การประเมินการปลดปล่อย และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

โดย

นายอมร สุลาวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินการปลดปล่อย และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้

โดย

นายอมร สุลาวรรณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ASSESSMENT AND REDUCTION OF CO_2 EMISSIONS : THE CASE STUDY IN INDUSTRIAL SPARE PART OF RICOH COPIER MACHINE

By
Amorn Sulawan

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
MASTER OF ENGINEERING
Department of Industrial Engineering and Management
Graduate School
SILPAKORN UNIVERSITY
2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " การประเมินการปลดปล่อย และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ " เสนอโดย นายอมร สุลาวรรณ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์)

...../...../.....

50405313 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คำสำคัญ : การประเมิน/คาร์บอนไดออกไซด์/เครื่องถ่ายเอกสาร

อมร สุลาวรรณ : การประเมินการปลดปล่อย และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์. 87 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการประเมินและการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการใช้อะไหล่ของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ โดยการศึกษาเริ่มจากการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้จำนวน 3 รุ่น ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย การวิจัยนี้จะนำเอาวัสดุที่ใช้งานในเครื่องถ่ายเอกสารมาคัดแยกประเภทและน้ำหนักแล้วคำนวณกลับเพื่อหาค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพิจารณาตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง จากนั้นจะหามาตรการในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธีการคัดเลือกวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการขึ้นรูปวัสดุ และวิธีการใช้วัสดุที่มีพลังงานในการขึ้นรูป (Embody Energy) ต่ำ ทดแทนวัสดุที่มีค่าพลังงานในการขึ้นรูปสูง จากการศึกษาพบว่าตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ที่มีอยู่ทั้งหมดในประเทศไทย จะพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 174,077.445 $\pm$ 237.867 $KgCO_2$ และการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่จะสามารถลดการปลดปล่อยลงได้ 49,635.110 $\pm$ 102.380 $KgCO_2$ และการเลือกใช้วัสดุทดแทนจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 5,243.573$\pm$ 47.840 $KgCO_2$

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากรการศึกษา 2552
ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

50405313 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORDS : ASSESSMENT/CARBON DIXOXIDE/COPIER MACHINE
AMORN SULAWAN : ASSESSMENT AND REDUCTION OF CO_2 EMISSIONS : THE CASE STUDY IN INDUSTRIAL STUDY IN INDUSTRIAL SPARE PARTS OF RICOH COPIER MACHINE. THESIS ADVISOR : NITIPONG SOPONPONGPIPAT ,Ph.D. 87 pp.

The Objective of this research was to assess the CO_2 emission from the consumption of Ricoh copy machine's spare part and to reduce the amount of CO_2 emission. Three models of Ricoh copy machine that have a highest consumers in Thailand was selected to study. All parts of the copy machine were classified a type of materials and weighed. These data would be calculated for the value of CO_2 emission throughout a life cycle of machine. The result showed that using of recycle materials can decrease CO_2 emission from spare parts consumption. Selection of materials that have a low embody energy instead of a higher one was recommended. The research showed that the spare part consumption of 10,160 unit of Ricoh copy machine in Thailand emit 174,007.445 $\pm$ 237.867 $kgCO_2$ throughout their service lifetime. Using of recycle material can reduce CO_2 emission of 49,635.110 $\pm$ 102.380 $kgCO_2$ and using of alternative material, that have low embody energy consumption, can reduce CO_2 emission of 5,243.573 $\pm$ 47.840 $KgCO_2$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009

Student's signature .....

Thesis Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือ และการให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลเหล่านี้

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์ หัวหน้าภาควิชาเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากรพระราชวังสนามจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง รวมทั้งให้ความเอาใจใส่ติดตามผลงานอย่างใกล้ชิด

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.พจมาลย์ พลูมี ประธานโครงการจัดตั้งสายวิชาเคมี คณะศิลปะศาสตร์และ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้งานเครื่องชั่งวัสดุ

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก ความห่วงใย เป็นกำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมในทุกๆด้าน จนงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง .... ฎ

สารบัญภาพ .... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญ 1

วัตถุประสงค์ 2

สมมุติฐาน 2

ขอบเขตการศึกษา 2

ขั้นตอนการศึกษา 2

ระยะเวลาในการศึกษา 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ทฤษฎีโลกร้อน 4

สาเหตุสำคัญของปัญหาโลกร้อน 5

พิธีสารเกียวโต 7

พลังงาน 8

บริษัทริโก้และความเป็นมา 9

ผลิตภัณฑ์ 10

ส่วนแบ่งการตลาด 10

หลักการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสารมี 10 กระบวนการ 10

ชุดหลอดส่องต้นฉบับ 10

ดรัมชาร์ชประจุไฟฟ้า 11

ชุดยิงแสงเลเซอร์ 11

ชุดเซ็นเซอร์ล้างประจุ 11

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ หน้า
ชุดผงแม่เหล็ก ... 12
ชุดดึงภาพ ... 12
ชุดสัญญาณแยกกระดาษ ... 12
ชุดเช็คสัญญาณประจุดรัม ... 12
ชุดใบมีดทำความสะอาด ... 12
ชุดเคลียประจุ ... 12
การบำรุงรักษาเครื่อง ... 12
วัสดุ ... 14
โลหะ ... 14
พอลิเมอร์ ... 15
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ... 15
3 ขั้นตอนการวิจัย ... 18
ศึกษาปริมาณเครื่องถ่ายเอกสาร ... 18
ทำการรวบรวมข้อมูลวัสดุต่างๆ ... 19
ชั่งน้ำหนักวัสดุ ... 20
คำนวณวัสดุจากเครื่องถ่ายเอกสาร ... 22
วิเคราะห์วัสดุ ... 26
ประเมินผล ... 26
สรุปผลและนำเสนอผลงาน ... 27
จัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ... 27
4 ผลการดำเนินงาน ... 28
ผลการวิจัย ... 28
สัดส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทย ... 28
ชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารที่ใช้ในงานวิจัย ... 29
ประเภทของวัสดุและการชั่งน้ำหนัก ... 30
คำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ... 32
แสดงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เครื่อง ... 38
การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเครื่องทั้งหมด ... 39

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

บทที่ หน้า

การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำวัสดุ
กลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งาน ของ 1 เครื่อง 40
การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำวัสดุ
กลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด..... 42
การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือก
วัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง 44
การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือก
วัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด..... 46

5 สรุปผลวิจัย..... 49
บทสรุปและวิเคราะห์ผล..... 49
ข้อเสนอแนะ..... 51

บรรณานุกรม..... 52

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก..... 54
ภาคผนวก ก ตารางบำรุงรักษา..... 55
ภาคผนวก ข ตารางวัสดุที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัม 62
ภาคผนวก ค สำรวจเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทย 2551..... 85

ประวัติผู้วิจัย..... 87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาในการศึกษา	3
2	ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้โลกร้อน	6
3	สัดส่วนการใช้พลังงานปฐมภูมิของไทยในปี 2540	9
4	ส่วนแบ่งการตลาดของเครื่องถ่ายเอกสาร	10
5	สำรวจเครื่องที่มีอยู่ในท้องตลาด	18
6	ตารางวัสดุที่มีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์	22
7	ตารางบำรุงรักษา	29
8	ตารางชั่งน้ำหนักวัสดุ	30
9	ตารางการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	33
10	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง	42
11	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด	44
12	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทน เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง	46
13	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทน เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด	47
14	ตารางบำรุงรักษา	56
15	ตารางจำนวนชิ้นต้องเปลี่ยนของวัสดุ 29 ชิ้นส่วน	61
16	ตารางวัสดุที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัม	63
17	ตารางคำนวณแต่ละวัสดุ	64
18	ตารางแสดงการปลดตลอดอายุการใช้งาน	66
19	สำรวจเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทย 2551	86

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการทำงานของเครื่อง	11
2	ส่วนแบ่งจำนวนเครื่องแต่ละรุ่น	14
3	วัสดุก่อนชั่งน้ำหนัก	21
4	เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง	21
5	แผนผังขั้นตอนการทำวิจัย	27
6	อัตราส่วนจำนวนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในท้องตลาด	28
7	แสดงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เครื่อง	38
8	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องทั้งหมด	40
9	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง	42
10	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด	44
11	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทน เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง	46
12	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทน เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด	47

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

บทที่1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันสภาวะของโลกเราเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบที่หลายคนไม่เคยพบมาก่อนสิ่งที่ไม่เคยเกิดขึ้น ที่แห่งหนึ่ง ก็เกิดขึ้น เช่น อากาศที่ร้อนขึ้นหรืออากาศที่เย็นลงมาก แบบที่ทุกๆ ประเทศบนโลกนี้ไม่เคยพบมาก่อนก็ได้พบกับเหตุการณ์นั้น ธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไป อาจเป็นเพราะความไม่สมดุล ของสิ่งต่างๆ บนโลกนี้ ทำให้มนุษย์เราเริ่มคิดให้ความสนใจกับสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวกับธรรมชาติบนโลกใบนี้มากขึ้น โดยในบรรยากาศของโลกประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78% ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% นอก6จากนั้นเป็น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนเล็กน้อย แม้ว่าไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน จะเป็นองค์ประกอบหลักของบรรยากาศ แต่ก็มิได้มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของโลกในทางตรงกันข้าม ก๊าซโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และโอโซน แม้จะมีอยู่ในบรรยากาศเพียงเล็กน้อย รวมกันไม่ถึง 1 % แต่มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกอบอุ่นเหมาะแก่การดำรงชีวิต เราเรียกก๊าซจำพวกนี้ว่า “ก๊าซเรือนกระจก” (Greenhouse Gas) ด้วยคุณสมบัตินี้เองจึงทำให้อุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปโดย เฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นปัจจัยหลักของก๊าซเรือนกระจก ที่ส่งผลให้โลกร้อน เป็นอันดับต้นๆ ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยธรรมชาติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจากการหลอมละลายของหินปูน ซึ่งโผล่ขึ้นมาจากปล่องภูเขาไฟ และการหายใจของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น ภายหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา ได้มีการขยายตัวของเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมและการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจำนวนมาก ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมดุลของพลังงานโลกเปลี่ยนแปลงไปทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงมากขึ้น อุณหภูมิของโลกจึงร้อนขึ้น

ดังนั้น เราทุกคน ที่อยู่บนโลกใบนี้ ในฐานะผู้ใช้ทรัพยากรต่างๆ เพื่อดำรงชีวิต ก็ควรมีส่วนร่วมในการรักษาโลกของเราให้อยู่ได้ยาวนาน ตราบนานเท่านาน ผู้วิจัยจึงขอใช้รายงานนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่จะแนะนำเพื่อช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการวิจัยการเลือกใช้วัสดุในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสาร

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อประเมินปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปลดปล่อย จากการใช้ชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารแบบเดิม

1.1.2 เพื่อศึกษาแนวทางในการ ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกใช้วัสดุ ที่ลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสาร

1.2 สมมุติฐาน การสร้างวัสดุอุปกรณ์ใดๆนั้นก่อนที่จะผลิตออกมาเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ได้แล้วนำมาใช้ประโยชน์นั้น จะต้องผ่านการเผาพลาญพลังงานไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง เช่น เสื้อยืด ที่เราสวมใส่กันอยู่นั้น กว่าจะมาเป็นเสื้อให้เราใส่ก็ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนสูญเสียพลังงาน ไฟฟ้า น้ำ น้ำมัน และอื่นๆ มากมาย ฉะนั้น ไม่ว่าเราจะผลิตอะไรขึ้นมาใช้งานก็ล้วนแล้วแต่มีส่วนร่วมในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน ดังนั้นการเลือกใช้ วัสดุที่เหมาะสม ก็จะสามารถ ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศได้ สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องถ่ายเอกสาร ก็ควรมีศักยภาพในการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ได้ โดยการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมเช่นกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาในเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ 3 รุ่น ดังนี้ MP2000LE, AF1113 และ MP1500

1.3.2 การศึกษา กำหนดเฉพาะชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา (Spare Part) เท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 จัดเก็บและรวบรวมข้อมูล

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูล

1.4.5 สรุปผลการวิจัย

1.4.6 นำเสนอผลงานวิจัย

1.4.7 จัดทำบทความวิจัย

1.5 ระยะเวลาในการศึกษา

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการศึกษา

	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญ	←→					
ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→	←→				
จัดเก็บและรวบรวมข้อมูล	←→	←→	←→			
วิเคราะห์ข้อมูลพร้อมสรุปผลการวิจัย		←→	←→	←→	←→	
นำเสนอผลงานวิจัย						←→
จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์						←→

ในช่วงเดือนกันยายน ศึกษาความเป็นมา และความสำคัญ ในช่วงเดียวกันจนถึงกลางเดือนตุลาคม ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เกี่ยวกับการลดสารเรือนกระจก ในขณะเดียวกันก็จัดเก็บรวบรวมข้อมูลไปพร้อมๆกัน จนถึงสิ้นเดือนตุลาคม ในช่วงต้นเดือนตุลาคม จนถึง สิ้นเดือนธันวาคม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดแล้วนำมาสรุปผลการวิจัย ได้ผลอย่างไร และในช่วงเดียวกันนี้ นำเสนอผลงานวิจัยต่อคณะกรรมการมหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ตลอดจนสิ้นเดือนกุมภาพันธ์จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1ทราบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารแบบเดิม

1.6.2 เพื่อช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีโลกร้อน

โลกร้อน คือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกไปในทิศทางเพิ่มขึ้น เช่น โลกจากเดิมอุณหภูมิ 20 องศา เพิ่มขึ้นเป็น 25 องศา หมายถึงอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 องศา หรือร้อนขึ้น 5 องศานั้นเอง ในสภาพความจริงแล้วโลกไม่ได้ร้อนขึ้น 5 องศาอย่างที่กล่าว ปัจจุบันอุณหภูมิโลกเปลี่ยนไปเพียง 0.74 องศา $\pm$ 0.18 องศา(Climate Change:2007) เท่านั้น โลกจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติหลายเหตุการณ์ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด พายุเฮอริเคน และอื่นๆ เดิมเหตุการณ์ภัยทางธรรมชาติจะเกิดขึ้นตามปรกติ 1 ปี เกิดขึ้น 1 ครั้ง แต่ภายหลังอุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นเหตุการณ์ภัยธรรมชาตินี้จึงเกิดขึ้นจำนวนถี่ขึ้น ทำให้ประชากรโลกได้รับผลกระทบแบบตั้งตัวไม่ทันบ่อยครั้ง ด้วยเหตุนี้เองนักวิทยาศาสตร์จึงพยายามค้นหาสาเหตุของปัญหาจนในที่สุดพบว่าโลกร้อนขึ้นเนื่องจาก การสะสมของก๊าซบางชนิดในชั้นบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นก๊าซจำพวกนั้นได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (NO_2) ไฮโดรฟูโอคาร์บอน (HFCS) เปอร์ฟลูโคคาร์บอน (CFCS) และ ซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6) เดิมทีในชั้นบรรยากาศของโลกมีก๊าซหลายชนิดลอยอยู่ทั่วไปแต่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา เช่น ออกซิเจน ที่มนุษย์สูดเข้าไปในร่างกายแล้วคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นวัฏจักรชีวิตของมนุษย์ พืชและสัตว์ และคาร์บอนไดออกไซด์นี้เองคือตัวการสำคัญของปัญหาโลกร้อน ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากในโลกปัจจุบันซึ่งคุณสมบัติของคาร์บอนไดออกไซด์นี้จะกักเก็บความร้อนไว้ในตัวมันเอง ตั้งแต่ปี 2500 ถึง 2540 พบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 360 ล้านตัน เมื่อมีปริมาณมากขึ้นอุณหภูมิของโลกจึงร้อนขึ้นนั้นเอง และตัวการผู้ก่อปัญหาคือมนุษย์ผู้ซึ่งใช้ทรัพย์ยากรของโลกอย่างสิ้นเปลืองและก่อให้เกิดปัญหาอย่างไม่รู้ตัว เช่น การใช้น้ำมัน ถ่านหินและอื่นๆเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ปลดปล่อยก๊าซออกมาจำนวนมาก หากแต่มนุษย์ไม่มีวิวัฒนาการอย่างเช่นปัจจุบันเพียงแค่การหายใจของมนุษย์พืชและสัตว์อุณหภูมิของโลกคงไม่เปลี่ยนแปลงไปอีกเป็นล้านๆปี ดังนั้นประชากรโลกในฐานะผู้อาศัยและผู้ใช้ทรัพย์พากรควรต้องตระหนักให้ดีถึงการบำรุงรักษาโลกให้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิปรกติเพื่อการอยู่อาศัยอย่างถาวร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2. สาเหตุปัญหาโลกร้อน

จากปัญหาภัยธรรมชาติ เกิดขึ้นบ่อยครั้งประชากรโลกได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาตินี้ นักวิทยาศาสตร์เริ่มค้นหาสาเหตุและพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดเหตุการณ์ภัยทางธรรมชาติบ่อยครั้ง โดยการเกิดภัยธรรมชาติหลายครั้งใน 1 ปี เปรียบเสมือนการปรับความขาดสมดุลของธรรมชาติให้กลับสู่สภาพสมดุล ซึ่งมนุษย์เป็นผู้ทำลายความสมดุลของธรรมชาตินั้น นักวิทยาศาสตร์สันนิฐานต่ออีกว่า โลกเดิมทีเกิดจากดวงดาวดวงหนึ่งที่มีความร้อนสูงถึง 5,515 องศาเซลเซียล(สารานุกรมเสรี:2552) ซึ่งถูกดาวหางพุ่งชนเกิดชิ้นส่วนของดวงดาวนั้นหลุดออกมาหลายชิ้นกระจายในระยะห่างกันออกไป ต่อมานักวิทยาศาสตร์จึงตั้งชื่อชิ้นส่วนที่หลุดออกมาและดาวดวงนั้นตามที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ ดวงอาทิตย์ ดาวพุธ ดาวศุกร์ ดาวโลก ดาวอังคาร ดาวพฤหัส ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส ดาวเนปจูน ทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า ระบบสุริยะจักรวาล โดยดวงดาวต่างๆ เดิมมีความร้อนในตัวเอง เมื่อเวลาผ่านไปนับล้านๆ ปี ความร้อนนั้นจึงค่อยๆหายไป เป็นเพียงดาวที่มีแต่ความเย็น ปกคลุมด้วยผงฝุ่นละอองและกลุ่มก๊าซชนิดต่างๆ และดวงดาวเหล่านี้จะหมุนรอบตัวเอง โคจรรอบดวงอาทิตย์อีกด้วย และด้วยระยะห่างของโลกกับดวงอาทิตย์มีระยะ 93 ล้านไมล์ เป็นระยะที่เหมาะสม ไม่ใกล้ดวงอาทิตย์จนร้อนเกินไปและไม่ห่างจากดวงอาทิตย์มากจนความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่มาไม่ถึง จึงเหมาะสมกับการเกิดสิ่งมีชีวิต ดำรงอยู่บนดาวโลก

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

โลกเป็นดาวเคราะห์ของดวงอาทิตย์มีชั้นบรรยากาศปกคลุมเป็นชั้นๆ ซึ่งตาเปล่ามองไม่เห็นรวมระยะชั้นบรรยากาศ 310 ไมล์ โดยมีกลุ่มก๊าซแตกต่างกันออกไปและมีความสำคัญต่อธรรมชาติของโลกเป็นอย่างมาก โดยงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะชั้นบรรยากาศที่แบ่งตามกลุ่มก๊าซเป็นเกณฑ์มี 4 ชั้นดังนี้

2.1 โทรโพสเฟียร์ มีระยะจากพื้นโลกจนถึงความสูงประมาณ 0- 10 กิโลเมตร มีก๊าซที่สำคัญคือก๊าซไอน้ำและมีอุณหภูมิลดลงตามระดับความสูง เฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียส ต่อ 1 กิโลเมตร เป็นชั้นที่เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ

2.2 โอโซโนสเฟียร์ มีระยะตั้งแต่ความสูง 10-50 กิโลเมตร มีก๊าซที่สำคัญคือโอโซน

2.3 ไอโอโนสเฟียร์ มีระยะตั้งแต่ความสูง 80 กิโลเมตร จนถึง 600 กิโลเมตร อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง มีสิ่งสำคัญคือ อิออน

2.4 เอกโซเฟยร์ มีระยะตั้งแต่ความสูง 600 กิโลเมตรขึ้นไปโดยมีความหนาแน่นของอะตอมต่างๆ มีค่าน้อยลง

ในบรรยากาศของโลกมีกลุ่มก๊าซปกคลุมพื้นผิวโลก ประกอบด้วย ไนโตรเจน 78.08% ออกซิเจน 20.95% อาร์กอน 0.93% คาร์บอนไดออกไซด์ 0.038% และไอน้ำรวมก๊าซอื่นๆ 1%ก๊าซต่างๆเหล่านี้ทำหน้าที่ป้องกันรังสีความร้อนที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกและภัยอันตรายแบบ

ต่างๆอันจะเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตบนโลกทั้งภายนอกและภายใน ดังที่กล่าวมานั้นก๊าซจะปกป้องอันตรายภายนอกจากรังสีความร้อนและปกป้องภายในโดยการปรับสมดุลทางธรรมชาติเพื่อพร้อมให้สิ่งมีชีวิตบนโลกอาศัยอยู่ ดังนั้นการที่มนุษย์นำพลังงานฟอสซิล จากใต้พื้นโลกมาใช้งานในอุตสาหกรรมโดยการเผาผลาญพลังงานจากฟอลซิลนี้ ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซที่สำคัญต่อการเกิดภาวะโลกร้อน ก๊าซที่สำคัญต่อการเกิดภาวะโลกร้อนมี 6 ชนิดไดแก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (NO_2) ไฮโดรฟูโอคาร์บอน (HFCS) เปอร์ฟลูโคคาร์บอน (CFCS) และ ซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6) หรือเรียกอีกชื่อว่า ก๊าซเรือนกระจกโดยก๊าซที่สำคัญ 6 ชนิดนี้มีคุณสมบัติดูดซับความร้อน เมื่อมีปริมาณมากขึ้นในชั้นบรรยากาศมันจึงดูดซับความร้อนจากรังสีความร้อนที่ดวงอาทิตย์ส่งมาเก็บสะสมไว้บริเวณชั้นบรรยากาศจึงทำให้โลกร้อนขึ้นและเกิดปรากฏการณ์ภัยทางธรรมชาติต่างๆนั้นเอง

ตารางที่ 2 ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้โลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพในการทำให้โลกร้อน	
ก๊าซเรือนกระจก	**ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)**
1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
2. มีแทน (CH_4)	21
3. ไนตรัสออกไซด์ (NO_2)	310
4. ไฮโดรฟูโอคาร์บอน (HFCS)	140 – 11,700
5. เปอร์ฟลูโคคาร์บอน (CFCS)	6,500 – 9,200
6. ซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6)	23,900

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ศูนย์ประสานการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, “พิธีสารเกียวโต,” เอกสารเผยแพร่, สิงหาคม 2538. (อัดสำเนา)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

