



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

ปริญญา

การจัดการวิศวกรรม

วิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา

สาขา

คณะ

เรื่อง ผลิตภาพสีเขียวในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า

Green Productivity in Electric Oven Industry

นามผู้วิจัย นายนรากร กักโสภณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์กิตติคุณอัมพิกา ไกรฤทธิ, M.S.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ, วศ.ด.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริรงค์ กลั่นคำสอน, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลิตภาพสีเขียวในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า

Green Productivity in Electric Oven Industry

โดย

นายนรากร กักโสภณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นรากร กักโสมณ 2557: ผลผลิตสีเขียวในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม) สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์กิตติคุณ

อัมพิกา ไกรฤทธิ์, M.S. 139 หน้า

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือการประยุกต์ใช้ผลผลิตสีเขียว ในอุตสาหกรรม
เครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานที่ใช้เป็นตัวอย่างในงานวิจัยนี้ เป็นโรงงานที่ผลิต เตาอบไฟฟ้า พบว่ามีของ
เสียจำนวนมากถูกทิ้งจากสายการผลิตซึ่งเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อการผลิตมากที่สุด รวมถึง
สิ่งแวดล้อมจึงได้มีการจัดทำกรวิจัยนี้เพื่อบ่งชี้ไปที่การจัดการด้านของเสีย โดยใช้การจัดการ
ผลผลิตสีเขียว และ ใช้การบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs (Reduce ,Reuse ,Recycle) เครื่องมือด้าน
คุณภาพ และ หลักการ P-3M (Production –My Job ,My Machine ,My Area) การวิจัยในครั้งนี้
สามารถลดค่าใช้จ่ายการผลิตลง 29,784,478 บาทต่อปี อีกทั้งสามารถลดปริมาณการปลดปล่อย
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ Emission Equivalent) ลงทั้งหมด 535,854 kgCO_{2eq} ต่อปี
จึงสรุปได้ว่าการจัดการผลผลิตสีเขียว สามารถ เพิ่มกำไรให้กับองค์กร และ ลดผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Narakorn Kaksophon 2014: Green Productivity in Electric Oven Industry. Master of Engineering (Engineering Management), Major Field: Engineering Management, Faculty of Engineering at Si Racha. Thesis Advisor: Professor Emeritus Ampika Krairit, M.S. 139 pages.

The main objective of this research to apply green productivity management in the electrical industry. The plant was used as an example in this paper produces electric oven, which create large amount of waste that cause a problem to production and environment. This research focus on the management of waste, by using green production management and the integration of the 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle), Quality tools and the P-3M principles (Production-My Job, My Machine, My Area). The result of this research can reduce cost of production 29,784,478 baht per year and reduce carbon dioxide 535,854 kgCO_{2eq} per year. The conclusion is Green productivity management can increase profits for the organization and reduce environmental impact.

Student's Signature

_____/_____/_____
Thesis Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณอัมพิกา ไกรฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอพระคุณอาจารย์ หลักสูตรการจัดการวิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

นรากร กักโสภณ
มีนาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	58
อุปกรณ์	58
วิธีการ	58
ผลและวิจารณ์	123
ผล	123
วิจารณ์	129
สรุปและข้อเสนอแนะ	130
สรุป	130
ข้อเสนอแนะ	131
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	134
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	139

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	3
2	รูปแบบของการประยุกต์ใช้งาน LCA	25
3	โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษา LCA	34
4	ตารางคำนวณในส่วนของการใช้จ่ายจากการทิ้งของเสีย	60
5	ตารางสภาพการบริหารจัดการของเสียในปัจจุบัน	68
6	ตารางข้อมูลของเสีย และเป้าหมายในการจัดการผลิตภาพสีเขียว	70
7	ตารางการทดสอบโดยใช้การออกแบบการทดลอง	74
8	ข้อมูลของเสียที่บันทึกได้จากการออกแบบการทดลอง	75
9	ตารางค่าสัมประสิทธิ์การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	117
10	ผลที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมตามแนวคิดผลิตภาพสีเขียว ในรูปของการลด ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากร และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า	127
11	ระยะเวลาคืนทุนแยกตามชนิดของของเสีย 3 โครงการ	128
12	สรุปผลการวิจัยตามแนวทางผลิตภาพสีเขียว	131

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลก	2
2 การพัฒนาตามแนวคิด GP การพึ่งพาอาศัยกันของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม	8
3 ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตสีเขียว (Green Productivity) ตามรูปแบบของ APO แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน	10
4 ความสัมพันธ์ของผลิตภาพสีเขียว นำไปสู่ผลกำไรสูงสุด เพิ่มคุณภาพชีวิตและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม	15
5 วงจรผลิตภัณฑ์ภายในห่วงโซ่อุปทานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	16
6 วงจรความร่วมมือตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตามแนวคิดของ GP	17
7 วิธีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการตามหลักการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว	20
8 การประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์	22
9 การประเมินวัฏจักรชีวิต	27
10 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate	28
11 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave	28
12 การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มของผลกระทบ (Classification)	30
13 เครื่องมือ Design of Experiment (DOE)	42
14 การทำข้อเสนอแนะเพื่อให้เกิดการปรับปรุงและลดการสูญเสียที่หน้างาน	47
15 การออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่ควบคู่ไปกับการออกแบบผลิตภัณฑ์	52
16 วิวัฒนาการของห่วงโซ่อุปทานสีเขียว	55
17 ข้อมูลของเสีย 10 อันดับแรกจากไลน์การผลิต	59
18 ภาพชิ้นส่วนเสียในสายการผลิต	60
19 ภาพชิ้นส่วนเสียถูกทิ้งลงในถังจัดเก็บขยะ	61
20 ขั้นตอนการดำเนินงานของบริษัท	62
21 กระบวนการผลิตภายในบริษัท ในส่วนแผนกผลิต	63
22 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามแนวทางผลิตภาพสีเขียว	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
23	Frame Cook top แดก 66
24	Assy Door แดกและเป็นรอยขีดข่วน 66
25	Heater Radian แดก หลอดเซนเซอร์แตก 67
26	ข้อมูลของเสีย 10 อันดับแรกจากสายการผลิต 69
27	การกำหนด ประเมินและจัดลำดับความสำคัญทางเลือก 71
28	เทคนิคการบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M 71
29	อุปกรณ์การทดสอบ และ ระดับการแตกตัวของสี (6 ระดับ) 73
30	การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง 77
31	การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง(ต่อ) 78
32	การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์กราฟ Residual Plots for Y 79
33	ผลการใช้โปรแกรม Minitab 81
34	ผลกระทบร่วมที่มีผลต่ออัตราของเสียจากการทดลอง 82
35	การกำหนดจัดทำมาตรฐานการควบคุมการปรับตั้งค่า 83
36	การนำของเสียกลับมาซ้ำ (Reuse) 84
37	การทำกิจกรรม P-3M และ การเสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงาน 85
38	จัดสร้างพื้นที่สำหรับงานนำกลับมาใช้ซ้ำ 85
39	จัดทำมาตรฐานการทำงาน ในส่วนของ Frame cook top 86
40	การนำสีที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านเครื่องจักรพ่นสี 87
41	การใช้ Why Why Analysis 89
42	การทำการปรับปรุงปัญหาช่องว่างกระจกกับโครงสแตนเลสโดยการเพิ่มกาวร้อน 90
43	การทำการปรับปรุงปัญหาช่องว่างระหว่างกระจกกับโครงสแตนเลสโดยการเปลี่ยนสปริงกด 91
44	การทำการปรับปรุงการเปลี่ยนตัวยึด 92
45	การทำการปรับปรุงการเพิ่มขอบป้องกันรอย 92
46	การทำการปรับปรุงการเปลี่ยนวิธีการวางชิ้นงาน 93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
47	การทำการปรับปรุงโต๊ะประกอบชิ้นงาน
48	การนำ ของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในส่วนของประตู
49	การนำของเสียทิ้ง และนำ ของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในส่วนของประตู
50	การปรับปรุงคุณภาพแก้ไขปัญหามาจากการออกแบบร่วมกับ ผู้ส่งมอบ
51	การปรับปรุงวิธีการบรรจุภัณฑ์ ร่วมกับ ผู้ส่งมอบ
52	การปรับปรุงรถเข็นและรถเก็บชิ้นส่วน
53	ชิ้นส่วนของการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
54	ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบ ของ Frame cook top
55	ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของ Frame cook top line
56	กรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
57	ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro
58	ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaProส่วนที่เป็นของเสีย
59	ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaProส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่
60	การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลก่อนการปรับปรุง)
61	การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)
62	ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบ ของ Assy Door
63	ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของ Assy Door
64	กรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
65	ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
66 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นของเสีย	111
67 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่	112
68 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลก่อนการปรับปรุง)	112
69 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)	114
70 ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบ ของ Heater Radian	116
71 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ก่อนปรับปรุง)-Heater Radian	117
72 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (หลังปรับปรุง)-Heater Radian	118
73 การคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า -Heater Radian	118
74 ตารางสรุปการคำนวณการปลดปล่อยการคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	119
75 การจัดการประชุม 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อการเฝ้าติดตามและทบทวนตรวจสอบ	120
76 จัดทำ บอร์ด ควบคุมของเสียต่างๆเป็นการบันทึกของเสียรายวัน แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น	121
77 ภาพประชุมเรื่องของเสียที่ทิ้งในแต่ละวันให้กับ พนักงาน	121
78 การนำเสนอคิด ผลิตภัณฑ์สีเขียว ไปจัดทำระบบผลิตภัณฑ์สีเขียวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า	123
79 การนำเสนอคิด ผลิตภัณฑ์สีเขียว เพื่อสร้างวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโดยใช้เครื่องมือ ผลิตภัณฑ์สีเขียว (Green Productivity,GP)	124

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
80	กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย (หน่วย:บาทต่อปี) และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (หน่วย:กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี) ในส่วนของ Frame cook top	125
81	กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย(หน่วย:บาทต่อปี)และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (หน่วย:กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี) ในส่วนของ Assy-Door	126
82	กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย (หน่วย:บาทต่อปี) และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (หน่วย:กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี) ในส่วนของ Heater Radian	126
83	กราฟสรุปผลทั้งหมดที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมตามแนวคิดผลผลิตภาพสีเขียว	127
84	ระดับของอุตสาหกรรมสีเขียว	133

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

APO	=	Asian Productivity Organization
B2C	=	Business to Consumer
B2B	=	Business to Business
C	=	Cost
CO2 eq	=	Carbon Dioxide emission equivalent
CF	=	Carbon Footprint
DOE	=	Design of Experiment
Def.(%)	=	Defect Rate(%)
F	=	Function
GP	=	Green Productivity
LCA	=	Life Cycle Assessment
M/C	=	Machine
P-3M	=	Production – (My Job , My Machine , My Area)
PPM	=	Part Per Million
SCM	=	Supply Chain Management
TCA	=	Total Cost Assessment
V	=	Value

ผลิตภาพสีเขียวในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า

Green Productivity in Electric Oven Industry

คำนำ

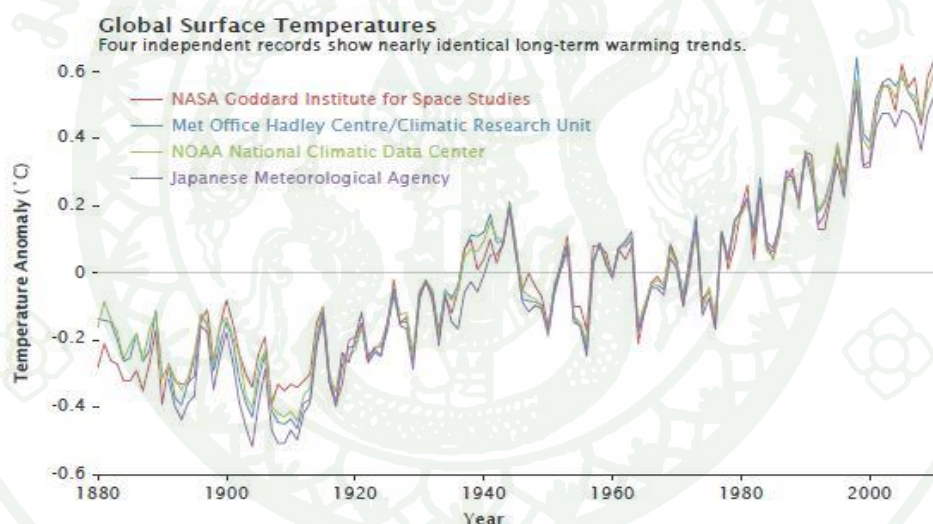
ในปัจจุบันนี้ นับว่าผลิตภาพสีเขียวเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากสำหรับโรงงานต่างๆ ที่จะปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือการใช้วิธีการผลิตด้วยการยึดเอาแนวความคิดของ “ผลิตภาพสีเขียว” เป็นหลัก (Green Productivity) เพราะความเป็นสีเขียว (Green) ในวันนี้ เป็นทั้งมาตรการบังคับ และมาตรการจูงใจการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Green) ซึ่งผลิตภาพสีเขียวอาจจะเป็นเรื่องที่ทำให้หลายโรงงานอยู่ในภาวะที่ถูกบีบให้เปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือการวิธีการดำเนินธุรกิจจากทุกภาคส่วน อีกทั้งเกิดจากการมีแรงกดดันของสังคม ชุมชน กฎระเบียบ ข้อกำหนดจากประเทศคู่ค้า และความต้องการของลูกค้าหลายๆ องค์กร หรือ บริษัท มักจะคิดว่าการเป็น green จะทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เสียเปรียบต่อคู่แข่งและสูญเสียโอกาสทางการค้าด้วยแต่แท้จริงแล้ว การที่กิจการเป็น “ผลิตภาพสีเขียว” หรือ “ผู้ผลิตสีเขียว” (Green Manufacturing) จะทำให้ความสูญเสียทรัพยากรต่างๆ ลดลง ไม่ว่าจะเป็นการใช้วัตถุดิบทางตรงทางอ้อมการใช้พลังงาน ที่สูญเสีย น้อยลง มีของเสียน้อยลง สามารถประหยัดพลังงาน ลดต้นทุนการผลิตนอกจากนี้ยังทำให้ลดมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จึงทำให้กิจการโรงงานอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างปกติสุขในทางปฏิบัติแล้ว การที่จะเป็น green นั้น เราสามารถเริ่มจากเรื่องอย่างง่ายๆ ก่อน โดยอาศัยความคิดด้วย “หลัก 3Rs” (Reduce, Reuse, Recycle) คือ การลดปริมาณการใช้ การใช้ซ้ำและการนำแปรรูปกลับมาใช้ใหม่

ในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่สำคัญมากที่ทุกภาคส่วนให้ความสนใจ ทั้งผู้ผลิต สินค้าและบริการ ผู้บริโภค ภาคเอกชน และหน่วยงานของรัฐ ซึ่งทุกกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทาน ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ จัดหาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การบริโภค และการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

การบริหารจัดการผลิตภาพและสิ่งแวดล้อมเชิงบูรณาการในด้านที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในทุกกิจกรรมตลอดกระบวนการเช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง การปลดปล่อยของเสีย การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการจัดการสินค้าย้อนกลับจากลูกค้า (Reverse Logistics) การจัดการให้น้ำ

กลับมาใช้ใหม่ (Recycling) การทดแทนที่วัสดุดิบ (Materials Substitution) หรือการนำชิ้นส่วน-วัสดุดิบกลับมาใช้ใหม่ (Reuse of Materials) รวมทั้งกระบวนการกำจัดของเสีย (Waste Disposal) ซึ่งเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบันนี้ ทุกฝ่าย ทุกหน่วยงานภาคส่วน และ ทุกประเทศ ต้องตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม

ผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity, GP) คือ ยุทธศาสตร์ เพื่อการเสริมสร้าง “สมรรถนะด้านการเพิ่มผลิตภาพและการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม” โดยใช้การประยุกต์อย่างถูกต้องจะส่งผลให้เกิด “การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม” ในองค์กรวมให้ดีขึ้น และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) ที่เกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ตลอดจนจากการผลิตสินค้าและการบริการ นอกจากนี้ GP ยังเป็นเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยเทคนิค เทคโนโลยี และระบบบริหารจัดการต่างๆ ที่เหมาะสมในการสรรค์สร้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลก

ที่มา: NASA Goddard Institute for Space Studies, NOAA National Climatic Data Center.

จากภาพที่ 1 คือภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก ที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน (Global warming) ซึ่งเส้นกราฟแสดงความผิดปกติของอุณหภูมิตั้งแต่ปี 1880 ถึงปี 2011 ตามที่บันทึกไว้โดย GISS, องค์การบริหารมหาสมุทรและบรรยากาศ (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), ศูนย์ข้อมูลภูมิอากาศแห่งชาติ (National Climatic Data Center) สำนักงานอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (Japanese Meteorological Agency) และ ศูนย์ฮาดเลย์ (Hadley) ของสำนักงาน

MET (Meteorological Office) ในสหราชอาณาจักร ซึ่ง ทั้ง 4 สถาบันได้ทำการบันทึกข้อมูลจากสถานีทั่วโลกและทำการประเมินด้วยตนเองเกี่ยวกับสภาพอากาศของปี ว่าร้อนหรือเย็นกว่าเมื่อเทียบกับปีอื่นๆ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากปีหนึ่งถึงอีกปี แต่สถิติทั้ง 4 ได้แสดงถึงจุดสูงสุดและต่ำสุดในเวลาเดียวกันทั้งหมดแสดงถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา และทั้งหมดยังแสดงว่าทศวรรษที่ผ่านมาเป็นทศวรรษที่ร้อนที่สุด

เมื่อพิจารณาสถานการณ์ในปัจจุบันของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย จากการวิเคราะห์รายงานของสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พบว่าอุตสาหกรรมการผลิตอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้นในปัจจุบัน ส่วนใหญ่มูลค่าการส่งออกจะปรับตัวเพิ่มขึ้นจากความต้องการสินค้าของผู้บริโภคที่ปรับตัวเพิ่มขึ้น และมีการทำลาย สิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วยเช่นกัน อีกทั้ง สินค้ามีต้นทุนการผลิตเพิ่มมากขึ้นซึ่งสวนทางกับราคายาโดยเฉลี่ยที่ลดลง

จากข้อมูลอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้ามีจำนวนสถานประกอบการ ณ เดือนมิถุนายน 2555 มีจำนวน 807 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็กและเป็นประกอบเป็นสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 1 จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

จำนวนโรงงาน (หน่วย: โรงงาน)	เล็ก	กลาง	ใหญ่	รวม
Electrical	558	149	100	807
Electronics	441	189	153	783
Trader	138	11	5	154
Supporting service	39	2	1	42
Non-specify	104	31	30	165
Software Computer	74	5	4	83
รวม	1,354	387	293	2,034

ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (2555)

จะเห็นว่าอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนสถานประกอบการสูงที่สุด มูลค่าส่งออกสูง ดังนั้นกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องมีใช้ หลักการจัดการ ผลิตภาพสีเขียวโดยใช้ หลักการ 3Rs เพื่อลดต้นทุนของเสียเพิ่มผลิตภาพ และ คำนึงถึง ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

หลายโรงงานที่นำ “หลักการ 3Rs” นี้ไปใช้ จะมีการลงทุนที่ไม่มากและมีระยะคืนทุนสั้น จึงช่วยให้โรงงานต่างๆ สามารถลดต้นทุนการผลิตและการแข่งขันในตลาดได้จากสถิติเรื่องการจัดการกากอุตสาหกรรม จะพบว่าอุตสาหกรรมต่างๆ มีการปรับตัวค่อนข้างมาก ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องจากภาวการณ์แข่งขันที่ต้องลดต้นทุนการผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการจัดการกาก จึงทำให้อัตราการฝังกลบและการเผาทำลายกากหรือขยะของเสียลดลง และสิ่งสำคัญที่จะช่วยทำให้มีการใช้ประโยชน์จากของเสียได้มากขึ้น ก็คือ การพัฒนาวิธีการจัดการของเสียและความมุ่งมั่นของผู้ประกอบการในการปรับปรุงคุณภาพของของเสียให้เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบที่กลับมาใช้ใหม่ได้ จึงนับว่า การเป็น Green Manufacturing จะเป็นโอกาสสำคัญของการพัฒนาธุรกิจ สามารถลดต้นทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สร้างคุณค่าและตลาดใหม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการนำแนวคิด ผลิตภาพสีเขียว ไปจัดทำระบบผลิตภาพสีเขียวสำหรับอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า เพื่อสู่การเป็นองค์กรแห่งความยั่งยืน (Sustainable)
2. เพื่อศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ขั้นตอนการผลิต เพื่อหาแนวทางและวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโดยใช้เครื่องมือ ผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity, GP)
3. เพื่อลดต้นทุน และ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ emission equivalent)

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยโรงงานผลิตเตาอบไฟฟ้า ซึ่งมีสายกำลังการผลิต 3 สายการผลิตในจำนวนพนักงาน 240 คน (ข้อมูลปี 2556) มีการผลิต เตาอบไฟฟ้า 774,384 เครื่องต่อปี การวิจัยได้ทำการศึกษาทรัพยากรที่เป็น ของเสีย (Waste) จากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงของเสีย 3 อันดับแรกของกลุ่มของเสียคิดเป็น 83.5%.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ผู้ประกอบการได้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า
2. นำผลการประเมินต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปเป็นแนวทางเพื่อการลดอัตราการใช้ทรัพยากร ประหยัดพลังงาน และส่งเสริมนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน
3. เพิ่มกำไรให้กับองค์กร จากการลดต้นทุน (Profitability)
4. ด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ของเสียที่เกิดขึ้น ถูกบริหารจัดการหรือสร้างมูลค่าก่อนกำจัดทิ้ง เพื่อลดการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสียลงสู่สิ่งแวดล้อมอันส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

5. ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ emission equivalent)
6. สร้างความน่าเชื่อถือ และเพิ่มภาพลักษณ์ให้กับผู้ผลิต ในกลุ่มอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า



การตรวจเอกสาร

หลักการพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิจัย

1. หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity , GP)

แนวคิดของผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity, GP) คือ การรวมกันของสิ่งสำคัญ สองสิ่ง คือ การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิตภาพ (Productivity Improvement) และป้องกันสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection) สำหรับการเพิ่มผลิตภาพ มีหลักการคือการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ขณะที่ด้านการป้องกันสิ่งแวดล้อม คือ การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

การดำเนินงานตามแนว GP ให้มีการประสบความสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมาย ต้องอาศัยบุคลากรซึ่งมีวิสัยทัศน์สามารถรับการเปลี่ยนแปลงและเข้าใจถึงความจำเป็นในการปรับตัวให้ก้าวทันต่อสถานการณ์ รวมทั้งการดำเนินการตามแนวคิด GP เป็นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินการคงอยู่กับองค์กรอย่างยั่งยืน

อีกทั้งการพัฒนาตามแนวคิด GP จำเป็นต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญโดย “การพึ่งพาอาศัยกันของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (Interdependency of Economic, Social, and Environmental Systems)” โดยมีจุดเน้นใน 3 ประเด็น ที่เรียกว่า GP’s Triple Focus ได้แก่

1. สิ่งแวดล้อม (Environment) หมายถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืน
2. ความสามารถในการทำกำไร (Profitability)

3. คุณภาพ (Quality) โดยพิจารณาเสี่ยงสะท้อนจากลูกค้าทั้ง สินค้าและบริการ โดยรับฟังความคิดเห็นของลูกค้าเท่านั้นและ ทำความเข้าใจสาเหตุที่เกิดขึ้นและที่มาของความเชื่อความคิดเหล่านั้น และหาทางที่จะพัฒนาสินค้าและบริการให้เกินกว่าความคาดหวังของลูกค้าแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 2 การพัฒนาตามแนวคิด GP การพึ่งพาอาศัยกันของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Asian Productivity Organization (2008)

เครื่องมือสำหรับผลิตภาพสีเขียว ได้แก่การระดมสมอง ฟังก้างปลา การสมมูลวัสดุ และแผนผังโรงงาน ด้านสิ่งแวดล้อม เรียกว่า Eco maps ซึ่งมีที่ต้องพิจารณาคร่าวๆ 4 หัวข้อด้วยกัน คือ

ข้อที่ 1 แผนภาพพื้นที่ภายในอาคาร ปัญหาเกิดอยู่ตรงไหน น้ำเสียเอาออกอย่างไร ขยะที่เป็นของแข็งกำจัดที่ไหน

ข้อที่ 2 ด้านเอกสาร วางแผนระบบการจัดเก็บของเสีย

ข้อที่ 3 การรวบรวมข้อมูล ปริมาณและชนิดของมลพิษทางอากาศ หรือของเสียชนิดแข็ง

ข้อที่ 4 การกำจัด วัตถุที่เป็นของเสีย ผลกระทบของมลพิษ

ส่วนการสมมูลวัสดุ ก็ดูปริมาณของวัสดุที่นำเข้า และที่ออกไป เขียนการไหลของกระบวนการผลิต ขาเข้าประกอบด้วยวัตถุดิบ สารเคมี น้ำ อากาศ และพลังงาน ขาออกประกอบด้วยผลผลิตหลัก ผลพลอยได้ สินค้าที่ไม่ยอมรับ น้ำเสีย ของเสียชนิดแข็งและเหลว ซึ่งอาจจะเก็บไว้หรือส่งไปกำจัด หรือนำกลับมาใช้ซ้ำ

ฟังก์ชันปลาเป็นการระดมความคิด ในการกำจัดสาเหตุที่เกิดปัญหา ที่มาจาก คน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ และสิ่งแวดล้อมซึ่งเรียกว่า 4M และ 1E (4M1E)

เทคนิคของผลิตภาพสีเขียวประกอบด้วย

- การป้องกันของเสีย ได้แก่ปรับปรุงกระบวนการ การดูแลและบำรุงรักษา ทำโครงการ 5 ส ความสูญเปล่า 7 ชนิด

- การประหยัดทรัพยากร การลดการใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่

- การประหยัดพลังงาน

- แก้ไขกระบวนการ เช่น เปลี่ยนวัสดุนำเข้า เปลี่ยนอุปกรณ์

- การป้องกันมลพิษ ด้วยการควบคุมอากาศเสียที่ปล่อยออกมา การจัดการของเสียที่เป็นของแข็ง ควบคุมมลภาวะ

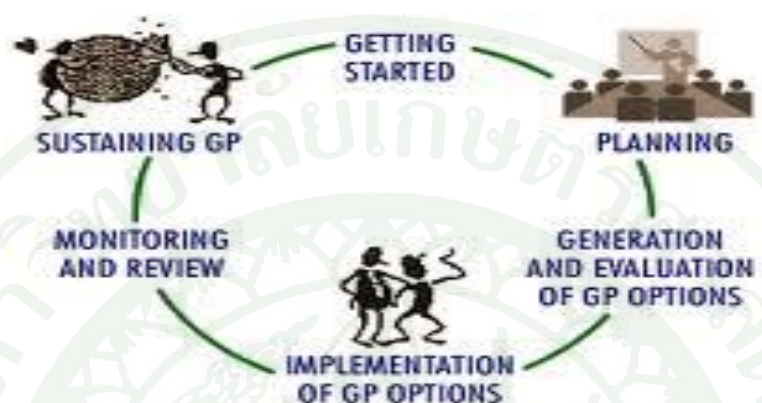
- ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เช่น การออกแบบสีเขียว (Eco Design) เจริญเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design: Eco Design) เป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิด ด้านเศรษฐกิจ

- การเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพ

Asian Productivity Organization (2008) ได้อธิบายไว้ใน คู่มือการผลิตสีเขียว และ ห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Productivity and Green Supply Chain Manual) ถึงประโยชน์ของการดำเนินงานด้านห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain) ไว้ 4 ข้อ ดังนี้

1. การปรับปรุงสมรรถภาพของการดำเนินงานด้านธุรกิจของตนเอง
2. ทำให้มั่นใจว่าสินค้าหรือบริการที่ได้รับจากผู้ส่งมอบนั้นยั่งยืน
3. การทำงานกับผู้ส่งมอบได้เพิ่มประสิทธิภาพและการแข่งขัน

4. การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับลูกค้าและช่องทางการขายที่ได้ออกแบบความยั่งยืนของสินค้าและบริการ โดยขั้นตอนการดำเนินงานผลิตสีเขียว (Green Productivity) ตามรูปแบบของ APO แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน และ 13 งาน



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตสีเขียว (Green Productivity) ตามรูปแบบของ APO แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน

ที่มา: Asian Productivity Organization (2008)

ขั้นตอนดำเนินงานห่วงโซ่อุปทานสีเขียว

ขั้นที่ 1: เริ่มต้น (Getting Started)

กิจกรรมที่ 1: จัดตั้งคณะทำงานสีเขียว (Green Team formation)

กิจกรรมที่ 2: เดินสำรวจและเก็บข้อมูล (Walk-through survey and information collection)

ขั้นที่ 2: การวางแผน (Planning)

กิจกรรมที่ 3: ระบุปัญหาและสาเหตุ (Identification of problems and causes)

กิจกรรมที่ 4: กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย (Setting objective and targets)

ขั้นที่ 3: สร้าง, ประเมิน, ลำดับ ทางเลือกสีเขียว (Generation, Evaluation and Prioritization of Green Options)

กิจกรรมที่ 5: สร้างทางเลือกสีเขียว (Generation of Green Options)

กิจกรรมที่ 6: คัดกรอง, ประเมิน, ลำดับ ทางเลือกสีเขียว(Screening, Evaluation and Prioritization of Green Options)

ขั้นที่ 4: ดำเนินการทางเลือกสีเขียว (Implementation of Green Options)

กิจกรรมที่ 7: สร้างแผนดำเนินงานสีเขียว (Formulation of Green implementation plan)

กิจกรรมที่ 8: ดำเนินงานตามทางเลือก(Implementation of selected options)

กิจกรรมที่ 9: ฝึกอบรม, สร้างจิตสำนึก และพัฒนาความสามารถ (Training, awareness building and developing competence)

ขั้นที่ 5: ติดตามและทบทวน (Monitoring and Review)

กิจกรรมที่ 10: ติดตามและประเมินผล (Monitoring and evaluation of results)

กิจกรรมที่ 11: ทบทวนการบริหาร (Management review)

ขั้นที่ 6: ความยั่งยืนสีเขียว (Sustaining Green)

กิจกรรมที่ 12: ดำเนินการเปลี่ยนเป็นการจัดการขององค์กร (Incorporate change into the organization's system of management)

กิจกรรมที่ 13: ระบุประเด็นใหม่/เพิ่ม สำหรับการพัฒนาต่อเนื่อง (Identify new/additional problem areas for continual improvement)

วิธีการดำเนินการของการเพิ่มผลผลิตสีเขียวมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การเริ่มต้น

กิจกรรมที่ 1: การจัดตั้งคณะทำงาน หรือการสร้างทีม GP ทีมทำงานประกอบด้วยสมาชิกจากฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในองค์กร หากองค์กรมีขนาดใหญ่อาจจัดตั้งทีมงานย่อยสำหรับแต่ละส่วนก็ได้ ทีมGPมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำมาตรการต่างๆ ของGPทีมงานควรจะเป็นทีมงานภายในบริษัท เพื่อจะได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องยั่งยืน

กิจกรรมที่ 2: การสำรวจองค์กรและเก็บข้อมูลการเดินสำรวจกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร ร่วมกันของทีมGPจะช่วยให้สมาชิกทั้งหมดเห็นสภาพจริงที่เกิดขึ้นในองค์กร ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและที่เก็บรวบรวมไว้จะถูกนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาและต้นเหตุของปัญหา วิธีนี้จะช่วยในการเลือกปัญหาเบื้องต้นที่จะทำงานด้านGP

ขั้นตอนที่ 2: การวางแผน

กิจกรรมที่ 3: การแจกแจงถึงปัญหาและต้นเหตุด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ระดมสมอง การสมมูลมวลสารและพลังงาน การใช้แผนภูมิแกงปลา หรืออื่นๆ ทีมGPสามารถที่จะทราบถึงปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในองค์กร รวมถึงต้นตอที่แท้จริงของปัญหาเหล่านั้นได้

กิจกรรมที่ 4: การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายจากปัญหาและต้นเหตุของปัญหาที่ได้ จากกิจกรรมที่ 3 ทีมGPสามารถกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ควรจะขึ้นอยู่กับปัญหาที่ได้ระบุไว้ วัตถุประสงค์หนึ่งอาจประกอบด้วยหลายเป้าหมาย ซึ่งอาจใช้เวลานาน และเป้าหมายควรตั้งให้สอดคล้องกับความต้องการ

ขั้นตอนที่ 3: การกำหนด ประเมิน และจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกGP

กิจกรรมที่ 5: การกำหนดทางเลือก GP กำหนดเป้าหมาย ทีม GPสามารถกำหนดทางเลือก GPที่จะนำไปปฏิบัติเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้

กิจกรรมที่ 6: การคัดสรร ประเมิน และจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกGP ทางเลือกGPที่ได้จะถูกนำมาคัดสรร ประเมิน และจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาทั้งทางด้าน เทคนิคสิ่งแวดล้อม และการเงิน เพื่อเลือกทางเลือกGPที่มีความสำคัญเร่งด่วน สามารถเป็นไปได้ ในทางปฏิบัติและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร

ขั้นตอนที่ 4: การนำทางเลือกGPไปปฏิบัติ

กิจกรรมที่ 7: การกำหนดแผนดำเนินงานทางเลือก GP ที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำมาแจกแจงรายละเอียดเป็นแผนปฏิบัติการ โดยครอบคลุมถึงกิจกรรมที่กระทำ ผู้รับผิดชอบ และระยะเวลา ดำเนินการ

กิจกรรมที่ 8: การดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ทีม GP จะทำการปรับปรุงองค์กรตามแผนดำเนินการที่วางไว้ ในช่วงนี้อาจจำเป็นต้องมีการปรับแผนดำเนินงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

กิจกรรมที่ 9: การฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเพื่อให้การปรับปรุงดำเนินไปอย่างราบรื่นและต่อเนื่อง ควรมีการอบรมบุคลากรในทุกระดับให้เข้าใจถึงแนวคิดของการเพิ่มผลผลิตสีเขียว และขอบเขตความรับผิดชอบในหน้าที่การงาน พร้อมทั้งกระตุ้นการมีส่วนร่วม เพื่อให้การปรับปรุงต่างๆ มีความต่อเนื่องและยั่งยืน

ขั้นตอนที่ 5: การเฝ้าตรวจและประเมินผล

กิจกรรมที่ 10: การเฝ้าตรวจและประเมินผลที่เกิดขึ้นหลังจากที่ได้มีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงตามทางเลือก GP แล้ว ทีม GP จำเป็นต้องเฝ้าตรวจรวบรวมข้อมูล ประเมินผลที่ได้ และเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่วางไว้ เพื่อให้ทราบถึงผลสำเร็จของการดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้

กิจกรรมที่ 11: การตรวจสอบโดยผู้บริหารข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จะถูกตรวจสอบโดยผู้บริหารเพื่อประเมินผลประโยชน์โดยรวมที่องค์กรได้รับพร้อมทั้งทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการตามแผนปฏิบัติงานของทางเลือก GP เพื่อหาทางแก้ไขในอนาคต

ขั้นตอนที่ 6: การดำเนินการที่ยั่งยืนภายใต้แนวคิดของ GP

กิจกรรมที่ 12: การเสริมสร้างแนวคิด GP ในระบบการจัดการขององค์กรผู้บริหารขององค์กรควรสร้างบรรยากาศงานนโยบายที่จะเสริมสร้างและส่งเสริมแนวคิดของการเพิ่มผลผลิตสีเขียวในองค์กร เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ต่อเนื่องและยั่งยืน

กิจกรรมที่ 13: การกำหนดปัญหาใหม่เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทีม GP ทำการสำรวจกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรและกำหนดปัญหาใหม่เพื่อวัฏจักรการทำงานใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในองค์กร

การดำเนินกิจการของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในยุคปัจจุบันจำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการปรับปรุงในเชิงธุรกิจและการบริหารจัดการซึ่งก่อให้เกิดการลดต้นทุนและเพิ่มผลิต

ภาพเพื่อจะนำไปสู่ผลกำไรสูงสุดในขณะที่ต้องตระหนักถึงปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของบุคลากรภายในสถานประกอบการทั้งนี้เพื่อปรับตัวให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและตลาดที่ให้ความสำคัญกับสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม(Environmental-friendly Products) มากขึ้นอีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างความแตกต่างในเชิงนวัตกรรมและจุดแข็งให้แก่ธุรกิจในโลก

สรุปได้ว่า GP เป็น “ยุทธศาสตร์” เพื่อเสริมสร้าง “สมรรถนะด้านการเพิ่มผลผลิตภาพและด้านการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม” โดยการประยุกต์ใช้อย่างถูกต้องจะส่งผลให้เกิด “การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม” ในองค์กรให้ดีขึ้นควบคู่กันไป และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) ที่เกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ตลอดจนจากการผลิตสินค้าและบริการ

นอกจากนี้ GP ยังเป็นเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยเทคนิคเทคโนโลยี และระบบบริหารจัดการต่างๆ ที่เหมาะสมในการสรรค์สร้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรม บริการ เกษตรกรรม และชุมชนต่างๆ ทั้งนี้ การดำเนินงานตามแนวทาง GP ให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายจำเป็นต้องอาศัยบุคลากรซึ่งมีวิสัยทัศน์เปิดรับการเปลี่ยนแปลงและเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงความจำเป็นในการปรับตัวให้ก้าวทันต่อสถานการณ์ รวมทั้งการดำเนินการตามแนวทาง GP เป็นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินการคงอยู่กับองค์กรอย่างยั่งยืนที่สุด

GP เป็นการใช้ประโยชน์การจัดการคุณภาพโดยสนับสนุนการใช้วัตถุดิบที่ใหม่และปลอดภัยกว่า เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการและการผลิตรวมทั้งปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน การพัฒนาตามแนวทาง GP ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจทั้งในเรื่องสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่สูงขึ้นและการเพิ่มมูลค่าโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง ทั้งลดการใช้พลังงานและลดปริมาณของเสีย ดังแนวคิดที่ว่า ผลผลิตภาพเกิดจาก “การทำให้ดีขึ้นโดยใช้ให้น้อยลง” (Doing Better with Less) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง GP ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรวัตถุดิบต่างๆ และพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดการลดต้นทุนโดยตรงให้กับธุรกิจควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างแท้จริง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า GP เป็น Win-Win situation ระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมซึ่งสามารถเห็นภาพได้อย่างชัดเจน



