity) และความเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีสาเหตุมาจากการปล่อยโลหะสู่สิ่งแวดล้อมได้แก่ โคบอลต์ นิกเกิล และวานาเดียม ซึ่งมาจากการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ เช่น สารเคมี หมึกพิมพ์ เป็นต้น และพลาสติกบรรจุภัณฑ์

## ตารางที่ 2.10

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือภาพหรือโฟโต้บุ๊ก พิจารณาแบบ *Cradle to customer*

	With packaging material, kg CO <sub>2</sub> eq.	Without packaging material, kg CO <sub>2</sub> eq.
Total, one tonne of photobooks	2013	1745
Total, one photobook, weight 500 g, 64 pages	1.0	0.870
Total, one photobook, weight 500 g, 64 pages	1.42	1.28

หมายเหตุ. จาก “Life cycle assessment and carbon footprint of an electrophotography printed photobook” by Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S., 2010, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, p.126.

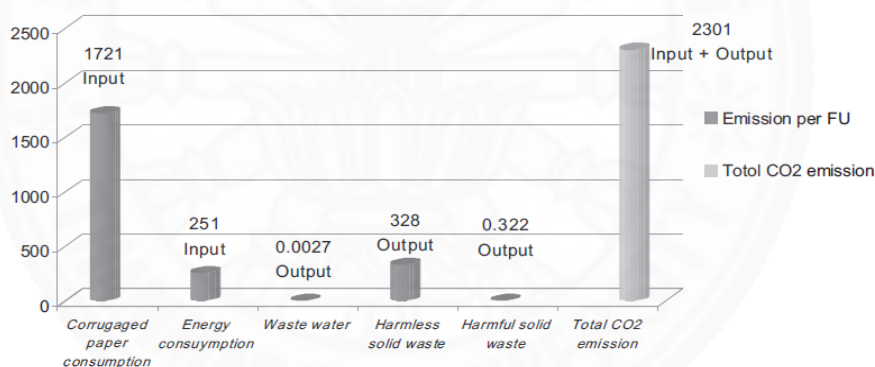
Silva et al. (2015). งานวิจัยนี้ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) อธิบายการผลิตกระดาษในประเทศบราซิล พิจารณาขอบเขตการประเมินรูปแบบ Cradle-to-gate โดยกระบวนการผลิตมี 2 ขั้นตอน คือ 1.การผลิตในป่าหรือการเพาะปลูก ประกอบไปด้วยการเพาะเมล็ด การเตรียมดิน การปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยวไม้ และการขนส่ง 2.การผลิตในอุตสาหกรรม ประกอบด้วยการสกัดเยื่อไม้ การฟอกสี การนำสารเคมีมาใช้ใหม่ และการผลิตกระดาษ โดยกระบวนการผลิตกระดาษนั้นได้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็น 6,397.0 กิโลกรัมต่อการผลิตกระดาษ 1 ตัน เมื่อวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานขั้นต้น และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานขั้นต้นครอบคลุมทั้งพลังงานหมุนเวียน และพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 91.0 ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมด และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 8 ประเภท ได้แก่ ภาวะความเป็นกรด (Acidification) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) ภาวะโลกร้อน (Global warming) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity cancer effects and human toxicity non-cancer effects) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Nutrient enrichment) การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone depletion) และการเกิดโฟโตเคมีคัลออกซิแดนซ์ (Photochemical oxidation) พบว่า การสกัดและฟอกสีเยื่อไม้เกิดผลกระทบด้าน Human toxicity cancer effects สูงสุดถึงร้อยละ 55 ในขณะที่กระบวนการผลิตกระดาษเกิดผลกระทบด้าน Ozone depletion สูงสุด

ถึง ร้อยละ 57 และการนำสารเคมีมาใช้ใหม่ทำให้เกิดผลกระทบด้าน Acidification มากที่สุด ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่แล้วมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนเป็นหลัก

**Song, Che, and Zhang. (2016).** ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการตีสิ่งพิมพ์ บทความทางวิทยาศาสตร์ จากพารามิเตอร์การสืบค้นข้อมูล การดาวน์โหลด การอ่าน และการเขียน บทความทั้งทางตรงและทางอ้อม ตลอดวัฏจักรชีวิตของหนังสือและหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ค่าเฉลี่ยในการสร้างสิ่งพิมพ์เท่ากับ 5.44 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ร่วมกับการใช้พลังงาน 37.65 เมกะจูล ซึ่งการอ่านมีสัดส่วนการปล่อยมากที่สุด ตามมาด้วยการเขียนและการสืบค้นข้อมูล จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวชี้ให้เห็นว่าการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์และจำนวนการอ้างอิงมีผลที่สุดในพารามิเตอร์ การคงอยู่ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ทำให้มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 4.24 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมากกว่าหนังสือทั่วไปที่ปล่อย 1.35 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพราะผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขึ้นกับระยะเวลาการดาวน์โหลดและพฤติกรรมของผู้บริโภค

**Wang, and Mao (2012)** ประเทศจีนเป็นผู้ผลิตและผู้ใช้กระดาษมากที่สุดในโลก ประเทศหนึ่ง ซึ่งอุตสาหกรรมกระดาษในจีนยังใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ในทางตรงข้ามกับประเทศที่พัฒนาแล้วจะมีสัดส่วนการใช้เยื่อไม้ในอุตสาหกรรมกระดาษสูงถึงร้อยละ 63 ขณะที่สัดส่วนการใช้ของประเทศจีนมีเพียงร้อยละ 23 ทำให้มีการใช้พลังงาน และน้ำในปริมาณมาก จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยน้ำเสียสูงถึงร้อยละ 18.9 มีค่า COD, BOD และของแข็งแขวนลอยสูง ซึ่งในงานวิจัยนี้วิเคราะห์ผลกระทบโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมกระดาษที่ผลิตจากเยื่อไม้และฟางข้าวในจีน พบว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเยื่อไม้เท่ากับ 0.69 ตันกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการผลิตกระดาษ 1 ตัน ส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฟางข้าวเท่ากับ 1.77 ตันกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการผลิตกระดาษ 1 ตัน ซึ่งสูงกว่าการใช้เยื่อไม้ถึง 2.5 เท่า เนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้ในการกำจัดซาก

Wang, Hou, and Lin (2013) ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบออฟเซตลิโธกราฟี โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต สนใจประเมินในขั้นตอนการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์และหลังพิมพ์ที่เป็นการเคลือบผิวและตัดรูปทรง ซึ่งอุตสาหกรรมการพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานและสารเคมีที่ก่อให้เกิดน้ำเสียทั้งจากการสร้างแม่พิมพ์และการพิมพ์ ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารเคมีมีความอันตรายต่อมนุษย์และระบบนิเวศ มีหน่วยผลิตภัณฑ์คือ 20,000 กล่อง ขนาด 18.5 x 6.8 x 18.5 เซนติเมตร พิมพ์ 4 สี ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเครื่องมือ ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 2.4 ผลกระทบมีปัจจัยหลักมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบโดยเฉพาะกระดาษลูกฟูก ซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 75 ของการปล่อยก๊าซทั้งหมด ดังนั้นการลดใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่สามารถช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ ด้วยการรีไซเคิลกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตขึ้นมาใหม่ และมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการเผา ซึ่งโรงพิมพ์จะช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้ต้องได้รับความร่วมมือจากลูกค้าและบริษัท โดยพิจารณาทางเลือกการพิมพ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.4 สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบออฟเซต

หมายเหตุ. จาก “Two-phase assessment for the environmental impacts from offset lithographic printing on color-box packaging” by Wang, J., Hou, C. & Lin, P., 2013, *Journal of Cleaner Production*, 53, p.136.

Wells, Boucher, Laurent, and Villeneuve (2012). ศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหนังสือปกแข็งจำนวน 320 หน้า น้ำหนัก 0.75 กิโลกรัม ซึ่งกระดาษถูกผลิตขึ้นในประเทศอเมริกา และพิมพ์หนังสือในประเทศแคนาดา โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ซึ่งสัดส่วนการใช้เยื่อกระดาษขึ้นกับปัจจัยของสัดส่วนการรีไซเคิลกระดาษ ระยะทางการขนส่งเยื่อ และเทคโนโลยีที่ใช้ มีขอบเขตการประเมินแบบ Cradle-to-gate ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ PAS2050 พบว่า การผลิตหนังสือจำนวน 400,000 เล่ม ที่จำหน่ายในอเมริกาเหนือ เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 1,084 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 2.71 กิโลกรัมต่อหนังสือ 1 เล่ม โดยสัดส่วนผลกระทบจากกระบวนการกำจัดหมึกเพื่อรีไซเคิลเยื่อกระดาษ โดยเฉพาะขั้นตอนการรวบรวมและแยกประเภทที่ก่อให้เกิดผลกระทบร้อยละ 54 ของการปล่อยทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าการผลิตกระดาษจากเยื่อกระดาษใหม่ถึงร้อยละ 32 เนื่องจากมีการใช้พลังงานในกระบวนการบดเยื่อกระดาษเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มากกว่าการผลิตโดยใช้เยื่อกระดาษใหม่

Zhang et al. (2016). ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตอลูมิเนียมในประเทศจีน ซึ่งอลูมิเนียมออกไซด์เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตพิจารณาขอบเขตการประเมินแบบ Candle to gate มีหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นอลูมิเนียม 1 ตัน ซึ่งศึกษาผลกระทบของอลูมิเนียมที่ผลิตขึ้นใหม่จากรั่ว และอลูมิเนียมที่ผลิตจากรีไซเคิลเศษอลูมิเนียม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe และ IMPACTWorld+ แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 2.11 ซึ่งการใช้พลังงานเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ส่วนการขนส่งและการใช้สารเคมีเกิดผลกระทบน้อยมาก โดยการใช้พลังงานของอลูมิเนียมที่ผลิตขึ้นใหม่จากรั่วเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในทุกประเภทของผลกระทบ ในขณะที่การรีไซเคิลอลูมิเนียมลดสามารถลดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) และการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil depletion) ได้มากกว่าร้อยละ 94 เนื่องจากกระบวนการรีไซเคิลใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตอลูมิเนียมจากรั่ว รวมถึงการเลือกใช้พลังงานสะอาด เช่น พลังงานน้ำ หรือชีวมวล แทนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินก็จะสามารถช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้

## ตารางที่ 2.11

## ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตอลูมิเนียม 1 ตัน

Categories	Aluminum oxide		Primary aluminum		Secondary aluminum	
	Value	GSD <sup>2</sup>	Value	GSD <sup>2</sup>	Value	GSD <sup>2</sup>
Carcinogens (CTUh)	$2.12 \times 10^{-5}$	2.05	$3.23 \times 10^{-4}$	3.50	$6.88 \times 10^{-6}$	2.00
Non-carcinogens (CTUh)	$3.05 \times 10^{-4}$	3.14	$7.89 \times 10^{-4}$	2.67	$7.49 \times 10^{-6}$	1.41
Freshwater ecotoxicity (CTUe)	$1.75 \times 10^3$	1.75	$1.31 \times 10^4$	2.51	395.39	1.90
Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq)	703.62	1.25	$1.58 \times 10^4$	1.36	721.82	1.13
Land occupation (ha yr arable)	$1.74 \times 10^{-3}$	2.54	$4.88 \times 10^{-3}$	1.96	$2.14 \times 10^{-4}$	1.75
Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq)	2.40	1.20	49.02	1.27	1.16	1.31
Aquatic eutrophication (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	0.38	1.42	1.43	2.34	$2.19 \times 10^{-2}$	2.48
Respiratory inorganics (kg PM <sub>2.5</sub> eq)	0.23	1.44	6.98	1.52	0.44	1.04
Respiratory organics (kg NMVOC eq)	3.06	1.32	46.22	1.45	2.46	1.39
Ozone Layer Depletion (kg CFC-11 e)	$9.71 \times 10^{-6}$	1.85	$1.02 \times 10^{-4}$	1.86	$6.08 \times 10^{-5}$	1.99
Metal depletion (kg Fe eq)	15.91	1.53	51.56	1.48	6.97	1.37
Fossil depletion (kg oil eq)	364.94	1.15	$4.01 \times 10^3$	1.31	188.14	1.44

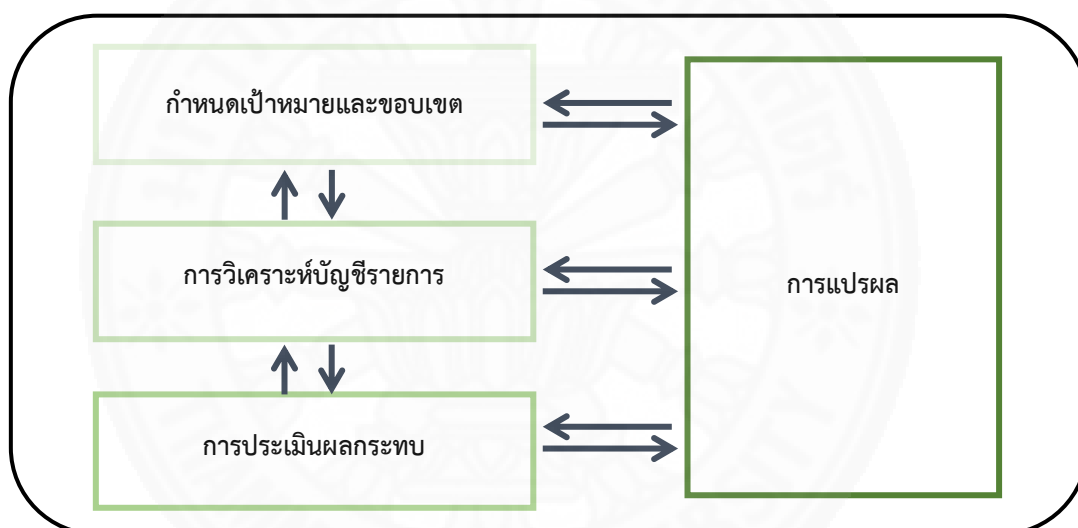
หมายเหตุ. จาก “Environmental footprint of aluminum production in China” by Zhang, Y., Sun, M., Hong, J., Han, X., He, J., & Sho, W., 2016, *Journal of Cleaner Production*, 133, p.1246.



## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล กรณีศึกษาโรงเรียนพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition), การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory Analysis), การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment), และการแปลผล (Interpretation) มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการการประเมินวัฏจักรชีวิต

### 3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

#### 3.1.1 เป้าหมาย

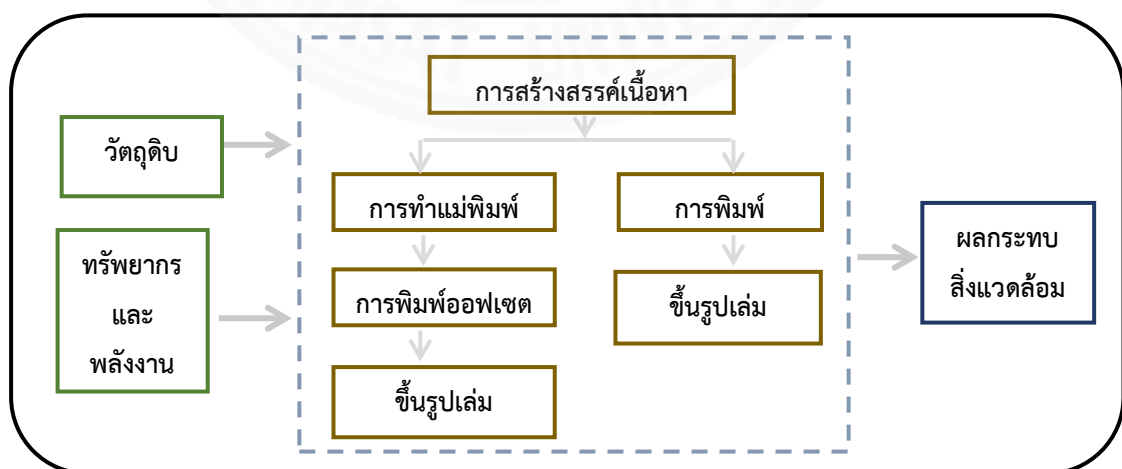
เป้าหมายของการศึกษา เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล พิจารณาในกลุ่มผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และภาวะความเป็นกรด

(Acidification) เนื่องจากกิจกรรมภายในโรงพิมพ์มีความเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการได้มาซึ่งพลังงานมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละอองที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) มีสาเหตุมาจากการใช้สารเคมีที่มีสารประกอบฟอสฟอรัส และไนโตรเจน นอกจากนี้ยังพิจารณาความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) เนื่องจากการใช้สารเคมีและหมึกในขั้นตอนการพิมพ์และการขึ้นรูปเล่ม ซึ่งมีองค์ประกอบของตัวทำละลายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายและโลหะหนัก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศ เมื่อมีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการให้บริการงานพิมพ์ทั้งสองแบบ โดยมีโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์เป็นกรณีศึกษา ซึ่งผลของการศึกษานี้ นอกจากบ่งชี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้ว ยังสามารถเป็นแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของโรงพิมพ์ได้อีกด้วย

### 3.1.2 ขอบเขต

#### 3.1.2.1 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการบริการงานพิมพ์มีขอบเขตการประเมินแบบ Cradle-to-Gate (Business-to-Business : B2B) โดยพิจารณา 2 ช่วงวัฏจักรชีวิต ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต ซึ่งกิจกรรมการให้บริการงานพิมพ์จะครอบคลุมตั้งแต่การสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ การทำแม่พิมพ์ด้วยเทคโนโลยี computer-to-plate (CTP) สำหรับใช้ในกระบวนการพิมพ์แบบออฟเซต การพิมพ์ออฟเซตและพิมพ์ดิจิทัล และงานหลังพิมพ์ ได้แก่ การเคลือบผิวสิ่งพิมพ์ และการขึ้นรูปเล่ม ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขอบเขตของการศึกษา

### 3.1.2.2 ผลลัพธ์ที่ศึกษา

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์บริการงานพิมพ์ที่หลากหลายตามความต้องการลูกค้า เช่น หนังสือ วารสาร แผ่นพับ โปสเตอร์ โดยมีเทคนิคการพิมพ์ 2 ประเภท ได้แก่ การพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่น และการพิมพ์ดิจิทัล การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในครั้งนี้นี้สนใจสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือขนาด A4 A4s และ A5 มีการขึ้นรูปเล่มแบบเย็บมุงหลังคา และไสสันกาว ซึ่งปกหนังสือจะพิมพ์ 4 สี ด้วยกระดาษอาร์ต มีทั้งเคลือบปกด้วยลามิเนตฟิล์มและไม่มีเคลือบปก ส่วนเนื้อในพิมพ์ 4 สีและพิมพ์ 1 สี ด้วยกระดาษอาร์ต กระดาษปอนด์ หรือกระดาษถนอมสายตาตามแต่กรณี ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

รูปแบบการบริการ (Service platform)

เทคนิคการพิมพ์	ออฟเซตป้อนแผ่น		ดิจิทัล		
	ยี่ห้อและรุ่นของเครื่องพิมพ์	Roland 200/1	KBA Papida 75	Nuvera 144EA	Fujixerox Vesant 80 Press
จำนวนสี	1 สี	4 สี	1 สี	1 สี	4 สี
จำนวนหน้าต่อรอบพิมพ์	1 หน้า		1 หน้า		
ชนิดกระดาษ	กระดาษอาร์ต กระดาษปอนด์		กระดาษอาร์ต กระดาษปอนด์ กระดาษถนอมสายตา		
ขนาดกระดาษ	A4 ขนาด 8.25 นิ้ว x 11.75 นิ้ว A4s ขนาด 7.25 นิ้ว x 10.25 นิ้ว A5 ขนาด 5.75 นิ้ว x 8.25 นิ้ว		A4 ขนาด 8.25 นิ้ว x 11.75 นิ้ว A5 ขนาด 5.75 นิ้ว x 8.25 นิ้ว		
เทคนิคการเคลือบผิว	ลามิเนตฟิล์ม ไม่เคลือบผิว				

## ตารางที่ 3.1

## รูปแบบการบริการ (Service platform) (ต่อ)

เทคนิคการพิมพ์	ออฟเซตป้อนแผ่น	ดิจิทัล
การขึ้นรูปหนังสือ		เย็บมุงหลังคา ไสสันกาว

## 3.1.2.3 หน่วยผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 หน่วยบริการ ได้แก่ การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์มีหน่วยผลิตภัณฑ์ คือ ไฟล์อาร์ตเวิร์ค 1 ไฟล์ การบริการสิ่งพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตประกอบด้วยบริการงานก่อนพิมพ์มีหน่วยผลิตภัณฑ์ คือ แม่พิมพ์ขนาด 605 มิลลิเมตร x 745 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น และการบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ มีหน่วยผลิตภัณฑ์ คือ หนังสือ 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า และการบริการสิ่งพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล มีหน่วยผลิตภัณฑ์ คือ หนังสือ 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า เนื่องจากการพิมพ์ดิจิทัลไม่มีกระบวนการทำแม่พิมพ์แบบการพิมพ์ออฟเซต

## 3.1.2.4 การป็นส่วน

ในการศึกษาคั้งนี้มีการป็นส่วนของแม่พิมพ์ออฟเซตที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์หนังสือ เนื่องจากคำนวณผลกระทบของหนังสือใช้หน่วยต่อ 1 เล่ม ซึ่งแม่พิมพ์สามารถนำไปใช้ในงานพิมพ์ได้จำนวน 3,000 กตพิมพ์เป็นอย่างน้อย ทั้งนี้มีปัจจัยขึ้นกับช่างทำแม่พิมพ์ตรวจสอบสารเคลือบผิวแม่พิมพ์ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับอากาศ และการทำความสะอาดและเก็บรักษาแม่พิมพ์หลังใช้งานแล้วของช่างพิมพ์ สำหรับพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรคำนวณมาจากแผ่นป้ายติดเครื่องจักร (nameplate) หรือข้อมูลเฉพาะผลิตภัณฑ์ แล้วป็นส่วนจากฐานข้อมูลค่าไฟฟ้าที่ใช้จริงของโรงพิมพ์ย้อนหลัง 12 เดือน

## 3.1.2.5 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลจะจัดเก็บตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ประกอบด้วย ข้อกำหนดเฉพาะของ

ผลิตภัณฑ์การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ (PCR “Content Creation for Printing”) กำหนดให้รวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานก่อนพิมพ์ (PCR “Prepress”) กำหนดให้รวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 12 เดือน และข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ (PCR “Press and Post Press”) กำหนดให้รวบรวมข้อมูลระหว่างการทดสอบงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ โดยแบ่งเป็นการพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนแผ่นอย่างน้อย 2,500 แผ่น การพิมพ์ดิจิตอลอย่างน้อย 100 แผ่น การเคลือบผิวและกระบวนการงานหลังพิมพ์รวบรวมอย่างน้อย 1,000 ชิ้นงาน ดังนั้นการศึกษานี้จึงรวบรวมข้อมูลจากบันทึกการขายเปิดใช้วัสดุของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 และข้อมูลเฉลี่ยจากวัด ส่วนข้อมูลการทดสอบงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2560

### 3.1.2.6 ข้อจำกัดในการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์จะขึ้นอยู่กับชนิดงานที่ทางโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ให้บริการในช่วงนั้นๆตามใบสั่งของลูกค้า และเจ้าหน้าที่ประจำเครื่องจักรจะเป็นผู้เก็บผลการทดสอบ ซึ่งเวลาการเก็บข้อมูลที่จำกัดในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2559 - มีนาคม พ.ศ.2560 ทำให้ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลได้ครอบคลุมทั้งหมด รวมถึงมีเครื่องจักรเสีย โดยข้อมูลที่รวบรวมได้ถือเป็นค่าเฉลี่ยของการใช้วัสดุดิบ ทรัพยากรและพลังงาน สำหรับใช้ในการคำนวณผลกระทบด้านบริการ เนื่องจากปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ออฟเซต สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ และพลังงานไฟฟ้าในแต่ละงานมีความแตกต่างกัน มีปัจจัยหลายอย่าง อาทิ เช่น ขนาดงาน จำนวนตัวอักษรและภาพ ชนิดกระดาษ และน้ำหนักกระดาษ เป็นต้น ส่วนหมึกพิมพ์ดิจิตอลไม่สามารถเก็บปริมาณการใช้ได้โดยตรง เนื่องจากเป็นตลับที่บ และไม่เหมาะแก่การนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกครั้งที่มีการพิมพ์ จึงอาศัยการคำนวณปริมาณหมึกที่ใช้พิมพ์จากข้อมูลเฉพาะของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การปล่อยของวัสดุดิบบางชนิดไม่มีในฐานข้อมูล ทำให้ต้องใช้สัมประสิทธิ์ของวัสดุดิบที่มีความใกล้เคียงกันแทน ได้แก่ แม่พิมพ์อลูมิเนียมสำเร็จรูปใช้อลูมิเนียมขึ้นต้นแทน และกระดาษถนอมสายตาที่ใช้กระดาษไม่เคลือบผิวหรือกระดาษปอนด์แทน รวมถึงคุณลักษณะเฉพาะของน้ำเสียที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ได้ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงจึงใช้สัมประสิทธิ์ในฐานข้อมูลแทน และปริมาณการปล่อยของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในขณะทำงานภายในโรงพิมพ์อ้างอิงจาก Jones. (2004) เนื่องจากไม่สามารถตรวจวัดปริมาณการปล่อยโดยตรงได้ เช่นเดียวกัน โดยหมึกพิมพ์ออฟเซตมีสัดส่วนปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายร้อยละ 5 สารทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ที่มีความดันไอน้ำต่ำกว่า 10 มิลลิเมตรปรอทที่ 20 องศาเซลเซียสมีสัดส่วนปล่อย

สารอินทรีย์ระเหยง่ายร้อยละ 50 ส่วนน้ำยาฟาวน์เทน ไอโซโพรพานอล (IPA) สารเคลือบ และกาวไม่มีการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย

### 3.1.2.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

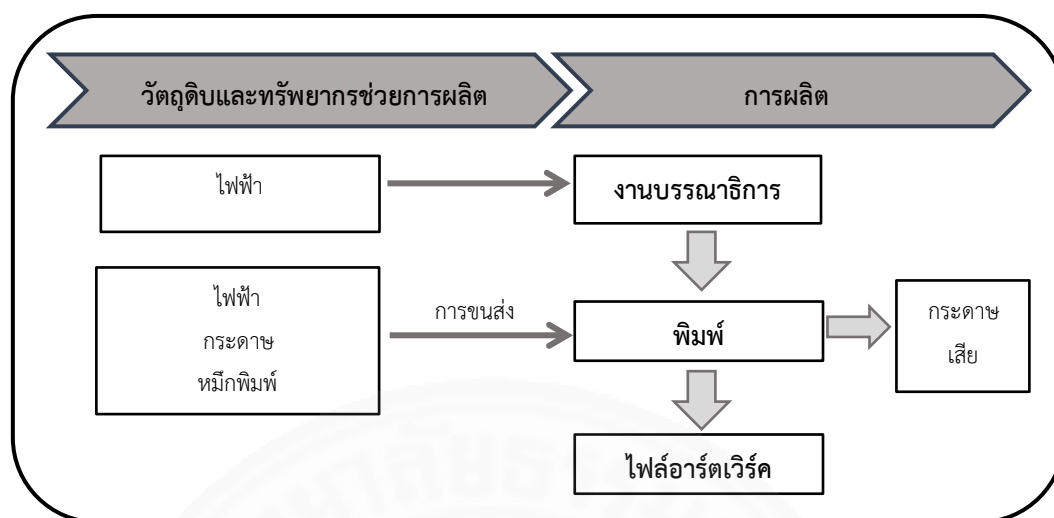
การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นการดำเนินงานเพื่อให้เข้าใจอิทธิพลของปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยการศึกษาจะสมมติสถานการณ์เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบบริการพิมพ์หนังสือ และสามารถนำผลกระทบที่ศึกษาไปใช้ประโยชน์ได้ จากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างที่เกี่ยวข้องๆ ได้แก่ ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ การใช้สารเคมีในขั้นตอนการพิมพ์ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการพิมพ์ เนื่องจากบริการพิมพ์หนังสือแต่ละงานจะมีความแตกต่างกัน ทำให้ปริมาณการใช้สารเหล่านี้ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่โรงพิมพ์ไม่สามารถควบคุมได้ โดยจะประเมินผลกระทบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3 ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

## 3.2 การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ของสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องกับงานที่ศึกษาทั้งหมด โดยเก็บข้อมูล ณ โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในช่วงเดือนเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 และข้อมูลการทดสอบในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งข้อมูลที่ต้องรวบรวมมีรายละเอียดดังนี้

### 3.2.1 การสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์

การสร้างสรรค์เนื้อหาเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับออกแบบสิ่งพิมพ์ ซึ่งเป็นงานของฝ่ายบรรณาธิการในกรณีของลูกค้าไม่มีการออกแบบหรือจัดไฟล์ข้อมูลงานมาก่อน การทำงานประกอบด้วยขั้นตอนการออกแบบหนังสือ การจัดหาภาพประกอบ การจัดการสี การจัดหน้า การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การพิสูจน์อักษร และความสมบูรณ์ของไฟล์ ซึ่งไฟล์อาร์ตเวิร์คที่ได้จะเป็นไฟล์สำหรับส่งงานให้ฝ่ายทำแม่พิมพ์หรือฝ่ายการพิมพ์นำไปใช้งาน โดยขั้นตอนทั้งหมดจะจัดทำด้วยคอมพิวเตอร์ และมีการพิมพ์งานออกมาตรวจสอบความถูกต้องของงานอีกครั้ง ก่อนส่งงานให้ลูกค้าและฝ่ายต่างๆผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

### 3.2.2 การพิมพ์

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์มีเทคนิคการพิมพ์ 2 ประเภท ได้แก่ การพิมพ์ออฟเซต และการพิมพ์ดิจิทัล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

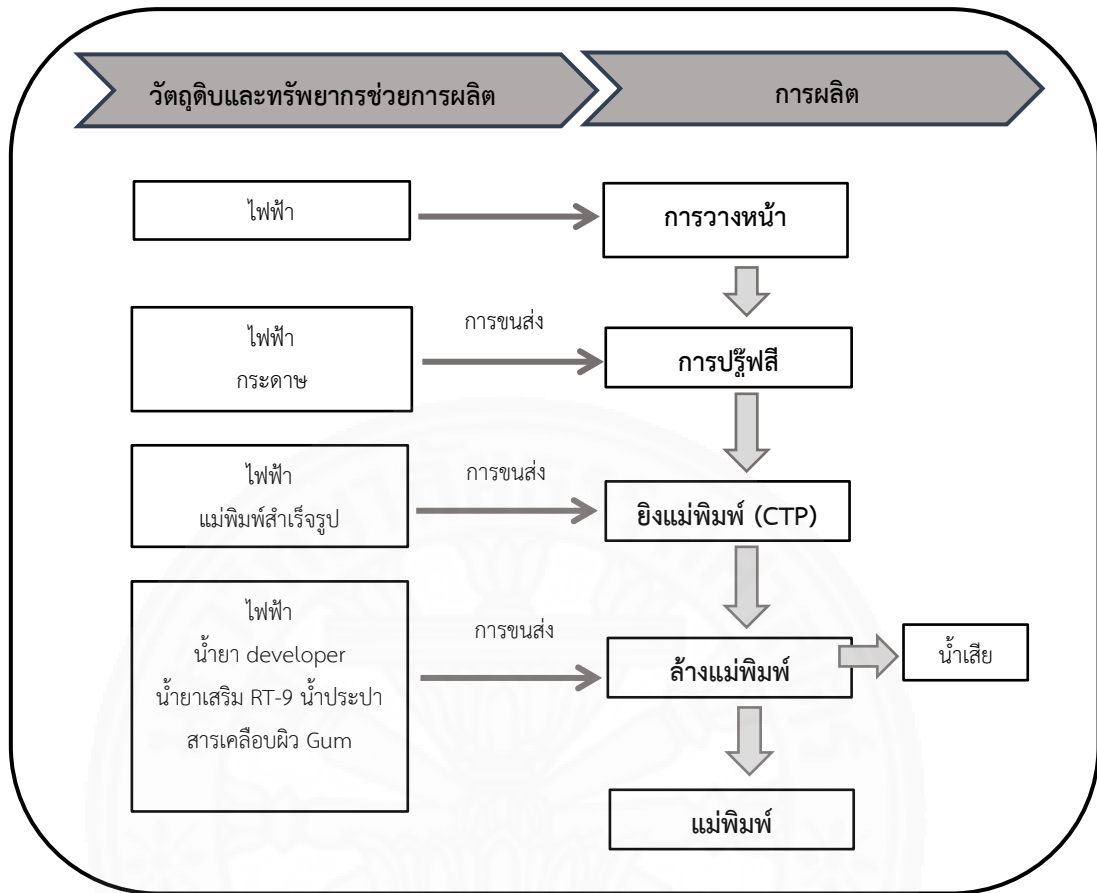
**3.2.2.1 การพิมพ์ออฟเซต** จะต้องมีแม่พิมพ์สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการพิมพ์ จึงแบ่งการดำเนินงานแบ่งเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่

(1) การบริการงานก่อนพิมพ์ เป็นขั้นตอนการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ ประกอบด้วยขั้นตอนการนำไฟล์งานที่ผ่านการตรวจสอบจากฝ่ายบรรณาธิการแล้วมาจับคู่หน้า เพื่อวางหน้า (Lay out) ในแม่พิมพ์สำเร็จรูปขนาด 605 มิลลิเมตร x 745 มิลลิเมตร โดยแม่พิมพ์สำเร็จรูป 1 แผ่นสามารถวางหน้าปกหน้าและหลังขนาด A4 และ A4s ได้จำนวน 2 ปก ขนาด A5 ได้จำนวน 4 ปก ส่วนเนื้อในขนาด A4 และ A4s ได้จำนวน 4 หน้า ขนาด A5 ได้จำนวน 8 หน้า ซึ่งแม่พิมพ์ 1 แผ่นจะใช้ต่อการพิมพ์ 1 สีเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการพิมพ์ 4 สีจะต้องทำแม่พิมพ์เหมือนกันจำนวน 4 แผ่น หลังจากนั้นจะมีการปริ้นดิจิทัลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสีอีกครั้งก่อนเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการยิงแผ่นแม่พิมพ์โดยใช้เทคโนโลยี Computer-to-plate ซึ่งเป็นการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ด้วยรังสียูวี เนื้อแม่พิมพ์ทำมาจากอลูมิเนียมแผ่นที่เคลือบด้วยสารไวแสง จากนั้นนำแผ่นแม่พิมพ์ออกมาล้าง โดยภายในเครื่องล้างจะแบ่งออกเป็น 3 ช่อง ช่องแรกเป็นน้ำยา Developer และน้ำยาเสริม RT-9