จากตารางที่ 2 แสดงถึงความสามารถของก๊าซสำคัญ 6 ชนิด ที่มีศักยภาพในการเก็บความร้อนทำให้โลกร้อน โดยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สามารถเก็บความร้อนได้ 1 เท่า มีเทน (CH_4) สามารถเก็บความร้อนได้ 21 เท่า ไนตรัสออกไซด์ (NO_2) สามารถเก็บความร้อนได้ 310 เท่า ไฮโดรฟูโอคาร์บอน (HFCS) สามารถเก็บความร้อนได้ 140-11,700 เท่า เปอร์ฟลูโคคาร์บอน (CFCS) สามารถเก็บความร้อนได้ 6,500-9,200 เท่า และ ซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6) สามารถเก็บความร้อน 23,900 เท่า ดังนั้นหากมีกลุ่มก๊าซที่มีความสามารถในการเก็บความร้อนทั้ง 6 ชนิดนี้

อยู่ในชั้นบรรยากาศจำนวนมาก สิ่งมีชีวิตคงไม่สามารถดำรงอยู่ได้นาน โดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6) มีความสามารถเก็บความร้อนมากที่สุด

3. พีธีสารเกียวโต

หลังจากค้นพบรูรั่วของบรรยากาศชั้นโอโซน องค์การสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติผลักดันให้มีการลงนามในอนุสัญญาเวียนนาว่าด้วยการพิทักษ์ชั้นโอโซนในปี พ.ศ. 2528 ต่อมาได้มีข้อกำหนดที่ นครมอนทรีออล เมื่อปี พ.ศ. 2530 ว่าด้วยการลดและเลิกใช้สารทำลายชั้นโอโซน ที่เรียกว่า พิธีสารมอนทรีและในปี พ.ศ. 2540 ได้เกิดพิธีสารเกียวโตขึ้น โดยมีการกำหนดให้ประเทศที่จัดอยู่ในกลุ่มพัฒนาแล้ว ต้องมีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟูโอคาร์บอน (HFCS) ก๊าซเปอร์ฟลูโคคาร์บอน (CFCS) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซ่าฟลูโอโรด์ (SF_6) โดยรณรงค์ให้ทั่วโลกหันมาใช้พลังงานสะอาด (Clean Energy) หรือพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ เพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยลง

พิธีสารเกียวโต มีหลักการที่สำคัญคือกำหนดให้ประเทศในกลุ่มร่วมอนุสัญญาพิธีสารเกียวโตต้องช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด โดยเฉพาะกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วต้องให้ความร่วมมือให้ความช่วยเหลืออย่างจริงจัง สาเหตุเนื่องจากกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วรวมกันปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 55 ของการปลดปล่อยทั้งหมด ดังนั้นประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำจึงควรแสดงความรับผิดชอบโดยการเร่งดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างจริงจัง เพื่อเป็นตัวอย่างและเป็นแนวทางให้แก่ประเทศอื่นๆ ตามหลักการของพิธีสารเกียวโตคือไม่กำหนดพันธกรณีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้แก่ประเทศที่กำลังพัฒนา ในขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วต้องเป็นผู้นำในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อมุ่งสู่การแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างจริงจัง พิธีสารเกียวโตยังกำหนดกลไกยืดหยุ่นให้กับประเทศพัฒนาแล้วเพื่อช่วยเหลือด้านภาระค่าใช้จ่ายดังนี้

3.1 การซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading: ET) เป็นการซื้อขายใบอนุญาตในการลดก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วได้รับ โดยใบอนุญาตนี้เรียกว่า Assigned Am Unit (AAU) การซื้อขายก๊าซเรือนกระจกนี้ จำกัดอยู่เฉพาะประเทศในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วเท่านั้น

3.2 การดำเนินการร่วม(Joint Implementation: JI)เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วด้วยกันเอง เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่จะเกิดแล้วในสภาวะธุรกิจปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

3.3 กลไกลการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) เป็นการดำเนินร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ ค และประเทศนอกภาคผนวกที่ ค เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่จะเกิดขึ้นอยู่แล้วในสภาวะธุรกิจปกติ โดยผู้ดำเนินโครงการ ได้รับ Certified Emission Reduction (CER) สำหรับ ก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้และผ่านการตรวจวัดแล้ว

4. พลังงานและสิ่งแวดล้อม

ธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกอาศัยพึ่งพากันมานับล้านๆปี วัฏจักรของสิ่งมีชีวิตคือการเกิดเติบโตด้วยอาหารและการหายใจ แต่เดิมสิ่งมีชีวิตใช้พืชเป็นอาหารต่อมาสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่ามนุษย์มีวิวัฒนาการขึ้นจึงเริ่มใช้สัตว์เป็นอาหารเพิ่มมากขึ้นและใช้ออกซิเจนในการหายใจเข้าแล้วคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในทางตรงกันข้ามพืชหายใจเอาคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปแล้วคายออกซิเจนออกมาและใช้แร่ธาตุในดินที่อาจรวมถึงซากสัตว์สิ่งมีชีวิตอื่นๆในการเจริญเติบโต นอกจากนี้พืชยังใช้แสงแดดในการเจริญเติบโตอีกด้วย พลังงานและสิ่งแวดล้อมดูเหมือนจะทำงานสอดคล้องสัมพันธ์กัน หากสิ่งมีชีวิตบนโลกไม่มีพลังงานชนิดต่างๆมาเกื้อหนุนสิ่งมีชีวิตต่างๆคงอยู่ไม่ได้ยาวนานเช่นกัน อย่างเช่นร่างกายมนุษย์หากมีแต่ออกซิเจนในการหายใจไม่ได้รับอาหารหรือแร่ธาตุอย่างอื่นร่างกายนั้นจะขาดความสมดุลเกิดอาการไม่สบายเกิดโรคภัยและต้องจบชีวิตลงในที่สุด เช่นเดียวกันกับโลกหากขาดพลังงานที่สมดุลจนโลกเกิดไม่สบายวันหนึ่งโลกคงจบสิ้นเช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

4.1 ความสำคัญของพลังงาน พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตบนโลกและยังสำคัญต่อโลกอีกด้วย อย่างที่กล่าวมาแล้วพลังงานมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตดังนั้นพลังงานและธรรมชาติสิ่งมีชีวิตจะขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่ได้ พลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ พลังงานสิ้นเปลือง และพลังงานหมุนเวียน โดยพลังงานสิ้นเปลือง หมายถึง พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง และก๊าซธรรมชาติ ส่วนพลังงานหมุนเวียน หมายถึง พลังงานที่ได้จากไม้ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวะมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ลม และคลื่น

ปัจจุบันพลังงานในรูปแบบต่างๆถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยแบ่งออก 4 ด้านหลักได้แก่ การคมนาคม อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย เกษตรกรรม ซึ่งในการเลือกใช้พลังงานสนับสนุน 4 ด้านดังกล่าวของประเทศต่างๆทั่วโลกนั้น จะแตกต่างกันออกไปตามแหล่งทรัพยากรที่ประเทศนั้นมีหรือความสามารถทางเทคโนโลยีของการนำพลังงานนั้นมาใช้งาน ดังนั้นการใช้พลังงานที่แตกต่างกันจะส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันด้วย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและยังต้องการใช้พลังงานเพื่อการพัฒนาประเทศอีกมาก จากตารางที่ 3 แสดงให้ทราบถึง สัดส่วนการใช้พลังงานปฐมภูมิของประเทศไทยปี 2542 โดยใช้น้ำมันดิบร้อยละ 42 ใช้พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 26 ใช้ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 17 ใช้ถ่านหินลิกไนต์ร้อยละ 9 ใช้ถ่านหินนำเข้าประเทศร้อยละ 3 และต้องซื้อไฟฟ้าใช้จากเพื่อนบ้านร้อยละ 3 หากพิจารณาจากกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วอย่าง ทวีปอเมริกา ทวีปยุโรป ฐานพลังงานหลักส่วนใหญ่จะเป็นถ่านหิน รองมาเป็นก๊าซธรรมชาติ และ น้ำมัน และในบ้างประเทศยังนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้อีกด้วย ดังนั้นสรุปได้ว่า ในแต่ละประเทศทั่วโลกต่างใช้พลังงานในการพัฒนาต่างกัน บางประเทศใช้น้ำมันเป็นหลัก บางประเทศใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก พบว่า การใช้พลังงานที่แตกต่างกันจะส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 สัดส่วนการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy) ของไทยในปี 2540

พลังงาน	พันล้านลิตร เทียบเท่าน้ำมันดิบ	ร้อยละ
น้ำมัน	39.5	42
พลังงานหมุนเวียน	24.4	26
ก๊าซธรรมชาติ	16.3	17
ลิกไนต์	8.1	9
ถ่านหินนำเข้า	2.4	3
ซื้อ (ไฟฟ้า)	2.3	3
รวม	**93.0**	**100**

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ศูนย์ประสานการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, “พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย,” เอกสารเผยแพร่, มกราคม 2542. (อัดสำเนา)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

5. บริษัทริโก้ และความเป็นมา

บริษัทริโก้ก่อตั้งขึ้นเป็นครั้งแรกที่ประเทศญี่ปุ่น ในฐานะของผู้ผลิต และจำหน่ายกระดาษเคมี (Sensitized Paper) จากนั้นเริ่มการผลิตกล้องถ่ายรูป ก่อนจะเริ่มเข้าสู่ตลาดเครื่องใช้สำนักงานอัตโนมัติ ในปี พ.ศ.2498 ด้วยการผลิตเครื่องถ่ายเอกสาร Ricopy 101 เพื่อรองรับความต้องการด้านอุปกรณ์สำนักงาน ที่เติบโตขึ้นอย่างมากในประเทศญี่ปุ่น และในช่วงทศวรรษถัดมาบริษัทก็ได้ขยายขอบข่ายการทำธุรกิจด้านอุปกรณ์สำนักงานออกไปอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น ด้วยการผลิตอุปกรณ์สำนักงานชนิดอื่นออกมาสู่ตลาด และในปี พ.ศ.2506 จึงได้เปลี่ยนชื่อบริษัทเป็น Ricoh

Company, Ltd. ในปี พ.ศ. 2521 บริษัทริโก้ก่อตั้งในประเทศไทยมากว่า 50 ปี ทำให้ บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) ในวันนี้ มีสาขาสำหรับการจัดจำหน่าย และให้บริการอยู่ทั่วประเทศไทยอันได้แก่ กรุงเทพมหานคร (อ่อนนุช, สีลม, สุขุมวิท, แจ้งวัฒนะ, บางแค,รังสิต,สุวรรณภูมิ) เชียงใหม่ นครสวรรค์ ขอนแก่น นครราชสีมา ระยอง สุราษฎร์ธานี หาดใหญ่ และอยุธยา ซึ่งพร้อมจะให้บริการ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้อย่างทั่วถึง และมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.1 ผลิตภัณฑ์ (Products) บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นสาขาของบริษัทริโก้ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นผู้นำในด้านการผลิตเครื่องใช้สำนักงานอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องมัลติฟังก์ชั่น, เครื่องพรินเตอร์, เครื่องโทรสาร, เครื่องพิมพ์สำเนาระบบดิจิตอล สแกนเนอร์ รวมถึงวัสดุสิ้นเปลืองและการบริการที่เกี่ยวเนื่อง

5.2 ส่วนแบ่งการตลาด จากตารางที่ 4 แสดงส่วนแบ่งการตลาดปริมาณเครื่องถ่ายเอกสารที่มีอยู่ในประเทศไทยปี 2543 พบว่ามีปริมาณเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ 22 % เครื่องถ่ายเอกสารชาร์ป 19 % เครื่องถ่ายเอกสารซีร๊อกซ์ 17 % เครื่องถ่ายเอกสารแคนนอน 16 % และผลิตอื่นรวมกันอีก 26 % ดังนั้นสรุปได้ว่า ปี 2543 มีเครื่องถ่ายเอกสารริโก้เป็นอันดับหนึ่ง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 4 ส่วนแบ่งตลาดของเครื่องถ่ายเอกสาร

บริษัท	ส่วนแบ่งตลาดของเครื่องถ่ายเอกสาร
ริโก้	22%
ชาร์ป	19%
ซีร็อกซ์	17%
แคนนอน	16%
อื่นๆ	26%

ที่มา : บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, “ส่วนแบ่งการตลาดของเครื่องถ่ายเอกสาร,” เอกสารข้อมูลฝ่ายการตลาดของบริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, กันยายน 2543. (อัดสำเนา)

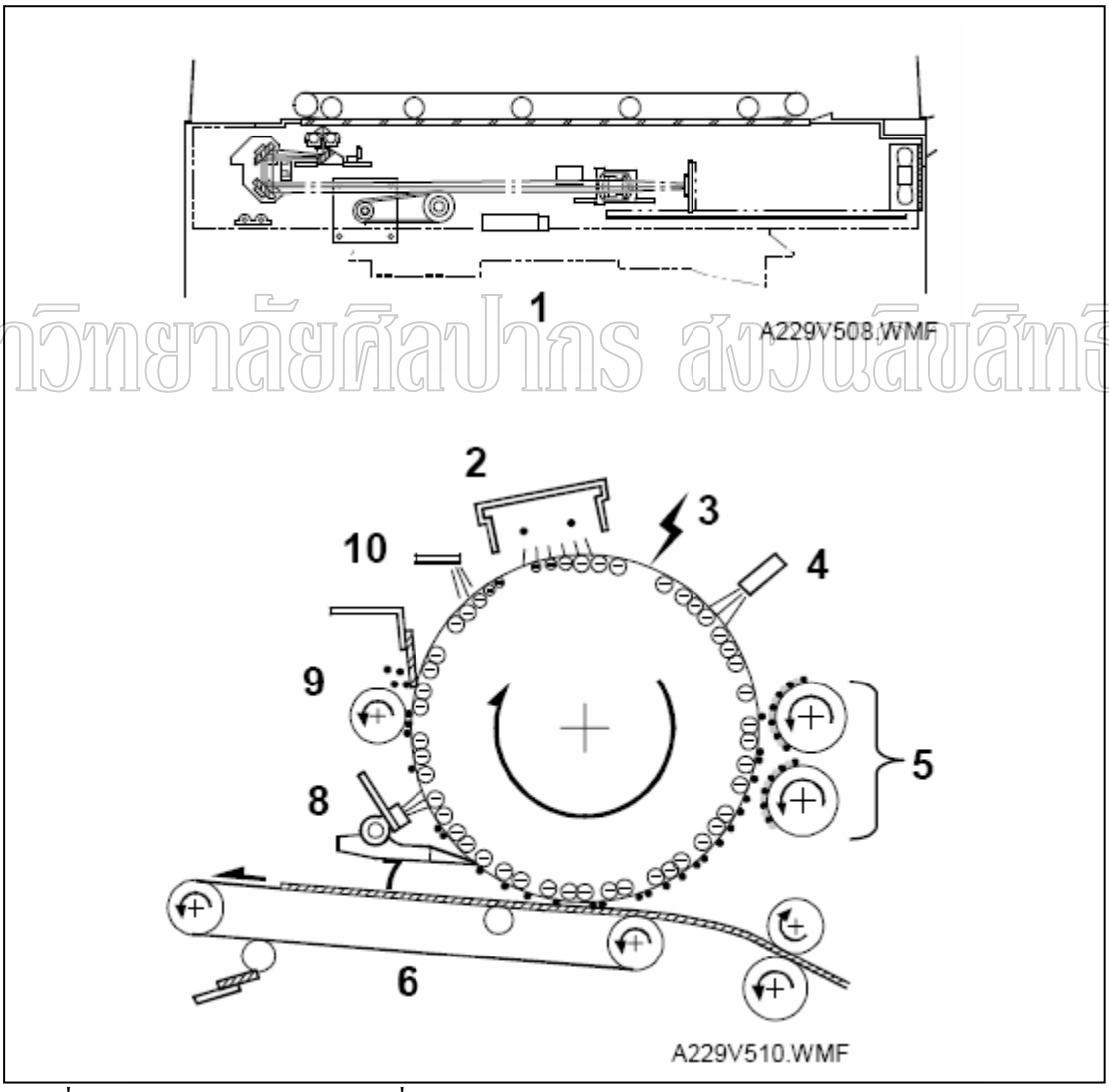
6. หลักการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร มี 10 กระบวนการ

6.1 ชุดหลอดส่องต้นฉบับ (Exposure) เป็นชุดหลอดไฟส่องสว่าง สะท้อนภาพบนกระจกรับภาพต้นฉบับ สะท้อนผ่านกระจกในมุมต่างๆ ส่งต่อเข้าชุดแปลงสัญญาณ จากสัญญาณอนาล็อก เป็น ดิจิตอล เข้าไปเก็บไว้ที่ ตัวเก็บหน่วยความจำ พร้อมที่จะส่งสัญญาณเข้าตัวปืนเลเซอร์เพื่อยิงสัญญาณดิจิตอล

6.2 ดรัมชาร์จประจุไฟฟ้า(Drumcharge) ลูกดรัม(OPC:Organic Photoconductor) ลูกดรัมจะได้รับการชาร์จประจุไฟฟ้าชนิดลบ ลงบนผิวดรัมทั่วพื้นผิว ในขณะที่เริ่มทำการถ่ายเอกสาร ลูกดรัมก็จะเริ่มหมุนเคลื่อนที่ไปในแนวตามเข็มนาฬิกา

6.3 ชุดยิงแสงเลเซอร์ (Laser Exposure) ชุดเลเซอร์ยิงลำแสงส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ที่ได้ทำการอ่านต้นฉบับมาแล้วส่งลงบนผิวดรัมเป็นสัญญาณ 0 กับ 1 ภาพที่เป็นสีดำ และส่วนที่เป็นสีขาว บนต้นฉบับ เป็นตัวอักษรต่างๆ แต่ยังไม่มีหมึก

6.4 ชุดเซ็นเซอร์ล้างประจุ (Drum Potential Sensor) ชุดล้างประจุนี้ จะลบประจุที่เป็นพื้นขาวให้บริเวณนั้นไม่มีความต่างศักย์ ของประจุลบ เหลืออยู่



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 1 กระบวนการทำงานของเครื่อง

ที่มา : บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด, “คู่มือการซ่อมเครื่องถ่ายเอกสาร รุ่น 1113,” โอซาก้า : บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด, 2544.

6.5 ชุดผงแม่เหล็ก (Development) ชุดนี้จะมีแกนแม่เหล็กและผลเหล็ก ผสมกับผงหมึก ทำมุม 90 องศากับลูกดรัม ทำหน้าที่เป็นเสมือนขนแปรง หมุนสัมผัสกับผิวดำ และขณะเดียวกัน มีค่าความต่างศักย์เป็นบวก ที่มีกำลังน้อยกว่า ผิวดรัม เมื่อผิวดรัม มีประจุลบค้างอยู่มาสัมผัสกับชุดขนแปรงหมึก เนื้อหมึกก็จะติดไปที่ผิวดรัมเป็นตัวอักษร

6.6 ชุดดึงภาพ (Image Transfer) ชุดนี้เป็นสายพานลำเลียงกระดาษ จ่ายประจุบวกที่มีค่าสูง เมื่อกระดาษเดินทางมาผ่านระหว่างลูกดรัมที่มีหมึกติดอยู่ เป็นตัวอักษรต่างๆ ประจุบวกที่สายพานลำเลียงก็จะดึงหมึก ลงมาติดบน

6.7 ชุดสัญญาณแยกกระดาษ (Paper Separation) พร้อมทั้งยิงสัญญาณกวนกระดาษเป็นกระแสสลับ บวกและลบ เพื่อแยกกระดาษออกจาก

6.8 ชุดเช็คสัญญาณประจุดรัม (ID Sensor) ชุดนี้จะเป็นตัวเช็คค่าผิวดรัม วัดค่าความสามารถของผิวดรัมหลังจากถูกชาร์จ ประจุลบ

6.9 ชุดใบมีดทำความสะอาด (Cleaning) ชุดนี้จะเป็นยางสำผัสกับผิวดรัม เพื่อทำความสะอาด หมึกออกจากผิวดรัมหลังจากผ่านการสร้างภาพ

6.10 ชุดลบประจุ (Quenchine) ชุดนี้จะยิงลำแสงชาร์จที่ผิวดรัม เพื่อทำการลบประจุที่ตกค้างไปให้หมดจากหน้าผิวดรัม เพื่อกลับไปชาร์จประจุลบสร้างภาพลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ลิขสิทธิ์

7. การบำรุงรักษาเครื่อง

จากตารางใน ภาคผนวก ก ตารางบำรุงรักษาประกอบด้วยชุดต่างๆ กระจกสะท้อนภาพ หลอดไฟส่องภาพ กระจกกรองแสง และชุดเลนซ์ ชุดสร้างภาพ ลูกโมประจุไฟฟ้า ลูกโมสร้างภาพ ตัวเช็คสัญญาณ หลอดไฟลบประจุไฟฟ้า ยางทำความสะอาด แปรงทำความสะอาด ชุดหมึก ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า ผงเหล็กนำไฟฟ้า หมึก ตัวกรองอากาศ ชุดดึงกระดาษ ในตัวเครื่องถ่ายเอกสาร ชุดดึงกระดาษด้านข้างตัวเครื่อง ชุดลูกยางป้อนต่างๆ ตัวเช็คสัญญาณกระดาษ ชุดดึงหมึกลงกระดาษ สายพานประจุไฟฟ้า ยางทำความสะอาด ชุดความร้อน ลูกกลิ้งความร้อน ลูกกลิ้งอัดกระดาษ หลอดความร้อน ตัวแยกกระดาษ ตัวทำความสะอาดลูกกลิ้ง ตัววัดอุณหภูมิ ชุดกลับสำเนา ตัวเช็คกระดาษ ลูกกลิ้งเดินกระดาษต่างๆ ตัวกรอกอากาศต่าง ชุดดึงกระดาษอัตโนมัติ สายพานดึงกระดาษ ลูกยางดึงกระดาษ ตัวเช็คสัญญาณกระดาษ ลูกกลิ้งเดินกระดาษ ชุดดึงกระดาษพิเศษ เป็นชุดเพิ่มเติมจากตัวเครื่องสามารถใส่กระดาษได้เป็นจำนวนมาก โดยปกติตัวเครื่องจะสามารถใส่กระดาษได้ 250 – 500 แผ่นเท่านั้น แต่ชุดพิเศษนี้ สามารถใส่ได้ถึง 1,000 – 2,000 แผ่น และสุดท้ายชุดเรียงกระดาษอัตโนมัติ ลูกยางเดินกระดาษต่างๆ ตัวเช็คสัญญาณกระดาษ จากตารางนี้ทั้งหมดเราจะสามารถทราบถึงอายุการเปลี่ยนอะไหล่ การทำความสะอาด การหล่อลื่น การตรวจสอบอะไหล่

ต่างๆให้เป็นไปตามกำหนด เพื่อให้เครื่องใช้งานได้ดีตลอดอายุการใช้งานชิ้นส่วนที่เปลี่ยนเป็นประจำตลอดอายุการใช้งาน