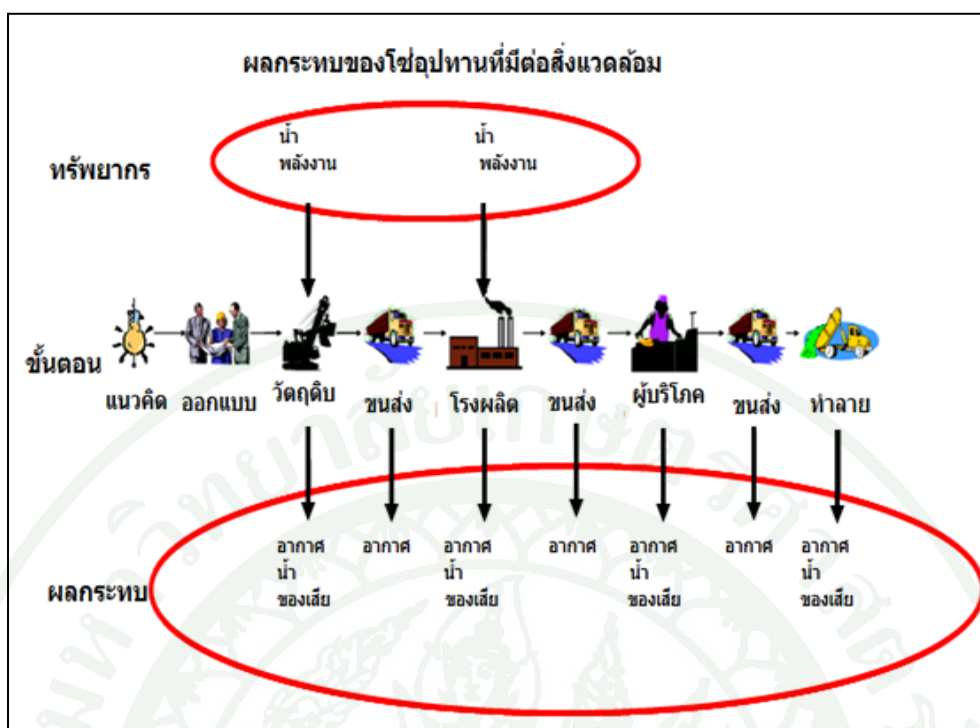
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของผลิตภาพสีเขียวนำไปสู่ผลกำไรสูงสุด เพิ่มคุณภาพชีวิตและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Asian Productivity Organization (2008)

2. หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management, GSM)

การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว คือ การจัดการที่มีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ตลอดจนวงจรผลิตภัณฑ์เป็นการนำการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมมา รวมกับการบริหารห่วงโซ่อุปทาน เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการห่วงโซ่อุปทาน ขององค์กรหนึ่งๆ

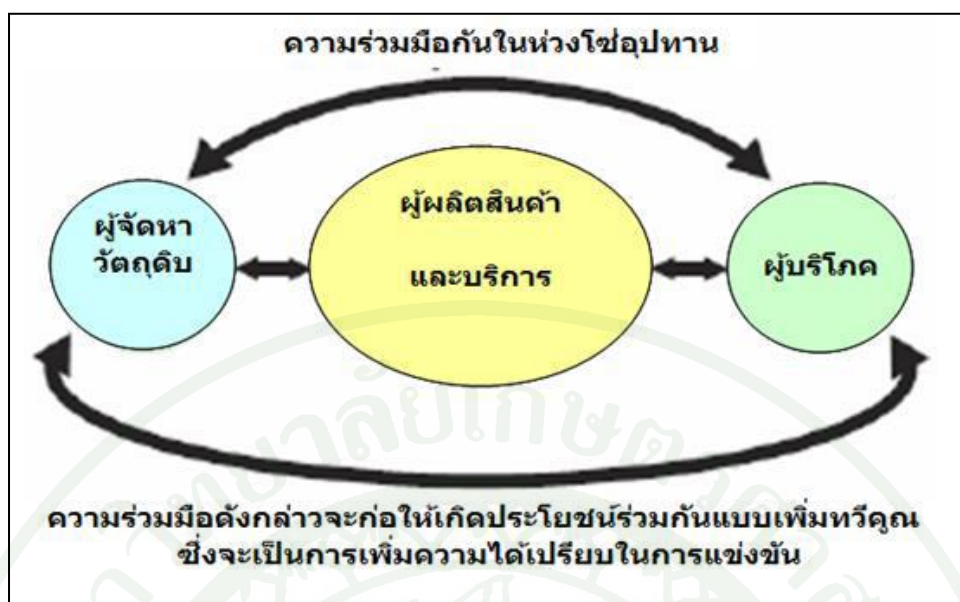
หลักการจัดการห่วงโซ่อุปทานตามแนวทางของ GP เป็นการนำหลักของการบริหารห่วงโซ่อุปทาน มาพัฒนาปรับปรุงผลการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทานโดยให้ความสำคัญกับผลกระทบของห่วงโซ่อุปทานที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อวัสดุมิการไหล และประกอบกิจกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าในระบบห่วงโซ่อุปทาน ย่อมมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และพลังงานต่างๆ รวมทั้งเกิด และปลดปล่อยของเสีย ตลอดจนมลพิษสู่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือวัสดู ตั้งแต่ต้นน้ำ ผ่านกระบวนการไปยังปลายน้ำได้แก่ผู้บริโภค



ภาพที่ 5 วงจรผลิตภัณฑ์ภายในห่วงโซ่อุปทานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา: กาญจนา (2554)

การประยุกต์ใช้การจัดการตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management, SCM) ในการปฏิบัติตามแนวคิด GP มุ่งสร้างความตระหนักถึงการประหยัด หรือลดการใช้ทรัพยากรตลอดห่วงโซ่อุปทาน การร่วมมือกันในการจัดการตลอดห่วงโซ่อุปทานจะส่งผลให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรม ผู้บริโภค ชุมชน และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ มีศักยภาพในการเป็นผู้ที่มีความโดดเด่นและแตกต่างในตลาด (Market Niche) และได้รับส่วนแบ่งในการลดต้นทุนร่วมกัน สิ่งที่เป็นตัวแปรสำคัญ คือ “ความร่วมมือกันภายในห่วงโซ่อุปทาน (Co-operation)” ระหว่างผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ผู้ผลิตสินค้าและบริการ (Manufacturer, Service Provider or Processor) และผู้บริโภค (Customer) ในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ภายในระบบซึ่งเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีความร่วมมือกันภายในห่วงโซ่อุปทาน ต่างคนต่างทำแบบไม่มีความเชื่อมโยงกัน ความร่วมมือกันดังกล่าวจะก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันแบบเพิ่มเท่าทวีคูณ ทั้งนี้เพื่อลดหรือปิดช่องว่างระหว่างกัน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขัน (Comparative Advantage) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากดำเนินการจัดการห่วงโซ่อุปทานคู่ขนานไปกับการจัดการสิ่งแวดล้อม จะส่งผลให้ผลที่ได้รับตอบแทนกลับมายิ่งทวีค่าสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 6 วงจรความร่วมมือตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตามแนวคิดของ GP

ที่มา: Asian Productivity Organization (2008)

1. การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว จะเน้นใน 4 ประเด็น ได้แก่

1.1 กิจกรรมต้นน้ำ ของการผลิตสินค้า ได้แก่ การออกแบบสีเขียว (Green Design) การจัดหาสีเขียว (Green Procurement) และการประเมินผลผู้ส่งมอบในด้านสมรรถภาพด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 กิจกรรมปลายน้ำ ประกอบด้วยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์จนกระทั่งใช้เสร็จ ที่รวมทั้งการคืนสภาพ และโอกาสการนำมาใช้ใหม่ หลังจากที่ได้ให้ประโยชน์รวมทั้งการทิ้ง การขายส่วนเกินจากที่เก็บไว้

1.3 กิจกรรมภายในองค์กร การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว รวมทั้งกิจกรรมการออกแบบสีเขียว (Green Design) บรรจุภัณฑ์สีเขียว (Green Packaging) และ การผลิตสีเขียว (Green Production)

1.4 กิจกรรมโลจิสติกส์ (Logistics) เช่น ทันเวลา (Just-in-time) การเติมเต็ม (Fulfillment) การจัดการกับขนาดล็อต และ การบริหารคุณภาพ ซึ่งต้องสัมพันธ์กับเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม

2. การดำเนินงานด้านห่วงโซ่อุปทานสีเขียว จะก่อประโยชน์ต่อองค์กรดังนี้

2.1 ผลกระทบด้านบวกต่อสมรรถภาพทางการเงิน

2.2 ความยั่งยืนของทรัพยากร

2.3 ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพ

2.4 ความหลากหลายของสินค้า และประโยชน์การแข่งขัน

2.5 สอดคล้องตามกฎระเบียบ และการลดความเสี่ยง

2.6 ปรับปรุงคุณภาพของสินค้า

ปัจจุบันหลักในการจัดการ โลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานกำลังได้รับความสนใจ ซึ่งเป็นที่กล่าวถึงกันอย่างกว้างขวาง องค์กรต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชนมุ่งให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ทั้งในระดับมหภาคและจุลภาค อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของการพัฒนาระบบการจัดการ โลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน จะพบว่าปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลกกำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในระบบห่วงโซ่อุปทาน ดังเป็นที่รับทราบกันโดยทั่วไปว่าแนวโน้มของการพัฒนาระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ก็คือคำว่า “Green Supply Chain” และ “Reverse Logistics”

หลักการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว เป็นการนำหลักของการบริหารห่วงโซ่อุปทาน มาพัฒนาปรับปรุงผลการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทาน โดยให้ความสำคัญกับผลกระทบของห่วงโซ่อุปทาน ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อวัสดุมีการไหลและประกอบกิจกรรมเพื่อการเพิ่มมูลค่าในระบบห่วงโซ่อุปทานย่อมมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พลังงานต่างๆ รวมทั้งเกิด และปลดปล่อยของเสีย

ตลอดจนมลพิษสู่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นถึงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือวัสดุ ตั้งแต่ต้นน้ำ ผ่านกระบวนการไปยังปลายน้ำได้แก่ผู้บริโภค

ในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่วัตถุดิบ ผ่านกระบวนการแปรรูปในระดับต่างๆ จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จะต้องมีการใช้ทรัพยากรอย่างต่ำได้แก่ น้ำ พลังงาน ขณะเดียวกันก็มีการปลดปล่อยมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในรูปของมลพิษทางอากาศ น้ำ และของเสียอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสีย เศษซาก หรือส่วนเหลือของวัตถุดิบ (scrap)

การนำหลักการของ การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว มาประยุกต์ใช้ในการบริหารห่วงโซ่อุปทาน จึงเป็นกระบวนการในการปรับปรุงและพัฒนาระบบห่วงโซ่อุปทานเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดพื้นฐานดังนี้

1. มลพิษและของเสีย เป็นสิ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของกระบวนการ การค่อยๆ ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากร
2. ด้วยวิธีการของ การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว จะวิเคราะห์โอกาสในการตรวจสอบกระบวนการ ทรัพยากร และวัตถุดิบ ตลอดจนแนวคิดสำหรับกระบวนการทำงาน
3. การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว เน้นหลักการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้น หรือกำหนดเป้าหมายที่วัสดุที่เป็นของเสียพลังงานที่สูญเปล่า และการใช้ทรัพยากรในอัตราที่ต่ำกว่าประโยชน์ที่ควรจะได้รับขั้นตอนและวิธีการในการปรับปรุงกระบวนการตามหลักการของการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว
 - 3.1. ระบุของเสียหรือเป้าหมายตามที่กล่าวไว้ในหลักการข้างต้นโดยพิจารณาตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน
 - 3.2. แสวงหา และระบุโอกาสที่จะพัฒนาและปรับปรุงเพื่อลดของเสีย หรือปัญหาดังกล่าว
 - 3.3. สร้างสรรค์นวัตกรรม หรือวิธีการดำเนินงานเพื่อลดของเสียเหล่านั้น



ภาพที่ 7 วิธีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการตามหลักการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว

ที่มา: กาญจนา (2554)

อย่างไรก็ตาม โดยรายละเอียดแล้ว การดำเนินการบริหารห่วงโซ่อุปทานแบบกรีน จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เพียงแต่สำหรับแต่ละกิจกรรม ต้องคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่จะตามมา รวมทั้งแนวทางการลดการใช้ทรัพยากรและมลพิษให้ลดน้อยลง ดังสมการดังนี้

Green Supply Chain Management = Green Purchasing

+ Green Manufacturing / Material + Green Distribution / Marketing

+ Reverse Logistics

จากสมการ จะเห็นได้ว่า การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานแบบกรีน จะต้องประกอบด้วย กิจกรรมการจัดซื้อจัดหา รวมทั้งวิธีการได้มาซึ่งวัตถุดิบ โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม แล้วนำมาผ่าน กระบวนการผลิตที่สะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ประหยัดพลังงาน ทรัพยากร ไม่ก่อให้เกิดของเสียและมลพิษ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้ผ่านกระบวนการออกแบบที่ดีใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม จากนั้นในกระบวนการกระจายสินค้า ก็เลือกใช้วิธีการและเทคโนโลยีในการขนส่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ท้ายที่สุดคือวิธีการในการนำวัสดุที่เหลือหรือผ่านกระบวนการใช้แล้วเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ (reuse) การนำกลับมาผ่านกระบวนการแปรรูปใหม่เพื่อเป็นวัตถุดิบอีกครั้ง (recycle) เพื่อให้ปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดมีปริมาณน้อยลง

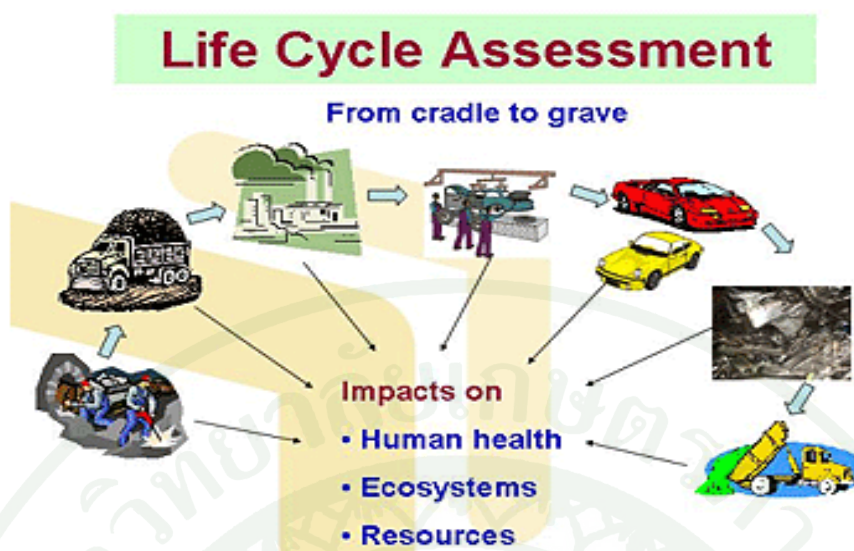
สำหรับห่วงโซ่อุปทานที่จัดเป็นต้นแบบ หรือแบบแผนของการปฏิบัติที่ดีเลิศตามแนวทางของการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว มีดังนี้

1. มีการเชื่อมโยงเป้าหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ากับเป้าหมายทางด้านธุรกิจสำหรับทุกๆ องค์การภายในห่วงโซ่อุปทาน เพื่อให้ทุกๆ องค์การมีเป้าหมายเดียวกันสอดคล้องกัน
2. มีการประเมินห่วงโซ่อุปทานในลักษณะของระบบของวงจรชีวิตวงจรหนึ่ง ตั้งแต่เป็นวัตถุดิบไปจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
3. ใช้หลักการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานโดยคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างสรรค์นวัตกรรม
4. มุ่งเน้นที่การลดตั้งแต่แหล่ง หมายถึงการลดปริมาณวัตถุดิบ และทรัพยากรที่ใช้ไปจนถึงการลดของเสียที่เกิดขึ้น

3. หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศสุขอนามัย การนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบ ต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 8 การประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์

ที่มา: ศูนย์เฉพาะทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ เศรษฐกิจ, เอ็มเทค

ปัจจุบัน LCA ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ปูนซีเมนต์ ยานยนต์ หรือแม้แต่บรรจุภัณฑ์เอง ยกตัวอย่างเช่น คาร์ฟูร์ (Carrefour) ในฝรั่งเศส มีการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของการใช้ถุงพลาสติกแบบต่างๆ และถุงกระดาษ เพื่อจะนำผลที่ได้ไปตัดสินใจในเรื่องการวางนโยบาย จากการศึกษาพบว่าถุงกระดาษมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าถุงพลาสติกทุกชนิด โดยที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักของถุงทุกประเภทมาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ เช่น การผลิตโพลีเอทิลีนกระดาษ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยความแตกต่างของการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ การรวมพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เช่น ผลกระทบจากการผลิตวัตถุดิบมาป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลกระทบที่เกิดจากการขนส่ง ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งาน ผลกระทบที่เกิดจากการกำจัด ผลิตภัณฑ์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้ว ฯลฯ ซึ่งการรวมพิจารณาถึงกิจกรรมอื่นๆ เหล่านี้ให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง นอกนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ออกมาจากการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมประกอบการตัดสินใจ

ISO (International Organization for Standard) เป็นองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ISO เป็นองค์กรเอกชนที่เป็นผู้ให้การรับรองด้านมาตรฐานที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับทั่วโลก ได้แก่ การพัฒนาและกำหนดอนุกรมมาตรฐาน ISO 90000 ที่ว่าด้วยมาตรฐานการจัดการองค์กร หรืออนุกรมมาตรฐาน 14000 ที่ว่าด้วยการจัดการสิ่งแวดล้อม ส่วนของ LCA นั้นจัดอยู่เป็นหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040 ซึ่งมีด้วยกัน 7 ฉบับดังนี้

- ISO 14040 - Life cycle assessment-Principles and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

- ISO 14041 – Life cycle assessment-Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขต การวิเคราะห์และการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (LCI)

- ISO 14042 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

- ISO 14043 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำLCI และ LCIA

- ISO 14047 – Life Cycle Assessment-Illustrative Examples on How to Apply ISO 14042 – Life Cycle Impact Assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

- ISO 14048 – Life Cycle Assessment-LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA

- ISO 14049 – Life Cycle Assessment-Examples of Application of ISO 14041 to Goal and Scope Definition and Inventory Analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอยู่ คือ LCA เป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณชัดเจน ทำให้การศึกษา LCA มีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึง ขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไปและสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมา แต่ LCA จะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้น มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อม (Environmental loads) ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น พลังงานและวัตถุดิบที่ถูกใช้ การปล่อยของเสียและการแพร่กระจายของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
2. การประเมินและการหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) ที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณภาระทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ถูกบ่งชี้มาในขั้นตอนแรก
3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อม และใช้ข้อมูลที่มีการแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้เป็น องค์ประกอบในการตัดสินใจ

LCA สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยกลุ่มของผู้นำไปใช้งานอาจจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรมบริษัทเอกชน ภาครัฐ องค์กรเอกชน (NGOs) และผู้บริโภค โดยมีรูปแบบของการนำไปใช้งานอยู่ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 รูปแบบของการประยุกต์ใช้งาน LCA

กลาโมุตสาหกรรม	กิจกรรม
ภาคมอุตสาหกรรม / บริษัทเอกชน	- ใช้สื่อสารให้ทราบถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภันท์ - ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภันท์ - ใช้ต่อรอกับผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ให้ผลิตผลิตภันท์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น - พัฒนากลยุทธ์ด้านการตลาด กลยุทธ์ด้านธุรกิจ และแผนการลงทุน - พัฒนากลยุทธ์ด้านนโยบาย - พัฒนานโยบายของผลิตภันท์
ภาครฐ	- การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 - เป็นเกณฑ์ในการจัดทำข้อกำหนดของฉลากสิ่งแวดล้อม - การพัฒนาและจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 - พัฒนาระบบการฝาก-การขอคืน (Deposit-refund systems) - ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนเงินทุน หรือการจัดทำโครงสร้างภาษีอากร - พัฒนานโยบายทั่วไปของภาครฐ
องค์กรเอกชน	- เป็นข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อผู้บริโภค - เป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการประชุม/สัมมนาในเวทีสาธารณะ - ใช้ข้อมูลเพื่อกดดันภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม
ผู้บริโภค	ใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภันท์

ที่มา: ศูนย์เฉพาะทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตและพัฒนาผลิตภันท์เชิงนิเวศ เศรษฐกิจ, เอ็มเทค
ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภันท์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะรวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานแล้ว เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการร่วมพิจารณากิจกรรมอื่นๆ ตั้งแต่เกิดจนตายของแต่ละผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และรับทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. กำหนดเป้าหมาย ขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตสิ่งที่ต้องการศึกษา พร้อมผลที่ได้ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด เป้าหมายหลักของ LCA มีความแตกต่างกัน ได้แก่

- หาจุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ อ้างอิงจากข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่สามารถเกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
- การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ อ้างอิงจากข้อมูลพื้นฐานการออกแบบ ข้อมูลในเชิงตัวเลข ก่อนข้างมาก
- เพื่อนำไปสู่จัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม เป็นแนวทางสื่อสารของผู้ผลิตและผู้บริโภคให้ตระหนักถึงผลกระทบผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
- การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยต้องอาศัยความรู้ ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อเป้าหมายซึ่งจะสามารถเป็นตัวบ่งชี้ขอบเขตของการศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อให้การศึกษาครั้งนี้ได้รับผลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ระยะเวลาการศึกษา ขอบเขตการศึกษา งบประมาณอาจสูงขึ้นด้วย ผลจากการศึกษาจะเป็นตัวส่งให้ข้อมูลที่ได้รับมีผลต่อการวิเคราะห์ ทำให้มีความน่าเชื่อถือพร้อมทั้งนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต ที่จะปรับให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

การกำหนดขอบเขตการประเมินต้องสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น ประเมินเชิงเปรียบเทียบกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ขอบเขตการประเมินไม่จำเป็นต้องรวมในส่วนของการขนส่ง การใช้งาน และกำจัดเมื่อหมดอายุ เนื่องจากผลกระทบจากขั้นตอนที่กล่าวมามีความใกล้เคียงกัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุ (เช่น กระจก พลาสติกประเภทต่างๆ) หรือผลิตภัณฑ์บริการ (เช่น ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิง) จะมีคุณลักษณะการใช้งานไปในทิศทางเดียวกัน หากต้องการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าที่เดียวกัน ผลิตภัณฑ์ปลายทาง เช่น เตาไรต์ ตู้เย็น ต้องคำนึงในด้านของผลกระทบที่จะสามารถเกิดขึ้นมาจากการใช้งาน การทำลายซากเมื่อหมดอายุ



ภาพที่ 9 การประเมินวัฏจักรชีวิต

ตัวอย่างกำหนดขอบเขตในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำได้ดังนี้

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate

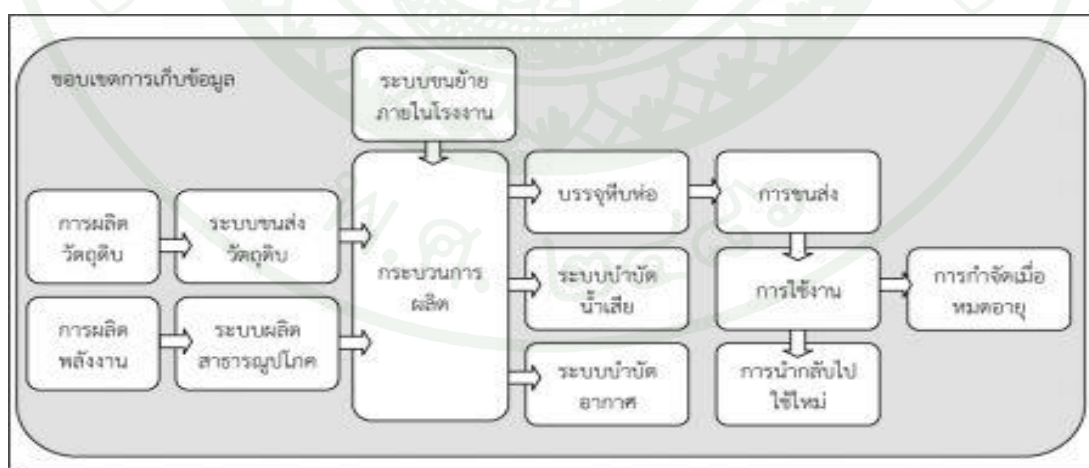
การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบเพื่อส่งมาที่โรงงาน รวมไปถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ภายในโรงงาน แต่ไม่รวมผลกระทบช่วงของการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate มักนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน เช่น ไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำ และวัสดุต่างๆ (เช่น กระจก พลาสติก) หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นวัตถุดิบเพื่อให้กับผลิตภัณฑ์อื่น ตัวอย่างขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Gate แสดงดังรูป



ภาพที่ 10 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave

การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave เริ่มที่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (ธรรมชาติ) รวมไปถึงขั้นตอนการทำลายซาก การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave ใช้ได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานที่ปรากฏชัดเจนชัดเจน เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างของขอบเขตการเก็บข้อมูลแบบ Cradle to Grave แสดงดังรูป



ภาพที่ 11 การกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Grave

2. การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

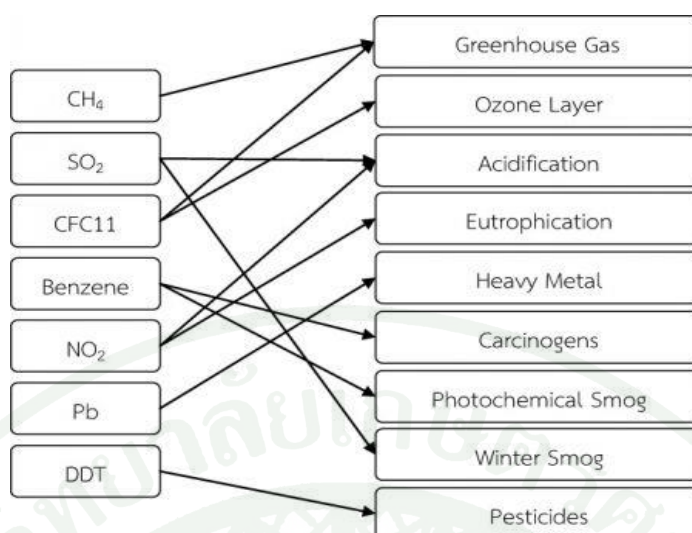
การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม คือ การวิเคราะห์หาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องภายใต้ขอบเขต เป้าหมายที่ต้องการศึกษา ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจะต้องครอบคลุมถึงส่วนของรายละเอียดกระบวนการผลิต ผังการไหล (Flow chart) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของทั้งระบบ

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ การคำนวณเพื่อแปลงข้อมูลบัญชีที่มาจากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนของการวิเคราะห์บัญชีในด้านสิ่งแวดล้อมแปลงไปสู่ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ที่จะสามารถอธิบายค่าความสามารถที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางหรือปลายทางที่เกิดขึ้นที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงชีวิตตลอดวัฏจักรผลิตภัณฑ์

วิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จำแนกเป็นขั้นตอนต่างๆ โดยจะกล่าวถึงขั้นตอนหลักดังนี้

3.1 การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มของผลกระทบ (Classification) คือ ขั้นตอนของการจำแนกผลกระทบข้อมูลสารขาเข้า สารขาออกที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ เช่น แก๊สมีเทน (CH_4) อยู่ในกลุ่มของสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น พร้อมทั้งสารเคมีบางตัวส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า 1 ประเภท เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์พร้อมทั้งสามารถส่งผลกระทบในด้านสิ่งแวดล้อมมีลักษณะที่ก่อให้เกิดความเป็นกรด ดังเช่นตัวอย่างของผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมของสารชนิดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูป



ภาพที่ 12 การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มของผลกระทบ (Classification)

3.2 การกำหนดบทบาท (Characterization) คือขั้นตอนผลกระทบในรูปแบบตัวบ่งชี้ (Indicator) ค่าแฟกเตอร์ (Characterization Factor) เพื่อปรับค่าของปริมาณมลสารที่ปล่อยมาใช้เป็นค่าบ่งชี้ผลกระทบ และจะทำการรวมค่าผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นแต่ละตัวเพื่อนำไปหาผลกระทบรวม

3.3 การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) คือการแสดงขนาดผลกระทบผลิตภัณฑ์บริการที่ต้องการศึกษา กับขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือผลิตภัณฑ์ หรือการในด้านงานบริการที่ต้องการอ้างอิง

3.4 การให้น้ำหนัก (Weighting) คือการให้น้ำหนักในส่วน of ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดย่อมจะมีความต่างกัน เกี่ยวเนื่องมาจากมุมมองผู้ประเมินในการกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor)

3.5 การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) คือการจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นหมวดหมู่รวมกลุ่มผลกระทบแยกตามประเภท เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ สามารถแบ่งระดับของผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็นหลายระดับ เช่น ระดับท้องถิ่น ระดับโลก เป็นต้น

3.6 การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) คือการวิเคราะห์คุณภาพข้อมูลที่จะนำไปใช้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมก่อนการแปลผลและนำผลใช้ในการวิจัยต่อไป ปัจจัยที่พิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของข้อมูล โดยดูจากแหล่งที่มา ข้อมูล ช่วงเวลาความถูกต้องวิธีวัดและการคำนวณข้อมูล การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity analysis) เพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูล วิธีการปันส่วน วิธีคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมความอ่อนไหวต่อผลของการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty Analysis) เพื่อเป็นการประเมินระดับความไม่แน่นอนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

4. การตีความและการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม

การตีความและการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมในด้านผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบว่าในช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงที่สุด รวมทั้งแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นระบบนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การตีความและการแปลผลควรต้องอยู่บนพื้นฐานของขอบเขตในการศึกษา เป้าหมาย วัตถุประสงค์การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และนำข้อมูลที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต พัฒนาผลิตภัณฑ์ การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดีจึงสามารถเลือกใช้แนวทางของการจัดการนำไปปรับปรุงปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ emission equivalent)

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขององค์กร คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร คำนวณได้จากสูตร

$$\text{CO}_2 \text{ emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission Factor}$$

CO₂ emission คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data	คือ	ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Emission factor	คือ	เป็นค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แหล่งกำเนิด ก๊าซเรือนกระจก และหน่วยวัด

- ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด ตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)
- ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดความร้อน (Global Warming Potential: GWP) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนสามารถประเมินจากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง พร้อมทั้งแปลงค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนที่เกิดขึ้นในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) โดยใช้ค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น
- ระยะเวลาในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น คิดจากการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณค่าผลกระทบ ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ปล่อยออกมาในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro (CO₂ emission equivalent by SimaPro)

เนื่องจากการศึกษา LCA จำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นจำนวนมาก และต้องนำข้อมูลหรือตัวเลขเพื่อทำการคำนวณค่าของผลกระทบ จึงมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการคำนวณเพื่อความสะดวกปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการจัดทำ LCA โดยเฉพาะ ซึ่งใช้งานง่ายและเสียค่าใช้จ่ายไม่มาก นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล LCA ทั่วโลกได้

ปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้โปรแกรม คือ โปรแกรม SimaPro พัฒนาโดยประเทศเนเธอร์แลนด์ โปรแกรมมีอยู่ทั้งหมด 2 ส่วนหลักๆ คือ (1) ฐานข้อมูลบัญชีรายการ (2) ข้อมูลในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยผู้ที่นำโปรแกรมไปใช้งานจะไม่สามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใดๆ

การคำนวณในโปรแกรมใน SimaPro ใช้หลักการของ Environmental Design of Industrial Products หรือ EDIP มีขั้นตอนการประเมินดังต่อไปนี้

1. การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ ขั้นตอนการคำนวณหาศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยคำนวณให้อยู่ในรูปของปริมาณสารอ้างอิงในแต่ละชนิดของผลกระทบนั้นๆ เช่น สารก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นคำนวณในหน่วยของ CO₂ – Equivalent เป็นต้น ค่าศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแต่ละชนิดของผลกระทบ

ตารางที่ 3 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษา LCA

โปรแกรมสำเร็จรูป	ผู้ผลิตโปรแกรม	ประเทศผู้ผลิต
SimaPro 5.1	Pre' Consultants	เนเธอร์แลนด์
GaBi 3.2	IKP Stuttgart	เยอรมนี
TEAM 3.0	Ecobilan	ฝรั่งเศส
LCAiT	Chalmers	สวีเดน
KCL - Eco	KCL	ฟินแลนด์
Umberto 4.1	Ifu / ifeu	เยอรมนี
EcoPro	EMPA, Sinum	สวิตเซอร์แลนด์
Boustead	Boustead	อังกฤษ
NIRE - LCA	NIRE / AIST	ญี่ปุ่น*
JEMAI - LCA	JEMAI	ญี่ปุ่น*

ที่มา: Henrik Wenzel *et. al.* (1997)

2. การเทียบหน่วย (Normalization) คือ ขั้นตอนการหาความสำคัญของศักยภาพในแต่ละผลกระทบของความความสัมพัทธ์ผลกระทบที่เกิดจากสังคมในภาพรวม

3. การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Weighting) คือ การให้น้ำหนักความสำคัญขอ'ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยจะมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้ทำการประเมิน เช่น การนำนโยบายสิ่งแวดล้อมของโลกในการลดมลภาวะมาเป็นค่า Weighting Factor (WF) เป็นต้น สำหรับโปรแกรมการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม SimaPro ใช้ในส่วนของคุณมุดด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรป ซึ่งทำให้เกิดการเสียชีวิตของคน 1 คนในจำนวน 1000 คนต่อปี

4. การแปรผันการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Improvement and Interpretation) ขั้นตอนการแปลผล หรือ Interpretation คือ การนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงกันเพื่อวิเคราะห์หาผลลัพธ์ สรุปผล และข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งการจัดทำรายงานสรุปแปลผลเพื่อให้ที่เข้าใจได้ง่าย สมบูรณ์ครบถ้วน สอดรับกับเป้าหมาย ขอบเขตเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

1. กระบวนการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะเพิ่มผลิตภาพสีเขียว จะต้องใช้หลักการอนุรักษ์ทรัพยากร (Resource Conservation; 3Rs) คือ การลดการใช้ การใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reduce, Reuse and Recycle) มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างระบบการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นจากปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการผลิต

Reduce (การลดการใช้) คือ การลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็น โดยเฉพาะในด้านการลดการบริโภคทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ธาตุ วิศวกรลดโดยการเลือกใช้เท่าที่จำเป็น เช่น การนั่งรถโดยสารแทนการขับรถไปเอง เป็นต้น จากตัวอย่างจะทำให้สามารถประหยัดการใช้ ทรัพยากรและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

Reuse (การใช้ซ้ำ) คือ การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้กลับมาใช้ซ้ำ สิ่งของบางอย่างอาจสามารถใช้ซ้ำได้หลายๆ ครั้ง เช่น การนำขวดแก้วมาใส่น้ำรับประทานซ้ำ หรืออาจมาใช้ในการเรื่องงานประดิษฐ์เป็นเครื่องใช้ต่างๆ เช่น แจกันดอกไม้ ที่ใส่ดินสอ เป็นต้น ส่งผลทำให้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดการใช้พลังงานแล้ว พร้อมทั้งช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อม

Recycle (การนำกลับมาใช้ใหม่) คือ การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดในส่วน of ทรัพยากรธรรมชาติจำพวกต้นไม้ แร่ธาตุต่างๆ เช่น น้ำ ทราย เหล็ก อลูมิเนียม ทรัพยากรนำกลับมารีไซเคิลได้ เช่น เศษกระดาษสามารถนำมารีไซเคิล นำกลับมาใช้เป็นกระดาษ

ของเสียตามหลัก 3Rs การจัดการเริ่มจากที่ลดการเกิดของเสีย (Reduce) มุ่งเน้นวัตถุดิบหรือทรัพยากรในเรื่องของการใช้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อมีของเสียเกิดขึ้นจะต้องหาแนวทางการนำกลับมาใช้ใหม่ ใช้ซ้ำ (Reuse) หรือหมุนเวียนกลับมาใช้ได้ใหม่ (Recycle) มีทั้งหมด 3 รูปแบบให้ได้มากที่สุด ยึดหลักพิจารณาถึงศักยภาพของการใช้ประโยชน์แต่ละประเภทของของเสีย เพื่อให้เหลือของเสียให้น้อยที่สุด พร้อมทั้งบำบัด (Treatment) และกำจัดของเสีย (Disposal) ในเกิดในปริมาณที่น้อยที่สุด

2. เครื่องมือด้านคุณภาพ (Quality tools)

1. ใบตรวจสอบข้อมูล (Check Sheet) คือใบที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อความสะดวกและง่าย ซึ่งมีหลายแบบหลายลักษณะ มีประโยชน์ดังนี้

1.1 ง่ายและสะดวกรวดเร็วในการรวบรวม เก็บข้อมูล

1.2 แสดงปริมาณ การกระจายของข้อมูล

โดยวิธีในการจัดทำใบตรวจสอบข้อมูล หลักเกณฑ์ไม่ตายตัวในการสร้าง เนื่องจากต้องดูวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ออกแบบให้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน รายละเอียดมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลซึ่งสามารถนำกลับมาตรวจสอบ พร้อมทั้งติดตามความถูกต้องของข้อมูลได้

2. กราฟ (Graph) คือ แสดงข้อมูลเพื่อให้เห็นจำนวนความแตกต่าง เป็นการใช้เส้นหรือรูปเพื่อนำเสนอได้ให้เข้าใจได้ง่าย รวดเร็ว โดยทั่วไปกราฟมีอยู่ 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.1 กราฟเส้น (Line Graph) คือ กราฟที่ใช้เส้นแสดงจำนวนข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่อง โดยแสดงให้เห็นแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะถูกใช้เพื่อนำเสนอข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่อง โดยประโยชน์ใช้ในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงของการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2 กราฟแท่ง (Bar Graph) คือ กราฟที่ข้อมูลถูกแทนด้วยพื้นที่ของแท่งมีลักษณะไม่ต่อเนื่องข้อมูลที่มีลักษณะแยกจากกันหรือไม่ต่อเนื่องกัน แสดงจำนวนโดยความสูงของแท่งกราฟ หรือขนาดของตัวเลขในข้อมูล ประโยชน์คือ นำเสนอข้อมูลที่ไม่ต้องการแก้ไขปัญหาเฉพาะจุดใดจุดหนึ่ง ใช้ในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงของการวิเคราะห์ข้อมูล