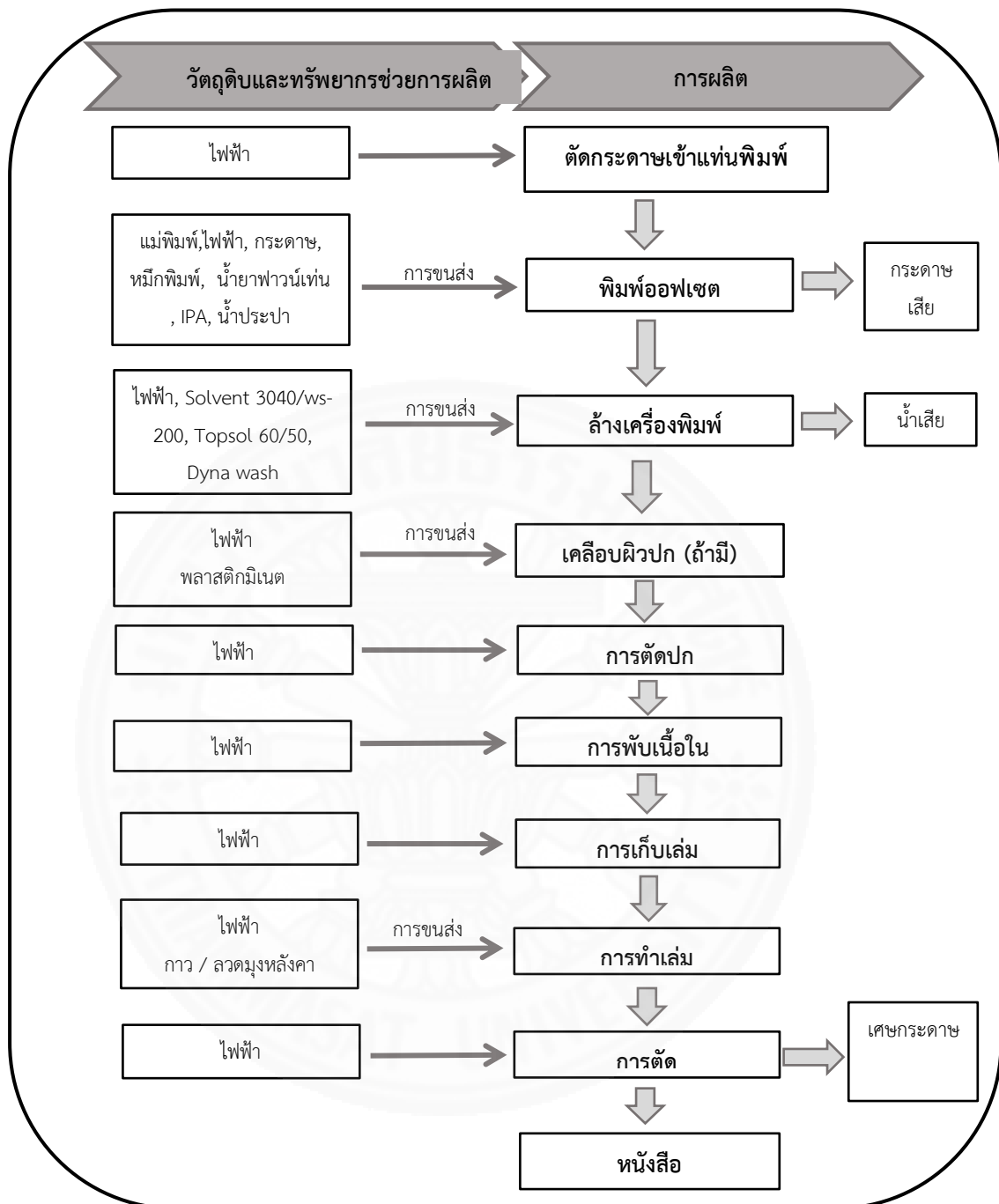
สำหรับล้างบริเวณที่ไม่ใช่ภาพบนผิวแม่พิมพ์ออก ช่องที่สองเป็นน้ำประปาสำหรับทำความสะอาดแม่พิมพ์ และช่องสุดท้ายเป็นสารเคลือบผิว Gum solution เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์เกิดปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานนานขึ้น สามารถเก็บรักษาไว้ใช้ได้หากมีการพิมพ์งานยังไม่ถึง 3,000 ครั้ง และขั้นตอนสุดท้ายตรวจสอบความสมบูรณ์และถูกต้องของแม่พิมพ์ก่อนส่งไปใช้ในกระบวนการพิมพ์ สำหรับการรวบรวมบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและขาออกเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน และของเสียที่เกิดขึ้นจากการทำแม่พิมพ์ออฟเซต ดังภาพที่ 3.4

(2) การบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ เป็นขั้นตอนการพิมพ์จนเป็นหนังสือ โดยงานพิมพ์ประกอบด้วยขั้นตอนการตัดกระดาษเตรียมเข้าแท่นพิมพ์ การพิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์ที่ได้จากบริการงานก่อนพิมพ์ ซึ่งการพิมพ์เนื้อของหนังสือขนาด A4 และ A5 จะมีจำนวน 8 หน้าต่อกระดาษ 1 แผ่น และขนาด A5 จำนวน 16 หน้า ต่อกระดาษ 1 แผ่น และขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องพิมพ์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับวันต่อไป จากนั้นเข้าสู่งานหลังพิมพ์ประกอบด้วยขั้นตอนการเคลือบปกในกรณีที่ต้องการความคงทนและสวยงาม ขั้นตอนการตัดปกเพื่อแยกปกแต่ละเล่ม ส่วนเนื้อในจะนำไปพับเป็นแต่ละยกก่อนเพื่อนำไปรวมเล่มกับปก ขั้นตอนการขึ้นรูป ได้แก่ การทำเล่มแบบไสสันกาวหรือแบบเย็บลวดมุงหลังคา และสุดท้ายขั้นตอนการตัด 3 ด้านให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ สำหรับโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์มีเครื่องพิมพ์ออฟเซต 2 รุ่น ได้แก่ เครื่องพิมพ์ KBA สำหรับพิมพ์ 4 สี และเครื่องพิมพ์ Roland สำหรับพิมพ์ 1 สี ซึ่งการรวบรวมบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจะเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนของการบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้นจากการให้บริการ ดังภาพที่ 3.5





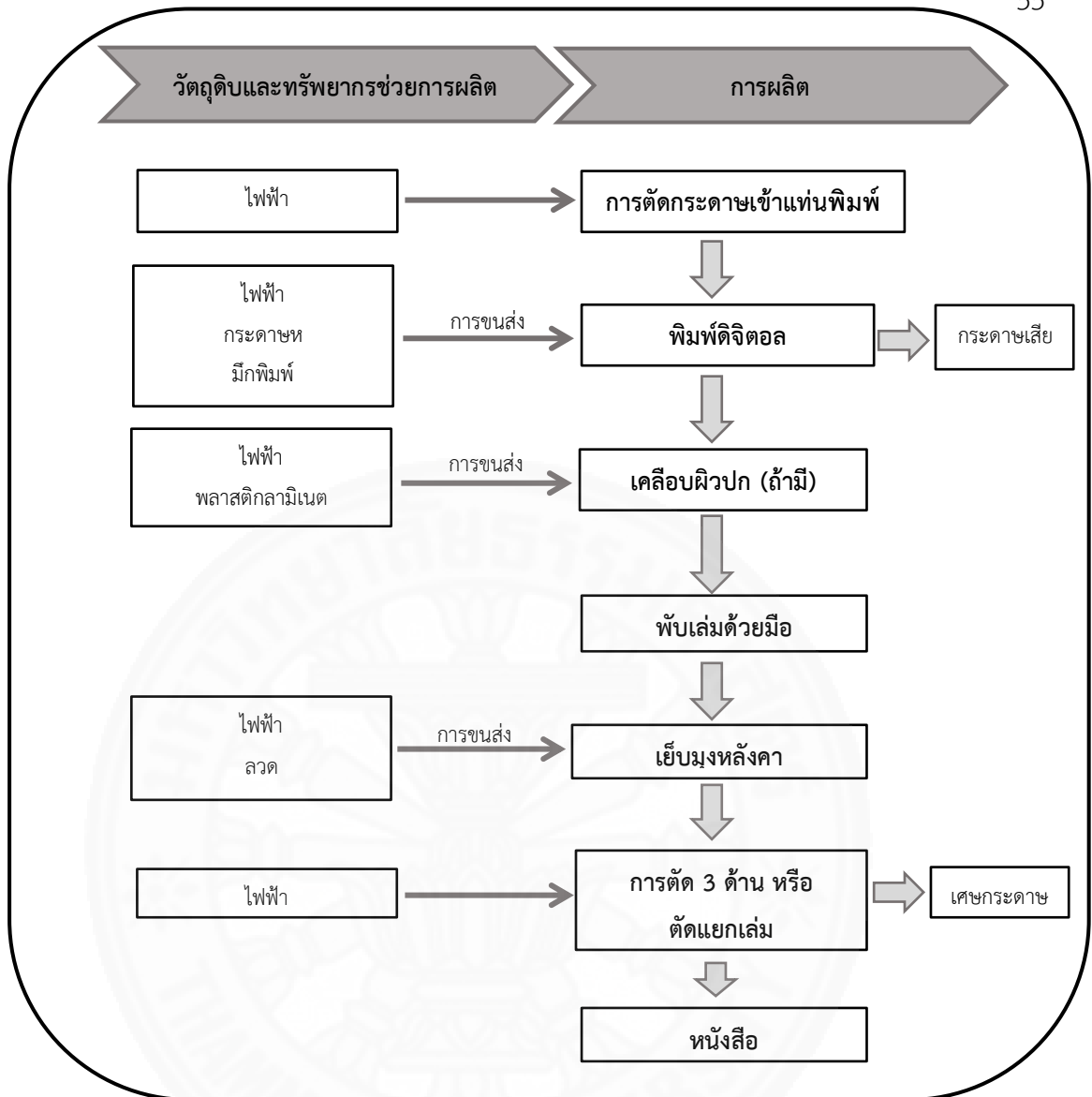
ภาพที่ 3.4 การบริการงานก่อนพิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต



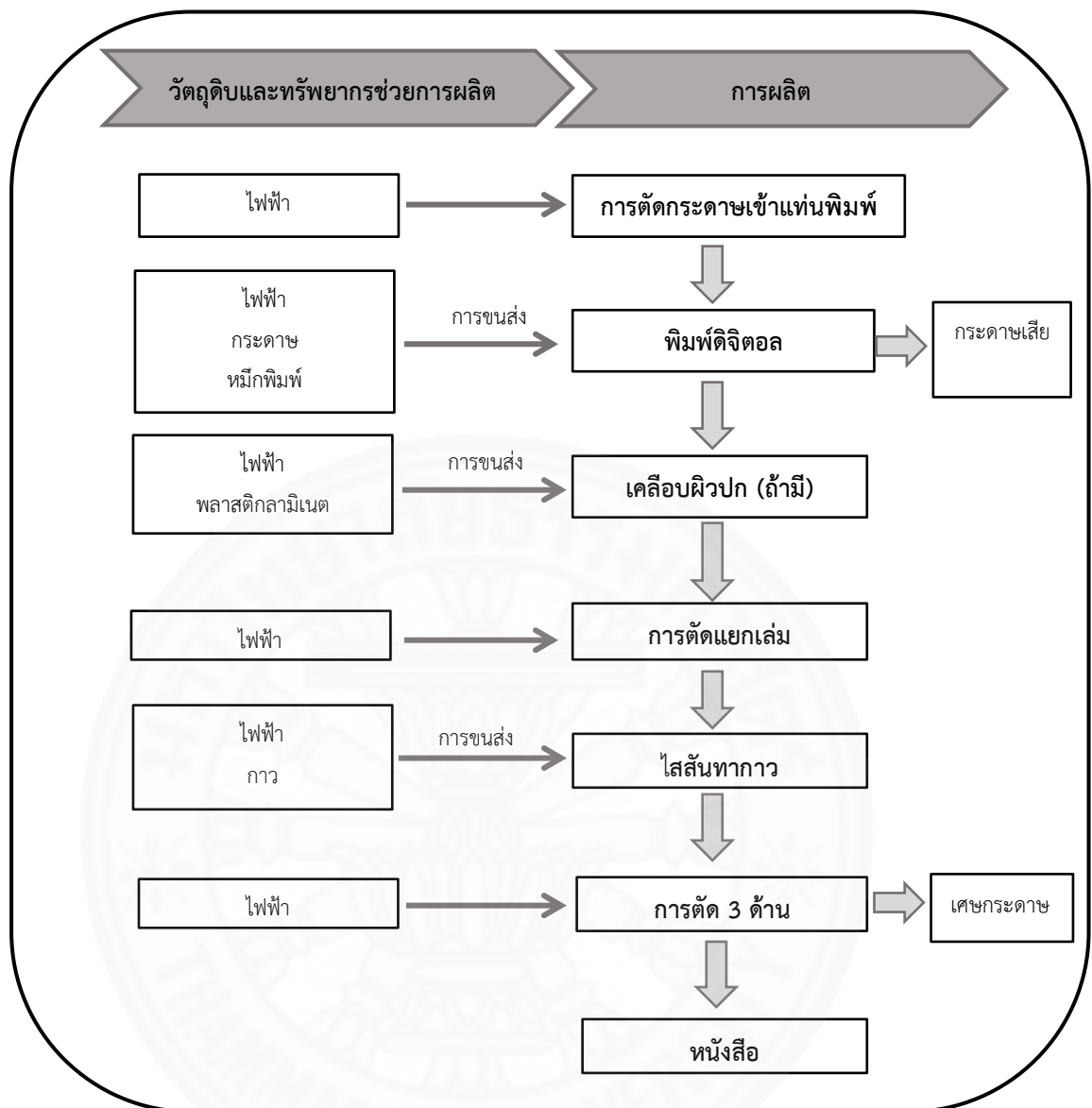
ภาพที่ 3.5 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต

### 3.2.2.2 การพิมพ์ดิจิทัล

การพิมพ์ดิจิทัลสามารถส่งพิมพ์ได้ทันทีหลังจากได้รับไฟล์งานจากฝ่ายบรรณาธิการ เนื่องจากไม่ต้องใช้แม่พิมพ์ในกระบวนการพิมพ์แบบการพิมพ์ออฟเซต จึงมีเพียงการบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์เท่านั้น ประกอบด้วยขั้นตอนการตัดกระดาษเตรียมเข้าแทนพิมพ์ จากนั้นนำไฟล์งานมาพิมพ์ตัวอย่างงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนเริ่มคำสั่งพิมพ์จริง สำหรับโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์งานมีเครื่องพิมพ์ดิจิทัล 3 เครื่อง เป็นเครื่องพิมพ์ Fujixerox Vesant 80 Press สำหรับพิมพ์ 4 สี เครื่องพิมพ์ Fujixerox D125 และ Fujixerox Nuvera 144EA สำหรับพิมพ์ 1 สี ซึ่งการพิมพ์ดิจิทัลกระดาษ 1 แผ่น มาสามารถพิมพ์ปกขนาด A4 ได้จำนวน 1 ปก ขนาด A5 ได้จำนวน 2 ปก ส่วนเนื้อในขนาด A4 ได้จำนวน 4 หน้า ขนาด A5 ได้จำนวน 8 หน้า จากนั้นเป็นขั้นตอนการเคลือบปกหากต้องการความคงทนและสวยงาม แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตัดแยกเป็นเล่มก่อนทำการขึ้นรูปเล่มแบบไสสันทากาว นำไปตัด 3 ด้านเพื่อเก็บรายละเอียดและให้ได้ขนาดตามต้องการ หากเย็บมุงหลังคาเมื่อพิมพ์เสร็จแล้วจะต้องพับเล่มด้วยมือก่อนนำไปเย็บลวด และตัดแยกเล่ม เพื่อเก็บรายละเอียดงาน ซึ่งการรวบรวมบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการพิมพ์แบบดิจิทัลเริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ และการผลิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบริการงานพิมพ์ดิจิทัลและงานหลังพิมพ์ทั้งหมด และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ดังภาพที่ 3.6 และ 3.7



ภาพที่ 3.6 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ดิจิทัลแบบเย็บมุงหลังคา



ภาพที่ 3.7 การบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์ของการพิมพ์ดิจิทัลแบบไสเส้นทากาว

### 3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประเมินผลกระทบชั้นกลาง (Midpoint) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3 ด้วยวิธีการประเมินผล EDIP 2003 V1.03 และ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 พิจารณากลุ่มผลกระทบ ดังนี้

ภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) คือ การที่อุณหภูมิผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงไป มีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้น รังสีของดวงอาทิตย์ไม่สามารถสะท้อนออกไปได้เนื่องจากถูกก๊าซเรือนกระจกกักเก็บไว้

ภาวะความเป็นกรด (Acidification) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องยนต์หรือโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) ปล่องสู่บรรยากาศ เมื่อสารเกิดปฏิกิริยากับน้ำหรือสารอื่นๆในอากาศ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) เกิดจากความเข้มข้นของสารประกอบฟอสฟอรัสและสารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้พืชน้ำบางชนิดเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนปกคลุมบริเวณผิวน้ำ พืชที่อยู่ใต้น้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้เนื่องจากแสงส่องผ่านไม่ถึง ออกซิเจนในน้ำลดลง แหล่งน้ำเน่าเสีย

ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) พิจารณาความอันตรายของสารที่มีต่อมนุษย์หลังถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) พิจารณาความเป็นพิษของสารที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศ ทั้งพืช สัตว์และจุลินทรีย์ในธรรมชาติ

### 3.4 การแปรผลการศึกษา

วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากบริการงานพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบ และหาวิธีการแก้ไข เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงพิมพ์ รวมถึงเปรียบเทียบผลการศึกษผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการให้บริการงานพิมพ์แบบออฟเซตกับดิจิตอล

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัลของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) พิจารณาขอบเขตการประเมินแบบ Cradle-to-Gate หรือ Business-to-Business (B2B) ประกอบด้วย การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3 ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 และ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 ซึ่งการประเมินผลกระทบครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลต่างประเทศ ทำให้ค่าผลกระทบที่แสดงอาจมีความรุนแรงไม่สอดคล้องกับประเทศไทย ดังนั้นจึงมีการใช้ฐานข้อมูลด้านพลังงานและการขนส่งของประเทศไทยแทนฐานข้อมูลต่างประเทศ เพื่อให้การประเมินมีผลกระทบสอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น สำหรับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจะแสดงในภาคผนวก ก.4 ข.6 และ ค.28-ค.91 โดยแบ่งออกเป็น 3 บริการหลัก ได้แก่ บริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต และบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล

##### 4.1.1 บริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ จัดทำโดยโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ด้วยวิธีการประเมินแบบ EDIP 2003 V1.03 แสดงค่าผลกระทบดังตารางที่ 4.1 และประเมินผลกระทบด้วยวิธีการประเมินแบบ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงค่าผลกระทบดังตารางที่ 4.2 โดยผลกระทบเกิดจากกิจกรรมการผลิตทั้งหมด เนื่องจากบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ และได้ผลิตภัณฑ์เป็นไฟล์อาร์ตเวิร์คสำหรับส่งผ่านงานทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) ไปยังฝ่ายต่างๆภายในโรงพิมพ์หรือให้ลูกค้าตรวจสอบงาน

#### ตารางที่ 4.1

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ศักยภาพที่ทำให้เกิดผลกระทบ	หน่วย (unit)
Global warming	7.8593	kg CO <sub>2</sub> eq.
Acidification	0.1477	m <sup>2</sup> eq.
Aquatic eutrophication (P)	4.0003E-04	kg P eq.
Human toxicity, water	29.4272	m <sup>3</sup>
Human toxicity, soil	0.2174	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity water chronic	451.2660	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity water acute	116.3633	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity soil chronic	2.8853	m <sup>3</sup>



## ตารางที่ 4.2

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์จำนวน 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ศักยภาพที่ทำให้เกิดผลกระทบ	หน่วย (unit)
Climate change	7.8606	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	0.0121	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	4.5397E-04	kg P eq
Human toxicity	0.4293	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	2.2269E-04	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	0.0095	kg 1,4-DB eq.

### 4.1.2 บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต

การบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตจะใช้แม่พิมพ์เป็นวัตถุดิบในขั้นตอนการพิมพ์ด้วย ทำให้มีขั้นตอนการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการพิมพ์ จึงต้องแบ่งการบริการออกเป็น 2 บริการ ได้แก่ การบริการงานก่อนพิมพ์เป็นการสร้างภาพบนแม่พิมพ์ และการบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์เป็นการพิมพ์ ตกแต่งสิ่งพิมพ์ และทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1.2.1 บริการงานก่อนพิมพ์

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการงานก่อนพิมพ์ ซึ่งเป็นการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จำนวน 1 แผ่น ขนาด 605 มิลลิเมตร x 745 มิลลิเมตร ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 แสดงค่าผลกระทบดังตารางที่ 4.3 และประเมินผลกระทบด้วยวิธีการประเมินแบบ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงค่าผลกระทบดังตารางที่ 4.4 มีกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือกิจกรรมการผลิต โดยแม่พิมพ์ออฟเซต 1 แผ่น สามารถใช้พิมพ์งานได้จำนวน 3,000 กัดพิมพ์หรือมากกว่านั้น ขึ้นกับการทำความสะอาด และการเก็บรักษาแม่พิมพ์ของช่างพิมพ์หลังจากใช้งานเสร็จแล้ว

## ตารางที่ 4.3

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซต จำนวน 1 แผ่น ขนาด 0.605 m. x 0.745 m. ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ศักยภาพที่ทำให้เกิดผลกระทบ	หน่วย (unit)
Global warming	5.0721	kg CO <sub>2</sub> eq.
Acidification	0.1221	m <sup>2</sup> eq.
Aquatic eutrophication (P)	0.0001	kg P eq.
Human toxicity, water	32.3933	m <sup>3</sup>
Human toxicity, soil	0.3256	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity water chronic	421.5839	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity water acute	56.3500	m <sup>3</sup>
Ecotoxicity soil chronic	0.6935	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ 4.4

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซต จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ศักยภาพที่ทำให้เกิดผลกระทบ	หน่วย (unit)
Climate change	5.2743	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	0.0239	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	0.0002	kg P eq.
Human toxicity	0.6303	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	0.0005	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	0.0051	kg 1,4-DB eq.

#### 4.1.2.1 บริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการงานพิมพ์ โดยคำนวณผลในรูปแบบของหนังสือไสสันทากาวและหนังสือเย็บมุงหลังคาจำนวน 80 หน้า ขนาด A4 A4s และ A5 ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งลักษณะได้ทั้งหมด 32 รูปแบบ ตามหมายเหตุแนบท้ายบทที่ 4 โดยหนังสือรูปแบบ 1a-6a เป็นหนังสือขนาด A4 ไสสันทากาว หนังสือรูปแบบ 7a-12a เป็นหนังสือขนาด A4 เย็บมุงหลังคา หนังสือรูปแบบ 13a-18a เป็นหนังสือขนาด A4s ไสสันทากาว หนังสือรูปแบบ 19a-24a เป็นหนังสือขนาด A4s เย็บมุงหลังคา หนังสือรูปแบบ 25a-28a เป็นหนังสือขนาด A5 ไสสันทากาว และหนังสือรูปแบบ 28a-32a เป็นหนังสือขนาด A5 เย็บมุงหลังคา ซึ่งแสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 ดังตารางที่ 4.5 ถึงตารางที่ 4.7 และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงผลกระทบดังตารางที่ 4.8 ถึงตารางที่ 4.10 โดยกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

#### ตารางที่ 4.5

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 1a	0.3746	0.0283	1.1817E-04	7.7887	0.1618	134.1742	39.4016	1.9094
หนังสือรูปแบบ 2a	0.3781	0.0285	1.1817E-04	7.7825	0.1491	134.0939	39.3772	1.9074
หนังสือรูปแบบ 3a	0.5682	0.0352	1.3697E-04	9.4579	0.1664	160.9849	45.8738	2.1841
หนังสือรูปแบบ 4a	0.5717	0.0354	1.3697E-04	9.4622	0.1741	161.0280	45.8869	2.1853
หนังสือรูปแบบ 5a	0.7469	0.0504	2.6583E-04	17.3629	0.2299	248.8149	55.6673	2.6871
หนังสือรูปแบบ 6a	0.7504	0.0506	2.6583E-04	17.3634	0.2299	248.8199	55.6683	2.6872
หนังสือรูปแบบ 7a	0.3675	0.0276	1.1668E-04	7.7854	0.1485	132.3972	38.9457	1.9069
หนังสือรูปแบบ 8a	0.3710	0.0278	1.1668E-04	7.7857	0.1485	132.3974	38.9457	1.9070
หนังสือรูปแบบ 9a	0.5610	0.0345	1.3548E-04	9.4625	0.1735	159.2868	45.4474	2.1845
หนังสือรูปแบบ 10a	0.5645	0.0347	1.3548E-04	9.4654	0.1736	159.3315	45.4555	2.1849

## ตารางที่ 4.5

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 11a	0.7397	0.0496	2.6433E-04	17.3661	0.2294	247.1183	55.2358	2.6867
หนังสือรูปแบบ 12a	0.7432	0.0499	2.6433E-04	17.3664	0.2294	247.1185	55.2359	2.6867

## ตารางที่ 4.6

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 13a	0.3612	0.0278	1.1719E-04	7.7042	0.1337	132.9653	39.1123	1.9024
หนังสือรูปแบบ 14a	0.3647	0.0280	1.1719E-04	7.7046	0.1337	132.9655	39.1123	1.9024
หนังสือรูปแบบ 15a	0.5605	0.0350	1.3687E-04	9.4553	0.2003	160.9683	45.8560	2.1917
หนังสือรูปแบบ 16a	0.5641	0.0353	1.3687E-04	9.4556	0.2003	160.9685	45.8560	2.1917
หนังสือรูปแบบ 17a	0.7325	0.0473	2.4736E-04	16.1991	0.2233	232.1258	51.8302	2.5033
หนังสือรูปแบบ 18a	0.7360	0.0475	2.4736E-04	16.1995	0.2233	232.1259	51.8302	2.5033
หนังสือรูปแบบ 19a	0.3560	0.0273	1.1636E-04	7.7593	0.1333	132.0033	38.8628	1.9022
หนังสือรูปแบบ 20a	0.3595	0.0276	1.1636E-04	7.7597	0.1335	132.0035	38.8628	1.9022
หนังสือรูปแบบ 21a	0.5554	0.0345	1.3605E-04	9.5103	0.2000	160.0063	45.6065	2.1915
หนังสือรูปแบบ 22a	0.5589	0.0348	1.3605E-04	9.5107	0.2000	160.0065	45.6065	2.1915
หนังสือรูปแบบ 23a	0.7273	0.0468	2.4653E-04	16.2542	0.2230	231.1638	51.5807	2.5031

## ตารางที่ 4.6

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 24a	0.7308	0.0471	2.4653E-04	16.2546	0.2230	231.1640	51.5807	2.5031

## ตารางที่ 4.7

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic(m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 25a	0.2090	0.0158	6.5714E-05	4.3308	0.0761	74.9241	22.1158	1.0713
หนังสือรูปแบบ 26a	0.2107	0.0159	6.5714E-05	4.3310	0.0761	74.9242	22.1159	1.0713
หนังสือรูปแบบ 27a	0.3642	0.0237	1.2378E-04	8.1242	0.1071	116.3209	25.9727	1.2485
หนังสือรูปแบบ 28a	0.3659	0.0238	1.2378E-04	8.1245	0.1075	116.3223	25.9727	1.2485
หนังสือรูปแบบ 29a	0.2047	0.0154	6.4835E-05	4.3000	0.0757	73.9440	21.8696	1.0711
หนังสือรูปแบบ 30a	0.2065	0.0155	6.4835E-05	4.3002	0.0757	73.9441	21.8696	1.0711
หนังสือรูปแบบ 31a	0.3599	0.0233	1.2290E-04	8.0937	0.1077	115.3437	25.7269	1.2483
หนังสือรูปแบบ 32a	0.3616	0.0234	1.2290E-04	8.0938	0.1077	115.3438	25.7269	1.2483

## ตารางที่ 4.8

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCie Midpoint (H) V.1.06

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 1a	0.3746	0.0018	1.3379E-04	0.1561	1.4058E-04	0.0028
หนังสือรูปแบบ 2a	0.3782	0.0018	1.3388E-04	0.1561	1.4058E-04	0.0028
หนังสือรูปแบบ 3a	0.5719	0.0026	1.5512E-04	0.1899	1.9319E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 4a	0.5754	0.0026	1.5521E-04	0.1899	1.9319E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 5a	0.7494	0.0035	3.0118E-04	0.2731	2.6275E-04	0.0054
หนังสือรูปแบบ 6a	0.7529	0.0035	3.0128E-04	0.2731	2.6275E-04	0.0054
หนังสือรูปแบบ 7a	0.3674	0.0018	1.3208E-04	0.1552	1.4037E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 8a	0.3710	0.0018	1.3218E-04	0.1553	1.4037E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 9a	0.5647	0.0025	1.5341E-04	0.1890	1.9298E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 10a	0.5682	0.0025	1.5351E-04	0.1890	1.9298E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 11a	0.7422	0.0034	2.9948E-04	0.2723	2.6254E-04	0.0054
หนังสือรูปแบบ 12a	0.7457	0.0034	2.9958E-04	0.2723	2.6254E-04	0.0054

## ตารางที่ 4.9

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 13a	0.3611	0.0018	1.3267E-04	0.1551	1.3765E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 14a	0.3608	0.0018	1.3276E-04	0.1551	1.3765E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 15a	0.5640	0.0026	1.5484E-04	0.1897	1.9564E-04	0.0032

## ตารางที่ 4.9

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4s จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 16a	0.5676	0.0026	1.5494E-04	0.1897	1.9564E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 17a	0.7352	0.0033	2.8021E-04	0.2551	2.4867E-04	0.0051
หนังสือรูปแบบ 18a	0.7388	0.0033	2.8030E-04	0.2551	2.4867E-04	0.0051
หนังสือรูปแบบ 19a	0.3559	0.0017	1.3173E-04	0.1549	1.3759E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 20a	0.3594	0.0018	1.3182E-04	0.1549	1.3759E-04	0.0027
หนังสือรูปแบบ 21a	0.5588	0.0025	1.5390E-04	0.1895	1.9557E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 22a	0.5623	0.0025	1.5400E-04	0.1895	1.9558E-04	0.0032
หนังสือรูปแบบ 23a	0.7300	0.0033	2.7927E-04	0.2549	2.4860E-04	0.0051
หนังสือรูปแบบ 24a	0.7335	0.0033	2.7936E-04	0.2549	2.4860E-04	0.0051

## ตารางที่ 4.10

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 25a	0.2089	0.0010	7.4394E-05	0.0874	7.6701E-05	0.0015
หนังสือรูปแบบ 26a	0.2107	0.0010	7.4443E-05	0.0874	7.6702E-05	0.0015
หนังสือรูปแบบ 27a	0.3653	0.0017	1.4025E-04	0.1280	1.2134E-04	0.0025
หนังสือรูปแบบ 28a	0.3671	0.0017	1.4029E-04	0.1280	1.2134E-04	0.0025

ตารางที่ 4.10

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 29a	0.2047	0.0010	7.3394E-05	0.0867	7.6547E-05	0.0015
หนังสือรูปแบบ 30a	0.2065	0.0010	7.3443E-05	0.0868	7.6547E-05	0.0015
หนังสือรูปแบบ 31a	0.3610	0.0016	1.3925E-04	0.1273	1.2119E-04	0.0025
หนังสือรูปแบบ 32a	0.3628	0.0016	1.3929E-04	0.1273	1.2119E-04	0.0025

#### 4.1.3 บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล

ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการงานพิมพ์ดิจิทัล โดยคำนวณผลในรูปแบบของหนังสือเย็บมุงหลังคาและหนังสือไสสันதாகาวจำนวน 80 หน้า ขนาด A4 และ A5 ตามลำดับ ซึ่งแบ่งลักษณะของหนังสือได้ 32 รูปแบบ ตามหมายเหตุแนบท้ายบทที่ 4 ได้แก่ หนังสือรูปแบบ 1b-8b เป็นหนังสือขนาด A4 ไสสันதாகาว รูปแบบ 7b-16b เป็นหนังสือขนาด A4 เย็บมุงหลังคา ส่วนหนังสือรูปแบบที่ 17b-24b เป็นหนังสือขนาด A5 ไสสันதாகาว และรูปแบบ 25b-32b เป็นหนังสือขนาด A5 เย็บมุงหลังคา แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 ดังตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.12 และวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 ดังตารางที่ 4.13 ถึงตารางที่ 4.14 ซึ่งกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด



## ตารางที่ 4.11

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 1b	0.3561	0.0276	1.2250E-04	8.1620	0.1162	140.3444	41.4957	1.8165
หนังสือรูปแบบ 2b	0.3640	0.0281	1.2250E-04	8.1627	0.1163	176.9520	41.4959	1.8165
หนังสือรูปแบบ 3b	0.4310	0.0320	1.5557E-04	10.7686	0.1234	176.9520	49.7543	1.8524
หนังสือรูปแบบ 4b	0.4389	0.0325	1.5557E-04	10.7693	0.1234	176.9524	49.7544	1.8524
หนังสือรูปแบบ 5b	0.5433	0.0422	2.4953E-04	16.3650	0.1732	234.2152	53.4493	2.1340
หนังสือรูปแบบ 6b	0.5512	0.0427	2.4953E-04	16.3657	0.1732	234.2156	53.4494	2.1341
หนังสือรูปแบบ 7b	0.6778	0.0537	3.1580E-04	20.5202	0.2266	293.9770	67.1062	2.8143
หนังสือรูปแบบ 8b	0.6857	0.0542	3.1580E-04	20.5209	0.2266	293.9774	67.1063	2.8143
หนังสือรูปแบบ 9b	0.3456	0.0269	1.2100E-04	8.1652	0.1157	138.6479	41.0643	1.8160
หนังสือรูปแบบ 10b	0.3534	0.0274	1.2100E-04	8.1659	0.1157	138.6483	41.0644	1.8160
หนังสือรูปแบบ 11b	0.4205	0.0312	1.5408E-04	10.7718	0.1229	175.2554	49.3229	1.8519
หนังสือรูปแบบ 12b	0.4284	0.0317	1.5408E-04	10.7725	0.1229	175.2558	49.3230	1.8519
หนังสือรูปแบบ 13b	0.5327	0.0414	2.4804E-04	16.3682	0.1726	232.5186	53.0178	2.1336
หนังสือรูปแบบ 14b	0.5406	0.0419	2.4804E-04	16.3689	0.1727	232.5190	53.0180	2.1336
หนังสือรูปแบบ 15b	0.6673	0.0530	3.1431E-04	20.5234	0.2261	292.2804	66.6747	2.8138
หนังสือรูปแบบ 16b	0.6752	0.0535	3.1431E-04	20.5241	0.2261	292.2808	66.6749	2.8138

## ตารางที่ 4.12

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลิตภัณฑ์	Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	Aquatic eutrophication (P) (kg P eq.)	Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )
หนังสือรูปแบบ 17b	0.1920	0.0156	7.3487E-05	4.9115	0.0658	82.0124	23.4423	0.9977
หนังสือรูปแบบ 18b	0.1960	0.0159	7.3487E-05	4.9115	0.0658	82.0124	23.4423	0.9977
หนังสือรูปแบบ 19b	0.2124	0.0157	7.1712E-05	4.7656	0.0655	79.9769	22.9898	0.9959
หนังสือรูปแบบ 20b	0.2164	0.0160	7.1712E-05	4.7659	0.0655	79.9771	22.9898	0.9959
หนังสือรูปแบบ 21b	0.1898	0.0155	6.8647E-05	4.4829	0.0685	76.8479	22.6024	1.0474
หนังสือรูปแบบ 22b	0.1938	0.0157	6.8647E-05	4.4833	0.0685	76.8481	22.6025	1.0474
หนังสือรูปแบบ 23b	0.2681	0.0212	1.2232E-04	7.8619	0.0906	112.7674	25.7620	1.1405
หนังสือรูปแบบ 24b	0.2721	0.0214	1.2232E-04	7.8623	0.0907	112.7676	25.7620	1.1405
หนังสือรูปแบบ 25b	0.1851	0.0152	7.2607E-05	4.8807	0.0653	81.0319	23.1960	0.9975
หนังสือรูปแบบ 26b	0.1890	0.0155	7.2607E-05	4.8810	0.0653	81.0321	23.1961	0.9975
หนังสือรูปแบบ 27b	0.2059	0.0153	7.0832E-05	4.7348	0.0652	78.9968	22.7435	0.9956
หนังสือรูปแบบ 28b	0.2098	0.0155	7.0832E-05	4.7351	0.0652	78.9970	22.7435	0.9956
หนังสือรูปแบบ 29b	0.1833	0.0150	7.0832E-05	4.4522	0.0682	75.8678	22.3562	1.0471
หนังสือรูปแบบ 30b	0.1872	0.0153	6.7768E-05	4.4525	0.0682	75.8680	22.3562	1.0471
หนังสือรูปแบบ 31b	0.2616	0.0208	1.2144E-04	7.8312	0.0903	111.7873	25.5157	1.1402
หนังสือรูปแบบ 32b	0.2655	0.0210	1.2144E-04	7.8315	0.0903	111.7875	25.5157	1.1402