จากตารางใน ภาคผนวก ก สามารถที่จะทราบได้ว่าอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนตลอดอายุการใช้งาน 5 ปี หรือ 600,000 สำเนา เมื่ออย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน ทั้งหมด 29 รายการ เนื่องจากในเครื่องถ่ายเอกสารมีชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นมาเป็นเครื่อง 1 ตัวนั้น มีชิ้นส่วนมากกว่า 10,000 รายการ แต่มีเพียง 29 รายการที่มีอายุการใช้งานที่ชัดเจนโดยอายุการใช้งานนับเป็นจำนวนแผ่นที่ถ่ายเอกสารออกไปจากเครื่อง

จากตารางใน ภาคผนวก ค สามารถทราบได้ว่า ในท้องตลาด มีเครื่องถ่ายเอกสารรุ่นต่างๆ ของบริษัทริโก้อยู่มากมายหลายรุ่น โดยแต่ละรุ่น ก็จะมีอายุการใช้งานแตกต่างกัน รุ่นหนึ่งๆ หมดไปจากท้องตลาดก็จะมีรุ่นใหม่ๆมาทดแทนเสมอ จนปัจจุบันนี้ บริษัท ริโก้ มีเครื่องถ่ายเอกสารอยู่ในท้องตลาดทั้งหมด 150 รุ่น โดยแต่ละรุ่น ก็จะมีความสามารถหลากหลาย เช่น สามารถถ่ายเอกสาร, ปริ้น, สแกน, โทรสารได้ในตัวเดียวกัน โดยรุ่นต่างๆ สามารถดูได้ตามตาราง ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณตลอดอายุการใช้งาน

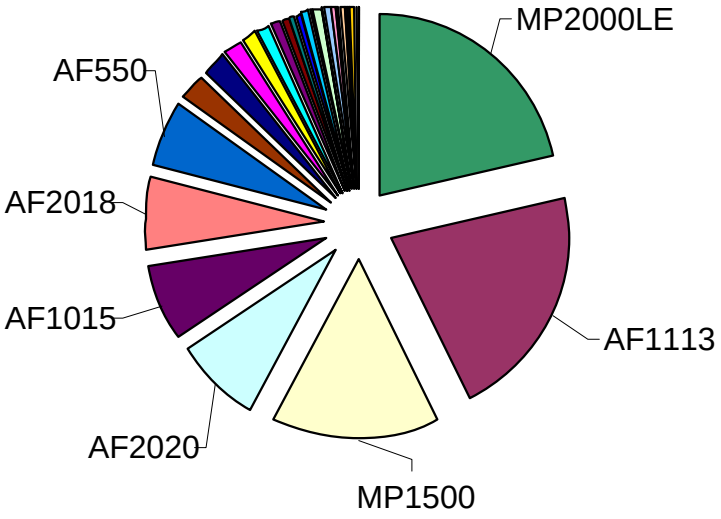
มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

AE011044 Hot Roller อายุการใช้งาน 120,000 สำเนา

$$\begin{aligned} 120{,}000 &= 1 \\ 600{,}000 &= A \\ A &= \frac{600{,}000 \times 1}{120{,}000} \\ &= 5 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

ตลอดอายุการใช้งานต้องเปลี่ยนอะไหล่ชิ้นนี้ จำนวน 5 ชิ้น

จากภาพที่ 2 สามารถเห็นได้ชัดว่า เครื่องถ่ายเอกสารของบริษัท ริโก้ รุ่นต่างๆ มีปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยเราจะคัดเลือกจากรุ่นที่มีอยู่ในท้องตลาดจำนวนมาก 3 รุ่น นำมาวิเคราะห์ หาค่าวัสดุต่างๆ โดยแยกประเภทของวัสดุ เพื่อจะแนะนำวัสดุที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า มาทดแทนในวัสดุเดิม ในครั้งนี้ได้แก่รุ่น MP2000LE, AF1113 และ MP1500



ภาพที่ 2 ส่วนแบ่งจำนวนเครื่องแต่ละรุ่น

ที่มา : บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, “ฐานข้อมูลลูกค้า,” เอกสารข้อมูลฝ่ายการตลาดของบริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, สิงหาคม 2551. (อัดสำเนา)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

8. วัสดุ

วัสดุ หมายถึง สาร(Substance) ที่สามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น ไม้ เหล็ก หิน คอนกรีต พลาสติก และยาง เป็นต้นโดยในการผลิตเครื่องถ่ายเอกสารได้มีการนำวัสดุหลากหลายชนิดนำมาผลิตแต่ในส่วนของชิ้นส่วนบำรุงรักษาพบว่ามีวัสดุที่นำมาผลิตอยู่ 4 ประเภท ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ยาง พลาสติก ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเฉพาะชิ้นส่วนบำรุงรักษามาวิเคราะห์

8.1 โลหะ(Metals)เป็นสารอนินทรีย์เป็นธาตุตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีมีความแข็งแรงสูงเหนียวถูกทุบเพื่อขึ้นรูปได้หากนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกันจะเรียกโลหะผสม (Alloy)โลหะสามารถแบ่งเป็น2ประเภทขึ้นอยู่กับการมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก

8.1.1 โลหะที่เป็นเหล็กและโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น เหล็กกล้าและเหล็กหล่อสามารถแบ่งได้เป็น เหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าเจือซึ่งมีธาตุอื่นเพิ่มเติมนอกจากคาร์บอนได้แก่ นิกเกิล โครเมียม แมงกานีส โมลิบดินัม ทังสเตน วานาเดียม ซิลิกอน ทองแดง เหล็กหล่อแบ่งออกเป็น เหล็กหล่อสีเทา ซึ่งมีแกรไฟต์มาก เหล็กหล่อสีขาวไม่มีแกรไฟต์ เหล็กหล่ออบเหนียว เหล็กหล่อเหนียวหรือเหล็กหล่อแกรไฟต์กลม เหล็กหล่อพิเศษ

8.1.2 โลหะที่ไม่มีเหล็ก(Nonferrous Metal)เป็นโลหะผสมที่ไม่มีเหล็กหรือหากมี

ก็ไม่ใช่องค์ประกอบหลัก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง นิกเกิล สังกะสี ดีบุก ตะกั่ว โลหะมีค่า ทอง เงิน แพลตตินัม โลหะหายาก อิตเทรียม ซีเรียม กลุ่มโลหะเบา ได้แก่ อลูมิเนียม แมกนีเซียม ไททาเนียม และลิเทียม

8.2 พอลิเมอร์ (Polymers) เป็นสารที่เกิดจากสารประกอบที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งเกิดจากการต่อกันของโมเลกุลเล็กๆเรียกMonomerและเกิดพันธะเคมีต่อเนื่องกันมีน้ำหนักโมเลกุลสูง พอลิเมอร์จึงเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเราอาจแบ่งพอลิเมอร์เป็น2ประเภทใหญ่ๆ

8.2.1 พลาสติก(Plastic)เป็นวัสดุสังเคราะห์ลักษณะแข็ง เช่น ท่อน้ำ(Polyvinyl Chloride หรือ PVC) ถุงพลาสติก (Polyethylene) ภาชนะบรรจุอาหาร (Polypropylene) พลาสติกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามความสามารถในการขึ้นรูปใหม่ได้แก่

8.2.1.1Thermoplastic เป็นพลาสติกที่สามารถทำให้หลอมเหลวและขึ้นรูปใหม่ได้ เนื่องจากไม่มีโครงสร้างเป็นเครือข่ายพลาสติกพวกนี้สามารถนำมารีไซเคิลได้โดยที่คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งจะสามารถทราบชนิดของพลาสติกได้จากเลขรหัสที่อยู่บนผลิตภัณฑ์นั้น

8.2.1.2 Thermo set เป็นพลาสติกที่ไม่อาจหลอมเหลวได้ เช่น กาวอีปอกซี หรือเมลามีน ซึ่งเป็นพลาสติกแข็งและทนความร้อนใช้ทำถ้วยกาแฟและถ้วยชาม

8.2.2 ยาง(Rubber) เป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากคล้ายแก้วและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอุณหภูมิทนต่อการยืดภายใต้แรงดึง เช่น ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ลิขสิทธิ์

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gonzalez and Navarro (2006 : 902-909) การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการสร้างบ้าน 3 หลัง มีการควบคุมการผลิตตั้งแต่เริ่มต้น จนสร้างบ้านเสร็จ ซึ่งได้เปรียบเทียบกับบ้านที่สร้างขึ้นแบบปกติ และบ้าน 3 หลังนี้ได้ถูกสร้างขึ้นในประเทศสเปน แบบมีระเบียง เป็นบ้านเชิงทาวเฮาส์ มีกำแพงติดกัน มีลมพัดผ่าน มีการคัดสรรวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างบ้าน โดยแต่ละวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกมาสร้างบ้านนั้นได้ถูกคัดสรรมาเพื่อมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าในอุปกรณ์ประเภทเดียวกัน ผู้วิจัยอ้างอิงงานวิจัยนี้เนื่องจากได้นำตารางการเปรียบเทียบวัสดุในการสร้างบ้านของงานวิจัยนี้มาเป็นส่วนหนึ่งในการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Dyer and Desjardins (2006 : 107-118) การกำหนดพลังงาน การปลดปล่อยพลังงานในฟาร์มอุตสาหกรรม เกษตรกรรมในแคนนาดา โดยลดการเผาผลาญพลังงานน้ำมันที่สูงในการทำงานในฟาร์ม ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยบริหารจัดการ ในการวิเคราะห์นี้ คือ Farm Field work and Fossil Fuel Energy and Emissions (F4E2) โดยการประมาณการที่จะลดการปลดปล่อย

คาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมนี้ สำหรับปี 1996 ต้องลดได้ไม่เกิน 2% เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับการสำรวจในปี 1981-2001 ต่อไป งานวิจัยมีส่วนเกี่ยวข้องโดยเน้นเรื่องการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

สมชาย มณีวรรณ์ และ ดุษฎี คำบุญเรือง (2551) การประเมินคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง หากมีการพัฒนาพลังงานน้ำ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยได้ทำการศึกษาวิเคราะห์จากผลของการศึกษาโครงการ ศักยภาพและพัฒนาพลังงานน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำยม จำนวน 12 โครงการ เพื่อนำไปเปรียบเทียบ กับโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้ถ่านหิน เพื่อนำมาประเมินค่า คาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ งานวิจัยนี้มีผลโดยทางตรงและทางอ้อมของงานวิจัยของผู้วิจัยเอง เนื่องจากการผลิตขึ้นรูปวัสดุต้องใช้แหล่งพลังงานต่างๆในการผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อผลิตขึ้นรูปวัสดุและฐานการผลิตกระแสไฟฟ้าของแต่ละประเทศยังต่างกันออกไป

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2551) ได้ทำการใช้การประเมินวัฏจักร ชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ในการประเมินอาคารในประเทศไทย ซึ่งอาคารพักอาศัยหลักในไทยนั้นมีโครงสร้างหลักอยู่ 3 ประเภท คือ โครงสร้างไม้ โครงสร้างคอนกรีต และโครงสร้างเหล็ก ในต่างประเทศพบว่าโครงสร้างไม้มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด แต่เนื่องจากในไทยโครงสร้างไม้ยังมีราคาแพง และการจัดการไม่ดีพอทั่วไปจึงนิยม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างเหล็ก ซึ่ง ผู้วิจัยเลือกนำมาประเมินหา สิ่งแวดล้อม โดยวิธี ผลกระทบ Ecoindicator 99 การประเมินนั้นผู้วิจัยเลือกศึกษาบ้านพักอาศัยขนาดกลาง เป็นอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวมีพื้นที่ 200 ตารางเมตร ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครมีอายุการใช้งาน 50 ปี กำหนดให้มีผู้อยู่อาศัย 4 คน ใช้น้ำ 350 ลิตรต่อคนต่อวัน ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 80 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ต่อตางรางเมตรต่อปี มีการบำรุงรักษาอาคารภายในตามปกติ ระหว่างอายุใช้งานมีการปรับปรุง 1 ครั้ง หลังจากครบอายุมีการทุบทำลาย และนำไปยังสถานที่ฝังกลบ จากผลการประเมินพบว่า การใช้โครงสร้างเหล็กในอาคารที่อาศัยนั้น มีสรรถภาพทางสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าอาคารคอนกรีตเล็กน้อย และสามารถปริมาณการใช้ซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำลงไปประมาณ 10 % เมื่อใช้เนื้อเหล็กเพิ่มขึ้น 27 % พลังงานในช่วงการใช้งานอาคารจะเป็นสัดส่วนมากที่สุดถึง 80% ของพลังงานทั้งหมด ดังนั้นการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานและใช้พลังงานจากแหล่งที่สะอาดก่อให้เกิดมลพิษน้อยเป็นหลัก การเลือกใช้วัสดุและการก่อสร้างอาคารส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลองลงมา งานวิจัยนี้มีส่วนคล้าย ใกล้เคียงกับงานวิจัยของผู้วิจัย เนื่องจากมีการประเมินวัสดุที่นำมาใช้งานก่อนการสร้างบ้าน โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากสุดมาหาน้อยสุด เพื่อนำมาใช้ ต่างตรงที่งานของผู้วิจัยเพิ่มการรีไซเคิลวัสดุด้วย

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

Gerilla, Teknomo and Hokao (2007 : 2778-2784) ได้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสิ่งก่อสร้างเพื่อการอยู่อาศัย 2 ประเภทหลัก คือไม้ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักในญี่ปุ่น และคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีอัตราการเพิ่มที่รวดเร็วมากในปัจจุบัน การประเมินจะใช้หลักของพลังงานที่ถูกใช้และการปลดปล่อยออกทางอากาศของก๊าซ ซึ่งประกอบด้วยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมวลฝุ่นสารฟุ้งกระจาย โดยการประเมินทั้งหมดจะทำทั่วทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (life cycle Assessment) จากการประเมินพบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสิ่งก่อสร้างทั้ง 2 ประเภท คอนกรีตเสริมเหล็กมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าไม้ โดยส่งผลให้เกิดปรากฏการโลกร้อนมากที่สุด โดยขั้นตอนที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือขั้นตอนของการก่อสร้าง ผู้แต่งจึงเสนอให้ออกแบบวงจรชีวิตให้ยาวมากขึ้น หรือใช้พลังงานทางเลือกขึ้น เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ หรือใช้ทั้ง 2 แบบด้วยกันก็สามารถลดการปลดปล่อยมลพิษคาร์บอนไดออกไซด์ได้

Babusiaux and Pierru (2007 : 828-841) ศึกษาการสร้างแบบจำลองการปันส่วนต้นทุนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากกฎหมาย การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มีผลกระทบต่อตลาดของยุโรปโดยอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันนั้น ต้องมีการรวมต้นทุนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในต้นทุนด้วย แต่ในอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันมีหลากหลายกิจกรรมการกลั่นและผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็แยกได้หลากหลายชนิด จึงมีความยุ่งยากในการหาวิธีปันส่วนต้นทุนให้กับการผลิตภัณฑ์ท้ายสุดให้เหมาะสม จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่าหากมีการกลั่นในปริมาณที่มากและต่อเนื่อง จะสามารถใช้ Linear Programming Model และ Life Cycle Assessment ในการกระจายเพื่อปันส่วนต้นทุนการปลดปล่อย CO_2 ได้ แต่หากเป็นการผลิตที่สั้นแล้วจะไม่สามารถปันส่วนได้ถูกต้อง

ส่วนงานวิจัยของผู้วิจัยเล่มนี้ ได้ประเมินตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสาร โดยเน้นเฉพาะชิ้นส่วนบำรุงรักษาเท่านั้น โดยได้นำตารางวัสดุของ Gonzalez มาประกอบในการคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่การที่นำตารางวัสดุของ Gonzalez มาใช้หาค่าประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจผิดเพี้ยนไป เนื่องจากฐานการใช้พลังงานผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยไม่เหมือนของ Gonzalez และ Gonzalez ยังนำตารางของ New Zealand มาใช้ในงานวิจัยของตนเองด้วย

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

บทที่ 3
ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณเครื่องถ่ายเอกสาร

ทำการศึกษาปริมาณจำนวนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ ที่มีอยู่ในประเทศไทยแยกเป็นจำนวนรุ่น ต่างๆ ข้อมูลนี้ได้จากการสำรวจของบริษัทริโก้ประเทศไทยเดือนสิงหาคม 2551 มีเครื่องถ่ายเอกสารริโก้อยู่ในประเทศไทยทั้งสิ้น 27,552 เครื่อง ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สำรวจเครื่องที่มีอยู่ในท้องตลาด

รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน
MP2000LE	3,824	AF2035E	222	MP5000	64
AF1113	3,650	MP3590	216	AF2032	60
MP1500	2,686	AF3045	206	AF1075	56
AF2020	1,354	MP1600L	203	AF2060	47
AF1015	1,214	AF3035	194	AF1027	43
AF2018	1,130	AF340	180	MP6500	43
AF550	1,016	AF200	169	AF2075	40
AF2022	905	MP4000	151	MPW2400	37
MP161SPF	894	AF1060BRC	151	AF450	34
AF2016	863	MP2580	141	AF2090	33
AF2020D	666	AF270	140	MP9000	32
MP1600LE	582	AF1060MRC	135	MV310	25
MP2590	548	AF2051	128	AF2105	24
AF3025	545	AF2027	126	MP1100	15
AF2018D	482	AF1045	113	AF551	9
MP3090	393	AF2035	111	MP7000	8
MP5500	379	MP3391	110	AF1105	6

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน
AF3030	367	AF1035	108	MV715	5
AF2045E	363	AF700	107	AF1075BRC	5
AF220	331	MP6000	104	MP1350	5
MP2550	280	MP7500	102	PRO906EX	4
AF1022	274	MP2000L	98	AF180	3
MP3350	264	MP8000	73	AF1085	2
MP4590	261	AF1060	71	AF400	1
AF1013	249	AF2045	71	AF1075MRC	1
			จำนวนเครื่องรวมทั้งหมด		27,552

ที่มา : บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด เดือน สิงหาคม 2551

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

2. ทำการรวบรวมข้อมูลวัสดุต่างๆ

รวบรวมปัญหาเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ อายุการใช้งานต่อหนึ่งเครื่อง มีชนิดใดบ้าง พร้อมทั้งแยกชนิดของวัสดุนั้นออกมาเป็นประเภทต่างๆ ได้แก่

2.1 ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า เป็นส่วนหนึ่งของชุดสร้างภาพ มีหน้าที่จ่ายประจุไฟฟ้าให้แก่ลูกกลิ้งสร้างภาพเพื่อสร้างภาพในรูปแบบต่างๆ

2.2 ลูกกลิ้งสร้างภาพ เป็นส่วนหัวใจของการสร้างภาพ เมื่อได้รับประจุไฟฟ้า จะทำหน้าที่สร้างภาพตามคำสั่งของต้นฉบับ

2.3 ซีล เป็นส่วนของตัวกันหมึกร่วงหลังจากสร้างภาพแล้ว

2.4 ยางปาดหมึก เป็นส่วนทำความสะอาดของลูกกลิ้งสร้างภาพหลังจากสร้างภาพแล้ว

2.5 ลูกกลิ้งลบประจุ หลังจากตัวทำความสะอาดทำงานแล้วจะคงเหลือประจุตกค้าง ลูกกลิ้งเคลียร์ประจุจะทำการลบประจุนั้นให้เป็นกลาง

2.6 ผงเหล็ก เป็นตัวนำผงหมึกไปสร้างภาพบนลูกกลิ้งสร้างภาพ

2.7 กระบอกหมึก ทำหน้าที่จ่ายหมึกเข้าไปในชุดผงเหล็กให้เหมาะสม

2.8 ลูกยางป้อนมือ เป็นส่วนป้อนกระดาษด้านข้างที่ละแผ่น

2.9 ยางกันซ้อนป้อนมือ เป็นส่วนดักกระดาษซ้อนเข้าไปในเครื่อง

2.10 สายพานป้อนกระดาษด้านบน เป็นส่วนป้อนต้นฉบับ

2.11 ลูกยางส่งกระดาษด้านบน เป็นส่วนดึงกระดาษเข้าไปในส่วนอ่านภาพเป็นส่วนต่อกับสายพานป้อนต้นฉบับ

2.12 ลูกยางกันซ้อนด้านบน เป็นส่วนดักกระดาษซ้อน

2.13 เขี้ยวแยกกระดาษ เป็นส่วนแยกกระดาษไม่ให้กระดาษม้วนหลังการถูกบีบอัดที่ชุดความร้อน

2.14 ลูกกลิ้งทำความสะอาด เป็นส่วนทำความสะอาดของชุดความร้อนเพื่อไม่ให้หมึกสกปรกที่ลูกกลิ้งความร้อนและลูกยางอัดกระดาษ

2.15 ตัววัดอุณหภูมิ เป็นส่วนควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมระหว่างถ่ายเอกสาร

2.16 คลัช เป็นส่วนจับและปล่อยกระดาษให้สอดคล้องกันระหว่างการสร้างภาพ

2.17 ลูกยางส่งกระดาษในถาด 1-2 เป็นส่วนส่งกระดาษในถาดกระดาษ

2.18 ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 1-2 เป็นส่วนป้อนกระดาษในถาด

2.19 ลูกยางกันซ้อนในถาด 1-2 เป็นส่วนดักกระดาษไม่ให้ซ้อน

2.20 ตลับลูกปืน เป็นส่วนหมุนของลูกกลิ้งความร้อนต้องรับแรงอัดประมาณ 6 กิโลกรัมจึงต้องเป็นเหล็ก

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

2.21 ลูกยางอัดกระดาษ เป็นส่วนรับแรงอัดจากลูกกลิ้งความร้อน

2.22 ลูกกลิ้งความร้อน เป็นส่วนให้ความร้อนในการละลายหมึกที่เป็นผงอยู่บนกระดาษแล้วบีบอัดให้แน่นเมื่อกระดาษผ่านไปส่วนของภาพหรือตัวหนังสือต่างๆบนกระดาษจะติดแน่นคงทน

2.23 วงแหวนอัดกระดาษ เป็นส่วนรองหัวท้ายของลูกกลิ้งอัดกระดาษ

2.24 ตัวดักกระดาษลูกดรัม เป็นส่วนดักกระดาษไม่ให้เข้าไปม้วนในลูกกลิ้งสร้างภาพ

2.25 ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า เป็นส่วนที่ทำหน้าที่จ่ายประจุแรงสูงเพื่อดึงดูดภาพบนลูกกลิ้งสร้างภาพลงมาบนกระดาษ ดังภาพที่ 3 เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุที่ทำการรวบรวม

3. ชั่งน้ำหนักวัสดุ

ทำการจดบันทึกโดยการชั่งซ้ำๆกัน 3 ครั้งจำนวน 5 ชิ้น ตามลำดับ แล้วบันทึกค่า โดยใช้เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง มีคุณสมบัติชั่งน้ำหนักสูงสุด 2000 กรัม ใช้ไฟฟ้า 24 โวลต์ วัสดุที่ชั่งอันได้แก่ ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า ลูกกลิ้งสร้างภาพ ซีล ยางปาดหมึก ลูกกลิ้งลบประจุไฟฟ้า ผงเหล็ก กระบอกหมึก ลูกยางป้อนมือ ยางกันซ้อนป้อนมือ สายพานป้อนกระดาษด้านบน ลูกยางส่งกระดาษ