2.3 กราฟวงกลม (Pie Graph) คือ กราฟที่ขนาดของข้อมูลถูกแทนที่ด้วยวงกลมแทนที่มีลักษณะทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง นิยมใช้กับข้อมูลที่มีหลายชุด และต้องการใช้กราฟที่แตกต่างจากกราฟแท่ง จิตจำกดของประโยชน์เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

3. แผนภูมิหรือกราฟพารेटโต (Pareto Diagram/Graph)

แผนภูมิหรือกราฟพารेटโต (Pareto Diagram/Graph) คือ กราฟแท่งที่อยู่ติดกันจำนวนหลายแท่งโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยตามจำนวนข้อมูล ซึ่งแผนภูมินี้สามารถแสดงข้อมูลได้ทั้งจำนวน (แกนซ้ายมือ) และเปอร์เซ็นต์ (แกนขวามือ) เปอร์เซ็นต์สะสมที่เกิดจากเปอร์เซ็นต์สะสมของข้อมูลแต่ละตัว (เส้นเปอร์เซ็นต์สะสม) ซึ่งกราฟพารेटโตได้เริ่มใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1897 โดยนัก

เศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อ วิ. พारेโต ใช้เพื่อเป็นแสดงการกระจายรายได้ของประชากร แสดงข้อมูลทั้งจำนวนและเปอร์เซ็นต์ โดยเรียงจากมากไปน้อยเพื่อช่วยในการตัดสินใจที่จะเลือกข้อมูลมาก (ปัญหามาก) ไปทำการแก้ไขก่อนเพียงบางปัญหาเท่านั้น อาศัยหลักการของจุดบกพร่องคือจุดบกพร่องเพียงไม่กี่ชนิดก็สามารถทำให้เกิดความสูญเสียมากมาย ซึ่งความสูญเสียเล็กๆ น้อยๆ มีสาเหตุมาจากจุดบกพร่องหลายชนิดมาก (Vital Few, Trivial Many หรือ 20/80) และการแก้ไขปัญหาที่มีมากย่อมให้ผลลัพธ์มากกว่าการแก้ปัญหามากที่สุดมาแก้ไขก่อน ถ้าแก้ไขไม่ได้จึงจะพิจารณาปัญหาถัดไป จะใช้เพื่อแสดงผลลัพธ์รวม (Total Effect) โดยเลือกที่ปัญหาใดปัญหาหนึ่งเพื่อดูถึงผลกระทบ

กราฟพारेโตใช้วิเคราะห์สาเหตุปัญหา ใช้ร่วมกับการจำแนกข้อมูล (Stratification) โดยจะพยายามทำแผนภูมิพारेโตที่เจาะลึกลงไปเรื่อยๆ ขึ้นอยู่ลักษณะของการจำแนกข้อมูล ใช้เพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุง โดยมีผลแยกแต่ละปัญหาพร้อมทั้งผลรวมทั้งหมด (Total Effect) เป็นตัวช่วยการกำหนดตัวเลขเป้าหมายของการแก้ไขปัญหา พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของเส้นสะสม และเปอร์เซ็นต์ของปัญหาโดยจะนำปัญหาที่มากมาแก้ไขก่อน

4. แผนภูมิก้างปลาหรือแผนภูมิเหตุผล (Fishbone Diagram, Cause & Effect Diagram, Ishikawa Diagram)

แผนภูมิก้างปลาหรือแผนภูมิเหตุผล คือ แผนภูมิในการระดมสมองเพื่อเป็นการวิเคราะห์สาเหตุ (Cause) ที่มีผล (Effect) ต่อปัญหาที่เกิดขึ้น อย่างมีระบบมีหลากหลายชนิด ประโยชน์ของแผนภูมิก้างปลานั้นคือ เป็นการใช้แผนภูมิการระดมสมองจากกลุ่มคนอย่างมีระบบพร้อมทั้งใช้เป็นเครื่องมือเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา กระบวนการแก้ปัญหาก็ให้ทราบสาเหตุ (Cause) ของผล (Effect) หรือปัญหาที่เกิดขึ้น สาเหตุที่ได้จำแนกตามสาเหตุใหญ่ และสาเหตุย่อยเล็กลงไปเรื่อยๆ ตามเหตุและผลซึ่งความละเอียดลึกซึ้งอย่างมีระบบ เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาจะถูกนำไปพิจารณาแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

5. การจำแนกข้อมูล (Stratification) การจำแนกข้อมูล (Stratification)

การแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของข้อมูล เพราะถ้าข้อมูลยังรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่จะทำให้ไม่ทราบว่ารายละเอียดของข้อมูล การจำแนกข้อมูลอาจทำได้ดังนี้ เช่น จำแนกตามเครื่องจักร จำแนกตามผู้ปฏิบัติงาน การจำแนกตามลักษณะ เป็นต้น การจำแนก

ข้อมูลมาใช้ประโยชน์โดยเป็นส่วนประกอบของใบตรวจสอบ (Check Sheet) ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในช่องรายการจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยๆ แสดงโดยกราฟแท่ง ซึ่งแต่ละแท่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่มีมากหรือน้อย ช่วยในเรื่องของการตัดสินใจที่จะเลือกปัญหา

6. แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram) แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram)

เป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุด ประโยชน์คือหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปรทั่วไป 2 ชนิด และเป็นการตรวจสอบว่ามีผลของอันหนึ่ง จะมีผลต่ออีกอันหนึ่งอย่างไร

7. ฮิสโตแกรม (Histogram) ฮิสโตแกรม (Histogram)

กราฟแท่งเป็นหมวดหมู่ที่แสดงข้อมูล และมีขนาดของชั้นที่เหมาะสม เพื่อดูการกระจายของข้อมูล ประโยชน์คือ

7.1 แสดงถึงการกระจายของข้อมูล แสดงความถี่ของข้อมูลช่วงต่างๆ และแสดงการกระจายของข้อมูลมากน้อยเพียงไร และการกระจายแบบปกติหรือมีการผิดปกติ

7.2 ใช้เปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด (Specification) ทำให้ทราบว่าข้อมูลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ ข้อมูลต่ำหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเท่าไร เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมากับค่าเฉลี่ยของเกณฑ์กำหนด

8. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือกราฟเส้นที่แสดงเส้นพิสัยควบคุมซึ่งประกอบด้วย

8.1 เส้นพิสัยบน (Upper Control Limit) หรือ UCL

8.2 เส้นพิสัยเฉลี่ย (Central Line) หรือ CL

8.3 เส้นพิสัยล่าง (Lower Control Limit) หรือ LCL

ประโยชน์ คือ ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตในการหาสิ่งผิดปกติ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการการผลิตอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์กำหนดที่ต้องการควบคุม พร้อมทั้งสามารถใช้เปรียบเทียบผลก่อนแก้ปัญหาและหลังแก้ปัญหา

9. การระดมสมอง (Brainstorming) การระดมสมอง

การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิกเพื่อใช้แนวทางการแก้ไขปัญหา การระดมสมอง นับเป็นการพัฒนาแนวคิดไปสู่รูปแบบอื่นๆ เทคนิคนี้จะนำไปสู่องค์ความรู้ การวางแผนดำเนินโครงการ การสร้างทีมงานบริหาร การปฏิบัติงาน และการพัฒนาคุณภาพในด้านอื่นๆ

10. แผนผังการไหลในกระบวนการ (Flow Process Chart)

แผนผังการไหลในกระบวนการ คือ คือขั้นตอนย่อยๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน เพื่อให้ง่ายและชัดเจนในประโยชน์การใช้แผนผังการไหลในกระบวนการ คือ สามารถกำหนดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม โดยจะใช้แผนผังการไหลในกระบวนการ เมื่อ

- 1) เมื่อแบ่งแยกกิจกรรมการทำงานออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ
- 2) เมื่อรวบรวม จัดการ และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการทำงาน
- 3) เมื่อต้องการที่จะปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานให้ดีขึ้น

11. Eco Mapping

Eco Mapping คือ เครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมในทางปฏิบัติ มีประโยชน์อย่างยิ่งโดยเฉพาะธุรกิจที่ต้องการใช้เทคโนโลยีน้อย มีต้นทุนที่ต่ำ โดย Eco-Mapping เป็นแผนผังที่แสดงให้เห็นจากด้านบนลง (Top view) เพื่อเห็นกิจกรรมหรือกระบวนการผลิตในโรงงานEco-Mapping ในมาตรการแก้ไขช่วยให้การปรับปรุงการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมและประสิทธิภาพของการดำเนินงานการวิเคราะห์ Eco-Mapping ทำให้เข้าใจวิธีปฏิบัติในปัจจุบัน ระบุพื้นที่ปัญหา เพื่อนำไปสู่แนวทางปรับปรุง

12. Design of Experiment (DOE)

จุดประสงค์เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระเรียกว่า ปัจจัย (factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้นในกระบวนการหนึ่งๆ บางครั้งอาจมีปัจจัยหลายตัวซึ่งบางตัวไม่อาจจะควบคุมได้ถึงแม้จะเป็นเหตุให้เกิดผลกระทบท่อกระบวนการ บางครั้งจำเป็นต้องปล่อยให้ตัวแปรเหล่านี้เป็นไปตามธรรมชาติ เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Noise แต่ตัวแปรบางตัวไม่สามารถปล่อยให้มันเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ เพราะมีผลต่อกระบวนการมากกว่าตัวแปร Noise ต้องควบคุมตัวแปรให้อยู่ในตำแหน่งและช่วงใดช่วงหนึ่งที่ส่งผลต่อกระบวนการน้อยที่สุด เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Key Process Input Variable หรือ KPIV

ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1. กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่ก่อให้เกิดปัญหา (What) ลักษณะของปัญหา (How) พบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)
2. การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง เลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ จำพวก Univariate เช่น T-Test เป็นต้น
3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) เน้นตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้ วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ โดยตัวแปรจะต้องสื่อถึงกระบวนการที่ต้องการศึกษา
4. เลือกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น กำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทดลอง บันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
5. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการ วิธีการดำเนินการ ความถูกต้องของการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) เป็นการ Run computer program เพื่อให้ได้ผลรวมถึงการตรวจสอบลักษณะและคุณภาพของข้อมูล การพิสูจน์ความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model adequacy checking) หากค่าระดับนัยสำคัญอิทธิพลของแต่ละปัจจัย ปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7. สรุปผลการทดลองพร้อมทั้งให้คำแนะนำ ในรายงานควรมีรายละเอียด เพื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองจะสามารถใช้เป็นบรรทัดฐานได้

การดำเนินการ การออกแบบการทดลอง

1. กำหนดเป้าหมาย โดยให้มีความคลาดเคลื่อนข้อมูลให้น้อยที่สุด ต้องมีสาระสำคัญของตัวปัจจัยที่กำลังพิจารณาให้มากที่สุด โดยที่ต้นทุนและเวลาดำเนินการน้อยที่สุด

2. การได้มาซึ่งกลยุทธ์และวิธีการดำเนินการที่ดี จะต้องเริ่มจากเข้าใจสภาพปัญหาอย่างถ่องแท้

3. สิ่งที่ต้องยึดถือและต้องทำให้ได้ 3 ประการ

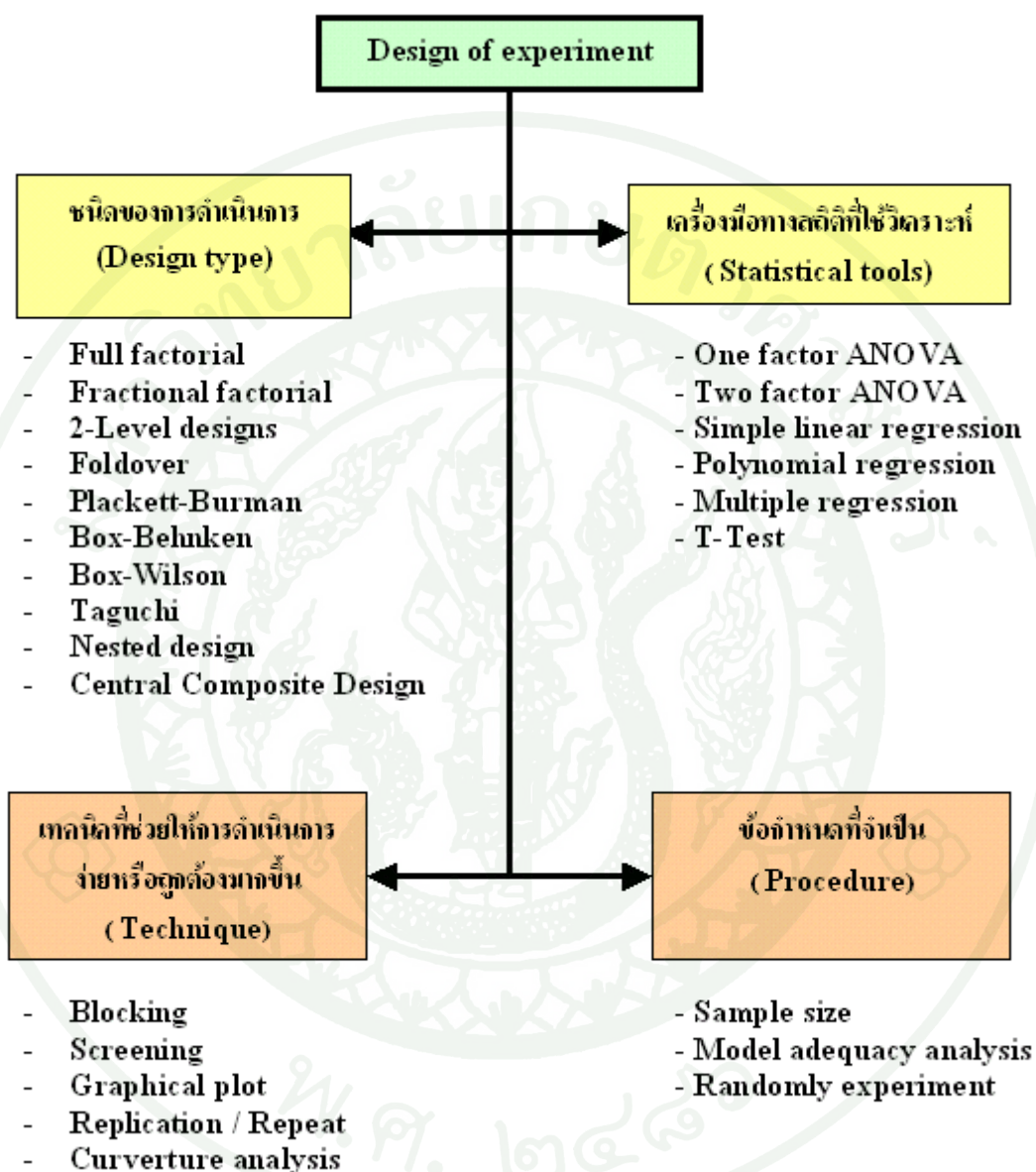
3.1 การสุ่ม (Randomization) การดำเนินการกับปัจจัยอิสระ เพื่อให้ข้อมูลเป็นอิสระต่อกันในแต่ละตัว คำนึงถึงหลักการกระจายอย่างทั่วถึงสมดุลย์ (Balance out) สำหรับปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้

3.2 การทำซ้ำ (Replication) คือ การดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้ง มีจุดประสงค์ 2 อย่างที่สำคัญคือ

- เพื่อให้มองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อประเมินว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการ

- เพื่อความคลาดเคลื่อน (Average out) อิทธิพลที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่มีต่อปัจจัย เช่น การหาค่าเฉลี่ย เป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพลของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

3.3 การบล็อก (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ของการทดลอง หรือเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง



ภาพที่ 13 เครื่องมือ Design of Experiment (DOE)

ที่มา: เครื่องมือทางสถิติ สถิติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ชนิดของการดำเนินการ (Design type) คือ รูปแบบมาตรฐานในการดำเนินการ ตัดสินใจ เลือกตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนการวางแผน เพราะ Design จะนำไปสู่วิธีการดำเนินการทดลอง วิธีเก็บ บันทึกข้อมูล และเครื่องมือทางสถิติที่จะใช้ในการวิเคราะห์ในที่สุด การจะตัดสินใจเลือก Design มีองค์ประกอบคือ ผลหรือเป้าหมายที่ต้องการจะได้รับ ความซับซ้อนในการทดลอง และข้อจำกัดของทรัพยากร

เครื่องมือทางสถิติ (Statistical tools) คือ วิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลต้องเลือกตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนการทดลอง ความสำคัญอยู่ที่ความเข้าใจ Tool ที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

เทคนิคหรือกลยุทธ์ (Technique) คือ วิธีการในการดำเนินการทดลองง่าย สะดวก และประหยัดทรัพยากรมากขึ้น โดยที่ผลการวิเคราะห์ยังเป็นที่ยอมรับ

ข้อกำหนดที่จำเป็น (Fundamental procedure) เป็นพื้นฐานการทดลองที่จะต้องคำนึง

3. P-3M (Production– My Job, My Machine, My Area) / Suggestion

หมายถึงกิจกรรมที่มุ่งเน้นพื้นฐานในการทำงานความเป็นเจ้าของกระบวนการผลิตของพนักงานในการเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิต โดยอาศัยความร่วมมือจากพนักงานทุกส่วนงาน ทุกคนเข้าร่วมและทำกิจกรรมการแก้ไขปัญหา และกิจกรรมข้อเสนอแนะ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงและลดการสูญเสียที่หน้างาน เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นการทำงานของบริษัทตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

- My Machine (เครื่องจักรของฉัน)

ทำความเข้าใจในหน้าที่และโครงสร้างของเครื่องจักรแต่ละบุคคล เพื่อที่จะทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุดอย่างต่อเนื่อง

- My Job (งานของฉัน)

ดำเนินกิจกรรมดำเนินงานของแต่ละบุคคล ปฏิบัติตามกฎระเบียบ ปฏิบัติหน้าที่และความรับผิดชอบในงานของตน

- My Area (พื้นที่ของฉัน)

กำจัดการเหตุของปัญหาของเครื่องจักรและความปลอดภัยในพื้นที่ (เครื่องจักร+สถานที่) ของแต่ละบุคคล แต่ละกลุ่มกิจกรรม ปฏิบัติอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดเป็นนิสัยที่ดีในการรักษาความสะอาด

เป้าหมายของการทำ P-3M คือการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและใช้ความรู้จากพนักงานผ่าน กิจกรรมข้อเสนอแนะ เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่ง พนักงานที่อยู่หน้างานในสายการผลิตคนงานที่ทำหน้าที่แปรสภาพวัตถุดิบให้กลายเป็นสินค้าสำเร็จรูปทุกคนเข้าร่วมและทำกิจกรรมการแก้ไขปัญหา และกิจกรรมข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการทำกิจกรรม P-3M.

- ฝึกมองปัญหาให้ชัดเจน ทะลุปรุโปร่ง
- เพิ่มทักษะ/เทคนิคการแก้ปัญหา
- เพิ่มแนวความคิดในเชิงสร้างสรรค์
- มีความภาคภูมิใจในงานและที่ทำงานของตนเอง
- สร้างแรงบันดาลใจในการเข้าร่วมกิจกรรม
- สร้างความเป็นทีม เกิดความสามัคคีในการทำงาน

ระบบข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงงาน (Suggestion)

เป็นแนวคิดในการทำงานที่มุ่งเน้นให้พนักงาน ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงงานในเรื่องต่าง ๆ เช่น การสร้างคุณภาพ การลดต้นทุน การสร้างความปลอดภัยในการทำงาน และการดูแลรักษาเครื่องจักร การกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่ จำเป็นออกไป ซึ่ง ผู้ปฏิบัติงานจะมีความภาคภูมิใจที่ได้มีส่วนร่วมในการทำให้เกิดคุณภาพขององค์กร ซึ่งการจัดทำ

ข้อเสนอแนะนั้นจะทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ระบบข้อเสนอแนะมิใช่ครั้งแรกที่ประเทศ สก๊อตแลนด์ เมื่อปี ค.ศ. 1880 โดยบริษัทวิลเลียมเคเบิล จำกัด ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1894 บริษัทใน ประเทศ สหรัฐอเมริกาได้นำมาใช้ สำหรับในประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนามาใช้ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 และได้มี การใช้กันอย่างกว้างขวาง ส่วนในประเทศไทยได้มีการนำมาใช้โดยบริษัทในเครือ ของญี่ปุ่นที่เข้ามาลงทุน ในประเทศไทย และได้เผยแพร่ไปสู่บริษัทอื่นๆ เพิ่มขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการส่งเสริมให้มีการจัดทำระบบข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงงาน

1. เพื่อส่งเสริมพนักงานให้มีส่วนร่วมในการทำงาน
2. เพื่อส่งเสริมจิตสำนึกให้แก่พนักงานในการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
3. เพื่อให้พนักงานมีความภาคภูมิใจ และสร้างแรงจูงใจให้แก่พนักงาน
4. เพื่อให้พนักงานได้มีความคิดในการแก้ปัญหา และปรับปรุงงานอยู่เสมอ

ข้อแนะนำในการจัดทำข้อเสนอแนะ

1. ควรเป็นคนช่างสังเกต สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวอยู่เสมอ
2. ควรเสนอข้อคิดเห็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวก่อน
3. ไม่ควรคิดว่าตัวเองเป็นคนไร้ความสามารถ
4. ไม่วิจารณ์ความคิดเห็นของผู้อื่น
5. ควรปล่อยความคิดให้เป็นอิสระ
6. ความคิดเห็นนั้นจะต้องไม่ขัดต่อระเบียบวินัยของหน่วยงาน
7. ปัญหาที่นำมาทำข้อเสนอแนะจะต้องไม่ใช่ปัญหาที่มีสาเหตุจากการละเลยต่อ

การปฏิบัติหน้าที่ของพนักงานเอง

หลักการของข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเป็นการทำงานที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้มีโอกาสที่จะเสนอความคิดเห็นในการทำงานที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร เป็นการทำงานที่เป็นการทำงานจากล่างขึ้นบน ซึ่งญี่ปุ่นเรียกว่า Kaizen Activity กิจกรรมข้อเสนอแนะจะประสบผลสำเร็จลงได้นั้นจะต้องมี ลักษณะการทำงานที่เป็นประชาธิปไตย ผู้บริหารจะต้องยอมรับความคิดเห็น และปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะต้องมีความมุ่งมั่นในการสร้าง คุณภาพอย่างแท้จริง การตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ต้องใช้หลักเหตุและผล และต้องมีความเชื่อมั่นว่าทุกคนมีศักยภาพ และสามารถ ที่จะพัฒนาได้ หลักในจัดทำข้อเสนอแนะ มีดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงงานจะต้องเป็นการสร้างประโยชน์ต่อองค์กร โดยความคิดเห็นในการปรับปรุงงานอาจจะมาจากผู้ปฏิบัติงาน เป็นรายบุคคล หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของพนักงานก็ได้

2. หลักประชาธิปไตย ในการจัดทำข้อเสนอแนะนั้นจะต้องมีบรรยากาศของการทำงานแบบประชาธิปไตย มีการยอมรับความคิดเห็น ซึ่งกันและกัน โดยหลักของประชาธิปไตยมีลักษณะดังนี้

- 1) มีการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
- 2) มีการคิดพิจารณา หรือตัดสินใจด้วยข้อเท็จจริงและมีเหตุผล
- 3) ต้องมีความเชื่อมั่นว่ามนุษย์ทุกคนมีความสามารถ และสามารถพัฒนาได้
- 4) ยอมรับการตัดสินใจของคนส่วนใหญ่ที่มีเหตุผลที่ดีกว่า และปฏิบัติตามมติของที่ประชุมไม่ว่ามันจะไม่ตรงกับความคิดของตน

[illegible]

ภาพที่ 14 การทำข้อเสนอแนะเพื่อให้เกิดการปรับปรุงและลดการสูญเสียที่ทำงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ด้านผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity)

นุชจรี (2546) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการมลพิษของเสียเพื่อให้เป็นโรงงานสีเขียว โดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น

ประเด็นที่หนึ่ง แนวความคิดเรื่องโรงงานสีเขียว จำเป็นต้องมีแนวทางปฏิบัติดำเนินการเพื่อหาวิธีป้องกันปัญหาพร้อมทั้งลดมลพิษของเสียจากโรงงาน ได้แก่ การออกแบบ สร้างเทคโนโลยีสีเขียว กระบวนการผลิตที่สะอาดต่อสิ่งแวดล้อม การจัดสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ประเด็นที่สอง ป้องกันมลพิษของเสียโดยมีแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีแนวทาง วิธีตั้งบนพื้นฐานการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งต้องได้รับการกระตุ้น เพื่อก่อให้เกิดการปฏิบัติภายในและภายนอกโรงงานอย่างต่อเนื่องจากผู้ที่เกี่ยวข้องในระดับต่าง ๆ นับตั้งแต่พนักงาน หัวหน้างาน จนถึงระดับผู้บริหาร ผลที่ได้จากการเป็นโรงงานสีเขียวก็เพื่อไปสร้างกระแสให้กับผู้บริโภคได้มีโอกาสในการเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้คำว่า Green Industry

ชนากร (2555) งานวิจัยฉบับนี้ได้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดงานเสียในกระบวนการผลิตเหล็กหล่อเกรด FC 15-20 ในสายการผลิต มีจำนวนของเสียเท่ากับ 70,951 กิโลกรัม/3 เดือน ซึ่งพบว่าของเสียประเภทปัญหาตามด, ฟองอากาศและปัญหาทรายร่วง มีจำนวนมากที่สุดรวมกันเท่ากับ 48,100 กิโลกรัม คิดเป็น 67.79% ของปัญหาของเสียทั้งหมด หลักจากการทดลองโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่าปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับของเสียได้แก่

1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม

2) ปริมาณการใส่ เบนโทไนท์ และได้ทำการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมและสามารถลดของเสียหรือลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบลงได้

ก้องฤทธิ์ (2554) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุชิ้นส่วนยานยนต์ซึ่งก่อนปรับปรุงเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดใช้ครั้งเดียวโดยมุ่งปรับปรุงให้เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกเพื่อลดต้นทุนการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ โดยได้ประยุกต์ใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนแบบเป็นขั้นตอน

จิตเทพ (2548) งานวิจัยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของฟอสฟอรัสจากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียด้วยสารส้ม และเฟอร์ริกคลอไรด์ โดยใช้ กรดอินทรีย์มวลโมเลกุลต่ำ ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของสารเคมีแต่ละชนิด ศึกษาปริมาณและรูปแบบของฟอสฟอรัสจากตะกอน และปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสจากตะกอน ผลการศึกษาถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของสารเคมี 2 ชนิด พบว่าความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียใกล้เคียงกัน

Joy M. Field (2001) ในการศึกษานี้จะทำการสำรวจผลกระทบของการใช้วัสดุรีไซเคิลกับวัตถุดิบสำหรับโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานและความสัมพันธ์กับผู้ส่งมอบ ที่ส่งผลกระทบในวงกว้างเกี่ยวกับกลยุทธ์การดำเนินงาน โดยทำการศึกษาถึงโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษแข่งกับบริษัทคู่แข่ง ซึ่งความสัมพันธ์ของลูกค้าและบริษัทคู่แข่งที่ดีขึ้นและไปในแนวทางเดียวกันเมื่อมีการใช้ระบบการใช้วัสดุรีไซเคิล ทั้งในเรื่องของวัตถุดิบ โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานความสัมพันธ์ระหว่างบริษัท และกลยุทธ์ในการดำเนินงาน

Mark Leary (2004) ได้ทำการศึกษาระบบบูรณาการในการจัดการของเสียในรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา พบว่ามีของเสียจากยางจำนวนมาก และพบว่า 75% ไม่ได้มีการลดปริมาณของเสีย และรีไซเคิลของเสียที่เกิดขึ้น มีจำนวน 25% ที่ส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องมีการกำจัดของเสียที่เกิดจากการผลิตยาง โดยการเพิ่มจำนวนการรีไซเคิลและนำยางที่เสียกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

Masaaki Toma (2007) Green Logistics ของประเทศญี่ปุ่นหมายถึง โลจิสติกส์ที่มองแบบเป็นองค์รวม เน้นการลดต้นทุนจากกิจกรรมโลจิสติกส์และการตอบสนองสภาพแวดล้อม โดยให้ความสำคัญทั้งในเรื่องนิเวศวิทยา (Ecology) และเรื่องเศรษฐศาสตร์ เช่น การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการลดต้นทุนโดยลดการใช้พลังงานสำหรับการดำเนินการด้าน Green

Logistics ของประเทศญี่ปุ่น มี 4 ด้านหลักๆ คือ 1. Corporative Transport 2. Eco-Dive 3.Modal Shift 4.Eco-Wrapping

2. ด้านห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain)

M. K. Chien (2007) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบห่วงโซ่อุปทานในการจัดการสีเขียว ที่มีแนวโน้มจะถูกนำมาใช้ใน โรงงานอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไต้หวัน ซึ่งเดิมมีการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายและของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยตรง ความสัมพันธ์ระหว่างห่วงโซ่อุปทาน สิ่งแวดล้อมภายนอก และประสิทธิภาพทางการเงิน โดยในการวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของบริษัทๆ ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานISO 14001 และมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติและการสร้างแบบจำลองโครงสร้าง ซึ่งพบว่าการนำเอาวิธีสีเขียวมาดำเนินการในด้านการจัดซื้อ และการผลิตมาใช้ในบริษัทๆ ทำให้ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มการยอมรับจากบริษัทอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

Global Supply Chain Council (2009) ได้ทำการสำรวจบริษัทในประเทศจีนจำนวน 145 บริษัทในช่วงกลางเดือนกันยายนถึงกลางเดือนพฤศจิกายน โดยคำถามเน้นที่ความเข้าใจต่อกระแสความตระหนัก การรับรู้ การดำเนินงาน และ ทิศทางในอนาคตของบริษัทที่มีต่อการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management: Green SCM) ในประเทศจีน สรุปได้ดังนี้

1. ร้อยละ 47 ของบริษัทมีแผนงานที่จะดำเนินการด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green SCM) ภายใน 2 ปี ข้างหน้า
2. ร้อยละ 43 ของบริษัท ได้ใช้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างประสิทธิภาพของขบวนการจัดซื้อจัดหา
3. เข้าใจว่าต้นทุนและความซับซ้อนเป็นอุปสรรคสำคัญของการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green SCM) ซึ่งต้องการแนวทางการดำเนินงานและต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ
4. การสร้างตราสินค้า (Brand)เป็นหัวข้อสำคัญต่างๆ สำหรับการทำการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green SCM) และเป็นการทำให้สังคมได้รับรู้ว่าองค์กรมีการดำเนินงานอย่างไร

5. การนำกลับมาใช้อีก (Recycling) วัสดุคืบ และ ส่วนประกอบ เป็นประเด็นลำดับต้นๆ ที่ได้รับความสนใจของการผลิตและอุตสาหกรรมสีเขียว (Green Manufacturing and Production)

6. การประยุกต์ใช้กิจกรรมสีเขียว (Green Practices) มีมากสุดในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดต้นทุน และมีประสิทธิภาพ เช่น การลดสินค้าคงคลัง การนำวัสดุคืบกลับมาใช้ หรือการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ

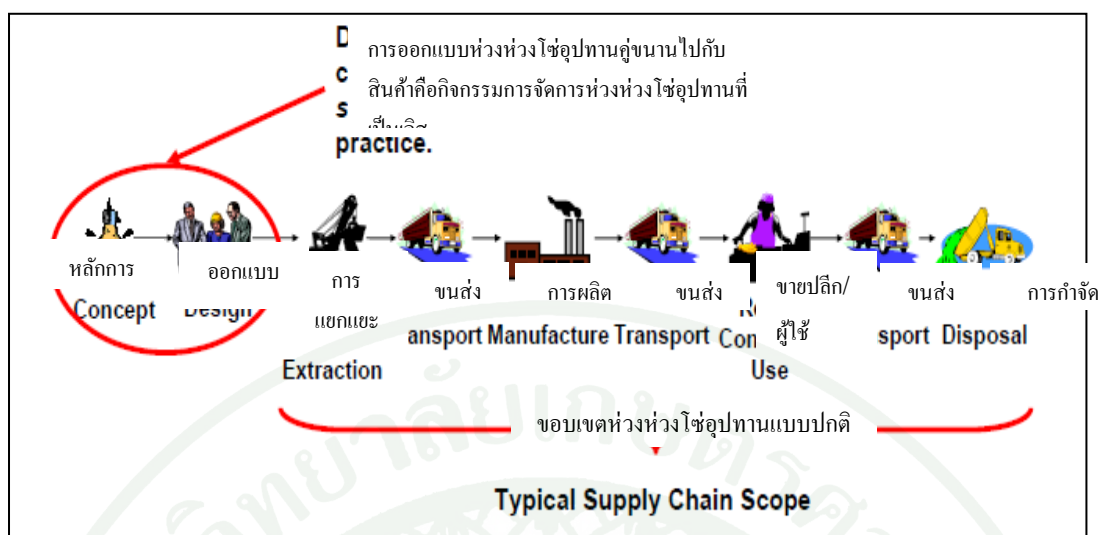
7. ประมาณหนึ่งในสามไม่มีการขยายความร่วมมือด้านกิจกรรมสีเขียว Green Practices ไปตาม ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)

8. ร้อยละ 49 ไม่ได้ใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-tools) ในการสนับสนุนการดำเนินงาน

The green supply chain (2011) อธิบายว่าเป้าหมายในภาพกว้างของ ห่วงโซ่อุปทานสีเขียว คือการลด CO₂ แต่ผลประโยชน์ต่อองค์กรจริงๆ คือ การใช้สินทรัพย์ให้เกิดอรรถประโยชน์มากขึ้น ลดการสร้างขยะ ส่งมอบสินค้าสู่ตลาดเร็วขึ้น สร้างนวัตกรรมของสินค้าและเพิ่มกำไร ซึ่งมีปัจจัยสู่ความสำเร็จดังนี้ เปลี่ยนรูปแบบการทำงานตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ มองทั้งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ต้องการความร่วมมืออย่างสูง มีความโปร่งใสและบูรณาการทั้งห่วงโซ่อุปทาน

Sarah, S. and David B. Grant (2010) ศึกษาการทดสอบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การประเมินสมรรถภาพสีเขียว กับกรอบการประเมินสมรรถภาพของห่วงโซ่อุปทานปัจจุบัน ว่าสามารถทำให้เกิดความเข้าใจ เห็นประโยชน์ และ เกิดความร่วมมือ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมควรมานำมาประเมินสมรรถภาพของห่วงโซ่อุปทาน และทำการเปรียบเทียบ และนำเสนอผลการศึกษาเชิงประจักษ์

LMI Government Consulting. (2005) ได้นำเสนอว่า การออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่ควบคู่ไปกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 15 การออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่ควบคู่ไปกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

ที่มา: Supply chain world conference (2005)

Jamal (2009) การพัฒนาอย่างยั่งยืนถูกพัฒนาให้เห็นชัดเจนขึ้นในด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมผ่านการบริหารการผลิตและห่วงโซ่อุปทาน ในช่วงปลาย 1980 นักอุตสาหกรรมต้องก้าวผ่านประเด็นด้านกฎหมาย และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้ได้ทำการทบทวนการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management) ซึ่งในที่นี้ผู้เขียนใช้คำว่า GrSCM ที่เกิดขึ้นในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ซึ่งมีประเด็นสำคัญได้แก่กระบวนการสีเขียว (Green Operation), การออกแบบสีเขียว (Green Design), การผลิตสีเขียว (Green Manufacturing), โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics), การบริหารจัดการความสูญเปล่า (Waste Management)

Purba, R. and D. Holt (2005) ได้มีการศึกษา Green Supply Chain Management ภูมิภาค South East Asia สรุปได้ว่าการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management) มีผลต่อความสามารถในการแข่งขันและสมรรถภาพทางธุรกิจ (Competitiveness and Economic Performance)

Samson (2008) การบริหารห่วงโซ่อุปทานมีบทบาทต่อสิ่งแวดล้อม 2 ด้าน ได้แก่ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการสร้างการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพของสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันมีแรงกดดันจากสังคม และกฎหมาย ในด้าน บรรจุภัณฑ์ การจัดการกับสินค้าที่หมดสภาพ การระบุ

ความเสี่ยงของห่วงโซ่อุปทาน การเพิ่มขึ้นของข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ลูกค้าถึงผู้ส่งมอบ ซึ่งการนำเสนองานการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว(Green Supply Chain Management: GSCM) ต้องกำหนดกลยุทธ์ให้ชัดเจน

Qinhuaand Team (2010) จากการศึกษาการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว(Green Supply Chain Management: GSCM) ของบริษัทในไต้หวัน พบว่าการดำเนินงานด้าน GSCM ของบริษัทในไต้หวันมีประสิทธิภาพมากกว่าในประเทศจีน เช่น กิจกรรมการจัดซื้อสีเขียว(Green Purchasing)การร่วมมือกับลูกค้าในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม การออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม (eco-design)การคืนสภาพการลงทุน (Investment recovery) เป็นต้น บริษัทในไต้หวันดำเนินงานโดยให้ความสำคัญในด้านการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมและสมรรถภาพทางการเงิน ไม่ได้มุ่งเน้นด้านการผลิตแต่เพียงอย่างเดียว ในการประเมินจะมอง 2 ด้าน

1. กิจกรรมการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (GSCM Practice)

1.1 การจัดการสิ่งแวดล้อมภายใน (Internal environment management)

1.2 การจัดซื้อสีเขียว (Green Purchasing)

1.3 การพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมในการร่วมมือกับลูกค้า (Customer cooperation with environmental considerations)

1.4 การออกแบบที่คำนึงถึงด้านนิเวศน์ (Eco-design)

1.5 การคืนสภาพการลงทุน (Investment recovery)

2. สมรรถภาพการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (GSCM Performance)

2.1 สมรรถภาพด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental performance)

2.2 สมรรถภาพด้านการเงิน (Financial performance)

2.3 สมรรถภาพด้านการดำเนินการ (Operational performance)