## ตารางที่ 4.13

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 1b	0.3548	0.0016	1.3874E-04	0.1566	1.2376E-04	0.0029
หนังสือรูปแบบ 2b	0.3628	0.0017	1.3893E-04	0.1566	1.2376E-04	0.0029
หนังสือรูปแบบ 3b	0.4301	0.0019	1.7633E-04	0.1865	1.3025E-04	0.0037
หนังสือรูปแบบ 4b	0.4380	0.0019	1.7652E-04	0.1865	1.3025E-04	0.0037
หนังสือรูปแบบ 5b	0.5572	0.0026	2.3435E-04	0.2598	1.9778E-04	0.0048
หนังสือรูปแบบ 6b	0.5651	0.0027	2.3454E-04	0.2598	1.9778E-04	0.0048
หนังสือรูปแบบ 7b	0.6971	0.0034	2.9325E-04	0.3311	2.5963E-04	0.0061
หนังสือรูปแบบ 8b	0.7050	0.0034	2.9344E-04	0.3311	2.5964E-04	0.0061
หนังสือรูปแบบ 9b	0.3442	0.0016	1.3704E-04	0.1557	1.2355E-04	0.0029
หนังสือรูปแบบ 10b	0.3522	0.0016	1.3722E-04	0.1557	1.2355E-04	0.0029
หนังสือรูปแบบ 11b	0.4195	0.0018	1.7463E-04	0.1856	1.3004E-04	0.0036
หนังสือรูปแบบ 12b	0.4274	0.0019	1.7481E-04	0.1856	1.3004E-04	0.0036
หนังสือรูปแบบ 13b	0.5466	0.0026	2.3265E-04	0.2590	1.9757E-04	0.0048
หนังสือรูปแบบ 14b	0.5545	0.0026	2.3283E-04	0.2590	1.9757E-04	0.0048
หนังสือรูปแบบ 15b	0.6865	0.0033	2.9155E-04	0.3302	2.5942E-04	0.0061
หนังสือรูปแบบ 16b	0.6944	0.0033	2.9174E-04	0.3302	2.5943E-04	0.0061

## ตารางที่ 4.14

ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ขนาด A5 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน  
ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ผลิตภัณฑ์	Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	Freshwater eutrophication (kg P eq.)	Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)
หนังสือรูปแบบ 17b	0.1909	0.0009	8.3246E-05	0.0899	6.9916E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 18b	0.1949	0.0009	8.3340E-05	0.0899	6.9917E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 19b	0.2117	0.0009	8.1229E-05	0.0883	6.9418E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 20b	0.2157	0.0009	8.1322E-05	0.0883	6.9419E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 21b	0.1889	0.0009	7.7730E-05	0.0871	7.2224E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 22b	0.1929	0.0009	7.7823E-05	0.0871	7.2225E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 23b	0.2669	0.0012	1.3861E-04	0.1183	9.8357E-05	0.0025
หนังสือรูปแบบ 24b	0.2709	0.0013	1.3870E-04	0.1183	9.8358E-05	0.0025
หนังสือรูปแบบ 25b	0.1844	0.0009	8.2246E-05	0.0893	6.9761E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 26b	0.1883	0.0009	8.2340E-05	0.0894	6.9762E-05	0.0017
หนังสือรูปแบบ 27b	0.2052	0.0009	8.0229E-05	0.0877	6.9264E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 28b	0.2091	0.0009	8.0322E-05	0.0877	6.9265E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 29b	0.1824	0.0009	7.6730E-05	0.0865	7.2070E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 30b	0.1863	0.0009	7.6823E-05	0.0865	7.2070E-05	0.0016
หนังสือรูปแบบ 31b	0.2604	0.0012	1.3761E-04	0.1177	9.8202E-05	0.0025
หนังสือรูปแบบ 32b	0.2643	0.0012	1.3770E-04	0.1178	9.8203E-05	0.0025

## 4.2 การแปรผล

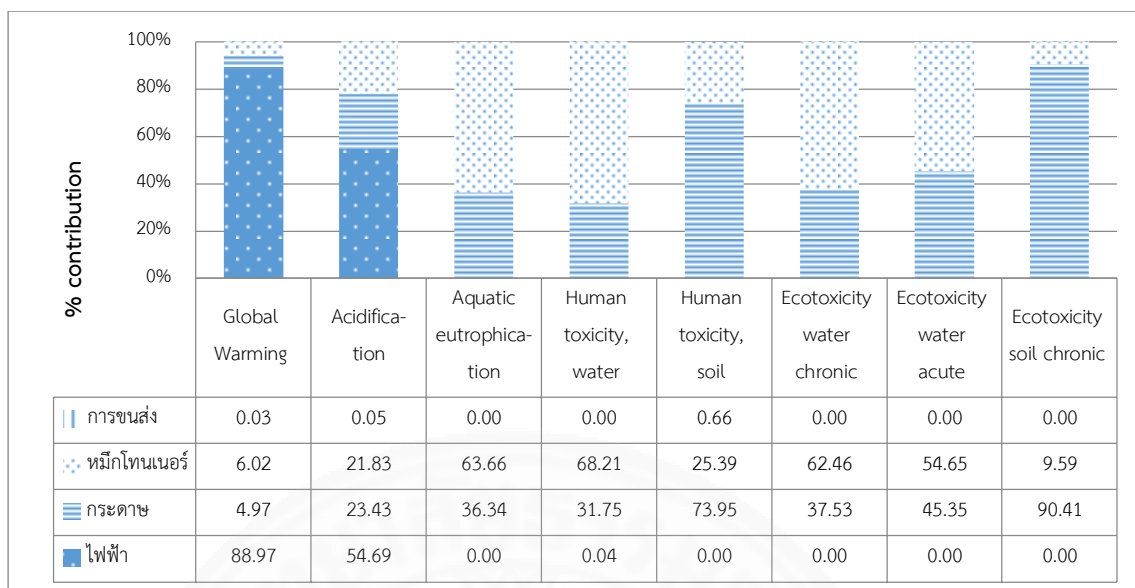
### 4.2.1 ผลกระทบบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จำนวน 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆดังภาพที่ 4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) และภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการผลิตจะต้องเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละออง เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบดังกล่าว โดยฝ่ายบรรณาธิการจะใช้คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ไฟส่องสว่าง และเครื่องปรับอากาศในการทำงาน โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศมีส่วนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดใหญ่จึงใช้พลังงานไฟฟ้ามาก รองลงมาคือ กระจกถ่ายเอกสาร และหมึกโทนเนอร์ สำหรับพิมพ์ตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของไฟล์งาน ตามลำดับ

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) มีสาเหตุของผลกระทบมาจากหมึกโทนเนอร์ของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากหมึกประกอบด้วยสารสีที่มีโลหะหนัก วาณิช ตัวทำละลายในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารเติมแต่ง ซึ่งเป็นสารที่เมื่อปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมหรือมีการระเหยจะก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ กระจกถ่ายเอกสาร และการใช้พลังงานไฟฟ้า ตามลำดับ

ผลความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) ผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากการได้มาซึ่งกระจกถ่ายเอกสาร ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตกระจกที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และสารเคมีรองลงมาคือ หมึกโทนเนอร์ของเครื่องพิมพ์ และการขนส่งวัสดุช่วยผลิต ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์สิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

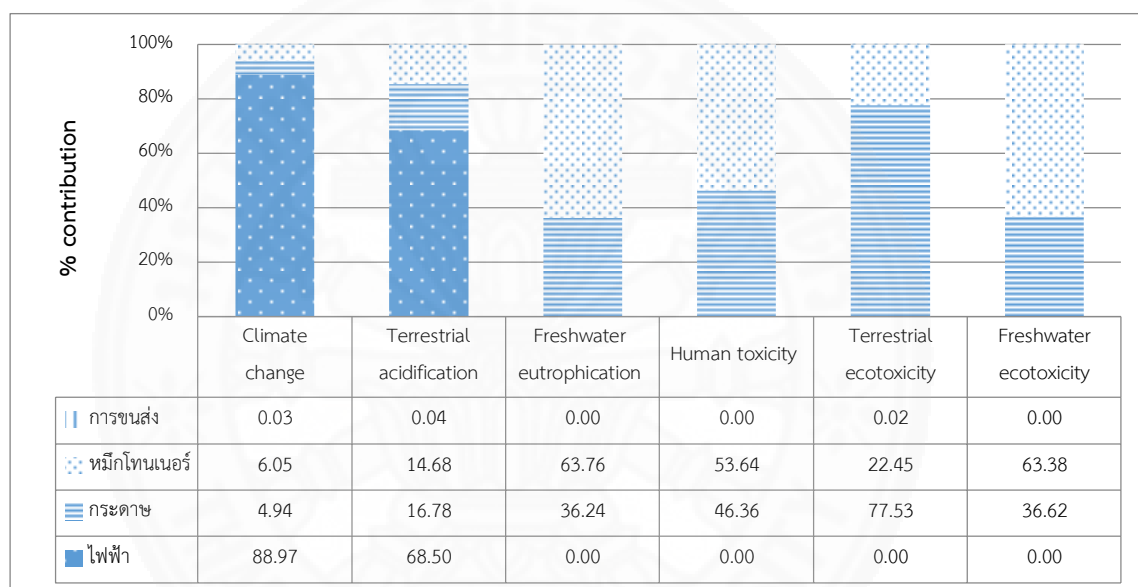
สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ดังภาพที่ 4.2 มีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial Acidification) มีสัดส่วนผลกระทบส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละอองเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบดังกล่าว โดยการทำงานใช้ทั้งคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ไฟส่องสว่างและเครื่องปรับอากาศ ซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเปิดใช้งาน รองลงมาคือ กระจกถ่ายเอกสาร และหมักโทนเนอร์ ตามลำดับ สำหรับการพิมพ์ตรวจสอบความถูกต้องของงาน ทั้งภาพ สี อักษร และการจัดวางหน้า

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater Eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากการได้มาซึ่งหมักโทนเนอร์ของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากหมักจะมีโลหะหนัก และตัวทำละลายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็น

องค์ประกอบ ซึ่งบางชนิดเป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อมนุษย์และระบบนิเวศ รองลงมาคือ กระจกตาถ่ายเอกสาร ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามีส่วนผลกระทบน้อยกว่าร้อยละ 0.01

ผลกระทบทางความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) มีปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งกระจกตาถ่ายเอกสาร มีสาเหตุมาจากกระบวนการผลิตกระจกตาที่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตและการปรับปรุงคุณภาพกระจกตา รวมถึงมาใช้ยาฆ่าแมลงและกำจัดศัตรูพืชในการปลูกต้นไม้สำหรับผลิตกระจกตา รองลงมาคือ หมึกโทนเนอร์ของเครื่องพิมพ์ การขนส่งวัสดุช่วยผลิต ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการสร้างสรรค์สิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

## 4.2.2 ผลกระทบจากการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต

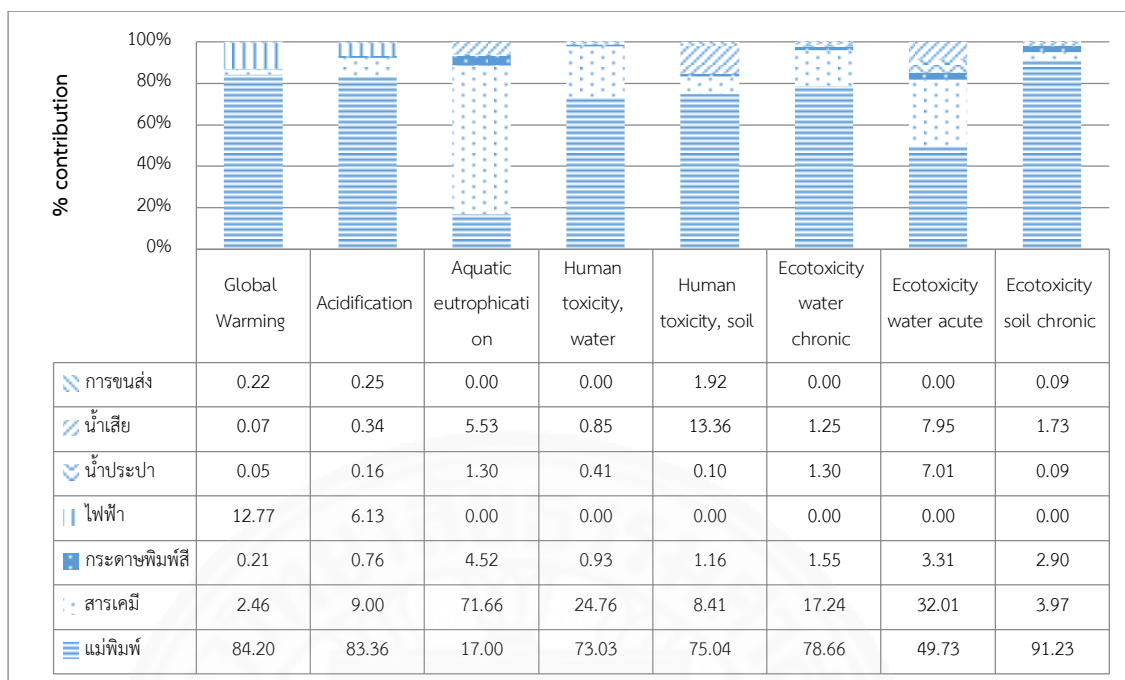
### 4.2.2.1 ผลกระทบจากการบริการงานก่อนพิมพ์

จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการงานก่อนพิมพ์ ซึ่งเป็น การสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ขนาด 645 มิลลิเมตร x 705 มิลลิเมตรสำหรับใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบในด้านต่างๆดัง ภาพที่ 4.3 โดยส่วนใหญ่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมาจากกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ยกเว้น ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ที่เกิดจากกิจกรรมการผลิตเป็นหลัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) ความเป็นอันตรายใน ดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) และความเป็น พิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมา การได้มาซึ่งแม่พิมพ์สำเร็จรูป เนื่องจากแม่พิมพ์สำเร็จรูปผลิตมาจากแร่ลูมิเนียม มีการใช้พลังงาน จำนวนมากในกระบวนการผลิตเพื่อหลอมและขึ้นรูปลูมิเนียม (Zhang, Sun, Hong, Han, He, & Sho, 2016)

ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์ในบริเวณที่ ไม่ใช่สภาพและอักษรออก และสารเคลือบผิวแม่พิมพ์หลังล้างเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับอากาศจน เกิดเป็นสนิม ทำให้อายุการใช้งานแม่พิมพ์ลดลง ซึ่งในสารเคมีนั้นมีองค์ประกอบของธาตุฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบนี้ รองลงมาคือ แม่พิมพ์สำเร็จรูป และการบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ โดยการขนส่งวัตถุดิบและวัสดุช่วยการผลิตไม่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้





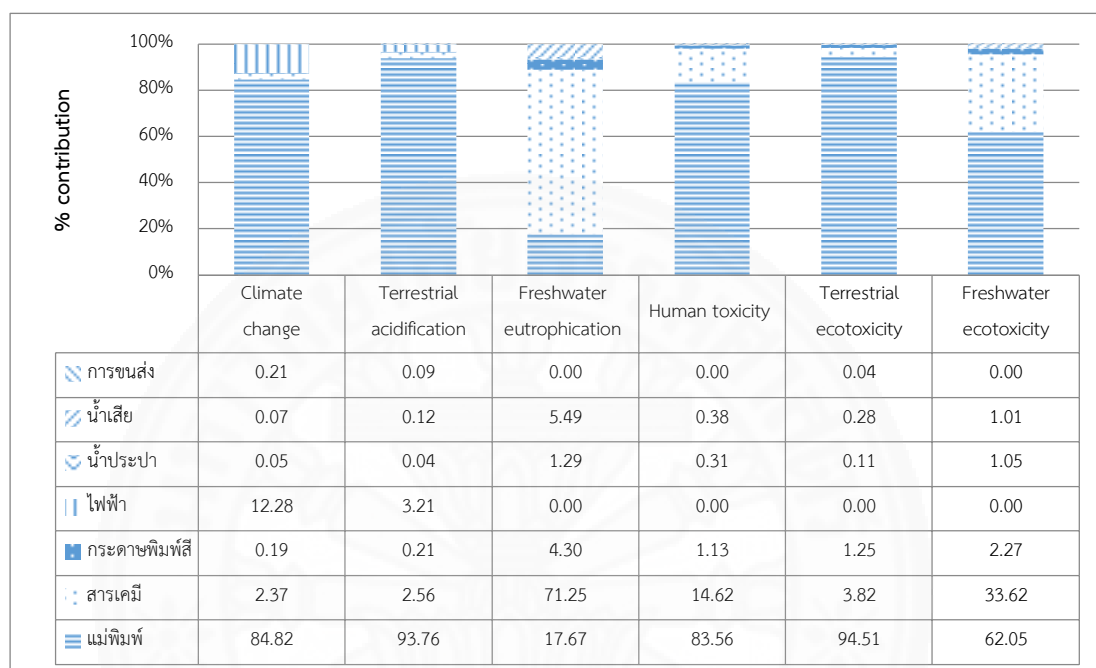
ภาพที่ 4.3 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตขนาด 645 มิลลิเมตร x 705 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตสำหรับใช้ในกระบวนการพิมพ์ จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆดังภาพที่ 4.4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ได้แก่ แม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ผลิตจากอลูมิเนียมเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ เนื่องจากใช้แร่อลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตแม่พิมพ์สำเร็จรูป จำเป็นต้องใช้พลังงานสูงสำหรับการหลอมแร่และการขึ้นรูปเป็นแผ่น อีกทั้งแม่พิมพ์สำเร็จรูปยังมีน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับวัตถุดิบหรือวัสดุช่วยผลิตชนิดอื่นๆ จึงมีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) มีปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งสารเคมี สำหรับใช้ในขั้นตอน

การล้างแม่พิมพ์เพื่อล้างบริเวณที่ไม่ใช่ภาพ และเคลือบผิวแม่พิมพ์หลังล้างเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเกิดปฏิกิริยากับอากาศ ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีฟอสฟอรัส (P) เป็นองค์ประกอบ จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบนี้ รองลงมาคือ แม่พิมพ์สำเร็จรูป และการบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ



ภาพที่ 4.4 สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ออฟเซตขนาด 645 มิลลิเมตร x 705 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

#### 4.2.2.2 ผลกระทบจากการบริการงานพิมพ์และหลังพิมพ์

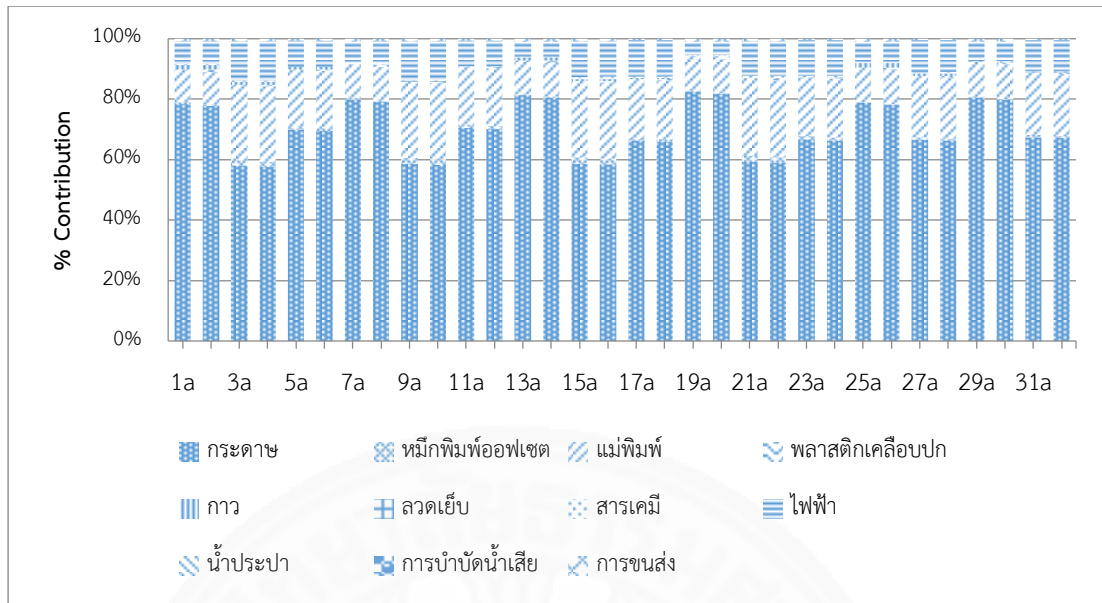
จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า จัดพิมพ์โดยโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พิจารณาผลกระทบของหนังสือขนาด A4 (รูปแบบ 1a-12a) หนังสือขนาด A4s (รูปแบบ 13a-24a) และหนังสือขนาด A5 (รูปแบบ 25a-32a) เมื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆดังตารางที่ 4.5 ถึงตารางที่ 4.12 ซึ่งกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ มีรายละเอียดดังนี้

สัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human

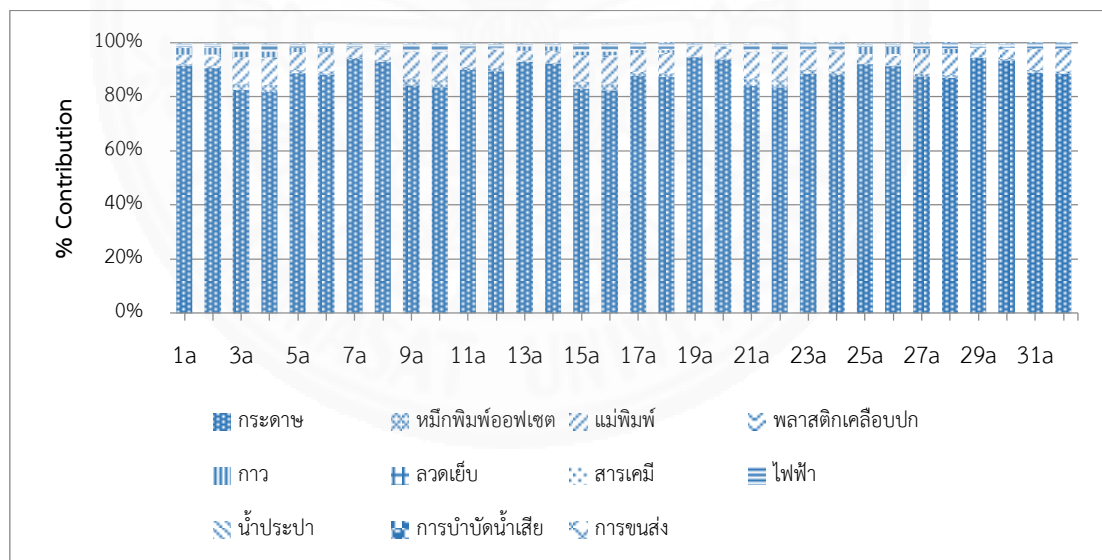
toxicity, soil) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) ของหนังสือแต่ละรูปแบบไปในทิศทางเดียวกัน โดยการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละด้านมากที่สุด เนื่องจากกระบวนการผลิตกระดาษมีการใช้พลังงานจำนวนมาก (Silva, & Pavan, 2015) ซึ่งพลังงานได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ไนตรัสออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ และฝุ่นละอองปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้สารเคมีเพื่อตัดเยื่อกระดาษและปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบดังกล่าว กระดาษจึงมีค่าผลกระทบรุนแรงกว่าวัสดุดีบุกและทรัพยากรชนิดอื่นๆ และยังเป็นวัสดุดีบุกหลักในการประกอบเป็นเล่มหนังสือ รองลงมาคือ แม่พิมพ์ที่ใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการบริการงานก่อนพิมพ์ โดยการพิมพ์ 4 สีจะมีสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแม่พิมพ์มากกว่าการพิมพ์ 1 สี เพราะใช้แม่พิมพ์ในขั้นตอนการพิมพ์จำนวนมากกว่าถึง 4 เท่า สำหรับใช้เป็นแม่พิมพ์ในแต่ละแม่สี ได้แก่ สีฟ้า (Cyan) สีแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black) ซึ่งสีที่ปรากฏในภาพจึงเกิดจากการรวมกันของแม่สีในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อสร้างเป็นสีสันต่างๆ

นอกจากนี้สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) และภาวะความเป็นกรด (Acidification) ยังมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมการผลิตอีกด้วย เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าต้องเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งการดำเนินงานภายในโรงพิมพ์จะใช้เครื่องจักรทั้งหมด มีคนเป็นผู้ควบคุมและตรวจสอบคุณภาพงาน ประกอบด้วยขั้นตอนการพิมพ์ การเคลือบปก การพับเนื้อใน การเก็บเล่ม การใส่สันทากาวหรือเย็บมุงหลังคา และการตัด 3 ด้าน

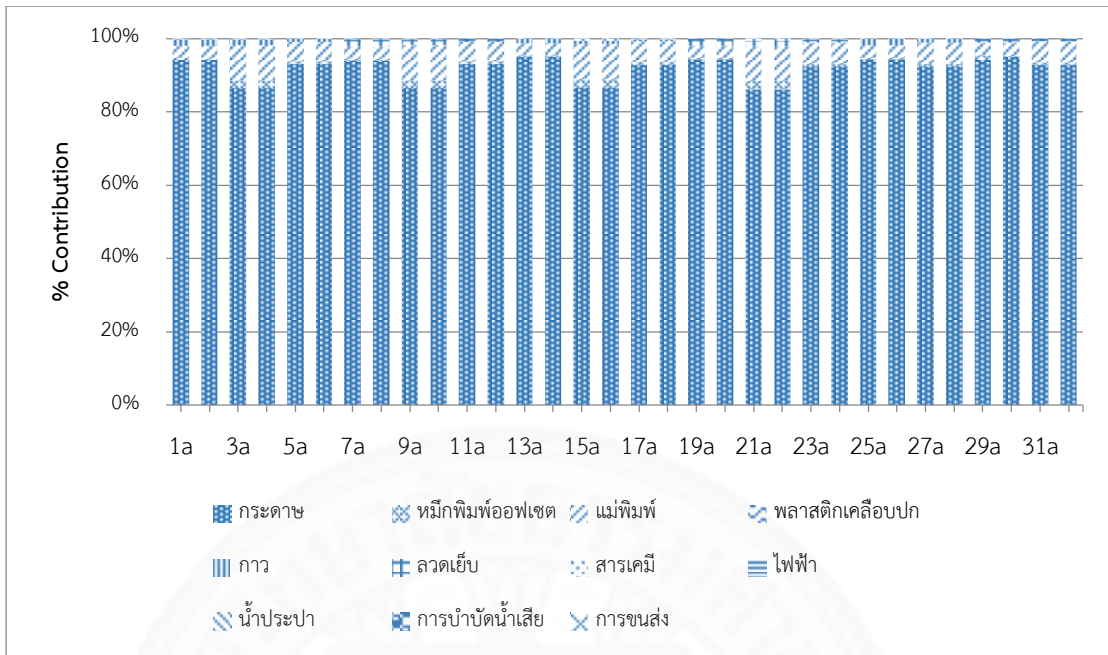
ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) ยังมีสัดส่วนผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ รวมถึงการผลิตหมึกพิมพ์ออฟเซต และกาว ซึ่งมักมีองค์ประกอบของสารประกอบฟอสฟอรัส ตัวทำละลายในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารสีที่มีโลหะหนัก เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศทั้งนั้น



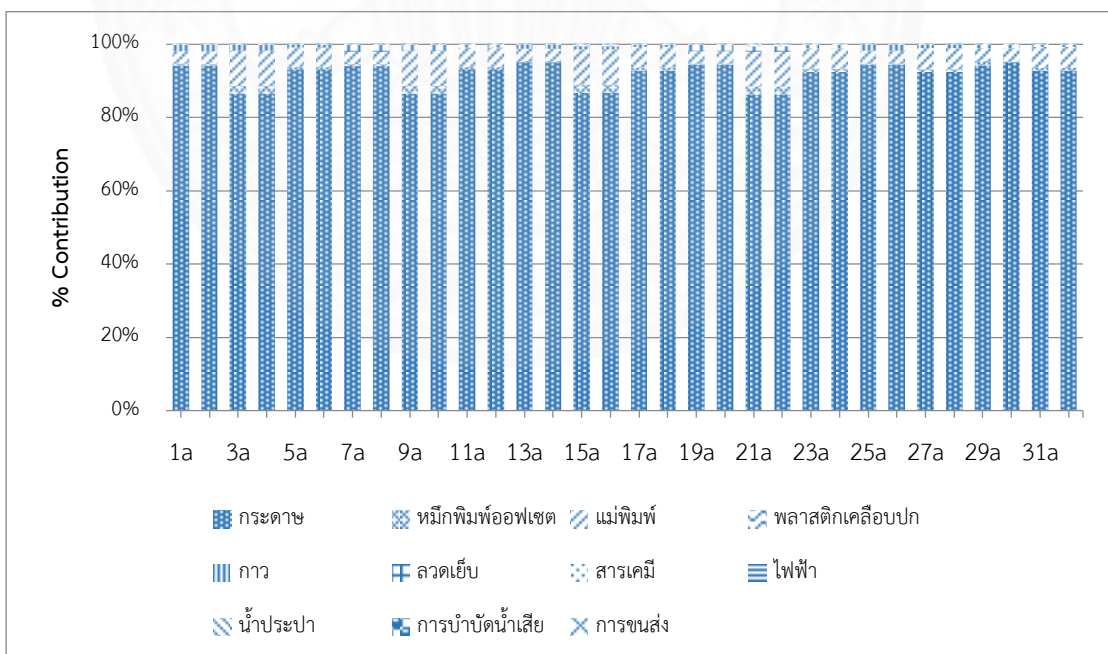
ภาพที่ 4.5 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP2003 V1.03



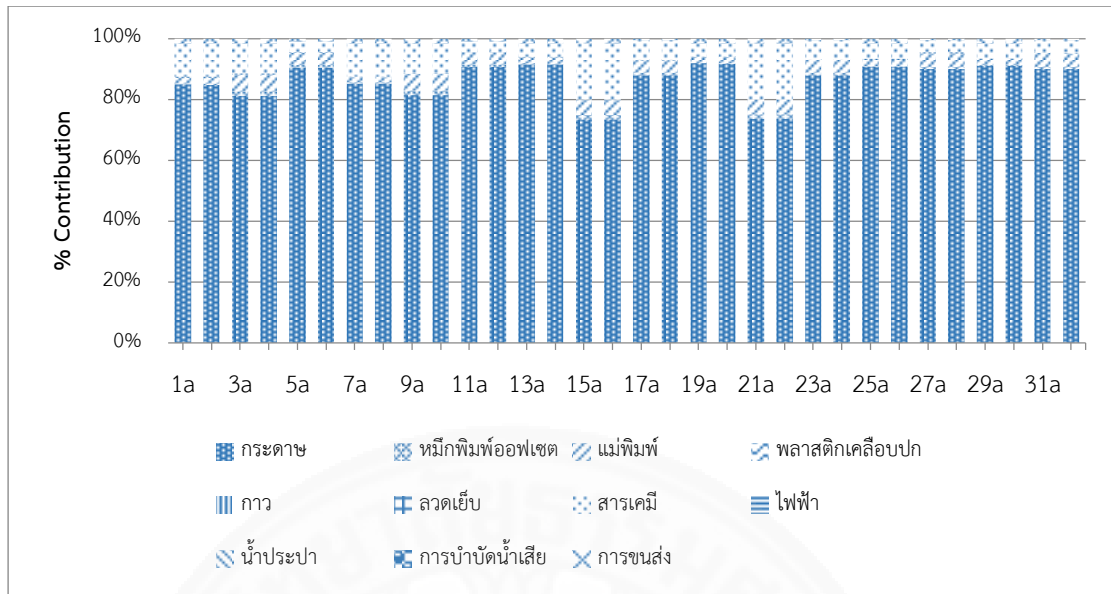
ภาพที่ 4.6 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



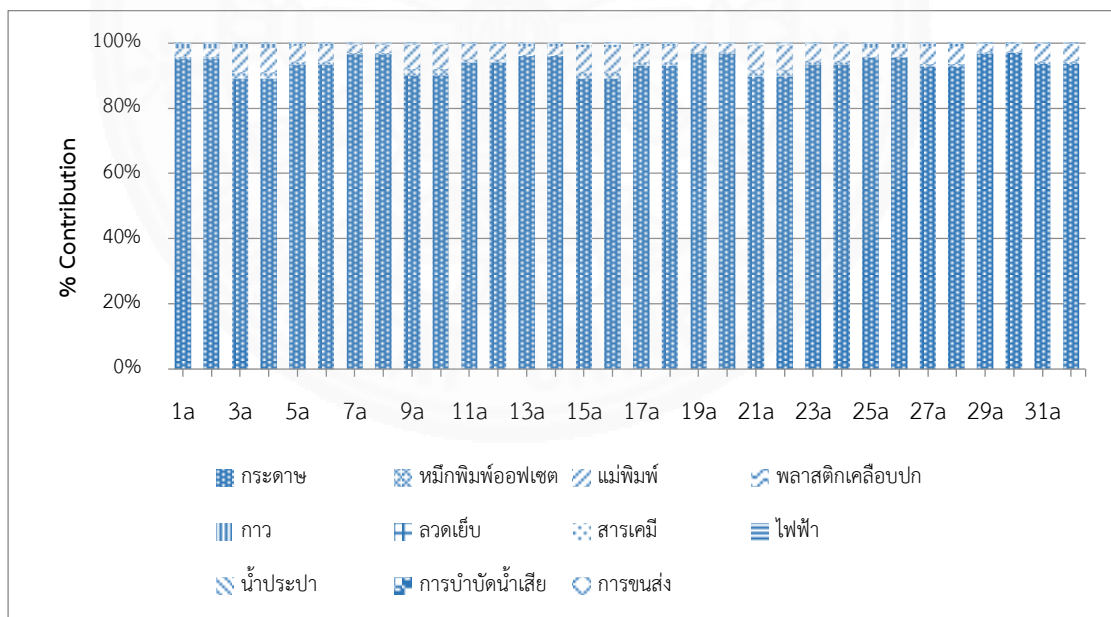
ภาพที่ 4.7 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



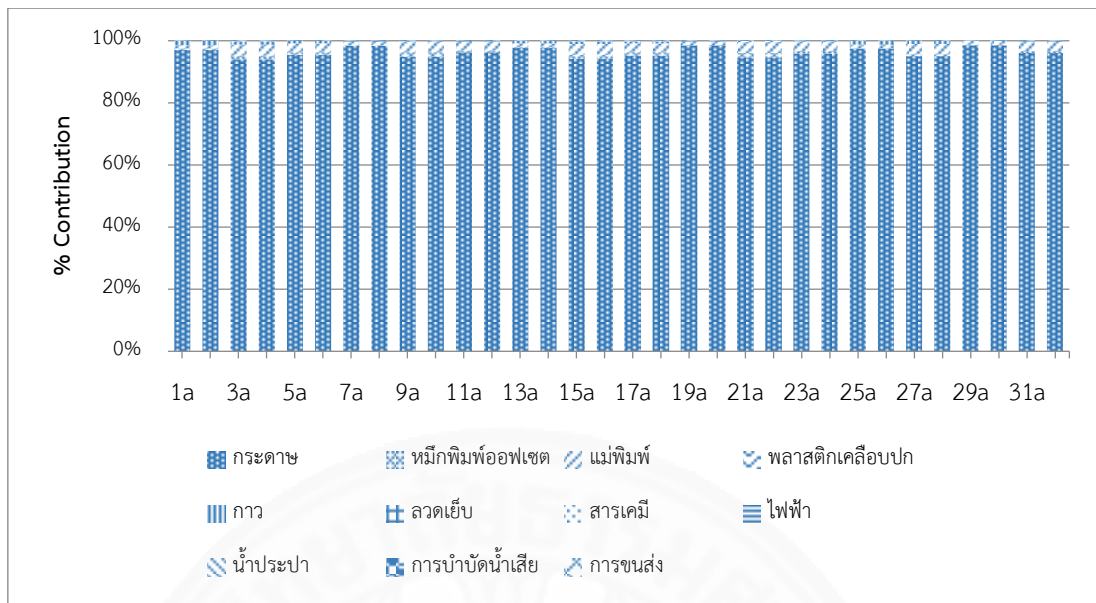
ภาพที่ 4.8 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