ด้านบน ลูกยางกันซ้อนด้านบน เขี้ยวแยกกระดาษ ลูกกลิ้งทำความสะอาด ตัววัดอุณหภูมิ ลูกยางส่งกระดาษในถาด 1-2 ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 1-2 ลูกยางกันซ้อนในถาด 1-2 ตลับลูกปืน ลูกยางอัดกระดาษ ลูกกลิ้งความร้อน วงแหวนอัดกระดาษ ตัวดักกระดาษลูกดรัม ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า ทั้งหมดเป็นวัสดุที่ใช้บำรุงรักษาเครื่องที่มีอายุการใช้งาน เครื่องชั่งน้ำหนักดังภาพที่ 4

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 3 วัสดุก่อนชั่งน้ำหนัก

ภาพที่ 4 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

4. คำนวณวัสดุจากเครื่องถ่ายเอกสาร

คำนวณหาค่าวัสดุรวม โดยแยกวัสดุต่างๆ ออกจากกันแล้วนำวัสดุอย่างเดียวกันรวมแล้วชั่งน้ำหนัก ของแต่ละวัสดุ เพื่อนำมาเปรียบเทียบ ในตารางที่ 6 จะพบว่าวัสดุชนิดใดมีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 6 ตารางวัสดุที่มีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

งาน Task		**วัสดุ Material**	**ลักษณะเฉพาะ Specific Element**	**พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูป Embodied Energy (MJ/kg)**	**การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ /กก. Emission $KgCO_2/kg$**
(1)	โครงสร้าง Structure	คอนกรีต Concrete	คอนกรีตมวล 30 หน่วย Mass Concrete 30 Mpa	1.20	0.0194
		คอนกรีต Concrete	คอนกรีต (เหล็กรีไซเคิล)Concrete (Recycled Steel)	10.10	0.1631
		เหล็ก Steel	เหล็กดิบ Raw Steel	32.00	0.5168
		ไม้ Wood	ไม่มีความชื้นในอากาศ Air Dried	1.20	0.0000
		อลูมิเนียม Aluminum	อลูมิเนียมดิบ Raw Aluminum	191.00	3.0847
(4)	หลังคาหุ้มด้วยโลหะ Roofs Claddings	กระเบื้องคอนกรีต Concrete Tile		0.80	0.0129
		กระเบื้องเซรามิค Ceramic Tile		2.50	0.0404

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

งาน Task		วัสดุ Material	ลักษณะเฉพาะ Specific Element	พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูป Embodied Energy (MJ/kg)	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Emission $KgCO_2/kg$
		กระเบื้องไฟโบรเซอร์เมนท์ Fibrocement Tile		9.50	0.1534
(5)	หลังคากันน้ำ Roofs-Water Proofing	แผ่นกันน้ำซึม Waterproofing Sheets	โพลีเอสเตอร์ Polyester	53.70	0.8673
		ยางสังเคราะห์ Synthetic Rubber	ยางสังเคราะห์ทั่วไป General Synthetic Rubber	110.00	1.7765
(6)	ฝาปิดตามยาว Vertical Closures	อิฐเซรามิค Ceramic Brick		2.50	0.0404
		แผ่นกระดาษปิดฝาผนัง Plasterboard Partitions	ประกอบชิ้นส่วน Prefabricated	6.10	0.0985
(7)	โครงร่างหน้าต่างและประตูด้านนอก External Window And Door Frame	พีวีซี (ทั่วไป) PVC Profile	พีวีซี (ทั่วไป) PCV (General)	66.00	1.0659
		รูปโครงร่างภายนอก Profiles	อลูมิเนียม Aluminum	191.00	3.0847
(8)	งานไม้ Woodwork	โครงไม้ทิมเบอร์ Site Timber	ไม่มีความชื้นในอากาศ Air Dried	2.00	0.0000

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

งาน Task		วัสดุ Material	ลักษณะเฉพาะ Specific Element	พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูป Embodied Energy (MJ/kg)	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Emission $KgCO_2/kg$
(9)	วัสดุที่ใช้หุ้ม Claddings	ไม้ทิมเบอร์ Timber	แผ่นไม้อัด Veneer Dried In Autoclave	3.10	0.0000
		การฉาบปูนซีเมนต์ Cement Rendering		7.80	0.1260
		การฉาบด้วยยิปซั่ม Gypsum Plastering		4.50	0.0727
(12)	งานพื้น Floorings	กระเบื้องเซรามิคสำหรับปูพื้น Ceramic Floor Tiling	กระเบื้องเซรามิค Ceramic Tiles	2.50	0.0404
		หินเทียม Artificial Stone		2.50	0.0404
		หินทำพื้นจากธรรมชาติ Natural Stone Floor Slabs	ท้องถิ่น, พื้นเมือง Local	5.90	0.0953
		กระเบื้องเซรามิคสำหรับผนัง Ceramic Wall Tiling		2.50	0.0404

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

งาน Task		วัสดุ Material	ลักษณะเฉพาะ Specific Element	พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูป Embodied Energy (MJ/kg)	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Emission $KgCO_2/kg$
		แผ่นหินหนาที่ขัดแล้ว Terrazzo Slab		2.50	0.0404
		ไม้ Wood	ปาร์เก้ Parquet	3.10	0.0000
(14)	แผ่นที่ใช้ปิดหลังคา Roof Covering	มีความชื้น In site moisture	ยิปซั่ม Gypsum	4.50	0.0727
		กระดาน Boarding	พลาสเตอร์ Plaster	6.10	0.0985
(17)	ฉนวนสำหรับแนวตั้ง/แนวดิ่ง Vertical Insulation	โพลีเทสเตอร์อย่างขยาย Expanded Polystyrene		117.00	1.8896
		โพลียูรีเทสชนิดแข็ง Rigid Polyurethane		72.20	1.1660
		ไม้ก๊อก Cork	แผ่น Sheets	0.20	0.0032
(18)	แผ่นกันซึม Int. Waterproofing	โพลีเทน Polythene	ความหนาแน่นสูง High Density	98.20	1.5859
(19)	แผ่นกันซึมสำหรับพื้น Floor Waterproofing	ยางแอสฟัลต์ Asphalted Ting	ยางสังเคราะห์ Synthetic Rubber	110.00	1.7765
		โพลีเทน Polythene	ความหนาแน่นต่ำ Low Density	90.00	1.4535

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

งาน Task		วัสดุ Material	ลักษณะเฉพาะ Specific Element	พลังงานที่ใช้ในการขึ้นรูป Embodied Energy (MJ/kg)	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Emission $KgCO_2/kg$
(20)	งานกระจก Glazing	แก้ว Glass	ก๊าซบริสุทธิ์ Simple Gass	15.90	0.2568
(21)	งานท่อ Piping	ท่อพีวีซีสังเคราะห์ Synthetic PVC Pipe	ท่อพีวีซีทั่วไป General PVC	66.00	1.0659
		ท่อพีอีสังเคราะห์ Synthetic PE Pipe	ความหนาแน่นต่ำ Low Density	90.00	1.4535
		ท่อพีพีสังเคราะห์ Synthetic PP Pipe	ความหนาแน่นต่ำ Low Density	90.00	1.4535
		ทองแดง Copper	ไม่ได้ผ่านการรีไซเคิล Not recycled	0.60	0.0097

ที่มา : Architecture and the environment. Comparison of building elements - Life Cycle Analysis, New Zealand institute of Architects; D2. Maria Jesus Gonzalez. (2006) 902–909

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

5. วิเคราะห์วัสดุ

วิเคราะห์วัสดุที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้น้อยลง

6. ประเมินผล

ประเมินผลวิเคราะห์วัสดุทางเลือกและการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุ

7. สรุปผลและนำเสนอผลงาน

วิเคราะห์วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์จุดคุ้มทุน คุ้มค่าต่อการเปลี่ยนวัสดุหรือไม่ วิเคราะห์เปรียบเทียบหากเปลี่ยนแหล่งพลังงานคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงหรือไม่ วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานของลูกค้าในกลุ่มทั้ง 3 รุ่น

8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ทั้งหมดนี้สามารถดูภาพประกอบขั้นตอนการวิจัยได้ ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 แผนผัง ขั้นตอนการทำวิจัย

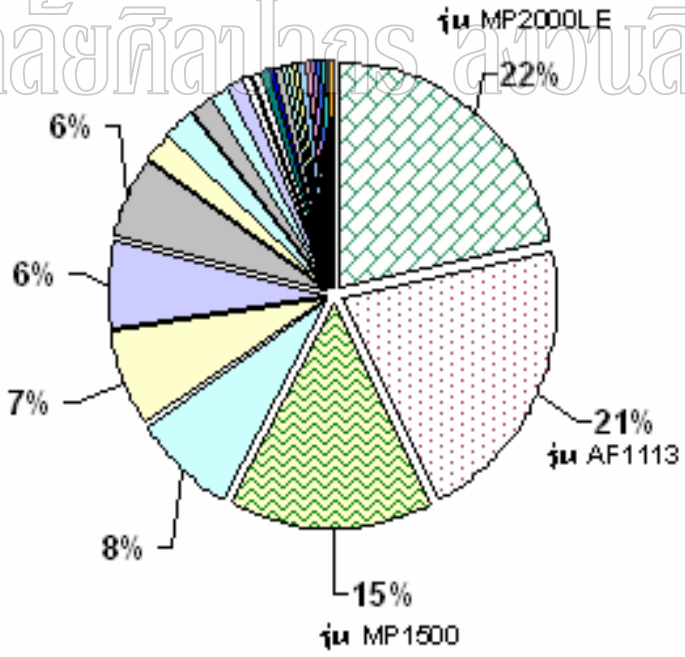
มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4. ผลการวิจัย

4.1 สัดส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทย จากผลการศึกษาข้อมูลเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ที่มีอยู่ในท้องตลาดพบว่ามีเครื่องถ่ายเอกสารริโก้หลากหลายรุ่นเป็นจำนวนมาก จากภาพที่ 6 มีจำนวนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทยทั้งสิ้น 27,552 เครื่อง แบ่งเป็นรุ่น MP200LE 3,824 เครื่อง คิดเป็น 22 % รุ่น AF1113 3,650 เครื่อง คิดเป็น 21% รุ่น MP1500 2,686 เครื่อง คิดเป็น 15 % รุ่น AF2020 1,354 เครื่อง คิดเป็น 8 % รุ่น AF1015 1,214 เครื่อง คิดเป็น 7 % รุ่น AF2018 1,130 เครื่อง คิดเป็น 6% รุ่น AF550 1,016 เครื่อง คิดเป็น 6 % และรุ่นอื่นๆตามลำดับ สามารถดูตามภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์



ภาพที่ 6 อัตราส่วนจำนวนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในท้องตลาด

สรุปได้ว่ามีเครื่องถ่ายเอกสารจำนวน 3 รุ่นที่มีอัตราส่วนมากที่สุด คิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ของเครื่องริโก้ทั้งหมดในประเทศไทยและอัตราส่วนที่มาก จึงหมายความถึงเครื่องทั้งสามรุ่นนี้สามารถเป็นตัวแทน ของเครื่องริโก้ทั้งหมดในประเทศไทยได้ โดยงานวิจัยนี้จึงเลือก 3 รุ่นนี้นำมาวิเคราะห์ผล ได้แก่รุ่น MP2000LE มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 3,824 เครื่อง รุ่น AF1113 มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 3,650 เครื่อง รุ่น MP1500 มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 2,686 เครื่อง

4.2 ชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสาร ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 7 ตารางบำรุงรักษา

ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน/สำเนา	ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน/สำเนา
1	ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า	60,000	16	ลูกยางส่งกระดาษในถาด1	120,000
2	ลูกกลิ้งสร้างภาพ	60,000	17	ลูกยางกันซ้อนในถาด1	120,000
3	ซีล	60,000	18	สายพานป้อนด้านบน	80,000
4	ยางปาดหมึก	60,000	19	ลูกยางส่งกระดาษด้านบน	80,000
5	ลูกกลิ้งเคลียร์ปะจุ	60,000	20	ลูกยางกันซ้อนด้านบน	80,000
6	ผงเหล็ก	60,000	21	ลูกยางป้อนมือ	120,000
7	กระบอกหมึก	120,000	22	ยางกันซ้อนป้อนมือ	120,000
8	เขี้ยวแยกกระดาษ	120,000	23	คลัช	120,000
9	ลูกกลิ้งทำความสะอาด	120,000	24	ลูกยางป้อน ถาด2	120,000
10	ตัววัดอุณหภูมิ	120,000	25	ลูกยางส่งกระดาษในถาด2	120,000
11	ตัวตัดอุณหภูมิ	120,000	26	ลูกยางกันซ้อนในถาด2	120,000
12	ลูกปืน	120,000	27	ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	120,000
13	ลูกยางอัดกระดาษ	120,000	28	วงแหวนอัดกระดาษ	120,000
14	ลูกกลิ้งความร้อน	120,000	29	ตัวดักกระดาษลูกดรัม	60,000
15	ลูกยางป้อน ถาด1	120,000			

ที่มา : บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด, คู่มือการซ่อมเครื่องถ่ายเอกสาร รุ่น 1113 (โอซาก้า : บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด, 2544), 2-1.

จากผลการศึกษา ชิ้นส่วนบำรุงรักษาเครื่องถ่ายเอกสารทั้ง 3 รุ่นนี้มีชิ้นส่วนที่ต้องเปลี่ยนเป็นจำนวนมากแต่มีชิ้นส่วนเพียง 29 รายการ ที่มีอายุการใช้งานที่แน่นอนต้องเปลี่ยนตาม

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

อายุการใช้งานตามตารางบำรุงรักษาโดยการถ่ายเอกสาร จะนับจากอายุการใช้งานเป็นจำนวนหน้ากระดาษที่ถ่ายเอกสารตามที่ผู้ผลิตเครื่องกำหนดนอกจากนี้เป็นเพียงชิ้นส่วนที่ต้องเปลี่ยนเมื่อเครื่องเกิดความเสียหาย ในการใช้งานไม่ได้ตามปกติเท่านั้น และส่วนอื่นๆที่ไม่ต้องเปลี่ยนเพียงแต่หล่อลื่นหรือเช็ดทำความสะอาด

ดังนั้นสรุปได้ว่า งานวิจัยนี้จึงนำเฉพาะชิ้นส่วนบำรุงรักษาทั้งหมด 29 ชิ้นส่วนนำมาวิเคราะห์ นอกจากนี้เป็นเพียงชิ้นส่วนที่ต้องเปลี่ยนเมื่อเครื่องเกิดความเสียหาย ในการใช้งานไม่ได้ตามปกติเท่านั้น และส่วนอื่นๆที่ไม่ต้องเปลี่ยนเพียงแต่หล่อลื่นหรือเช็ดทำความสะอาดเท่านั้น

4.3 ประเภทของวัสดุและการชั่งน้ำหนัก จากผลการศึกษาชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารทั้งหมด 29 รายการ โดยนำชิ้นส่วนแต่ละชิ้นชั่งน้ำหนักแยกประเภทวัสดุแล้วคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละวัสดุ สามารถดูตัวอย่างการคำนวณตามตารางในภาคผนวก ก และ ภาคผนวก ข ในงานวิจัยนี้ จะพบชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารจำนวน 29 รายการที่นำมาวิเคราะห์ พบว่าในการชั่งจะได้น้ำหนักรวมของชิ้นส่วนนั้นๆ แต่ในชิ้นส่วนของเครื่องถ่ายเอกสารพบว่ามีวัสดุ 1-2 ชนิด ประกอบอยู่ด้วยกัน จึงต้องทำการแยกประเภทวัสดุออกจากกัน แล้วชั่งน้ำหนักซ้ำวัสดุที่พบได้แก่ เหล็ก พลาสติก อลูมิเนียม ยาง ดังตารางที่ 8 วัสดุที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด 29 รายการ มีน้ำหนักรวมมากที่สุดได้แก่ ผงเหล็ก มีน้ำหนักถึง 1,000 กรัม ลูกยางอัดกระดาษ มีน้ำหนัก 568.024 $\pm$ 0.003 กรัม กระบอกหมึกน้ำหนัก 207.150 $\pm$ 0.003 กรัม ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า 174.450($\pm$ 0.0001) กรัม ลูกกลิ้งดึงดูดประจุไฟฟ้า ตามลำดับ และที่น้อยที่สุดได้แก่ ตัวดักกระดาษลูกดรัมน้ำหนัก 0.617 $\pm$ 0.002 กรัม โดยน้ำหนักแต่ละวัสดุนี้จะนำไปคำนวณหาค่าการเผาผลาญพลังงานและค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 8 ตารางชั่งน้ำหนักวัสดุ 5 ชิ้น

อะไหล่ (Part)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 1 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 2 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 3 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 4 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 5 (g)	ค่าน้ำหนักของวัสดุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)
ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า (Charge Corona)	174.451	174.450	174.450	174.450	174.451	174.450($\pm$ 0.0001)
ลูกกลิ้งสร้างภาพ (OPC Drum)	77.650	77.652	77.651	77.650	77.650	77.651 $\pm$ 0.002
ซีล (Entrance Seal)	25.155	25.155	25.153	25.152	25.150	25.153 $\pm$ 0.003

ตารางที่ 8 (ต่อ)

อะไหล่ (Part)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 1 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 2 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 3 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 4 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 5 (g)	ค่าน้ำหนักของวัสดุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)
ยางปาดหมึก (Cleaning Blade)	96.403	96.403	96.402	96.403	96.403	96.403 ± 0.001
ผงเหล็ก (Development)	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000 ± 0.000
กระบอกหมึก (Toner Supply)	207.151	207.150	207.151	207.150	207.149	207.150 ± 0.003
เขี้ยวแยกกระดาษ (Hot Roller Stripper)	0.757	0.755	0.755	0.756	0.757	0.756 ± 0.002
ลูกกลิ้งทำความสะอาด (Cleaning Roller)	100.414	100.412	100.414	100.415	100.413	100.414 ± 0.003
ตัววัดอุณหภูมิ (Thermister)	0.571	0.570	0.570	0.570	0.571	0.570 ± 0.013
ตัวตัดอุณหภูมิ (Thermofuse)	0.954	0.955	0.955	0.956	0.955	0.955 ± 0.001
ลูกปืน (Ball Bearing)	25.553	25.554	25.552	25.554	25.556	25.554 ± 0.001
ลูกยางอัดกระดาษ (Pressure Roler)	568.025	568.022	568.021	568.025	568.025	568.024 ± 0.003
ลูกกลิ้งความร้อน (Hot Roller)	55.419	55.420	55.419	55.418	55.421	55.419 ± 0.002
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด1 (Paper Feed Roller)	11.464	11.460	11.461	11.463	11.464	11.462 ± 0.003
ลูกยางส่งกระดาษในถาด1 (Pickup Roller)	13.167	13.165	13.167	13.161	13.166	13.165 ± 0.004
ลูกยางกันซ้อนในถาด1 (Separation Roller)	11.492	11.495	11.496	11.497	11.491	11.494 ± 0.004
สายพานป้อนกระดาษด้านบน (Feed Belt)	2.817	2.816	2.815	2.817	2.82	2.817 ± 0.003
ลูกยางส่งกระดาษด้านบน (Pick up Roller)	11.79	11.79	11.8	11.81	11.8	11.798 ± 0.011

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

อะไหล่ (Part)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 1 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 2 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 3 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 4 (g)	น้ำหนักวัสดุชิ้นที่ 5 (g)	ค่าน้ำหนักของวัสดุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)
ลูกยางกันซ้อนด้านบน (Separation Roller)	8.125	8.121	8.121	8.123	8.125	8.123 ± 0.002
ลูกยางป้อนมือ (By Pass Feed)	39.421	39.423	39.421	39.423	39.425	39.423 ± 0.001
ยางกันซ้อนป้อนมือ (Separate)	6.755	6.757	6.754	6.755	6.754	6.755 ± 0.002
คลัชฟีดกระดาษ(Magnetic Clutch)	57.775	57.774	57.775	57.774	57.773	57.774 ± 0.002
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด2 (Paper Feed Roller)	11.464	11.460	11.461	11.463	11.464	11.462 ± 0.003
ลูกยางส่งกระดาษในถาด2 (Pickup Roller)	13.167	13.166	13.167	13.165	13.163	13.166 ± 0.003
ลูกยางกันซ้อนในถาด2 (Separation Roller)	11.492	11.492	11.491	11.494	11.495	11.493 ± 0.003
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า (Transfer Unit Assy)	157.035	157.035	157.034	157.034	157.032	157.034 ± 0.002
วงแหวนอัดกระดาษ (Bushing Press)	3.456	3.455	3.453	3.452	3.451	3.453 ± 0.003
ตัวดักกระดาษลูกดรัม (Pick Pall)	0.617	0.617	0.616	0.615	0.617	0.616 ± 0.002

หมายเหตุ : ค่าความคลาดเคลื่อนในวงเล็บ แสดงถึงค่าที่คำนวณแล้วพบว่ามีตำแหน่งทศนิยมมากกว่าที่วัดได้จากเครื่องชั่งน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ดังนั้นสรุปได้ว่ามีชิ้นส่วนที่นำมาชั่งในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 29 รายการและในแต่ละรายการยังมีวัสดุ 2 ชนิดประกอบอยู่จึงต้องทำการแยกและชั่งน้ำหนักซ้ำเพื่อแยกน้ำหนักแต่ละวัสดุออก และทำการหาค่าความเชื่อมั่นของวัสดุที่ 95 %

4.4 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากตารางที่ 9 แสดงให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานขึ้นรูปของชิ้นส่วนเครื่องถ่าย

เอกสารทั้งหมด 29 รายการ โดยพบว่าชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมมากที่สุดได้แก่ ลูกยางอัดกระดาษ 0.592 ($\pm$ 0.001428) $KgCO_2$ ผงเหล็ก 0.517 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งสร้างภาพ 0.229($\pm$ 0.000343) $KgCO_2$ กระบอกหมึก 0.214($\pm$ 0.001019) $KgCO_2$ ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า 0.139($\pm$ 0.000014)$KgCO_2$ ตามลำดับ แต่หากแยกแต่ละวัสดุแล้วพบว่า ผงเหล็กปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มากที่สุด แต่หากเทียบวัสดุต่อหน่วยเท่ากัน อลูมิเนียมจะปลดปล่อยมากที่สุด (ดูภาคผนวก ข ประกอบ)

ตารางที่ 9 ตารางการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อะไหล่	**น้ำหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)**	**ชนิดวัสดุ**	**น้ำหนัก (g)**	**พลังงานขึ้นรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95%**	**การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 95% (g)**
ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า (Charge Corona)	174.450	เหล็ก(Steel)	135.402	4.333 ($\pm$ 0.000433)	0.070 ($\pm$ 0.000007)
		ยาง(Rubber)	39.038	4.294 ($\pm$ 0.000429)	0.069 ($\pm$ 0.000007)
ลูกกลิ้งสร้างภาพ (OPC Drum)	77.651	อลูมิเนียม (Aluminum)	72.155	13.782 $\pm$ 0.021	0.223 ($\pm$ 0.000334)
		พลาสติก (Plastic)	5.495	0.363 $\pm$ 0.001	0.006 ($\pm$ 0.000009)
ซีล (Entrance Seal)	25.153	เหล็ก(Steel)	19.255	0.616 $\pm$ 0.002	0.010 ($\pm$ 0.000025)
		ยาง(Rubber)	5.900	0.649 $\pm$ 0.002	0.011 ($\pm$ 0.000026)
ยางปาดหมึก (Cleaning Blade)	96.403	เหล็ก(Steel)	86.416	2.765 $\pm$ 0.001	0.045 ($\pm$ 0.000022)
		ยาง(Rubber)	9.987	1.099 $\pm$ 0.001	0.018 ($\pm$ 0.000009)
ลูกกลิ้งลบปะจุ (Cleaning Brush)	69.170	เหล็ก(Steel)	62.551	2.002 $\pm$ 0.006	0.032 ($\pm$ 0.000097)
		ยาง(Rubber)	6.619	0.728 $\pm$ 0.002	0.012 ($\pm$ 0.000035)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 9 (ต่อ)