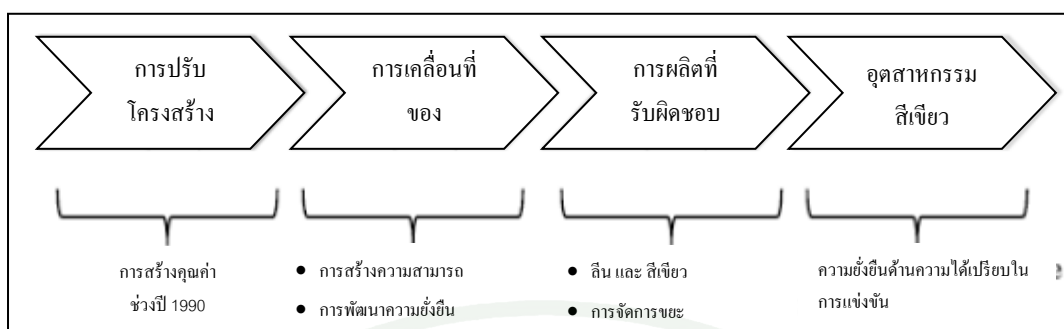
Stephan (2007) จากการศึกษาอุตสาหกรรมกระดาษในแคนาดา และอเมริกา พบว่าความร่วมมือระหว่างผู้ผลิตกับผู้ส่งมอบ และลูกค้าในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่จะทำให้ลดมลพิษนั้น การร่วมมือกับผู้ส่งมอบจะมีผลมากกว่า ในขณะที่ผลจากความร่วมมือกับลูกค้ามีผลค่อนข้างน้อย

Qinghua and team (2011) การสร้างภาพให้เห็นทฤษฎีการแพร่ของนวัตกรรม และนิเวศน์สมัยใหม่ โดยมีการแบ่งประเภทของผู้ผลิตในอุตสาหกรรมเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผู้ประยุกต์ใช้ (Adopters), ผู้ติดตาม (Followers), และ ผู้ล่าช้า (Laggards) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้หลักการการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management: GSCM)

Cecilia and team (2009) ได้ทำการศึกษาในห่วงโซ่อุปทานธุรกิจอาหารในประเทศสวีเดน สรุปความได้ว่าข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมถูกรับรู้และใช้ในรูปแบบที่ต่างกันโดยผู้ซื้อ ซึ่งความสัมพันธ์กันระหว่างการรับรู้ต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่ผู้บริโภคอยากรู้

Francesco and Fabio (2010) สรุปได้จากการศึกษาฐานข้อมูลอุตสาหกรรมกว่า 4000 องค์กร ใน 7 ประเทศของกลุ่มสมาชิก OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) ซึ่งพบว่า GSCM ประกอบด้วยการบริหารงานแบบก้าวหน้าอื่นๆ ซึ่งเป็นการปรับปรุงสมรรถภาพด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนผลต่อสมรรถภาพด้านการเงินนั้นยังคลุมเครือ

R.C. Walke and team (2010) สรุปได้ว่าการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นประเด็นการแข่งขันในด้านธุรกิจ ซึ่งทำให้ต้องดำเนินงานด้าน Green Supply Chain ซึ่งผลที่ตามมาคือการพัฒนาที่ยั่งยืนในการสร้างห่วงโซ่คุณค่าสีเขียว (Green Value Chain) ซึ่ง ห่วงโซ่คุณค่าสีเขียว (Green Value Chain) ก็จะสร้างความได้เปรียบการแข่งขันที่ยั่งยืน (Sustainable Competitive Advantage) ซึ่งอุตสาหกรรมในอินเดียหากต้องการปิดช่องว่างนี้ก็ต้องทำความเข้าใจความสำคัญนี้



ภาพที่ 16 วิวัฒนาการของห่วงโซ่อุปทานสีเขียว

ที่มา: R.C.Walke and team (2010)

3. ด้านหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA: Life Cycle Assessment)

ฟ้าคุณฐิ (2552) ได้ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์เลนส์แว่นตาพลาสติก โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยได้ศึกษาที่กระบวนการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีการจะเริ่มตั้งแต่การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรในการผลิต พลังงาน รวมทั้งจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้า ขาออก ของกระบวนการและทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยโปรแกรม SimaPro และวิธี ECO indicator 99

ผลการวิจัยทำให้ทราบว่ากระบวนการสายย่อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ มากที่สุด คือกระบวนการสร้างแว่นพลาสติก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีจำพวกสารฟลูออโรคาร์บอนที่เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดสถานะต่างๆ เพื่อที่จะลดการใช้สารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ได้เสนอแนะโดยการใช้น้ำแทน และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลกับกระบวนการเดิมได้พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Bergstrom (2010) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วนโครงสร้างในการก่อสร้างอาคารและเพื่อระบุพื้นที่ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและหาแนวทางที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตในอนาคตข้างหน้าโดยการศึกษาในส่วนของการประกอบขึ้นรูปโดยการเชื่อม (Fabrication) การพัฒนารูปแบบการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการที่เป็นไปได้ เหล่านี้คือการวัดผลโดยวิธีปฏิบัติตาม มาตรฐานสิ่งแวดล้อม แนวทางการ

ประหยัดพลังงาน และการระบุปรับปรุงปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และได้ดำเนินการศึกษาตามหลักกระบวนการตามวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

จากผลของการศึกษาพบว่าในด้านของการใช้พลังงานและการปล่อยพลังงานของกระบวนการประกอบเหล็ก (Steel Fabrication Process) พบว่าอุปกรณ์เครื่องพ่นทราย (Shot blasting Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุดและรองลงมาจะเป็นการใช้แสงสว่างในโรงงานคิดเป็นค่าใช้จ่ายถึง 1.65 ล้านบาทต่อปี ในด้านการเลือกใช้วัสดุส่วนใหญ่จะขึ้นกับการผลิต โดยตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาว่า 74% ของทั้งหมด จะเป็นการปล่อยค่าคาร์บอนของการใช้วัสดุที่ 7% จะอยู่ในส่วนของการขนส่ง และมี 19% เป็นของกระบวนการเชื่อมประกอบ

นอกจากนี้ยังได้มีการปรับปรุงกระบวนการสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตโดยมีแนวทางในการลดการรอคอย เพื่อลดเวลาการสูญเสียที่เกิดขึ้นกับการผลิตโดยการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดลดการดำเนินงานหยุดและเดินกับกระบวนการผลิตโดยงานวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้นำค่ามาประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่นำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

James and Giancaspro (2012) วัตถุประสงค์ของกรณีศึกษานี้เพื่อการดำเนินการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม 3 วิธีการสำหรับเตรียมพื้นผิวที่โดยใช้กับองค์ประกอบพื้นฐานงานก่อสร้างได้แก่ การยิงทราย (Sand blasting) การฉีดน้ำแรงดันสูง (Water Jetting) และการยิงน้ำแข็งแห้ง (Dry ice blasting) โดยศึกษากับโครงการฟื้นฟูสะพานเตรียมพื้นผิวที่คอนกรีตเสริมเหล็ก การประเมินด้านสิ่งแวดล้อม และมีขั้นตอนการดำเนินงานอยู่ 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายขอบเขต วัสดุคงเหลือ และการตีความ สำหรับการระบุเป้าหมายและขอบเขต จะประกอบไปด้วย เป้าหมายของโครงการที่ชัดเจน ลักษณะของข้อมูล ซึ่งจะบอกความต้องการว่า ใช้หรือไม่ ใช้การบำรุงรักษา การนำกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งข้อกำหนดการบริหารจัดการของเสียและสินค้าคงคลังที่จำเป็นในการพัฒนาแผนการเก็บและรวบรวมข้อมูล

จากผลของการประเมินโดยพิจารณา 4 ตัวแปรตอบสนอง ซึ่งได้แก่ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงการใช้พลังงานและระยะเวลาตลอดโครงการ พบว่าการยิงทรายและการฉีดน้ำแรงดันสูง มีการปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการจราจรของยานพาหนะอยู่ใกล้สถานที่ก่อสร้างเป็นปัจจัยหลักที่เฝ้าต่อความเสียหายด้านสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามการกระจาย CO_2 จากการระเหิดของน้ำแข็งแห้งมีค่าอยู่ที่ 80% และ 64% CO_2 ซึ่งมากขึ้นกว่า

การยิงทรายและการฉีดน้ำแรงดันสูง ตามลำดับเมื่อเทียบกับการยิงทราย และการฉีดน้ำแรงดันสูง ส่วนการยิงน้ำแข็งแห้ง จะส่งผลดีในด้านระยะเวลาโครงการโดยใช้เวลาที่สั้นที่สุดและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ลดลงถึง 7.6% และ 13% ตามลำดับ

Salonitis and Tsoukantas (2006) ในการศึกษาจะใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการชุบแข็งผิวและเจียระไนผิวของเหล็ก ในการศึกษาวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ สิ่งแวดล้อมของกระบวนการเจียระไนและการชุบแข็งผิว ซึ่งได้ถูกเปรียบเทียบสาเหตุผลกระทบที่เกี่ยวข้องจากวิธีการอบชุบผิวโดยมีวิธีการศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 ช่วงหลักๆ โดย เริ่มต้นจากแผนกนำร่องในการที่จะทำการเจียระไนผิวเหล็ก หลังจากนั้นได้มีการจัดทำบัญชีรายการข้อมูล และประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีการเปรียบเทียบผลโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ต่างกัน ได้แก่ Eco Indicator 99 ,Eco-Points 97 และ EDIP/UMIP 96

จากการวิเคราะห์ และประเมินวัฏจักรชีวิต ตลอดห่วงโซ่การผลิตและการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการที่ผ่านการอบชุบก่อนที่จะผ่านกระบวนการเจียระไน และกระบวนการที่ผ่านการเจียระไนพร้อมกับการเพิ่มความแข็งแรงในตัว โดยค่าที่ได้เป็นดังนี้การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ที่ 62% (โดยใช้วิธี Eco-indicator) ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ที่ 28.1% (ใช้เกณฑ์Eco-97) วิธีในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมอยู่ที่ 16% (ใช้วิธีการ Edip/UMIP) และโดยเฉลี่ยการคาดการณ์ข้างต้นสรุปได้ว่าผลกระทบของห่วงโซ่การผลิตที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจะลดลงประมาณ 45%

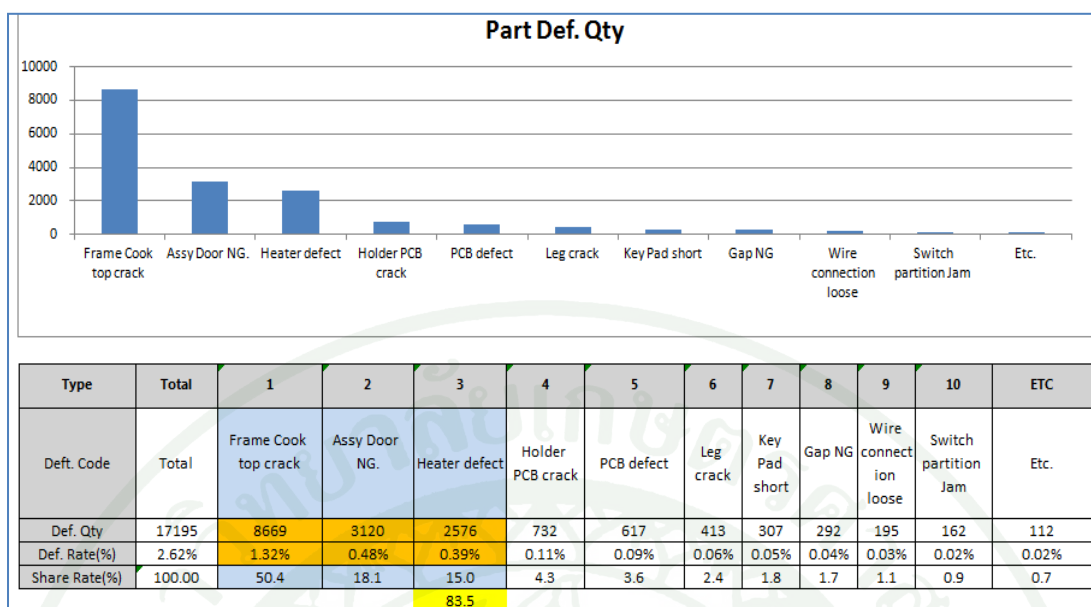
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ของเสียจากกระบวนการผลิต
2. เครื่องมือในการซ่อมชิ้นงาน
3. เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล เช่น โปรแกรม Microsoft Excel
4. โปรแกรม MINITAB 15 สำหรับการออกแบบการทดลอง
5. โปรแกรม Sima Pro สำหรับการคำนวณหาค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
6. เครื่องตราชั่งวัดน้ำหนักของเสีย
7. เครื่องตรวจสอบวัดระดับความหนาสี

วิธีการ

การวิจัยในโรงงานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีสายกำลังการผลิต 3 สายการผลิตใน จำนวนพนักงาน 240 คน (ข้อมูลปี 2556) พนักงานฝ่ายผลิตมี 80 คนต่อสายการผลิต มีการผลิตวันละ 2,482 เครื่องต่อวันต่อ 3 สายการผลิต ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ ยอดการผลิตเตาอบไฟฟ้า 774,384 เครื่องต่อปี การวิจัยได้ทำการศึกษาทรัพยากรที่เป็น ของเสีย (Waste) จากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงของเสีย 3 อันดับแรกของกลุ่มของเสียคิดเป็น 83.5%.



ภาพที่ 17 ข้อมูลของเสีย 10 อันดับแรกจากสายการผลิต

จากข้อมูลเก็บข้อมูลของเสียช่วงเดือน มกราคม 56 ถึงเดือนตุลาคม 56 ของทั้ง 3 สาย การผลิต ซึ่งมียอดการผลิตในช่วง 10 เดือนที่ผ่านมา มีจำนวน 655,248 เครื่อง พบว่า ข้อมูลของเสียสูงสุดอันดับที่หนึ่ง คือ Frame cook top เสียเท่ากับ $8,669 / 655,248$ คิดเป็น 1.32%

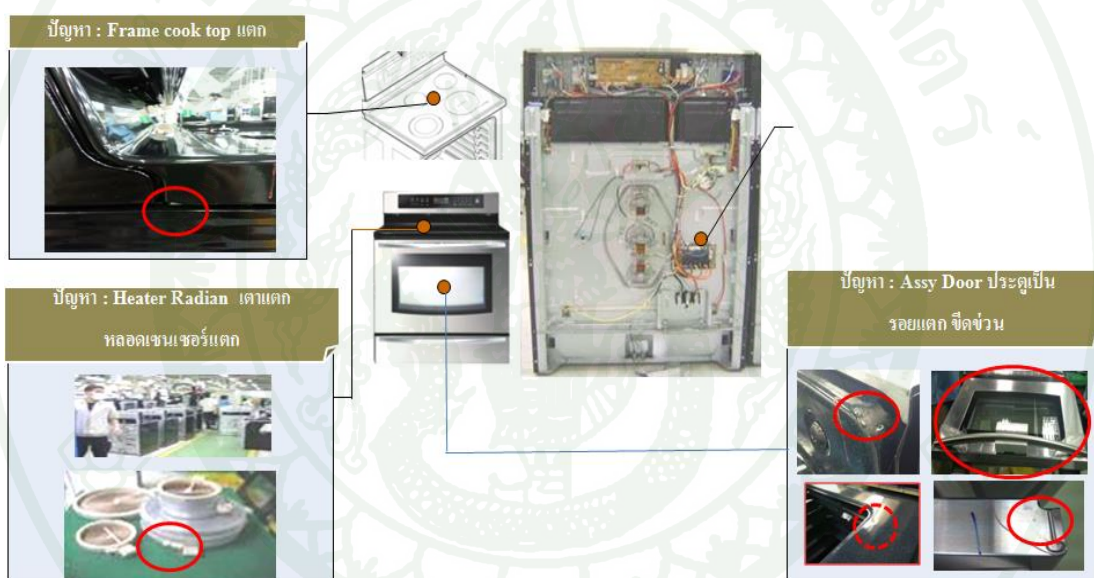
ข้อมูลของเสียสูงสุดอันดับที่สอง คือ Assy Door มีของเสียเท่ากับ $3,120 / 655,248$ คิดเป็น 0.48% และข้อมูลของเสียสูงสุด

อันดับที่สาม คือ Heater Radian มีของเสียเท่ากับ $2,576 / 655,248$ คิดเป็น 0.39% ซึ่งข้อมูลของเสียสูงสุดตามอันดับแรก คิดเป็นสัดส่วนจากของเสียทั้งหมด 83.5 %

จากตารางด้านล่าง เมื่อนำมาคิดคำนวณในส่วนของการใช้จ่าย พบว่าบริษัทมีค่าใช้จ่ายจากการทิ้งของเสียสูงมากซึ่งนำมาคิดเป็น ของเสียต่อเดือนพบว่า คือ Frame cook top เสียเท่ากับ 867 ชิ้นต่อเดือน , Assy Door เสียเท่ากับ 312 ชิ้นต่อเดือน และ Heater Radian เสียเท่ากับ 258 ชิ้นต่อเดือนซึ่งเมื่อคิดคำนวณค่าใช้จ่ายจะได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ตารางคำนวณในส่วนของค่าใช้จ่ายจากการทิ้งของเสีย

รายการ	Frame Cook top crack	Assy Door NG.	Heater defect
ของเสียต่อเดือน (ชิ้น)	867	312	258
ราคาต่อชิ้น (บาท)	1605	3454	345
ของเสียต่อเดือน (บาท)	1,391,375	1,077,648	88,872
รวมค่าใช้จ่ายต่อเดือน (บาท)		2,557,895	
รวมค่าใช้จ่ายต่อเดือน (ปี)		30,694,734	



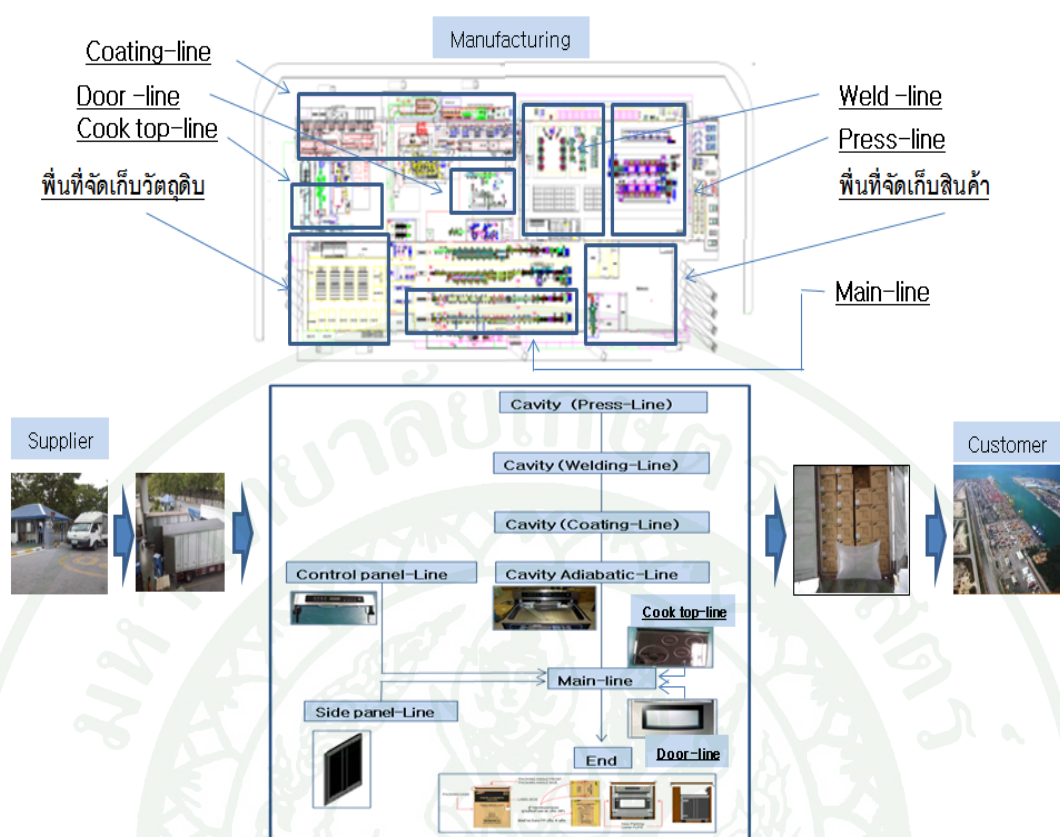
ภาพที่ 18 ภาพชิ้นส่วนเสียในสายการผลิต



ภาพที่ 19 ภาพชิ้นส่วนเสียถูกทิ้งลงในถังเก็บขยะ

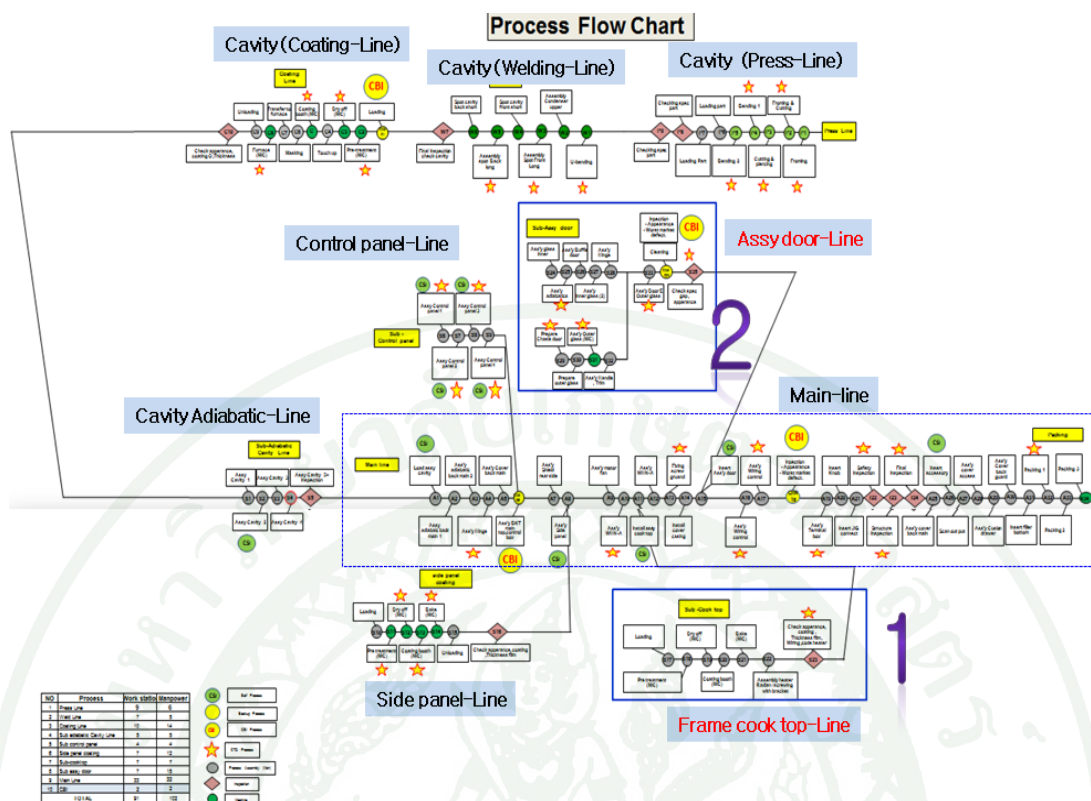
จากกระบวนการผลิตของบริษัท มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

การดำเนินงานเริ่มจาก การรับวัตถุดิบจากผู้ผลิต (Supplier) ซึ่งเป็นผู้ผลิตบริษัทในเครือ ได้ส่งวัตถุดิบเป็นชิ้นงานและวัตถุดิบจะถูกส่งเข้าไปเก็บในพื้นที่จัดเก็บชิ้นงานและวัตถุดิบ รอขึ้นสายการผลิต จากนั้นพนักงานจะนำวัตถุดิบขึ้นทำการผลิตตามใบแผนการผลิตซึ่งมาจาก คำสั่งซื้อของลูกค้า เมื่อทำการผลิตครบทุกขั้นตอนตรงตามความต้องการของลูกค้า หรือที่เรียกว่า สินค้าสำเร็จรูป (Finish Goods) ผลิตภัณฑ์หรือสินค้าสำเร็จรูป (Finish Goods) ดังกล่าวจะถูกนำไป จัดเก็บในคลังสินค้าสำเร็จรูป รอส่งลูกค้าต่อไป ขั้นตอนดังกล่าวแสดงดังข้างล่างนี้



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการดำเนินงานของบริษัท

ในส่วนการดำเนินงานภายในบริษัท เริ่มต้นจากแผนกปั๊มเหล็กขึ้นรูป(Cavity press line) สำหรับขึ้นส่วนโครงหลักของเตาอบไฟฟ้า จากนั้นจะส่งชิ้นงานให้กับส่วนงานเชื่อม ทำการเชื่อม (Cavity welding line)ขึ้นส่วน โครงหลักของเตาอบไฟฟ้า จากนั้นจะส่งงานเข้าไป ล้างสี ฟันสีและ อบสี ที่แผนก (Cavity coating line) เมื่อได้ชิ้นงานตัวโครงหลักมาแล้วจะนำมา หุ้ม ฉนวนกันความร้อนที่ แผนกหุ้มฉนวน(Cavity adiabatic -line) จากนั้นจะส่งชิ้นส่วนเข้าไปใน แผนกงานประกอบหลัก (Main line) ซึ่ง สายการผลิต ต่างๆอีก 4 สายการผลิต ได้แก่ Assy Door-line, Side panel line, Control panel line และ Frame cook top -line จะส่งชิ้นงานเข้ามาในสายการผลิตประกอบหลัก เช่นกัน และมีชิ้นส่วนเล็กต่างๆ มากกว่า 200 ชิ้น จะถูกส่งเข้ามาในกระบวนการต่างๆในแผนกงานประกอบหลัก (Main line) ซึ่ง เมื่อแผนกงานประกอบหลัก (Main line) ผลิตจบสิ้นแล้ว ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะถูกนำไป จัดเก็บในคลังสินค้าสำเร็จรูป รอส่งลูกค้าต่อไป ภาพแสดงกระบวนการประกอบ



ภาพที่ 21 กระบวนการผลิตภายในบริษัท ในส่วนแผนกผลิต

จากขั้นตอนการดำเนินงานภายในบริษัท พบว่าของเสีย 3 อันดับแรกเกิดจาก ชิ้นส่วนที่มีปัญหาในส่วนของชิ้นส่วนที่ส่งมาจาก Frame cook top-Line , Assy Door- line ตามภาพที่ 23 ซึ่งทั้งสองสายการผลิตนี้เป็นสายการผลิตสำหรับการจัดเตรียมชิ้นส่วนหลัก (Sub-Preparation line) เพื่อจะส่งชิ้นส่วนเข้ามาสายการผลิตประกอบหลัก(Main line)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิจัยกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยตามแนวทางผลิตภาพสีเขียว และจัดสร้างเทคนิคการบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs (Reduce, Reuse ,Recycle , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M (Production – My job, My Machine, My Area) เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาของเสียต่างๆ เพื่อสู่การเป็นองค์กรแห่งความยั่งยืน มีขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจพื้นที่ดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล (Walk through survey and information collection)

2. การวางแผน (Planning) และการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ต้นทุน กำหนดกระบวนการที่ต้องทำการวิจัย

3. การกำหนดและประเมินทางเลือก GP (Generation and Evaluation of GP Options)

4. การนำทางเลือก GP ไปสู่การปฏิบัติ (Implementation of GP Options)

5. การเฝ้าติดตามและทบทวนตรวจสอบ (Monitoring and Review) โดยกล่าวใน สรุปผลการวิจัย

6. การเสริมสร้างความยั่งยืนให้แก่การปฏิบัติตามแนวคิด GP (Sustaining GP)



ภาพที่ 22 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามแนวทางผลิตภาพสีเขียว

ขั้นตอนที่ 1

1. การสำรวจพื้นที่ดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล (Walk through survey and information collection)

ในกระบวนการผลิตมีการใช้ทรัพยากรซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าทำให้เกิดสินค้าดังนี้

1) ทรัพยากรมนุษย์ หรือพนักงานในสายการผลิตมีหน้าที่ในการประกอบผลิตภัณฑ์ หรือทำกิจกรรมต่างๆรวมถึงการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้ได้ตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดต้องการ

2) เครื่องจักรในสายการผลิต รวมถึงพลังงานไฟฟ้า แสงสว่าง

3) วัตถุดิบ หรือชิ้นงานต่างๆจากผู้ผลิต (Supplier)

ดำเนินการสำรวจพื้นที่ดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูลในกระบวนการผลิตมีการใช้ทรัพยากรซึ่งเป็นปัจจัยขาออก ในส่วนของผลิตภัณฑ์ และข้อมูลของเสีย จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของเสีย (Waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเตาอบไฟฟ้า ของบริษัทพบว่า มีของเสีย (Waste) ดังนี้

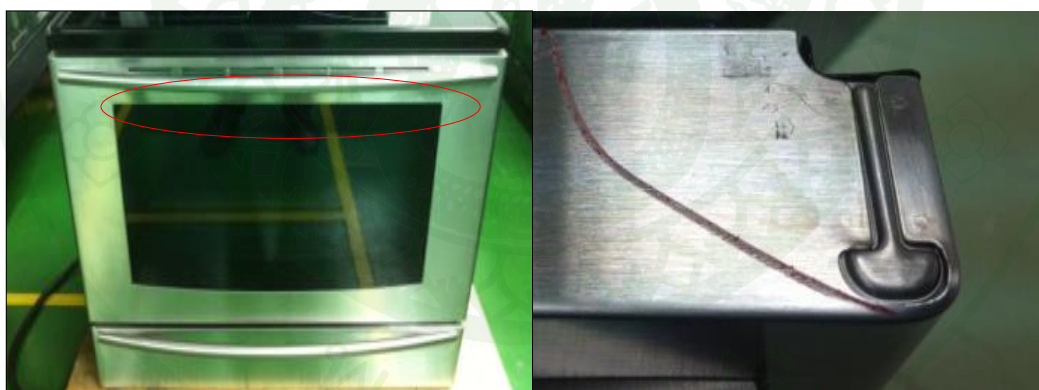
1. Frame Cook top แटक

2. Assy Door แटकและเป็นรอยขีดข่วน

3. Heater Radian แटक หลอดเซนเซอร์แตก



ภาพที่ 23 Frame Cook top แตก



ภาพที่ 24 Assy Door แตกและเป็นรอยขีดข่วน



ภาพที่ 25 Heater Radian แดก หลอดเซนเซอร์แดก

จากการศึกษาสภาพการบริหารจัดการของเสียในปัจจุบัน

จากการสำรวจถึงเรื่องการบริหารจัดการของเสียที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน พบว่าของเสียทั้งหมด ถูกทิ้งจากสายการผลิตและถูกส่งไปทิ้งทำลายโดยบริษัทภายนอกเข้ามารับชิ้นส่วนที่เสีย

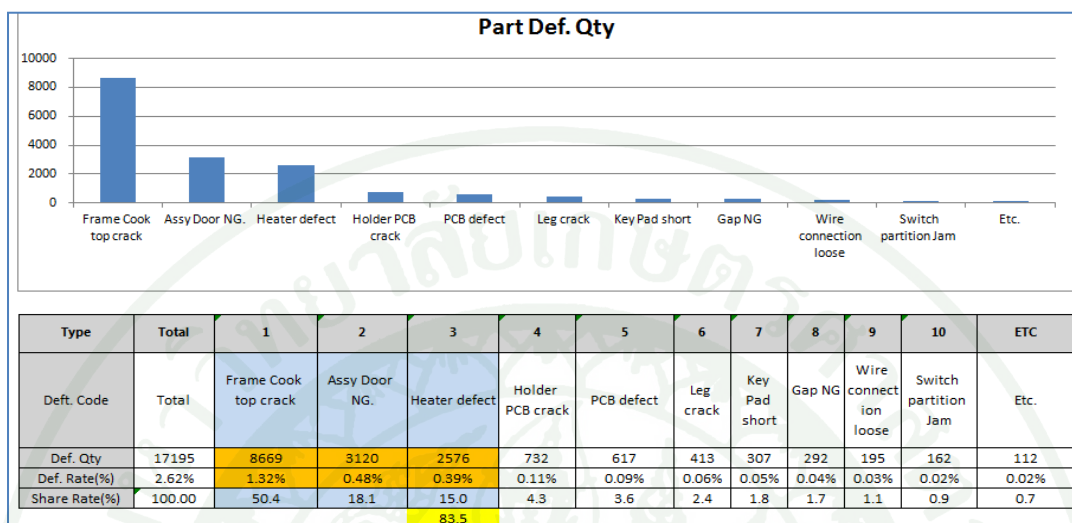
สาเหตุของเสียชนิดชิ้นงานที่ไม่ได้ตามมาตรฐานหรือไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่แรก (Frame Cook top , Assy Door , Heater Radian) ของเสียจากสายการผลิต ภายในโรงงานเอง เช่น ปัญหาแตกและเป็นรอยขีดข่วน จากกระบวนการประกอบต่างๆ , กระบวนการขนส่ง , กระบวนการออกแบบที่ทำให้ ยากต่อการผลิต ทำให้ชิ้นส่วนเสียได้ง่าย เป็นต้น

ประเภทสอง ของเสียจากผู้ส่งมอบ (Heater Radian) จะมีปัญหาแตกร้าว ซึ่งทางบริษัทเป็นผู้รับผิดชอบของเสียเองเนื่องจากว่าทางบริษัทไม่ได้มีกระบวนการตรวจสอบก่อนรับชิ้นงานจากผู้ผลิตและของเสียถูกทิ้งภายในโรงงานในกระบวนการผล

ตารางที่ 5 ตารางสภาพการบริหารจัดการของเสียในปัจจุบัน

	Frame Cook top crack	Assy Door NG.	Heater defect
ภาพชิ้นงานเสีย			
ภาพจำนวนที่ถูกทิ้ง			
การทิ้งทำลายโดย บริษัทภายนอก เข้ามารับชิ้นส่วน ที่เสีย			

จากศึกษาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดพบว่าปริมาณของเสียที่ต้องการศึกษาในปี 2556 ได้ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 26 ข้อมูลของเสีย 10 อันดับแรกจากสายการผลิต

ขั้นตอนที่ 2

2. การวางแผน (Planning) และการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ต้นทุน กำหนดกระบวนการที่ต้องทำการวิจัย

จากการสำรวจด้านการบริหารจัดการของเสียของทางบริษัทพบของเสีย 3 ชนิด คือ Frame Cook top, Assy Door และ Heater Radian ที่ยังคงขาดการบริหารจัดการตามหลักการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Resource Conservation) ซึ่งการบริหารจัดการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น ทำให้ของเสียที่เกิดขึ้นและถูกทิ้งออกมานั้นส่งผลต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในรูปของขยะปนเปื้อน และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อ ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราของเสียที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ชนิด เป็นปริมาณเฉลี่ยต่อเดือนประจำปี 2556 โดยจะแสดงออกมาในรูปของ ต้นทุนในการใช้ทรัพยากร และ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเฉพาะปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นไม่รวมกิจกรรมการขนส่ง และการกำจัด เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบรอบด้าน นำเสนอต่อผู้บริหารองค์กร และสร้างนวัตกรรมการบริหารจัดการที่ดีตามหลักการเพิ่มผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity) ดังตารางที่ 7

จากข้อมูลที่กำลังมาข้างต้นหากคิดปริมาณหรือมูลค่าเป็นรายปี ทั้งทางด้านต้นทุนการ
ใช้ทรัพยากร และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าซึ่งส่งผลกระทบต่อสังคมและ
สิ่งแวดล้อม

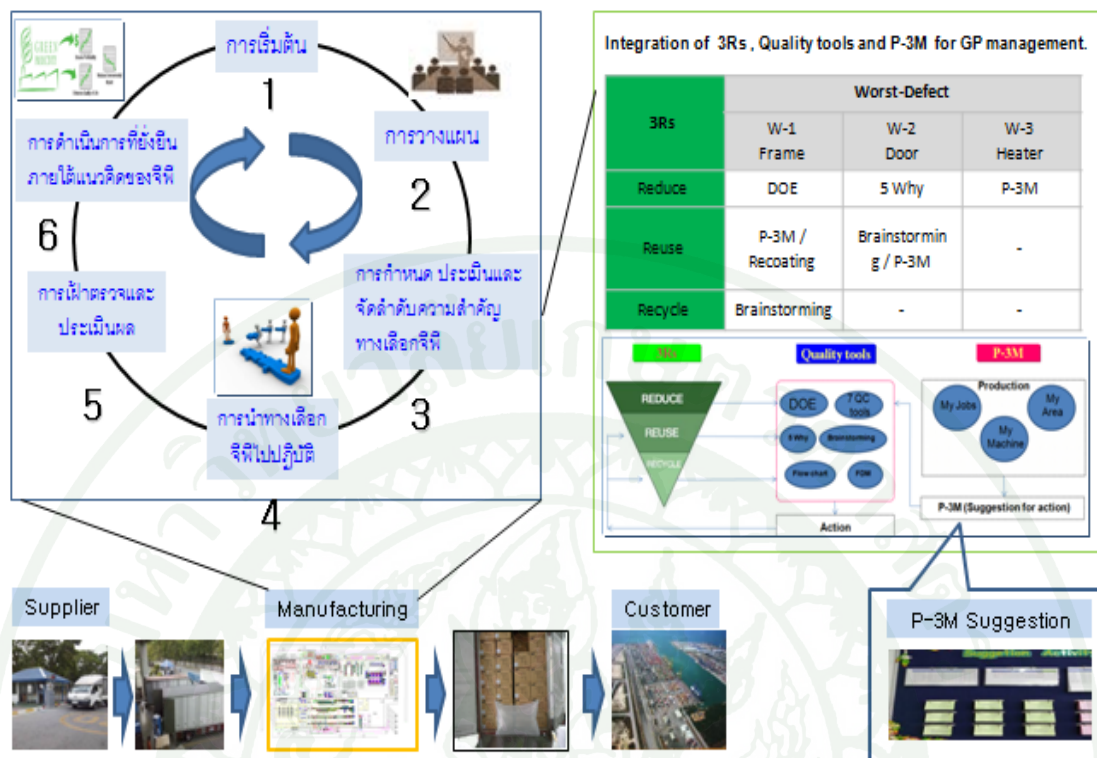
ตารางที่ 6 ตารางข้อมูลของเสีย และเป้าหมายในการจัดการผลิตภาพสีเขียว

ลำดับ	ชิ้นส่วนของเสีย ที่ทำการวิจัย	ปัจจุบัน		เป้าหมาย (ลดลง 50%)	
		ค่าใช้จ่าย ของเสีย (บาทต่อปี)	ปริมาณการ ปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)	ค่าใช้จ่าย ของเสีย (บาท/ปี)	ปริมาณ การปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)
1	Frame cook top	16,696,494	21,788,098	8,348,247	10,894,049
2	Assy Door	12,931,776	38,743,943	6,465,888	19,371,971
3	Heater Radian	1,066,464	14,490,736	533,232	7,245,368
รวม		30,694,734	75,022,776	15,347,367	37,511,388