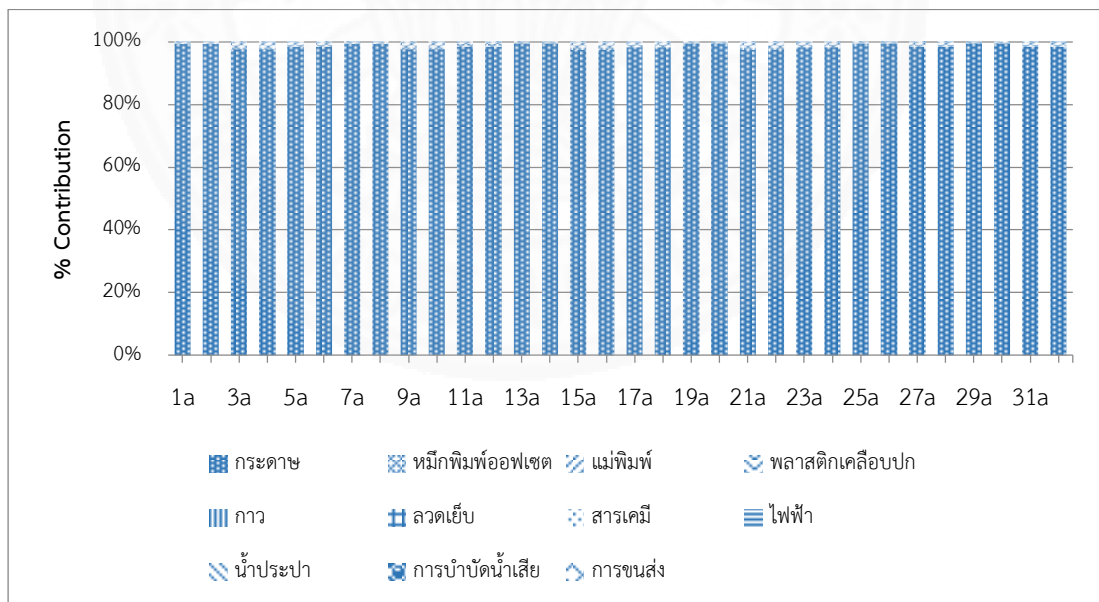
ภาพที่ 4.9 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



ภาพที่ 4.10 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



ภาพที่ 4.11 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

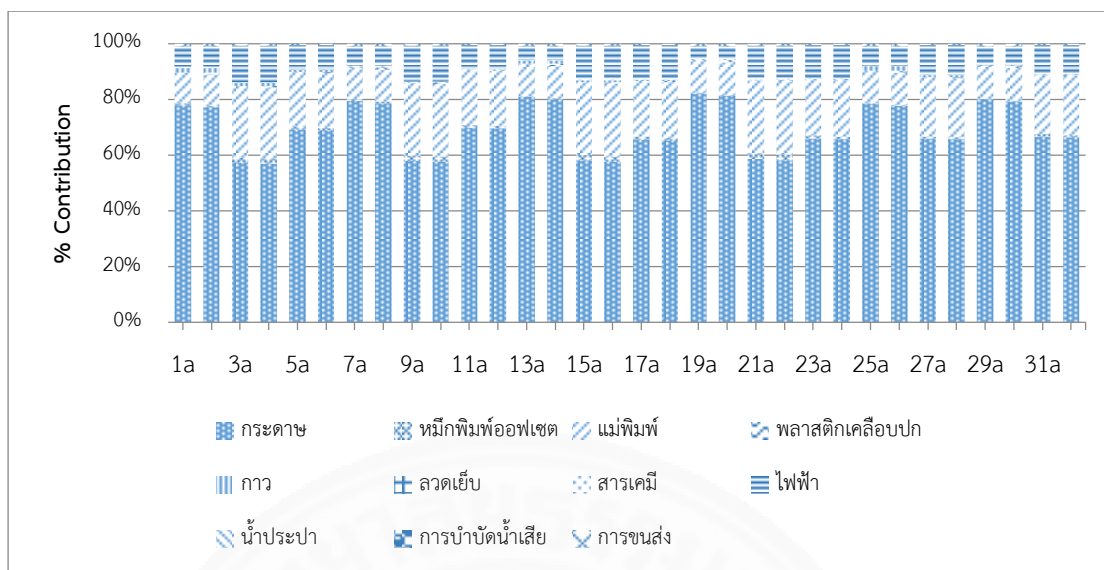
สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมการบริการพิมพ์หนังสือจำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆดังตารางที่ 4.13 ถึงตารางที่ 4.18 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆของหนังสือแต่ละรูปแบบ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีสัดส่วนผลกระทบไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดมาจากกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบ โดยมีกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ เพราะกระดาษเป็นวัตถุดิบหลักของขั้นตอนการพิมพ์หนังสือ ซึ่งมีการใช้พลังงานและสารเคมีในกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ รองลงมาคือ แม่พิมพ์ที่ใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ที่เป็นผลมาจากบริการงานก่อนพิมพ์

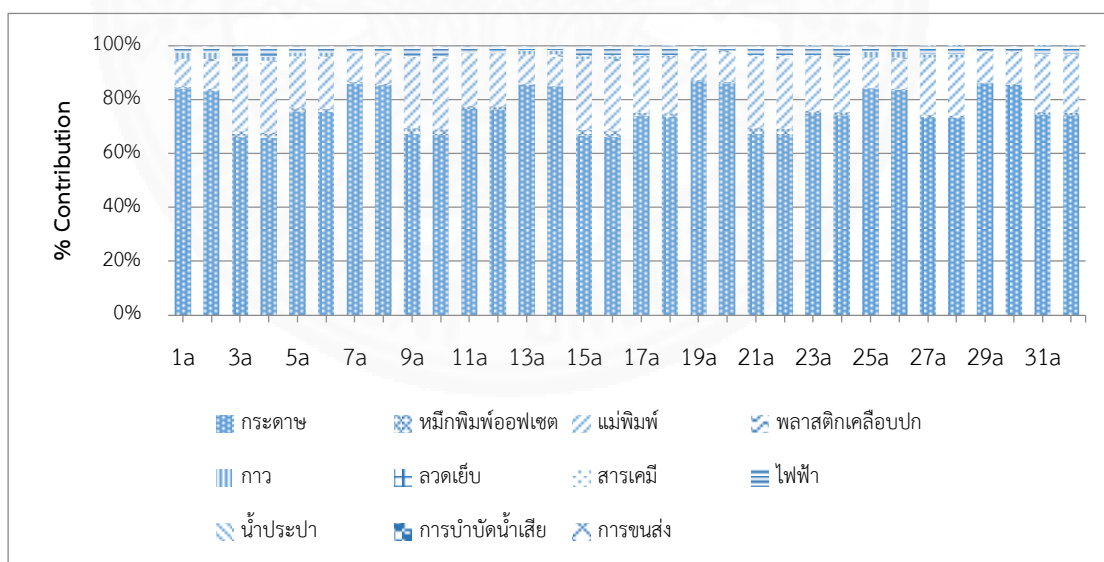
นอกจากนี้สัดส่วนผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ยังมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตภายในโรงพิมพ์ เนื่องจากใช้เครื่องจักรทำงานโดยมีคนเป็นผู้ควบคุมงาน ซึ่งการผลิตไฟฟ้านั้นมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินเป็นหลัก ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ จึงส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีสัดส่วนผลกระทบจากการได้มาซึ่งสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ ทั้งน้ำยาฟาวน์เทน ไอโซโพรพานอล รวมถึงหมึกพิมพ์ออฟเซต และกาว ซึ่งมีตัวทำละลายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เมื่อปล่อยสู่บรรยากาศจึงเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศ

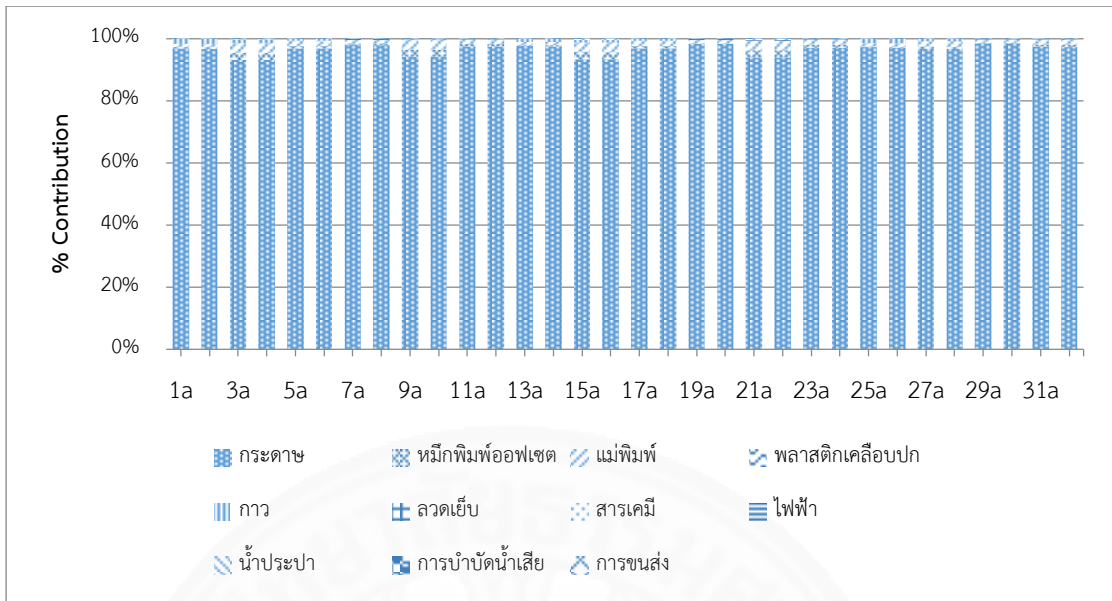




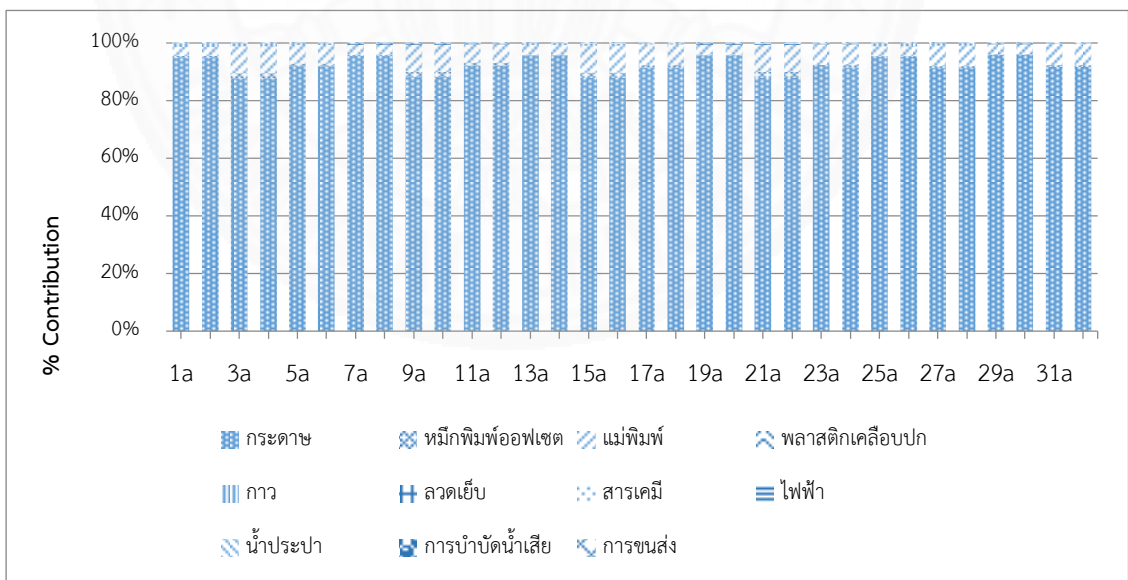
ภาพที่ 4.13 สัดส่วนผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



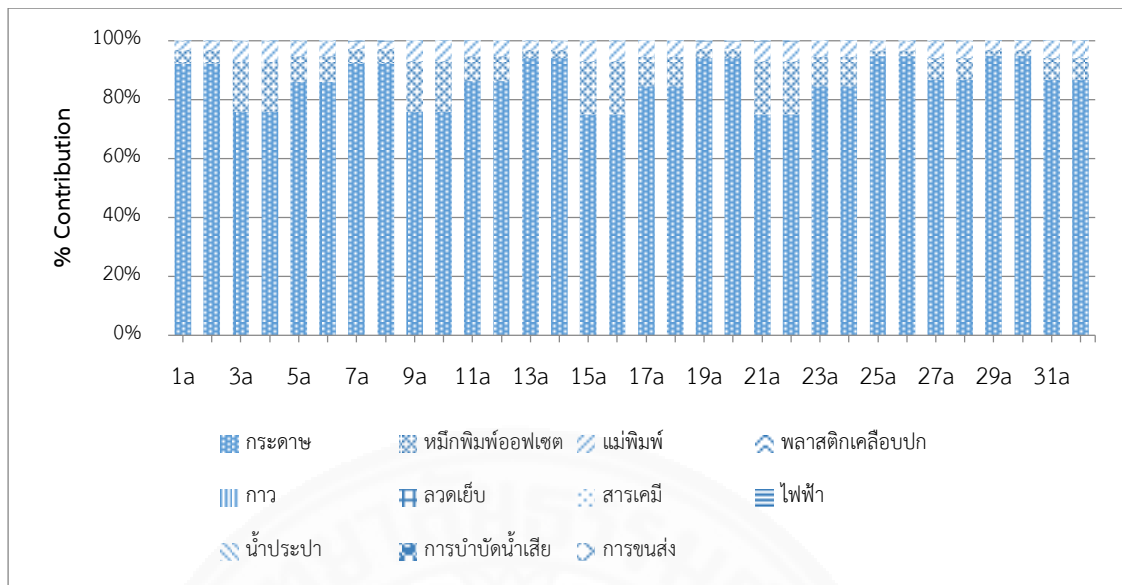
ภาพที่ 4.14 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



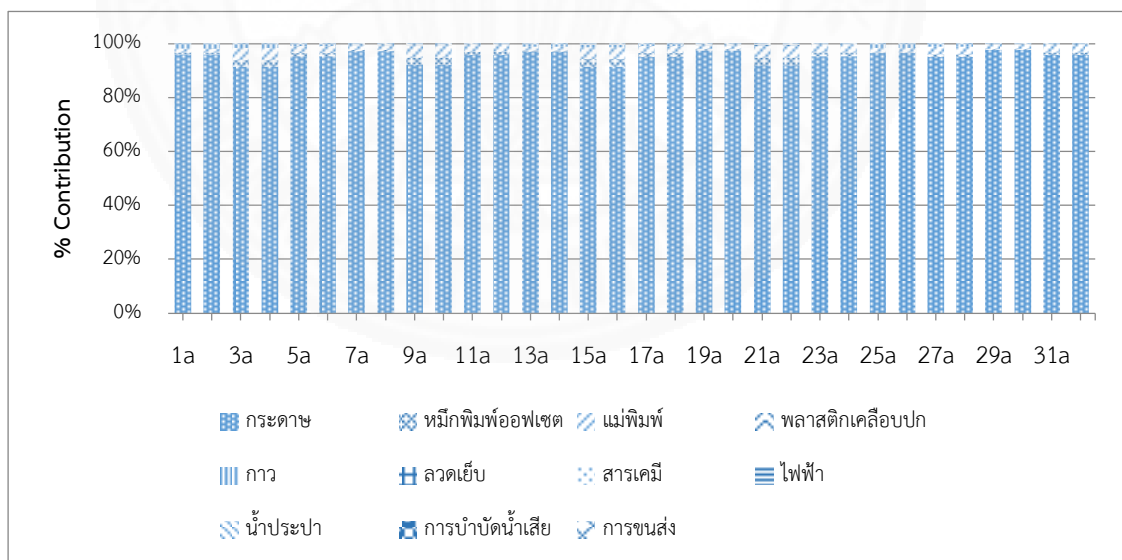
ภาพที่ 4.15 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.16 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.17 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.18 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

เมื่อพิจารณาค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตรูปแบบต่างๆ ทั้งการประเมินด้วยวิธี EDIP 2003 V1.03 และวิธี ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 พบว่า การพิมพ์หนังสือขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าหนังสือขนาด A4s และขนาด A4s เกิดผลกระทบมากกว่าขนาด A5 เนื่องจากหนังสือขนาดเล็กจะมีพื้นที่หน้ากระดาษน้อยกว่าขนาดใหญ่จึงใช้วัสดุและทรัพยากรน้อยกว่า ทั้งกระดาษ หมึกพิมพ์ สารเคมีที่ใช้ประกอบการพิมพ์ พลาสติกเคลือบปก กาว ลวด และปริมาณไฟฟ้าของเครื่องจักร ซึ่งการใช้ลวดเย็บมุงหลังคาจะเกิดผลกระทบน้อยกว่าใช้กาว เนื่องจากปริมาณการใช้ต่อหน้าและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซของลวดน้อยกว่ากาว สำหรับการพิมพ์ 4 สีเกิดผลกระทบมากกว่าการพิมพ์ 1 สี เพราะกำลังไฟฟ้าของเครื่องพิมพ์ 4 สี (KBA) มากกว่าเครื่องพิมพ์ 1 สี (Roland) รวมถึงน้ำหนักกระดาษที่ใช้พิมพ์ ถ้าน้ำหนักกระดาษน้อยจะใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าน้ำหนักกระดาษมากในกรณีพิมพ์เครื่องเดียวกัน เนื่องจากใช้ระยะเวลาการพิมพ์น้อยกว่า แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวอักษรและภาพบนหน้ากระดาษด้วย ซึ่งจำนวนอักษรและภาพนี้ยังส่งผลต่อปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ และสารเคมีที่ใช้ประกอบการพิมพ์

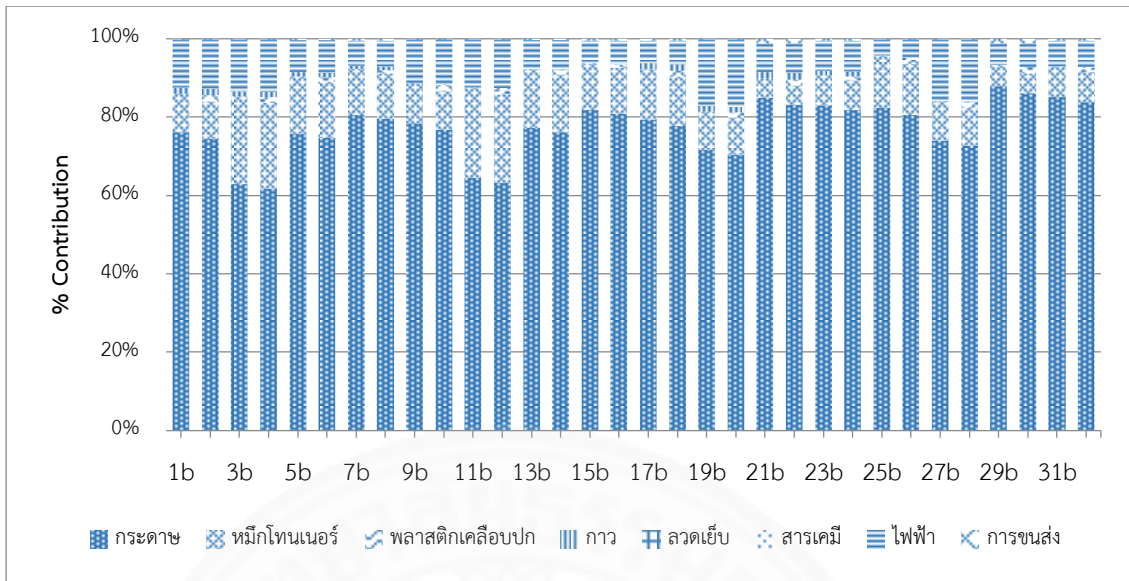
สำหรับบริการพิมพ์หนังสือปกและเนื้อในกระดาษอาร์ต พิมพ์ 4 สีทั้งเล่มปกเคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาวเป็นรูปแบบหนังสือที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดทั้งในหนังสือขนาด A4, A4s และ A5 ได้แก่ รูปแบบที่ 6a , 18a และ 28a เนื่องจากน้ำหนักของกระดาษที่ใช้พิมพ์มีผลต่อค่าผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยกระดาษอาร์ตสำหรับพิมพ์เนื้อในทางโรงพิมพ์จะใช้น้ำหนัก 120 ถึง 160 กรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่กระดาษปอนด์พิมพ์เนื้อในจะใช้น้ำหนักแค่ 70 ถึง 80 กรัมต่อตารางเมตรเท่านั้น ทำให้หนังสือที่พิมพ์ด้วยกระดาษอาร์ตก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่ากระดาษปอนด์ ถึงแม้จะใช้จำนวนแผ่นเท่ากันหรือขนาดเดียวกัน รวมถึงการพิมพ์ 4 สีที่ต้องใช้แม่พิมพ์มากถึง 4 ชุด จึงเกิดผลกระทบมากกว่าการพิมพ์ 1 สี ส่วนบริการพิมพ์หนังสือที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดคือ หนังสือปกกระดาษอาร์ต พิมพ์ 4 สี เนื้อในกระดาษปอนด์ พิมพ์ 1 สี ปกไม่เคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคา ทั้งขนาด A4, A4s และ A5 ประกอบด้วยรูปแบบที่ 7a , 19a และ 29a เนื่องจากเนื้อในใช้กระดาษปอนด์ ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่ากระดาษอาร์ต นอกจากนี้ยังใช้แม่พิมพ์เพียงแค่ 1 ชุดเพราะพิมพ์ 1 สี ไม่มีการเคลือบปกพลาสติก และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในขั้นตอนการพิมพ์และทำเล่มน้อยกว่าอีกด้วย ทำให้มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

#### 4.2.3 ผลกระทบจากการบริการงานพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล

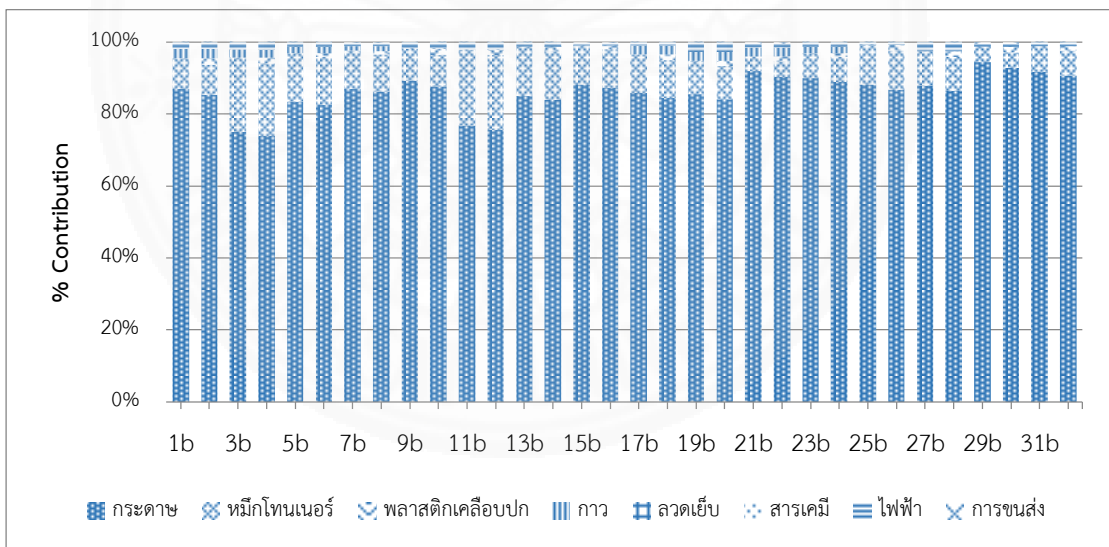
จากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า จัดพิมพ์โดยโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พิจารณาผลกระทบของหนังสือขนาด A4 (รูปแบบ 1b-16b) และหนังสือขนาด A5 (รูปแบบ 17b-32b) เมื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 พบว่า กิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบเช่นเดียวกับการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต ซึ่งแสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.26 มีรายละเอียดดังนี้

สัดส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆของหนังสือแต่ละรูปแบบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) การได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ เนื่องจากกระบวนการผลิตกระดาษมีการใช้พลังงานและสารเคมี อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ประกอบเป็นหนังสือ ทำให้มีค่าผลกระทบมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ รองมาเป็นผลกระทบมาจากหมึกโทนเนอร์สำหรับใช้พิมพ์หนังสือ เนื่องจากองค์ประกอบในหมึกมีโลหะหนักและตัวทำละลายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบ เมื่อสารเหล่านี้ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองเมื่อสูดดมเข้าไป (Pihkola et al., 2010) จึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ

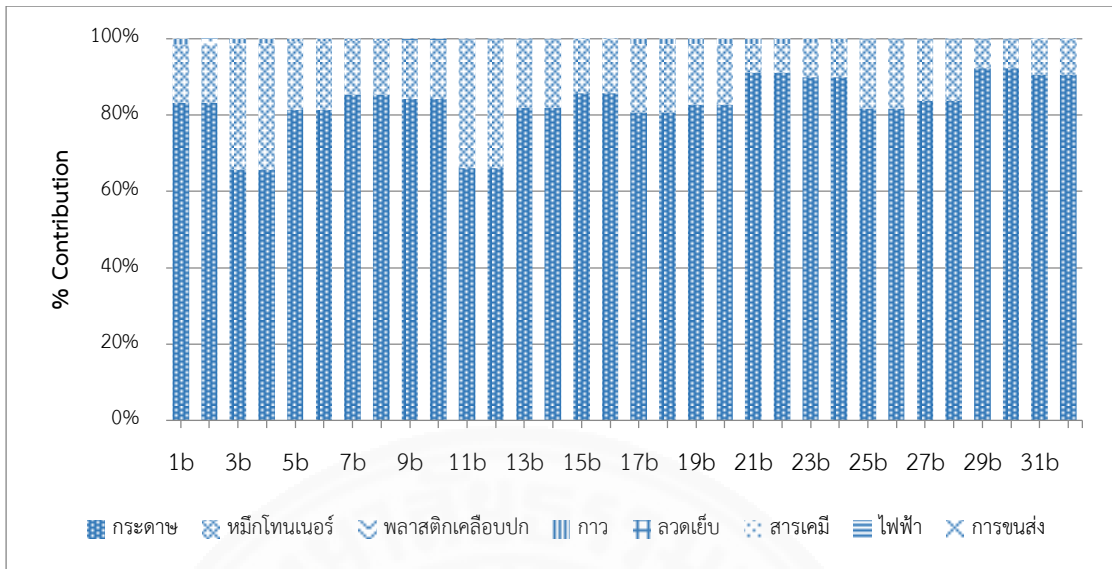
นอกจากนี้ยังมีสัดส่วนผลกระทบจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตหนังสือ ทั้งไฟฟ้าจากเครื่องจักร เครื่องปรับอากาศในห้องพิมพ์ดิจิทัล และไฟส่องสว่าง โดยพลังงานไฟฟ้านั้นได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติที่ก่อให้เกิดมลภาวะทั้งฝุ่นละอองและก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกิดผลกระทบต่อด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) และภาวะความเป็นกรด (Acidification) ส่วนพลาสติกเคลือบปก กาว ลวดเย็บ จาระบี และการขนส่งวัตถุดิบมีสัดส่วนที่ก่อให้เกิดผลกระทบน้อยกว่าร้อยละ 2.00 ยิ่งผลกระทบต่อด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีสัดส่วนผลกระทบจากการได้มาซึ่งพลาสติกเคลือบปก การใช้ไฟฟ้า ลวดเย็บ จาระบีและการขนส่งวัตถุดิบน้อยกว่าร้อยละ 0.01



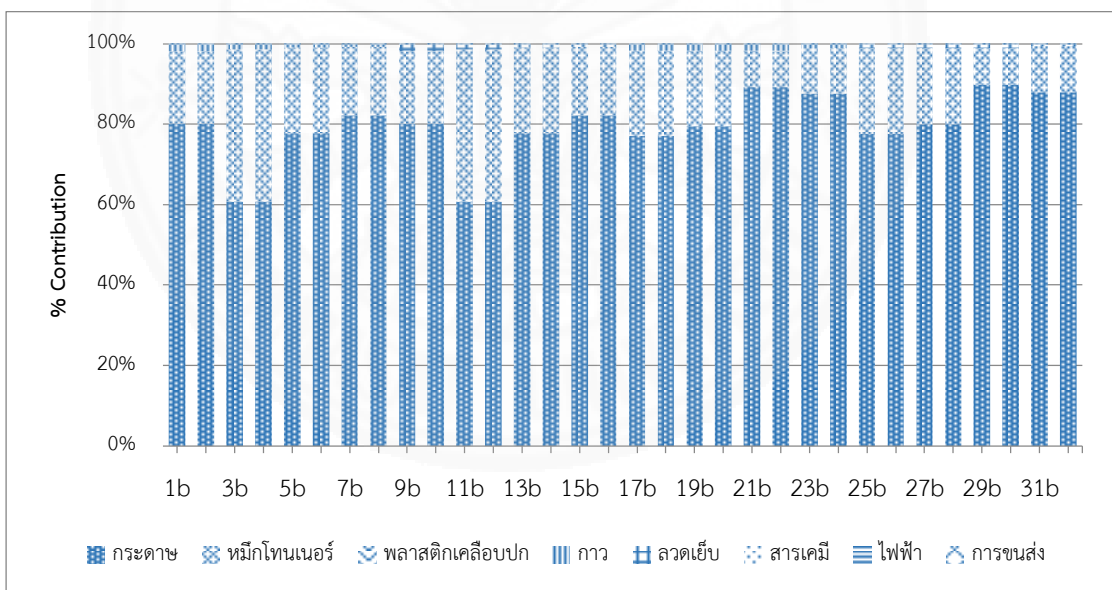
ภาพที่ 4.19 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ของการบริการพิมพ์หนังสือ ด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



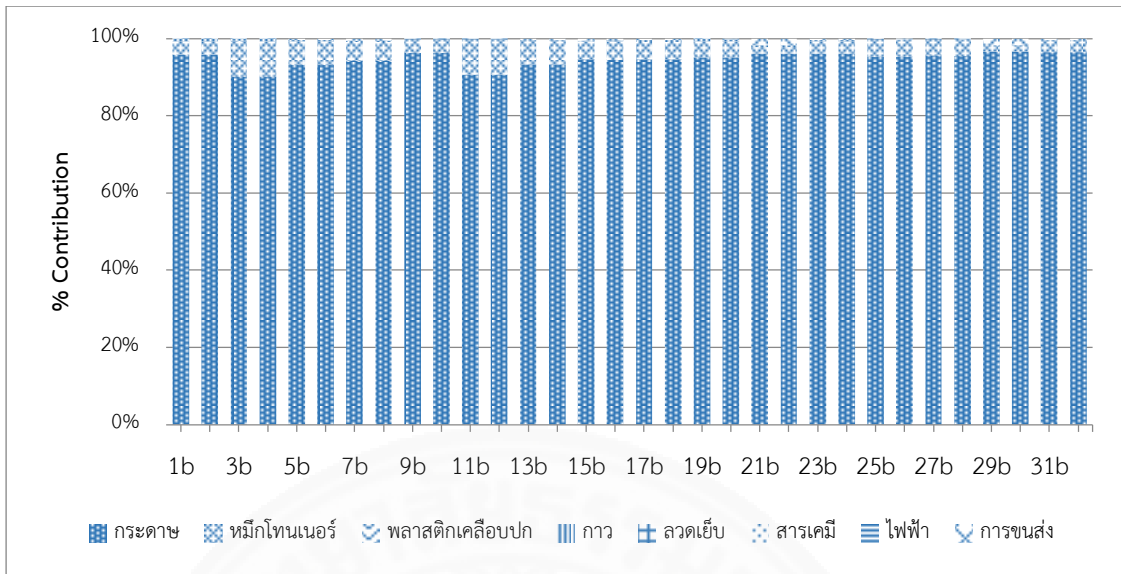
ภาพที่ 4.20 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือ ด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



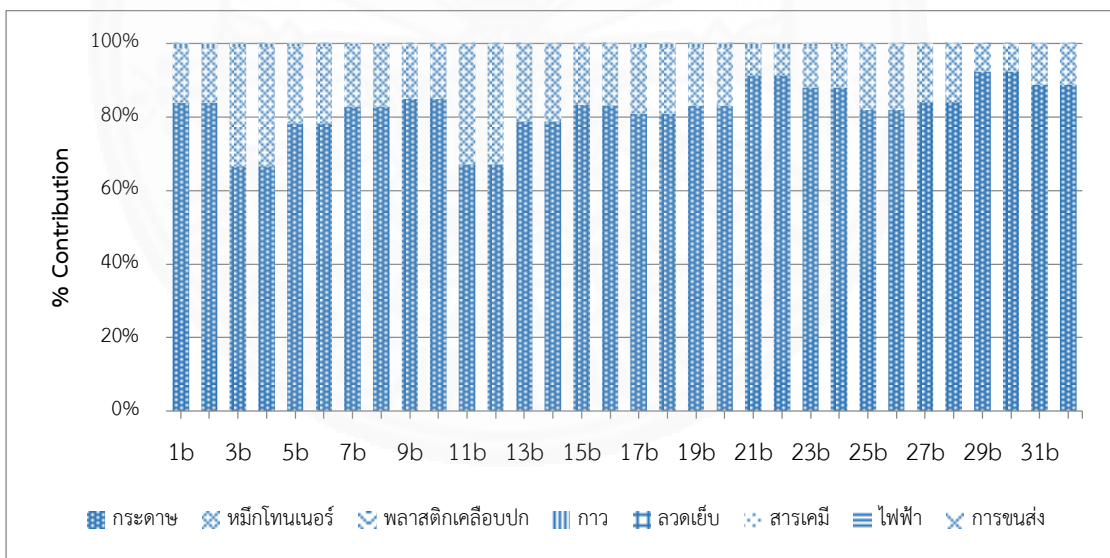
ภาพที่ 4.21 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



ภาพที่ 4.22 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human toxicity, water) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

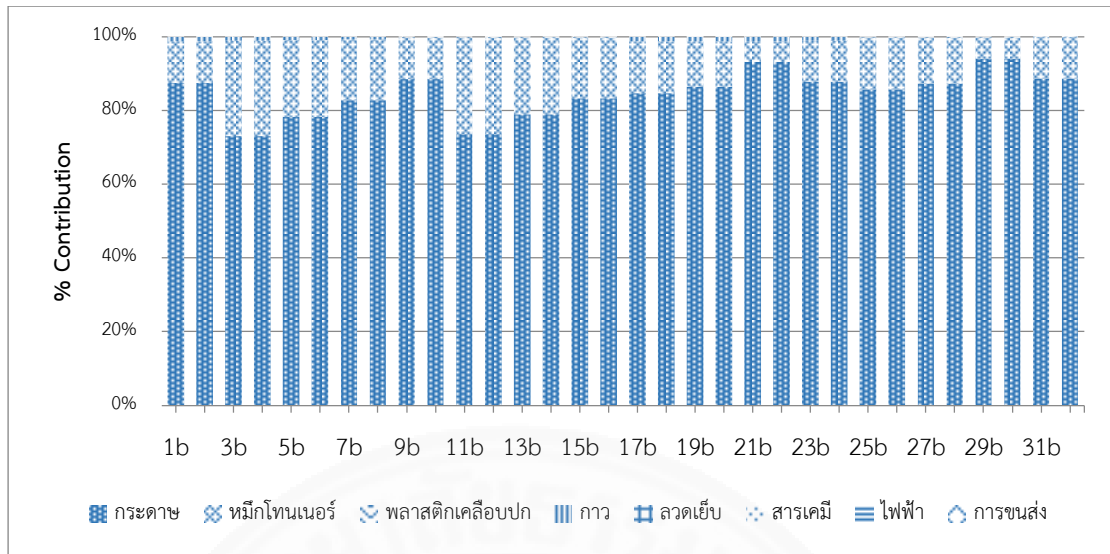


ภาพที่ 4.23 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human toxicity, soil) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