อะไหล่	น้ำหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)	ชนิดวัสดุ	น้ำหนัก (g)	พลังงานขึ้นรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 95% (g)
กระบอกหมึก (Toner Supply)	207.150	พลาสติก (Plastic)	195.190	12.883 ± 0.039	0.208 ± 0.001
		เหล็ก(Steel)	11.960	0.383± 0.001	0.006 (± 0.000019)
ผงเหล็ก (Develop Meant)	1,000	ผงคาร์บอน	ไม่สามารถแยกชั่งนำหนักได้	0.000	0.000
		เหล็ก(Steel)	1,000.00	32.000 ± 0.000	0.517± 0.000
เขี้ยวแยกกระดาษ (Hot Roller Stripper)	0.756	พลาสติก (Plastic)	0.757	0.050 (±0.000075)	0.001 (± 0.000001)
ลูกกลิ้งทำความสะอาด (Cleaning Roller)	100.414	เหล็ก(Steel)	100.414	3.213 ± 0.010	0.052 (± 0.000156)
ตัววัดอุณหภูมิ (Thermister)	0.570	พลาสติก (Plastic)	0.273	0.018(±0.000234)	(0.0003)(± 0.000004)
		เหล็ก(Steel)	0.297	0.010 (± 0.000124)	(0.0002) (± 0.000002)
ตัวตัดอุณหภูมิ (Thermo fuse)	0.955	อลูมิเนียม (Aluminum)	0.955	0.182 (±0.000182)	0.003 (± 0.000003)
ลูกปืน (Ball Bearing)	25.554	เหล็ก(Steel)	25.554	0.818 ± 0.002	0.013 (± 0.000040)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

อะไหล่	น้ำหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)	ชนิดวัสดุ	น้ำหนัก (g)	พลังงานขึ้นรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 95% (g)
ลูกยางอัดกระดาษ (Pressure Roller)	568.024	ยาง(Rubber)	236.718	26.039 ± 0.065	0.421 ± 0.001
		เหล็ก(Steel)	331.307	10.602 ± 0.027	0.171 (± 0.000428)
ลูกกลิ้งความร้อน (Hot Roller)	55.419	อลูมิเนียม (Aluminum)	55.419	10.585 ± 0.016	0.171 (± 0.000256)
		เทปลอน	ไม่สามารถแยกชั่งน้ำหนักได้		
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 1 (Paper Feed Roller)	11.462	พลาสติก (Plastic)	5.677	0.375 ± 0.001	0.006 (± 0.000015)
		ยาง(Rubber)	5.786	0.637 ± 0.002	0.010 (± 0.000026)
ลูกยางส่งกระดาษในถาด 1 (Pickup Roller)	13.165	พลาสติก (Plastic)	7.470	0.493 ± 0.002	0.008 (± 0.000028)
		ยาง(Rubber)	5.697	0.627 ± 0.002	0.010 (± 0.000035)
ลูกยางกันซ้อนในถาด1 (Separation Roller)	11.494	พลาสติก (Plastic)	3.812	0.252 ± 0.001	0.004 (± 0.000014)
		ยาง(Rubber)	7.680	0.845 ± 0.003	0.014 (± 0.000048)
ลูกยางกันซ้อนในถาด1 (Separation Roller)	11.494	พลาสติก (Plastic)	3.812	0.252 ± 0.001	0.004 (± 0.000014)
		ยาง(Rubber)	7.680	0.845 ± 0.003	0.014 (± 0.000048)
สายพานป้อนกระดาษด้านบน (Feed Belt)	2.817	ยาง(Rubber)	2.817	0.310 ± 0.001	0.005 (± 0.000013)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

อะไหล่	น้ำหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)	ชนิดวัสดุ	น้ำหนัก (g)	พลังงานขึ้นรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 95% (g)
ลูกยางส่งกระดาษด้านบน (Pickup Roller)	11.798	พลาสติก (Plastic)	1.639	0.108 ± 0.001	0.002 (± 0.000018)
		ยาง(Rubber)	10.151	1.117 ± 0.012	0.018 (± 0.000189)
ลูกยางกันซ้อนด้านบน (Separation Roller)	8.123	พลาสติก (Plastic)	4.357	0.288 (±0.000431)	0.005 (± 0.000007)
		ยาง(Rubber)	3.768	0.415 ± 0.001	0.007(± 0.000010)
ลูกยางป้อนมือ (By Pass Feed)	39.423	พลาสติก (Plastic)	10.900	0.719 (±0.000360)	0.012 (± 0.000006)
		ยาง(Rubber)	28.521	3.137 ± 0.002	0.051 (± 0.000025)
ยางกันซ้อนป้อนมือ (Separate)	6.755	พลาสติก (Plastic)	3.145	0.208 (±0.000311)	0.003 (± 0.000005)
		ยาง(Rubber)	3.610	0.397 ± 0.001	0.006 (± 0.000010)
คลัชฟีดกระดาษ Magnetic Clutch)	57.774	เหล็ก(Steel)	44.664	1.429 (±0.002144)	0.023 (± 0.000035)
		พลาสติก (Plastic)	13.111	0.865 ± 0.001	0.014 (± 0.000021)
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 2 (Paper Feed Roller)	11.462	พลาสติก (Plastic)	5.677	0.375 ± 0.001	0.006 (± 0.000015)
		ยาง(Rubber)	5.786	0.637 ± 0.002	0.010 (± 0.000026)
ลูกยางส่งกระดาษในถาด 2 (Pickup Roller)	13.166	พลาสติก (Plastic)	7.470	0.493 (±0.001233)	0.008 (± 0.000020)
		ยาง(Rubber)	5.697	0.627 ± 0.002	0.010 (± 0.000025)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตารางที่ 9 (ต่อ)

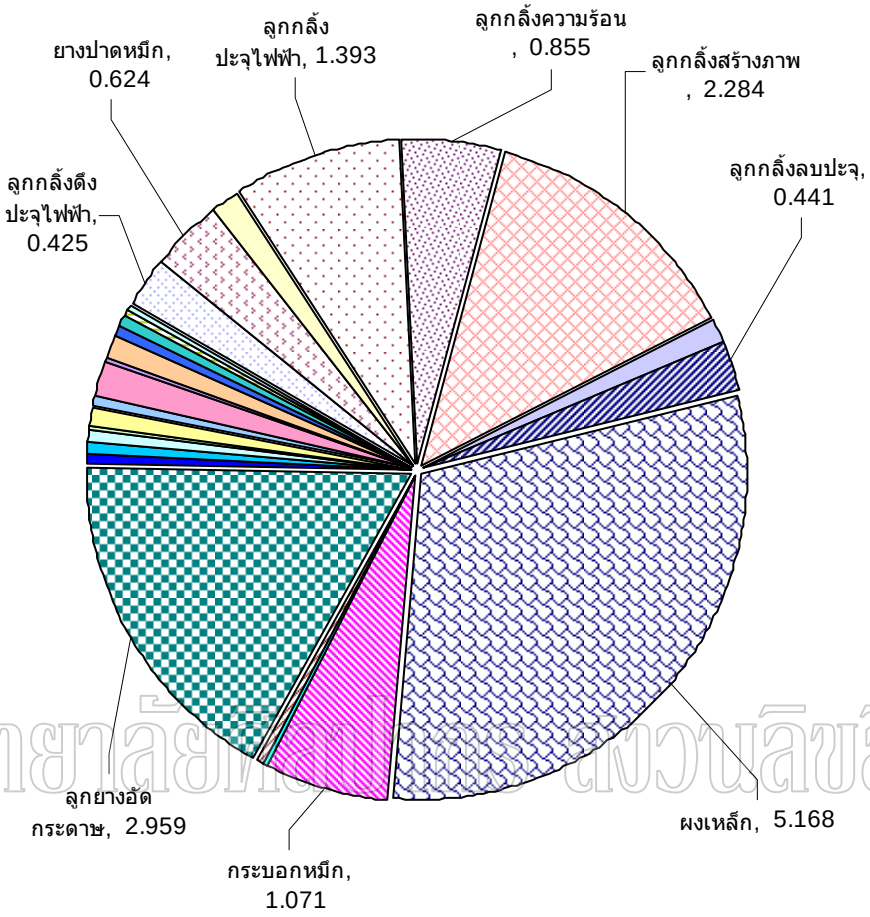
อะไหล่	น้ำหนักที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (g)	ชนิดวัสดุ	น้ำหนัก (g)	พลังงานขึ้นรูปที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 95% (g)
ลูกยางกันซ้อนในถาด2 (Separation Roller)	11.493	พลาสติก (Plastic)	3.812	0.252 ± 0.001	0.004 (± 0.000010)
		ยาง(Rubber)	7.680	0.845 (±0.002112)	0.014 (± 0.000034)
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า (Transfer Unit Assy)	157.034	ยาง(Rubber)	2.707	0.298 (±0.000596)	0.005 (± 0.000010)
		เหล็ก(Steel)	154.328	4.938 (±0.009876)	0.080 (± 0.000160)
วงแหวนอัดกระดาษ (Bushing Press)	3.453	พลาสติก (Plastic)	3.456	0.228 ± 0.001	0.004 (± 0.000009)
ตัวดักกระดาษลูกดรัม (Pick Pall)	0.616	พลาสติก (Plastic)	0.617	0.041 (±0.000061)	0.001 (± 0.000001)

หมายเหตุ : ค่าความคลาดเคลื่อนในวงเล็บ แสดงถึงค่าที่คำนวณแล้วพบว่ามีตำแหน่งทศนิยมมากกว่าที่วัดได้จากเครื่องชั่งน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ดังนั้นสรุปได้ว่า วัสดุทั้งหมด 29 รายการหากพิจารณาที่วัสดุพบว่ามีวัสดุประกอบได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ยาง พลาสติก แต่ละวัสดุพบปริมาณปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากน้อยต่างกันดังนั้น แต่หากพิจารณาที่ปริมาณวัสดุที่เท่ากันจะพบว่า อลูมิเนียม มีปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุด รองลงมา คือ เหล็ก ยาง และพลาสติก ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้จึงหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในวัสดุที่มีผลกระทบมากที่สุด ได้แก่ อลูมิเนียม และเหล็ก ต่อไป

4.5 แสดงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เครื่อง



มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

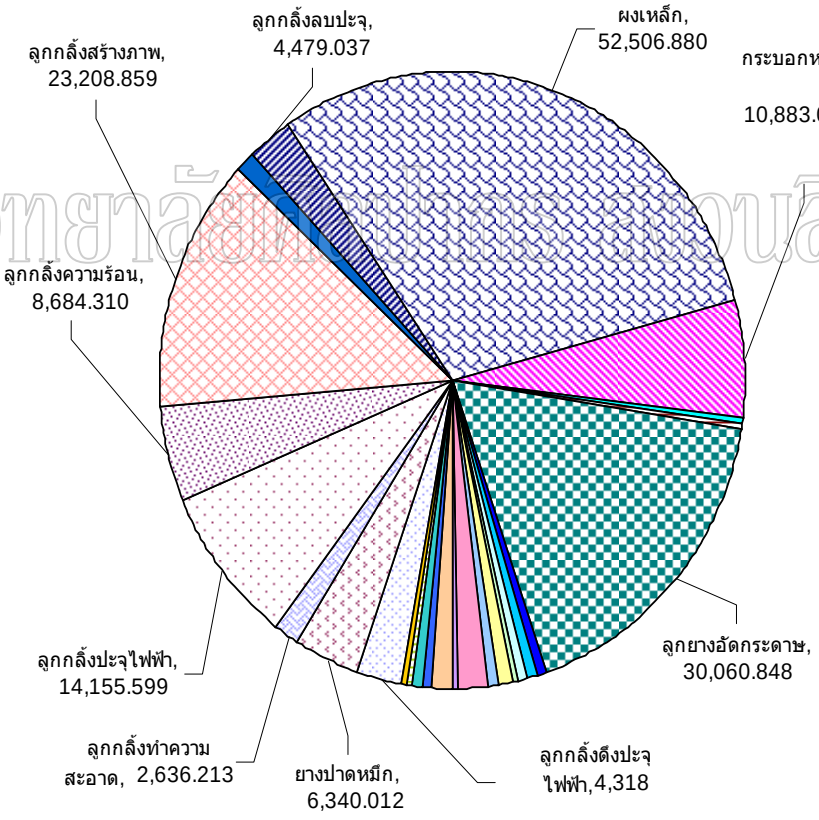
ภาพที่ 7 แสดงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 เครื่อง

จากภาพที่ 7 แสดงให้ทราบถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง พบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องถ่ายเอกสารตลอดอายุการใช้งานมีค่ารวม 17.134 $\pm$ 0.023 $KgCo_2$ แยกเป็นผงเหล็ก 5.168 $KgCO_2$ ลูกยางอัดกระดาษ 2.959 $\pm$ 0.001 $KgCo_2$ ลูกกลิ้งสร้างภาพ 2.284 ($\pm$ 0.000343)$KgCo_2$ ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า 1.393($\pm$ 0.000014)$KgCo_2$ ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า 0.425 ($\pm$ 0.000170)$KgCo_2$ ลูกกลิ้งความร้อน 0.855 ($\pm$ 0.000256)$KgCo_2$ ยางปาดหมึก 0.624 ($\pm$ 0.000031)$KgCo_2$ ตามลำดับ จากทั้งหมด 29 ชิ้นส่วน โดยมีอัตราส่วนของผงเหล็กมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนจำนวน 28.57 เปอร์เซ็นต์ อันดับต่อมาลูกยางอัดกระดาษ 16.36 เปอร์เซ็นต์ และลูกกลิ้งสร้างภาพ 12.60 เปอร์เซ็นต์ หากพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชิ้นส่วนที่มีการปลดปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์มากสุดในลำดับต้นๆ ควรมีกระบวนการจัดการปรับปรุงแก้ไขทางใดทางหนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยเห็นสอดคล้องกับงานวิจัย Gonzalez et al. สมควรหาแนวทางลดโดยการเลือกใช้วัสดุทดแทนที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมและมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ามาทดแทน ตามภาพที่ 7 แสดงให้ทราบถึงการปลดปล่อยเพียง 1เครื่องเท่านั้น หากพิจารณาทั้งหมดของงานวิจัยนี้จึงทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดังภาพที่ 8

ดังนั้นสรุปได้ว่า ตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง 1 เครื่อง มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของชิ้นส่วนบำรุงรักษารวม 17.134$\pm$ 0.023 $KgCo_2$ จากชิ้นส่วนที่ใช้ในงานวิจัย 29 ชิ้นส่วน

4.6 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเครื่องทั้งหมด



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ภาพที่ 8 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของเครื่องทั้งหมด

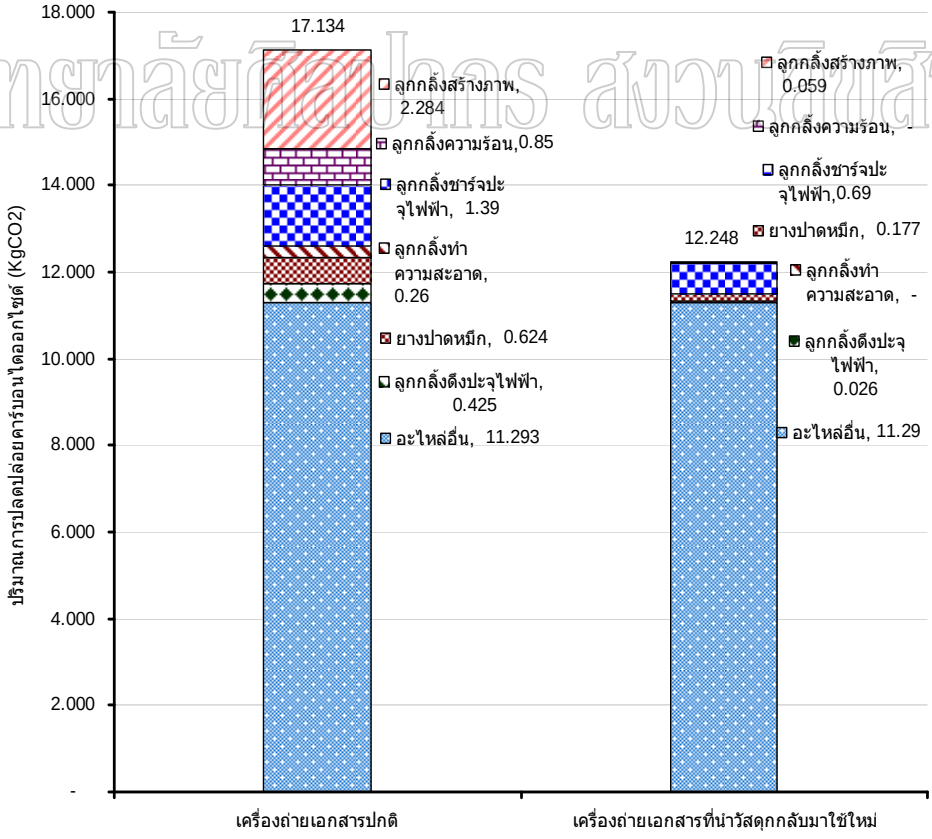
จากภาพที่ 8 แสดงให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ทั้งหมด 3 รุ่นได้แก่ AF1113,MP2000LE,MP1500 ที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งงานวิจัยนี้นำมาวิเคราะห์ทั้งสิ้น จำนวน 10,160 เครื่อง จึงทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งสิ้น 174,077.445 $\pm$ 237.867 $KgCo_2$ แยกเป็นอันดับหนึ่งผงเหล็ก 52,506.880 $KgCO_2$ ผงเหล็กเป็นสื่อนำพาผงหมึกไปสร้างภาพบนกระดาษไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือทดแทนด้วยวัสดุอื่นจากระบวนการนี้ สาเหตุเพราะผงเหล็กมีรูปทรงก่อนการใช้งาน หลังจากการใช้งานรูปทรงจะเปลี่ยนไปจากการเสียดสีของตัวมันเองและจะเสื่อมคุณภาพลง อันดับสองลูกยางอัดกระดาษ 30,060.848 $\pm$ 75.152 $KgCo_2$ ไม่สามารถนำกลับมาใช้ เนื่องจากลูกยางจะโดยบีบอัดจนยางและเหล็กเสียรูปจากการใช้งาน อันดับสาม ลูกกลิ้งสร้างภาพ 23,208.856 $\pm$ 34.813 $KgCo_2$ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยผ่านกระบวนการลอกผิวเดิมแล้วเคลือบผิวใหม่ อันดับสี่และห้า ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้า 4,318 $\pm$ 8.595 $KgCo_2$ ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า 14,155.599 $\pm$ 1.416 $KgCo_2$ ทั้งสองชนิดสามารถนำเหล็กกลับมาใช้ใหม่โดยลอกผิวยางออกแล้วหุ้มยางใหม่ อันดับหก ลูกกลิ้งความร้อน 8,684.310 $\pm$ 13.026 $KgCo_2$ สามารถนำอลูมิเนียมกลับมาใช้ใหม่โดยลอกผิวเทปล่อนออกแล้วเคลือบใหม่ อันดับเจ็ดยางปาดหมึก 6,340.012 $\pm$ 3.170 $KgCo_2$ สามารถนำเหล็กกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยลอกยางออกแล้วติดยางใหม่ใส่เข้าไปแทน นอกจากวัสดุเหล่านี้แล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำวัสดุมาทดแทนของในกระบวนการทำงานนี้ จากผลการวิจัย มีชิ้นส่วนทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้ 29 ชิ้นส่วน มี 6ชิ้นส่วนที่สามารถนำสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และมี 2 ชิ้นส่วนที่สามารถนำสู่กระบวนใช้วัสดุทดแทน

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ดังนั้นสรุปได้ว่า ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ MP2000LE, MP1500 และ AF1113 มีปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งหมด 174,077.445 $\pm$ 237.867 $KgCo_2$ โดยพบวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ 6 ชิ้นส่วนและนำวัสดุมาทดแทน 2 ชิ้นส่วน ดังที่จะแสดงในภาพที่ 9,10,11,12 ตามลำดับ ต่อไป

4.7 การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งาน ของ 1 เครื่อง จากภาพที่ 9 และตารางที่ 10 แสดงให้ทราบถึง เมื่อทำการคัดเลือกวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ โดยเลือกชิ้นส่วนที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากและวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการหลอมละลายขึ้นรูปใหม่ 6 ชิ้นส่วน ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพ ลูกกลิ้งความร้อน ยางปาดหมึก ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้า ลูกกลิ้งทำความสะอาด และลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่องมีปริมาณปลดปล่อยรวมทั้งหมด 17.134 $\pm$ 0.023 $KgCO_2$ หลังจากการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่มี

ปริมาณปลดปล่อยทั้งสิ้น 12.248 $\pm$ 0.010$KgCO_2$ โดยการคัดเลือกวัสดุกลับมาใช้ใหม่สามารถลดลงได้ถึง 4.885$\pm$ 0.013$KgCO_2$ คิดเป็น 25.64 เปอร์เซ็นต์ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง โดยแบ่งเป็นชิ้นส่วนอื่นๆที่มิได้นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 11.293 $\pm$ 0.010 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งสร้างภาพเดิมปลดปล่อย 2.284 $\pm$ 0.003 $KgCo_2$นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0.059 $KgCO_2$ ลดลงได้ 2.226 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนเดิมปลดปล่อย 0.855 $\pm$ 0.001$KgCo_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0 $KgCO_2$ ลดลงได้ 0.855 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้าเดิมปลดปล่อย 1.393 $\pm$ 0.001$KgCo_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0.694 $KgCO_2$ ลดลงได้ 0.700 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาดเดิมปลดปล่อย 0.259($\pm$ 0.000778)$KgCo_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0 $KgCO_2$ ลดลงได้ 0.259 $KgCO_2$ ยางปาดหมึกเดิมปลดปล่อย 0.624($\pm$ 0.000312)$KgCo_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0.177 $KgCO_2$ลดลงได้ 0.447 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าเดิมปลดปล่อย 0.425($\pm$ 0.000864)$KgCo_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0.026 $KgCO_2$ ลดลงได้ 0.399 $KgCO_2$ ในกระบวนการนี้สามารถลดลงได้ 1ใน 4 ของปริมาณปรกติ



ภาพที่ 9 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งาน ของ 1 เครื่อง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