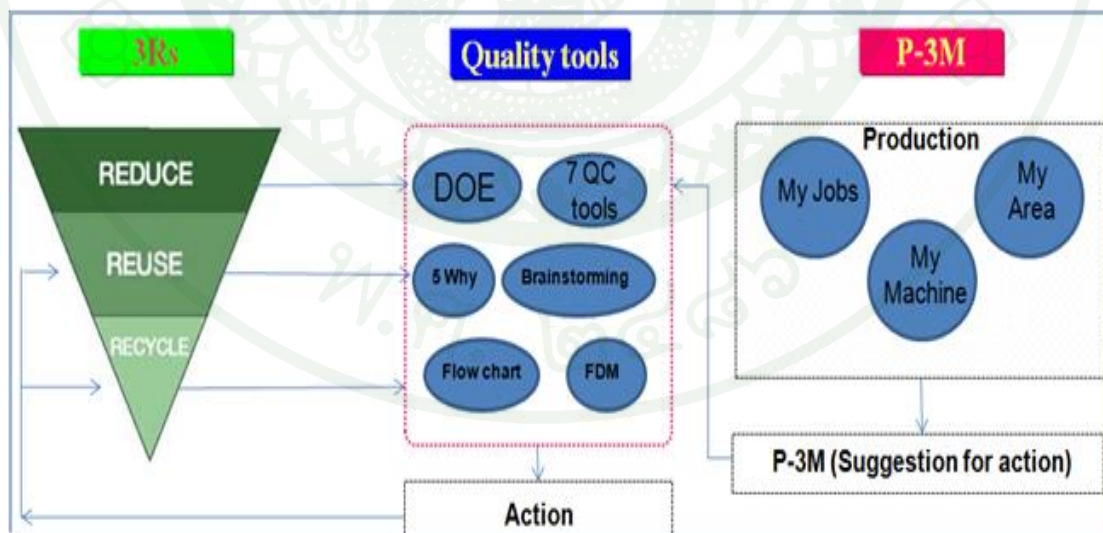
ขั้นตอนที่ 3

3. การกำหนด ประเมินและจัดลำดับความสำคัญทางเลือก GP

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลของเสีย ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งทางด้านต้นทุน และ
การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สังคมและสิ่งแวดล้อม จึงได้ทำการเสนอผู้บริหาร
และหาวิธีการ หรือนวัตกรรมใหม่ๆ มาบริหารจัดการของเสียภายใต้หลักของ 3R คือ Reduce Reuse
Recycle โดยใช้เทคนิคการบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M
เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหของเสียต่างๆ เพื่อสู่การเป็นองค์กรแห่งความยั่งยืน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์
ที่ตั้งไว้ ซึ่งหลังจากการประชุมระดมสมองกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกำหนดทางเลือก หรือวิธีการบริหาร
จัดการตามแนวคิด GP คัดกรองและเลือกทางเลือก GP ที่จะนำมาใช้ปฏิบัติได้จริง จึงได้ระบบ
บริหารจัดการของเสียดังภาพที่ 29



ภาพที่ 27 การกำหนด ประเมินและจัดลำดับความสำคัญทางเลือก



ภาพที่ 28 เทคนิคการบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M

ขั้นตอนที่ 4

4. การนำทางเลือก GP ไปสู่การปฏิบัติ (Implementation of GP Options) จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของเสีย (Waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเตาอบไฟฟ้า ของบริษัทพบว่า มีของเสีย (Waste) ดังนี้

1. Frame Cook top เสีย

2. Assy Door แตกและเป็นรอยขีดข่วน

3. Heater Radian แตก หลอดเซนเซอร์แตก

4.1 การจัดการผลิตภาพสีเขียวเพื่อลดชิ้นงาน Frame Cook top เสีย (Green productivity for reduce frame cook top defective) การจัดการผลิตภาพสีเขียวในส่วนของเสียที่มากที่สุดอันดับที่หนึ่ง จะแบ่งเป็น 2 ส่วน

4.1.1 การลดของเสีย (Reduce defect)

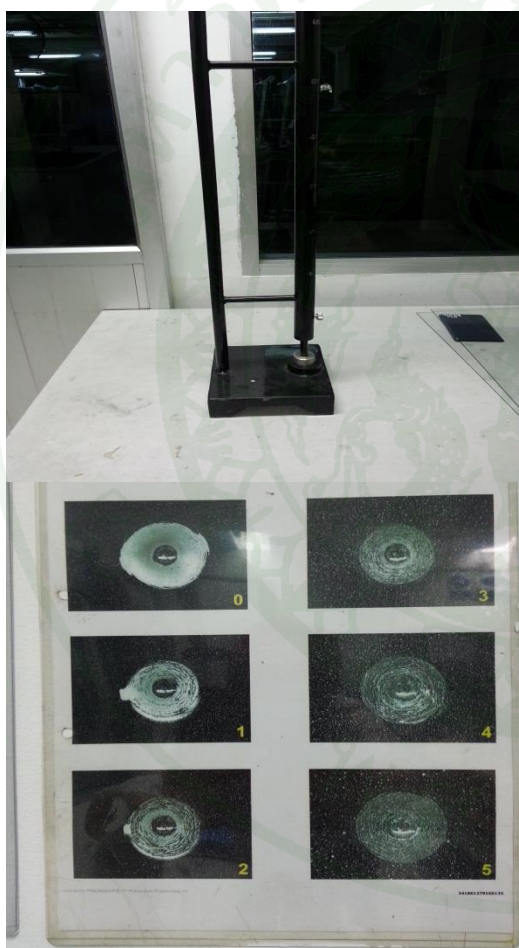
การลดของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการผลิต Frame cook top จาก Frame cook top – line โดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment for Reduce frame cook top defective: DOE) เพื่อหาการปรับตั้งค่าและการใช้วัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อ การลดของเสียในกระบวนการผลิต

กำหนดสมมติฐานของการทดลอง

สมมติฐานของการทดลองคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิด Frame Cook Top แตก ได้แก่ ความหนาของเหล็ก , ปัจจัยการควบคุมอุณหภูมิในเตาอบสี และ ปัจจัยความเร็วในการอบสีในเตาอบสี ทั้ง 3 ปัจจัยจะส่งผลต่อชิ้นงานเสีย ปัญหาที่ตรงง่าย หลังการประกอบ โดยที่จะทำการวัดผลจากระดับการแตกตัวของสี (6 ระดับ) ซึ่งอัตราส่วนการแตกตัวของสี ของเสียที่น้อยที่สุดเป็นสิ่งสำคัญ

1) คำตอบสนอง : ระดับการแตกตัวของสี (6 ระดับ)

ระดับ 0	คือ	สีแตกง่าย สีเกาะเกาะโดยรอบเกือบทั้งหมด
ระดับ 1	คือ	สีแตกง่าย สีเกาะเกาะโดยรอบ
ระดับ 2	คือ	สีแตกง่าย แต่ยังเหลือสีบ้าง
ระดับ 3	คือ	สีแตกค่อนข้างยาก
ระดับ 4	คือ	สีแตกยาก มีสีอยู่มาก
ระดับ 5	คือ	สีแตกน้อย พบว่าสียังเกาะตัวเข้ากับเหล็ก



ภาพที่ 29 อุปกรณ์การทดสอบ และ ระดับการแตกตัวของสี (6 ระดับ)

2) ตัวแปรอิสระ : มี 3 ปัจจัย คือ

- การควบคุมอุณหภูมิ ที่เตาอบมี 2 ระดับ : 750 องศาเซลเซียส และ 850 องศาเซลเซียส

- ความหนาของ เหล็ก มี 3 ระดับ : 0.6 มิลลิเมตร , 0.8 มิลลิเมตร และ 1 มิลลิเมตร ,

- ความเร็วในการอบสีในเตาอบสี มี 3 ระดับ : 3 เมตรต่อนาที , 4.5 เมตรต่อนาที และ 6 เมตรต่อนาที

3) ใช้หลักการ Factors Factorial Design : $2 \times 3 \times 3 = 18$ Factorial

4) Replication กำหนดให้เท่ากับ 3 ดังนั้นหน่วยทดลองทั้งหมดที่ต้องใช้ E.U. = $2 \times 3 \times 3 \times 3 = 54$

ตารางที่ 7 ตารางการทดสอบโดยใช้การออกแบบการทดลอง

รายการ	ความเร็วในการอบสี	3m/min			3m/min			3m/min		
		ความหนาของ เหล็ก			ความหนาของ เหล็ก			ความหนาของ เหล็ก		
		0.6 mm	0.8 mm	1.0 mm	0.6 mm	0.8 mm	1.0 mm	0.6 mm	0.8 mm	1.0 mm
การควบคุมอุณหภูมิ ที่เตาอบสี (°C)	750° C	1	2	1	1	3	1	0	1	1
		1	3	0	3	3	3	1	2	1
		0	4	1	2	2	2	1	2	0
	850° C	4	4	3	4	5	5	2	3	2
		3	4	4	5	5	5	3	2	3
		3	4	4	5	5	5	2	2	2

ทำการทดสอบการผลิตในแต่ละชุดและทำการทดสอบของเสีย ซึ่งนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบการทดลอง

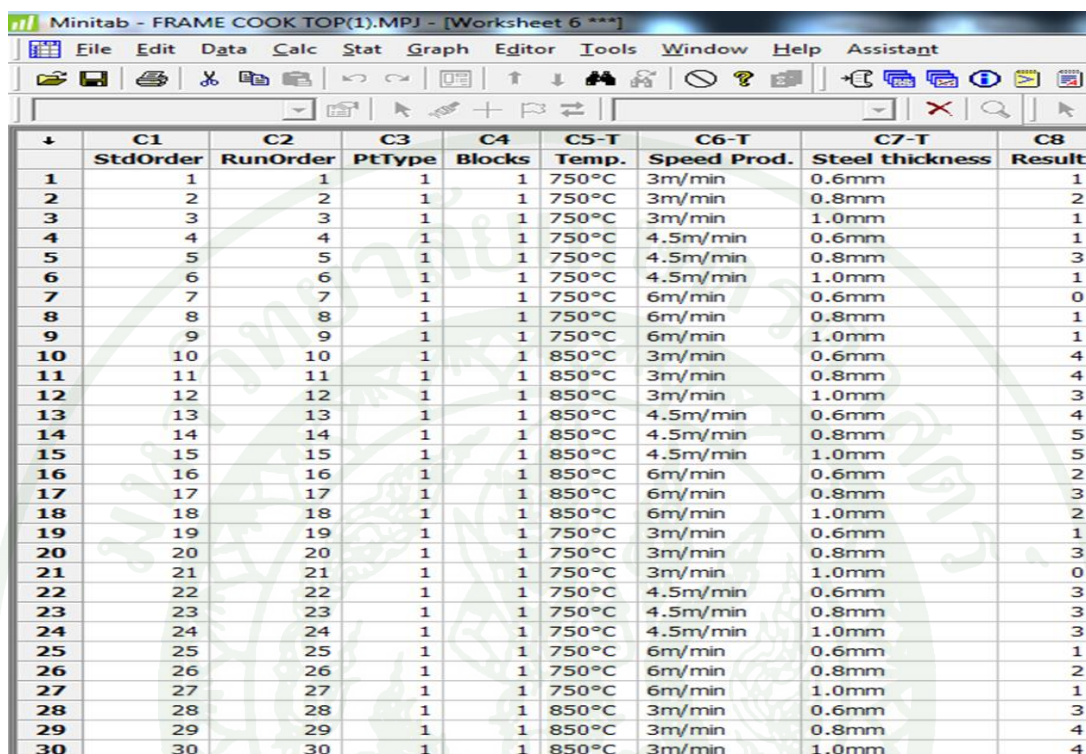
ตารางที่ 9 ข้อมูลของเสียที่บันทึกได้จากการออกแบบการทดลอง

ลำดับ	อุณหภูมิ ที่เตาอบสี	ความเร็วในการอบสี	ความหนาของเหล็ก	ผลการทดลอง
1	750° C	3 m/min.	0.6mm	1
2	750° C	3 m/min.	0.8mm	2
3	750° C	3 m/min.	1.0 mm	1
4	750° C	4.5 m/min.	0.6mm	1
5	750° C	4.5 m/min.	0.8mm	3
6	750° C	4.5 m/min.	1.0 mm	1
7	750° C	6 m/min.	0.6mm	0
8	750° C	6 m/min.	0.8mm	1
9	750° C	6 m/min.	1.0 mm	1
10	850° C	3 m/min.	0.6mm	4
11	850° C	3 m/min.	0.8mm	4
12	850° C	3 m/min.	1.0 mm	3
13	850° C	4.5 m/min.	0.6mm	4
14	850° C	4.5 m/min.	0.8mm	5
15	850° C	4.5 m/min.	1.0 mm	5
16	850° C	6 m/min.	0.6mm	2
17	850° C	6 m/min.	0.8mm	3
18	850° C	6 m/min.	1.0 mm	2
19	750° C	3 m/min.	0.6mm	1
20	750° C	3 m/min.	0.8mm	3
21	750° C	3 m/min.	1.0 mm	0
22	750° C	4.5 m/min.	0.6mm	3
23	750° C	4.5 m/min.	0.8mm	3
24	750° C	4.5 m/min.	1.0 mm	3
25	750° C	6 m/min.	0.6mm	1
26	750° C	6 m/min.	0.8mm	2
27	750° C	6 m/min.	1.0 mm	1
28	850° C	3 m/min.	0.6mm	3

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	อุณหภูมิ ที่เตาอบสี	ความเร็วในการอบสี	ความหนาของเหล็ก	ผลการทดลอง
29	850° C	3 m/min.	0.8mm	4
30	850° C	3 m/min.	1.0 mm	4
31	850° C	4.5 m/min.	0.6mm	5
32	850° C	4.5 m/min.	0.8mm	5
33	850° C	4.5 m/min.	1.0 mm	5
34	850° C	6 m/min.	0.6mm	3
35	850° C	6 m/min.	0.8mm	2
36	850° C	6 m/min.	1.0 mm	3
37	750° C	3 m/min.	0.6mm	0
38	750° C	3 m/min.	0.8mm	4
39	750° C	3 m/min.	1.0 mm	1
40	750° C	4.5 m/min.	0.6mm	2
41	750° C	4.5 m/min.	0.8mm	2
42	750° C	4.5 m/min.	1.0 mm	2
43	750° C	6 m/min.	0.6mm	1
44	750° C	6 m/min.	0.8mm	2
45	750° C	6 m/min.	1.0 mm	0
46	850° C	3 m/min.	0.6mm	3
47	850° C	3 m/min.	0.8mm	4
48	850° C	3 m/min.	1.0 mm	4
49	850° C	4.5 m/min.	0.6mm	5
50	850° C	4.5 m/min.	0.8mm	5
51	850° C	4.5 m/min.	1.0 mm	5
52	850° C	6 m/min.	0.6mm	2
53	850° C	6 m/min.	0.8mm	2
54	850° C	6 m/min.	1.0 mm	2

เมื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในโปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลการทดลองจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 32



	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temp.	Speed Prod.	Steel thickness	Result
1	1	1	1	1	750°C	3m/min	0.6mm	1
2	2	2	1	1	750°C	3m/min	0.8mm	2
3	3	3	1	1	750°C	3m/min	1.0mm	1
4	4	4	1	1	750°C	4.5m/min	0.6mm	1
5	5	5	1	1	750°C	4.5m/min	0.8mm	3
6	6	6	1	1	750°C	4.5m/min	1.0mm	1
7	7	7	1	1	750°C	6m/min	0.6mm	0
8	8	8	1	1	750°C	6m/min	0.8mm	1
9	9	9	1	1	750°C	6m/min	1.0mm	1
10	10	10	1	1	850°C	3m/min	0.6mm	4
11	11	11	1	1	850°C	3m/min	0.8mm	4
12	12	12	1	1	850°C	3m/min	1.0mm	3
13	13	13	1	1	850°C	4.5m/min	0.6mm	4
14	14	14	1	1	850°C	4.5m/min	0.8mm	5
15	15	15	1	1	850°C	4.5m/min	1.0mm	5
16	16	16	1	1	850°C	6m/min	0.6mm	2
17	17	17	1	1	850°C	6m/min	0.8mm	3
18	18	18	1	1	850°C	6m/min	1.0mm	2
19	19	19	1	1	750°C	3m/min	0.6mm	1
20	20	20	1	1	750°C	3m/min	0.8mm	3
21	21	21	1	1	750°C	3m/min	1.0mm	0
22	22	22	1	1	750°C	4.5m/min	0.6mm	3
23	23	23	1	1	750°C	4.5m/min	0.8mm	3
24	24	24	1	1	750°C	4.5m/min	1.0mm	3
25	25	25	1	1	750°C	6m/min	0.6mm	1
26	26	26	1	1	750°C	6m/min	0.8mm	2
27	27	27	1	1	750°C	6m/min	1.0mm	1
28	28	28	1	1	850°C	3m/min	0.6mm	3
29	29	29	1	1	850°C	3m/min	0.8mm	4
30	30	30	1	1	850°C	3m/min	1.0mm	4

ภาพที่ 30 การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง

Minitab - FRAME COOK TOP(1).MPJ - [Worksheet 6 ***]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

↓

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temp.	Speed Prod.	Steel thickness	Result
31	31	31	1	1	850°C	4.5m/min	0.6mm	5
32	32	32	1	1	850°C	4.5m/min	0.8mm	5
33	33	33	1	1	850°C	4.5m/min	1.0mm	5
34	34	34	1	1	850°C	6m/min	0.6mm	3
35	35	35	1	1	850°C	6m/min	0.8mm	2
36	36	36	1	1	850°C	6m/min	1.0mm	3
37	37	37	1	1	750°C	3m/min	0.6mm	0
38	38	38	1	1	750°C	3m/min	0.8mm	4
39	39	39	1	1	750°C	3m/min	1.0mm	1
40	40	40	1	1	750°C	4.5m/min	0.6mm	2
41	41	41	1	1	750°C	4.5m/min	0.8mm	2
42	42	42	1	1	750°C	4.5m/min	1.0mm	2
43	43	43	1	1	750°C	6m/min	0.6mm	1
44	44	44	1	1	750°C	6m/min	0.8mm	2
45	45	45	1	1	750°C	6m/min	1.0mm	0
46	46	46	1	1	850°C	3m/min	0.6mm	3
47	47	47	1	1	850°C	3m/min	0.8mm	4
48	48	48	1	1	850°C	3m/min	1.0mm	4
49	49	49	1	1	850°C	4.5m/min	0.6mm	5
50	50	50	1	1	850°C	4.5m/min	0.8mm	5
51	51	51	1	1	850°C	4.5m/min	1.0mm	5
52	52	52	1	1	850°C	6m/min	0.6mm	2
53	53	53	1	1	850°C	6m/min	0.8mm	2
54	54	54	1	1	850°C	6m/min	1.0mm	2

ภาพที่ 31 การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง (ต่อ)

การวิเคราะห์ผลของการทดลองโดยใช้หลักสถิติ

1) การตั้งสมมติฐาน

พิจารณาปัจจัยร่วม (Interactions)

สมมติฐานหลัก H0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง

สมมติฐานรอง H1 : ปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าตอบสนอง

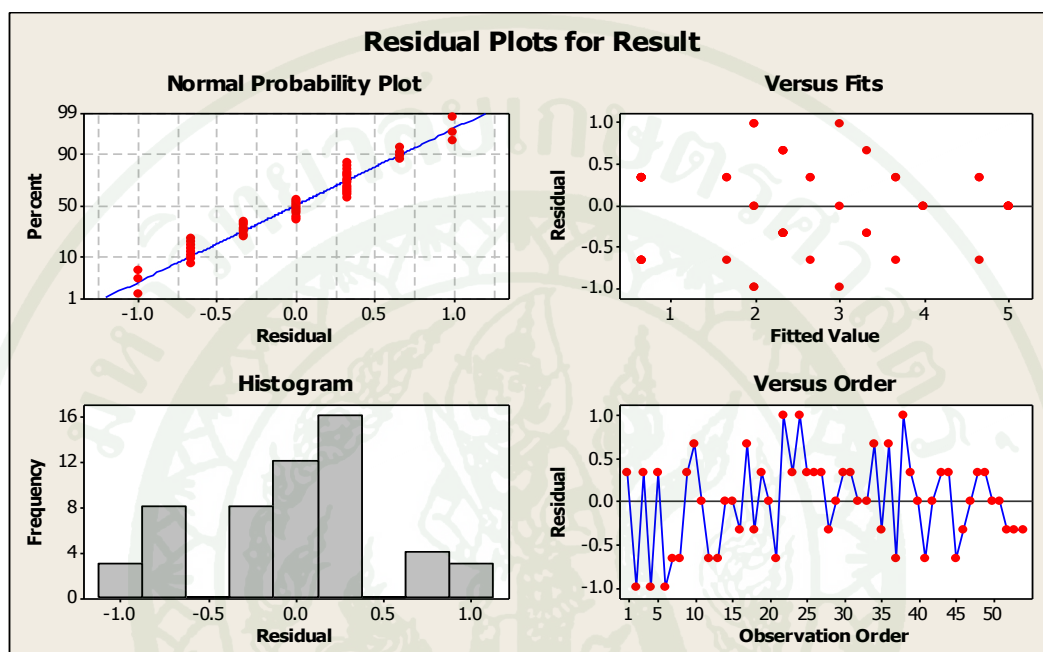
พิจารณาปัจจัยหลัก (Main Effect)

สมมติฐานหลัก H0 : ปัจจัยหลักไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง

สมมติฐานรอง H1 : ปัจจัยหลักมีผลต่อค่าตอบสนอง

กำหนดให้ทำการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0)
เมื่อค่า P-Value $< \alpha$

2) ทดสอบข้อสมมติฐาน โดย กราฟ Residual Plots for Y



ภาพที่ 32 การใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์กราฟ Residual Plots for Y

พิจารณา Residual Plot ภาพที่ 34 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

- จากกราฟ “Normal Probability Plot” แสดงให้เห็นการเรียงตัวของค่าตอบสนองมีลักษณะ
แนวโน้มเป็นเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution)

- จากกราฟ “Versus Fits” แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวแบบสุ่ม (Random) โดยมีการ
กระจายตัวรอบแกน 0 อย่างสมดุล

- จากกราฟ “Versus Order” แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีลักษณะเป็นอิสระต่อกัน

3) การวิเคราะห์ผลจากตาราง DOE

ผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์ได้จากตาราง minitab ดังภาพที่ 35 โดยจะทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลกระทบจากปัจจัยร่วม(Interactions) ก่อน ในที่นี้คือ การควบคุมอุณหภูมิ ,ความหนาของ เหล็ก และความเร็วในการอบสีในเตาอบสี มี P-Value เท่ากับ 0.652 จึงสรุปได้ว่า $P\text{-Value} > \alpha = 0.05$ ขอมรับ สมมติฐานหลัก H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง

จากนั้นทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลกระทบจากปัจจัยร่วม(Interactions) ความหนาของ เหล็ก และความเร็วในการอบสีในเตาอบสี มี P-Value เท่ากับ 0.191 จึงสรุปได้ว่า $P\text{-Value} > \alpha = 0.05$ ขอมรับ สมมติฐานหลัก H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง

ทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลกระทบจากปัจจัยร่วม(Interactions) ความหนาของ เหล็ก และการควบคุมอุณหภูมิ มี P-Value เท่ากับ 0.013 จึงสรุปได้ว่า $P\text{-Value} < \alpha = 0.05$ ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง ขอมรับ สมมติฐานรอง H_1 : ปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าตอบสนอง

จากนั้นทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลกระทบจากปัจจัยร่วม(Interactions) ความเร็วในการอบสีในเตาอบสี และการควบคุมอุณหภูมิ มี P-Value เท่ากับ 0.009 จึงสรุปได้ว่า $P\text{-Value} < \alpha = 0.05$ ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง ขอมรับ สมมติฐานรอง H_1 : ปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าตอบสนอง

General Linear Model: Result versus Temp., Speed Prod., Steel thickness					
Factor	Type	Levels	Values		
Temp.	fixed	2	750°C, 850°C		
Speed Prod.	fixed	3	3M/min, 4.5M/min, 6M/min		
Steel thickness	fixed	3	0.6mm, 0.8mm, 1.0mm		

Analysis of Variance for Result, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
Temp.	1	58.0741	58.0741	58.0741	149.33
Speed Prod.	2	32.1481	32.1481	16.0741	41.33
Steel thickness	2	7.3704	7.3704	3.6852	9.48
Temp.*Speed Prod.	2	4.1481	4.1481	2.0741	5.33
Temp.*Steel thickness	2	3.8148	3.8148	1.9074	4.90
Speed Prod.*Steel thickness	4	2.5185	2.5185	0.6296	1.62
Temp.*Speed Prod.*Steel thickness	4	0.9630	0.9630	0.2407	0.62
Error	36	14.0000	14.0000	0.3889	
Total	53	123.0370			

Source	P
Temp.	0.000
Speed Prod.	0.000
Steel thickness	0.000
Temp.*Speed Prod.	0.009
Temp.*Steel thickness	0.013
Speed Prod.*Steel thickness	0.191
Temp.*Speed Prod.*Steel thickness	0.652
Error	
Total	

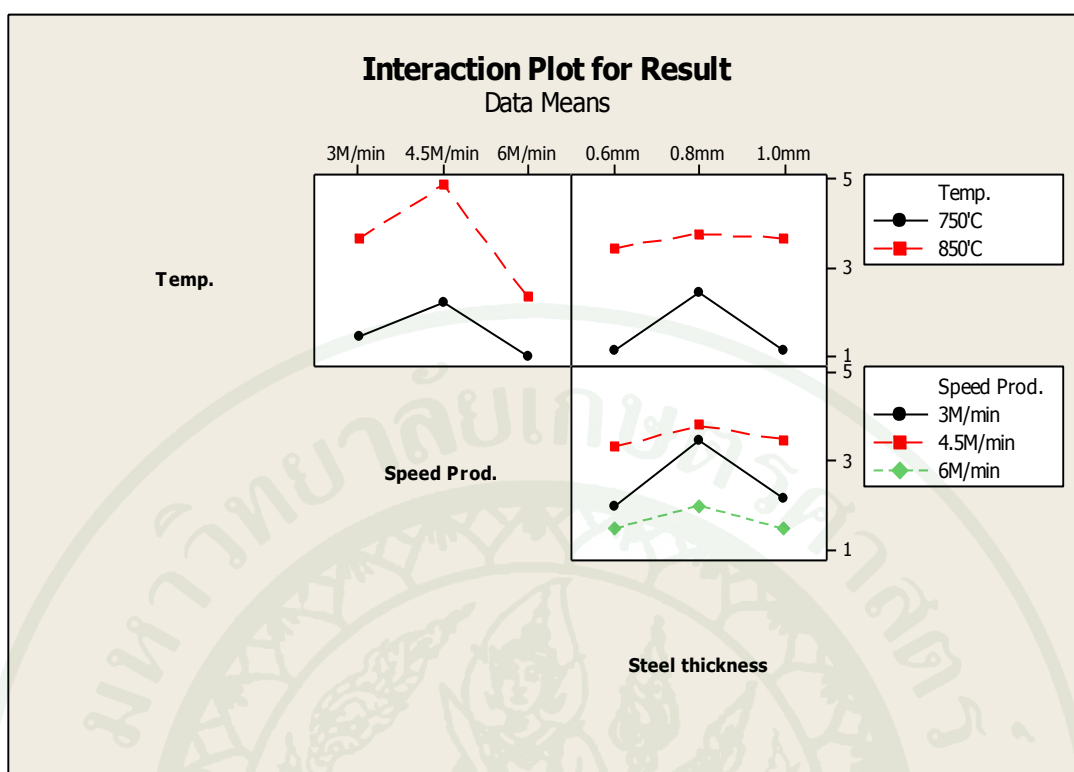
S = 0.623610 R-Sq = 88.62% R-Sq(adj) = 83.25%

ภาพที่ 33 ผลการใช้โปรแกรม Minitab

จากภาพที่ 35 ผลลัพธ์จากตาราง DOE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การวิเคราะห์ผลกระทบร่วมมีผล เนื่องจากค่า p-value (0.013 และ 0.009) ของผลกระทบร่วมน้อยกว่า 0.05 Reject H_0 ดังนั้นปัจจัยร่วมมีผล จะไม่พิจารณาปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องอีก เมื่อทราบว่าปัจจัยร่วมมีผลหลังจากนั้นจะต้องไปวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากกราฟผลกระทบร่วม

4) การวิเคราะห์ผลด้วยกราฟ

กราฟแสดงผลกระทบร่วม (Interaction Plot) ภายใต้อัลกอริทึม คือต้องการ Minimize อัตราของเสียหรือต้องการหาระดับปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราของเสียน้อยที่สุด



ภาพที่ 34 ผลกระทบร่วมที่มีผลต่ออัตราของเสียจากการทดลอง

จากการออกแบบการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลจนนำไปสู่การวิเคราะห์ด้วยกราฟแสดงผลกระทบร่วม สรุป ได้ว่าปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าตอบสนอง กล่าวคือการควบคุมอุณหภูมิ , ความหนาของ เหล็ก และความเร็วในการอบสีในเตาอบสี โดยดูจาก $p - value <$ ของปัจจัยร่วม ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดระดับของปัจจัยที่มีผลจากกราฟแสดงผลกระทบร่วม

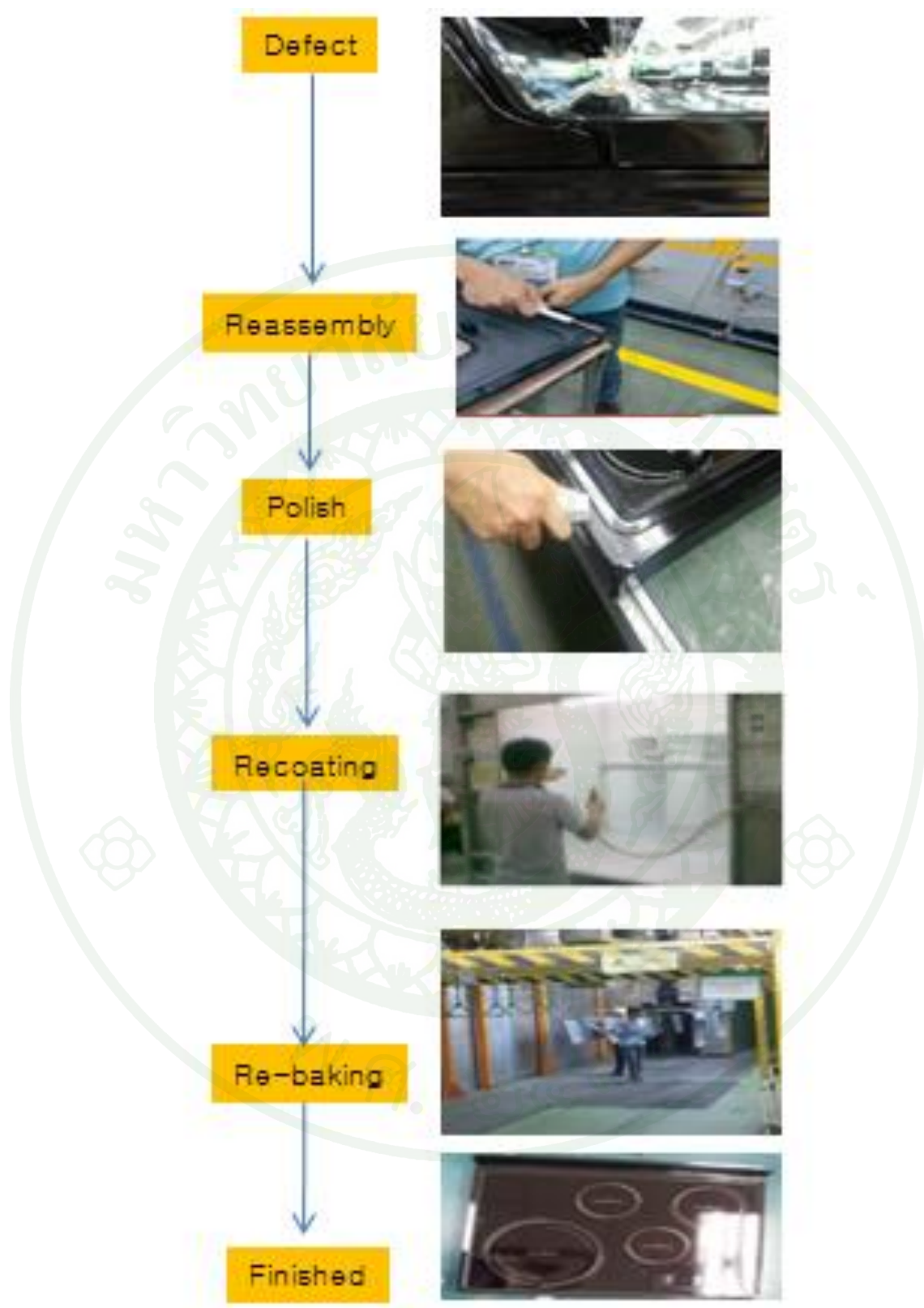
จากกราฟ จะเห็นว่าหาก การควบคุมอุณหภูมิ ที่ เตาอบสี 850 องศาเซลเซียส ใช้ความหนาของ เหล็ก ที่ 0.8 มิลลิเมตร และ ความเร็วในการอบสีในเตาอบสี 4.5 เมตรต่อนาที พบว่า เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดค่าตอบสนอง : ระดับการแตกตัวของสี ระดับ 5 คือ สีแตกน้อย พบว่าสียังเกาะตัวเข้ากับเหล็กเมื่อได้การปรับตั้งค่าที่ดีที่สุดสำหรับการลดของเสียแล้ว จึงจัดทำมาตรฐานและกำหนดผู้รับผิดชอบในการดูแลและตรวจสอบไว้หน้าเครื่องควบคุม



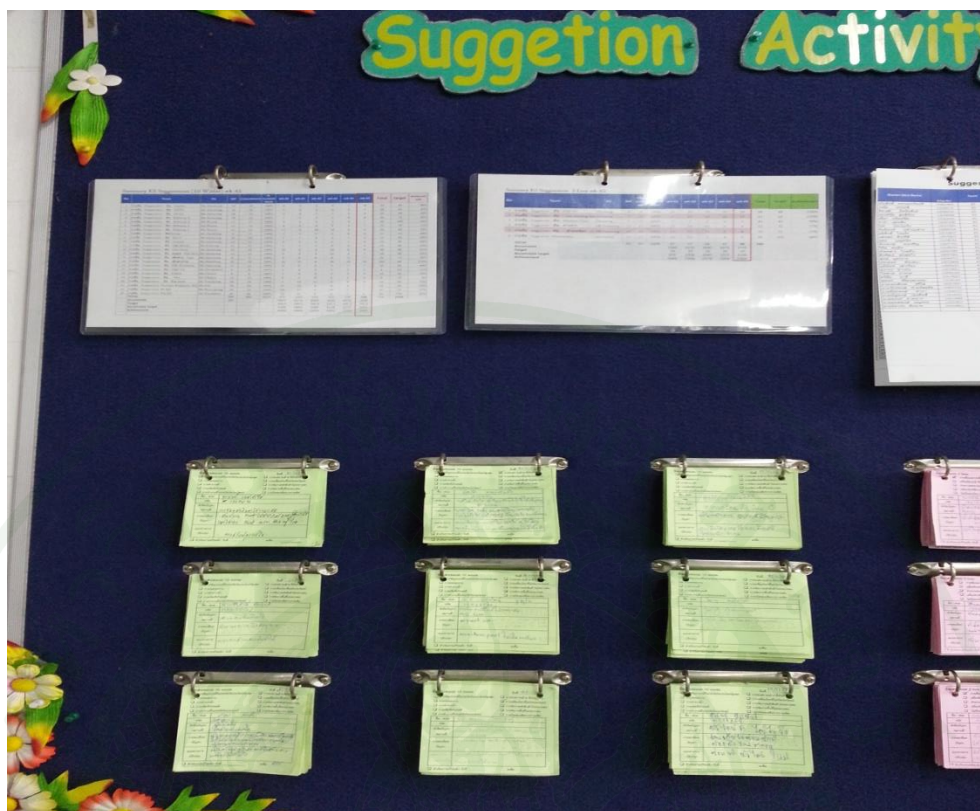
ภาพที่ 35 การกำหนดจัดทำมาตรฐานการควบคุมการปรับตั้งค่า

4.1.2 การนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse)

ส่วนที่ สอง การนำของเสียกลับมาใช้ (Reuse) โดยการนำเอาชิ้นงานเสียก่อนทิ้งมาซ่อมและนำกลับ ไปใช้ซ้ำ ซึ่ง ได้นำแนวความคิดนี้มาจากการ ทำกิจกรรม P-3M และ การเสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงานทำให้สามารถ ลดต้นทุนของเสีย ลงได้โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 36 การนำของเสียกลับมาซ้ำ (Reuse)



ภาพที่ 37 การทำกิจกรรม P-3M และ การเสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงาน



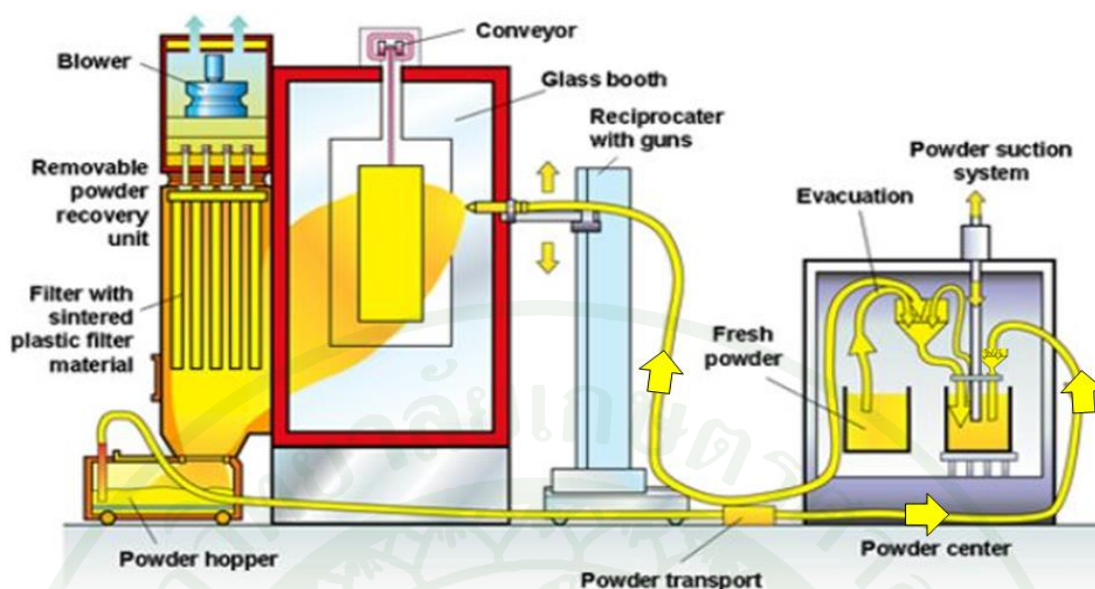
ภาพที่ 38 จัดสร้างพื้นที่สำหรับงานนำกลับมาใช้ซ้ำ



ภาพที่ 39 จัดทำมาตรฐานการทำงาน ในส่วนของ Frame cook top

4.1.3 การนำของเสียที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่โดยการแปรรูป (Recycle)

ส่วนที่ สาม Recycle (การนำกลับมาใช้ใหม่โดยการแปรรูป) คือ การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดการใช้ทรัพยากร ซึ่ง ได้ทำการจัดทำในส่วนของสีพ่นที่ใช้แล้ว กลับมาผสมกลับสีใหม่ในอัตราส่วน 80:20 (80 ของใหม่ : 20 ส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่) โดยมีเครื่องดูดลมเป็นตัวดูดสีที่ใช้แล้วซึ่งสีที่ถูกดูดจะมาติดเกาะที่ตัวกรองจากนั้นเครื่องดูดลมจะหยุด และทำการเคาะสีให้ตกลงมาที่ ถัง Powder hopper และจะมีการส่งสีที่ใช้แล้วมาผสมใช้ใหม่ ดังภาพที่ 42 เครื่องจักรนี้อยู่ระหว่างการระดมความคิดในการติดตั้ง และคำนวณระยะเวลาคืนทุน รอการติดตั้ง



ภาพที่ 40 การนำสีที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านเครื่องจักรพ่นสี

4.2 การจัดการผลิตภาพสีเขียวเพื่อลดชิ้นงาน Assy Door เสีย (Green productivity for reduce Assy Door defective)

การจัดการผลิตภาพสีเขียวในส่วนของเสียที่มากที่สุดอันดับที่สอง จะแบ่งเป็น 2 ส่วน

4.2.1 การลดของเสีย (Reduce defect)

- การลดของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการผลิต Assy Door จาก Assy Door –line โดยใช้หลักการWhy-Why analysis

การวิเคราะห์โดยการตั้งคำถามว่าทำไม ทำไม หรือ Why Why Analysis เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้พบต้นตอ หรือรากเหง้าที่แท้จริง และที่สำคัญคือเพื่อนำไปสู่การแก้ไข และป้องกันการเกิดซ้ำต่อไป สำหรับขั้นตอนการทำ Why Why Analysis มีดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อเท็จจริง โดย ไปดูต้นตอ หรือสาเหตุจริงๆ ให้รู้อย่างลึกซึ้งว่ามีที่มาที่ไป อย่างไร และลักษณะอาการ เป็นอย่างไร พิจารณา สถานการณ์จริง (Genba) และสภาพของจริง (Genbutsu) เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริง (Real) โดยควรวาดภาพประกอบด้วยจะทำให้เข้าใจง่ายขึ้น

2. วิเคราะห์หาต้นตอของปัญหา โดยการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ หรือปัญหา ซึ่งทำได้โดย การถามทำไม ทำไม ไปเรื่อยๆ จนเจอต้นตอของปัญหา

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยการถามกลับไป กลับมาว่า สิ่งนั้นๆ เป็นเหตุเป็นผล หรือมีความสอดคล้องกันเชิงตรรกะ (Logic) หรือไม่ เพราะการพิจารณาด้วยวิธีนี้จะช่วยให้การวิเคราะห์ถูกต้องมากขึ้น

4. วิเคราะห์หาวิธีการแก้ไข หรือป้องกัน จากการวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายทำให้ทราบถึงต้นตอที่แท้จริง จากนั้น มาค้นหาวิธีการแก้ไข และมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ

5. นำมาตรการที่ได้ไปปฏิบัติจริง นำวิธีการแก้ไข และป้องกันดังกล่าวไปปฏิบัติ นอกจากนี้อาจนำวิธีการแก้ไขป้องกันดังกล่าว ไปขยายผลกับสิ่งอื่นๆ หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่มีความใกล้เคียงกันก็จะเป็นประโยชน์มากขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงโดยใช้ เครื่องมือ Why Why Analysis ในการวิเคราะห์หาต้นตอของปัญหา ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาดังตัวอย่างนี้

ปัญหา : สแตนเลสหน้าประตู เป็นรอยโก่ง

ทำไม : สแตนเลสหน้าประตู เป็นรอยโก่ง ?