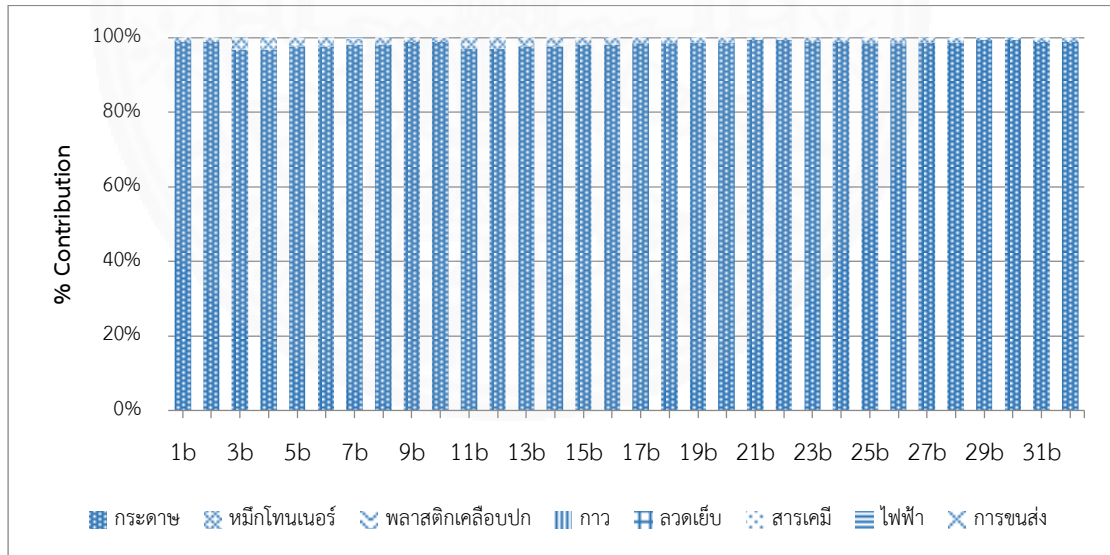


ภาพที่ 4.24 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03





ภาพที่ 4.25 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



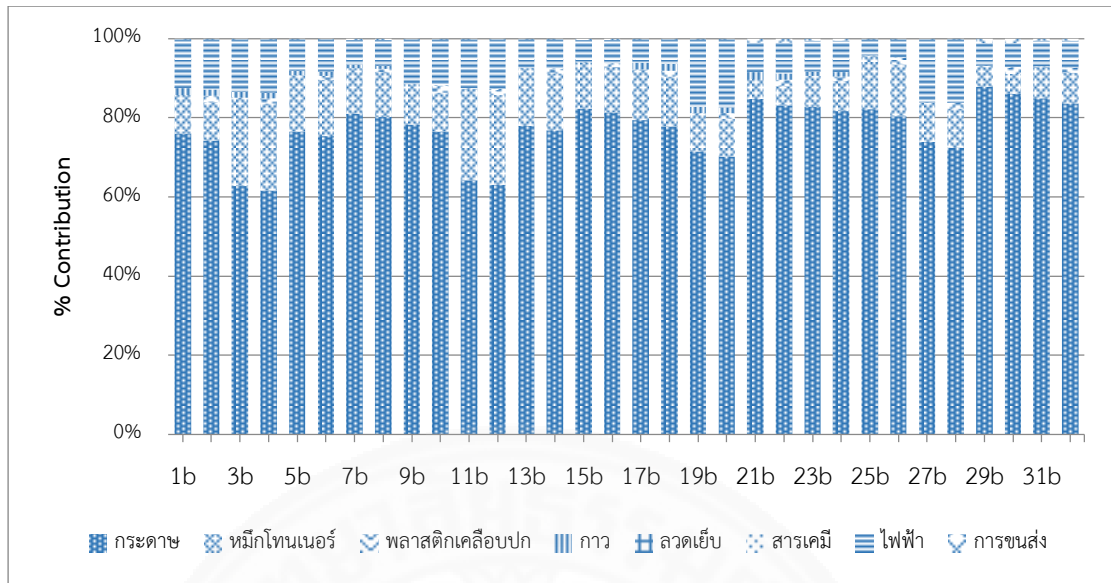
ภาพที่ 4.26 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมการบริการพิมพ์หนังสือจำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แสดงผลเชิงสัดส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆแสดงดังภาพที่ 4.27 ถึงภาพที่ 4.32 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

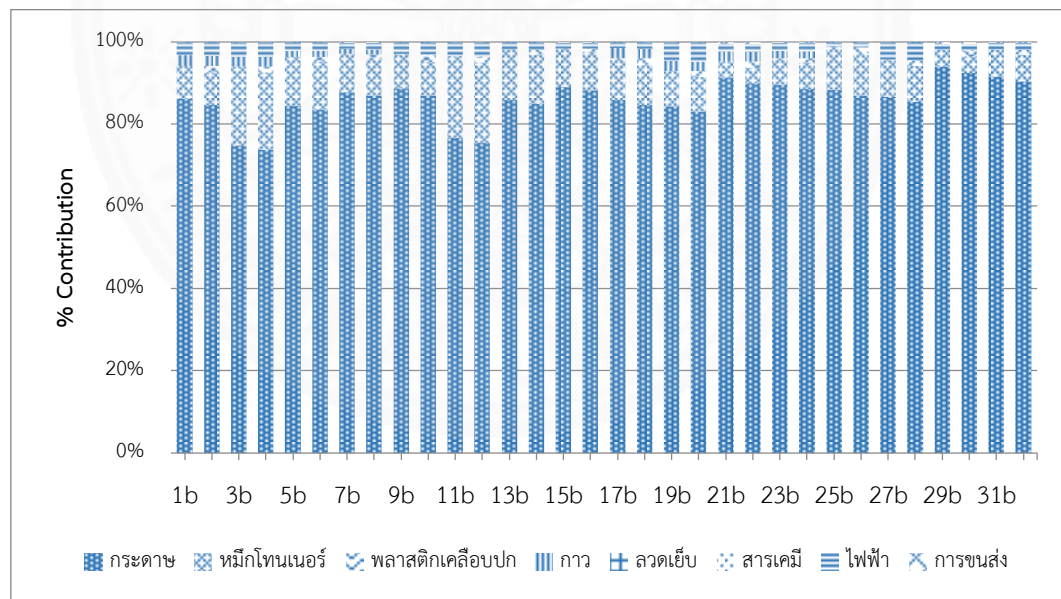
ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ของหนังสือแต่ละรูปแบบ มีปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบมาจากการได้มาซึ่งกระดาษสำหรับใช้พิมพ์หนังสือ เนื่องจากจากระบวนการผลิตกระดาษมีการใช้พลังงานและสารเคมีที่ก่อให้เกิดความเป็นอันตราย ทำให้เกิดผลกระทบในแต่ละด้านสูงเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาเป็นผลกระทบจากการได้มาซึ่งหมึกโทนเนอร์สำหรับใช้พิมพ์งาน เนื่องจากมีองค์ประกอบของโลหะหนักและสารกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ยังมีสัดส่วนผลกระทบมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมการผลิตหนังสือ ซึ่งต้องมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติเพื่อผลิตไฟฟ้า จึงก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO<sub>x</sub>) เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

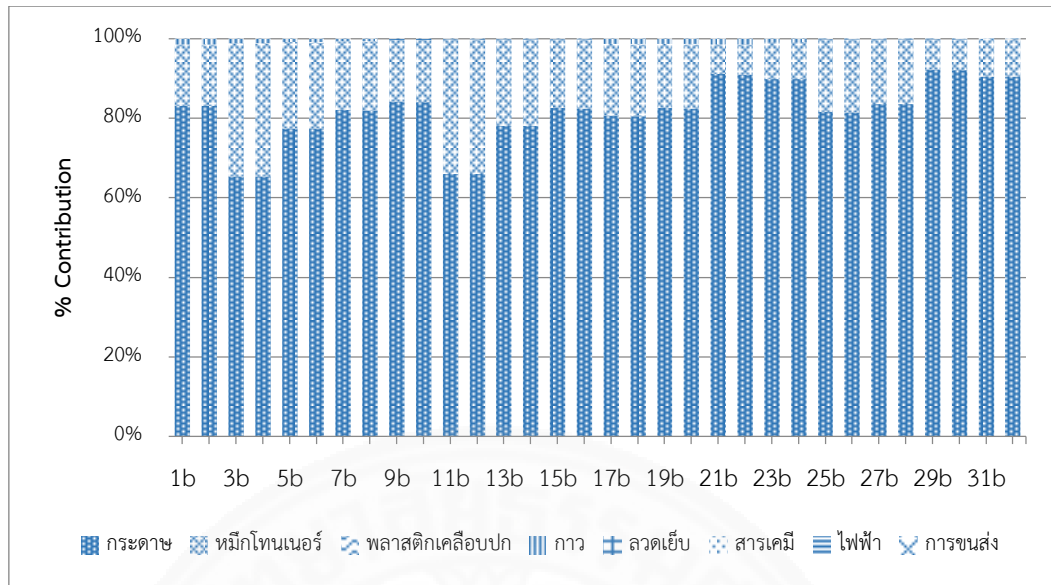
ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีสัดส่วนผลกระทบมาจากสาเหตุอื่น ๆ น้อยกว่าร้อยละ 0.01 เนื่องจากผลกระทบเหล่านี้มักเกิดจากสารเคมีที่มีองค์ประกอบในกลุ่มสารที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิต



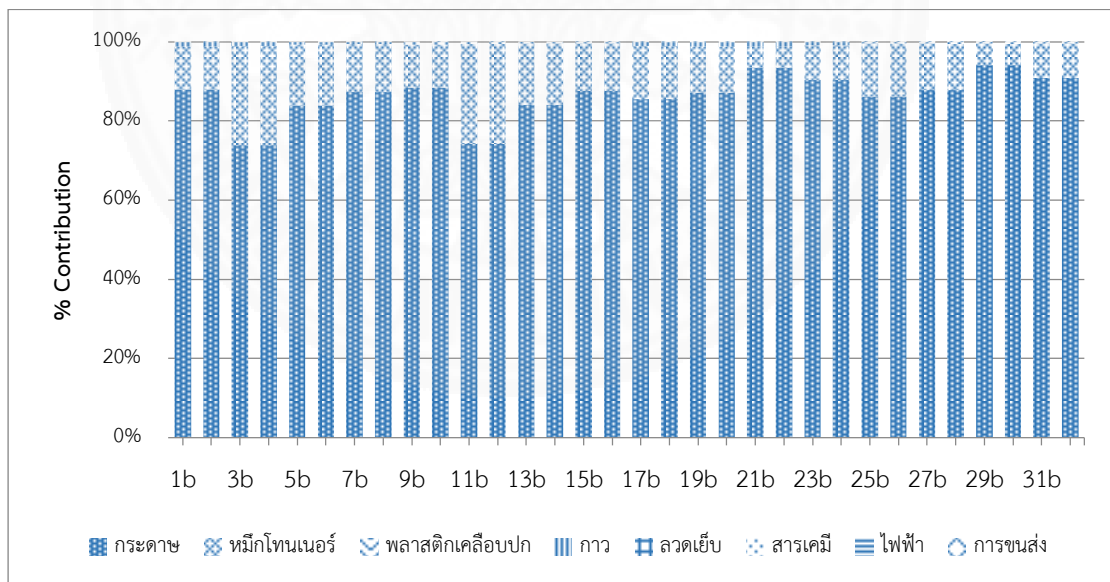
ภาพที่ 4.27 สัดส่วนผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03



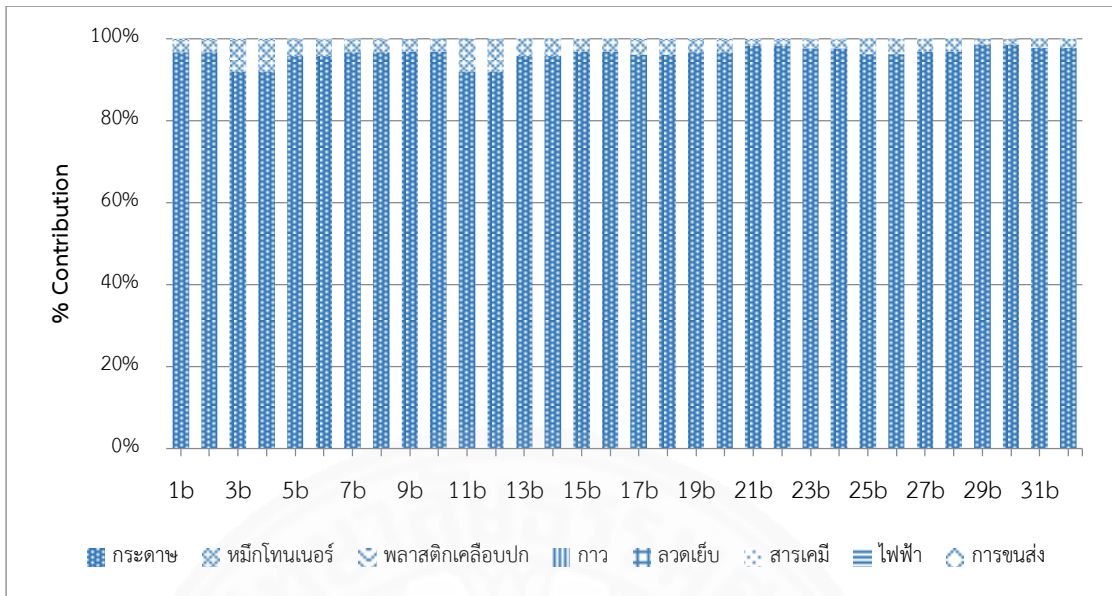
ภาพที่ 4.28 สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



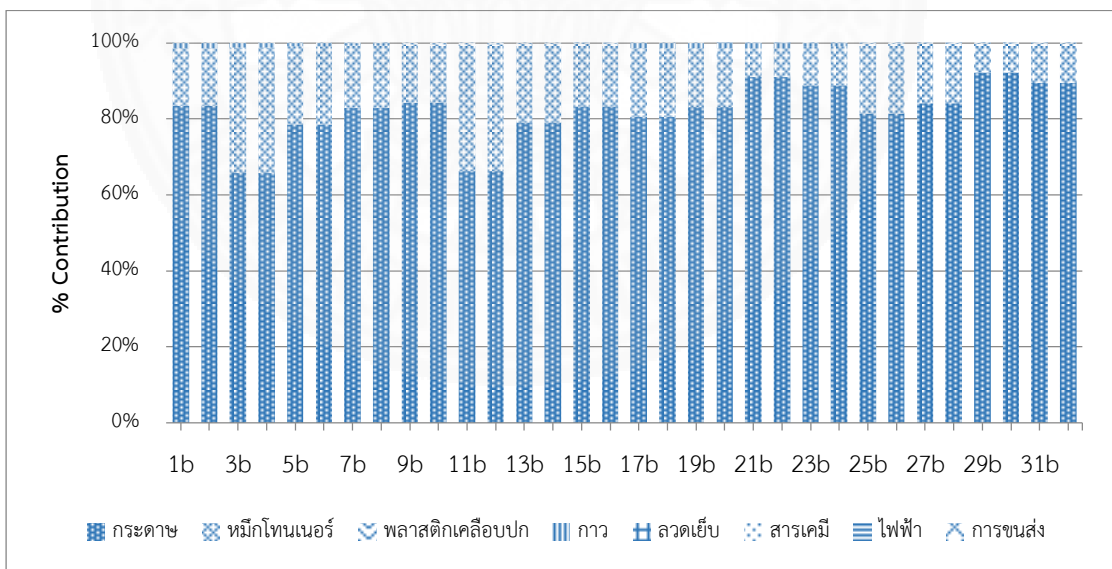
ภาพที่ 4.29 สัดส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.30 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัลจำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.31 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06



ภาพที่ 4.32 สัดส่วนผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ของการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

เมื่อพิจารณารูปแบบของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัลทั้งการประเมินด้วยวิธี EDIP 2003 V1.03 และวิธี ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 พบว่า หนังสือขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าหนังสือขนาด A5 เนื่องจากหนังสือขนาด A5 มีพื้นที่หน้ากระดาษน้อยกว่าขนาด A4 ถึงครึ่งหนึ่ง จึงใช้กระดาษ หมึกพิมพ์ สารเคมีประกอบการพิมพ์ พลาสติกเคลือบปก กาว ลวด และปริมาณไฟฟ้าของเครื่องจักรน้อยกว่า โดยลวดเย็บมุงหลังคาจะเกิดผลกระทบน้อยกว่าใช้กาว เพราะปริมาณการใช้ต่อหน้าและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซของลวดน้อยกว่า

บริการพิมพ์หนังสือด้วยปกและเนื้อในกระดาษอาร์ตพิมพ์ 4 สีด้วยเครื่องพิมพ์ Fujixerox Vesant80 ปกเคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาว เป็นรูปแบบหนังสือที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดทั้งในขนาด A4 รูปแบบ 8b และ A5 รูปแบบ 24b โดยการพิมพ์เนื้อในกระดาษอาร์ตน้ำหนัก 160 กรัมต่อตารางเมตรเกิดผลกระทบมากกว่าน้ำหนัก 120 กรัมต่อตารางเมตร เนื่องจากกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้าน โดยกระดาษมีน้ำหนักมาก จะทำให้ค่าผลกระทบมากตามไปด้วย ส่วนหนังสือที่ทำด้วยปกกระดาษอาร์ตพิมพ์ 4 สี เนื้อในกระดาษถนอมสายตาพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ Fujixerox D125 ปกไม่เคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคา ทั้งขนาด A4 รูปแบบ 1b และ A5 รูปแบบ 17b เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดในแต่ละขนาด เนื่องจากกระดาษถนอมสายตามีน้ำหนัก 75 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งน้อยกว่ากระดาษอาร์ตเป็นอย่างมาก และกำลังไฟฟ้าของเครื่องพิมพ์ Fujixerox D125 น้อยกว่าเครื่องพิมพ์ Fujixerox Nuvera 144EA ถึงแม้ว่าจะใช้ระยะเวลาพิมพ์มากกว่าเนื่องจากเครื่องพิมพ์ Fujixerox D125 สามารถพิมพ์ได้สูงสุด 125 แผ่นต่อนาที ในขณะที่เครื่องพิมพ์ Fujixerox Nuvera 144EA พิมพ์ได้สูงสุด 144 แผ่นต่อนาที แต่ด้วยเครื่องมีขนาดใหญ่ทำให้ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าในกรณีที่พิมพ์ 1 สีเหมือนกัน รวมถึงลวดผลิตจากเหล็กดิบก่อให้เกิดผลกระทบน้อยกว่ากาวที่ผลิตจากสารเคมี จึงทำให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด

#### 4.2.4 เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล

จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆของบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต และระบบดิจิทัล โดยเลือกพิจารณาหนังสือรูปแบบเดียวกันคือ หนังสือปกกระดาษอาร์ต 230 กรัมต่อตารางเมตร เนื้อในกระดาษอาร์ต 120 กรัมต่อตารางเมตร พิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกและไสสันทากาว ขนาด A5 จำนวน 80 หน้า แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบในด้านต่างๆของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและระบบดิจิทัลดังตารางที่ 4.15 ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 และตารางที่ 4.16 ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

## ตารางที่ 4.15

เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03

ผลกระทบ	พิมพ์ด้วยระบบออฟเซต	พิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล
Global Warming (kg CO <sub>2</sub> eq.)	0.3659	0.2721
Acidification (m <sup>2</sup> eq.)	0.0238	0.0214
Aquatic eutrophication (P)(kg P eq.)	1.2378E-04	1.2232E-04
Human toxicity, water (m <sup>3</sup> )	8.1245	7.8623
Human toxicity, soil (m <sup>3</sup> )	0.1075	0.0907
Ecotoxicity water chronic (m <sup>3</sup> )	116.3223	112.7676
Ecotoxicity water acute (m <sup>3</sup> )	25.9729	25.7620
Ecotoxicity soil chronic (m <sup>3</sup> )	1.2485	1.1405

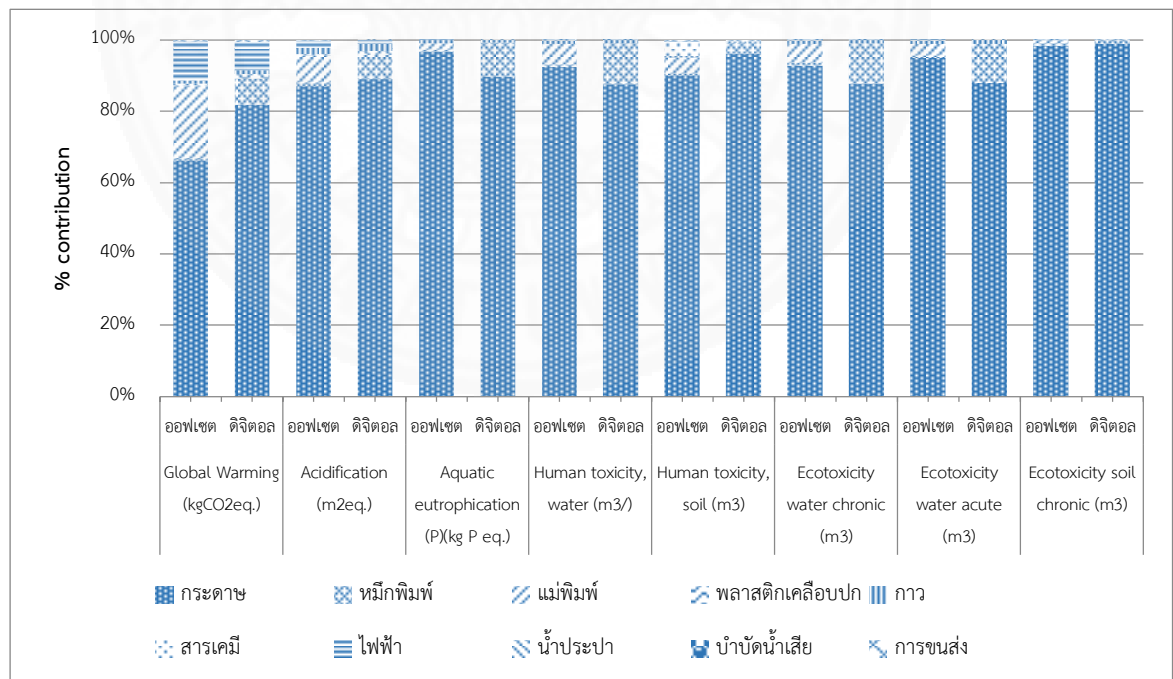
## ตารางที่ 4.16

เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและระบบดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

ผลกระทบ	พิมพ์ด้วยระบบออฟเซต	พิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล
Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	0.3671	0.2709
Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	0.0017	0.0013
Freshwater eutrophication (kg P eq.)	1.4029E-04	1.3870E-04
Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.1280	0.1183
Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	1.2134E-04	9.8358E-05
Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.0025	0.0025

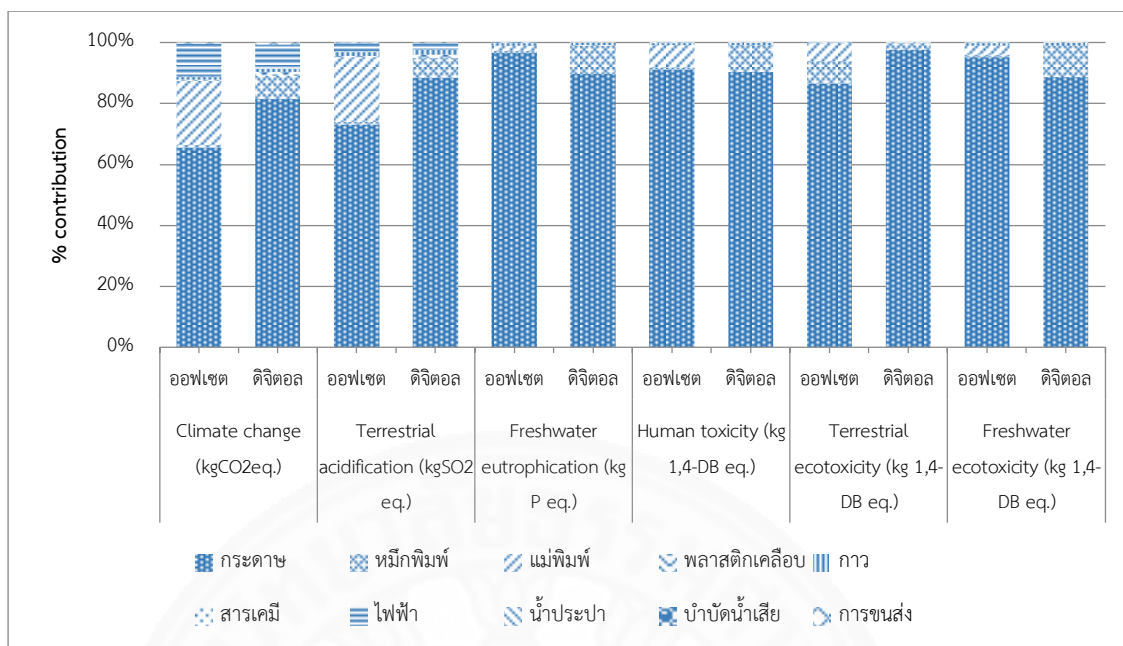
เมื่อพิจารณาค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าการพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัล เนื่องจากการพิมพ์ออฟเซตจะต้องใช้แผ่นแม่พิมพ์เป็นวัตถุดิบในขั้นตอนการพิมพ์ ทำให้ค่าผลกระทบส่วนหนึ่งของการพิมพ์หนังสือมาจากการสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์ด้วย รวมถึงขั้นตอนการพิมพ์ออฟเซตยังมีการใช้สารเคมี ได้แก่ น้ำ

ยาฟาร์นเทน ไอโซโพรพานอล (IPA) และตัวทำละลายรวมกับการใช้น้ำประปา และขั้นตอนการล้างทำความสะอาดแท่นพิมพ์หลังจากพิมพ์งานเสร็จของเครื่องพิมพ์ออฟเซตยังก่อให้เกิดน้ำเสียอีกด้วย ในขณะที่การพิมพ์ดิจิทัลสามารถสั่งพิมพ์ได้ทันทีโดยไม่ต้องใช้แผ่นแม่พิมพ์ ไม่มีการใช้สารเคมี ยกเว้นในขั้นตอนหลังพิมพ์ที่มีการใช้จาระบีเช่นเดียวกับงานหลังพิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต และไม่ก่อให้เกิดน้ำเสียในกระบวนการพิมพ์ หากพิจารณาเชิงสัดส่วนผลกระทบการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัลแสดงภาพที่ 4.33 และ 4.34 ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 และ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 ตามลำดับ พบว่า กระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล เนื่องจากเป็นวัตถุดิบหลักที่ประกอบเป็นหนังสือ รองลงมาเป็นแม่พิมพ์ในการพิมพ์ออฟเซต และหมึกโทนเนอร์ในการพิมพ์ดิจิทัล ซึ่งปริมาณการใช้ปัจจัยเหล่านี้ขึ้นจำนวนหน้าของหนังสือ ยิ่งหนังสือมีจำนวนหน้ามากก็จะใช้วัตถุดิบมาก ทำให้เกิดผลกระทบมากตามไปด้วย โดยเฉพาะการพิมพ์ออฟเซต 4 สีที่จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์มากกว่าการพิมพ์ 1 สีถึง 4 เท่า เนื่องจากแม่พิมพ์ 1 แผ่นใช้ต่อการพิมพ์ 1 สี อีกทั้งหากใช้แม่พิมพ์พิมพ์หนังสือจำนวนน้อยกว่า 3000 ครั้งแล้วแม่พิมพ์หมดอายุการใช้งานก่อนจะทำให้ผลกระทบของหนังสือเพิ่มมากขึ้นไปอีกจากการป็นส่วนใช้งานแม่พิมพ์



ภาพที่ 4.33 สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดิจิทัล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03





ภาพที่ 4.34 สัดส่วนผลกระทบของการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตและดีจิตอล จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

#### 4.2.5 เปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ

การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมบริการงานพิมพ์สามารถนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆได้ โดยเฉพาะผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสนใจ และต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากมีสาเหตุหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม และการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรณีพิมพ์หนังสือปกกระดาษอาร์ต 230 กรัมต่อตารางเมตร เนื้อในกระดาษอาร์ต 120 กรัมต่อตารางเมตร พิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกและไส้สันทากาว ขนาด A5 จำนวน 80 หน้า มีน้ำหนัก 0.1936 กิโลกรัมต่อเล่ม เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Larsen และคณะ (2009). ที่วิธีการประเมิน EDIP97 ในขณะที่การศึกษานี้ใช้วิธีการประเมินที่มีการปรับปรุงข้อมูลจาก EDIP97 เป็น EDIP2003 ทำให้ค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือเปลี่ยนแปลงไป และเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบได้จะต้องเปลี่ยนหน่วยผลิตภัณฑ์ของหนังสือเป็นหน่วยต่อหน้า 1,000 กิโลกรัมแทน ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลที่แสดงดังตารางที่ 4.17 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากบริการพิมพ์งานมีค่าสูงกว่างานวิจัย Larsen และคณะ (2009) มีสาเหตุหลักมาจากกระดาษและแม่พิมพ์ โดยขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์มีการดำเนินงานที่แตกต่างกัน งานวิจัย

Larsen และคณะ (2009) ใช้การสร้างแผ่นแม่พิมพ์แบบดั้งเดิมที่มีการใช้แผ่นฟิล์ม ในขณะที่ การศึกษานี้ใช้เทคนิค CTP (computer-to-plate) เป็นการใช้รังสียูวียิงบนแผ่นแม่พิมพ์เพื่อเกิดภาพ และอักษร รวมถึงสภาพแวดล้อม เครื่องจักรที่ใช้ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่มีความแตกต่างกัน จึงทำค่าผลกระทบมีความแตกต่างกัน

#### ตารางที่ 4.17

เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือออฟเซตกับงานวิจัยอื่น ด้วยวิธีการประเมิน EDIP

ผลกระทบ	หนังสือหน้า 1 ตัน	งานวิจัย Larsen และคณะ.	หน่วย
Global warming	1,889,724.05	1,350,000.00	g CO <sub>2</sub> eq.
Acidification	-	4,000.00	g SO <sub>2</sub> eq.
	123.11	-	m <sup>2</sup>
Nutrient enrichment	-	5,390.00	gNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> eq.
Aquatic eutrophication (P)	639.21	-	g P eq.
Human TOX, water	41,940.31	1,540.00	m <sup>3</sup> water
Human TOX, soil	555.12	20.40	m <sup>3</sup> soil
EcoTOX, water, chronic	600,480.21	133,000.00	m <sup>3</sup> water
EcoTox, water, Acute	134,076.64	17,700.00	m <sup>3</sup> water
EcoTox, soil	6,445.04	4,940.00	m <sup>3</sup> soil

สำหรับวิธีการประเมิน ReCiPe สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Naicker และ Cohen (2016) ได้ โดยต้องเปลี่ยนหน่วยผลิตภัณฑ์ของหนังสือเป็นหน่วยต่อหน้า 25.4 กิโลกรัมแทน ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลที่แสดงดังตารางที่ 4.18 ชี้ให้เห็นว่า การบริการพิมพ์หนังสือทั้งออฟเซตและดิจิตอลก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) น้อยกว่างานวิจัย Naicker และ Cohen (2016) ในขณะที่ด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีค่ามากกว่า ซึ่งกระดาษเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด โดยการที่ค่าผลกระทบมีความแตกต่างกันนั้นมีหลายปัจจัยด้วยกัน อาทิเช่น ขอบเขตการพิจารณาที่เป็นแบบ Candle-to-gate ประกอบด้วยกิจกรรมการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิตเท่านั้น ส่วนงานวิจัย Naicker และ Cohen (2016)

พิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตเป็นแบบ Candle-to-grave อีกทั้งการผลิตไฟฟ้าในประเทศแอฟริกาใต้ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักที่เกิดให้เกิดผลกระทบทั้งจากการใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษและกระบวนการพิมพ์ เป็นต้น

ตารางที่ 4.18

เปรียบเทียบผลกระทบการพิมพ์หนังสือกับงานวิจัยอื่น ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H)

ผลกระทบ	การพิมพ์หนังสือ	การพิมพ์หนังสือ	งานวิจัย	หน่วย
	แบบออฟเซต	แบบดิจิทัล	Naicker และ Cohen	
	25.4 kg	25.4 kg		
Climate change	48.1359	38.8075	132.0000	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	0.2180	0.1805	0.7240	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	0.0184	0.0199	0.0094	kg P eq.
Human toxicity	16.7878	16.9536	8.8300	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	0.0159	0.0141	0.0199	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	0.3327	0.3571	0.0629	kg 1,4-DB eq.

อย่างไรก็ตามผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยแล้วมีความแตกต่างกัน มีปัจจัยหลายสาเหตุ อาทิเช่น พื้นที่ตั้ง สภาพแวดล้อม ขั้นตอนการดำเนินงาน ชนิดเครื่องจักร เทคโนโลยี แหล่งกำเนิดไฟฟ้า การปันส่วน ขอบเขตการพิจารณา วิธีการประเมิน เป็นต้น ดังนั้นการเปรียบเทียบจึงเป็นการเปรียบเทียบเชิงวิจัยทางการศึกษาถึงแนวโน้มผลกระทบที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการให้บริการงานพิมพ์ แต่ไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องเนื่องจากผลกระทบที่คำนวณได้นั้นเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นในแหล่งที่ทำการศึกษาเท่านั้น

#### 4.2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต เพื่อหาช่วงของค่าผลกระทบที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการให้บริการพิมพ์หนังสือรูปแบบ 12a เนื่องจากเป็นบริการพิมพ์หนังสือที่มากสุดในช่วงปีที่ผ่านมาคิดเป็นร้อยละ 6.25 จากบริการพิมพ์หนังสือทั้งหมด โดยสมมติสถานการณ์เปลี่ยนแปลงปัจจัย ได้แก่ ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ การใช้สารเคมีในขั้นตอนการพิมพ์ และการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องจักรในขั้นตอนการพิมพ์ เนื่องจากการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมใช้ตัวแทนข้อมูลช่วงการทดสอบงานพิมพ์ 1 งานที่มีปริมาณการพิมพ์มากกว่า 2,500 แผ่น ซึ่งงานพิมพ์แต่ละงานจะมีปริมาณงาน จำนวนของภาพและอักษรแตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณการใช้หมึก สารเคมี และระยะเวลาการพิมพ์ไม่เท่ากัน สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนี้จะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

##### 4.2.1 หมึกพิมพ์ออฟเซต

จากการรวบรวมข้อมูลการพิมพ์ทดสอบรูปแบบหนังสือ 12a ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ออฟเซตลดลงจากกรณีศึกษาได้ถึงร้อยละ 17 เมื่อคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมของปริมาณการใช้หมึกที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อหาช่วงของผลกระทบที่เกิดขึ้นได้น้อยที่สุดและมากที่สุดจากการให้บริการพิมพ์หนังสือแสดงดังตารางที่ 4.19 ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ที่ลดลงส่งผลให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้านลดลง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ลดลงร้อยละ 0.13 ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ลดลงร้อยละ 0.16 ซึ่งสาเหตุมักเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในกระบวนการผลิตหมึก ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละออง การเพิ่มขึ้นปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) ลดลงร้อยละ 0.12 เป็นผลมาจากการใช้สารเคมีที่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสและไนโตรเจน ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human toxicity) ลดลงร้อยละ 0.15 ความเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial ecotoxicity) ลดลงร้อยละ 1.46 และความเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศในน้ำ (Freshwater ecotoxicity) ลดลงร้อยละ 0.18 เนื่องจากหมึกพิมพ์มีองค์ประกอบของโลหะหนักจากสารสี ได้แก่ แคดเมียม และโครเมียม รวมถึงวานิชและตัวทำละลายที่มักเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบ เพราะมีความเป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อสารเหล่านี้ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

## ตารางที่ 4.19

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H)

ผลกระทบ	ช่วงค่าผลกระทบ	หน่วย
Climate change	0.7447 - 0.7457*	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	(3.4207E-03) - (3.4263E-03)*	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	(2.9922E-04) - (2.9958E-04)*	kg P eq.
Human toxicity	0.2719 - 0.2723*	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	(2.5870E-04) - (2.6254E-04)*	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	(5.4009E-03) - (5.4107E-03)*	kg 1,4-DB eq.