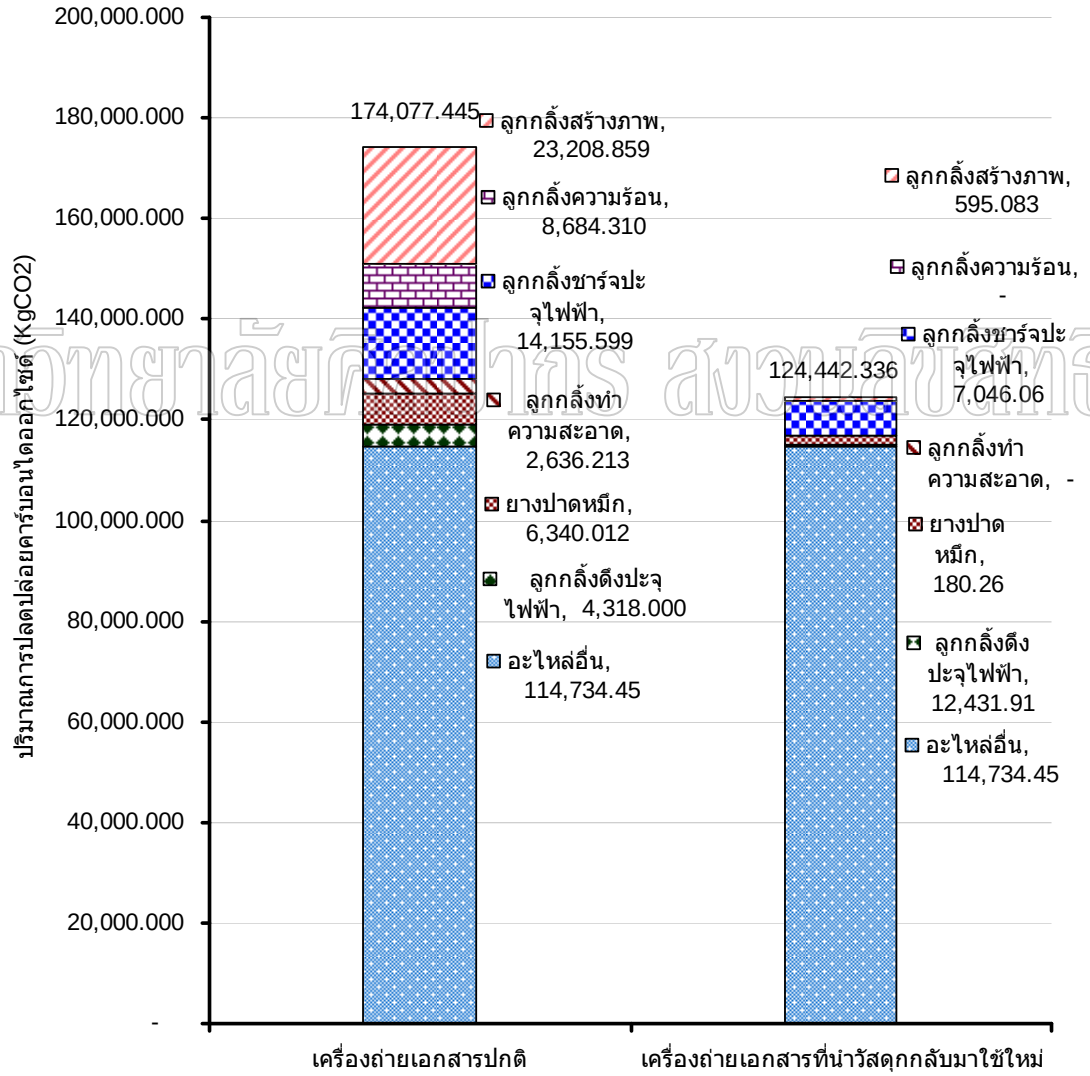
ตารางที่ 10 แสดงการลดการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งาน ของ 1 เครื่อง

อะไหล่ (Part)	เครื่องถ่ายเอกสารปกติ $KgCO_2$	เครื่องถ่ายเอกสารที่นำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ $KgCO_2$
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	0.425	0.026 ($\pm$ 0.000864)
ยางปาดหมึก	0.624	0.177 ($\pm$ 0.000312)
ลูกกลิ้งทำความสะอาด	0.259	0.000 ($\pm$ 0.000778)
ลูกกลิ้งชาร์จปะจุไฟฟ้า	1.393	0.694 $\pm$ 0.001
ลูกกลิ้งความร้อน	0.855	0.000 $\pm$ 0.001
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	2.284	0.059 $\pm$ 0.003
อะไหล่อื่น	11.293	11.293 $\pm$ 0.010
รวมทั้งหมด	**17.134**	**12.248 $\pm$ 0.023**

ดังนั้นสรุปได้ว่า ในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ของตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 4.885$\pm$ 0.013$KgCO_2$ ใช้วัสดุ 6 ชิ้น ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 2.226 $\pm$ 0.003 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 0.855 $\pm$ 0.001$KgCO_2$ ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้าลดลงได้ 0.700 ($\pm$ 0.000139) $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาด 0.259($\pm$ 0.000778) $KgCO_2$ ยางปาดหมึกลดลงได้ 0.447($\pm$ 0.000312) $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าลดลงได้ 0.399($\pm$ 0.000846)$KgCO_2$ จากภาพที่ 9 คิดเพียง 1 เครื่องเท่านั้น หากพิจารณาทั้งหมดของงานวิจัยนี้สามารถดูได้จากภาพที่ 10

4.8 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด จากภาพที่ 10 และตารางที่ 11 แสดงให้ทราบถึง การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการนำวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ทั้งหมดในประเทศไทยจำนวน 3 รุ่นในงานวิจัยนี้ ได้แก่รุ่น AF1113, MP2000LE, MP1500 ทั้งหมด 10,160 เครื่อง รวมการปลดปล่อยทั้งหมดมีค่า 174,077.445 $\pm$ 237.867 $KgCO_2$ เปรียบเทียบการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อยสมารถลดลงได้รวม 124,442.336 $\pm$ 135.846 $KgCO_2$ รวมทั้งหมดของเครื่องริโก้ทั้ง 3 รุ่นสามารถลดลงได้ถึง 49,635.110 $\pm$ 102.380 $KgCO_2$ เมื่อเทียบกับปริมาณเครื่องริโก้ทั้งหมด คิดเป็น 25.68 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นชิ้นส่วนอื่นๆที่มิได้นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 114,734.452 $\pm$ 102.380 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งสร้างภาพเดิมปลดปล่อย 23,208.859 $\pm$ 34.813 $KgCO_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 595.083 $KgCO_2$ ลดลงได้ 22,613.775

$KgCO_2$ลูกกลิ้งความร้อนเดิมปลดปล่อย 8,684.310 $\pm$ 13.026 $KgCO_2$นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0 $KgCO_2$ ลดลงได้ 8,684.310 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้าเดิมปลดปล่อย 14,155.559 $\pm$ 1.416 $KgCO_2$นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 7,046.062 $KgCO_2$ ลดลงได้ 7,109.573 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาดเดิมปลดปล่อย 2,636.213 $\pm$ 7.907 $KgCO_2$ นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 0 $KgCO_2$ ลดลงได้ 2,636.213 $KgCO_2$ ยางปาดหมึกเดิมปลดปล่อย 6,340.012 $\pm$ 3.170 $KgCO_2$นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 1802.26 $KgCO_2$ ลดลงได้ 4,537.435 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าเดิมปลดปล่อย 4,318 $\pm$ 8.595 $KgCO_2$นำกลับมาใช้ใหม่ปลดปล่อย 264.160 $KgCO_2$ ลดลงได้ 1,642.179 $KgCO_2$



ภาพที่ 10 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 11 การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด

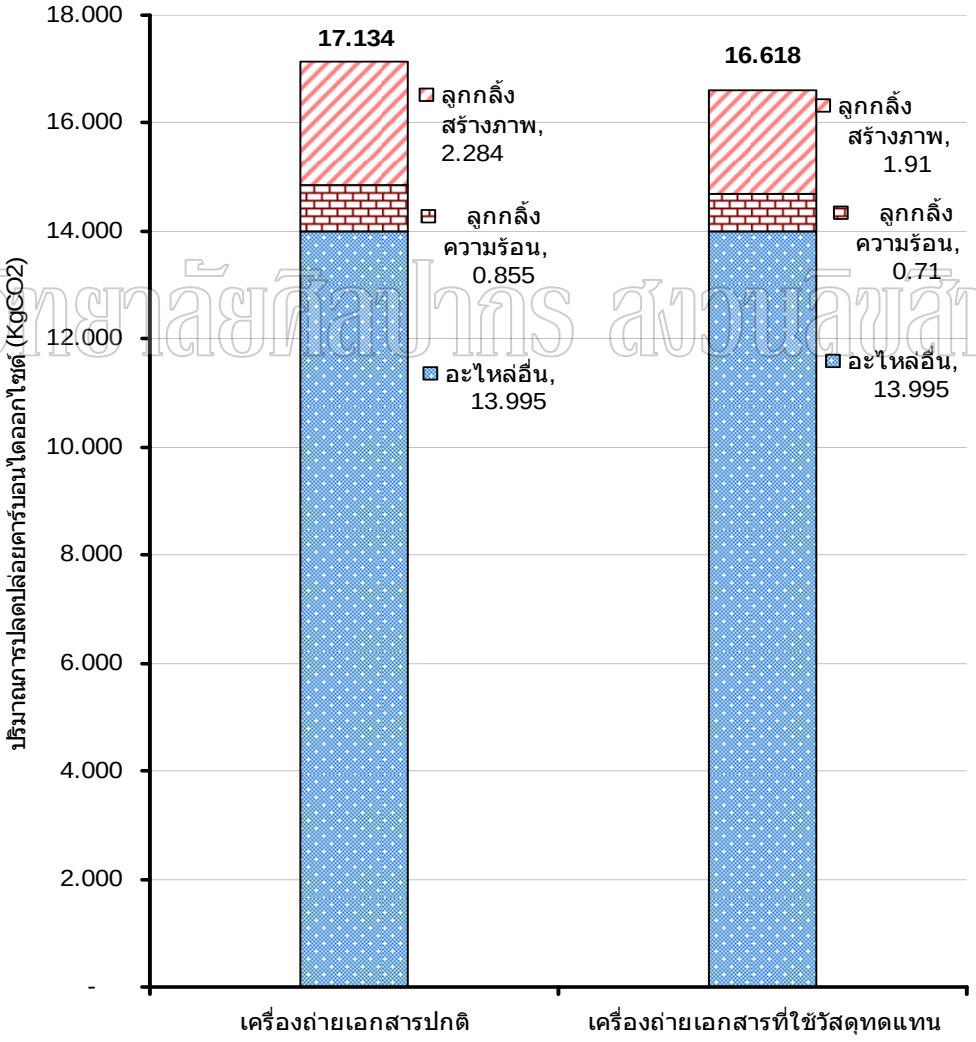
อะไหล่ (Part)	เครื่องถ่ายเอกสารปกติ $KgCO_2$	เครื่องถ่ายเอกสารที่นำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ $KgCO_2$
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	4,318	264.160 $\pm$ 8.595
ยางปาดหมึก	6,340.012	1,802.578 $\pm$ 3.170
ลูกกลิ้งทำความสะอาด	2,636.213	0.000 $\pm$ 7.907
ลูกกลิ้งชาร์จปะจุไฟฟ้า	14,155.599	7,046.062 $\pm$ 1.416
ลูกกลิ้งความร้อน	8,684.310	0.000 $\pm$ 13.026
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	23,208.859	595.083 $\pm$ 34.813
อะไหล่อื่น	114,734.452	114,734.452 $\pm$ 102.380
รวมทั้งหมด	**174,077.445**	**136,610.090 $\pm$ 237.867**

ดังนั้นสรุปได้ว่า ในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ 10,160 เครื่อง สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 49,635.110 $\pm$ 237.867 $KgCO_2$ คิดเป็น 25.68 เปอร์เซ็นต์ของการปลดปล่อยทั้งหมด 3 รุ่นใช้วัสดุ 6 ชิ้นส่วน ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 22,613.775 $\pm$ 34.813 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 8,684.310 $\pm$ 13.026 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้าลดลงได้ 7,109.537 $\pm$ 1.416 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาด 2,636.213 $\pm$ 7.907 $KgCO_2$ ยางปาดหมึกลดลงได้ 4,537.435 $\pm$ 3.170 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าลดลงได้ 1,642.179 $\pm$ 8.595 $KgCO_2$

4.9 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง จากภาพที่ 11 และตารางที่ 12 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง เมื่อทำการคัดเลือกวัสดุทดแทนโดยการเลือกวัสดุที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดอันได้แก่ อลูมิเนียม และเลือกวัสดุที่มีความใกล้เคียงกันอันได้แก่เหล็ก ดูจากตารางที่ 8,9และ26 มี 2 ชิ้นส่วนได้แก่ลูกกลิ้งสร้างภาพ และลูกกลิ้งความร้อน นำมาทดแทนแล้วเปรียบเทียบปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการปลดปล่อยปรกติมีค่าจำนวน 17.134 $\pm$ 0.023 $KgCO_2$ หลังจากนำวัสดุมาทดแทนปลดปล่อยจำนวน 16.618 $\pm$ 0.019 $KgCO_2$ สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยลงได้ 0.516 $\pm$ 0.008 $KgCO_2$ คิดเป็น 2.81 เปอร์เซ็นต์ ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดอายุการใช้งานของ 1

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลพบุรี

เครื่อง โดยแบ่งเป็นวัสดุที่ไม่มีการทดแทนปลดปล่อยรวม 14.955 $\pm$ 0.019 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งสร้างภาพเดิมปลดปล่อย 2.284 $\pm$ 0.003 $KgCO_2$ หลังใช้วัสดุทดแทนปลดปล่อย 1.911 $KgCO_2$ สามารถลดลงได้ 0.373 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนเดิมปลดปล่อย 0.855 $\pm$ 0.001 $KgCO_2$ หลังใช้วัสดุทดแทนปลดปล่อย 0.712 $KgCO_2$สามารถลดลงได้ 0.143 $KgCO_2$ และในงานวิจัย การเลือกใช้วัสดุทดแทนหรือการเปรียบเทียบวัสดุมีผู้วิจัยพบว่าการเลือกใช้วัสดุที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า จะช่วยลดภาวะเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน ผู้วิจัยเห็นด้วยกับ Gonzalez et al., Gerilla et al., ชนิกานต์ ลิ้มประยูร ที่ประเมินวงจรชีวิตของวัสดุและเลือกวัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 11 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง

ตารางที่ 12 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของ 1 เครื่อง

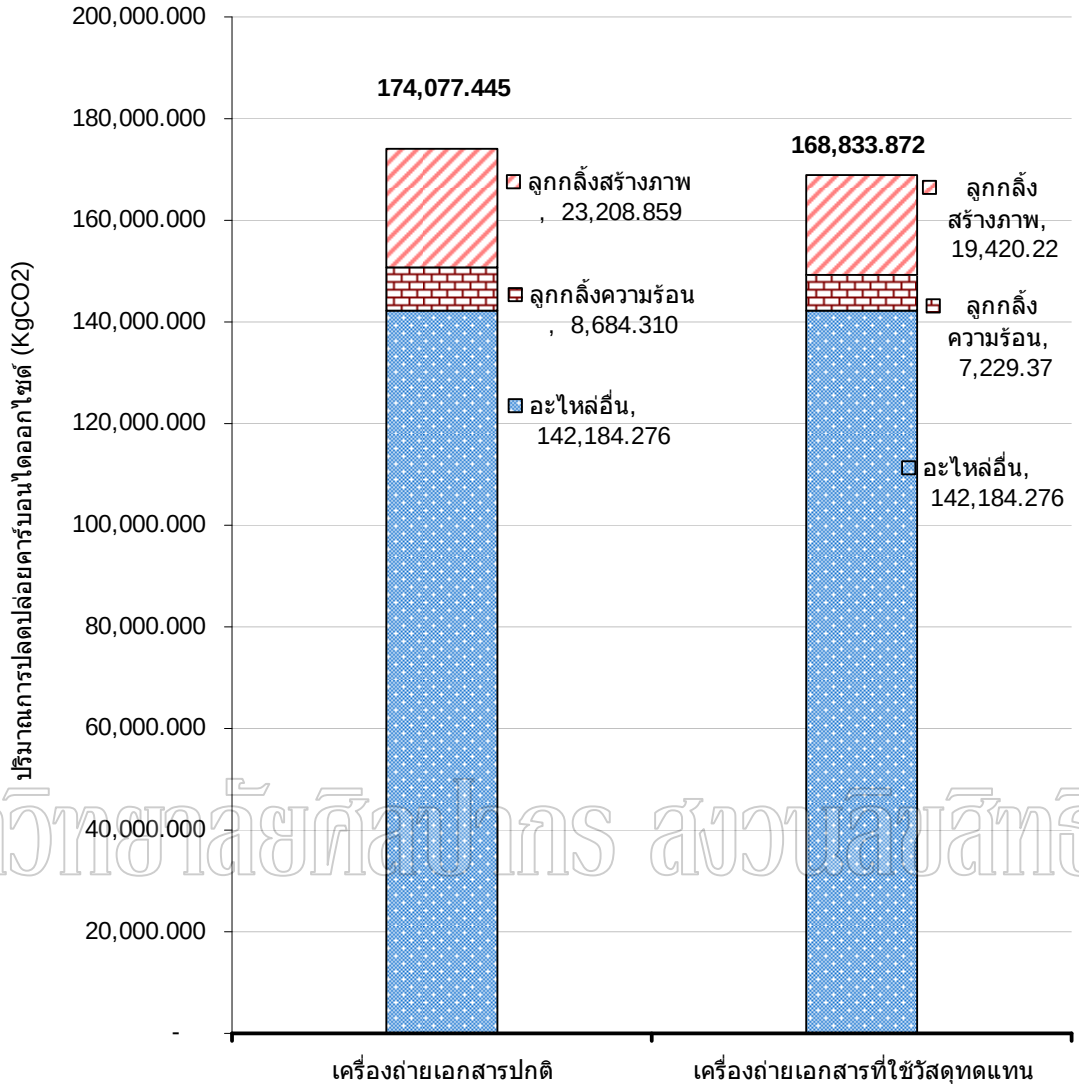
อะไหล่ (Part)	เครื่องถ่ายเอกสารปกติ $KgCO_2$	เครื่องถ่ายเอกสารที่ใช้วัสดุทดแทน $KgCO_2$
ลูกกลิ้งความร้อน	0.855	0.712 $\pm$ 0.004
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	2.284	1.911 $\pm$ 0.001
อะไหล่อื่น	14.955	14.955 $\pm$ 0.018
รวมทั้งหมด	**17.134**	**16.618 $\pm$ 0.023**

ดังนั้นสรุปได้ว่า การเลือกใช้วัสดุทดแทนตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง โดยใช้วัสดุ 2 ชิ้นส่วน ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพและลูกกลิ้งความร้อน เดิมเป็นอลูมิเนียมใช้วัสดุทดแทนคือ เหล็ก สามารถช่วยลดการปลดปล่อยลงได้ 0.516 $\pm$ 0.005 $KgCO_2$ คิดเป็น 2.81 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกกลิ้งสร้างภาพสามารถลดลงได้ 0.373 $\pm$ 0.003 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนสามารถลดลงได้ 0.143 $\pm$0.001 $KgCO_2$

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

4.10 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด 10,160 เครื่อง

จากภาพที่ 12 และตารางที่ 13 แสดงให้ทราบถึง การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 3 รุ่นในงานวิจัยนี้ ได้แก่รุ่น AF1113, MP2000LE, MP1500 รวมทั้งหมด 10,160 เครื่อง มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 174,077.445$\pm$ 237.867 $KgCO_2$ หลังจากเลือกใช้วัสดุทดแทนปลดปล่อยรวม 168,833.872 $\pm$ 237.867$KgCO_2$ จากการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมดสามารถลดลงได้ 5,243.573$\pm$ 47.840 $KgCO_2$ คิดเป็น 2.85 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นลูกกลิ้งสร้างภาพเดิมปลดปล่อย 23,208.859$\pm$ 34.813 $KgCO_2$ หลังใช้วัสดุทดแทนปลดปล่อย 19,420.225$\pm$ 34.813 $KgCO_2$ สามารถลดลงได้ 3,788.634 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนเดิมปลดปล่อย 8,684.310 $\pm$ 13.026 $KgCO_2$ หลังใช้วัสดุทดแทนปลดปล่อย 7,229.371 $\pm$ 13.026 $KgCO_2$สามารถลดลงได้ 1,454.939 $KgCO_2$ และวัสดุอื่นๆที่ไม่มีการทดแทนปลดปล่อย 151940.37 $KgCO_2$



มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาพที่ 12 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด

ตารางที่ 13 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทั้งหมด 10,160 เครื่อง

อะไหล่ (Part)	**เครื่องถ่ายเอกสารปกติ $KgCO_2$**	**เครื่องถ่ายเอกสารที่ใช้วัสดุทดแทน $KgCO_2$**
ลูกกลิ้งความร้อน	8,684.310	7,229.371 $\pm$ 13.026
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	23,208.859	19,420.225 $\pm$ 34.813
อะไหล่อื่น	151,940.370	151,940.370 $\pm$ 190.027
รวมทั้งหมด	**174,077.445**	**168,833.872 $\pm$ 237.867**

สรุปได้ว่า ในกระบวนการการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ทั้งหมด 3 รุ่นในงานวิจัยนี้ สามารถช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลงได้ 5, 243.573 $\pm$ 47.840 $KgCO_2$ คิดเป็นอัตราส่วน 2.85 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 3,788.634 $\pm$ 34.813 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 1,454.939 $\pm$ 13.026 $KgCO_2$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 5
สรุปผลวิจัย

1 บทสรุปและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาถึงการประเมินการปลดปล่อยและการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ มีจุดประสงค์เพื่อทราบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการใช้ชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้และเพื่อศึกษาแนวทางในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเลือกใช้วัสดุที่ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ต่อไป โดยสรุปดังนี้

1.1 มีเครื่องถ่ายเอกสารจำนวน 3 รุ่นที่มีอัตราส่วนมากที่สุด คิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ของเครื่องริโก้ทั้งหมดในประเทศไทยและอัตราส่วนที่มาก จึงหมายความถึงเครื่องทั้งสามรุ่นนี้สามารถเป็นตัวแทน ของเครื่องริโก้ทั้งหมดในประเทศไทยได้ โดยงานวิจัยนี้จึงเลือก 3 รุ่นนี้นำมาวิเคราะห์ผล ได้แก่รุ่น MP2000LE มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 3,824 เครื่อง รุ่น AF1113 มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 3,650 เครื่อง รุ่น MP1500 มีจำนวนเครื่องในประเทศไทยทั้งสิ้น 2,686 เครื่อง

1.2 งานวิจัยนี้นำเฉพาะชิ้นส่วนบำรุงรักษาทั้งหมด 29 ชิ้นส่วนนำมาวิเคราะห์ นอกจากนี้เป็นเพียงชิ้นส่วนที่ต้องเปลี่ยนเมื่อเครื่องเกิดความเสียหาย ในการใช้งานไม่ได้ตามปกติเท่านั้น และส่วนอื่นๆที่ไม่ต้องเปลี่ยนเพียงแต่หล่อลื่นหรือเช็ดทำความสะอาดเท่านั้น

1.3 มีชิ้นส่วนที่นำมาชั่งในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 29 รายการและในแต่ละรายการยังมีวัสดุ 2 ชนิดประกอบอยู่จึงต้องทำการแยกและชั่งน้ำหนักซ้ำเพื่อแยกน้ำหนักแต่ละวัสดุออก และทำการหาค่าความเชื่อมั่นของวัสดุที่ 95 %

1.4 วัสดุทั้งหมด 29 รายการหากพิจารณาที่วัสดุพบว่ามีวัสดุประกอบ ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ยาง พลาสติก แต่ละวัสดุพบปริมาณปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากน้อยต่างกันดังนั้น แต่หากพิจารณาที่ปริมาณวัสดุที่เท่ากันจะพบว่า อลูมิเนียม มีปริมาณการปลดปล่อยมากที่สุด รองลงมา คือ เหล็ก ยาง และพลาสติก ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้จึงหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในวัสดุที่มีผลกระทบมากที่สุด ได้แก่ อลูมิเนียม และเหล็ก ต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

1.5 ตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง 1 เครื่อง มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของชิ้นส่วนบำรุงรักษารวม 17.134± 0.023 $KgCo_2$ จากชิ้นส่วนที่ใช้ในงานวิจัย 29 ชิ้นส่วน

1.6 ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ MP2000LE, MP1500 และ AF1113 มีปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งหมด 174,077.445 ± 237.867 $KgCo_2$ โดยพบวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ 6 ชิ้นส่วนและนำวัสดุมาทดแทน 2 ชิ้นส่วน ดังที่จะแสดงในภาพที่ 9,10,11,12 ตามลำดับ ต่อไป

1.7 ในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ของตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่องสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 4.885± 0.013$KgCO_2$ ใช้วัสดุ 6 ชิ้น ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 2.226 ± 0.003 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 0.855 ± 0.001$KgCO_2$ ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้าลดลงได้ 0.700 (± 0.000139) $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาด 0.259(± 0.000778) $KgCO_2$ ยางปาดหมึกลดลงได้ 0.447(± 0.000312) $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าลดลงได้ 0.399(± 0.000846)$KgCO_2$ จากภาพที่ 9 คิดเพียง 1 เครื่องเท่านั้น หากพิจารณาทั้งหมดของงานวิจัยนี้สามารถดูได้จากภาพที่ 10

1.8 ในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ 10,160 เครื่อง สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 49,635.110 ± 237.867 $KgCO_2$ คิดเป็น 25.68 เปอร์เซ็นต์ของการปลดปล่อยทั้งหมด 3 รุ่นใช้วัสดุ 6 ชิ้นส่วนได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 22,613.775 ± 34.813 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 8,684.310 ± 13.026 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งชาร์จประจุไฟฟ้าลดลงได้ 7,109.537 ± 1.416 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งทำความสะอาด 2,636.213 ± 7.907 $KgCO_2$ ยางปาดหมึกลดลงได้ 4,537.435 ± 3.170 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งดึงประจุไฟฟ้าลดลงได้ 1,642.179 ± 8.595 $KgCO_2$

1.9 การเลือกใช้วัสดุทดแทนตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง โดยใช้วัสดุ 2 ชิ้นส่วน ได้แก่ ลูกกลิ้งสร้างภาพและลูกกลิ้งความร้อน เดิมเป็นอลูมิเนียมใช้วัสดุทดแทนคือ เหล็ก สามารถช่วยลดการปลดปล่อยลงได้ 0.516 ± 0.005 $KgCO_2$ คิดเป็น 2.81 เปอร์เซ็นต์ โดยลูกกลิ้งสร้างภาพสามารถลดลงได้ 0.373 ± 0.003 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนสามารถลดลงได้ 0.143 ±0.001 $KgCO_2$

1.10 ในกระบวนการการเลือกวัสดุทดแทนเทียบกับตลอดอายุการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ทั้งหมด 3 รุ่นในงานวิจัยนี้ สามารถช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลงได้ 5, 243.573 ± 47.840 $KgCO_2$ คิดเป็นอัตราส่วน 2.85 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นลูกกลิ้งสร้างภาพลดลงได้ 3,788.634 ± 34.813 $KgCO_2$ ลูกกลิ้งความร้อนลดลงได้ 1,454.939 ± 13.026 $KgCO_2$

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

2. ข้อเสนอแนะนำ

2.1 ในกระบวนการหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของงานวิจัยนี้ทำในส่วนของชิ้นส่วนบำรุงรักษาเท่านั้น ในส่วนของชิ้นส่วนอื่นๆในเครื่องถ่ายเอกสารยังมีวัสดุที่ต้องเปลี่ยนหากเกิดความเสียหายหรือชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างต่างๆในเครื่อง ยังมิได้ทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2 ในกระบวนการเลือกใช้วัสดุทดแทน งานวิจัยนี้เลือกเปลี่ยนวัสดุจากอลูมิเนียมซึ่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดในงานวิจัยนี้ เลือกใช้เหล็กทำการทดแทน ปรากฏว่าลดการปลดปล่อยได้ในปริมาณหนึ่ง แต่หากพิจารณาวัสดุทดแทนอื่นๆที่มิได้วิจัยในครั้งนี้ ยังมีวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง ได้แก่ ทองแดง ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมน้อยกว่าอลูมิเนียม (จากข้อมูลตารางที่ 6)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บรรณานุกรม

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. “การประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย.” ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์, 2551.

ไซม่อน บาร์บาร่า บรู๊คส์. สำรวจโลกวิทยาศาสตร์ : สภาวะและภูมิอากาศ. แปลโดย วีระชัย สิริพันธ์วราภรณ์ และศิรามาศ โกมลจินดา. กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินดคไซน่า, 2546.

บราวน์ เลสเดอร์ อาร์. สภาวะโลกวิกฤต. แปลโดย ลิขิต ลิขิตกิจสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : คบไฟ, 2532.

บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด. คู่มือการซ่อมเครื่องถ่ายเอกสาร รุ่น 1113. โอซาก้า : บริษัท ริโก้ คอมพานี จำกัด, 2544.

บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด. “ฐานข้อมูลลูกค้า.” เอกสารข้อมูลฝ่ายการตลาดของบริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, สิงหาคม 2551. (อัดสำเนา)

บริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด. “ส่วนแบ่งการตลาดของเครื่องถ่ายเอกสาร.” เอกสารข้อมูลฝ่ายการตลาดของบริษัท ริโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, กันยายน 2543. (อัดสำเนา)

พูนพิภพ เกษมรัพย์. ต้นไม้และสภาวะโลกร้อน. กรุงเทพฯ : บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2550.

วีระชัย สิริพันธ์วราภรณ์ และศิรามาศ โกมลจินดา, ผู้แปล. สภาวะและภูมิอากาศ/Science explorer : weather and climate. กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินดคไซน่า, 2546.

สุชาย วรชนะนันท์. สภาวะโลกร้อนที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล. กรุงเทพฯ : บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2550.

สมชาย มณีวรรณ์ และดุษฎี คำบุญเรือง. “Assessment of CO2 Quantity of mini hydro for power genera tion in yom basin project การประเมินปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ลุ่มน้ำยม.” ใน การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. กรุงทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์, 2551.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์ประสานการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. “พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย.” เอกสารเผยแพร่, มกราคม 2542. (อัดสำเนา)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์ประสานการจัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. “พิธีสารเกียวโต.” เอกสารเผยแพร่, สิงหาคม 2538. (อัดสำเนา)

Babusiaux, Denis, and Axel Pierru. “Modeling and allocation of CO_2 emissions in a multi product industry: The case of oil refining.” Applied Energy 84 (2007) : 828-841.

Doyen, L, P Durnas, and P Ambrosi. “Optimal timing of CO2 mitigation policies for a cost-effectiveness model.” Mathematical and Computer Modelling 48 (2008) : 882-897.

Dryer, J.A, and R.L. Desjardins. “Carbon Dioxide Emission Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinary in Canada.” Biosystem Engineering 93(2006) : 107-118.

Gerilla, G.P, K. Taknomo, and K. Hokao. “An environmental Assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction.” Building and Environmental 42 (2007) : 2778-2784.

Gonzalez, Maria Jesus, and Justo Garcis Navarro. “Assessment of the decrease of CO2 emissions in the construction. eld through the selection of maerials : Practical case study of three houses of low environmental impact.” Building and Enbironmental 41 (2006) : 902-909.

Hsu, Che-Chiang, and Chia-Yon Chen. “Investigating strategies to reduce CO_2 emission from the power sectors of Taiwan.” Electrical Power and Energy System 26 (2004) : 487-492.

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ก ตารางบำรุงรักษา

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 14 ตารางบำรุงรักษา

	EM	60K	120K	180K	หมายเหตุ
ชุดอ่านภาพ / ชุดกระจก					
กระจกอ่านที่ 1		C	C	C	ผ้าแห้ง
กระจกอ่านที่ 2		C	C	C	ผ้าแห้ง
กระจกอ่านที่ 3		C	C	C	ผ้าแห้ง
ไกด์ชุดอ่านภาพ		C	C	C	ผ้าแห้ง
หลอดส่องสว่าง	C	C	C	C	ผ้าแห้ง หรือ แอลกอฮอล์
กระจกชดเชยแสง		C	C	C	ผ้าแห้ง
เซ็นเซอร์เช็ดแสง		C	C	C	ผ้าแห้ง
กระจกกรองแสง		I	R	I	
ส่วนรอบๆ ลูกดรัม					
เส้นลวดชาร์จประจุ		R	R	R	ผ้าชื้น
ตัวทำความสะอาดเส้นลวด		C	R	C	ขนแปรงและลม
เซ็นเซอร์เช็คอุณหภูมิลูกกลิ้งสร้างภาพ		C	C	C	ขนแปรงและลม
ตะแกรงกระจายประจุ		R	R	R	ผ้าแห้ง
เซ็นเซอร์เช็คผิวลูกกลิ้งสร้างภาพ		C	C	C	เช็คด้วยไฟฟ้า
หลอดไฟลบประจุไฟฟ้า		C	C	C	ผ้าแห้ง
ส่วนรอบๆ ลูกดรัม					
เส้นลวดตัวนำคลายประจุ		I	I	I	เช็คด้วยไฟฟ้า
ซิวกันหมึกร่วงดรัม		C	R	C	ผ้าแห้ง
ตัวดักกระดาษดรัม		C	C	C	ผ้าแห้ง เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
ยางทำความสะอาด		R	R	R	
ขนแปรงทำความสะอาดดรัม			R		
ซิลกันหมึกขนแปรงดรัม			C		

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

	EM	60K	120K	180K	หมายเหตุ
ส่วนรอบๆ ลูกดรัม					
ซิลทำความสะอาดดรัม		I	I	I	ผ้าแห้ง เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
ซิลทำความสะอาดทางเข้าดรัม		C	C	C	ผ้าแห้ง เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
ชุดผงเหล็ก					
ผงเหล็ก			R		
ซิลผงเหล็ก		I	I	I	ผ้าแห้ง ขนแปรง
ตัวกรอกผงเหล็ก		R	R	R	
ซิลทางเข้าผงเหล็ก		C	C	C	ผ้าแห้ง ขนแปรง
ตัวกรองใหญ่		R	R	R	
ตัวกรองเล็ก		R	R	R	
โรเลอร์ผงเหล็ก		L	L	L	หล่อลื่น ด้วยน้ำมัน KS660 (G0049668)
เฟืองขับ		C	C	C	ขนแปรง
หัวจุกขวดหมึก		C	C	C	ผ้าแห้ง ขนแปรง
ชุดหมึกทางเข้า		C	C	C	ผ้าแห้ง ขนแปรง
ชุดป้อนกระดาษด้านข้าง					
โรเลอร์ขับกระดาษ		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
รีเลย์คุมโรเลอร์		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
ตัวเปิดนำกระดาษออก		C	C	C	ผ้าแห้ง
เซนเซอร์เช็คกระดาษ		C	C	C	เป่าลมหรือแปรงปัด
โรเลอร์ป้อนกระดาษชุดป้อนมือ		R	R	R	
รีเลย์เซ็นเซอร์		C	C	C	เป่าลมหรือแปรงปัด
ไกด์ลูกยางป้อน		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
โรเลอร์ลูกยางป้อน		R	R	R	
โรเลอร์ตัวส่งกระดาษ		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

	EM	60K	120K	180K	หมายเหตุ
ชุดป้อนถาดกระดาษ					
โรเลอร์ตัวส่งกระดาษ		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
เซ็นเซอร์เช็คลูกยางป้อน		C	C	C	เป่าลมหรือแปรงปัด
ชุดสายพานส่งกระดาษ					
สายพานส่งกระดาษ		C	R	C	ผ้าแห้ง
ตัวทำความสะอาดสายพาน		R	R	R	
ไกด์ทางเข้ากระดาษ		C	C	C	ผ้าแห้ง
โรเลอร์กรองสายพาน			C		แอลกอฮอล์
ไกด์ส่งกระดาษทางออก		C	C	C	ผ้าแห้ง
ชุดความร้อน / กระดาษทางออก					
ลูกกลิ้งความร้อน		R	R	R	
ลูกปืนลูกกลิ้งความร้อน	I	I	I	I	เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
ชุดความร้อน / กระดาษทางออก					
ลูกยางอัดกระดาษ		C	R	C	น้ำมันชนิดเคลือบ
ลูกปืนลูกยางอัดกระดาษ		I	R	I	
ตัววัดอุณหภูมิ	I	I	I	I	
ตัวตักกระดาษชุดความร้อน	C	C	R	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
บุชชิ่งโรเลอร์น้ำมัน	I	I	I	I	เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
บุชชิ้งโรเลอร์ทำความสะอาด		R	R	R	เปลี่ยนแล้วตั้งใหม่
โรเลอร์ซับน้ำมัน		R	R	R	เปลี่ยนแล้วตั้งใหม่
โรเลอร์ทำความสะอาดชุดน้ำมัน		R	R	R	
Cleaning Roller Brush (EU only)		C	R	C	ผ้าแห้ง
โรเลอร์ทำความสะอาด	I	I	I	I	เปลี่ยนเมื่อเสียรูป
ไกด์ชาดทางเข้าและทางออก		C	C	C	ทำความสะอาดด้วยน้ำ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

	EM	60K	120K	180K	หมายเหตุ
ชุดความร้อน / กระดาษทางออก					
โรเลอร์ทางออก			C		ทำความสะอาดด้วยน้ำ
แปรงคลายประจุทางออก		I	I	I	
ชุดกลับกระดาษหน้าหลัง					
เซ็นเซอร์ทางเข้า		C	C	C	ขนแปรง และเป่าลม
โรเลอร์ย้อนกลับ		C	C	C	น้ำหรือแอลกอฮอล์
โรเลอร์แยกกระดาษ		C	C	C	
โรเลอร์กลับกระดาษ		C	C	C	
โรเลอร์ป้อนกระดาษ		C	C	C	
แปรงคลายประจุทางเข้า		I	I	I	
ไกด์กลับกระดาษ		C	C	C	ผ้าแห้ง
ไส้กรองอากาศ			R		
กล่องเก็บหมึกใช้แล้ว	I	I	I	I	เปลี่ยนเมื่อจำเป็น
ชุดป้อนต้นฉบับอัตโนมัติ					
สายพานส่งกระดาษ	C	R	R	R	แอลกอฮอล์
สายพานป้อนกระดาษ	C	R	R	R	แอลกอฮอล์
โรเลอร์แยกกระดาษ	C	R	R	R	ผ้าแห้งหรือผ้าชื้น
โรเลอร์ส่งกระดาษ	C	R	R	R	ผ้าแห้งหรือผ้าชื้น
เซ็นเซอร์เช็คกระดาษ	C	C	C	C	ขนแปรง
เฟืองขับ		L	L	L	จาราบี G501

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

โดยสามารถอธิบายขยายความตามตัวย่อดังนี้

K	= 1,000	C	= ทำความสะอาด (Clean)
R	= เปลี่ยน (Replace)	L	= หล่อลื่น (Lubricate)
I	= ตรวจสอบ (Inspect)	EM	= การซ่อม (Emergency)

จากตารางที่ 14 ตารางบำรุงรักษา จะทราบว่าชิ้นต่างๆมีอายุการใช้งาน บอกเป็นจำนวนมิเตอร์ของเครื่องถ่ายเอกสาร โดยตัวย่อต่างๆหมายถึงดังนี้ K หมายถึง 1000 มิเตอร์ R หมายถึง ต้องเปลี่ยน C หมายถึง ทำความสะอาด L หมายถึง หล่อลื่น เช่น ยางทำความสะอาด ต้องเปลี่ยนเมื่อครบ 60,000 มิเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้นำเครื่องรุ่นดังต่อไปนี้ ได้แก่ MP2000LE, MP1500, AF1113 ซึ่งรุ่นดังกล่าวมีอายุการใช้งาน 600,000 มิเตอร์ หรือ 5 ปี เมื่ออย่างใดอย่างหนึ่งมาถึงก่อน และจากตารางนี้จึงนำไปสู่การคำนวณชิ้นส่วนตลอดอายุการใช้งานต่อ 1 เครื่อง ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณหาชิ้นส่วนตลอดอายุการใช้งาน

$$\text{ยางทำความสะอาด} = \frac{\text{อายุการใช้งานเครื่อง}}{\text{อายุบำรุงรักษาที่ต้องเปลี่ยน}}$$

$$= \frac{600{,}000}{60{,}000}$$

$$= 10$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ดังนั้น ยางทำความสะอาดต้องเปลี่ยนตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง 10 ชิ้น

ตารางที่ 15 ตารางจำนวนชิ้นต้องเปลี่ยนของวัสดุ 29 ชิ้นส่วน

ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน	ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน
1	ลูกกลิ้งชาร์จปะจุไฟฟ้า	60K	10	16	ลูกยางส่งกระดาษในถาด1	120K	5
2	ลูกกลิ้งสร้างภาพ	60K	10	17	ลูกยางกันซ้อนในถาด1	120K	5
3	ซีล	60K	10	18	สายพานป้อนด้านบน	80K	7.5
4	ยางทำความสะอาด	60K	10	19	ลูกยางส่งกระดาษด้านบน	80K	7.5
5	ลูกกลิ้งลบปะจุ	60K	10	20	ลูกยางกันซ้อนด้านบน	80K	7.5
6	ผงเหล็ก	60K	10	21	ลูกยางป้อนมือ	120K	5
7	กระบอกหมึก	120K	5	22	ยางกันซ้อนป้อนมือ	120K	5

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน	ลำดับ (No.)	อะไหล่ (Part)	อายุการใช้งาน	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน
8	เขี้ยวแยกกระดาษ	120K	5	23	คลัช	120K	5
9	ลูกกลิ้งทำความสะอาด	120K	5	24	ลูกยางป้อน ถาด2	120K	5
10	ตัววัดอุณหภูมิ	120K	5	25	ลูกยางส่งกระดาษในถาด2	120K	5
11	ตัวตัดอุณหภูมิ	120K	5	26	ลูกยางกันซ้อนในถาด2	120K	5
12	ลูกปืน	120K	5	27	ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	120K	5
13	ลูกยางอัดกระดาษ	120K	5	28	วงแหวนอัดกระดาษ	120K	5
14	ลูกกลิ้งความร้อน	120K	5	29	ตัวดักกระดาษลูกดรัม	60K	10
15	ลูกยางป้อน ถาด1	120K	5				

จากตารางที่ 15 แสดงให้ทราบจำนวนชิ้นส่วนเครื่องถ่ายเอกสารที่ต้องเปลี่ยนตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง เช่น ลูกกลิ้งประจุไฟฟ้า จำนวนต้องเปลี่ยน 10 ชิ้น ลูกกลิ้งสร้างภาพ จำนวนต้องเปลี่ยน 10 ชิ้น ซีล จำนวนต้องเปลี่ยน 10 ชิ้น ตามลำดับ ซึ่งจำนวนดังกล่าวจึงนำไปสู่การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 16 ตารางวัสดุที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัม

วัสดุ	**น้ำหนัก (kg)**	**พลังงานที่ปลดปล่อย (MJ/kg)**	**ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ $KgCO_2/kg$**
เหล็ก	1	32.00	0.5168
ยาง	1	110.00	1.7765
อลูมินั่ม	1	191.00	3.0847
พลาสติก	1	66.00	1.0659

จากตารางที่ 16 แสดงให้ทราบถึงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัม จึงนำมาสู่การคำนวณตามตารางที่ โดยคำนวณตามวัสดุแบบเดียวกัน

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าการปลดปล่อย

$$\text{ยางทำความสะอาด(เหล็ก)} = \frac{\text{แยกน้ำหนัก x ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์}}{\text{1 กิโลกรัม}}$$

$$= \frac{86.416 \times 0.5168}{1{,}000}$$

$$= 0.0447 \ KgCO_2$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ตารางที่ 17 ตารางคำนวณแต่ละวัสดุ

อะไหล่ (Part)	น้ำหนักวัสดุรวม (g)	ประเภทวัสดุ	แยกน้ำหนัก (g)	Embodied energy (MJ/kg)	Emission $KgCO_2/kg$	ปลดปล่อยต่อชิ้น
ลูกกลิ้งชาร์จปะจุไฟฟ้า	174.440	เหล็ก	135.402	4.333	0.0700	
		ยาง	39.038	4.294	0.0694	0.1393
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	77.650	อลูมิเนียม	72.155	13.782	0.2226	
		พลาสติก	5.495	0.363	0.0059	0.2284
ซีล	25.155	เหล็ก	19.255	0.616	0.0100	
		ยาง	5.900	0.649	0.0105	0.0204
ยางปาดหมึก	96.403	เหล็ก	86.416	2.765	0.0447	
		ยาง	9.987	1.099	0.0177	0.0624
ลูกกลิ้งเคลียร์ปะจุ	69.170	เหล็ก	62.551	2.002	0.0323	
		ยาง	6.619	0.728	0.0118	0.0441
ผงเหล็ก	1,000.000	ผงคาร์บอน	ไม่สามารถแยกชั่งน้ำหนักได้			
		เหล็ก	1,000.000	32.000	0.5168	0.5168
กระบอกหมึก	207.150	พลาสติก	195.190	12.883	0.2081	
		เหล็ก	11.960	0.383	0.0062	0.2142
เขี้ยวแยกกระดาษ	0.757	พลาสติก	0.757	0.050	0.0008	0.0008
ลูกกลิ้งทำความสะอาด	100.414	เหล็ก	100.414	3.213	0.0519	0.0519
ตัววัดอุณหภูมิ	0.570	พลาสติก	0.273	0.018	0.0003	
		เหล็ก	0.297	0.010	0.0002	0.0004
ตัวตัดอุณหภูมิ	0.955	อลูมิเนียม	0.955	0.182	0.0029	0.0029
ลูกปืน	25.554	เหล็ก	25.554	0.818	0.0132	0.0132
ลูกยางอัดกระดาษ	568.025	ยาง	236.718	26.039	0.4205	
		เหล็ก	331.307	10.602	0.1712	0.5917
ลูกกลิ้งความร้อน	55.419	อลูมิเนียม	55.419	10.585	0.1710	
		เทปลอน	ไม่สามารถแยกชั่งน้ำหนักได้			0.1710
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด1	11.464	พลาสติก	5.677	0.375	0.0061	
		ยาง	5.786	0.636	0.0103	0.0163

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

อะไหล่ (Part)	น้ำหนักวัสดุรวม (g)	ประเภทวัสดุ	แยกน้ำหนัก (g)	Embodied energy (MJ/kg)	Emission $KgCO_2/kg$	ปลดปล่อยต่อชิ้น
ลูกยางส่งกระดาษในถาด1	13.167	พลาสติก	7.470	0.493	0.0080	
		ยาง(Rubber)	5.697	0.627	0.0101	0.0181
ลูกยางกันซ้อนในถาด1	11.492	พลาสติก(Plastic)	3.812	0.252	0.0041	
		ยาง(Rubber)	7.680	0.845	0.0136	0.0177
สายพานป้อนกระดาษด้านบน	2.817	ยาง(Rubber)	2.817	0.310	0.0050	0.0050
ลูกยางส่งกระดาษด้านบน	11.79	พลาสติก(Plastic)	1.639	0.108	0.0017	
		ยาง(Rubber)	10.151	1.117	0.0180	0.0198
ลูกยางกันซ้อนด้านบน	8.125	พลาสติก(Plastic)	4.357	0.288	0.0046	
		ยาง(Rubber)	3.768	0.414	0.0067	0.0113
ลูกยางป้อนมือ	39.421	พลาสติก(Plastic)	10.900	0.719	0.0116	
		ยาง(Rubber)	28.521	3.137	0.0507	0.0623
ยางกันซ้อนป้อนมือ	6.755	พลาสติก(Plastic)	3.145	0.208	0.0034	
		ยาง(Rubber)	3.610	0.397	0.0064	0.0098
คลัช	57.775	เหล็ก(Steel)	44.664	1.429	0.0231	
		พลาสติก(Plastic)	13.111	0.865	0.0140	0.0371
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด2	11.464	พลาสติก(Plastic)	5.677	0.375	0.0061	
		ยาง(Rubber)	5.786	0.636	0.0103	0.0163
ลูกยางส่งกระดาษในถาด2	13.167	พลาสติก(Plastic)	7.470	0.493	0.0080	
		ยาง(Rubber)	5.697	0.627	0.0101	0.0181
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	157.035	ยาง(Rubber)	2.707	0.298	0.0048	0.8460
		เหล็ก(Steel)	154.328	4.938	0.0798	
ลูกยางกันซ้อนในถาด2	11.492	พลาสติก(Plastic)	3.812	0.252	0.0041	
		ยาง(Rubber)	7.680	0.845	0.0136	0.0177
วงแหวนอัดกระดาษ	3.456	พลาสติก(Plastic)	3.456	0.228	0.0037	0.0037
ตัวดักกระดาษลูกดรัม	0.617	พลาสติก(Plastic)	0.617	0.041	0.0007	0.0043

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางที่ 17 แสดงให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของชิ้นส่วน 29 ชิ้นส่วนของเครื่องถ่ายเอกสาร นำมาสู่การคำนวณหาการปลดปล่อยตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง

ตัวอย่าง การหาค่าการปลดปล่อยตลอดอายุการใช้งาน 1 เครื่อง

ยางทำความสะอาด = ปลดปล่อยต่อชิ้น x จำนวนที่ต้องเปลี่ยน

= 0.0624 x 10

= 0.62 $KgCO_2$

ตัวอย่าง การหาค่าการปลดปล่อยตลอดอายุการใช้งานของ 10,160 เครื่อง

ยางทำความสะอาด = ปลดปล่อยต่อเครื่อง x เครื่องริโก้ทั้งหมด

= 0.62 x 10,160

= 6,340.012 $KgCO_2$

ตารางที่ 18 ตารางแสดงการปลดตลอดอายุการใช้งาน

อะไหล่ (Part)	ปลดปล่อยต่อชิ้น	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน	ปลดปล่อยต่อเครื่อง	เครื่องริโก้ทั้งหมด	ปลดปล่อยทั้งหมด
ลูกกลิ้งดึงปะจุไฟฟ้า	0.2770	5.0	1.39	10,160	14,074.093
ยางทำความสะอาด	0.0624	10.0	0.62	10,160	6,340.012
ลูกกลิ้งทำความสะอาด	0.0519	5.0	0.26	10,160	2,636.213
ลูกกลิ้งชาร์จปะจุไฟฟ้า	0.1393	10.0	1.39	10,160	14,155.599
ลูกกลิ้งความร้อน	0.1710	5.0	0.85	10,160	8,684.310
ลูกกลิ้งสร้างภาพ	0.2284	10.0	2.28	10,160	23,208.859
ซีล	0.0204	10.0	0.20	10,160	2,075.925
ลูกกลิ้งเคลียร์ปะจุ	0.0441	10.0	0.44	10,160	4,479.037
ผงเหล็ก	0.5168	10.0	5.17	10,160	52,506.880
กระบอกหมึก	0.2142	5.0	1.07	10,160	10,883.085
เขี้ยวแยกกระดาษ	0.0008	5.0	0.00	10,160	40.990
ตัววัดอุณหภูมิ	0.0004	5.0	0.00	10,160	22.580
ตัวตัดอุณหภูมิ	0.0029	5.0	0.01	10,160	149.651
ลูกปืน	0.0132	5.0	0.07	10,160	670.880
ลูกยางอัดกระดาษ	0.5917	5.0	2.96	10,160	30,060.848

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

อะไหล่ (Part)	ปลดปล่อยต่อชิ้น	จำนวนที่ต้องเปลี่ยน	ปลดปล่อยต่อเครื่อง	เครื่องริโก้ทั้งหมด	ปลดปล่อยทั้งหมด
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด1	0.0163	5.0	0.08	10,160	829.561
ลูกยางส่งกระดาษในถาด1	0.0181	5.0	0.09	10,160	918.616
ลูกยางกันซ้อนในถาด1	0.0177	5.0	0.09	10,160	899.502
สายพานป้อนกระดาษด้านบน	0.0050	7.5	0.04	10,160	381.335
ลูกยางส่งกระดาษด้านบน	0.0198	7.5	0.15	10,160	1,507.256
ลูกยางกันซ้อนด้านบน	0.0113	7.5	0.09	10,160	863.954
ลูกยางป้อนมือ	0.0623	5.0	0.31	10,160	3,164.122
ยางกันซ้อนป้อนมือ	0.0098	5.0	0.05	10,160	496.083
ชุดส่งกระดาษไฟฟ้า	0.0371	5.0	0.19	10,160	1,882.514
ลูกยางป้อนกระดาษในถาด2	0.0163	5.0	0.08	10,160	829.561
ลูกยางส่งกระดาษในถาด2	0.0181	5.0	0.09	10,160	918.616
ลูกยางกันซ้อนในถาด2	0.0177	5.0	0.09	10,160	899.502
วงแหวนอัดกระดาษ	0.0037	5.0	0.02	10,160	187.135
ตัวดักกระดาษลูกดรัม	0.0007	5.0	0.00	10,160	33.409

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

สูตรการหาค่าความเชื่อมั่น 95 % ของวัสดุทั้งหมด

1. ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า

$n = 5$ $\bar{X} = 174.450$ $s = 0.000548$

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000548}{2.236} = 0.000245$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha / 2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

174.450 - 2.776(0.000245) $< \mu <$ 174.450 + 2.776(0.000245)

174.450 - 0.00068 $< \mu <$ 174.450 + 0.00068

174.449 $< \mu <$ 174.451

นั่นคือ ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 174.449 กรัม ถึง 174.451 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

2. ลูกกลิ้งสร้างภาพ

n = 5 $\overline{X}$ =77.651 s = 0.000894

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000894}{2.236} = 0.000399$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha / 2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

77.651 - 2.776(0.000399) $< \mu <$ 77.651 + 2.776(0.000399)

77.651 - 0.00110 $< \mu <$ 77.651 + 0.00110

77.649 $< \mu <$ 77.652

นั่นคือ ลูกกลิ้งสร้างภาพมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 77.649 กรัม ถึง 77.652 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

3. ซีล

n = 5 $\overline{X}$ =25.153 s = 0.002121

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.002121}{2.236} = 0.000948$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$25.153 - 2.776(0.000948) < \mu < 25.153 + 2.776(0.000948)$$

$$25.153 - 0.00263 < \mu < 25.153 + 0.00263$$

$$25.150 < \mu < 25.155$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

นั่นคือ ซีลมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 25.150 กรัม ถึง 25.155 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

4. ยางปาดหมึก

n = 5 $\overline{X}$ =96.403 s = 0.000447

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000447}{2.236} = 0.000199$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$96.403 - 2.776(0.000199) < \mu < 96.403 + 2.776(0.000199)$$

$96.403 - 0.00055 < \mu < 96.403 + 0.00055$

$96.402 < \mu < 96.403$

นั่นคือ ยางปาดหมึกมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 96.402 กรัม ถึง 96.403 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

5. ลูกกลิ้งเคลียร์ปะจุ

n = 5 $\overline{X}$ =69.171 s = 0.000837

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000837}{2.236} = 0.000374$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2,df} = t_{0.025,4} = 2.776$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

แทนค่าในสูตร

$69.170 - 2.776(0.000374) < \mu < 69.170 + 2.776(0.000374)$

$69.170 - 0.001038 < \mu < 69.170 + 0.001038$

$69.168 < \mu < 69.171$

นั่นคือ ลูกกลิ้งเคลียร์ปะจุมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 69.170 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

6. ผงเหล็ก

n = 5 $\overline{X}$ =1000 s = 0.000000

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000000}{2.236} = 0$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha / 2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

1000 - 2.776(0) $< \mu <$ 1000 + 2.776(0)

174.450 - 0 $< \mu <$ 174.450 + 0

1000 $< \mu <$ 1000

นั่นคือ ผงเหล็กมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 1000 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

7. กระบอกหมึก

n = 5 $\overline{X}$ =207.150 s = 0.000837

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000837}{2.236} = 0.000374$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลงวันลงสกร์

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha / 2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

207.150 - 2.776(0.000374) $< \mu <$ 207.150 + 2.776(0.000374)

207.150 – 0.001038 $< \mu <$ 207.150 + 0.001038

207.148 $< \mu <$ 207.151

นั่นคือ กระบอกหมึกมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 207.150 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

8. เขี้ยวแยกกระดาษ

n = 5 $\overline{X}$ =0.756 s = 0.001000

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001000}{2.236} = 0.000447$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$0.756 - 2.776(0.000447) < \mu < 0.756 + 2.776(0.000447)$

$0.756 - 0.00124 < \mu < 0.756 + 0.00124$

$0.754 < \mu < 0.757$

นั่นคือ เขี้ยวแยกกระดาษมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 0.754 กรัม ถึง 0.757 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

9. ลูกกลิ้งทำความสะอาด

n = 5 $\bar{X}$ =100.414 s = 0.001140

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001140}{2.236} = 0.000509$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$100.414 - 2.776(0.000509) < \mu < 100.414 + 2.776(0.000509)$

$100.414 - 0.001412 < \mu < 100.414 + 0.001412$

$100.412 < \mu < 100.415$

นั่นคือ ลูกกลิ้งทำความสะอาดมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100.414 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

10. ตัววัดอุณหภูมิ

n = 5 $\overline{X}$ =0.570 s = 0.000548

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000548}{2.236} = 0.002450$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$0.570 - 2.776(0.002450) < \mu < 0.570 + 2.776(0.002450)$$

$$0.570 - 0.006803 < \mu < 0.570 + 0.006803$$

$$0.563 < \mu < 0.576$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

นั่นคือ ตัววัดอุณหภูมิมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 0.570 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

11. ตัวตัดอุณหภูมิ

n = 5 $\overline{X}$ =0.955 s = 0.000707

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000707}{2.236} = 0.000316$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$0.955 - 2.776(0.000316) < \mu < 0.955 + 2.776(0.000316)$$

$0.955 - 0.000877 < \mu < 0.955 + 0.000877$

$0.954 < \mu < 0.955$

นั่นคือ ตัวตัดอุณหภูมิมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 0.955 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

12. ลูกปืน

n = 5 $\overline{X}$ =25.554 s = 0.001483

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001483}{2.236} = 0.000663$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2,df} = t_{0.025,4} = 2.776$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

แทนค่าในสูตร

$25.554 - 2.776(0.000663) < \mu < 25.554 + 2.776(0.000663)$

$25.554 - 0.00184 < \mu < 25.554 + 0.00184$

$25.552 < \mu < 25.555$

นั่นคือ ลูกปืนมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 25.554 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

13.ลูกยางอัดกระดาษ

n = 5 $\overline{X}$ =568.024 s = 0.001949

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001949}{2.236} = 0.000871$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha/2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

568.024 - 2.776(0.000871) $< \mu <$ 568.024 + 2.776(0.000871)

568.024 - 0.00241 $< \mu <$ 568.024 + 0.00241

568.021 $< \mu <$ 568.026

นั่นคือ ลูกยางอัดกระดาษมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 568.021 กรัม ถึง 568.026 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

14. ลูกกลิ้งความร้อน

n = 5 $\bar{X}$=55.419 s = 0.001140

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001140}{2.236} = 0.000509$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า 1-α = 0.95 หรือ α = 0.05

$\alpha/2$ = 0.025 ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

55.419 - 2.776(0.000509) $< \mu <$ 55.419 + 2.776(0.000509)

55.419 - 0.00141 $< \mu <$ 55.419 + 0.00141

55.417 $< \mu <$ 55.420

นั่นคือ ลูกกลิ้งความร้อนมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 55.417 กรัม ถึง 55.420 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

15. ลูกยางป้อนกระดาษ

n = 5 $\overline{X}$ =11.462 s = 0.001817

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001817}{2.236} = 0.000812$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$11.462 - 2.776(0.000812) < \mu < 11.462 + 2.776(0.000812)$$

$$11.462 - 0.00225 < \mu < 11.462 + 0.00225$$

$$11.459 < \mu < 11.464$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

นั่นคือ ลูกยางป้อนกระดาษมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 11.459 กรัม ถึง 11.464 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

16. ลูกยางส่งกระดาษในถาด 1

n = 5 $\overline{X}$ =13.165 s = 0.002490

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.002490}{2.236} = 0.001113$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$13.165 - 2.776(0.001113) < \mu < 13.165 + 2.776(0.001113)$

$13.165 - 0.00308 < \mu < 13.165 + 0.00308$

$13.161 < \mu < 13.168$

นั่นคือ ลูกยางส่งกระดาษในถาด 1 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 13.161 กรัม ถึง 13.168 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

17. ลูกยางกันซ้อนในถาด 1

$n = 5$ $\overline{X} = 11.494$ $s = 0.002588$

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.002588}{2.236} = 0.001157$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$11.494 - 2.776(0.001157) < \mu < 11.494 + 2.776(0.001157)$

$11.494 - 0.00321 < \mu < 11.494 + 0.00321$

$11.490 < \mu < 11.497$

นั่นคือ ลูกยางกันซ้อนในถาด 1 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 11.490 กรัม ถึง 11.497 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

18. สายพานป้อนกระดาษด้านบน

$n = 5$ $\overline{X} = 2.817$ $s = 0.001871$

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001871}{2.236} = 0.000836$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$2.817 - 2.776(0.000836) < \mu < 2.817 + 2.776(0.000836)$

$2.817 - 0.00232 < \mu < 2.817 + 0.00232$

$2.814 < \mu < 2.819$

นั่นคือ สายพานป้อนกระดาษด้านบน มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 2.814 กรัม ถึง 2.819 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

19. ลูกยางส่งกระดาษด้านบน

$n = 5$ $\bar{X} = 11.798$ $s = 0.008367$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.008367}{2.236} = 0.003741$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$11.798 - 2.776(0.003741) < \mu < 11.798 + 2.776(0.003741)$

$11.798 - 0.01038 < \mu < 11.798 + 0.01038$

$11.787 < \mu < 11.808$

นั่นคือ ลูกยางส่งกระดาษด้านบนมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 11.787 กรัม ถึง 11.808 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

20. ลูกยางกันซ้อนด้านบน

n = 5 $\overline{X}$ =8.123 s = 0.002000

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.002000}{2.236} = 0.000894$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$8.123 - 2.776(0.000894) < \mu < 8.123 + 2.776(0.000894)$$

$$8.123 - 0.00248 < \mu < 8.123 + 0.00248$$

$$8.120 < \mu < 8.125$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

นั่นคือ ลูกยางกันซ้อนด้านบนมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 8.120 กรัม ถึง 8.125 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

21. ลูกยางป้อนมือ

n = 5 $\overline{X}$ =39.423 s = 0.001673

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001673}{2.236} = 0.000748$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$39.423 - 2.776(0.000748) < \mu < 39.423 + 2.776(0.000748)$

$39.423 - 0.00207 < \mu < 39.423 + 0.00207$

$39.420 < \mu < 39.425$

นั่นคือ ลูกยางป้อนมือมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 39.420 กรัม ถึง 39.421 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

22. ยางกันซ้อนป้อนมือ

n = 5 $\overline{X}$ =6.755 s = 0.001225

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001225}{2.236} = 0.000547$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$6.755 - 2.776(0.000574) < \mu < 6.755 + 2.776(0.000547)$

$6.755 - 0.00151 < \mu < 6.755 + 0.00151$

$6.753 < \mu < 6.756$

นั่นคือ ยางกันซ้อนป้อนมือมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 6.753 กรัม ถึง 16.756 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

23. คลัชฟิดกระดาษ

n = 5 $\overline{X}$ =57.774 s = 0.000837

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000837}{2.236} = 0.000374$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$57.774 - 2.776(0.000374) < \mu < 57.774 + 2.776(0.000374)$$

$$57.774 - 0.00103 < \mu < 57.774 + 0.00103$$

$$57.772 < \mu < 57.775$$

นั่นคือ คลัชแม็กนาติก มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 57.772 กรัม ถึง 57.755 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

24. ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 2

n = 5 $\bar{X}$ =11.462 s = 0.001817

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001817}{2.236} = 0.000812$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$11.462 - 2.776(0.000812) < \mu < 11.462 + 2.776(0.000812)$$

$$11.462 - 0.00225 < \mu < 11.462 + 0.00225$$

$$11.459 < \mu < 11.464$$

นั่นคือ ลูกยางป้อนกระดาษในถาด 2 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 11.459กรัม ถึง 11.464 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

25. ลูกยางส่งกระดาษในถาด 2

n = 5 $\overline{X}$ =13.166 s = 0.001673

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001673}{2.236} = 0.000748$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$$13.166 - 2.776(0.000748) < \mu < 13.166 + 2.776(0.000748)$$

$$13.166 - 0.00207 < \mu < 13.166 + 0.00207$$

$$13.163 < \mu < 13.168$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

นั่นคือ ลูกยางส่งกระดาษในถาด 2 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 13.163 กรัม ถึง 13.168 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

26. ลูกยางกันซ้อนในถาด 2

n = 5 $\overline{X}$ =11.493 s = 0.001643

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001643}{2.236} = 0.000734$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$11.493 - 2.776(0.000734) < \mu < 11.493 + 2.776(0.000734)$

$11.493 - 0.00203 < \mu < 11.493 + 0.00203$

$11.490 < \mu < 11.495$

นั่นคือ ลูกยางกันซ้อนในถาด 2 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 11.490 กรัม ถึง 11.495 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

27. ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า (TRANSFER UNIT)

n = 5 $\overline{X}$ =157.034 s = 0.001225

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.001225}{2.236} = 0.000547$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$157.034 - 2.776(0.000547) < \mu < 157.034 + 2.776(0.000547)$

$157.034 - 0.00151 < \mu < 157.034 + 0.00151$

$157.032 < \mu < 157.035$

นั่นคือ ลูกกลิ้งปะจุไฟฟ้า (TRANSFER UNIT) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 157.032 กรัม ถึง 157.035 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

28. วงแหวนอัดกระดาษ

n = 5 $\overline{X}$ =3.453 s = 0.002074

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.002074}{2.236} = 0.000927$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$3.453 - 2.776(0.000927) < \mu < 3.453 + 2.776(0.000927)$

$3.453 - 0.00257 < \mu < 3.453 + 0.00257$

$3.450 < \mu < 3.455$

นั่นคือ วงแหวนอัดกระดาษ มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 3.450 กรัม ถึง 3.455 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

29. ตัวดักกระดาษลูกดรัม

$n = 5$ $\bar{X} = 0.616$ $s = 0.000894$

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.000894}{2.236} = 0.000399$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเล็ก ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คำนวณได้จากสูตร

$$\bar{X} - t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า $1-\alpha = 0.95$ หรือ $\alpha = 0.05$

$\alpha/2 = 0.025$ ดังนั้น $t_{\alpha/2'df} = t_{0.025,4} = 2.776$

แทนค่าในสูตร

$0.616 - 2.776(0.000399) < \mu < 0.616 + 2.776(0.000399)$

$0.616 - 0.00110 < \mu < 0.616 + 0.00110$

$0.614 < \mu < 0.617$

นั่นคือ ตัวดักกระดาษลูกดรัม มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 0.614 กรัม ถึง 0.617 กรัม ด้วยความเชื่อมั่น 95%

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 19 สำรวจเครื่องถ่ายเอกสารริโก้ในประเทศไทย 2551

รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน	รุ่น	จำนวน
MP2000LE	3,824	AF2035E	222	MP5000	64
AF1113	3,650	MP3590	216	AF2032	60
MP1500	2,686	AF3045	206	AF1075	56
AF2020	1,354	MP1600L	203	AF2060	47
AF1015	1,214	AF3035	194	AF1027	43
AF2018	1,130	AF340	180	MP6500	43
AF550	1,016	AF200	169	AF2075	40
AF2022	905	MP4000	151	MPW2400	37
MP161SPF	894	AF1060BRC	151	AF450	34
AF2016	863	MP2580	141	AF2090	33
AF2020D	666	AF270	140	MP9000	32
MP1600LE	582	AF1060MRC	135	MV310	25
MP2590	548	AF2051	128	AF2105	24
AF3025	545	AF2027	126	MP1100	15
AF2018D	482	AF1045	113	AF551	9
MP3090	393	AF2035	111	MP7000	8
MP5500	379	MP3391	110	AF1105	6
AF3030	367	AF1035	108	MV715	5
AF2045E	363	AF700	107	AF1075BRC	5
AF220	331	MP6000	104	MP1350	5
MP2550	280	MP7500	102	PRO906EX	4
AF1022	274	MP2000L	98	AF180	3
MP3350	264	MP8000	73	AF1085	2
MP4590	261	AF1060	71	AF400	1
AF1013	249	AF2045	71	AF1075MRC	1
			จำนวนเครื่องรวมทั้งหมด		27,552

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายอมร สุลาวรรณ

ที่อยู่ 104 ม. 15 เฉลิมพระเกียรติ 8 ตำบลบ้างแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัด สมุทรปราการ 10540

ที่ทำงาน 341 อาคารแสนทวีสิน อ่อนนุช ประเวศ กรุงเทพ ฯ 10250 (02 6721111)

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

พ.ศ. 2550 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมคณะวิศวกรรมศาสตรและเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2537 ช่างบริการเทคนิค บริษัท ริโก้ ประเทศไทย กำกัด

พ.ศ. 2541 ช่างบริการเทคนิคต่างจังหวัด บริษัท ริโก้ ประเทศไทย กำกัด

พ.ศ. 2543 วิศวกรบริการต่างจังหวัด บริษัท ริโก้ ประเทศไทย กำกัด

พ.ศ. 2547 วิศวกรอาวุโส บริษัท ริโก้ ประเทศไทย จำกัด จนปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์