เนื่องจาก มีช่องว่างระหว่าง สแตนเลสหน้าประตู และขอบกระจก

ทำไม : มีช่องว่างระหว่าง สแตนเลสหน้าประตู และขอบกระจก?

สแตนเลสโก่ง ไม่ตรง

ทำไม : สแตนเลสโก่ง ไม่ตรง?

สแตนเลสเสียรูปหลังจากการปั๊มโมล

ทำไม : สเตนเลสเสียรูปหลังจากการปั๊มโมล?

โมลมีปัญหาหลังจากการปั๊ม

ทำไม : โมลมีปัญหาหลังจากการปั๊ม?

ทักษะการออกแบบ(โมลการปั๊ม ครั้งที่ 3 มีการกดทับในส่วนของสเตนเลสทำให้สเตนเลสโก่งตัว

แนวทางการแก้ไข : ตัดส่วนสเตนเลสออก 14 มิลลิเมตร ในส่วนที่โมลกดทับออก.

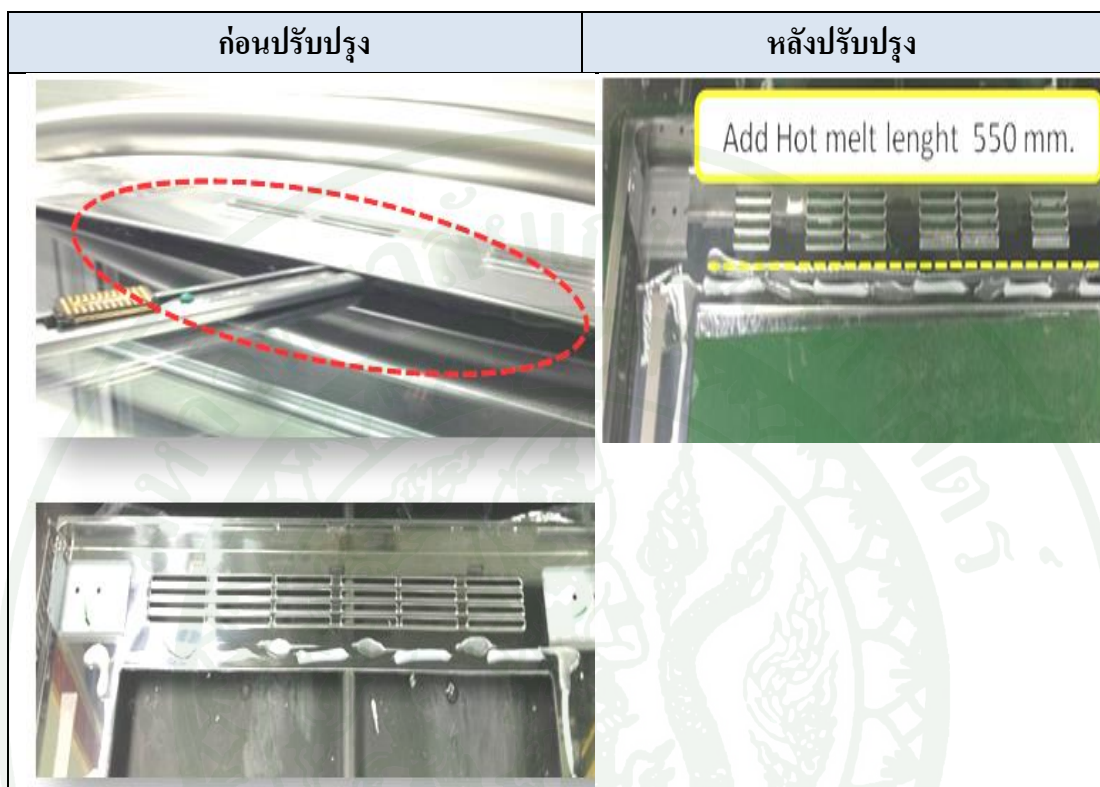
□ Title : <u>Assy Door NG.</u>																									
Fail item	Phenomenon & Cause	Countermeasures	Current	Goal	Completed by																				
Chassis upper of Assy door	□ Phenomenon - Appearance of door ; NG. - Defect rate 30%.  □ Cause (Potential factor). - 5-WHY (Result of analysis) <table><tr><th></th><th>Door fail 5-WHY (Result of analysis)</th></tr><tr><td>Why-1</td><td>Why does appearance of door , NG? Chassis Door had gap</td></tr><tr><td>Why-2</td><td>Why does occurrence gap at chassis door Chassis Door bend</td></tr><tr><td>Why-3</td><td>Why does bend? Chassis door deform.</td></tr><tr><td>Why-4</td><td>Why does chassis door deform? Mold design problem</td></tr><tr><td>Why-5</td><td>Why does Mold design problem ? Design skill (Mold stage 3/7 structure : stripper plate long size .)</td></tr></table>		Door fail 5-WHY (Result of analysis)	Why-1	Why does appearance of door , NG? Chassis Door had gap	Why-2	Why does occurrence gap at chassis door Chassis Door bend	Why-3	Why does bend? Chassis door deform.	Why-4	Why does chassis door deform? Mold design problem	Why-5	Why does Mold design problem ? Design skill (Mold stage 3/7 structure : stripper plate long size .)	□ Countermeasures - Improvement → Chassis door flat & smooth Mold stage 3/7 stripper plate , Delete width =14 mm. - set mold design training , Set TF-Team approve mold before using.  Delete width =14 mm. <table><tr><th>Before improvement</th><th>After improvement</th><th rowspan="2">Improvement Effect Analyzing Method</th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Before improvement	After improvement	Improvement Effect Analyzing Method						0.059	0.000 (100%)	(Finished)
	Door fail 5-WHY (Result of analysis)																								
Why-1	Why does appearance of door , NG? Chassis Door had gap																								
Why-2	Why does occurrence gap at chassis door Chassis Door bend																								
Why-3	Why does bend? Chassis door deform.																								
Why-4	Why does chassis door deform? Mold design problem																								
Why-5	Why does Mold design problem ? Design skill (Mold stage 3/7 structure : stripper plate long size .)																								
Before improvement	After improvement	Improvement Effect Analyzing Method																							
																									
																									

ภาพที่ 41 การใช้ Why Why Analysis

- การลดของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการผลิต Assy Door จาก Assy Door – line โดยใช้หลักการทำกิจกรรม P-3M และ การเสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงานทำให้สามารถลดต้นทุนของเสียลงได้

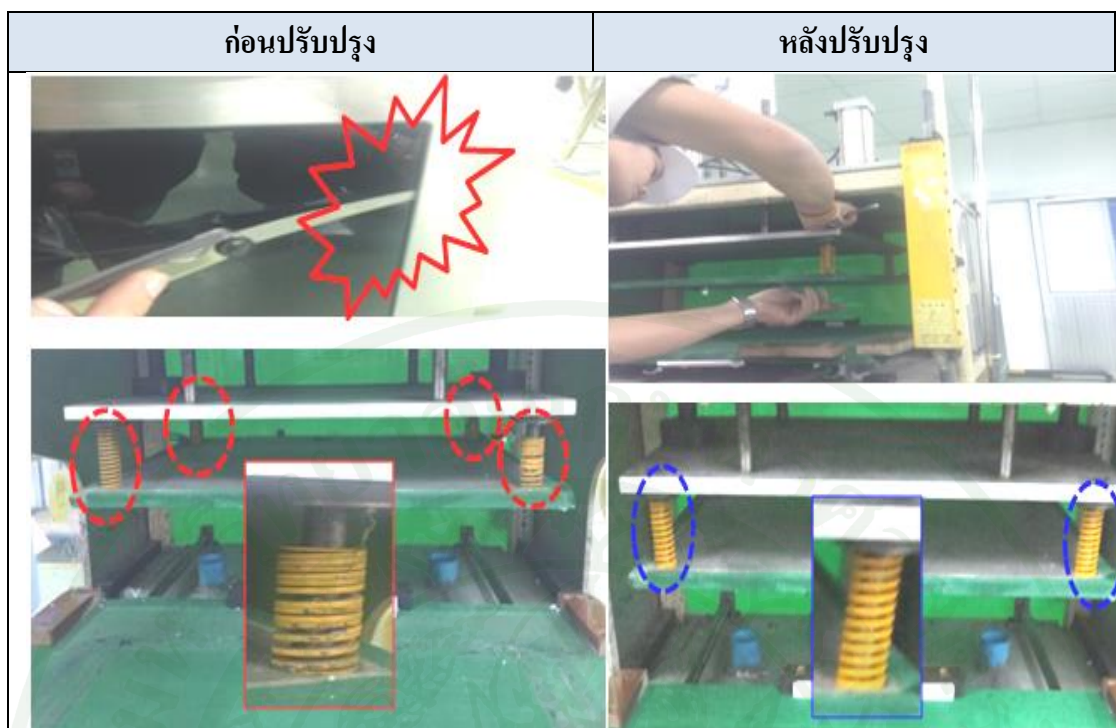
จากปัญหาการเกิดช่องว่างระหว่างChassisและกระจกบริเวณด้านบน พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดช่องว่างเนื่องจากการยึดติดของกาวร้อนและซิลิโคนระหว่างChassisและกระจกมีปริมาณน้อยเกินไป ทำให้ระหว่างที่รอกาวร้อนและซิลิโคนแข็งตัวไม่สามารถดึงchassis ให้แนบติด

กับกระจกได้ จึงทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มความร้อนเป็นแนวยาวขนาด 550 มิลลิเมตร บริเวณจุดที่เกิดช่องว่างของChassis และกระจกเพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีขึ้น



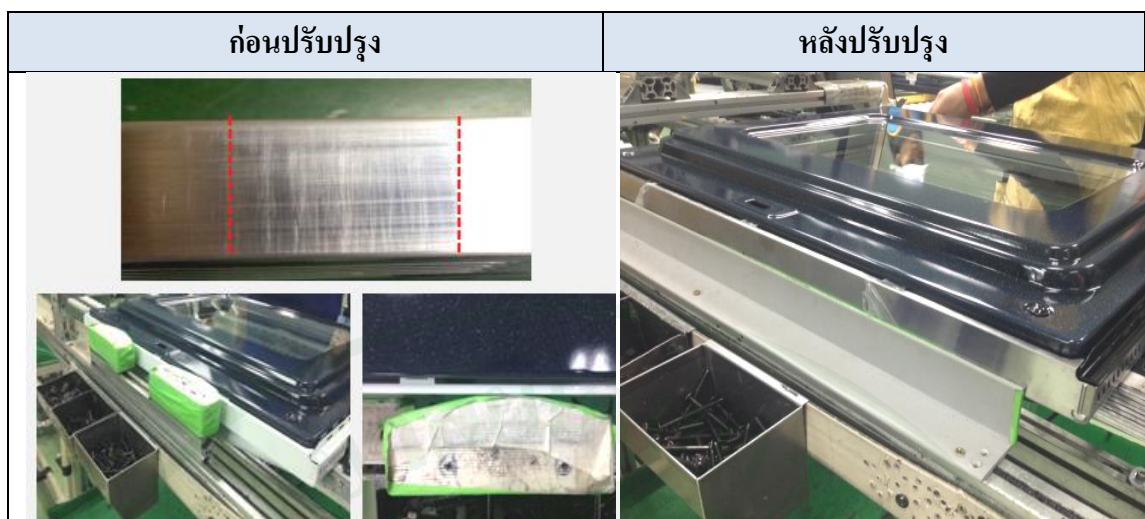
ภาพที่ 42 การทำการปรับปรุงปัญหาช่องว่างกระจกกับ โครงสแตนเลสโดยการเพิ่มความร้อน

จากปัญหาการเกิดช่องว่างระหว่างchassis และกระจกบริเวณด้านข้าง พบว่าในขั้นตอนการติดกระจกนั้นมีแรงกดของสปริงแต่ละด้านไม่เท่ากัน ทำให้ในแต่ละด้านของ chassis มีระนาบไม่เท่ากันจึงส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างchassis และ กระจก สาเหตุเกิดจากสปริงมีอายุการใช้งานที่นานมากทำให้เกิดการล้าและความเสียหายบนตัวสปริง จากนั้นจึงทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนสปริงทั้ง 4 ด้านเพื่อให้มีแรงกดเท่าๆกันโดยเลือกใช้สปริงเบอร์เดียวกันเพื่อให้มีค่า K สปริงเท่ากันทั้ง 4 ด้าน



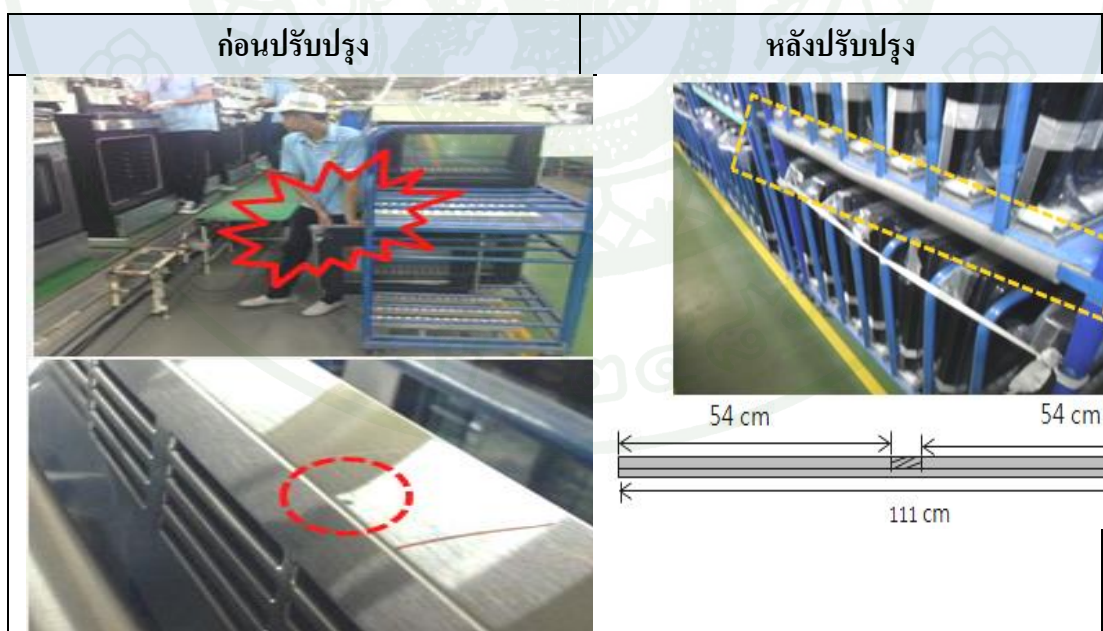
ภาพที่ 43 การทำการปรับปรุงปัญหาช่องว่างระหว่างกระจกกับโครงสแตนเลสโดยการเปลี่ยนสปริงกด

จากปัญหาการเกิดรอยขีดข่วนบน chassis ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตซึ่งสาเหตุมาจากการออกแบบตัวหยุดชิ้นงาน (Stopper) ในสายการผลิตซึ่งมีขนาดใหญ่และมีพื้นที่หน้าสัมผัสมากเกินไปจนทำให้การเกิดรอยขีดข่วนบนตัว Chassis ได้ง่าย จึงได้ทำการปรับปรุงตัวหยุดชิ้นงานขึ้นมาใหม่ให้มีพื้นที่หน้าสัมผัสน้อยลงแต่ยังสามารถหยุดชิ้นงานได้เหมือนเดิมและไม่เกิดรอยขีดข่วนบนตัวชิ้นงาน



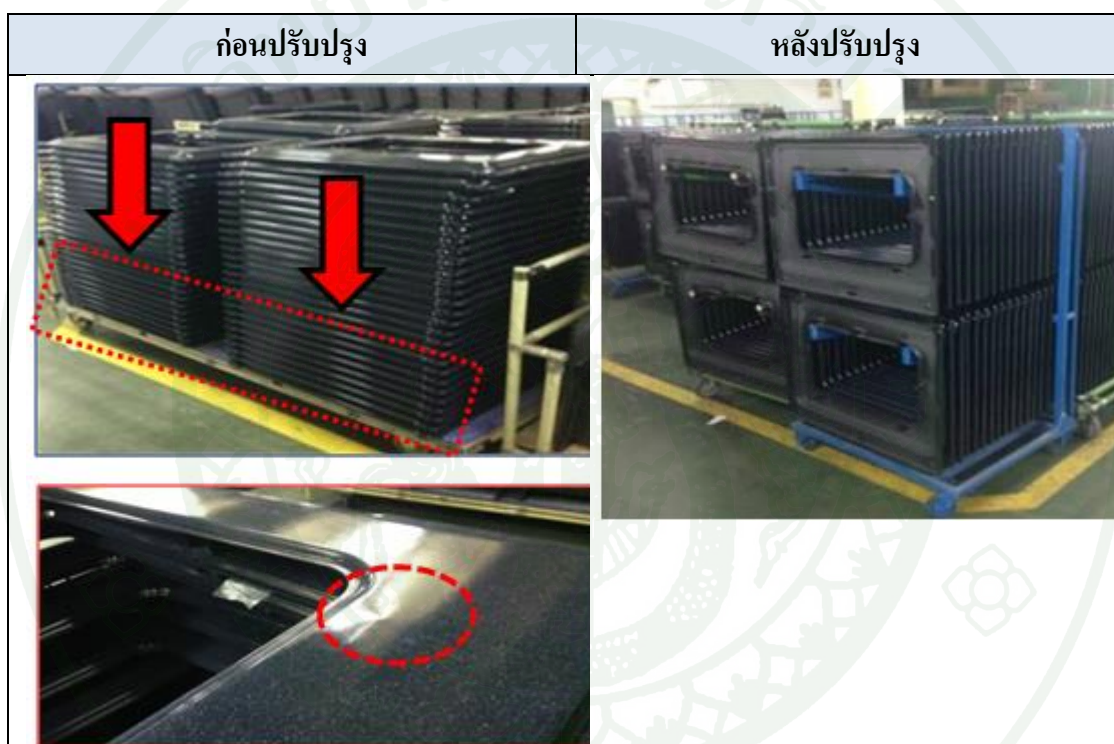
ภาพที่ 44 การทำการปรับปรุงการเปลี่ยนตัวยึด

จากปัญหาการเกิดรอยบุบบริเวณ chassis ด้านบนพบว่าเกิดจากการกระแทกในระหว่างการขนส่งและการนำ Assy Door ออกจากรถขนส่งเพื่อนำมาประกอบ จุดที่เกิดการกระแทกจะอยู่บริเวณคานรถซึ่งสอดคล้องกับรอยบุบด้านบนของ Chassis จึงทำการปรับปรุงโดยการหุ้มฟองน้ำที่บริเวณคานรถด้านบนเพื่อป้องกันการเกิดการกระแทกระหว่าง Assy Door และคานรถ



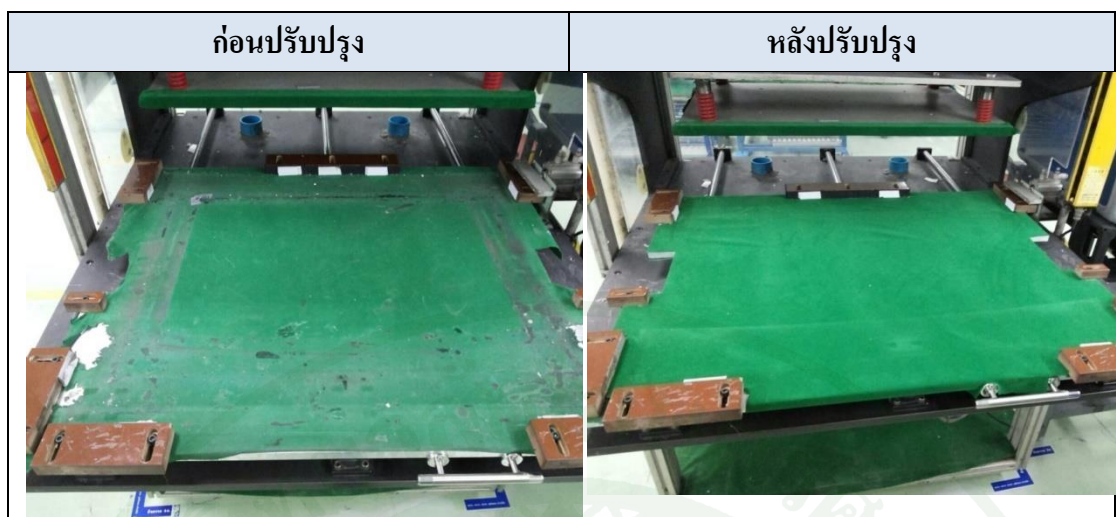
ภาพที่ 45 การทำการปรับปรุงการเพิ่มขอบป้องกันรอย

จากปัญหาการเกิดรอยยุบและการงอของชิ้นงาน พบว่าสาเหตุเกิดจากการวางชิ้นงานซ้อนกันเป็นจำนวนมากทำให้ชิ้นงานที่อยู่ชั้นล่างต้องรับน้ำหนักเป็นจำนวนมากจึงส่งผลให้ชิ้นงานในชั้นล่างเกิดรอยยุบและงอ อีกทั้งขณะชิ้นงานผ่านการอบสีมาใหม่ยังมีความร้อนเหลืออยู่บนตัวชิ้นงานทำให้ชิ้นงานสามารถเสียรูปได้ง่าย จึงทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนวิธีการจัดเก็บชิ้นงาน ซึ่งจากเดิมทำการจัดเก็บชิ้นงานในแนวนอนแล้วซ้อนเป็นชั้นขึ้นไปเรื่อยๆบนรถใส่ชิ้นงาน วิธีการจัดเก็บแบบใหม่ทำการออกแบบรถบรรทุกชิ้นงานเพื่อไม่ให้เกิดการเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆขึ้นไปทำให้ชิ้นงานไม่เกิดการเสียรูป



ภาพที่ 46 การทำการปรับปรุงการเปลี่ยนวิธีการวางชิ้นงาน

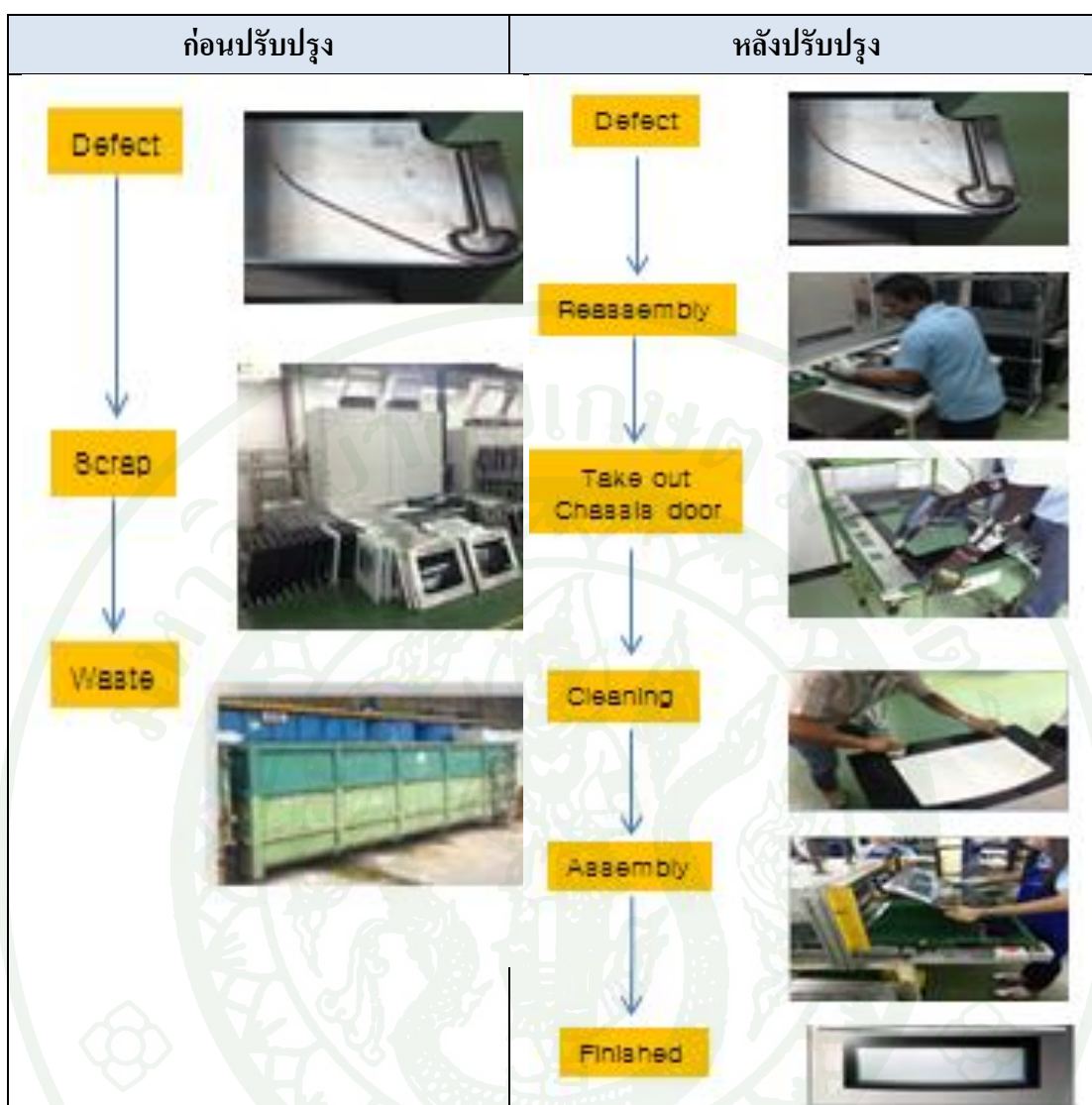
จากปัญหาการเกิดรอยยุบบนผิวชิ้นงานบริเวณด้านหน้า พบว่าสาเหตุเกิดจากโต๊ะสำหรับการเตรียมประกอบชิ้นงานเกิดการชำรุดทำให้ชิ้นงานที่สัมผัสกับโต๊ะนั้นเกิดความเสียหายด้วย จึงทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนโต๊ะสำหรับการเตรียมประกอบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาการเกิดรอยยุบบนผิวชิ้นงานบริเวณด้านหน้า



ภาพที่ 47 การทำการปรับปรุงโต๊ะประกอบชิ้นงาน

4.2.2 การนำ ของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse)

ส่วนที่ สอง การนำของเสียกลับมาใช้ (Reuse) โดยการนำเอาชิ้นงานเสียก่อน
ทิ้งมาซ่อมและนำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่ง ได้นำแนวความคิดนี้มาจากการ ทำกิจกรรม P-3M และ การ
เสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงานทำให้สามารถ ลดต้นทุนของเสีย ลงได้โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 48 การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในส่วนของประตู

จากการทำกิจกรรมการนำ ของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) โดยการรื้อแล้วประกอบประตูใหม่ทำให้จากก่อนปรับปรุงสแตนเลสที่ประตูเป็นรอยทั้งตัว ทั้งหมด หลังการปรับปรุงนำประตูมารื้อแล้วประกอบใหม่ทำให้ทั้งของเสียเฉพาะส่วนสแตนเลสอย่างเดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายของเสียลดลงและ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลง

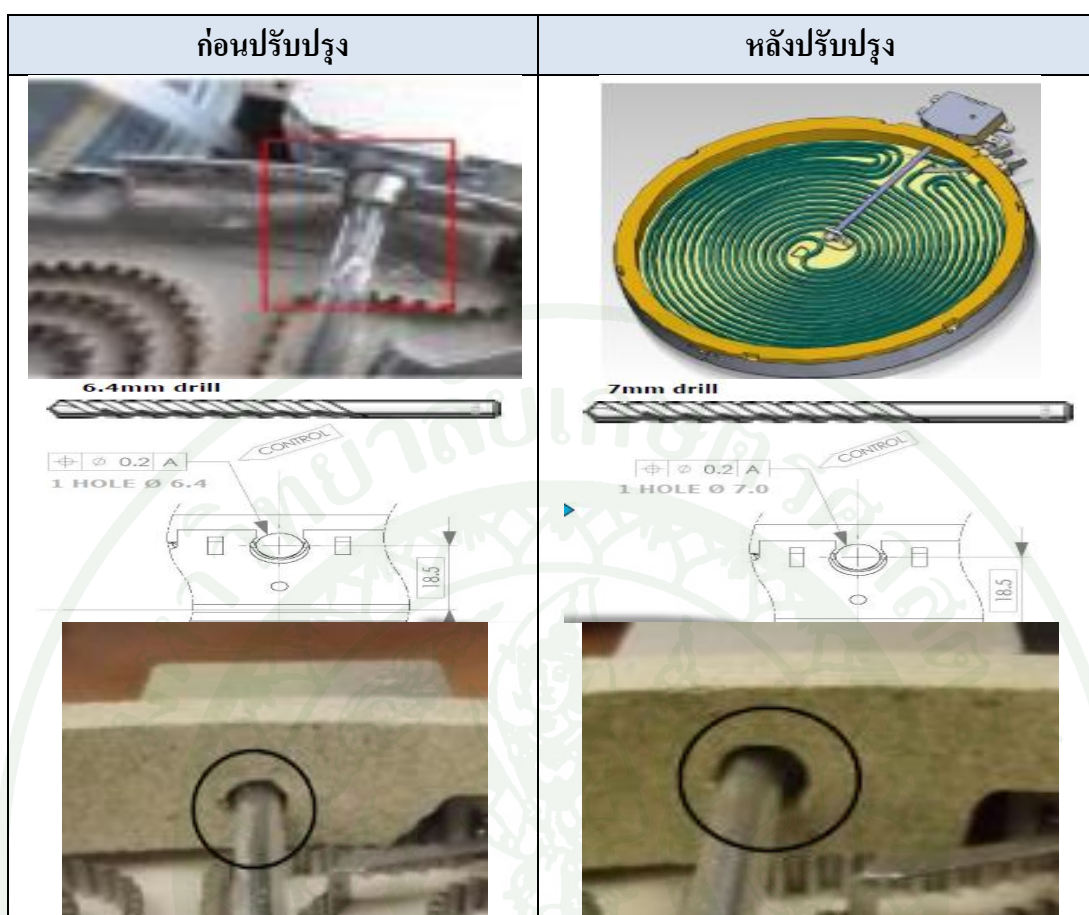


ภาพที่ 49 การนำของเสียทิ้ง และนำ ของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในส่วนของประตู

4.3 การจัดการผลิตภาพสีเขียวเพื่อลดชิ้นงาน Heater Radian เสีย (Green productivity for reduce heater radian defective)

การจัดการผลิตภาพสีเขียวในส่วนของเสียที่มากที่สุดอันดับที่สาม คือ heater radian ซึ่งมีปัญหาที่มากที่สุดคือ หลอดเซนเซอร์แตก และ ตัวโครงผงเตาแตก

4.3.1 การลดของเสีย (Reduce defect) โดยใช้หลักการทำกิจกรรม P-3M และ การเสนอแนะข้อคิดเห็นจากพนักงานทำให้สามารถลดต้นทุนของเสียลงได้



ภาพที่ 50 การปรับปรุงคุณภาพแก้ไขปัญหจากการออกแบบร่วมกับ ผู้ส่งมอบ

การประยุกต์ใช้ SCM ในการปฏิบัติตามแนวคิด GP มุ่งสร้างความตระหนักถึงการประหยัดหรือลดการใช้ทรัพยากรตลอดห่วงโซ่อุปทาน การร่วมมือกันในการจัดการตลอดห่วงโซ่อุปทานอาศัยความร่วมมือจากผู้จัดส่งซึ่ง ใช้วิธีปรับเปลี่ยนการบรรจุ ไม่ให้สามารถ ทับซ้อนกล่องป้องกันปัญหาแตก



ภาพที่ 51 การปรับปรุงวิธีการบรรจุภัณฑ์ ร่วมกับ ผู้ส่งมอบ

นอกจากนี้ได้ทำการปรับปรุงในส่วนของ รถจัดเก็บให้เป็นระเบียบไม่ให้เกิดการกระแทกของ Heater Radian ขณะขนส่ง



ภาพที่ 52 การปรับปรุงรถเข็นและรถเก็บชิ้นส่วน

4.4 การวิจัยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะรวมถึงการพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานแล้ว เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการร่วมพิจารณากิจกรรมอื่นๆ ตั้งแต่เกิดจนตายของแต่ละผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) เหล่านี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์และรับทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง

งานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการประเมินแบบ IPCC 2007 GWP 100a ซึ่ง IPCC หรือ Intergovernmental Panel on Climate Change (คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) ซึ่งทำการกำหนด ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อนประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์

ตัวอย่าง เช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น

งานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 3 ชั้นส่วนด้วยกันคือ ส่วนของ Frame cook top , ส่วนของ Assy Door และ ในส่วนของ Heater Radian

1	 (Frame cook top)	Scope : Frame cook top / Ass'y - Door Program : Sima Pro LCA : Cradle to Gate Calculate : Global Warming
2	 (Assy door)	Method : IPCC 2007 GWP 100a Unit : Component & Product > Kg/Ea. Electricity > Kwh/Ea. Remark : No transportation loss.
3		Remark : Manual calculation.

ภาพที่ 53 ชั้นส่วนของการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4.4.1 ส่วน ของ Frame cook top โดย การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ซึ่งงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

- การกำหนดเป้าหมาย

ในส่วนของ Frame cook top เป็นการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานไปจนถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุจัดทำขึ้นเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการปรับปรุงชิ้นส่วน และกระบวนการผลิต เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

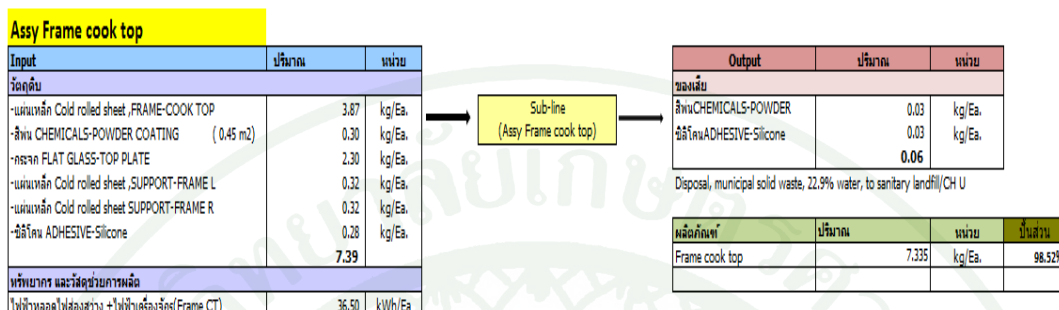
- การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

โดยทำการหาข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบของชิ้นส่วนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยการคิดคำนวณออกมาเป็นกิโลกรัมต่อหน่วย ดังภาพที่ 56

Description / Spec	Quantity	Unit	Picture
FRAME COOKTOP	1.0	PC	
FRAME-COOK TOP;SPP,T0.8,cold rolled sheet	3.87	kg	
CHEMICALS-POWDER BLACK;;COOKTOP COATING	0.3	kg	
ADHESIVE-Silicone ;QS9114,BRN,Non-flowability,EXCELENT HEAT RESIST	0.28	kg	
GLASS-TOP PLATE;;GLASS,	2.3	kg	
SUPPORT-FRAME R;;cold rolled sheet	0.32	kg	
SUPPORT-FRAME L;CR-S,cold rolled sheet	0.32	kg	
	7.39	kg	

ภาพที่ 54 ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบของ Frame cook top

- ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA) จากข้อมูลที่ทำกรหาข้อมูลเพื่อศึกษา ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของระบบทั้งหมด



ภาพที่ 55 ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของ Frame cook top line

1) จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำมากรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro

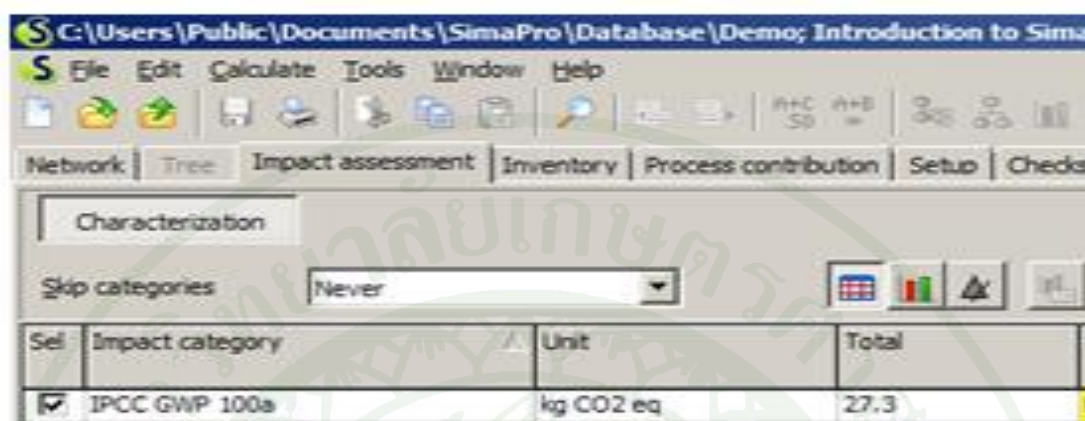
S:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Demo: Introduction to Simapro 7 - [Edit material process 'Frame cook top']

Documentation | Input/output | Parameters | System description |

(Insert line here)						
Known outputs to technosphere, Avoided products	Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Inputs						
Known inputs from nature (resources)						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Known inputs from technosphere (materials/fuels)						
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	
Cold rolled sheet, steel, at plant/RNA	3.87	kg	Undefined			
Powder coating, steel/RER S	0.45	m2	Undefined			
Flat glass, uncoated, at plant/RER U	2.3	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/RNA	0.32	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/RNA	0.32	kg	Undefined			
silicone	0.28	kg	Undefined			
(Insert line here)						
Known inputs from technosphere (electricity/heat)						
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Electrical	36.5	kWh	Undefined			
(Insert line here)						
Outputs						
Emissions to air						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Emissions to water						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Emissions to soil						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Final waste flows						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Non material emissions						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Social issues						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Economic issues						
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max
(Insert line here)						
Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment						
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0.06	kg	Undefined			
(Insert line here)						

ภาพที่ 56 กรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

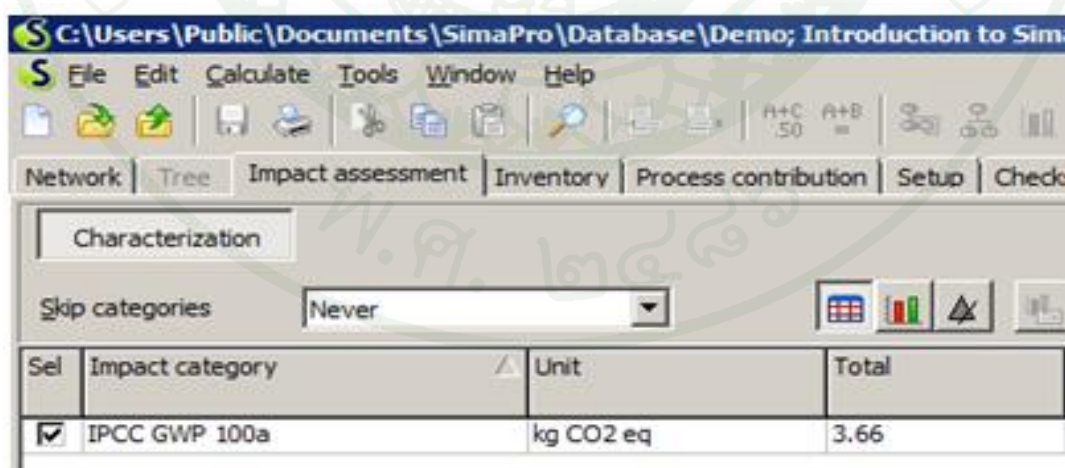
ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Frame cook top ต่อหนึ่งตัว คือ $27.3 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$



Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	27.3

ภาพที่ 57 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro

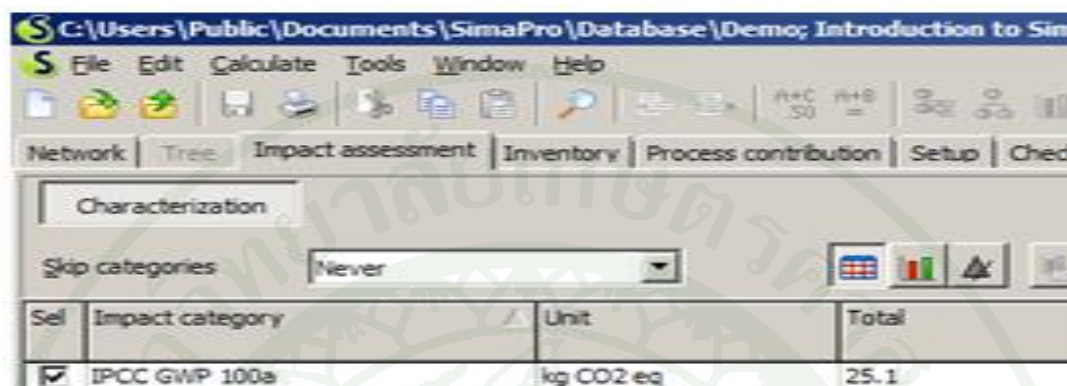
สำหรับในส่วนที่เป็นของเสีย ในแต่ละเดือน ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Frame cook top ต่อหนึ่งตัว คือ $3.66 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$



Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	3.66

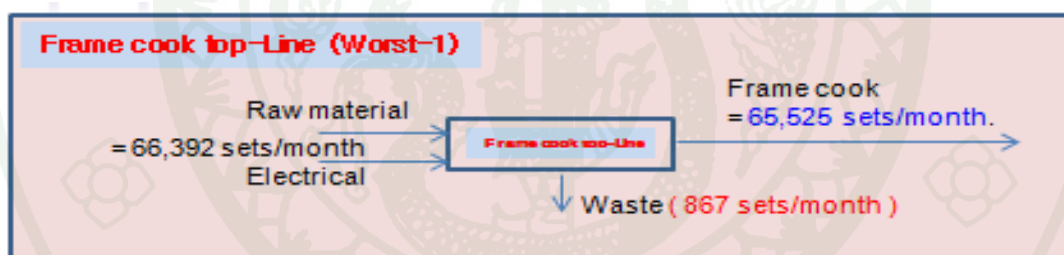
ภาพที่ 58 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นของเสีย

สำหรับในส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่ ในแต่ละเดือน ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Frame cook top ต่อหนึ่งตัว คือ $25.1 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$



Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	25.1

ภาพที่ 59 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 60 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลก่อนการปรับปรุง)

ข้อมูลก่อนการปรับปรุงเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
คำนวณ หาค่า $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ ได้ดังนี้

ส่วนที่เป็น ยอดผลิต ขาเข้า

$$\text{Frame 1 EA} = 27.3 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการผลิต} = 66,392 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = $27.3 \times 66,392 = 1,812,502 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$

ส่วนที่เป็น ของเสีย (ทิ้งของลงในถังกำจัด)

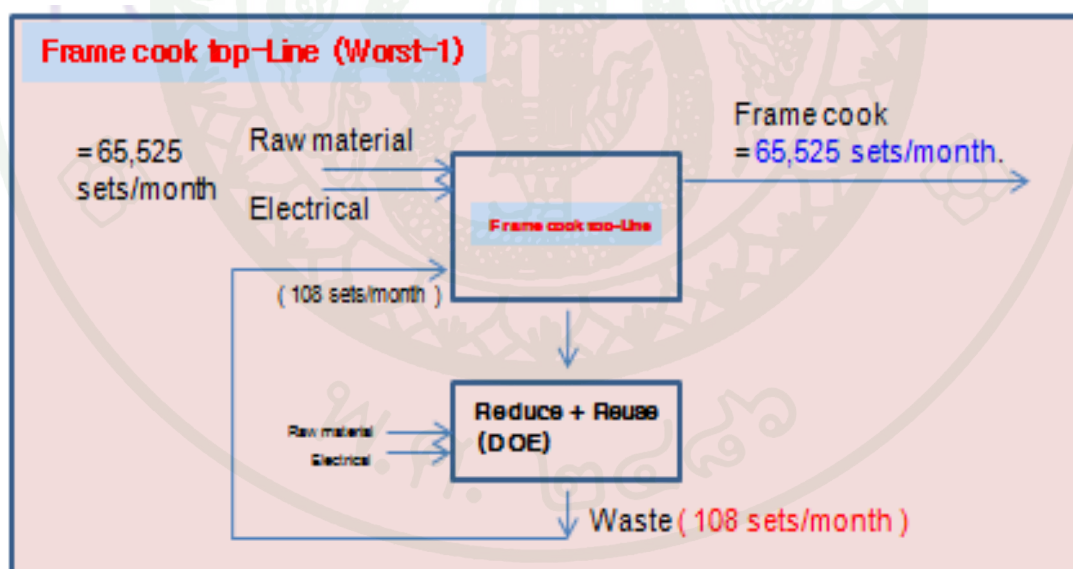
$$\text{Frame 1 EA} = 3.66 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

ยอดของเสีย = 867 ชิ้นต่อเดือน

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = $3.66 \times 867 = 3,173 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$

สรุปก่อนการปรับปรุง

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = $1,812,502 + 3,173 = 1,815,675 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$



ภาพที่ 61 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)

ข้อมูลหลังการปรับปรุงเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
คำนวณ หาค่า $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ ได้ดังนี้ ,

ส่วนที่เป็น ยอดผลิต ขาเข้า หลังการปรับปรุง

$$\text{Frame 1 EA} = 27.3 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการผลิต} = 65,525 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 27.3 \times 65,525 = 1,788,833 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

ส่วนที่เป็น การนำกลับมาใช้ใหม่

$$\text{Frame 1 EA} = 25.1 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการนำกลับมาใช้ใหม่} = 108 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 25.1 \times 108 = 2,711 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปหลังการปรับปรุง

$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 1,788,833 + 2,711 = 1,791,543 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปข้อมูล

$$= \text{ก่อนการปรับปรุง } (1,815,675 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}) - (1,791,543 \text{ kgCO}_{2\text{eq}})$$

$$= 24,131 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

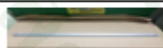
สรุปได้ว่า หลัจากลดของเสีย Frame cook top แดก ในสายการผลิต โดยใช้วิธีการ
ออกแบบการทดลองและจาก การทำกิจกรรม P-3M และ กิจกรรมข้อเสนอแนะ ทำให้สามารถลด
ของเสียและสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ทำให้ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
เทียบเท่า ลดลง 24,131 kgCO_{2eq} ต่อเดือน

4.4.2 ส่วน ของ Assy Door โดย การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ซึ่งงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้าน สิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

- การกำหนดเป้าหมาย

ในส่วน ของ Assy Door เป็นการกำหนดขอบเขตแบบ Cradle to Gate จะ เริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ไปจนถึงการผลิต ผลิตภัณฑ์ในโรงงาน โดยไม่รวมผลกระทบในช่วงการใช้งานและการทำลายซากเมื่อหมดอายุ จัดทำขึ้นเพื่อ ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการปรับปรุงชิ้นส่วน และกระบวนการผลิต เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

- การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดย ทำการหาข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึง วัตถุดิบ ของชิ้นส่วนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยการคิดคำนวณออกมาเป็นกิโลกรัม ต่อหน่วย ได้ดัง ภาพที่ 64

Description / Spec	Quantity	Unit	Picture
ASSY DOOR	1	PC	
FRAME-INNER GLASS,GI-SGCC,T0.25,W61.3,L1200,	0.76	kg	
GLASS-INNER, GLASS,4.0,526,341,EGP,CLEAR	1.5	kg	
GLASS-INNER SUB ,GLASS,3.2,W565.5,L361,CLEAR	1.5	kg	
GLASS-OUTER, GLASS,T3.2,W749.6,L557.2,SMOG	3.34	kg	
BRACKET-INNER GLASS,GI-SGCC,T0.5,W400,L57,Separation type	0.35	kg	
ADIABATIC-DOOR TOP;F*,GLASS WOOL,T38,650,100,TRS-40	0.25	kg	
COVER-FRAME INNER GLASS,GI-SGCC,T0.25,W61.3,L530	0.55	kg	
ASSY DOOR E-WELDING,SPP T0.8,WELDING	2.18	kg	
CHEMICALS-POWDER PYRO;BLUE,POWDER,PYROLYTIC,2.2~2.3	0.19	kg	
ADHESIVE-SiLicone;SEALANT OK,TRP,Non-Acetic	0.05	kg	
TRIM-DOOR,Epoxy Black Coating	2.18	kg	
POWDER-EPOXY(TRIM);H-BK0605-S9,Poliester Resin	0.19	kg	
CHASSIS DOOR;BIG-DOOR	1.3	kg	
HINGE;*,SPHC,T1.6,POONGWON	2.4	kg	
HANDLE-AL AL6063,REAL STSS,HAIRLINE	0.34	kg	
	17.08	kg	

ภาพที่ 62 ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบ ของ Assy Door

- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA)จากข้อมูลที่ทำการศึกษา ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของระบบทั้งหมด

Assy Door						
Input	ปริมาณ	หน่วย				
วัตถุดิบ						
-แผ่นเหล็กFRAME-INNER GLASS	0.76	kg/Ea.	Sub-line (Assy Door)			
-กระจกGLASS-INNER	1.50	kg/Ea.				
-กระจกGLASS-INNER SUB	1.50	kg/Ea.				
-กระจกGLASS-OUTER	3.34	kg/Ea.				
-แผ่นเหล็กBRACKET-INNER GLASS	0.35	kg/Ea.				
-แผ่นเหล็กCOVER-FRAME INNER GLASS	0.55	kg/Ea.				
-Textile Adiabatic	0.25	kg/Ea.				
-แผ่นเหล็กASSY DOOR E-WELDING	2.18	kg/Ea.				
-สีผง CHEMICALS-POWDER COATING (0.45 m2)	0.19	kg/Ea.				
-ซิลิโคน ADHESIVE-Silicone	0.05	kg/Ea.				
-แผ่นเหล็กTRIM-DOOR	2.18	kg/Ea.				
-สีผง POWDER-EPOXY (0.45 m2)	0.19	kg/Ea.				
-สแตนเลส CHASSIS DOOR	1.30	kg/Ea.				
-เหล็กสแตน ASSY HINGE	2.40	kg/Ea.				
-เหล็กสแตน HANDLE	0.34	kg/Ea.				
	17.08					
ทรัพยากร และวัสดุช่วยการผลิต						
ไฟฟ้าหลอดไฟส่องสว่าง * ไฟฟ้าเชื่อมจิก (DOOR E welding)	36.50	kWh/Ea				
ไฟฟ้าหลอดไฟส่องสว่าง * ไฟฟ้าเชื่อมจิก (TRIM DOOR)	6.50	kWh/Ea				
ไฟฟ้าหลอดไฟส่องสว่าง * ไฟฟ้าเชื่อมจิก (Sub-DOOR)	0.288	kWh/Ea				

ภาพที่ 63 ปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกของ Assy Door

1) จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำมากรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro

C:\Documents and Settings\WU Users\Documents\SimaPro\Database\Demo; Introduction to SimaPro 7 [Edit material process 'Assy Door']

Documentation | Input/output | Parameters | System description

Products

Known outputs to technosphere. Products and co-products

Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
Assy Door	17.04	kg	Mass	100 %	not defined	Agricultural	
(Insert line here)							

Known outputs to technosphere. Avoided products

Name	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)						

Inputs

Known inputs from nature (resources)

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Known inputs from technosphere (materials/fuels)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
Aluminum sheet, primary prod., prod. mix, aluminum semi-fin	0.76	kg	Undefined			
Flat glass, uncoated, at plant/PER S	1.5	kg	Undefined			
Flat glass, uncoated, at plant/PER S	1.5	kg	Undefined			
Glass, coating	3.34	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/PER S	0.35	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/PER S	0.55	kg	Undefined			
Nylon 6 + 30% glass fibre E	0.25	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/PER S	2.18	kg	Undefined			
Powder coating, steel/PER S	0.45	m2	Undefined			
silicone	0.05	kg	Undefined			
Cold rolled sheet, steel, at plant/PER S	2.18	kg	Undefined			
Powder coating, steel/PER S	0.45	m2	Undefined			
Stainless steel hot rolled coil, annealed & pickled, elec. arc fur	1.3	kg	Undefined			
Iron and steel, production mix/US	2.4	kg	Undefined			
Steel, low-alloyed, at plant/PER S	0.34	kg	Undefined			
(Insert line here)						

Known inputs from technosphere (electricity/heat)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
Electrical	36.5	kwh	Undefined			
Electrical	6.5	kwh	Undefined			
Electrical	0.288	kwh	Undefined			
(Insert line here)						

Outputs

Emissions to air

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Emissions to water

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Emissions to soil

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Final waste flows

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Non material emissions

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Social issues

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Economic issues

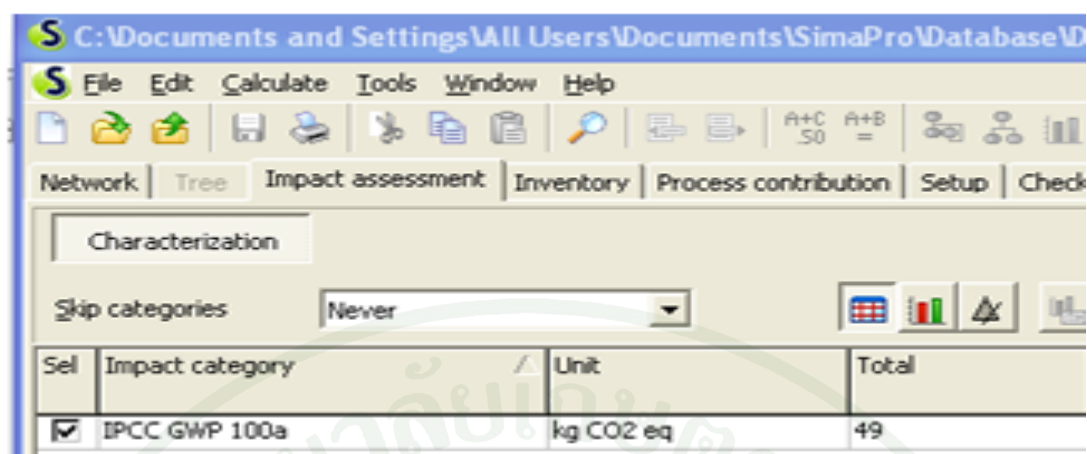
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment

Name	Amount	Unit	Distribution	SD ⁺ 2 or 2 ⁺ SDMin	Max	Comment
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landf/CHU	0.04	kg	Undefined			
(Insert line here)						

ภาพที่ 64 กรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

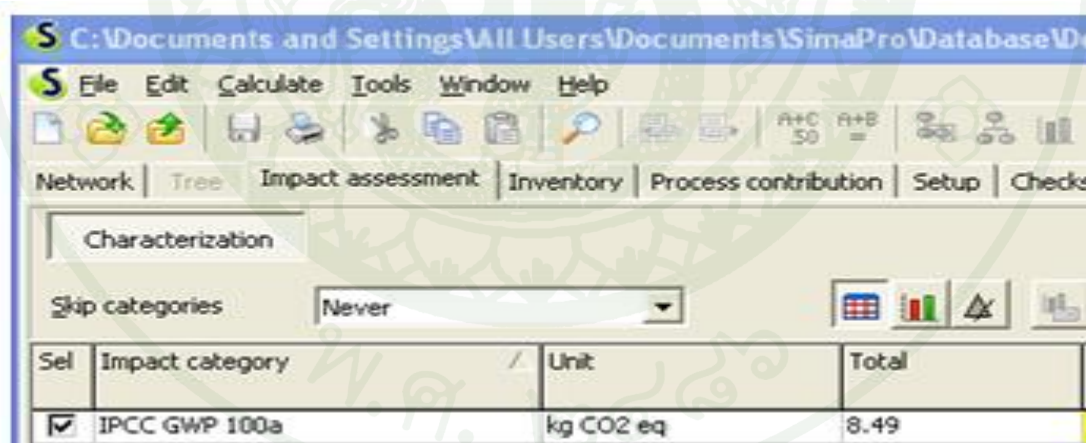
ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Assy Door ต่อหนึ่งตัว คือ 49 kgCO_{2eq}



Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	49

ภาพที่ 65 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro

สำหรับในส่วนที่เป็นของเสีย ในแต่ละเดือน ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Assy Door ต่อหนึ่งตัว คือ 8.49 kgCO_{2eq}



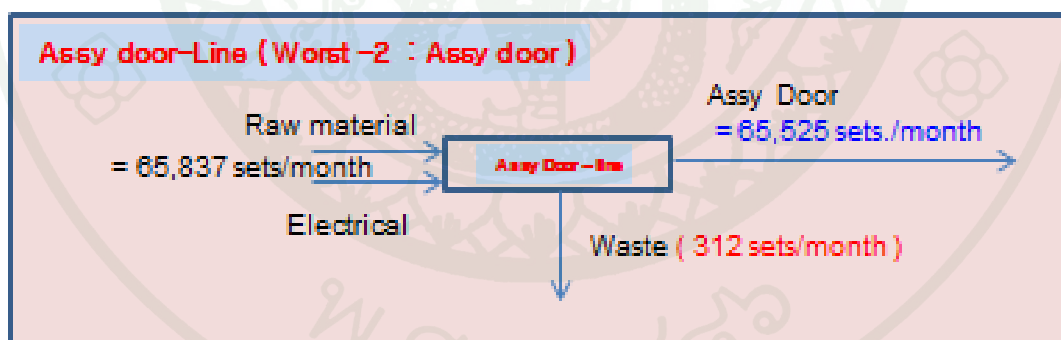
Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	8.49

ภาพที่ 66 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นของเสีย

สำหรับในส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่ ในแต่ละเดือน ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ได้ค่า Assy Door ต่อหนึ่งตัว คือ $5.55 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$

Sel	Impact category	Unit	Total
☒	IPCC GWP 100a	kg CO2 eq	5.55

ภาพที่ 67 ผลที่ได้จากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้โปรแกรม SimaPro ส่วนที่เป็นงานนำกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 69 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(ข้อมูลก่อนการปรับปรุง)

ข้อมูลก่อนการปรับปรุงเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
คำนวณ หาค่า $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ ได้ดังนี้ ,

ส่วนที่เป็น ยอดผลิต ขาเข้า

$$\text{Assy Door 1 EA} = 49 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการผลิต} = 65,837 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 49 \times 65,837$$

$$= 3,226,013 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

ส่วนที่เป็น ของเสีย (ทิ้งของลงในถังกำจัด)

$$\text{Assy Door 1 EA} = 8.49 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดของเสียก่อนปรับปรุง} = 312 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

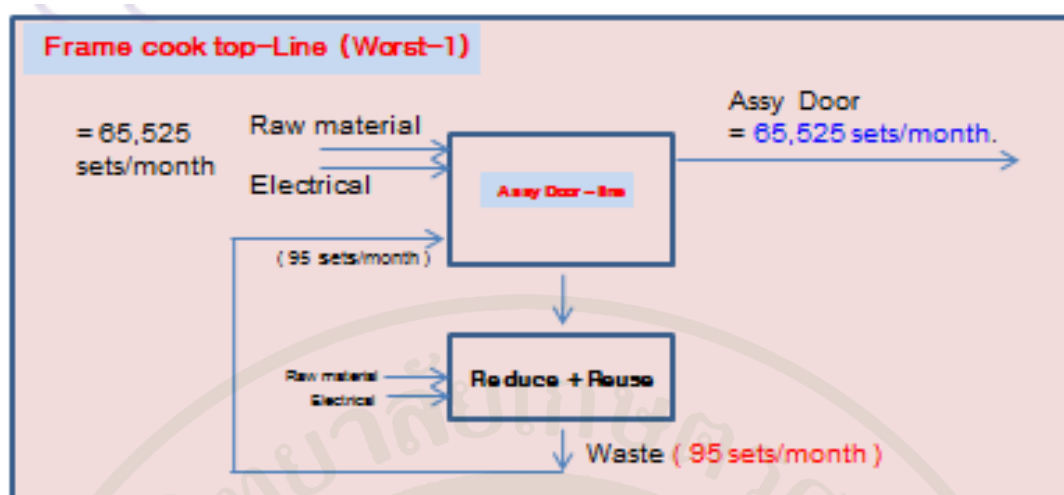
$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 8.49 \times 312$$

$$= 2,649 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปก่อนการปรับปรุง

$$\text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = 3,226,013 + 2,649$$

$$= 3,228,662 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$



ภาพที่ 69 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)

ข้อมูลหลังการปรับปรุงเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
คำนวณ หาค่า $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ ได้ดังนี้ ,

ส่วนที่เป็น ยอดผลิต ขาเข้า

$$\text{Assy Door 1 EA} = 49 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการผลิต} = 65,525 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

$$\begin{aligned} \text{การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} &= 49 \times 65,525 \\ &= 3,210,725 \text{ kgCO}_{2\text{eq}} \end{aligned}$$

ส่วนที่เป็น การนำกลับมาใช้ใหม่

$$\text{Assy Door 1 EA} = 5.55 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{ยอดการนำกลับมาใช้ใหม่} = 95 \text{ ชิ้นต่อเดือน}$$

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = 5.55×95

$$= 527 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปหลังการปรับปรุง

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = $3,210,725 + 527$

$$= 3,211,252 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปข้อมูล

$$= \text{ก่อนการปรับปรุง } (3,228,662 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}) - (3,211,252 \text{ kgCO}_{2\text{eq}})$$

$$= 17,409 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$$

สรุปได้ว่า หลักจากลดของเสีย Assy Door ในสายการผลิต โดยใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้เครื่องมือด้านคุณภาพ เช่น Why Why analysis , การทำกิจกรรม P-3M และ กิจกรรม ข้อเสนอแนะ ทำให้สามารถลดของเสียและสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ทำให้ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ลดลง $17,409 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$ ต่อเดือน

4.4.3 ส่วน ของ Heater โดย การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554. เป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร คำนวณได้จากสูตร

$$\text{CO}_2 \text{ emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission Factor}$$

CO₂ emission คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ เป็นค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณหาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554 มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมโดย ทำการหาข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบของชิ้นส่วนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยการคิดคำนวณออกมาเป็นกิโลกรัม ต่อหน่วย ได้ดังภาพที่ 72

Description / Spec	Quantity	Unit	Picture
Heater Radian	1	PC	
-Steel plate	0.15	kg	
-Sensor	0.05	kg	
- Coil heater	0.005	kg	
-Wood Dust heater	0.154	kg	
	<u>0.359</u>	kg	

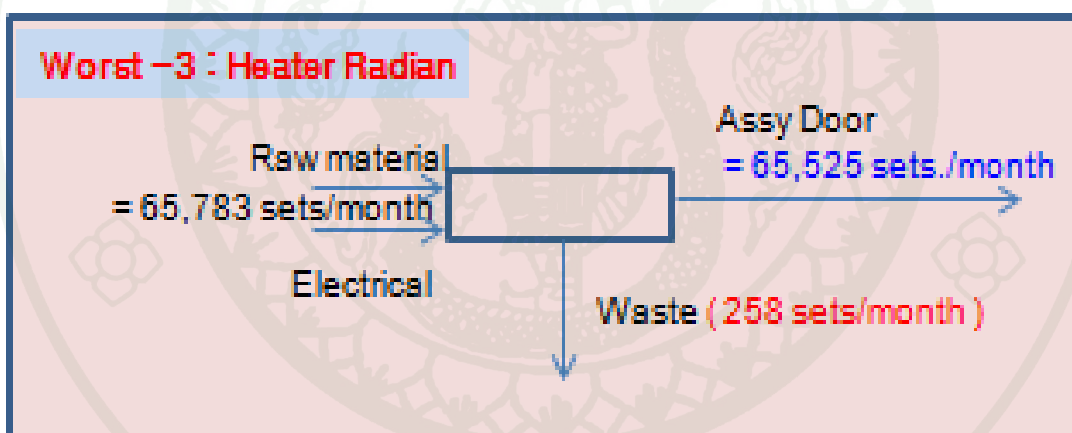
ภาพที่ 70 ข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัตถุดิบ ของ Heater Radian

2. จากนั้นทำการหาข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์การคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเทียบเท่า ซึ่งได้ข้อมูลตามตารางข้างล่างนี้

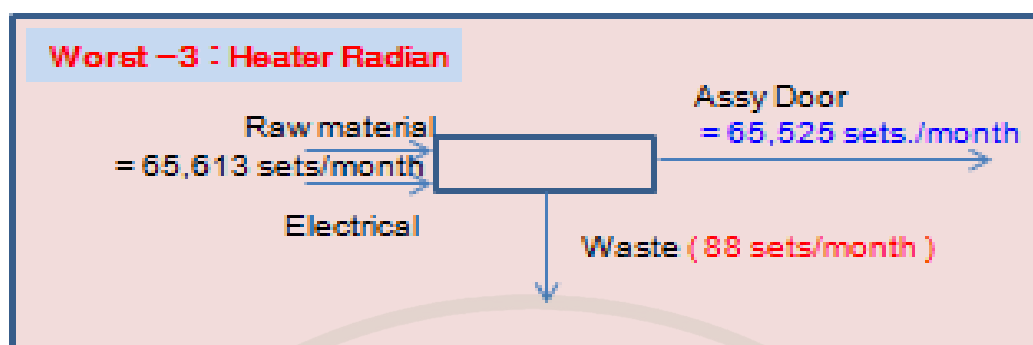
ตารางที่ 9 ตารางค่าสัมประสิทธิ์การคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
เทียบเท่า

ชนิด	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์ KgCO _{2eq} / หน่วย
แผ่นเหล็ก Stainless steel, plate	0.15 กก.	5.5358
เซนเซอร์	0.05 กก.	3.33
ขดลวดความร้อน Stainless steel, hot rolled strip)	0.005 กก.	5.18
ผงเตา Fiber glass	0.154 กก.	1.52
ไฟฟ้า	28.5 kWh / ชั่วโมง	0.60

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554)



ภาพที่ 71 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ข้อมูลก่อนปรับปรุง)
Heater Radian



ภาพที่ 72 การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(ข้อมูลหลังปรับปรุง)- Heater Radian

3. จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเทียบเท่า ซึ่งได้ข้อมูลตามภาพที่ 75

สรุปได้ว่า หลักจากลดของเสีย Heater Radain ในสายการผลิต โดยใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เครื่องมือด้านคุณภาพ เช่น Why Why analysis , การทำกิจกรรม P-3M และ กิจกรรมข้อเสนอแนะ ทำให้สามารถลดของเสีย ทำให้ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ลดลง 3113 kgCO_{2eq.} ต่อเดือน

ลำดับ	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย	ปัจจุบัน		ค่าเผื่อคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	(ต่อหน่วย) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	(ต่อเดือน) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หลังปรับปรุง		(ต่อเดือน) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
		ปริมาณ	หน่วยวัด				ปริมาณ	หน่วยวัด	
3	Heater Radian	258	ชิ้นเดือน				88	ชิ้นเดือน	
	ส่วนที่เป็น ยอคคิลิต ขาเข้า	65,525	ชิ้นต่อเดือน				65,525	ชิ้นต่อเดือน	
		65,783					65,613		
	-แผ่นเหล็กStainless steel, plate	0.150	กิโลกรัม/ชิ้น	5.5358	0.83	54,623.90			54,483.07
	-แขนเซอร์	0.050	กิโลกรัม/ชิ้น	3.33	0.17	10,952.80			10,924.56
	-ชุดลวดความร้อนStainless steel, hot rolled strip)	0.005	กิโลกรัม/ชิ้น	5.18	0.03	1,703.77			1,699.38
	-แผ่น Fiber glass	0.154	กิโลกรัม/ชิ้น	1.52	0.23	15,398.39			15,358.69
	ไฟฟ้าหลอดไฟส่องสว่าง -ไฟฟ้าเครื่องจักร	28.50	kw/ชิ้น	0.6	17.10	1,124,882.46			1,121,982.30
						1,207,561.32			1,204,448.00
						ลดลง			3,113

ภาพที่ 73 การคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)-Heater Radian

ลำดับ	ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์การวิจัย	ปัจจุบัน		หน่วยโคเคอร์ KgCO ₂ /หน่วย	(ต่อหน่วย)	(ต่อเนื่อง)	(ต่อไป)
		ปริมาณ	หน่วยวัด		ประมาณการผลิตต่อปีตามข้อมูลต้นทุนที่เสนอ	ประมาณการผลิตต่อปีตามข้อมูลที่เสนอ	ประมาณการผลิตต่อปีตามข้อมูลที่เสนอ
1	Frame cook top	ส่วนที่เป็น ออคิลิค ขาวดำ	66,392 ชิ้นต่อเดือน				
	-แผ่นเหล็ก Cold rolled sheet FRAME-COOK TOP	0.76 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-สีผิว CHEMICALS-POWDER COATING (0.45 m2)	0.30 กิโลกรัม/ชิ้น	2,119.2				
	-กระจก FLAT GLASS-TOP PLATE	2.30 กิโลกรัม/ชิ้น	2.65		27.3		
	-แผ่นเหล็ก Cold rolled sheet SUPPORT-FRAME L	0.32 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5		(ใช้โปรแกรม Simapro)	1,812,502	21,750,01
	-แผ่นเหล็ก Cold rolled sheet SUPPORT-FRAME R	0.32 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-ซิลิโคน ADHESIVE-Silicone	0.28 กิโลกรัม/ชิ้น	2.65				
	ไฟฟ้าเชื่อมให้สองช่วง - ไฟเป็นเครื่องจักร(Frame CD)	36.50 หน่วย/ชิ้น	0.6				
	ส่วนที่เป็น ออกของเลือ	867 ชิ้นต่อเดือน			3.66 (ใช้โปรแกรม Simapro)	3,173	38,079
	ส่วนที่เป็น Re-coating						
						1,815,675	21,788,098
2	Assy Door	ส่วนที่เป็น ออคิลิค ขาวดำ	65,837 ชิ้นต่อเดือน				
	-แผ่นเหล็กFRAME-INNER GLASS	0.76 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-กระจกGLASS-INNER SUB	1.50 กิโลกรัม/ชิ้น	1,187				
	-กระจกGLASS-DINNER SUB	1.50 กิโลกรัม/ชิ้น	1,187				
	-กระจกGLASS-OUTER	3.34 กิโลกรัม/ชิ้น	1,187				
	-แผ่นเหล็กBRACKET-INNER GLASS	0.35 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-แผ่นเหล็กCOVER-FRAME DINNER GLASS;	0.55 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-Textile Adisabatic	0.25 กิโลกรัม/ชิ้น	0.0000				
	-แผ่นเหล็กASSY DOOR E-WELDING	2.18 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5		49		
	-สีผิว CHEMICALS-POWDER COATING (0.45 m2)	0.19 กิโลกรัม/ชิ้น	2,119.2		(ใช้โปรแกรม Simapro)	3,226,013	38,712,156
	-ซิลิโคน ADHESIVE-Silicone	0.05 กิโลกรัม/ชิ้น	2.65				
	-แผ่นเหล็กTRIM-DOOR	2.18 กิโลกรัม/ชิ้น	2,449.5				
	-สีผิว POWDER-EPOXY (0.45 m2)	0.19 กิโลกรัม/ชิ้น	2,119.2				
	-แชนนิส CHASSIS DOOR	1.30 กิโลกรัม/ชิ้น	5,539.8				
	-เพล็ทกับ ASSY HINGE	2.40 กิโลกรัม/ชิ้น	1.76				
	-เพล็ทกับ HANDLE	0.34 กิโลกรัม/ชิ้น	1.76				
	ไฟฟ้าเชื่อมให้สองช่วง - ไฟเป็นเครื่องจักร(DOOR E welding)	36.50 หน่วย/ชิ้น	0.6				
	ไฟฟ้าเชื่อมให้สองช่วง - ไฟเป็นเครื่องจักร(TRIM DOOR)	6.50 หน่วย/ชิ้น	0.6				
	ไฟฟ้าเชื่อมให้สองช่วง - ไฟเป็นเครื่องจักร(Sub-DOOR)	0.29 หน่วย/ชิ้น	0.6				
	ส่วนที่เป็น ออกของเลือ	312 ชิ้นต่อเดือน			5.49 (ใช้โปรแกรม Simapro)	2,649	31,787
	ส่วนที่เป็น Re-coating						
						3,228,662	38,743,943
3	Heater Radian	258 ชิ้น เดือน					
	ส่วนที่เป็น ออคิลิค ขาวดำ	65,525 ชิ้นต่อเดือน					
	65,783						
	-แผ่นเหล็กStainless steel, plate แชนเซอร์	0.150 กิโลกรัม/ชิ้น	5,539.8	0.83		54,623.90	655487
	-ขดลวดความร้อนStainless steel, hot rolled strip) ทองแดง Fiber glass	0.050 กิโลกรัม/ชิ้น	3.33	0.17		10,952.80	131434
		0.005 กิโลกรัม/ชิ้น	5.18	0.03		1,703.77	20445
		0.154 กิโลกรัม/ชิ้น	1.52	0.23		15,398.39	184781
	ไฟฟ้าเชื่อมให้สองช่วง - ไฟเป็นเครื่องจักร	28.50 หน่วย/ชิ้น	0.6	17.10		1,124,882.46	13498590
						1,207,561.32	14499736
	รวม					6,251,898	75,022,777

หลังปรับปรุง		(ต่อหน้า)	(ต่อหน้า)	(ต่อหน้า)
ปริมาณ	หน่วยวัด	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
65,525	ชิ้นต่อเดือน			
3.87	กิโลกรัม ชิ้น			
0.30	กิโลกรัม ชิ้น			
2.30	กิโลกรัม ชิ้น			
0.32	กิโลกรัม ชิ้น	27.3	1,788,833	21,465,990
0.32	กิโลกรัม ชิ้น	(ใช้โปรแกรม SimaPro)		
0.28	กิโลกรัม ชิ้น			
36.50	แผง ชิ้น			
			-	-
108	ชิ้นต่อเดือน	25.1	2,711	32,530
		(ใช้โปรแกรม SimaPro)		
			1,791,543	21,498,520
	ลดลง		24,132	289,578
65,525	ชิ้นต่อเดือน			
0.76	กิโลกรัม ชิ้น			
1.50	กิโลกรัม ชิ้น			
1.50	กิโลกรัม ชิ้น			
3.34	กิโลกรัม ชิ้น			
0.35	กิโลกรัม ชิ้น			
0.55	กิโลกรัม ชิ้น			
0.25	กิโลกรัม ชิ้น			
2.18	กิโลกรัม ชิ้น			
0.19	กิโลกรัม ชิ้น	49	3,210,725	38,528,700
0.05	กิโลกรัม ชิ้น	(ใช้โปรแกรม SimaPro)		
2.18	กิโลกรัม ชิ้น			
0.19	กิโลกรัม ชิ้น			
1.30	กิโลกรัม ชิ้น			
2.40	กิโลกรัม ชิ้น			
0.34	กิโลกรัม ชิ้น			
36.50	แผง ชิ้น			
6.50	แผง ชิ้น			
0.29	แผง ชิ้น			
			-	-
95	ชิ้นต่อเดือน	5.55	527	6,327
		(ใช้โปรแกรม SimaPro)		
			3,211,252	38,535,027
	ลดลง		17,410	208,916
88	ชิ้น/เดือน			
65,525	ชิ้นต่อเดือน			
65,613				
			54,483.07	653,797
			10,924.56	131,095
			1,699.38	20,993
			15,358.69	18,4304
			1,121,952.30	13,463,788
			1,204,448.00	14,453,376
	ลดลง		3,113	37,360
			6,207,244	74,486,923
	ลดลง		44,654	535,885

ภาพที่ 74 ตารางสรุปการคำนวณการปลดปล่อยการคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ขั้นตอนที่ 5

5. การเฝ้าติดตามและทบทวนตรวจสอบ (Monitoring and Review)

1. สร้าง แผนการควบคุม, จัดทำมาตรฐานการทำงาน, ประชุม 1 ครั้งต่อสัปดาห์ตรวจสอบระบบหรือกิจกรรมที่สร้างขึ้น โดยทีมผู้บริหาร เพื่อปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยมีความถี่ 1 ครั้งต่อสัปดาห์



ภาพที่ 75 การจัดการประชุม 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อการเฝ้าติดตามและทบทวนตรวจสอบ

2. จัดทำ บอร์ด ควบคุมของเสียต่างๆเป็นการบันทึกของเสียรายวัน แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

จัดทำพื้นที่ตรวจสอบงานเสียที่เกิดขึ้น เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข เพื่อลดหรือหยุดของเสียไม่ให้เกิดซ้ำ โดยทุกหน่วยงานจะมาประชุมพร้อมกัน ในช่วงเช้า โดยผู้บริหารให้ความสำคัญ



ภาพที่ 76 จัดทำบอร์ดควบคุมของเสียต่างๆ เป็นการบันทึกของเสียรายวันแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น

3. ประชุมเรื่องของเสียที่ทิ้งในแต่ละวันให้กับ พนักงานและ เผยแพร่ความรู้เรื่องผลิตภาพสีเขียว



ภาพที่ 77 ภาพประชุมเรื่องของเสียที่ทิ้งในแต่ละวันให้กับ พนักงาน

ขั้นตอนที่ 6

6. การเสริมสร้างความยั่งยืนให้แก่การปฏิบัติตามแนวคิด GP (Sustaining GP)

จากกิจกรรมการจัดการผลิตภาพสีเขียว และ ใช้การบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs (Reduce ,Reuse ,Recycle) เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M ที่ได้กล่าวมาในตอนต้น ทำให้ได้ทราบที่มา ปัญหา ผลกระทบทั้งที่มีต่อต้นทุน สังคมและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการสร้างการปรับปรุง เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว หลังจากการทำกิจกรรมปรับปรุง ทำให้ องค์กรเห็นถึงผลที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรม ผู้บริหารจึงมีนโยบายให้ทำการขยายผลไปในทุกโซนหรือทุกสายการผลิตที่สามารถนำกิจกรรมดังกล่าวไปปฏิบัติได้คือ โซนโรงงาน อื่นๆ

อีกทั้งระบุประเด็นปัญหาใหม่ๆ เพื่อปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. การลดปัญหาด้านคุณภาพทุกชิ้นส่วนและ ปรับปรุงกระบวนการประกอบในห่วงโซ่อุปทาน
2. การปรับปรุงระบบการจัดการของเสียที่ ให้มีอัตราการใช้ ซ้ำได้ 100% ในทุกชิ้นส่วน
3. นำระบบการจัดซื้อสีเขียว (Green Purchasing) มาใช้ในองค์กรเพื่อนำไปปรับปรุงผู้ส่งมอบ (Supplier) และ ส่งเสริมการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียวต่อไป

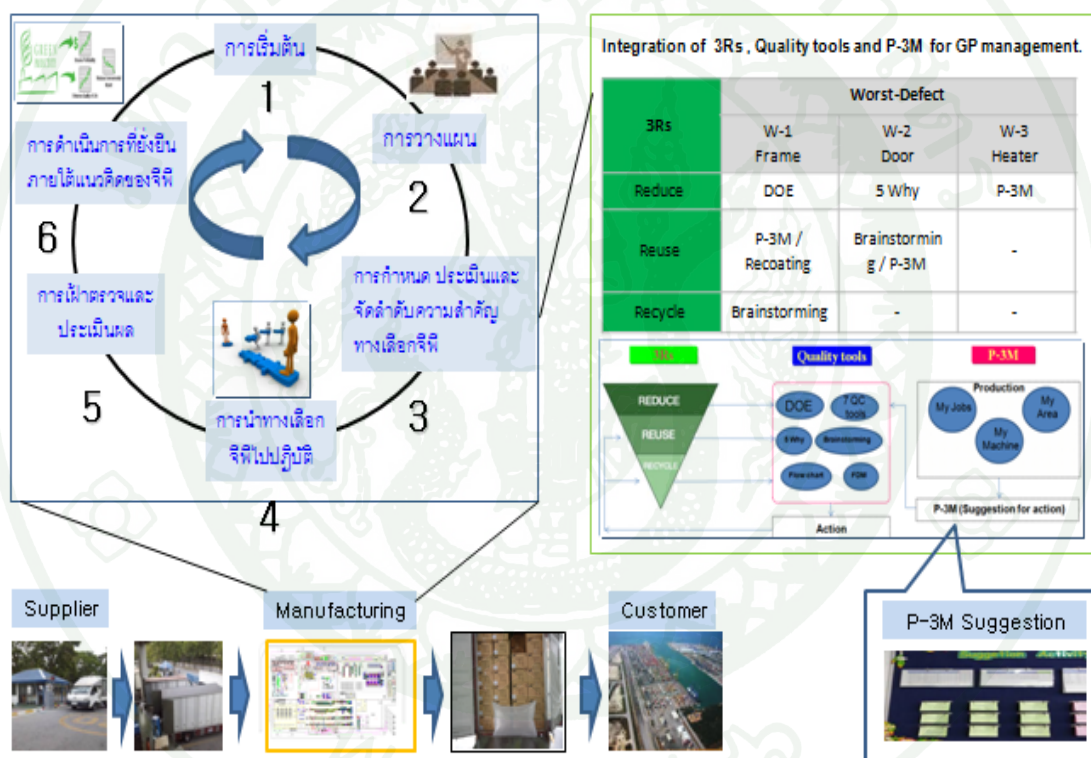
ทั้ง 4 ประเด็นปัญหาผู้บริหารได้กำหนดเป็นนโยบาย ผู้รับผิดชอบในปี 2557 เพื่อดำเนินการตามแนวทางเพิ่มผลิตภาพสีเขียวต่อไป

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น มีดังต่อไปนี้

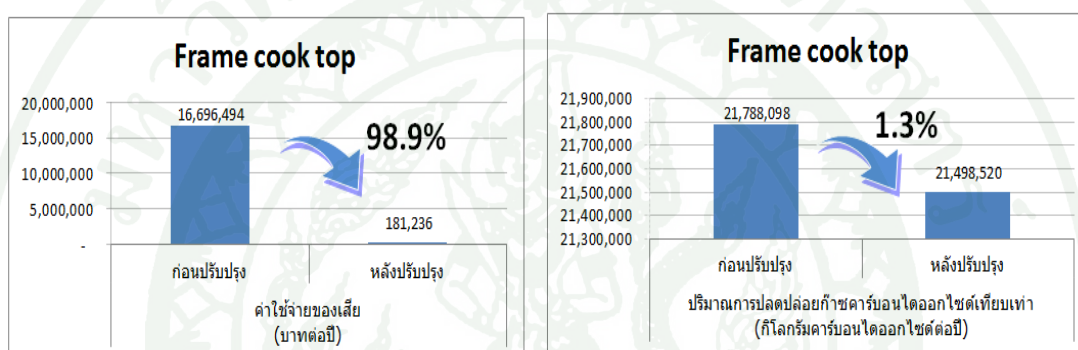
1. สามารถนำแนวคิด ผลิตภาพสีเขียว ไปจัดทำระบบผลิตภาพสีเขียวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อสู่การเป็นองค์กรแห่งความยั่งยืน (Sustainable)



ภาพที่ 78 การนำแนวคิด ผลิตภาพสีเขียว ไปจัดทำระบบผลิตภาพสีเขียวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า

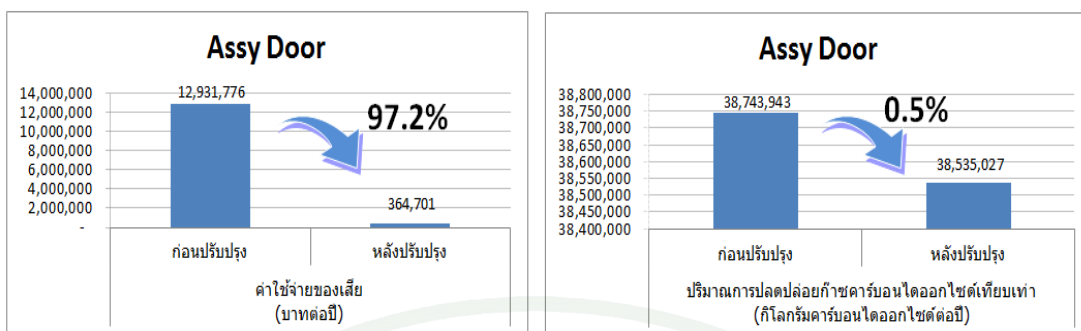
2. สามารถ วิเคราะห์ขั้นตอนการผลิต เพื่อหาแนวทางและวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโดยใช้เครื่องมือ ผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity, GP)

3. ผลการวิจัยจากการสร้างระบบการจัดการระบบผลิตภาพสีเขียว สำหรับการจัดการ การลดของเสียในส่วน of frame cook top และการนำ frame cook top เสียแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ พบว่า ลดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละประมาณ 16,515,258 บาทต่อปี ลดลง 98.9% อีกทั้งทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลง 289,578 kgCO_{2eq} ต่อปี ลดลง 1.3% ค่าใช้จ่ายลดลงอย่างมากเนื่องจากการใช้เทคนิคการบูรณาการเครื่องมือ 3Rs, เครื่องมือด้านคุณภาพ และหลักการ P-3M เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาของเสียต่างๆ และสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ แต่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลงไม่มากนักเนื่องจากชิ้นส่วนยังมีการใช้ทรัพยากรเพื่อใช้ในการผลิตและซ่อมแซมชิ้นส่วนที่เสีย



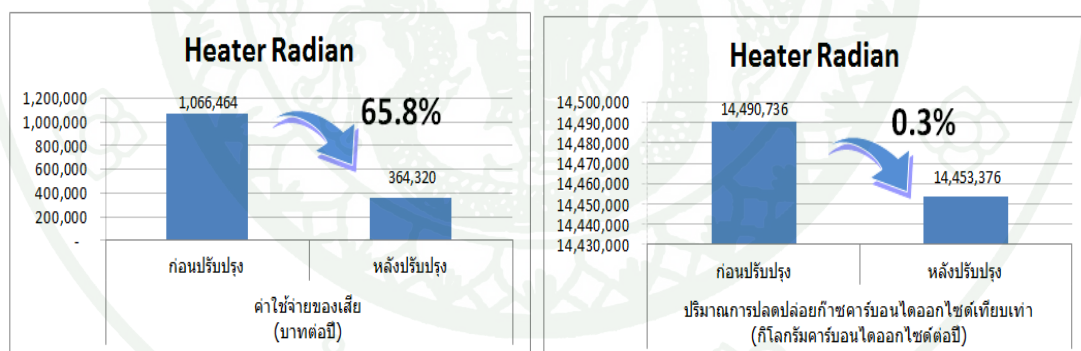
ภาพที่ 80 กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย (หน่วย : บาทต่อปี) และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)ในส่วน of Frame cook top.

4. ผลการวิจัยจากการสร้างระบบการจัดการระบบผลิตภาพสีเขียว สำหรับการจัดการ การลดของเสียในส่วน of Assy Door และการนำ Assy Door เสียแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ พบว่า ลดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละประมาณ 12,567,075 บาทต่อปี ลดลง 97.2% อีกทั้งทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลง 208,916 kgCO_{2eq} ต่อปี ลดลง 0.5%



ภาพที่ 81 กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย (หน่วย : บาทต่อปี) และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี) ในส่วนของ Assy-Door

5. ผลการวิจัยจากการสร้างระบบการจัดการระบบผลิตภาพสีเขียว สำหรับการจัดการ การลดของเสียในส่วนของ Heater Radian พบว่า ลดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละประมาณ 702,144 บาทต่อปี ลดลง 65.8% อีกทั้งทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลง 37,360 kgCO_{2eq} ต่อปี ลดลง 0.3%



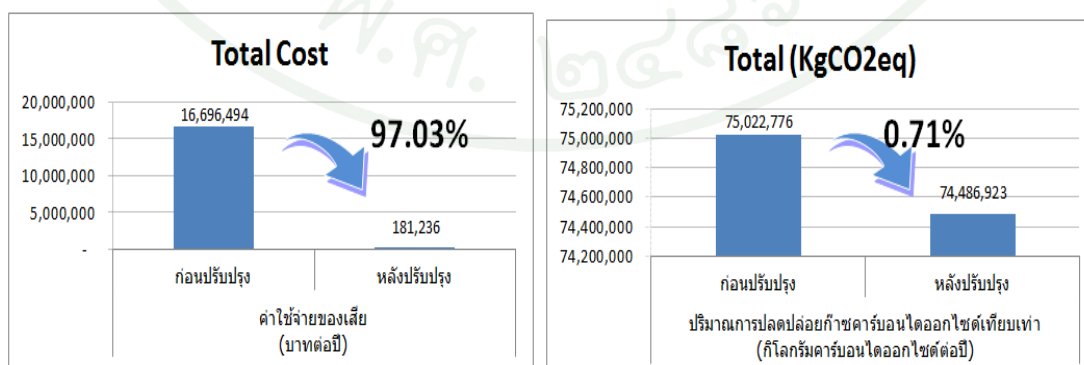
ภาพที่ 82 กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย (หน่วย : บาทต่อปี) และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(หน่วย: กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี) ในส่วนของ Heater Radian

6. การลดค่าใช้จ่ายและ การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการสร้างระบบการจัดการของเสียทั้ง 3 ชนิด ทำให้องค์กรสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมลงได้ 29,784,478 บาทต่อปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ 535,854 kgCO_{2eq} ต่อปี

ตารางที่ 10 ผลที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมตามแนวคิดผลิตภาพสีเขียว ในรูปของการลดค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากร และการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ลำดับ	ชิ้นส่วนของเสียที่ทำการวิจัย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
		ค่าใช้จ่ายของเสีย (บาทต่อปี)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)	ค่าใช้จ่ายของเสีย (บาทต่อปี)	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)
1	Frame cook top	16,696,494	21,788,098	181,236	21,498,520
2	Assy Door	12,931,776	38,743,943	364,701	38,535,027
3	Heater Radian	1,066,464	14,490,736	364,320	14,453,376
รวม		30,694,734	75,022,776	910,256	74,486,923
			ลดลง	29,784,478	535,854

พิจารณาผลการดำเนินงานสรุปภาพรวม กราฟค่าใช้จ่ายของเสีย และกราฟการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้ผลดังภาพข้างล่างนี้



ภาพที่ 83 กราฟสรุปผลทั้งหมดที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมตามแนวคิดผลิตภาพสีเขียว

7. ผลการวิจัยด้านการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การลงทุน (Economic Analysis)

จากที่ได้กล่าวถึงผลการวิจัยในแง่ของผลตอบแทนในการลงทุน โดยจะใช้มูลค่าของค่าใช้จ่ายในการลดการใช้ทรัพยากรบวกกับค่าใช้จ่ายในการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะใช้ข้อมูลผลจากการดำเนินกิจกรรม มาคิดคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback period) จะเท่ากับ เงินลงทุนหารด้วย ผลตอบแทนการลงทุน

ตารางที่ 11 ระยะเวลาคืนทุนแยกตามชนิดของของเสีย 3 โครงการ

ลำดับ	ชิ้นส่วนของเสีย ที่ทำการวิจัย	เงินลงทุน	ผลตอบแทน	ระยะเวลาคืน ทุน
1	Frame cook top	181,236	16,696,494	0.01
2	Assy Door	364,701	12,931,776	0.03
3	Heater Radian	0	0	0

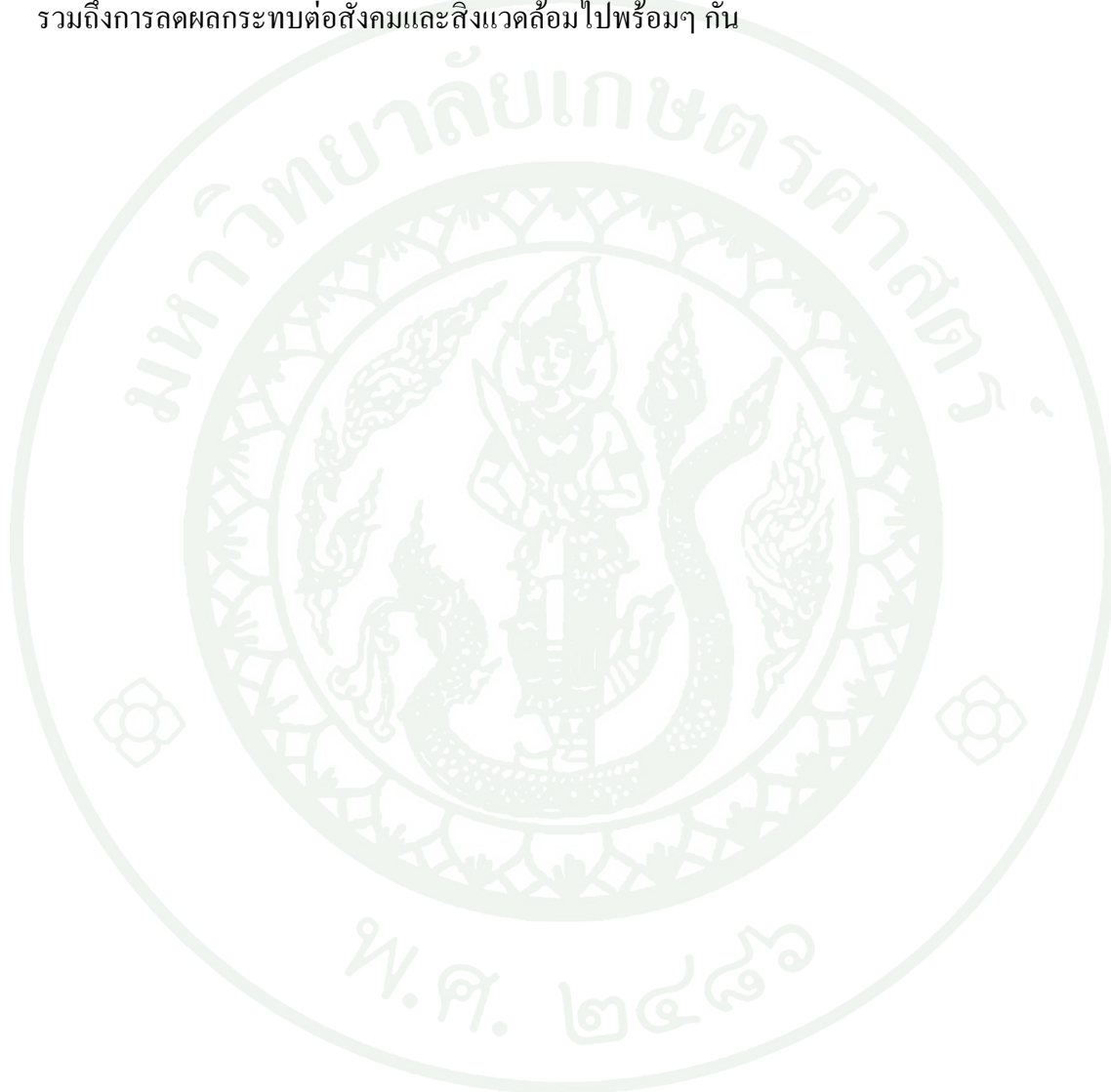
จากตารางแสดงให้เห็นถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (เดือน) แบ่งเป็น 2 แบบ

แบบที่ 1 ไม่ต้องใช้เงินลงทุน ใช้เพียงความร่วมมือของห่วงโซ่อุปทานและแนวคิดสีเขียว ทำให้ได้ผลตอบแทนมาก เพียงเริ่มทำกิจกรรมก็สามารถเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กร คือ การลดของเสียในส่วนของ Heater Radian พบว่า ลดค่าใช้จ่ายประมาณ 702,144 บาทต่อปี ลดลง 65.8% อีกทั้งทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าลดลง 37,360 kgCO_{2eq} ต่อปี ลดลง 0.3%

แบบที่ 2 ใช้เงินลงทุนน้อย แต่ได้ผลตอบแทนมาก ระยะเวลาคืนทุน 0.01ปี และ 0.03 ปี ของโครงการการจัดการระบบผลิตภาพสีเขียว ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากเงินลงทุนคือวัสดุ อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ในการซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

วิจารณ์

ทั้งนี้ผู้วิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดทำโครงการผลิตภาพสีเขียวหรืออุตสาหกรรมสีเขียวในองค์กร บางกิจกรรมหรือโครงการไม่จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนแต่ก็สามารถได้ผลตอบแทนสูงได้หากเลือกเทคนิคในการจัดการที่เหมาะสม โดยผลตอบแทนไม่เพียงแต่เป็นรูปของกำไรเท่านั้น แต่หมายรวมถึงการลดผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยนี้เป็นการจัดการผลิตภาพสีเขียว ในอุตสาหกรรมเตาอบไฟฟ้า ซึ่งโรงงานที่ใช้เป็นตัวอย่างในงานวิจัยนี้ เป็นโรงงานที่ผลิต เตาอบไฟฟ้า ซึ่ง ในปัจจุบันพบว่ามิของเสียจำนวนมากถูกทิ้งจากสายการผลิตซึ่งเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อการผลิตมากที่สุด รวมถึงสิ่งแวดล้อมจึงได้มีการจัดทำกรวิจัยนี้เพื่อมุ่งเน้นไปที่การจัดการด้านของเสีย โดยใช้หลักการจัดการผลิตภาพสีเขียว โดยการดำเนินการ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนเริ่มต้น วางแผน สร้าง ประเมิน ทางเลือกสีเขียว ดำเนินการ ทางเลือกสีเขียว ติดตามและทบทวน และความยั่งยืนสีเขียว และ ใช้การบูรณาการ เครื่องมือ 3Rs , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาของเสียต่างๆ เพื่อสู่การเป็นองค์กรแห่งความยั่งยืน (Sustainability)

ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถลดค่าใช้จ่าย ลงได้ จาก 2,557,895 บาทต่อเดือน หรือ 30,694,734 บาทต่อปี เหลือ 75,855 บาทต่อเดือน หรือ 910,256 บาทต่อปี ลดลงทั้งหมด 29,784,478 บาทต่อปี คิดเป็น 97.03% อีกทั้งสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (CO₂ Emission Equivalent) ให้กับโรงงานลงจาก 6,251,898 kgCO_{2eq} ต่อเดือนหรือ 75,022,776 kgCO_{2eq} ต่อปี เหลือ 6,207,244 kgCO_{2eq} ต่อเดือนหรือ 74,486,923 kgCO_{2eq} ต่อปี ลดลงทั้งหมด 535,854 kgCO_{2eq} ต่อปี คิดเป็น 0.71% การจัดการผลิตภาพสีเขียว สามารถ เพิ่มกำไร ให้กับองค์กร และ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ตารางที่ 12 สรุปผลการวิจัยตามแนวทางผลิตภาพสีเขียว

ลำดับ	ชิ้นส่วนของ เสียที่ทำการ วิจัย	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
		ค่าใช้จ่าย ของเสีย (บาทต่อปี)	ปริมาณการ ปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)	ค่าใช้จ่าย ของเสีย (บาทต่อปี)	ปริมาณการ ปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า (kgCO _{2eq} ต่อปี)
1	Frame cook top	16,696,494	21,788,098	181,236	21,498,520
2	Assy Door	12,931,776	38,743,943	364,701	38,535,027
3	Heater Radian	1,066,464	14,490,736	364,320	14,453,376
รวม		30,694,734	75,022,776	910,256	74,486,923
			ลดลง	29,784,478	535,854

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับทุกๆ อุตสาหกรรม ที่มีความสนใจทางด้านผลิตภาพสีเขียว และ เครื่องมือ 3Rs , เครื่องมือด้านคุณภาพ และ หลักการ P-3M เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาของเสียต่างๆ เพื่อผู้การเป็นองค์แห่งความยั่งยืน สามารถที่จะสร้างระบบการบริหารจัดการของเสียจากกระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์กรควบคู่ไปกับการดูแลสังคมและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันกระทรวงอุตสาหกรรมได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยได้มีการร่วมมือกับทุกหน่วยงานในกระทรวงอุตสาหกรรม สถาบันเครือข่ายสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดและนิคมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ ซึ่งส่งเสริมให้บริษัทต่างๆ ทั่วประเทศมีการดำเนินธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปสู่การเป็น “อุตสาหกรรมสีเขียว” อีกทั้งได้มีการกำหนดแนวทางอุตสาหกรรมสีเขียวโดยใช้การเปรียบเทียบระดับของบริษัท องค์กร และผู้ประกอบการเพื่อสร้างการพัฒนาในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน โดยจะใช้เครื่องหมายสีเขียว GI Mark (Green Industry Mark) เป็นสัญลักษณ์รับรองระดับการพัฒนาแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ความมุ่งมั่นสีเขียว (Green Commitment) คือความมุ่งมั่นเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีการสื่อสารภายในองค์กรให้ทุกคนทราบทั่วกัน

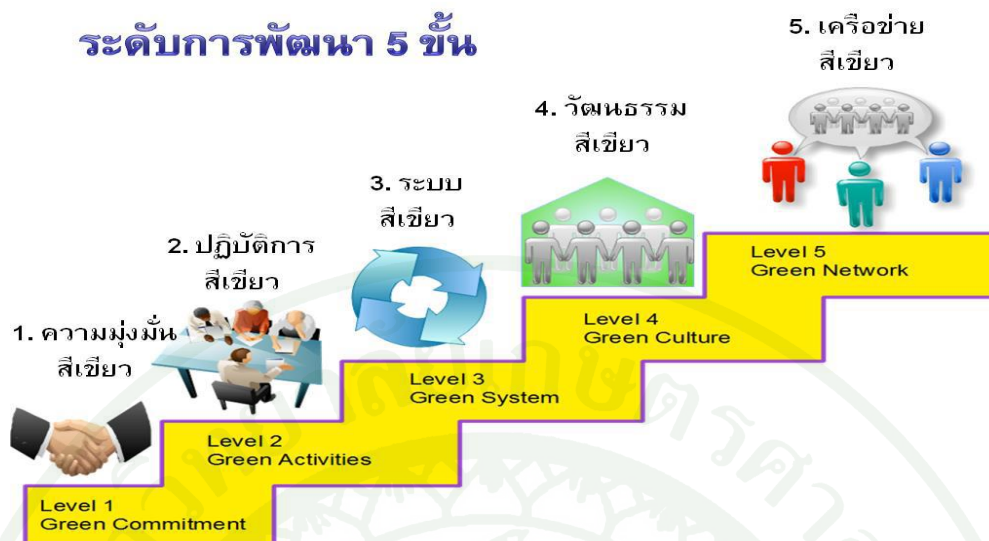
ระดับที่ 2 ปฏิบัติการสีเขียว (Green Activity) คือการดำเนินกิจกรรมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้สำเร็จตามความเป้าหมายที่ตั้งไว้

ระดับที่ 3 ระบบสีเขียว (Green System) คือการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างมีระบบ มีการติดตาม ประเมินผล และทบทวนเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการได้รับรางวัลด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่ยอมรับ และการรับรองมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ISO 14000

ระดับที่ 4 วัฒนธรรมสีเขียว (Green Culture) คือการที่ทุกคนในองค์กรให้ความร่วมมือร่วมใจดำเนินงานอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในทุกด้านของการประกอบกิจการ จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมองค์กร

ระดับที่ 5 เครือข่ายสีเขียว (Green Network) คือการแสดงถึงการขยายเครือข่ายตลอดห่วงโซ่อุปทานสีเขียว โดยสนับสนุนให้ลูกค้าและพันธมิตรเข้าสู่กระบวนการรับรองอุตสาหกรรมสีเขียว

ระดับการพัฒนา 5 ขั้น



ภาพที่ 84 ระดับของอุตสาหกรรมสีเขียว

ที่มา: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สิ่งที่ได้จากการทำวิจัยเรื่องผลิตภาพสีเขียวในองค์กรยังสามารถยกระดับอุตสาหกรรมสีเขียว จากระดับที่ 3 ระบบสีเขียว (ได้รับการรับรอง 14000) ไปสู่ระดับที่ 4 คือวัฒนธรรมสีเขียว จากการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกฝ่ายในการทำกิจกรรม และได้สร้างแนวทางต้นแบบระบบการจัดการในระดับที่ 5 คือ เครือข่ายสีเขียว ซึ่งเป็นขั้นสูงสุดซึ่งงานวิจัยได้แสดงถึงความร่วมมือกันตลอดห่วงโซ่อุปทานและองค์กรได้ใช้งานวิจัยในการเผยแพร่การดำเนินงานสร้างเครือข่ายสีเขียวสู่ธุรกิจที่ยั่งยืนเพื่อขอรับรองระดับอุตสาหกรรมสีเขียวระดับที่ 4 และระดับที่ 5 ไปพร้อมกัน

ปัญหาและอุปสรรค

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุกระดับในองค์กร ได้ความร่วมมือจากฝ่ายแผนกต่างๆในห่วงโซ่อุปทาน เป็นอย่างดี เพราะทุกฝ่ายต่างตระหนักถึงความสำคัญ ทางด้านของเสีย ต้นทุน การสูญเสียเวลาที่เกิดขึ้น และพร้อมที่จะช่วยกันแก้ไขปัญหา งานวิจัยนี้ จึงไม่มีปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย อีกทั้งงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา กาญจนสุนทร. 2554. การจัดการห่วงโซ่อุปทานแบบกรีน (Green Supply Chain Management). กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม:1-5. .

ก้องฤทธิ์ บุญเลี้ยง. 2554. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แบบหมุนเวียนสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์. 2554. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์. สำนักพิมพ์ บริษัท อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ: 9-10.

เครื่องมือทางสถิติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ . แหล่งที่มา:

www.nectec.or.th/

จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศิลป์. 2547. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฟอสฟอรัสในตะกอนจากการกำจัดน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (Thai National Life Cycle Inventory Database) แหล่งที่มา: <http://www.thailcidatabase.net/>

ชนากร อรุณไชย. 2555. การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเหล็กหล่อ เกรด FC 15-20 โดยวิธีการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กหล่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นุชจรี ท้าวไทยชนะ. 2546. แนวทางการจัดการมลพิษของเสียเพื่อให้เป็นโรงงานสีเขียว.เทคนิคเครื่องกล ไฟฟ้าอุตสาหกรรม ปีที่ 20 ฉบับที่ 227: 1-14

ฟ้าคุณูณี พงษ์พิมาย. 2552. ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เลนส์แว่นตาพลาสติก กรณีศึกษากระบวนการหล่อขึ้นรูปเลนส์แว่นตาพลาสติก. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มารู้จักหลัก 3R เพื่อช่วยลดโลกร้อนกันดีกว่า. แหล่งที่มา: <http://www.oknation.net/>, 18 ม.ค. 2555.

ศูนย์เฉพาะทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ เศรษฐกิจ, เอ็มเทค.
แหล่งที่มา: www.fio.co.th/institution/woodeconomy/.../carbon%20footprint.pdf

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. 2555. จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. แหล่งที่มา: <http://www.thaieei.com/>

สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. **Green Productivity** เพิ่มผลผลิตภาพอุตสาหกรรมไทย อย่างใส่ใจสิ่งแวดล้อม: ตอนที่ 1 และ 2

สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไทยตามแนวคิดการเพิ่มผลผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity): 1-6

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2554. การหาค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent), กรุงเทพฯ

Asian Productivity Organization. 2008. **Eco-Mapping**, APO, Tokyo.

Asian Productivity Organization. 2008. **Green Productivity and Green Supply Chain Manual**. APO, Tokyo.

Cecilia, S. and team. 2009. **Green Supply Chains and the Missing Link Between Environment Information and Practice**. Wiley InterScience.

Erik, A. B. 2010. **Energy use and emission strategies for structure steel fabrication: A case study, Department of Construction Management.** Colorado State University Fort Collins, Colorado

Francesco, T. and F. Iraldo. 2010. Shadows and Light of GSCM (Green Supply Chain Management): Determinants and Effects of These Practices Based on a Multi-Nation Study. **Journal of Cleaner Production**, 18 (2010), pp. 953-962.

Global Supply Chain Council. 2009. **Green Supply Chain China Survey.** Global Supply Chain Council, Changhai.

Wenzel, H. 1997. **The Life Cycle Assessment was facilitated with the LCA software SimaPro.** Denmark

ISO 14000 - Environmental management . Source: <http://www.iso.org/iso/iso14000>

Fortes, J. 2009. Green supply chain management:Otago Management Graduate Review. **International Journal of Environment Management: 2-12**

Jesep, S. and team. 2010. An Organizational Theoretic Review of Green Supply Chain Management Review. **International Journal Production Economics**, 130 (2011), pp. 1-15.

Joy, M. F. 2001. The Use of Recycled materials in manufacturing: Implications for supply chain Management and operations strategy. **International Journal of operations and strategic management: 2-32**

- Salonitis, K. and G.Tsoukantas 2006. **Environmental Impact Assessment of Grind-Hardening Process** Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras
- Lauren, R. M. and J. W. Giancaspro. 2012. **Environmental Evaluation of Abrasive Blasting with Sand, Water, and Dry Ice** , Department of Civil and Environmental Engineering, University of Miami, United States
- LMI Government Consulting. 2005. **Best Practices in Implementing Green Supply Chains**. Supply chain world conference 5 April 2005.
- Leary, M. 2004. Increasing the recycled content in new tires .Nevada Automotive test center Carson city. **Waste Management**: 7-42
- Toma, M. 2007. Case Study Green Logistics in Japan. **Logistics Digest**. 1-2
- Chien, M.K. 2007. An empirical study of the implementation of green supply chain management practices in the electrical and electronic industry and their relation to organizational performances. **Resource Engineering Journal**: 3-12
- NASA Goddard Institute for Space Studies. 2011. **Global Surface Temperature**. Source: <http://www.giss.nasa.gov/>, 18 มี.ค. 2555
- Purba, R. and D. Holt. 2005. Do Green Supply Chains Lead to Competitiveness and Economic Performance. *In* **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 25 No. 9, 2005, pp. 898-916.

Qinhua, Z. and Team. 2010. Green Supply Chain Management in Leading Manufacturers.
Management Research Review, Vol. 33 No. 4, 2010, pp. 380-392.

Qinghua, Z. and team. 2011. Green Supply Chain Management Innovation Diffusion and its
Relationship to Organizational Improvement: An Ecological Modernization Perspective.
Journal of Engineering and Technology Management.

Walke, R.C. and team. 2010. Managing Risk for Green Supply Chain Management: Competitive
Strategies for Manufacturing Companies. **Skyline Business Journal**, Vol. VI, Issue 1-
2010-11.

Sarah, S. and D. B. Grant. 2010. Developing Environmental Supply Chain Performance
Measures. **Benchmarking: An International Journal** Vol. 17 No. 3, pp. 320-339.

Samson. 2008. **Developing Strategies for Green Supply Chain Management**,

Simpson, D., D. Power and D.Samson. .2007. Greening the automotive supply chain: a
relationship perspective. *In* **International Journal of Operations & Production
Management** 27(1): 28-48

Stephan, V. 2007. Green Supply Chain Practices and Selection of Environmental Technologies.
In **International Journal of Production Research**, Vol. 45, No. 18-19, pp. 4357-4379.

Fitzgerald, T., T. Brown and E. Stewartt. 2009. Cover Story: Subway's Journey to
Green. *In* **International Journal of Logistics Management**: 1-8

The green supply chain . 2011. **What is the Green Supply Chain ?**. Available Source:
<http://www.thegreensupplychain.co.uk/>, 14 Nov. 2011

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายนรากร กักโสมณ
เกิดวันที่	4 มีนาคม พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ผู้จัดการแผนกคุณภาพ ฝ่ายวิศวกรประกันคุณภาพผู้ส่งมอบ ฝ่ายวิศวกรควบคุมคุณภาพ, ต้นทุนและการจัดการของเสีย ฝ่ายวิศวกรควบคุมระบบเครื่องมือวัดและการตรวจสอบ บริษัทผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและ รางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