หมายเหตุ. \* ค่าอ้างอิงของรูปแบบหนังสือ 12a ในตารางที่ 4.8 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCie Midpoint (H) V.1.06

## 4.2.2 สารเคมี

จากการรวบรวมข้อมูลการพิมพ์ทดสอบรูปแบบหนังสือ 12a ปริมาณการใช้สารเคมี ได้แก่ น้ำยาฟาว์นเทน ไอโซโพรพานอล (IPA) และน้ำประปาในขั้นตอนพิมพ์เพิ่มขึ้นจากกรณีศึกษาสูงสุดร้อยละ 7 เมื่อคำนวณผลกระทบของปริมาณการใช้สารเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปแสดงดังตารางที่ 4.20 ซึ่งปริมาณการใช้สารเคมีที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดช่วงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.03 ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.01 เป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในโรงงาน และการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ประโยชน์ การเพิ่มขึ้นปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.01 เป็นผลมาจากสารเคมีที่ใช้มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆเกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าร้อยละ 0.01 เป็นผลมาจากสารเคมีที่ใช้มีองค์ประกอบของกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น สารประกอบเบนซีน แอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เนื่องปริมาณที่ใช้ต่อเล่มมีปริมาณน้อยมากจึงทำให้ผลกระทบไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง

## ตารางที่ 4.20

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้สารเคมี ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H)

ผลกระทบ	ช่วงค่าผลกระทบ	หน่วย
Climate change	0.7457* - 0.7459	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	(3.4263E-03)* - (3.4268E-03)	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	(2.9958E-04)* - (2.9960E-04)	kg P eq.
Human toxicity	0.2723*	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	2.6254E-04*	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	(5.4107E-03)* - (5.4109E-03)	kg 1,4-DB eq.

หมายเหตุ. \* ค่าอ้างอิงของรูปแบบหนังสือ 12a ในตารางที่ 4.8 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

## 4.2.3 พลังงานไฟฟ้า

จากการรวบรวมข้อมูลการพิมพ์ทดสอบรูปแบบหนังสือ 12a ระยะเวลาที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละงานมีความแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องพิมพ์เครื่องปรับอากาศ และไฟส่องสว่างในขั้นตอนการพิมพ์ที่เพิ่มขึ้นจากกรณีศึกษาสูงสุดถึงร้อยละ 20 เมื่อคำนวณหาช่วงของผลกระทบที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดและมากที่สุดจากการให้บริการพิมพ์หนังสือแสดงผลดังตารางที่ 4.21 โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงพิมพ์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้เกิดช่วงของผลกระทบในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.35 เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในโรงพิมพ์ได้มาจากการจัดซื้อภายนอก ซึ่งได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละอองปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านดังกล่าว รวมถึงด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.35 ส่วนผลกระทบด้านอื่นๆไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

## ตารางที่ 4.21

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานงานไฟฟ้า ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H)

ผลกระทบ	ช่วงค่าผลกระทบ	หน่วย
Climate change	0.7457* - 0.7558	kg CO <sub>2</sub> eq.
Terrestrial acidification	(3.4263E-03)* - (3.4383E-03)	kg SO <sub>2</sub> eq.
Freshwater eutrophication	2.9958E-04*	kg P eq.
Human toxicity	0.2723*	kg 1,4-DB eq.
Terrestrial ecotoxicity	2.6254E-04*	kg 1,4-DB eq.
Freshwater ecotoxicity	5.4107E-03*	kg 1,4-DB eq.

หมายเหตุ. \* ค่าอ้างอิงของรูปแบบหนังสือ 12a ในตารางที่ 4.8 ผลกระทบการบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A4 จำนวน 1 เล่ม ด้วยวิธีการประเมิน ReCiPe Midpoint (H) V.1.06

#### 4.2.7 โอกาสในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ยังศึกษาโอกาสในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากจากปัจจัยภายนอกโรงพิมพ์ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการให้บริการ ได้แก่

##### 4.2.7.1 การใช้พลังงานไฟฟ้า

กิจกรรมการผลิตในโรงพิมพ์เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า เพราะทุกขั้นตอนดำเนินงานด้วยเครื่องจักรทั้งสิ้น ตั้งแต่การสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ที่ออกแบบหนังสือด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ การสร้างภาพบนแผ่นแม่พิมพ์สำหรับใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ออฟเซตด้วยเครื่อง computer-to-plate และล้างด้วยเครื่องล้างแม่พิมพ์ การพิมพ์และงานหลังพิมพ์ประกอบด้วยเครื่องพิมพ์ เครื่องพับ เครื่องเก็บเล่ม เครื่องเย็บลวด เครื่องไสสันทากาว และเครื่องตัดกระดาษ ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หรือภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสนใจ และต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดผลกระทบเพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงประเทศไทยด้วย จากแผนพัฒนาพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558 – 2579 (PDP2015) ต้องการส่งเสริมความมั่นคงระบบไฟฟ้าของประเทศ

และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้า ด้วยการกระจายเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจากเดิมที่พึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 60 ลดเหลือร้อยละ 30-40 ในขณะเดียวกันเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินด้วยเทคโนโลยีสะอาดจากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 20-25 และพลังงานหมุนเวียน อาทิเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล เป็นต้น จากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 15-20 ทำให้แนวโน้มปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าลดต่ำลงดังตารางที่ 4.19 โดยการคำนวณอ้างอิงตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (กระทรวงพลังงาน, 2558)

ตารางที่ 4.22

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคการผลิตไฟฟ้า

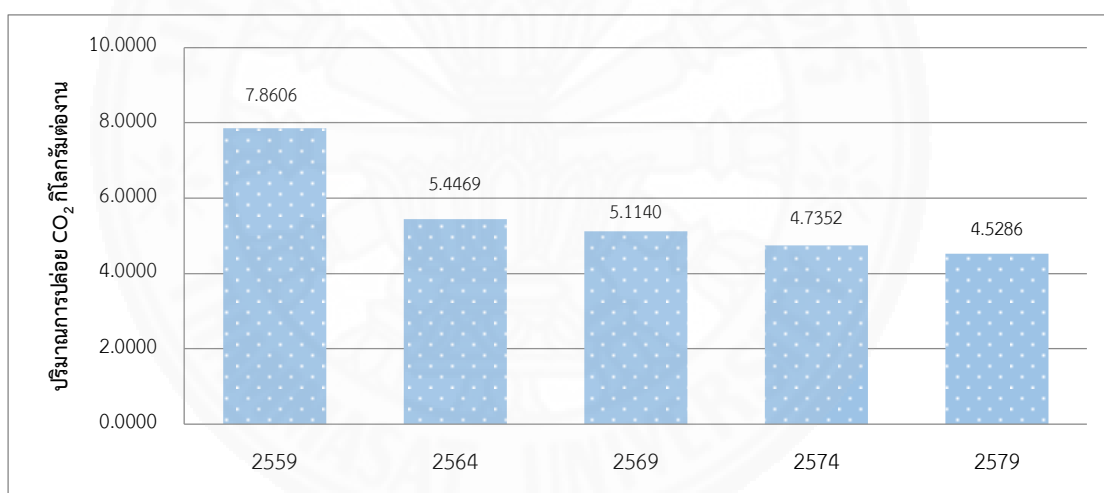
พ.ศ.	ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์	
	kg CO <sub>2</sub> /kWh	พันตัน
2564	0.399	93,689
2569	0.370	98,950
2574	0.337	100,521
2579	0.319	104,075

หมายเหตุ. ดัดแปลงจาก “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558 – 2579 (PDP2015)” โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558, หน้า ผ 7-1.

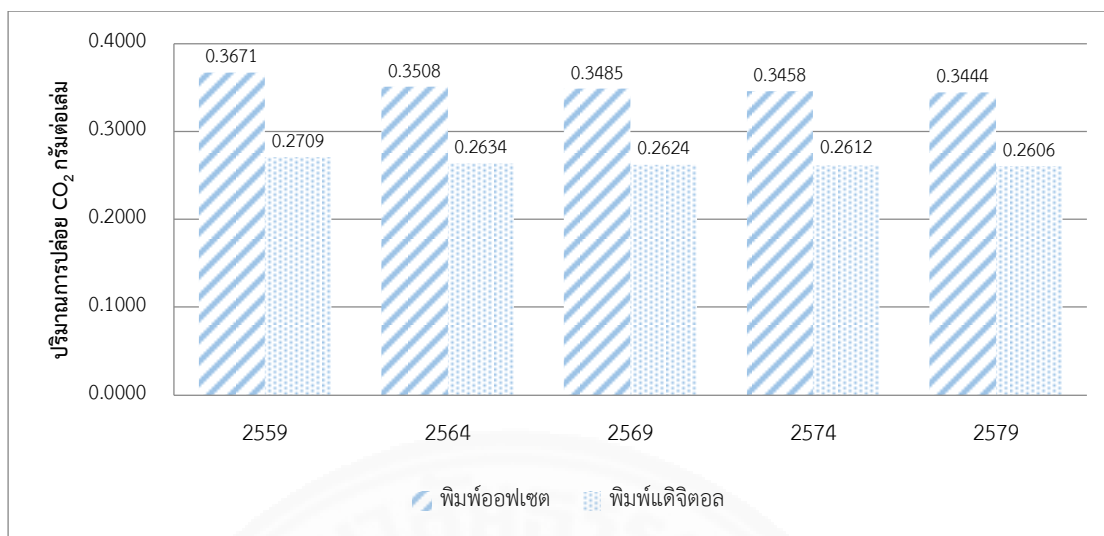
เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระทรวงพลังงานมาคำนวณผลกระทบต่อที่เกิดขึ้นจากบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์ดังภาพที่ 4.35 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 30.71, 34.94, 39.76 และ 42.39 ตามลำดับ ส่วนบริการพิมพ์หนังสือทั้งแบบออฟเซตและดิจิทัลในรูปแบบเดียวกัน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกันดังภาพที่ 4.36 โดยการพิมพ์ออฟเซตลดลงร้อยละ 4.43, 5.06, 5.78 และ 6.28 ตามลำดับ การพิมพ์ดิจิทัลลดลงร้อยละ 2.76, 3.14, 3.57 และ 3.81 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดนี้เปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซใน พ.ศ. 2559 ดังนั้นการใช้พลังงานจึงเป็นปัจจัยหนึ่ง



ที่สำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หรือภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยเฉพาะบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ที่มีปริมาณการใช้พลังงานจำนวนมาก ส่วนบริการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตสามารถลดผลกระทบจากการใช้พลังงานได้มากกว่าระบบดิจิทัล เนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานซับซ้อนกว่า ทั้งขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ การปั๊มเนื้อใน และการเก็บเล่ม ซึ่งใช้เครื่องจักรดำเนินงานทั้งหมด ในขณะที่การพิมพ์ดิจิทัลไม่มีขั้นตอนเก็บเล่ม และบางครั้งใช้แรงงานคนพับ ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการพิมพ์ออฟเซต นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าการเลือกแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าก็มีส่วนสำคัญต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงควรเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อลดการเกิดของเสีย และใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า รวมถึงเลือกใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งเชื้อเพลิงจะยังสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องเป็นพลังงานสะอาด และก่อให้เกิดมลภาวะน้อยกว่าเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล



ภาพที่ 4.35 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์ 1 งาน



ภาพที่ 4.36 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริการพิมพ์หนังสือ 1 เล่ม

#### 4.2.7.2 แม่พิมพ์สำเร็จรูป

การพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซตจะต้องใช้แม่พิมพ์ในกระบวนการพิมพ์ ทำให้ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีปัจจัยมาจากแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ผลิตจากอลูมิเนียมแผ่นและเคลือบผิวด้วยสารไวแสง ซึ่งแม่พิมพ์ที่ใช้งานแล้วสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยพ.ศ. 2557 ภาควิชาวิศวกรรมรีไซเคิลอลูมิเนียมด้วยวิธีการแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ร้อยละ 35.00 ของการรีไซเคิลทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) จึงได้สมมติสถานการณ์บริการสร้างแม่พิมพ์สำหรับใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ โดยใช้แผ่นแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ผลิตจากเศษอลูมิเนียมในอัตราส่วนร้อยละ 25, 50 และ 100 ดังตารางที่ 4.20 ซึ่งการใช้แม่พิมพ์ที่มีเศษอลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากบริการสร้างแม่พิมพ์ได้ โดยสัดส่วนการใช้เศษอลูมิเนียมร้อยละ 100 ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เนื่องจากแผ่นแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นใหม่จากแร่อลูมิเนียมใช้พลังงานมากกว่าการรีไซเคิลเศษอลูมิเนียมมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตก็เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Zhang, Sun, Hong, Han, He, & Sho, 2016)

## ตารางที่ 4.23

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการสร้างแม่พิมพ์สำหรับใช้ในขั้นตอนการพิมพ์ จากการใช้แผ่นแม่พิมพ์ที่ผลิตจากเศษอลูมิเนียม

ผลกระทบ	กรณีปกติ	เศษอลูมิเนียม	เศษอลูมิเนียม	เศษอลูมิเนียม
		25%	50%	100%
Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	5.2743	3.5169	2.6568	1.1526
Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	0.0239	0.0171	0.0121	0.0028
Freshwater eutrophication (kg P eq.)	1.6661E-04	1.4894E-04	1.4512E-04	1.3844E-04
Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.6303	0.1850	0.1593	0.1245
Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	5.0000E-04	4.3186E-05	3.7741E-05	5.7218E-05
Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.0051	0.0027	0.0025	0.0021

เมื่อนำค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมาใช้ในบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต ขนาด A5 จำนวน 80 หน้า ใช้กระดาษอาร์ตพิมพ์ 4 สีทั้งเล่ม ปกเคลือบพลาสติกและไสสัน ทากาวก่อให้เกิดผลกระทบดังตารางที่ 4.21 พบว่า สัดส่วนการใช้แม่พิมพ์ที่ผลิตจากการรีไซเคิลเศษอลูมิเนียมเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลง เนื่องจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการรีไซเคิลเศษอลูมิเนียมน้อยกว่าการใช้พลังงานอลูมิเนียมผลิตจากแร่ ซึ่งรวมไปถึงการถลุงแร่ด้วย แม้ว่าสัดส่วนการรีไซเคิลเศษอลูมิเนียมถึงร้อยละ 100 จะยังก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าการพิมพ์ด้วยระบบดิจิทัลในรูปแบบหนังสือเดียวกัน อย่างไรก็ตามสามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากบริการพิมพ์หนังสือได้ โดยเฉพาะด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ลดลงร้อยละ 16.43 และด้านภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) ลดลงร้อยละ 18.57 รวมถึงการปันส่วนการใช้แม่พิมพ์ในขั้นตอนการพิมพ์ที่ทั่วไปแม่พิมพ์สามารถใช้พิมพ์ได้น้อย 3,000 ครั้งต่อ 1 แผ่น ถ้าสามารถยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นได้จากการทำความสะอาดและวิธีการเก็บรักษาหลังใช้งานแล้วของช่างพิมพ์จะทำให้สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อีก

## ตารางที่ 4.24

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A5 จากการใช้แม่พิมพ์ที่ผลิตจากการรีไซเคิลเศษ  
อลูมิเนียม

	การพิมพ์ออฟเซต				การพิมพ์ ดิจิทัล
	กรณีปกติ	เศษ	เศษ	เศษ	
		อลูมิเนียม 25%	อลูมิเนียม 50%	อลูมิเนียม 100%	
Climate change (kg CO <sub>2</sub> eq.)	0.3671	0.3414	0.3288	0.3068	0.2709
Terrestrial acidification (kg SO <sub>2</sub> eq.)	0.0017	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013
Freshwater eutrophication (kg P eq.)	1.4029E-04	1.4003E-04	1.3998E-04	1.3988E-04	1.3870E-04
Human toxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.1279	0.1214	0.1210	0.1205	0.1183
Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	1.2089E-04	1.1454E-04	1.1446E-04	1.1475E-04	9.8358E-05
Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq.)	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025











## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล กรณีศึกษา โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประเมินผลกระทบโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.3.3 ด้วยวิธีการประเมิน EDIP 2003 V1.03 และ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 แบ่งการบริการของโรงพิมพ์ ออกเป็น 3 บริการ ได้แก่ บริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต และบริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล ซึ่งเกิดผลกระทบตามรายละเอียดดังนี้

เมื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี EDIP 2003 V1.03 ของบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ พบว่า ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) มีค่าเท่ากับ 7.8593 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 0.1477 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) มีค่าเท่ากับ 0.0004 kg P eq. ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) มีค่าเท่ากับ 29.4272 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) มีค่าเท่ากับ 0.2174 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) มีค่าเท่ากับ 451.2660 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) มีค่าเท่ากับ 116.3633 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีค่าเท่ากับ 2.8853 m<sup>3</sup>

บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า พบว่า บริการพิมพ์หนังสือปกและเนื้อในกระดาษอาร์ตพิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาวขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยมีค่าผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่ากับ 0.7504 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 3.6241E-05 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) มีค่าเท่ากับ 2.6583E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) มีค่าเท่ากับ 17.3542 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) มีค่าเท่ากับ 0.2258 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) มีค่าเท่ากับ 248.6749 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) มีค่าเท่ากับ 55.6391 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีค่าเท่ากับ 2.6855 m<sup>3</sup> ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาจากกิจกรรมการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ รองลงมาคือ

แม่พิมพ์ที่เป็นผลมาจากบริการงานก่อนพิมพ์ ซึ่งเป็นการสร้างภาพบนแม่พิมพ์ จำนวน 1 แผ่น เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่ากับ 5.0721 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 0.1221 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) มีค่าเท่ากับ 0.0001 kg P eq. ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) มีค่าเท่ากับ 32.3933 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) มีค่าเท่ากับ 0.3256 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) มีค่าเท่ากับ 421.5839 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) มีค่าเท่ากับ 56.3500 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีค่าเท่ากับ 0.6935 m<sup>3</sup>

บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิทัล 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า พบว่า บริการพิมพ์หนังสือปกและเนื้อในกระดาษอาร์ต พิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาวขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งมีผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่ากับ 0.6857 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 0.0542 m<sup>2</sup> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (Eutrophication) มีค่าเท่ากับ 3.1580E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายในน้ำต่อมนุษย์ (Human Toxicity, water) มีค่าเท่ากับ 20.5209 m<sup>3</sup> ความเป็นอันตรายในดินต่อมนุษย์ (Human Toxicity, soil) มีค่าเท่ากับ 0.2266 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเรื้อรัง (Ecotoxicity water chronic) มีค่าเท่ากับ 293.9774 m<sup>3</sup> ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำเฉียบพลัน (Ecotoxicity water acute) มีค่าเท่ากับ 67.1063 m<sup>3</sup> และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางดินเรื้อรัง (Ecotoxicity soil chronic) มีค่าเท่ากับ 2.8143 m<sup>3</sup> โดยมีการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ

สำหรับการประเมินผลกระทบด้วยวิธีการประเมินแบบ ReCiPe Midpoint (H) V.1.06 ของบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์ พบว่า ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) มีค่าเท่ากับ 7.8606 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) มีค่าเท่ากับ 0.0121 kg SO<sub>2</sub> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) มีค่าเท่ากับ 0.0005 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) มีค่าเท่ากับ 0.4293 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0095 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0002 kg 1,4-DB eq.

บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบออฟเซต 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า พบว่า บริการพิมพ์หนังสือปกและเนื้อในกระดาษอาร์ต พิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาวขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเช่นเดียวกัน ซึ่งมีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) มีค่าเท่ากับ 0.7529 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) มีค่าเท่ากับ 0.0035 kg SO<sub>2</sub> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) มีค่าเท่ากับ 3.0128E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) มีค่าเท่ากับ 0.2730 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0003 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0054 kg 1,4-DB eq. ซึ่งการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือแม่พิมพ์เป็นผลจากบริการงานก่อนพิมพ์เช่นกัน โดยมีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เท่ากับ 5.2743 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) มีค่าเท่ากับ 0.0239 kg SO<sub>2</sub> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) มีค่าเท่ากับ 0.0002 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) มีค่าเท่ากับ 0.6303 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0005 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0051 kg 1,4-DB eq.

บริการพิมพ์หนังสือด้วยระบบดิจิตอล 1 เล่ม จำนวน 80 หน้า พบว่า บริการพิมพ์หนังสือปกและเนื้อในกระดาษอาร์ต พิมพ์ 4 สี ปกเคลือบพลาสติกลามิเนต และทำเล่มแบบไสสันกาวขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเช่นกัน มีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) มีค่าเท่ากับ 0.7050 kg CO<sub>2</sub> eq. ภาวะความเป็นกรดบนพื้นดิน (Terrestrial acidification) มีค่าเท่ากับ 0.0034 kg SO<sub>2</sub> eq. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Freshwater eutrophication) มีค่าเท่ากับ 2.9344E-04 kg P eq. ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Human Toxicity) มีค่าเท่ากับ 0.3311 kg 1,4-DB eq. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0003 kg 1,4-DB eq. และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity) มีค่าเท่ากับ 0.0061 kg 1,4-DB eq. โดยการได้มาซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าผลกระทบของบริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ สัดส่วนผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และภาวะความเป็นกรด ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการออกแบบหนังสือ เนื่องจากไฟฟ้าผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ส่วนผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของปริมาณ

สารอาหาร ความเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ มีปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบมาจากหมึกโทนเนอร์ของเครื่องพิมพ์ เพราะผงหมึกมีองค์ประกอบของโลหะหนักและสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ส่วนความเป็นอันตรายระบบนิเวศบนบกหรือทางดิน มีปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมาจากกระบวนการผลิตกระดาษแยกสารสำหรับใช้พิมพ์งาน

สำหรับบริการพิมพ์หนังสือขนาด A4 ก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าขนาด A4s และ A5 ตามลำดับ เนื่องจาก มีพื้นที่หน้ากระดาษมากกว่าขนาดอื่นๆ ทำให้ปริมาณการใช้กระดาษ หมึกพิมพ์ สารเคมี และพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน้ามากกว่า ซึ่งกระดาษเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดทั้งการพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิตอล เนื่องจากกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษมีการใช้พลังงานจำนวนมาก รวมถึงน้ำหน้ากระดาษต่อหน่วยพื้นที่มาก ผลกระทบก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย รองลงมาคือ การใช้แม่พิมพ์ของการพิมพ์ออฟเซต และหมึกโทนเนอร์ของการพิมพ์ดิจิตอล โดยแม่พิมพ์นั้นผลิตจากแร่ลูมิเนียมต้องใช้พลังงานสูงในการหลอมและขึ้นรูปเป็นแผ่น รวมถึงการใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และสารเคลือบไวแสงบนแผ่นแม่พิมพ์ ส่วนหมึกโทนเนอร์เป็นผลมาจากองค์ประกอบของหมึกที่มีโลหะหนัก และตัวทำละลายที่เป็นสารก่อให้เกิดอันตรายกับระบบนิเวศ เมื่อพิจารณาผลกระทบการพิมพ์หนังสือในรูปแบบเดียวกัน การพิมพ์ออฟเซตก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าการพิมพ์ดิจิตอล เนื่องจากขั้นตอนการพิมพ์ออฟเซตต้องใช้แผ่นแม่พิมพ์ทำให้ผลกระทบส่วนหนึ่งเกิดจากบริการงานก่อนพิมพ์ รวมถึงการใช้สารเคมีเพื่อสร้างภาพบนแม่พิมพ์ ส่วนการพิมพ์ดิจิตอลสามารถส่งพิมพ์ได้โดยตรงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์และสารเคมีในขั้นตอนการพิมพ์จึงก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการพิมพ์ออฟเซต การพิมพ์ดิจิตอลจึงเป็นทางเลือกที่ดีหากต้องการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการให้บริการงานพิมพ์ของโรงพิมพ์ แต่ทั้งนี้ การเลือกระบบพิมพ์ยังมีปัจจัยอื่นๆร่วมพิจารณาอีกด้วย อาทิเช่น ต้นทุนการพิมพ์ ปริมาณการพิมพ์ คุณภาพงาน ระยะเวลา เป็นต้น ซึ่งค่าผลกระทบที่ศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งสำหรับประกอบการพิจารณาเลือกระบบการพิมพ์ที่เหมาะสม

นอกจากนี้การศึกษาทำให้ทราบค่าความรุนแรงของผลกระทบการบริการงานพิมพ์ และบ่งชี้ถึงปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ทำให้สามารถวิเคราะห์และหาวิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลา และชนิดของงานที่เข้ารับบริการที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่มีความหลากหลาย ทั้งชนิดกระดาษสำหรับใช้พิมพ์ปก น้ำหนักกระดาษที่ใช้พิมพ์ปกและเนื้อใน รวมถึงการทำสิ่งพิมพ์รูปแบบอื่นๆที่โรงพิมพ์ให้บริการ เช่น แผ่นพับ โปสเตอร์ นามบัตร เป็นต้น ซึ่งหากศึกษาจะทำให้การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมครอบคลุมทุกบริการ นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบชนิดของกระดาษ และน้ำหนักของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมี และพลังงานไฟฟ้าอย่างไร และเพื่อให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีค่าถูกต้องแม่นยำมากขึ้นควรเก็บข้อมูลการทดสอบงานพิมพ์งานเดียวกันทั้งหมด เพราะปริมาณตัวอักษร และภาพของงานมีผลกระทบต่อปริมาณการใช้หมึกโดยตรง หากงานนั้นมีตัวอักษรและภาพจำนวนมาก จะทำให้มีการใช้หมึกพิมพ์มากขึ้นตามไปด้วย

5.2.2 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับงานวิจัยอื่นๆ จะมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น เมื่องานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบมีขอบเขตการพิจารณาเหมือนการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต รวมถึงองค์ประกอบของหนังสืออีกด้วย เช่น ชนิดของกระดาษปก และเนื้อใน น้ำหนักกระดาษ จำนวนสีที่ใช้พิมพ์ ขนาดของหนังสือ การทำรูปเล่ม เป็นต้น

## รายการอ้างอิง

### หนังสือและบทความในหนังสือ

สุรวิทย์ วิทยารัฐ. (2542). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ (Fundamental of Printed Matters)*.

กรุงเทพมหานคร: พิเศษการพิมพ์

อรรถ ชาญสืบสาย. (2545). *ระบบพิมพ์แบบต่างๆ และการนำไปใช้งาน (Printing Systems and Applications)*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เพาเวอร์พริ้นท์ จำกัด.

อรรถ ชาญสืบสาย. (2557). *เทคโนโลยีการพิมพ์-ความก้าวหน้าและการนำไปใช้งาน-*. ภาควิชา

เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: โรงพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). (ร่าง) *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557*. สืบค้นจาก

<http://www.pcd.go.th/public/News/Files/Draft580318-1.pdf>

กระทรวงพาณิชย์ (2559). *มูลค่าการส่งออกสินค้าเรียงตามมูลค่า*. สืบค้นจาก

[http://www.ops3.moc.go.th/infor/menucomth/stru1\\_export/export\\_topn\\_re/default.asp](http://www.ops3.moc.go.th/infor/menucomth/stru1_export/export_topn_re/default.asp)

ฐานข้อมูลพลังงานของประเทศ กระทรวงพลังงาน. (2559). *การปล่อยก๊าซเรือนกระจก*. สืบค้นจาก

[http://www.thaienergydata.in.th/output\\_co2.php](http://www.thaienergydata.in.th/output_co2.php)

ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (ม.ป.ป.). *สำนักงานพัฒนา*

*วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. การประเมินวัฏจักรชีวิต*. สืบค้นจาก

<http://www.thaicidatabase.net/index.php/history-life-cycle-assessment-lca>

Plan Printing. (2012). *กระบวนการสิ่งพิมพ์*. สืบค้นจาก [http://www.planprinting.co.th/know\\_process.html](http://www.planprinting.co.th/know_process.html)

## Article

- Achachlouei, A. A., & Moberg, A. (2015). Life Cycle Assessment of a Magazine, Part II : A Comparision of Print and Tablet Editions. *Journal of Industrial Ecology*, 19(4), 590-606.
- Boguski, T. K. (2010). Life cycle carbon footprint of the National Geographic magazine. *Int J Life Cycle Assess*, 15, 635-643
- Dias, A. C., Louro, M., Arroja, A., Capela, I. (2004). Evaluation of the environmental performance of printing and writing paper using life cycle assessment. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 15(5), 473-483.
- Enroth, M. (2009). Environmental impact of printed and electronic teaching aids, a screening study focusing on fossil carbon dioxide emissions. *Advances in Printing and Media Technology*, 36.
- Esquer, J., Vaeza-Gastélum, C., Remmen, A., Alvarez-Chávez, C. R., & Velázquez, L. E. (2015). Life cycle assessment for printed newspapers in Northwestern Mexico. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(3), 259-268.
- Hansuebasi, A. (2011). Moving Forward of Thai Printing industry to Environment Issue. *Journal of Printing Science and Technology*, 48 (1), 11-16.
- Kariniemi, M., Nors, M., Kujanpää, M., Pajula, T., & Pihkola, H. (2010). Evaluating Environmental Sustainability of Digital Printing. *Society for Imaging Science and Techonogy*, 92-96.
- Larsen, H. L., Hansen, M. S., & Hauschild, M. (2009). Life cycle assessment of offset printed matter with EDIP97:how important are emissions of chemicals?. *Journal of Cleaner Production*, 17, 115–128.

- Leon, J., Aliaga, C., Boulougouris, G., Hortal, M., & Marti, J. L. (2015). Quantifying GHG Emissions savings potential in magazine paper production: a case study on supercalendered and light-weight coated papers. *Journal of Cleaner Production*, 103, 301-308.
- Moberg, A., Johansson, M., Finnveden, G., & Jonsson, A. (2010). Printed and tablet e-paper newspaper from an environmental perspective — A screening life cycle assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 177-191.
- Naicker, V., Cohen, B. (2016). A life cycle assessment of e-books and printed books in South Africa. *Journal of Energy in Southern Africa*, 27(2), 68-77.
- Nors, M., Pajula, T. & Pihkola, H. (2009, 6<sup>th</sup> October). Calculating the carbon footprints of a Finnish newspaper and magazine from cradle to grave. *Life cycle assessment of products and technologies: LCA symposium*, Paper presented at VTT, Espoo, Finland
- Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S. (2010). Life cycle assessment and carbon footprint of a coldset offset printed newspaper, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, 58-86.
- Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S. (2010). Life cycle assessment and carbon footprint of a heatset offset printed magazine, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, 87-135.



- Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin, T., Kariniemi, M., Pajula, T., Dahlbo, H., & Koskela, S. (2010). Life cycle assessment and carbon footprint of an electrophotography printed photobook, *Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave: Results from the LEADER project (Part 1)*, 116-136.
- Silva, D. A. L., & Pavan, A. L. R., et al. (2015). Life cycle assessment of offset paper production in Brazil: hotspots and cleaner production alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 93, 222-233.
- Song, G., Che, L., & Zhang, S. (2016). Carbon footprint of a scientific publication: A case study at Dalian University of Technology, China. *Ecological Indicators*, 60, 275-282.
- Wang, Y., & Mao, X. (2012). Risk Analysis and Carbon Footprint Assessments of the Paper Industry in China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 19(2), 410-422.
- Wang, J., Hou, C. & Lin, P. (2013). Two-phase assessment for the environmental impacts from offset lithographic printing on color-box packaging. *Journal of Cleaner Production*, 53, 129-137.
- Wells, J. R., Boucher, J. F., Laurent, A. B., & Villeneuve, C. (2012). Carbon Footprint Assessment of a Paperback Book. *Journal of Industrial Ecology*, 16, 212-222.
- Zhang, Y., Sun, M., Hong, J., Han, X., He, J., & Sho, W. (2016). Environmental footprint of aluminum production in China. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1242-1251.

## Electronic media

Burck, J., Marten, F., Bals, C., Rink, E., & Heinze, I. (2016). *The Climate Change*

*Performance Index Results 2016*. Retrieved from

<http://www.germanwatch.org/en/ccpi>

Jones, G. A. (2004). Determining VOC/HAP Emissions From Sheetfed Offset

Lithographic Printing Operations. *PNEAC*. Retrieved from

[http://www.pneac.org/sheets/pdfs/SheetfedVOCHAP\\_PNEAC.pdf](http://www.pneac.org/sheets/pdfs/SheetfedVOCHAP_PNEAC.pdf)





## ภาคผนวก ก

## ข้อมูลบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

การบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ จะเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้วัสดุช่วยการผลิต พลังงานไฟฟ้า และกระดาษเสียที่เกิดขึ้นจากงานบรรณาธิการ 1,027 งาน โดยเก็บข้อมูลตลอดรอบปีการผลิต หรือคิดเป็นระยะเวลา 12 เดือนตามข้อกำหนดเฉพาะของกลุ่มผลิตภัณฑ์บริการสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2558 ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ก.1 ถึงตารางที่ ก.4

## ตารางที่ ก.1

ข้อมูลการใช้วัสดุช่วยในการผลิตของบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษถ่ายเอกสาร	303.1182	kg
หมึกเครื่องพิมพ์	11.0000	kg

## ตารางที่ ก.2

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	เวลา (hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
คอมพิวเตอร์ iMac	0.0803	4.00	96.5361	288.0522
คอมพิวเตอร์ Lenovo	0.1046	1.00	896.5361	93.7652
คอมพิวเตอร์ HP	0.1077	1.00	896.5361	96.5230
เครื่องพิมพ์ Kyocera	0.3830	1.00	20.3233	7.7832
เครื่องพิมพ์ Fuji xerox	0.1984	1.00	20.3233	4.0323
หลอดไฟ	0.0225	18.00	1,743.0000	705.7173
เครื่องปรับอากาศ Trane	0.0207	1.00	1,743.0000	3,522.1527

## ตารางที่ ก.2

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ (ต่อ)

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	เวลา (hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
เครื่องปรับอากาศ Trane	0.0566	1.00	1,743.0000	7,070.5771

## ตารางที่ ก.3

ข้อมูลของเสียของบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษถ่ายเอกสาร	303.1182	kg

## ตารางที่ ก.4

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของบริการงานสร้างสรรค์เนื้อหาสำหรับสื่อสิ่งพิมพ์ 1 ไฟล์

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษถ่ายเอกสาร	0.2951	kg	ผลิตภัณฑ์		
หมึกเครื่องปริ้นท์	0.0107	kg	ไฟล์อาร์ตเวิร์ค	1.0000	งาน
ไฟฟ้า	11.4787	kWh	ของเสีย		
			กระดาษเสีย	0.2951	kg

## ภาคผนวก ข

### ข้อมูลบริการงานก่อนพิมพ์

การบริการงานก่อนพิมพ์ จะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยตรงจากปริมาณการใช้วัตถุดิบวัสดุช่วยในการผลิต พลังงาน น้ำ และของเสียต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างแม่พิมพ์ออฟเซตจำนวน 14,133 แผ่นสำหรับใช้ในกระบวนการพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ตลอดรอบปีการผลิต หรือคิดเป็นระยะเวลา 12 เดือนตามข้อกำหนดเฉพาะของกลุ่มผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานก่อนพิมพ์ ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้อยู่ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2558 ถึงกันยายน พ.ศ.2559 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ข.1 ถึงตารางที่ ข.6

ตารางที่ ข.1

ข้อมูลการใช้วัตถุดิบของการบริการงานก่อนพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
แม่พิมพ์สำเร็จรูป	4,560.2480	kg
สารเคลือบผิว Gum solution	83.3600	kg

ตารางที่ ข.2

ข้อมูลการใช้วัสดุช่วยในการผลิตของการบริการงานก่อนพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
<b>ขั้นตอนการปรับสี</b>		
กระดาษสำหรับปรับสี	119.8778	kg
แกนกระดาษสำหรับปรับสี	9.4377	kg
<b>ขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์</b>		
น้ำยา Developer	385.9200	kg
น้ำยาเสริม R-T9	825.3600	kg
จาระบี	0.2000	kg

## ตารางที่ ข.3

## ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของการบริการงานก่อนพิมพ์

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	เวลา (hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<b>ขั้นตอนการวางหน้า</b>				
คอมพิวเตอร์ iMac	0.1403	1.00	870.0972	122.1141
หลอดไฟ	0.0225	14.00	1,546.3614	486.9674
<b>ขั้นตอนการปรับสี</b>				
เครื่องพิมพ์ดิจิทัล EPSON	0.0423	1.00	340.5371	14.4033
<b>ขั้นตอนการยิงแม่พิมพ์สำเร็จรูป</b>				
คอมพิวเตอร์ Dell	0.3807	1.00	1,546.3614	588.6420
เครื่องยิงแม่พิมพ์ด้วยเทคนิค CTP	1.5380	1.00	1,546.3614	2,378.3514
<b>ขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์</b>				
เครื่องล้างแม่พิมพ์	2.7069	1.00	543.7841	1,471.9877
หลอดไฟ phillips	0.0225	24.00	870.0972	469.7209
เครื่องปรับอากาศ trane	4.0566	1.00	1,546.3614	6,272.9017
เครื่องปรับอากาศ trane	2.0379	1.00	1,546.3614	3,151.3155

## ตารางที่ ข.4

## ข้อมูลการใช้น้ำประปาของการบริการงานก่อนพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
<b>ขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์</b>		
น้ำประปา	120.3781	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ข.5

## ข้อมูลของเสียของการบริการงานก่อนพิมพ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
<b>ขั้นตอนการปฐพี</b>		
กระดาษสำหรับปฐพี	119.8778	kg
แกนกระดาษสำหรับปฐพี	9.4377	kg
<b>ขั้นตอนการยิงแม่พิมพ์สำเร็จรูป</b>		
เศษแม่พิมพ์	3.8145	kg
<b>ขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์</b>		
แม่พิมพ์เสีย	21.3973	kg
น้ำเสีย	121,524.0237	lite

## ตารางที่ ข.6

## บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการสร้างแม่พิมพ์ออฟเซต 1 แผ่น

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
แม่พิมพ์สำเร็จรูป	0.3242	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษสำหรับปฐพี	0.0085	kg	แม่พิมพ์	0.3179	kg
แกนกระดาษสำหรับปฐพี	0.0007	kg	<b>ของเสีย</b>		
Gum Solution	0.0059	kg	เศษแม่พิมพ์	0.0003	kg
น้ำยา Developer	0.0274	kg	แม่พิมพ์เสีย	0.0015	kg
น้ำยาเสริม R-T9	0.0587	kg	น้ำเสีย	0.0086	m3
ไฟฟ้า	14,956.4039	kWh			
น้ำประปา	8.5587	kg			
จาระบี	1.4220E-05	kg			



## ภาคผนวก ค

## ข้อมูลบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์

การบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ จะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยตรงจากปริมาณการใช้วัสดุดิบ วัสดุช่วยในการผลิต พลังงาน น้ำ และของเสียต่างๆที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตทดสอบงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ตามข้อกำหนดเฉพาะของกลุ่มผลิตภัณฑ์ด้านบริการงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ค.1 ถึง ตารางที่ ค.92

ตารางที่ ค.1

ข้อมูลการทดสอบตัดกระดาษก่อนเข้าแท่นพิมพ์สำหรับการพิมพ์แบบออฟเซต

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta
ผู้ทดสอบ		วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ
กระดาษ		ปอนด์ 80 แกรม	อาร์ต 230 แกรม	อาร์ต 130 แกรม	ปอนด์ 70 แกรม	ตัดปกหลัง เคลือบ
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0434	0.1335	0.0755	0.0379	-
จำนวนแผ่นที่ตัด	แผ่น	4,050.00	1,020.00	1,550.00	3,050.00	1,010.00
จำนวนแผ่นที่ได้	แผ่น	8,100.00	2,040.00	3,100.00	6,100.00	2,020.00
เวลาที่ใช้	min	20.00	15.00	15.00	15.00	20.00

## ตารางที่ ค.2

ข้อมูลการทดสอบตัดกระดาษก่อนเข้าแท่นพิมพ์สำหรับการพิมพ์แบบดิจิทัล

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta	เครื่องตัด Perfecta
ผู้ทดสอบ		วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ	วุฒิ
กระดาษ		ถนอม สายตา 80 แกรม	อาร์ต 230 แกรม	ปอนด์ 80 แกรม	อาร์ต 120 แกรม	อาร์ต 160 แกรม	ตัดปกหลัง เคลือบ	ตัดแยกเล่ม (ดิจิทัล A5)
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0406	0.1335	0.0433	0.0379	0.0650	-	-
จำนวนแผ่นที่ตัด	แผ่น	1,550.00	320.00	1,550.00	1,000.00	900.00	1,000.00	24,000.00
จำนวนแผ่นที่ได้	แผ่น	6,200.00	1,280.00	3,100.00	4,000.00	3,600.00	1,000.00	24,000.00
เวลาที่ใช้	min	20.00	10.00	15.00	15.00	20.00	15.00	40.00

## ตารางที่ ค.3

ข้อมูลพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในการทดสอบตัดกระดาษก่อนเข้าแท่นพิมพ์

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<b>ครั้งที่ 1</b>					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.3333	0.7946
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.3333	0.0675
<b>ครั้งที่ 2</b>					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
<b>ครั้งที่ 3</b>					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
<b>ครั้งที่ 4</b>					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
<b>ครั้งที่ 5</b>					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.3333	0.7946
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.3333	0.0675

## ตารางที่ ค.3

ข้อมูลพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในการทดสอบตัดกระดาษก่อนเข้าแท่นพิมพ์ (ต่อ)

ครั้งที่ 6					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.3333	0.7946
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.3333	0.0675
ครั้งที่ 7					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.1667	0.3973
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.1667	0.0337
ครั้งที่ 8					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
ครั้งที่ 9					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.3333	0.7946
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.3333	0.0675
ครั้งที่ 10					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
ครั้งที่ 11					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.2500	0.5960
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.2500	0.0506
ครั้งที่ 12					
เครื่องตัด Perfecta	2.3839	1.00	-	0.6667	1.5893
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1071	0.6667	0.1349

## ตารางที่ ค.4

## ข้อมูลการทดสอบการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ Roland
ผู้ทดสอบ		รัชพงศ์	รัชพงศ์	รัชพงศ์	ลำพูน
วิธีการทดสอบการพิมพ์		4 สี อาร์ต 230 แกรม	4 สี ปอนด์ 80 แกรม	4 สี อาร์ต 130 แกรม	1 สี ปอนด์ 70 แกรม
จำนวนแผ่นพิมพ์ถูกต้อง	แผ่น	4,700.00	7,800.00	22,550.00	13,750.00
จำนวนแผ่นกระดาษที่ใช้พิมพ์	แผ่น	4,850.00	8,000.00	23,100.00	13,810.00
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0668	0.0217	0.0352	0.0190
กระดาษเสียจากการพิมพ์	แผ่น	150.00	200.00	550.00	60.00
กระดาษเสียจากการพิมพ์	kg	10.0161	4.3355	19.3742	1.1381
เวลาที่ใช้ในการพิมพ์	min	210.00	240.00	600.00	375.00
เดินเครื่อง	min	180.00	205.00	570.00	350.00
หยุดรอ	min	30.00	35.00	30.00	25.00
ปริมาณหมึกสี Black	kg	0.7600	0.7600	2.2000	1.0000
ปริมาณหมึกสี Cyan	kg	1.1000	0.8800	1.8000	-
ปริมาณหมึกสี Magenta	kg	0.9400	1.2000	1.6000	-
ปริมาณหมึกสี Yellow	kg	1.3000	1.3000	2.4000	-
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เทน	kg	0.1291	0.2543	0.3662	0.0427
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	kg	0.0931	0.1834	0.3845	0.3911
ปริมาณน้ำประปา	m3	0.0022	0.0044	0.0073	0.0032
Topsol 60/45	kg	-	-	-	0.0718
Solvent ws200	kg	0.1556	0.2334	0.3112	0.3890
น้ำเสีย	L	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000

## ตารางที่ ค.5

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 2,500 แผ่น (kWh)
<i>ครั้งที่ 1</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	3.5000	4,700.00	18.6118
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	3.5000	4,700.00	0.6700
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	3.5000	4,700.00	5.2970
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	3.5000	4,700.00	5.2999
<i>ครั้งที่ 2</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	4.0000	7,800.00	12.8169
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	4.0000	7,800.00	0.4614
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	4.0000	7,800.00	3.6477
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	4.0000	7,800.00	3.6497
<i>ครั้งที่ 3</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	10.0000	22,550.00	11.0834
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	10.0000	22,550.00	0.3990
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	10.0000	22,550.00	3.1544
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	10.0000	22,550.00	3.1561
<i>ครั้งที่ 4</i>						
เครื่องพิมพ์ Roland	4.4603	1.00	-	6.2500	13,750.00	5.0685
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0608	6.2500	13,750.00	0.1306

## ตารางที่ ค.6

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมีและน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	4,700.00	0.4043	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	4,700.00	0.5851	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	4,700.00	0.5000	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	4,700.00	0.6915	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเท่น	4,700.00	0.0687	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	4,700.00	0.0495	kg
ปริมาณน้ำประปา	4,700.00	0.0012	m3
Solvent ws200	4,700.00	0.0828	kg
<i>ครั้งที่ 2</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	7,800.00	0.2436	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	7,800.00	0.2821	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	7,800.00	0.3846	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	7,800.00	0.4167	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเท่น	7,800.00	0.0815	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	7,800.00	0.0588	kg
ปริมาณน้ำประปา	7,800.00	0.0014	m3
Solvent ws200	7,800.00	0.0748	kg
<i>ครั้งที่ 3</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	22,550.00	0.2439	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	22,550.00	0.1996	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	22,550.00	0.1774	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	22,550.00	0.2661	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเท่น	22,550.00	0.0406	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	22,550.00	0.0426	kg
ปริมาณน้ำประปา	22,550.00	0.0008	m3
Solvent ws200	22,550.00	0.0345	kg

## ตารางที่ ค.6

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมีและน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4 จำนวน 2,500 แผ่น (ต่อ)

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 4</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	13,750.00	0.1818	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเทน	13,750.00	0.0078	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	13,750.00	0.0711	kg
ปริมาณน้ำประปา	13,750.00	0.0006	m <sup>3</sup>
Topsol 60/45	13,750.00	0.0131	kg
Solvent ws200	13,750.00	0.0707	kg

## ตารางที่ ค.7

ข้อมูลของเสียเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
น้ำเสีย	4,700.00	0.0027	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 2</i>			
น้ำเสีย	7,800.00	0.0016	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 3</i>			
น้ำเสีย	22,550.00	0.0006	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 4</i>			
น้ำเสีย	13,750.00	0.0009	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.8

## ข้อมูลการทดสอบการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4s

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ Roland
ผู้ทดสอบ		รัชพงศ์	รัชพงศ์	รัชพงศ์	ลำพูน
วิธีการทดสอบการพิมพ์		4 สี อาร์ต 230 แกรม	4 สี อาร์ต 120 แกรม	4 สี ปอนด์ 80 แกรม	1 สี ปอนด์ 70 แกรม
จำนวนแผ่นพิมพ์ถูกต้อง	แผ่น	2,550.00	9,000.00	3,450.00	50,500.00
จำนวนแผ่นกระดาษที่ใช้พิมพ์	แผ่น	2,600.00	9,450.00	3,600.00	50,600.00
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0755	0.0325	0.0217	0.0190
กระดาษเสียจากการพิมพ์	แผ่น	50.00	450.00	150.00	100.00
กระดาษเสียจากการพิมพ์	kg	3.7742	14.6322	3.2516	1.8968
เวลาที่ใช้ในการพิมพ์	min	90.0000	360.0000	120.0000	600.0000
เดินเครื่อง	min	70.0000	320.0000	90.0000	560.0000
หยุดรอ	min	20.0000	40.0000	30.0000	40.0000
ปริมาณหมึกสี Black	kg	0.2700	0.7500	0.5100	2.0000
ปริมาณหมึกสี Cyan	kg	0.4840	0.8500	0.4900	-
ปริมาณหมึกสี Magenta	kg	0.3870	1.1000	0.5500	-
ปริมาณหมึกสี Yellow	kg	0.4200	0.9120	0.4750	-
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เทน	kg	0.1187	0.3934	0.2211	0.0928
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	kg	0.0856	0.4131	0.2321	0.8500
ปริมาณน้ำประปา	m3	0.0021	0.0079	0.0044	0.0070
Topsol 60/45	kg	-	-	-	0.0718
Solvent ws200	kg	0.1556	0.3112	0.3112	0.3890
น้ำเสีย	L	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000



## ตารางที่ ค.9

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4s จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 2,500 แผ่น (kWh)
<i>ครั้งที่ 1</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	1.5000	2,550.00	14.7018
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	1.5000	2,550.00	0.5293
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	1.5000	2,550.00	4.1842
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	1.5000	2,550.00	4.1864
<i>ครั้งที่ 2</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	6.0000	9,000.00	16.6620
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	6.0000	9,000.00	0.5998
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	6.0000	9,000.00	4.7421
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	6.0000	9,000.00	4.7446
<i>ครั้งที่ 3</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	2.0000	3,450.00	14.4887
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	2.0000	3,450.00	0.5216
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	2.0000	3,450.00	4.1235
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	2.0000	3,450.00	4.1258
<i>ครั้งที่ 4</i>						
เครื่องพิมพ์ Roland	4.4603	1.00	-	10.0000	50,500.0000	2.2081
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0608	10.0000	50,500.0000	0.0569

## ตารางที่ ค.10

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมี และน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4s จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	2,550.00	0.2647	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	2,550.00	0.4745	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	2,550.00	0.3794	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	2,550.00	0.4118	kg
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เท่น	2,550.00	0.1163	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	2,550.00	0.0839	kg
ปริมาณน้ำประปา	2,550.00	0.0020	m3
Solvent ws200	2,550.00	0.1525	kg
<i>ครั้งที่ 2</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	9,000.00	0.2083	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	9,000.00	0.2361	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	9,000.00	0.3056	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	9,000.00	0.2533	kg
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เท่น	9,000.00	0.1093	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	9,000.00	0.1147	kg
ปริมาณน้ำประปา	9,000.00	0.0022	m3
Solvent ws200	9,000.00	0.0864	kg
<i>ครั้งที่ 3</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	3,450.00	0.3696	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	3,450.00	0.3551	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	3,450.00	0.3986	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	3,450.00	0.3442	kg
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เท่น	3,450.00	0.1602	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	3,450.00	0.1682	kg
ปริมาณน้ำประปา	3,450.00	0.0032	m3
Solvent ws200	3,450.00	0.2255	kg

## ตารางที่ ค.10

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมี และน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4s จำนวน 2,500 แผ่น (ต่อ)

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 4</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	50,500.00	0.0990	kg
ปริมาณน้ำยาฟาวน์เทน	50,500.00	0.0046	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	50,500.00	0.0421	kg
ปริมาณน้ำประปา	50,500.00	0.0003	m <sup>3</sup>
Topsol 60/45	50,500.00	0.0036	kg
Solvent ws200	50,500.00	0.0193	kg

## ตารางที่ ค.11

ข้อมูลของเสียเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A4s จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
น้ำเสีย	2,550.00	0.0049	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 2</i>			
น้ำเสีย	9,000.00	0.0014	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 3</i>			
น้ำเสีย	3,450.00	0.0036	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 4</i>			
น้ำเสีย	50,500.00	0.0002	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.12

## ข้อมูลการทดสอบการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A5

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ KBA	เครื่องพิมพ์ Roland
ผู้ทดสอบ		รัชพงศ์	รัชพงศ์	ลำพูน
วิธีการทดสอบการพิมพ์		4 สี อาร์ต 230 แกรม	4 สี อาร์ต 120 แกรม	1 สี ปอนด์ 80 แกรม
จำนวนแผ่นพิมพ์ถูกต้อง	แผ่น	600.00	15,250.00	35,880.00
จำนวนแผ่นกระดาษที่ใช้พิมพ์	แผ่น	650.00	15,500.00	36,000.00
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0668	0.3252	0.0217
กระดาษเสียจากการพิมพ์	แผ่น	50.00	250.00	120.00
กระดาษเสียจากการพิมพ์	kg	3.3387	81.2902	2.6013
เวลาที่ใช้ในการพิมพ์	min	30.0000	480.0000	840.0000
เดินเครื่อง	min	18.0000	440.0000	810.0000
หยุดรอ	min	12.0000	40.0000	30.0000
ปริมาณหมึกสี Black	kg	0.0820	1.2000	1.0000
ปริมาณหมึกสี Cyan	kg	0.0790	1.5000	-
ปริมาณหมึกสี Magenta	kg	0.0680	0.8200	-
ปริมาณหมึกสี Yellow	kg	0.0940	0.9200	-
ปริมาณน้ำยาฟาวน์แทน	kg	0.0196	0.3209	0.0450
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	kg	0.0141	0.3369	0.4119
ปริมาณน้ำประปา	m3	0.0003	0.0064	0.0034
Topsol 60/45	kg	-	-	0.0718
Solvent ws200	kg	0.0389	0.1945	0.3890
น้ำเสีย	L	2.0000	5.0000	5.0000

## ตารางที่ ค.13

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A45 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 2,500 แผ่น (kWh)
<i>ครั้งที่ 1</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	0.5000	600.00	20.8275
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	0.5000	600.00	0.7498
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	0.5000	600.00	5.9276
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	0.5000	600.00	5.9308
<i>ครั้งที่ 2</i>						
เครื่องพิมพ์ KBA	9.9972	1.00	-	8.0000	15,250.00	13.1111
หลอดไฟ	0.0225	16.00	-	8.0000	15,250.00	0.4720
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น AR25	2.8452	1.00	-	8.0000	15,250.00	3.7315
เครื่องปรับอากาศ Eminent รุ่น EER801	2.8468	1.00	-	8.0000	15,250.00	3.7335
<i>ครั้งที่ 3</i>						
เครื่องพิมพ์ Roland	4.4603	1.00	-	14.0000	35,880.0000	4.3509
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0608	14.0000	35,880.0000	0.1121

## ตารางที่ ค.14

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมีและน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A5 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	600.00	0.3417	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	600.00	0.3292	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	600.00	0.2833	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	600.00	0.3917	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์เทน	600.00	0.0815	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	600.00	0.0588	kg
ปริมาณน้ำประปา	600.00	0.0014	m3
Solvent ws200	600.00	0.1621	kg

## ตารางที่ ค.14

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์ สารเคมีและน้ำประปาเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A5 จำนวน 2,500 แผ่น (ต่อ)

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 2</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	15,250.00	0.1967	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	15,250.00	0.2459	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	15,250.00	0.1344	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	15,250.00	0.1508	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเทน	15,250.00	0.0526	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	15,250.00	0.0552	kg
ปริมาณน้ำประปา	15,250.00	0.0011	m <sup>3</sup>
Solvent ws200	15,250.00	0.0319	kg
<i>ครั้งที่ 3</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	35,880.00	0.0697	kg
ปริมาณน้ำยาฟาว์นเทน	35,880.00	0.0031	kg
ปริมาณแอลกอฮอล์ IPA	35,880.00	0.0287	kg
ปริมาณน้ำประปา	35,880.00	0.0002	m <sup>3</sup>
Topsol 60/45	35,880.00	0.0050	kg
Solvent ws200	35,880.00	0.0271	kg

## ตารางที่ ค.15

ข้อมูลของเสียเฉลี่ยการพิมพ์แบบออฟเซตขนาด A5 จำนวน 2,500 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 2,500 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
น้ำเสีย	600.00	0.0002	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 2</i>			
น้ำเสีย	15,250.00	3.1885E-05	m <sup>3</sup>
<i>ครั้งที่ 3</i>			
น้ำเสีย	35,880.00	2.7104E-05	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.16

## ข้อมูลการทดสอบการพิมพ์แบบดิจิทัลขนาด A4

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ D125	เครื่องพิมพ์ 144E
ผู้ทดสอบ		อมรรัตน์	อมรรัตน์	สุรศักดิ์	อมรรัตน์	สุรศักดิ์
กระดาษ		4 สี อาร์ต 230 แกรม	4 สี อาร์ต 160 แกรม	4 สี อาร์ต 120 แกรม	1 สี ถนอมสายตา 75 แกรม	1 สี ถนอมสายตา 75 แกรม
จำนวนกระดาษทั้งหมด	แผ่น	331.00	522.00	1,513.00	5,456.00	11,776.00
จำนวนแผ่นพิมพ์ถูกต้อง	แผ่น	330.00	520.00	1,479.00	5,376.00	11,648.00
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0334	0.0217	0.0163	0.0102	0.0102
กระดาษเสียจากการพิมพ์	แผ่น	1.00	2.00	34.00	80.00	128.00
กระดาษเสียจากการพิมพ์	kg	0.0334	0.0434	0.5528	0.8129	1.3006
เวลาที่ใช้ในการพิมพ์	min	10.0000	30.0000	90.0000	370.0000	540.0000
ปริมาณหมึกสี Black	kg	0.0079	0.0125	0.0355	0.1917	1.2463
ปริมาณหมึกสี Cyan	kg	0.0075	0.0119	0.0337	-	-
ปริมาณหมึกสี Magenta	kg	0.0073	0.0114	0.0325	-	-
ปริมาณหมึกสี Yellow	kg	0.0075	0.0119	0.0337	-	-

## ตารางที่ ค.17

## ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบดิจิทัลขนาด A4 จำนวน 100 แผ่น

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 100 แผ่น (kWh)
ครั้งที่ 1						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	0.1667	330.00	0.0854
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	0.1667	330.00	0.0055
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	0.1667	330.00	0.0347
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	0.1667	330.00	0.0120

## ตารางที่ ค.17

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบดิจิทัลขนาด A4 จำนวน 100 แผ่น (ต่อ)

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 100 แผ่น (kWh)
<i>ครั้งที่ 2</i>						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	0.5000	520.00	0.1627
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	0.5000	520.00	0.0104
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	0.5000	520.00	0.0660
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	0.5000	520.00	0.0228
<i>ครั้งที่ 3</i>						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	1.5000	1,479.00	0.1716
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	1.5000	1,479.00	0.0110
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	1.5000	1,479.00	0.0697
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	1.5000	1,479.00	0.0240
<i>ครั้งที่ 4</i>						
เครื่องพิมพ์ D125	1.2689	1.00	-	6.1667	5,376.00	0.1455
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.3000	6.1667	5,376.00	0.0186
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.3000	6.1667	5,376.00	0.1182
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.3000	6.1667	5,376.00	0.0408
<i>ครั้งที่ 5</i>						
เครื่องพิมพ์ 144E	2.5378	1.00	-	9.0000	11,648.00	0.1961
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.5000	9.0000	11,648.00	0.0209
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.5000	9.0000	11,648.00	0.1327
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.5000	9.0000	11,648.00	0.0458



## ตารางที่ ค.18

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์เฉลี่ยการพิมพ์แบบดิจิทัลขนาด A4 จำนวน 100 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 100 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	330.00	0.0024	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	330.00	0.0023	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	330.00	0.0022	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	330.00	0.0023	kg
<i>ครั้งที่ 2</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	520.00	0.0024	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	520.00	0.0023	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	520.00	0.0022	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	520.00	0.0023	kg
<i>ครั้งที่ 3</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	1,479.00	0.0024	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	1,479.00	0.0023	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	1,479.00	0.0022	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	1,479.00	0.0023	kg
<i>ครั้งที่ 4</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	5,376.00	0.0036	kg
<i>ครั้งที่ 5</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	11,648.00	0.0107	kg

## ตารางที่ ค.19

## ข้อมูลการทดสอบการพิมพ์แบบดิจิทัล ขนาด A5

รายการ	หน่วย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
เครื่องจักรที่ทดสอบ		เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ V.80	เครื่องพิมพ์ D125	เครื่องพิมพ์ 144E
ผู้ทดสอบ		สุรศักดิ์	อมรรัตน์	อมรรัตน์	สุรศักดิ์	อมรรัตน์
กระดาษ		4 สี อาร์ต 230 แกรม	4 สี ถนอมสายตา 75 แกรม	4 สี อาร์ต 120 แกรม	1 สี ปอนด์ 80 แกรม	1 สี ถนอมสายตา 75 แกรม
จำนวนกระดาษทั้งหมด	แผ่น	166.00	462.00	612.00	1,446.00	61,468.00
จำนวนแผ่นพิมพ์ถูกต้อง	แผ่น	165.00	452.00	600.00	1,421.00	61,200.00
น้ำหนักกระดาษ	kg/แผ่น	0.0334	0.0102	0.0163	0.0108	0.0102
กระดาษเสียจากการพิมพ์	แผ่น	1.00	10.00	12.00	25.00	268.00
กระดาษเสียจากการพิมพ์	kg	0.0334	0.1016	0.1951	0.2710	2.7232
เวลาที่ใช้ในการพิมพ์	min	5.0000	25.0000	30.0000	79.0000	1,870.0000
ปริมาณหมึกสี Black	kg	2.40E-05	0.0053	0.0070	0.0248	3.2045
ปริมาณหมึกสี Cyan	kg	2.28E-05	0.0050	0.0067	-	-
ปริมาณหมึกสี Magenta	kg	2.20E-05	0.0049	0.0065	-	-
ปริมาณหมึกสี Yellow	kg	2.28E-05	0.0050	0.0067	-	-

## ตารางที่ ค.20

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยการพิมพ์แบบดิจิทัล ขนาด A5 จำนวน 100 แผ่น

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน	สัดส่วนพื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณไฟฟ้าต่อ 100 แผ่น (kWh)
<i>ครั้งที่ 1</i>						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	0.0833	165.00	0.0854
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	0.0833	165.00	0.0055
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	0.0833	165.00	0.0347
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	0.0833	165.00	0.0120
<i>ครั้งที่ 2</i>						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	0.4167	452.00	0.1560
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	0.4167	452.00	0.0100
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	0.4167	452.00	0.0633
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	0.4167	452.00	0.0218
<i>ครั้งที่ 3</i>						
เครื่องพิมพ์ V.80	1.6918	1.00	-	0.5000	600.00	0.1410
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.2000	0.5000	600.00	0.0090
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.2000	0.5000	600.00	0.0572
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.2000	0.5000	600.00	0.0197
<i>ครั้งที่ 4</i>						
เครื่องพิมพ์ D125	1.2689	1.00	-	1.3167	1,421.00	0.1176
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.3000	1.3167	1,421.00	0.0150
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.3000	1.3167	1,421.00	0.0955
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.3000	1.3167	1,421.00	0.0329
<i>ครั้งที่ 5</i>						
เครื่องพิมพ์ 144E	2.5378	1.00	-	31.1667	61,200.00	0.1292
หลอดไฟ	0.0225	24.00	0.5000	31.1667	61,200.00	0.0137
เครื่องปรับอากาศ Central air	1.7172	2.00	0.5000	31.1667	61,200.00	0.0875
เครื่องปรับอากาศ Dikin	1.1843	1.00	0.5000	31.1667	61,200.00	0.0302

## ตารางที่ ค.21

ข้อมูลการใช้หมึกพิมพ์เฉลี่ยการพิมพ์แบบดิจิทัลขนาด A5 จำนวน 100 แผ่น

รายการ	จำนวนแผ่นพิมพ์ (แผ่น)	ปริมาณต่อ 100 แผ่น	หน่วย
<i>ครั้งที่ 1</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	165.00	1.4545E-05	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	165.00	1.3818E-05	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	165.00	1.3333E-05	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	165.00	1.3818E-05	kg
<i>ครั้งที่ 2</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	452.00	0.0012	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	452.00	0.0011	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	452.00	0.0011	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	452.00	0.0011	kg
<i>ครั้งที่ 3</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	600.00	0.0012	kg
ปริมาณหมึกสี Cyan	600.00	0.0011	kg
ปริมาณหมึกสี Magenta	600.00	0.0011	kg
ปริมาณหมึกสี Yellow	600.00	0.0011	kg
<i>ครั้งที่ 4</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	1,421.00	0.0017	kg
<i>ครั้งที่ 5</i>			
ปริมาณหมึกสี Black	61,200.00	0.0052	kg

## ตารางที่ ค.22

ข้อมูลการทดสอบงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือ

ขั้นตอน	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4s	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A5
การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ออฟเซต			
ปริมาณการเคลือบ (m <sup>2</sup> )	166.9800	166.9800	166.9800
จำนวนกระดาษเคลือบ (แผ่น)	2100.000	2100.000	2100.000
กระดาษเคลือบเสีย (แผ่น)	10.000	10.000	10.000
เวลาที่ใช้ในการเคลือบ	50.000	50.000	50.000
เดินเครื่อง (min)	40.000	40.000	40.000
หยุดรอ (min)	10.000	10.000	10.000

## ตารางที่ ค.22

## ข้อมูลการทดสอบงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือ (ต่อ)

ขั้นตอน	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4s	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A5
<i>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ดิจิตอล</i>			
ปริมาณการเคลือบ (m <sup>2</sup> )	41.86	-	41.86
จำนวนกระดาษเคลือบ (แผ่น)	550.00	-	550.00
กระดาษเคลือบเสีย (แผ่น)	10.00	-	10.00
เวลาที่ใช้ในการเคลือบ	35.00	-	35.00
เดินเครื่อง (min)	25.00	-	25.00
หยุดรอ (min)	10.00	-	10.00
<i>การพับสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>			
จำนวนเล่มสมบูรณ์ (เล่ม)	1,148.00	1,235.00	1,030.00
จำนวนหน้าต่อเล่ม	128.00	278.00	268.00
จำนวนเล่มพับเสีย (เล่ม)	2.00	5.00	5.00
เวลาที่ใช้พับ	200.00	400.00	200.00
เดินเครื่อง (min)	180.00	360.00	180.00
หยุดรอ (min)	20.00	40.00	20.00
<i>การเก็บเล่มสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>			
จำนวนเล่มสมบูรณ์ (เล่ม)	1,140.00	1,230.00	1,020.00
จำนวนหน้าต่อเล่ม	128.00	278.00	268.00
จำนวนเล่มที่เก็บเสีย (เล่ม)	8.00	5.00	10.00
เวลาที่ใช้เก็บเล่ม	110.00	195.00	70.00
เดินเครื่อง (min)	80.00	165.00	60.00
หยุดรอ (min)	30.00	30.00	10.00
<i>การทำเล่มแบบไส่สันทากาวพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>			
จำนวนเล่มสมบูรณ์ (เล่ม)	1,135.00	1,220.00	1,020.00
จำนวนหน้าต่อเล่ม	128.00	278.00	268.00
ปริมาณกาวไส่สัน (กิโลกรัม)	2.4000	3.6000	2.4000
จำนวนเล่มเสีย (เล่ม)	5.00	10.00	-
เวลาที่ใช้ทำเล่ม	130.00	600.00	180.00
เดินเครื่อง (min)	120.00	300.00	150.00
หยุดรอ (min)	10.00	300.00	30.00

## ตารางที่ ค.22

ข้อมูลการทดสอบงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือ (ต่อ)

ขั้นตอน	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A4s	ปริมาณที่ใช้ ขนาด A5
<b>การทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคาพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</b>			
จำนวนเล่มสมบูรณ์ (เล่ม)	5,520.00	5,520.00	2,030.00
จำนวนหน้าต่อเล่ม	20.00	20.00	64.00
ลวดเย็บกระดาษ (กิโลกรัม)	0.7153	0.7153	0.2631
จำนวนเล่มเสีย (เล่ม)	10.00	10.00	5.00
เวลาที่ใช้ทำเล่ม	200.00	200.00	200.00
เดินเครื่อง (min)	180.00	180.00	200.00
หยุดรอ (min)	20.00	20.00	40.00
<b>การตัด 3 ด้านสำหรับพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล (ยกเว้นการเย็บมุงหลังคาขนาด A5 จะตัดแยกเล่มด้วยเครื่อง Perfecta แทน)</b>			
จำนวนเล่มสมบูรณ์ (เล่ม)	1,120.00	1,220.00	1,018.00
จำนวนหน้าต่อเล่ม	128.00	278.00	268.00
จำนวนเล่มเสีย (เล่ม)	15.00	-	2.00
เวลาที่ใช้ตัด	150.00	150.00	150.00
เดินเครื่อง (min)	120.00	120.00	100.00
หยุดรอ (min)	30.00	30.00	50.00

## ตารางที่ ค.23

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A4 จำนวน 1,000 ชิ้นงาน

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน เครื่องจักร	สัดส่วน พื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนชิ้นงาน สมบูรณ์	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<b>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ออฟเซต</b>						
เครื่องเคลือบ	2.7069	1.00	-	0.8333	2100.00	1.0742
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0592	0.8333	2100.00	0.0444
<b>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ดิจิตอล</b>						
เครื่องเคลือบ	2.7069	1.00	-	0.5833	550.00	2.8710
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0592	0.5833	550.00	0.1187
<b>การพับสำหรับพิมพ์ออฟเซต</b>						
เครื่องพับ Heidelberg	3.2145	1.00	-	3.3333	1,148.00	9.3336
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1604	3.3333	1,148.00	0.8801

## ตารางที่ ค.23

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A4 จำนวน 1,000 ชิ้นงาน (ต่อ)

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน เครื่องจักร	สัดส่วน พื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนชิ้นงาน สมบูรณ์	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<i>การเก็บเล่มสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องเก็บเล่ม MG600a	1.4611	1.00	-	1.8333	1,140.00	2.3498
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1998	1.8333	1,140.00	0.6071
<i>การทำเล่มแบบไส้นทากาวพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องไส้นทากาว Horizon SB-08	2.9607	1.00	-	2.1667	1,135.00	5.6519
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1499	2.1667	1,135.00	0.5405
<i>การทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคาพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องเย็บมุงหลังคา Star Stitching	0.1434	1.00	-	3.3333	2,760.00	0.0866
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	3.3333	2,760.00	0.0198
เครื่องเย็บมุงหลังคา KPN302	0.0956	1.00	-	3.3333	2,760.00	0.0577
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	3.3333	2,760.00	0.0198
<i>การตัด 3 ด้านสำหรับพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล (ยกเว้นการเย็บมุงหลังคาขนาด A5 จะตัดแยกเล่มด้วยเครื่อง Perfecta แทน)</i>						
เครื่องตัด 3 ด้าน Perfecta	2.1148	1.00	-	2.5000	1,120.00	4.7205
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0758	2.5000	1,120.00	0.3198

## ตารางที่ ค.24

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A4s จำนวน 1,000 ชิ้นงาน

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน เครื่องจักร	สัดส่วน พื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนชิ้นงาน สมบูรณ์	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<i>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องเคลือบ	2.7069	1.00	-	0.8333	2100.0000	1.0742
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0592	0.8333	2100.0000	0.0444
<i>การพับสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องพับ Heidelberg	3.2145	1.00	-	6.6667	1,235.00	17.3521
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1604	6.6667	1,235.00	1.6362
<i>การเก็บเล่มสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องเก็บเล่ม MG600a	1.4611	1.00	-	3.2500	1,230.00	3.8607
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1998	3.2500	1,230.00	0.9975
<i>การทำเล่มแบบไส่สันทากาวพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องไส่สันทากาว Horizon SB-08	2.9607	1.00	-	5.5000	1,220.00	13.3474
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1499	5.5000	1,220.00	1.2765
<i>การทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคาพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องเย็บมุงหลังคา Star Stitching	0.1434	1.00	-	3.3333	2,760.00	0.0866
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	3.3333	2,760.00	0.0198
เครื่องเย็บมุงหลังคา KPN302	0.0956	1.00	-	3.3333	2,760.00	0.0577
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	3.3333	2,760.00	0.0198
<i>การตัด 3 ด้านสำหรับพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล (ยกเว้นการเย็บมุงหลังคาขนาด A5 จะตัดแยกเล่มด้วยเครื่อง Perfecta แทน)</i>						
เครื่องตัด 3 ด้าน Perfecta	2.1148	1.00	-	2.5000	1,220.00	4.3336
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0758	2.5000	1,220.00	0.2935



## ตารางที่ ค.25

ข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือขนาด A5 จำนวน 1,000 ชิ้นงาน

รายการ	กำลัง (kW)	จำนวน เครื่องจักร	สัดส่วน พื้นที่	เวลา (hr)	จำนวนชิ้นงาน สมบูรณ์	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
<i>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องเคลือบ	2.7069	1.00	-	0.8333	2100.0000	1.0742
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0592	0.8333	2100.0000	0.0444
<i>การเคลือบปกพลาสติกสำหรับพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องเคลือบ	2.7069	1.00	-	0.5833	550.000	2.8710
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0592	0.5833	550.000	0.1187
<i>การพับสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องพับ Heidelberg	3.2145	1.00	-	3.3333	1,030.00	10.4029
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1604	3.3333	1,030.00	0.9809
<i>การเก็บเล่มสำหรับพิมพ์ออฟเซต</i>						
เครื่องเก็บเล่ม MG600a	1.4611	1.00	-	1.1667	1,020.00	1.6712
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1998	1.1667	1,020.00	0.4318
<i>การทำเล่มแบบไส่สันทากาวพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องไส่สันทากาว Horizon SB-08	2.9607	1.00	-	3.0000	1,020.00	8.7079
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.1499	3.0000	1,020.00	0.8328
<i>การทำเล่มแบบเย็บมุงหลังคาพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล</i>						
เครื่องเย็บมุงหลังคา Star Stitching	0.1434	1.00	-	4.0000	1,015.00	0.2826
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	4.0000	1,015.00	0.0647
เครื่องเย็บมุงหลังคา KPN302	0.0956	1.00	fy,	4.0000	1,015.00	0.1884
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0174	4.0000	1,015.00	0.0647
<i>การตัด 3 ด้านสำหรับพิมพ์ออฟเซต และพิมพ์ดิจิตอล (ยกเว้นการเย็บมุงหลังคาขนาด A5 จะตัดแยกเล่มด้วยเครื่อง Perfecta แทน)</i>						
เครื่องตัด 3 ด้าน Perfecta	2.1148	1.00	-	2.5000	1,018.00	5.1935
หลอดไฟ	0.0225	84.00	0.0758	2.5000	1,018.00	0.3518

## ตารางที่ ค.26

ข้อมูลการใช้วัสดุดับเพลิงงานหลังพิมพ์ของบริการพิมพ์หนังสือ 1,000 ชิ้นงาน

รายการ	จำนวนชิ้นงานสมบูรณ์	ปริมาณ	หน่วย
ขนาด A4			
กาว	1135.00	2.1145	kg
ลวด	5520.00	0.1296	kg
ขนาด A4s			
กาว	1220.00	2.9508	kg
ลวด	5520.00	0.1296	kg
ขนาด A5			
กาว	1020.00	2.3529	kg
ลวด	1018.00	0.2584	kg

## ตารางที่ ค.27

ข้อมูลเฉลี่ยของสารทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ KBA และจาระบีบำรุงรักษาเครื่องจักร

รายการ	ปริมาณที่ใช้ต่องาน	หน่วย
จาระบี 2/1 ส่วนกลาง	8.114E-05	kg/เครื่อง
จาระบี 2/1 เครื่อง KBA	0.0017	kg/เครื่อง
Dyna wash ล้างเครื่อง KBA	0.2151	L

## ตารางที่ ค.28

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ไล่สันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0008	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0208	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	น้ำเสีย	4.0774E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
กาว	0.0013	kg			
น้ำยาฟาว์นเทน	4.4009E-05	kg			
IPA	0.0003	kg			
Topsol	0.0001	kg			
Solvent ws200	0.0003	kg			
Dyna wash	1.8081E-05	kg			
ไฟฟ้า	0.0450	kWh			
น้ำประปา	2.5205E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	3.7438E-06	kg			

## ตารางที่ ค.29

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไล่สันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0008	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0208	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	น้ำเสีย	4.0774E-06	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.29

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg				
กาว	0.0013	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	4.4009E-05	kg				
IPA	0.0003	kg				
Topsol	0.0001	kg				
Solvent ws200	0.0003	kg				
Dyna wash	1.8081E-05	kg				
ไฟฟ้า	0.0455	kWh				
น้ำประปา	2.5205E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	3.7631E-06	kg				

## ตารางที่ ค.30

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0010	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0280	kg
หมึกสี Cyan	0.0012	kg		กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg		น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0018	kg				
กาว	0.0013	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	0.0003	kg				
IPA	0.0002	kg				
Solvent ws200	0.0003	kg				
Dyna wash	0.0004	kg				
ไฟฟ้า	0.1215	kWh				

## ตารางที่ ค.30

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
น้ำประปา	5.7660E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	2.5591E-06	kg				

## ตารางที่ ค.31

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0010	kg		พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0012	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0280	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg		กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0018	kg		น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg				
กาว	0.0013	kg				
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0003	kg				
IPA	0.0002	kg				
Solvent ws200	0.0003	kg				
Dyna wash	0.0002	kg				
ไฟฟ้า	0.1221	kWh				
น้ำประปา	5.7660E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	2.5784E-06	kg				

## ตารางที่ ค.32

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 130 แกรม ไล่สันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3774	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0010	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0410	kg
หมึกสี Cyan	0.0009	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0008	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0012	kg			
กาว	0.0013	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0002	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0002	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.1061	kWh			
น้ำประปา	3.4056E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.2056E-06	kg			

## ตารางที่ ค.33

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 130 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไล่สันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3774	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0010	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Cyan	0.0009	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0411	kg
หมึกสี Magenta	0.0008	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0012	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			

## ตารางที่ ค.33

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 130 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.0013	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0002	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0002	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.1067	kWh			
น้ำประปา	3.4056E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.2250E-06	kg			

## ตารางที่ ค.34

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0008	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0208	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	น้ำเสีย	4.0774E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	4.4009E-05	kg			
IPA	0.0003	kg			
Topsol	0.0001	kg			
Solvent ws200	0.0003	kg			
Dyna wash	1.8081E-05	kg			
ไฟฟ้า	0.0418	kWh			

## ตารางที่ ค.34

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
น้ำประปา	2.5205E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	3.7579E-06	kg			

## ตารางที่ ค.35

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0008	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0208	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	น้ำเสีย	4.0774E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวนเทน	4.4009E-05	kg			
IPA	0.0003	kg			
Topsol	0.0001	kg			
Solvent ws200	0.0003	kg			
Dyna wash	1.8081E-05	kg			
ไฟฟ้า	0.0424	kWh			
น้ำประปา	2.5205E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	3.7772E-06	kg			



## ตารางที่ ค.36

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0010	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0280	kg
หมึกสี Cyan	0.0012	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0018	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาว์เทน	0.0003	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0003	kg			
Dyna wash	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.1184	kWh			
น้ำประปา	5.7660E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	2.5732E-06	kg			

## ตารางที่ ค.37

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0010	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0012	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0280	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0018	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			

## ตารางที่ ค.37

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0003	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0003	kg			
Dyna wash	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.1189	kWh			
น้ำประปา	5.7660E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	2.5925E-06	kg			

## ตารางที่ ค.38

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 130 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3774	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0010	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0410	kg
หมึกสี Cyan	0.0009	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0008	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0012	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0002	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0002	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.1030	kWh			
น้ำประปา	3.4056E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.2198E-06	kg			

## ตารางที่ ค.39

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สีกระดาษอาร์ต 130 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3774	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0010	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0009	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0410	kg
หมึกสี Magenta	0.0008	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0012	kg	น้ำเสีย	6.7819E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0002	kg			
IPA	0.0002	kg			
Solvent ws200	0.0002	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.1036	kWh			
น้ำประปา	3.4056E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.2391E-06	kg			

## ตารางที่ ค.40

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0004	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0282	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	น้ำเสีย	1.9457E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			

## ตารางที่ ค.40

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ใสสันதாகาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.0008	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	4.1181E-05	kg				
IPA	0.0002	kg				
Topsol	1.3862E-05	kg				
Solvent ws200	0.0001	kg				
Dyna wash	3.3327E-05	kg				
ไฟฟ้า	0.0287	kWh				
น้ำประปา	1.7548E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.3732E-06	kg				

## ตารางที่ ค.41

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ใสสันதாகาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0004	kg		พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0282	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg		กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg		น้ำเสีย	1.9457E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg				
กาว	0.0008	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	4.1181E-05	kg				
IPA	0.0002	kg				
Topsol	1.3862E-05	kg				
Solvent ws200	0.0001	kg				
Dyna wash	3.3327E-05	kg				

## ตารางที่ ค.41

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.0293	kWh				
น้ำประปา	1.7548E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.3925E-06	kg				

## ตารางที่ ค.42

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0015	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0551	kg
หมึกสี Cyan	0.0015	kg		กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg		น้ำเสีย	1.5111E-05	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0014	kg				
กาว	0.0008	kg				
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0006	kg				
IPA	0.0007	kg				
Solvent ws200	4.3006E-05	kg				
Dyna wash	0.0006	kg				
ไฟฟ้า	0.1085	kWh				
น้ำประปา	1.2901E-05	m <sup>3</sup>				
จาระบี	5.3210E-06	kg				

## ตารางที่ ค.43

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0015	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0015	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0407	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg	กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0014	kg	น้ำเสีย	1.5111E-05	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
กาว	0.0008	kg			
น้ำยาฟาว์เทน	0.0006	kg			
IPA	0.0007	kg			
Solvent ws200	4.3006E-05	kg			
Dyna wash	0.0006	kg			
ไฟฟ้า	0.1090	kWh			
น้ำประปา	1.2901E-05	m <sup>3</sup>			
จาระบี	5.3403E-06	kg			

## ตารางที่ ค.44

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3484	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0009	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0622	kg
หมึกสี Cyan	0.0010	kg	กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Magenta	0.0013	kg	น้ำเสีย	6.3971E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0011	kg			

## ตารางที่ ค.44

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สีกระดาษอาร์ต 120 แกรม ไส้ล้นதாகาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.0008	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0004	kg			
IPA	0.0005	kg			
Solvent ws200	3.9034E-05	kg			
Dyna wash	0.0003	kg			
ไฟฟ้า	0.1462	kWh			
น้ำประปา	8.9288E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	2.3725E-06	kg			

## ตารางที่ ค.45

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สีกระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นதாகาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3484	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0009	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0010	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0622	kg
หมึกสี Magenta	0.0013	kg	กาวเสีย	5.7052E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0011	kg	น้ำเสีย	6.3971E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
กาว	0.0008	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0004	kg			
IPA	0.0005	kg			
Solvent ws200	3.9034E-05	kg			
Dyna wash	0.0003	kg			

## ตารางที่ ค.45

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สีกระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.1467	kWh				
น้ำประปา	8.9288E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	2.3919E-06	kg				

## ตารางที่ ค.46

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น		<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0004	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0279	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg		ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg		น้ำเสีย	1.9457E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0001	kg				
ลวดเย็บ	0.0005	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	4.1181E-05	kg				
IPA	0.0002	kg				
Topsol	0.0000	kg				
Solvent ws200	0.0001	kg				
Dyna wash	3.3327E-05	kg				
ไฟฟ้า	0.0252	kWh				
น้ำประปา	1.7548E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.4128E-06	kg				



## ตารางที่ ค.47

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 70 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1897	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	24.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0004	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0279	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	น้ำเสีย	1.9457E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	4.1181E-05	kg			
IPA	0.0002	kg			
Topsol	1.3862E-05	kg			
Solvent ws200	0.0001	kg			
Dyna wash	3.3327E-05	kg			
ไฟฟ้า	0.0258	kWh			
น้ำประปา	1.7548E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.4321E-06	kg			

## ตารางที่ ค.48

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0015	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0403	kg
หมึกสี Cyan	0.0015	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg	น้ำเสีย	1.5111E-05	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.48

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
หมึกสี Yellow	0.0014	kg				
ลวดเย็บ	0.0001	kg				
น้ำยาฟาว์เทน	0.0006	kg				
IPA	0.0007	kg				
Solvent ws200	4.3006E-05	kg				
Dyna wash	0.0006	kg				
ไฟฟ้า	0.1050	kWh				
น้ำประปา	1.2901E-05	m <sup>3</sup>				
จาระบี	5.3607E-06	kg				

## ตารางที่ ค.49

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0334	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.2168	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0015	kg		พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0015	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0403	kg
หมึกสี Magenta	0.0016	kg		ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0014	kg		น้ำเสีย	1.5111E-05	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg				
ลวดเย็บ	0.0005	kg				
น้ำยาฟาว์เทน	0.0006	kg				
IPA	0.0007	kg				
Solvent ws200	4.3006E-05	kg				
Dyna wash	0.0006	kg				

## ตารางที่ ค.49

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.1056	kWh			
น้ำประปา	1.2901E-05	m <sup>3</sup>			
จาระบี	5.3800E-06	kg			

## ตารางที่ ค.50

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3484	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	80.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0009	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0616	kg
หมึกสี Cyan	0.0010	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Magenta	0.0013	kg	น้ำเสีย	6.3971E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0011	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	0.0004	kg			
IPA	0.0005	kg			
Solvent ws200	3.9034E-05	kg			
Dyna wash	0.0003	kg			
ไฟฟ้า	0.1427	kWh			
น้ำประปา	8.9288E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	2.4122E-06	kg			

## ตารางที่ ค.51

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A4s ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0334	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3484	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	84.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0009	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	2.2440E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0010	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0616	kg
หมึกสี Magenta	0.0013	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0011	kg	น้ำเสีย	6.3971E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0010	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
น้ำยาฟาว์เทน	0.0004	kg			
IPA	0.0005	kg			
Solvent ws200	3.9034E-05	kg			
Dyna wash	0.0003	kg			
ไฟฟ้า	0.1432	kWh			
น้ำประปา	8.9288E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	2.4315E-06	kg			

## ตารางที่ ค.52

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ไส้สันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษปอนด์	0.1084	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	14.0000	แผ่น	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0002	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0126	kg
หมึกสี Cyan	3.2917E-05	kg	กาวเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Magenta	2.8333E-05	kg	น้ำเสีย	1.5127E-06	m <sup>3</sup>

## ตารางที่ ค.52

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
หมึกสี Yellow	3.9167E-05	kg			
กาว	0.0007	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	1.4260E-05	kg			
IPA	6.1849E-05	kg			
Topsol	9.7554E-06	kg			
Solvent ws200	6.9062E-05	kg			
Dyna wash	7.0819E-05	kg			
ไฟฟ้า	0.0234	kWh			
น้ำประปา	6.0224E-07	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.4796E-06	kg			

## ตารางที่ ค.53

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1084	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	14.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0002	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	1.1220E-06	kg
หมึกสี Cyan	3.2917E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0125	kg
หมึกสี Magenta	2.8333E-05	kg	กาวเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Yellow	3.9167E-05	kg	น้ำเสีย	1.5127E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0005	kg			
กาว	0.0007	kg			
น้ำยาฟาวน์เทน	1.4260E-05	kg			
IPA	6.1849E-05	kg			
Topsol	9.7554E-06	kg			
Solvent ws200	6.9062E-05	kg			

## ตารางที่ ค.53

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
Dyna wash	7.0819E-05	kg				
ไฟฟ้า	0.0237	kWh				
น้ำประปา	6.0224E-07	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.4892E-06	kg				

## ตารางที่ ค.54

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg		<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1742	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	44.0000	แผ่น		<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0004	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0377	kg
หมึกสี Cyan	0.0005	kg		กาวเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Magenta	0.0003	kg		น้ำเสีย	2.4317E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0003	kg				
กาว	0.0007	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	0.0001	kg				
IPA	0.0001	kg				
Solvent ws200	7.8385E-05	kg				
Dyna wash	0.0001	kg				
ไฟฟ้า	0.0642	kWh				
น้ำประปา	2.1931E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.4182E-06	kg				

## ตารางที่ ค.55

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1742	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	44.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0004	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	1.1220E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0384	kg
หมึกสี Magenta	0.0003	kg	กาวเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Yellow	0.0003	kg	น้ำเสีย	2.4317E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0005	kg			
กาว	0.0007	kg			
น้ำยาฟาว์เทน	0.0001	kg			
IPA	0.0001	kg			
Solvent ws200	7.8385E-05	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.0645	kWh			
น้ำประปา	2.1931E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.4278E-06	kg			

## ตารางที่ ค.56

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1084	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	14.0000	แผ่น	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Black	0.0002	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0126	kg
หมึกสี Cyan	3.2917E-05	kg	ลวดเสีย	1.9654E-07	kg
หมึกสี Magenta	2.8333E-05	kg	น้ำเสีย	1.5127E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	3.9167E-05	kg			

## ตารางที่ ค.56

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ลวด	0.0002	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	1.4260E-05	kg				
IPA	6.1849E-05	kg				
Topsol	9.7554E-06	kg				
Solvent ws200	6.9062E-05	kg				
Dyna wash	7.0819E-05	kg				
ไฟฟ้า	0.0213	kWh				
น้ำประปา	6.0224E-07	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.5058E-06	kg				

## ตารางที่ ค.57

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษปอนด์	0.1084	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	14.0000	แผ่น		ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0002	kg		พลาสติกเคลือบปกเสีย	1.1220E-06	kg
หมึกสี Cyan	3.2917E-05	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0126	kg
หมึกสี Magenta	2.8333E-05	kg		ลวดเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Yellow	3.9167E-05	kg		น้ำเสีย	1.5127E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0005	kg				
ลวดเย็บ	0.0002	kg				
น้ำยาฟาว์นเทน	1.4260E-05	kg				
IPA	6.1849E-05	kg				
Topsol	9.7554E-06	kg				
Solvent ws200	6.9062E-05	kg				
Dyna wash	7.0819E-05	kg				



## ตารางที่ ค.57

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สี กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้า	0.0216	kWh				
น้ำประปา	6.0224E-07	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.5154E-06	kg				

## ตารางที่ ค.58

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg		<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1742	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	44.0000	แผ่น		<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Black	0.0004	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0384	kg
หมึกสี Cyan	0.0005	kg		ลวดเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Magenta	0.0003	kg		น้ำเสีย	2.4317E-06	m <sup>3</sup>
หมึกสี Yellow	0.0003	kg				
ลวดเย็บ	0.0002	kg				
น้ำยาฟาวนเทน	0.0001	kg				
IPA	0.0001	kg				
Solvent ws200	7.8385E-05	kg				
Dyna wash	0.0001	kg				
ไฟฟ้า	0.0621	kWh				
น้ำประปา	2.1931E-06	m <sup>3</sup>				
จาระบี	1.4444E-06	kg				

## ตารางที่ ค.59

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบออฟเซตขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1742	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
แม่พิมพ์	44.0000	แผ่น	ของเสีย		
หมึกสี Black	0.0004	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	1.1220E-06	kg
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0384	kg
หมึกสี Magenta	0.0003	kg	ลวดเสีย	0.0000	kg
หมึกสี Yellow	0.0003	kg	น้ำเสีย	2.4317E-06	m <sup>3</sup>
พลาสติกเคลือบปก	0.0005	kg			
ลวด	0.0002	kg			
น้ำยาฟาว์เทน	0.0001	kg			
IPA	0.0001	kg			
Solvent ws200	7.8385E-05	kg			
Dyna wash	0.0001	kg			
ไฟฟ้า	0.0624	kWh			
น้ำประปา	2.1931E-06	m <sup>3</sup>			
จาระบี	1.4541E-06	kg			

## ตารางที่ ค.60

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิตอลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0007	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0227	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg			

## ตารางที่ ค.60

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ไส้ล้นทากาว (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กาว	0.0013	kg				
ไฟฟ้า	0.0718	kWh				
จาระบี	2.6730E-07	kg				

## ตารางที่ ค.61

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย		สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg		ผลิตภัณฑ์		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg		หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0007	kg		ของเสีย		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg		พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg		กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0228	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg		กาวเสีย	5.1295E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0189	kg				
กาว	0.0013	kg				
ไฟฟ้า	0.0748	kWh				
จาระบี	4.1483E-07	kg				

## ตารางที่ ค.62

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0021	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0219	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0939	kWh			
จาระบี	2.6730E-07	kg			

## ตารางที่ ค.63

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0021	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0220	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0189	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0969	kWh			
จาระบี	4.1483E-07	kg			

## ตารางที่ ค.64

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3170	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0388	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0726	kWh			
จาระบี	3.2874E-07	kg			

## ตารางที่ ค.65

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3170	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	0.0001	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0389	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0019	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0756	kWh			
จาระบี	4.7627E-07	kg			

## ตารางที่ ค.66

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 160 แกรม ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.4227	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0425	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0704	kWh			
จาระบี	4.0199E-07	kg			

## ตารางที่ ค.67

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 160 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.4227	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	0.0001	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0425	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg	กาวเสีย	5.1295E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0019	kg			
กาว	0.0013	kg			
ไฟฟ้า	0.0734	kWh			
จาระบี	5.4952E-07	kg			

## ตารางที่ ค.68

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0007	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0229	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0631	kWh			
จาระบี	1.9351E-07	kg			

## ตารางที่ ค.69

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0007	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0229	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	1.8945E-03	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0661	kWh			
จาระบี	3.4104E-07	kg			

## ตารางที่ ค.70

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0021	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0221	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0851	kWh			
จาระบี	1.9351E-07	kg			

## ตารางที่ ค.71

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0069	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.1981	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0021	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	2.2800E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	2.2000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0221	kg
หมึกสี Yellow	2.2800E-05	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	1.8945E-03	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0881	kWh			
จาระบี	3.4104E-07	kg			



## ตารางที่ ค.72

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3170	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0391	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0639	kWh			
จาระบี	2.5495E-07	kg			

## ตารางที่ ค.73

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.3170	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0391	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0019	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0669	kWh			
จาระบี	4.0248E-07	kg			

## ตารางที่ ค.74

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 160 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.4227	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0428	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0617	kWh			
จาระบี	3.2820E-07	kg			

## ตารางที่ ค.75

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A4 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 160 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0069	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.4227	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	0.0005	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	6.2627E-05	kg
หมึกสี Magenta	0.0005	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0428	kg
หมึกสี Yellow	0.0005	kg	ลวดเสีย	1.7012E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0019	kg			
ลวดเย็บ	0.0005	kg			
ไฟฟ้า	0.0646	kWh			
จาระบี	4.7573E-07	kg			

## ตารางที่ ค.76

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0104	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0182	kWh			
จาระปี	2.3035E-07	kg			

## ตารางที่ ค.77

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<b>ผลิตภัณฑ์</b>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	<b>ของเสีย</b>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0104	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0197	kWh			
จาระปี	3.0411E-07	kg			

## ตารางที่ ค.78

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0141	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0591	kWh			
จาระบี	2.3035E-07	kg			

## ตารางที่ ค.79

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ไส้ล้นทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0142	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0606	kWh			
จาระบี	3.0411E-07	kg			

## ตารางที่ ค.80

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษปอนด์ 80 แกรม ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1057	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	1.8218E-04	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0929	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0229	kWh			
จากระเบิด	2.5374E-07	kg			

## ตารางที่ ค.81

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1057	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0002	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0929	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg	กาวเสีย	3.3755E-06	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0244	kWh			
จากระเบิด	3.2751E-07	kg			

## ตารางที่ ค.82

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์ หนังสือ 80 หน้า ของเสีย กระดาษเสียและเศษกระดาษ กาวเสีย	1.0000	เล่ม
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1585	kg			
หมึกสี Black	0.0001	kg			
หมึกสี Cyan	0.0001	kg			
หมึกสี Magenta	0.0001	kg			
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0340	kWh			
จาระบี	2.6107E-07	kg			

## ตารางที่ ค.83

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก ใสสันทากาว

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์ หนังสือ 80 หน้า ของเสีย พลาสติกเคลือบปกเสีย กระดาษเสียและเศษกระดาษ กาวเสีย	1.0000	เล่ม
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1585	kg			
หมึกสี Black	0.0001	kg			
หมึกสี Cyan	0.0001	kg			
หมึกสี Magenta	0.0001	kg			
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
กาว	0.0007	kg			
ไฟฟ้า	0.0355	kWh			
จาระบี	3.3483E-07	kg			

## ตารางที่ ค.84

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0134	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0124	kWh			
จาระบี	1.9322E-07	kg			

## ตารางที่ ค.85

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ E144 กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0005	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0134	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	9.4723E-04	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0138	kWh			
จาระบี	2.6699E-07	kg			

## ตารางที่ ค.86

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม เย็บมุงหลังคา

สาขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สาขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0171	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0532	kWh			
จาระบี	1.9322E-07	kg			

## ตารางที่ ค.87

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สาขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สาขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษถนอมสายตา	0.0991	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0172	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0547	kWh			
จาระบี	2.6699E-07	kg			



## ตารางที่ ค.88

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษปอนด์ 80 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1057	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0002	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0959	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0170	kWh			
จาระบี	2.9038E-07	kg			

## ตารางที่ ค.89

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 1 สีด้วยเครื่องพิมพ์ D125 กระดาษปอนด์ 80 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต	0.0167	kg	<u>ผลิตภัณฑ์</u>		
กระดาษปอนด์	0.1057	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0002	kg	<u>ของเสีย</u>		
หมึกสี Cyan	1.1400E-05	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	1.1000E-05	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0959	kg
หมึกสี Yellow	1.1400E-05	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0185	kWh			
จาระบี	2.9038E-07	kg			

## ตารางที่ ค.90

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1585	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0203	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0281	kWh			
จาระบี	2.2394E-07	kg			

## ตารางที่ ค.91

บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการบริการพิมพ์หนังสือแบบดิจิทัลขนาด A5 ปกพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 230 แกรม เนื้อในพิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ต 120 แกรม ปกเคลือบพลาสติก เย็บมุงหลังคา

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กระดาษอาร์ต (ปก)	0.0167	kg	ผลิตภัณฑ์		
กระดาษอาร์ต (เนื้อใน)	0.1585	kg	หนังสือ 80 หน้า	1.0000	เล่ม
หมึกสี Black	0.0001	kg	ของเสีย		
หมึกสี Cyan	0.0001	kg	พลาสติกเคลือบปกเสีย	3.1313E-05	kg
หมึกสี Magenta	0.0001	kg	กระดาษเสียและเศษกระดาษ	0.0203	kg
หมึกสี Yellow	0.0001	kg	ลวดเสีย	3.9308E-07	kg
พลาสติกเคลือบปก	0.0009	kg			
ลวดเย็บ	0.0002	kg			
ไฟฟ้า	0.0296	kWh			
จาระบี	2.9771E-07	kg			

## ภาคผนวก ง

## ข้อมูลอื่นๆ

## ข้อมูลการขนส่ง

การได้มาซึ่งวัตถุดิบ และการผลิต จะพิจารณาการขนส่งวัตถุดิบและวัสดุช่วยการผลิตที่ใช้ขั้นตอนต่างๆของการบริการงานพิมพ์มายังโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตของโรงพิมพ์ ซึ่งข้อมูลการขนส่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ ง.1 ถึงตารางที่ ง.3

## ตารางที่ ง.1

## ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบและวัสดุช่วยการผลิตของบริการงานพิมพ์

ลำดับ	รายการ	แหล่งวัตถุดิบ	ระยะทาง (กม.)	รูปแบบการขนส่ง
<b>วัตถุดิบ</b>				
1	แม่พิมพ์สำเร็จรูป	อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	70.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
2	สารเคลือบผิว Gum solution	อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	70.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
3	กระดาษถนอมสายตา 75 แกรม	อ.บางปะอิน จ.อยุธยา	20.00	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
4	หมึกพิมพ์ออฟเซต	เขตคลองสาน จ.กรุงเทพฯ	60.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
5	หมึกพิมพ์ดิจิตอล	เขตจตุจักร จ.กรุงเทพฯ	38.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
6	พลาสติกเคลือบปก	เขตทุ่งครุ จ.กรุงเทพฯ	60.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
7	กาว	เขตบางกะปิ จ.กรุงเทพฯ	55.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
8	ลวดเย็บ	เขตจตุจักร จ.กรุงเทพฯ	35.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
<b>วัสดุช่วยการผลิต</b>				
9	กระดาษถ่ายเอกสาร	เขตจตุจักร จ.กรุงเทพฯ	35.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
10	หมึกเครื่องพิมพ์งานบรรณาธิการ	อ.รังสิต จ.ปทุมธานี	10.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
11	กระดาษสำหรับปรีส์สี	เขตวังทองหลาง จ.กรุงเทพฯ	53.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
12	น้ำยา Developer	อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	70.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
13	น้ำยาเสริม R-T9	อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	70.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
14	น้ำยาฟาว์นเทน	เขตวัฒนา จ.กรุงเทพฯ	45.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
15	IPA	อ.เมือง จ.นนทบุรี	50.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
16	Topsol	เขตบางนา จ.กรุงเทพฯ	80.00	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
17	Solvent ws200	เขตบางนา จ.กรุงเทพฯ	80.00	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
18	Dyna wash	เขตวัฒนา จ.กรุงเทพฯ	45.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
19	จาระบี	เขตคลองสามวา จ.กรุงเทพฯ	40.00	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน

## ตารางที่ ง.2

## ข้อมูลการปันส่วนการขนส่งกระดาษที่ใช้ในงานพิมพ์

ลำดับ	รายการ	แหล่งวัตถุดิบ	ระยะทางเฉลี่ย (กม.)	รูปแบบการขนส่ง
1	กระดาษอาร์ต 230 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	8.58	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตยานนาวา จ.กรุงเทพฯ	6.13	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	6.62	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		อ.บางปะอิน จ.อยุธยา	0.88	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ	9.80	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	9.56	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
2	กระดาษอาร์ต 160 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	5.09	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตคันนายาว จ.กรุงเทพฯ	5.24	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตยานนาวา จ.กรุงเทพฯ	4.55	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		อ.บางปะอิน จ.อยุธยา	1.45	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ	17.45	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	5.45	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
3	กระดาษอาร์ต 130 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	1.79	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	18.46	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		อ.บางปะอิน จ.อยุธยา	4.10	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	7.69	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ	4.10	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
4	กระดาษอาร์ต 120 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	0.41	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตยานนาวา จ.กรุงเทพฯ	1.08	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	5.81	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		อ.บางปะอิน จ.อยุธยา	1.14	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	12.15	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
		เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ	15.26	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน
5	กระดาษปอนด์ 80 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	3.67	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตคันนายาว จ.กรุงเทพฯ	0.73	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตยานนาวา จ.กรุงเทพฯ	38.93	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	3.43	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตบางคอแหลม จ. กรุงเทพฯ	0.42	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	1.93	รถบรรทุก 6 ล้อ นำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน

## ตารางที่ ง.2

## ข้อมูลการปันส่วนการขนส่งกระดาษที่ใช้ในงานพิมพ์ (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	แหล่งวัตถุดิบ	ระยะทางเฉลี่ย (กม.)	รูปแบบการขนส่ง
6	กระดาษปอนด์ 70 แกรม	เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ	5.67	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตคันนายาว จ.กรุงเทพฯ	1.01	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตยานนาวา จ.กรุงเทพฯ	5.94	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	30.48	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตบางคอแหลม จ. กรุงเทพฯ	2.44	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน
		เขตพระนคร จ.กรุงเทพฯ	1.38	รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน

## ฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการงานพิมพ์เลือกแหล่งข้อมูลของ  
ฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro ซึ่งแหล่งข้อมูลที่ใช้แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ง.3

## ตารางที่ ง.3

## แหล่งฐานข้อมูลของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการงานพิมพ์

รายการ	ชื่อฐานข้อมูลที่ใช้	แหล่งฐานข้อมูล	หมายเหตุ
กระดาษถนอมสายตา	Paper, woodfree, uncoated, at regional storage/RER U	Ecoinvent	Substitution
กระดาษถ่ายเอกสาร	Paper, woodfree, uncoated, at regional storage/RER U	Ecoinvent	Substitution
กระดาษปอนด์	Paper, woodfree, uncoated, at regional storage/RER U	Ecoinvent	
กระดาษสำหรับปรีฟสี	Paper, wood-containing, supercalendred (SC), at regional storage/RER U	Ecoinvent	
กระดาษอาร์ต	Paper, woodfree, coated, at regional storage/RER U	Ecoinvent	
กาว	Titanium dioxide, production mix, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
แกนกระดาษสำหรับปรีฟสี	Kraft paper, unbleached, at plant/RER U	Ecoinvent	
จาระบี	Lubricating oil, at plant/RER U	Ecoinvent	
โทนเนอร์พิมพ์ดีจิตอล	Toner, colour, used for printing/RER U	Ecoinvent	
โทนเนอร์พิมพ์ดีจิตอล (ดำ)	Toner, black, used for printing/RER U	Ecoinvent	
น้ำยาฟาว์นเทน	Ethylene glycol, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
น้ำประปา	Tap water, at user/RER U	Ecoinvent	
น้ำยา Developer	Sodium silicate, spray powder 80%, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution

## ตารางที่ ง.3

## แหล่งฐานข้อมูลของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบริการงานพิมพ์ (ต่อ)

รายการ	ชื่อฐานข้อมูลที่ใช้	แหล่งฐานข้อมูล	หมายเหตุ
น้ำยาเสริม R-T9	Sodium metasilicate pentahydrate, 58%, powder, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
บำบัดน้ำเสีย	Treatment, sewage, from residence, to wastewater treatment, class 2/CH U	Ecoinvent	
พลาสติกเคลือบปก	Oriented polypropylene film E	Ecoinvent	Substitution
ไฟฟ้า	Electricity 2009/TH S	MTEC	ฐานข้อมูลประเทศไทย (Thailand LCI database)
แม่พิมพ์สำเร็จรูป	Aluminium 0% recycled ETH U	Ecoinvent	Substitution
รถกระบะ 4 ล้อ	Operation, small van type, 4 wheels, diesel fuel, max. payload 1.5t, 100%loading, normal driving/TH	MTEC	ฐานข้อมูลประเทศไทย (Thailand LCI database)
รถบรรทุก 6 ล้อ	Operation, truck type, 6 wheels, diesel fuel, max. payload 8.5t, 100%loading, normal driving/TH	MTEC	ฐานข้อมูลประเทศไทย (Thailand LCI database)
ลวดเย็บ	Cast iron, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
สารเคลือบผิว Gum solution	Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H <sub>2</sub> O, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
หมึกพิมพ์ออฟเซต	Printing colour, offset, 47.5% solvent, at plant/RER U	Ecoinvent	
รายการ (ต่อ)	ชื่อฐานข้อมูลที่ใช้	แหล่งฐานข้อมูล	หมายเหตุ
หมึกเครื่องพิมพ์	Toner, black, used for printing/RER U	Ecoinvent	
Dyna wash	Benzene, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
IPA	Isopropanol, at plant/RER U	Ecoinvent	
Solvent ws200	Ethyl benzene, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution
Topsol	Toluene, liquid, at plant/RER U	Ecoinvent	Substitution

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสิริญา สิ้นคำ
วันเดือนปีเกิด	12 ธันวาคม 2535
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2557: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### ผลงานทางวิชาการ

สิริญา สิ้นคำ, ไพรัช อุสุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัมย์. (2559). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล : กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 41 และนานาชาติ ครั้งที่ 5 “The 41st National and 5th International Graduate Research Conference” ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2559, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพมหานคร