

การประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการวินิจฉัยด้านการผลิต
กรณีศึกษา เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

รณัฐพงษ์ ปัญญโรจน์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2553



WATER AND ENERGY CONSERVATION
BY PRODUCTION DIAGNOSIS TECHNIQUE
A CASE STUDY OF AUTOMATIC CLEANING MACHINE IMPROVEMENT

Tharnutpong Punyaroj

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program
in Executive Enterprise Management

Graduate School

Thai - Nichi Institute of Technology

Academic Year 2010

หัวข้อสารนิพนธ์

การประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการ
วินิจฉัยด้านการผลิต กรณีศึกษา เครื่องล้างชั้นงาน
อัตโนมัติ

โดย

ธนัฐพงษ์ ปัญญโรจน์

สาขาวิชา

การจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

อาจารย์วิจิตร ภัคพรหมินทร์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(อาจารย์วิจิตร ภัคพรหมินทร์)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(อาจารย์รังสรรค์ เลิศในสัตย์)

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ วงศ์สารพิบูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ธนัญพงษ์ ปัญญโรจน์ : การประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการวินิจฉัย
ด้านการผลิต กรณีศึกษา เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ. อาจารย์ที่ปรึกษา :
อาจารย์วิจิตร ภัคพรหมินทร์, 83 หน้า.

สารนิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า ด้วย
เทคนิคการวินิจฉัยด้านการผลิต และได้เลือกเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติเป็นเครื่องจักรตัวอย่าง
เพื่อดำเนินการปรับปรุงโดยพิจารณาประโยชน์ 2 ด้าน ด้านแรกจะเป็นด้านการอนุรักษ์
ทรัพยากรน้ำและไฟฟ้าเพื่อสิ่งแวดล้อม ด้านที่สองจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิต เพื่อให้ธุรกิจ
สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ การศึกษานี้จะเริ่มจากการ
สำรวจหน้างาน (Fact Finding) เพื่อหาความสูญเปล่าโดยใช้หลักความสูญเปล่า 7 ประการ
(7 Wastes) เก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรน้ำและไฟฟ้าของเครื่องจักรตัวอย่าง หลังจากนั้นจะทำการ
ลำดับความสำคัญของปัญหา โดยพิจารณา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความยากง่ายในการ
ปรับปรุง ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุง มาเป็นตัวกำหนดแผนการ
ดำเนินงาน และออกแบบการปรับปรุงงานโดยใช้เทคนิค Kaizen และ ECRS

หลังจากดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรและทำการเก็บข้อมูลการใช้น้ำและพลังงาน
ไฟฟ้าอีกครั้ง พบว่า

1. ปริมาณการใช้น้ำของเครื่องจักรได้ลดลงจาก 5,517 ลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็น
3,806 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 31.01% คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 37,642 บาทต่อปี
2. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรได้ลดลงจาก 209,907 KWH ต่อปี เป็น
158,427 KWH ต่อปี หรือคิดเป็น 24.05% คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 159,588 บาทต่อปี
3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุง โดยก่อนปรับปรุงมี
อัตราของดี 97.41% ของเสีย 2.98% และอื่นๆ (เช่น งานทดลอง) 0.51% และหลังปรับปรุงมี
อัตราของดี 97.94% ของเสีย 2.09% และอื่นๆ 0.46%
4. เมื่อเปรียบเทียบเงินลงทุนกับผลตอบแทนที่ได้ (Pay Back Period) เท่ากับ
0.25 ปี หรือประมาณ 3 เดือน

สำหรับสถานประกอบการ สามารถนำเทคนิคและองค์ความรู้ที่ได้จากสารนิพนธ์ฉบับ
นี้ไปใช้ในการดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรอื่นๆ ที่มีการใช้ทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้าใน
การกระบวนการผลิตได้

บัณฑิตวิทยาลัย

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2553



THARNUTPONG PUNYAROJ : WATER AND ENERGY CONSERVATION
BY PRODUCTION DIAGNOSIS TECHNIQUE : A CASE STUDY OF
AUTOMATIC CLEANING MACHINE IMPROVEMENT. ADVISOR : VITHINUT
PHAKPHONHAMIN, 83 PP.

Substance of this research is aimed to save water and energy by manufacturing diagnosis technique and select the automatic washing machine for study. Considering the benefit base on 2 proposes, the first is environment conservative and the second is cost reduction for the production. So the business can reduce the cost and able to competition in the market. This study starts from the workshop survey (fact finding) to determine the 7 wastes aspects of Toyota ; collect the data of water and electricity consumption of sample machine, prioritize the problem by consider 3 factors i.e. the difficulty of improvement, cost and benefit, for define the improvement proposal. (Kaizen and ECRS Technique).

After implementation, the result shown that the water and electricity consumption of machine can be reduce by decrease the waste of the system, without any impact on the capacity or quality of product.

1. The water consumption was decrease from 5,517 cubic meter per year to 3,806 cubic meter per year (31.01% decreased) and able to save about 37,642 THB per year.

2. The electricity consumption was decrease from 209,907 KWH per year to 158,427 KWH per year (24.05% decreased) and able to save about 159,588 THB per year.

3. The quality of product is not effect with this improvement, the yield before improvement is 97.41%, defect 2.98% and other 0.51%, after improvement the yield is 97.94%, defect 2.09% and other 0.46%.

4. The pay back period of project is about 0.25 year or about 3 months.

The business is able to apply the technique and knowledge from this research to improve the water and energy saving for other machines.

Graduate School

Student's Signature

Field of Study Executive Enterprise Management

Advisor's Signature

Academic Year 2010



กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้คำแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างดีของท่านอาจารย์วิจิตร ภัคพรหมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาระหว่างการดำเนินการศึกษา ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดในระหว่างการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้สารนิพนธ์นี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และคณะอาจารย์ทุกท่านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้แก่ผู้ศึกษา

ขอขอบพระคุณ นักวิชาการทุกท่าน หนังสือทุกเล่ม และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ที่ผู้ศึกษาได้เรียนรู้และถ่ายทอดให้แก่คนรุ่นหลังต่อไป

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอขอบคุณ ญาติพี่น้อง ภรรยา ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้ศึกษามาโดยตลอด

ธนวัชรพงษ์ ปัญญโรจน์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	8
ขอบเขตของการศึกษา.....	8
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงาน.....	9
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	11
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
หลักการพื้นฐาน.....	12
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
เทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้.....	15
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
3 การดำเนินงานสารนิพนธ์.....	26
การเลือกเครื่องจักรตัวอย่าง (Sample Selection).....	26
การตรวจสอบและเก็บข้อมูลที่พื้นที่ปฏิบัติงาน (Fact Finding and Data Collection).....	26
วิเคราะห์ข้อมูลและระบุปัญหา (Data Analysis and Problem Identification).....	30
เลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุง (Topic Selection).....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	การดำเนินการปรับปรุง (Implementation).....	39
	การวัดผล (Result Measurement).....	55
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	66
	สรุปผลการศึกษา.....	66
	ข้อเสนอแนะ.....	70
	ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา.....	70
	บรรณานุกรม.....	72
	ภาคผนวก.....	76
	ภาคผนวก ก. แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล.....	77
	ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	83



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	11
2	รายละเอียดของปัญหาที่พบจากการเข้าสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน.....	29
3	แนวทางการแก้ปัญหาที่พบจากการเข้าสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน.....	31
4	การเปรียบเทียบความยากของการแก้ปัญหากับผลประโยชน์ที่จะได้รับ.....	32
5	การเปรียบเทียบการลงทุนในการแก้ปัญหากับผลประโยชน์ที่จะได้รับ.....	33
6	รายละเอียดเครื่องมือวัดการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้า.....	36
7	เกณฑ์การให้คะแนนความเสี่ยงของโครงการ.....	37
8	เกณฑ์ในการจัดระดับของความเสี่ยงของโครงการ (คะแนนรวม = ผลกระทบ x โอกาสที่จะเกิด x ความสามารถในการจัดการ).....	37
9	ผลการประเมินความเสี่ยง สาเหตุ ผลกระทบ การป้องกันและแก้ไขของ โครงการ.....	38
10	ประเภทของเสียที่ตรวจสอบในกระบวนการขึ้นรูป.....	40
11	ข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป.....	41
12	ข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการ ขึ้นรูป.....	44
13	ข้อมูลของการใช้น้ำก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ.....	47
14	ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ.....	49
15	ข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป.....	56
16	ข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการ ขึ้นรูป.....	59
17	ข้อมูลของการใช้น้ำหลังปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ.....	62
18	ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าหลังปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ.....	64

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1 น้ำเสีย (โรงงานอุตสาหกรรม).....	2
2 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ.....	3
3 กระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหิน.....	4
4 เชื้อถ่านหิน.....	5
5 กระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังน้ำ.....	6
6 กลยุทธ์ด้านการแข่งขัน ของ Michael E. Porter.....	7
7 ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ.....	26
8 แผนผังการไหลของกระบวนการขึ้นรูป.....	28
9 แผนภูมิแก๊งปลาเพื่อหาสาเหตุของความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักร โดยพิจารณาปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิต (4M).....	30
10 วิเคราะห์ความยากง่ายในการปรับปรุงกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ.....	31
11 วิเคราะห์การลงทุนในการปรับปรุงกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ.....	32
12 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง).....	42
13 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการขึ้นรูปแยกตามประเภทของเสีย (ก่อนปรับปรุง).....	43
14 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง).....	46
15 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป แยกตามประเภทของเสีย (ก่อนปรับปรุง).....	46
16 แสดงข้อมูลการใช้ น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนปรับปรุง).....	49
17 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนปรับปรุง).....	51
18 แสดงลักษณะการไหลของน้ำที่สถานีที่ 3 และ 4.....	52
19 การใช้ Why-Why หาวิธีการแก้ปัญหา C005.....	53
20 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง).....	57
21 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการขึ้นรูป แยกตามประเภทของเสีย (หลังปรับปรุง).....	58
22 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง).....	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
23	แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป แยกตาม ประเภทของเสีย (หลังปรับปรุง).....	61
24	แสดงข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (หลังปรับปรุง).....	63
25	แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (หลังปรับปรุง).....	65
26	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนและหลังปรับปรุง).....	67
27	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนและหลังปรับปรุง).....	68
28	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนและหลังปรับปรุง).....	69
29	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณของเสีย แยกตามประเภทของเสีย ของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนและหลังปรับปรุง).....	69



ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

[illegible]



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1. ทรัพยากรน้ำ (Water) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และมีความสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม แม้ว่าโลกจะมีพื้นที่ๆ เป็นน้ำถึง 2 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ก็ยังเป็นน้ำจืดเพียง 2.5% เท่านั้น นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นขั้วโลกเหนือ ขั้วโลกใต้และบนเทือกเขาสูง 68.9% น้ำที่อยู่ใต้ดิน 30.8% และมีน้ำบนผิวดินที่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภคเพียง 0.3% เท่านั้น การเพิ่มของประชากรโลกและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปัญหาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งส่วนของปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการและคุณภาพของน้ำที่ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภค บริโภคได้ ส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจและจิตสำนึกของประชากรและผู้ประกอบการในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในประเทศด้อยพัฒนาและกำลังพัฒนา

ในปัจจุบันมีปัจจัยหลายๆ ประการที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำขึ้น เช่น ภาวะเรือนกระจก มลพิษในแหล่งน้ำ จำนวนประชากรโลกที่เพิ่มสูงขึ้น การขยายตัวของภาคเกษตร การขยายตัวภาคอุตสาหกรรม การขาดการจัดการน้ำที่ดี การขุดน้ำใต้ดิน ขยะที่ถูกฝังใต้ดิน การลดลงของพื้นที่ป่า เป็นต้น สำหรับการขยายตัวภาคอุตสาหกรรม ในระยะเวลา 2 - 3 ปีที่ผ่านมา มีการขยายการลงทุนของภาคอุตสาหกรรมในหลายๆ ภาคส่วน โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา ทำให้มีการใช้น้ำสูงขึ้นในขั้นตอนการผลิต และมีการปล่อยน้ำเสียซึ่งปนเปื้อนสารเคมีลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดมลพิษไม่สามารถนำน้ำมาใช้อุปโภคบริโภคได้ ในประเทศไทยมีการขยายเนื้อที่ของนิคมอุตสาหกรรมในหลายๆ พื้นที่ และแม้ว่าภาครัฐจะมีมาตรการในการดูแลสิ่งแวดล้อม เช่น มาตรการการกำจัดน้ำเสียตามโรงงานต่างๆ ก่อนที่จะปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำ แต่ก็ยังมีผู้ประกอบการบางส่วนที่ไม่เห็นความสำคัญและละเลยไม่ปฏิบัติตาม (กรมทรัพยากรน้ำ. 2552)



รูปที่ 1 น้ำเสีย (โรงงานอุตสาหกรรม)

ที่มา : เอ็มทีเคจับคู่นักวิจัย ป.ตรี กับภาคเอกชน ใช้เทคโนโลยีสะอาดแก้ปัญหาให้ภาคอุตสาหกรรม. (2552, 10 กันยายน). ผู้จัดการ. ออนไลน์.

2. พลังงานไฟฟ้า (Electricity) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยพื้นฐานที่มนุษย์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันและใช้ในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรม ซึ่งในกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นจะต้องใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงอื่นๆ มาเป็นต้นกำลังในการผลิต ปัจจุบัน 65% ของไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดของประเทศใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง รองลงมา คือ ถ่านหิน 16% โดยส่วนใหญ่มาจากแหล่งถ่านหินในประเทศ ที่เหลือมาจากแหล่งพลังงานอื่นๆ ได้แก่ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ เป็นต้น

ตัวอย่างโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินในการผลิตภายในประเทศไทย โรงไฟฟ้าแม่เมาะที่
จังหวัดลำปาง

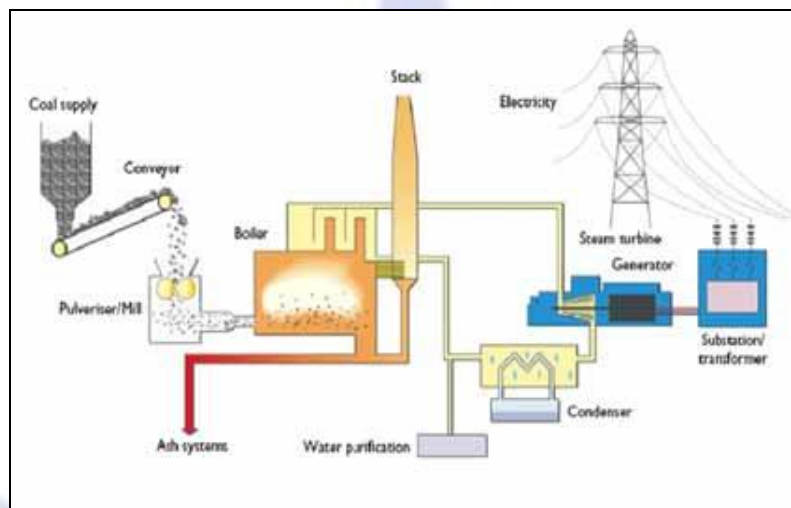


รูปที่ 2 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ที่มา : โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. หน่วยงานสารสนเทศ. (ม.ป.ป.). โรงไฟฟ้าแม่เมาะ.
ออนไลน์.

เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในโรงไฟฟ้าถ่านหินในโลกนี้ เทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินแบบผง (Pulverized Coal Combustion : PCC) โดยผ่านวัฏจักรไอน้ำเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดและมีการใช้เป็นที่แพร่หลายที่สุดในโลก ซึ่งโรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศไทยก็ใช้เทคโนโลยีนี้เช่นกัน ถ่านหินถูกเตรียมให้อยู่ในรูปของผงก่อนป้อนโดยการพ่นเข้าสู่หม้อไอน้ำโดยเผาไหม้กับอากาศในปริมาณที่เกินพอ อุณหภูมิของการเผาไหม้ประมาณ 1,200-1,700 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จะใช้ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ของแข็งที่เหลือที่เผาไหม้ไม่ได้ คือ ขี้เถ้า ซึ่งประกอบด้วยสารอนินทรีย์ ถ้ามีคุณสมบัติเหมาะสมก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เช่น นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยิปซัม เป็นต้น ก๊าซไอเสียจะประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเป็นหลัก และมีออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจนที่เกิดขึ้นและปนออกมาพร้อมกับก๊าซไอเสีย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กำจัดได้ด้วยการดักจับโดยหินปูนเป็นหลักในระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization : FGD) ส่วนก๊าซไนโตรเจนออกไซด์สามารถกำจัดหลังกระบวนการเผาไหม้โดยใช้ดีดสารเคมี

ประเภทแอมโมเนียในสถานะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา หรือในระหว่างการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาที่ออกแบบให้ลดการก่อตัวของออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (Low NO_x Burners) ซึ่งประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในปัจจุบันสามารถลดมลพิษในก๊าซไอเสียให้อยู่ภายใต้มาตรฐานสิ่งแวดล้อมได้ (สุนีรัตน์ พิพัฒน์โนมัย. 2550)



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหิน

ที่มา : ห้องสมุดศูนย์ฝึกอบรมแม่เมาะ. (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด. ออนไลน์.

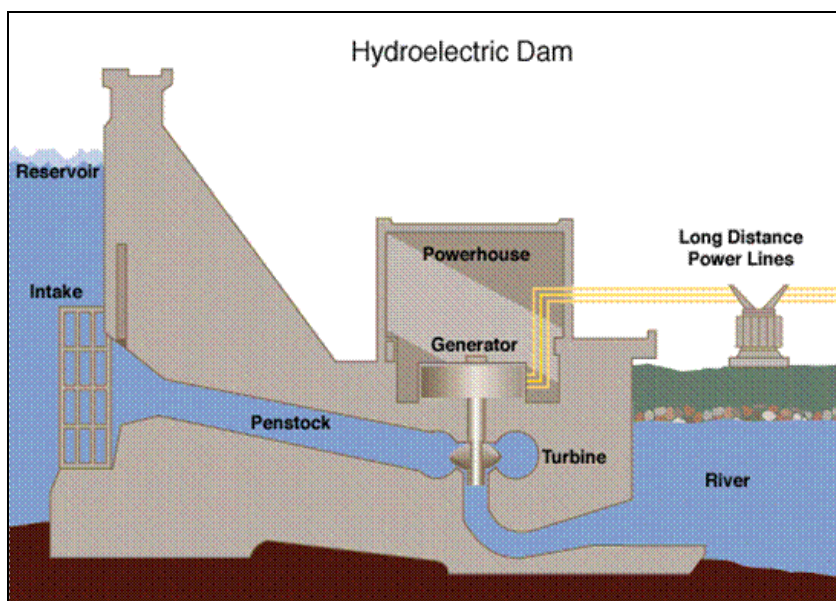
ตัวอย่างเชื้อที่ใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่สำคัญภายในประเทศไทย ได้แก่ เชื้อถ่านหินที่จังหวัดตาก



รูปที่ 4 เขื่อนภูมิพล

ที่มา : กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). แนวพระราชดำริด้านการพัฒนาแหล่งน้ำและเขื่อน. ออนไลน์.

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพลมีหลักการผลิตกระแสไฟฟ้า คือ จะใช้แรงดันน้ำที่กักเก็บในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) มาดันให้กังหันน้ำ (Turbine) หมุน โดยกังหันน้ำซึ่งเป็นตัวต้นกำลังต่อเชื่อมกับส่วนที่หมุน (Rotor) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ด้วยแกน Shaft ในแนวตั้ง ทำให้ Rotor หมุนตามด้วยความเร็วรอบที่เท่ากับกับ Turbine 150 รอบต่อวินาที เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรง (Excite) เพื่อกระตุ้นให้ขดลวดของ Rotor (Rotor Winding) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่ Rotor Winding เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator Winding) แรงดันไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นที่ Stator Winding ที่ระดับ 13,800 โวลต์ และหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นไปที่ระดับ 230,000 โวลต์ ด้วยหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า ก่อนที่จะส่งไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าระบบไฟฟ้าของประเทศ (ศิรินารถ มานะศักดิ์นนท์. ม.ป.ป.)



รูปที่ 5 กระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานน้ำ

ที่มา : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. หน่วยงานสารสนเทศ. (ม.ป.ป.). แหล่งพลังงานจากน้ำ. ออนไลน์.

ในความเป็นจริง ถ่านหินไม่ใช่เชื้อเพลิงที่สะอาดและโรงไฟฟ้าถ่านหินก็ก่อให้เกิดมลพิษอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนการสร้างเขื่อนแม้จะสามารถนำพลังงานมาใช้ โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียจากการสร้างเขื่อนซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ นั่น คือ การสูญเสียทรัพยากรป่าไม้เป็นจำนวนมากมหาศาลทำให้ระบบนิเวศน์เสียความสมดุล นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดการขัดแย้งกับประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างเขื่อน ซึ่งอาจลุกลามกลายเป็นปัญหาสังคมที่รุนแรงได้ ดังนั้นแนวทางในการพยายามลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงของภาคประชาชนและภาคอุตสาหกรรมก็เป็นตัวแปรที่สำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม

3. กลยุทธ์ระดับธุรกิจ (Business Strategy) ในภาคธุรกิจ ทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้า เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าเกือบในทุกกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยผันแปรที่มีผลโดยตรงต่อต้นทุนของสินค้า ดังนั้นในการเพิ่มศักยภาพของกิจการให้สามารถอยู่รอดและเติบโตได้ นอกจากจะต้องมีการประสานงานที่สอดคล้องกันระหว่างทุกหน่วยงานภายในองค์กรแล้ว ในส่วนของฝ่ายผลิตจะต้องพยายามรักษาคุณภาพของสินค้าให้ได้มาตรฐาน ในขณะเดียวกันก็ต้องพยายามลดต้นทุนในกระบวนการผลิตให้ต่ำที่สุด เพื่อให้สามารถแข่งขันด้านราคากับคู่แข่งในตลาดได้

Competitive Advantage		
Strategic Target	Uniqueness Perceived by the Customer	
	Low Cost Position	
	Focus (กลยุทธ์มุ่งเน้นเฉพาะส่วน)	
Industry wide	Differentiation (ผู้นำด้านความแตกต่าง)	Overall Cost Leadership (ผู้นำด้านต้นทุน)
Particular Segment Only		

รูปที่ 6 กลยุทธ์ด้านการแข่งขัน ของ Michael E. Porter

ที่มา : ดิสสทัต ประเสริฐสกุล ; ประเสริฐ คณาวัฒน์ชัย ; และ มยุขพันธ์ ชัยมั่นคง.
(2553). เอกสารประกอบการศึกษาวิชาการจัดการเชิงกลยุทธ์ทางธุรกิจขั้นสูงเชิง
ปฏิบัติการ (MBA-609) สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. ไม่ปรากฏเลขหน้า.

ซึ่งไม่ว่าจะเลือกใช้กลยุทธ์แบบไหนมาเป็นตัวนำในการประกอบธุรกิจ แต่สิ่งที่ต้อง
ระลึกไว้ก็คือจะต้องไม่ลืมอีกด้านหนึ่งเสมอ ตัวอย่างเช่น กรณีที่เลือกที่จะเป็นผู้นำด้านความ
แตกต่าง ก็จะต้องเสนอราคาสินค้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลูกค้ายินดีที่จะจ่ายเพื่อซื้อ
ความต่างะนั้น ดังนั้นการรักษาระดับต้นทุนของสินค้าให้อยู่ในระดับที่ต่ำ เพื่อให้สามารถ
แข่งขันได้ โดยที่ไม่กระทบกับคุณภาพของตัวสินค้าจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการประกอบ
ธุรกิจในปัจจุบัน

การลดปริมาณการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้า ไม่ว่าในมุมของการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม
(Environment Conservation) หรือ การควบคุมต้นทุนการผลิตสินค้า (Production Cost
Control) เพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ ล้วนแต่มีทิศทางที่สอดคล้องกัน ซึ่งผู้ศึกษาได้สนใจที่จะ
ทำการศึกษาด้วยตนเองในหัวข้อเรื่อง “การประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการ
วินิจฉัยด้านการผลิต” โดยเลือกเครื่องล้างชั้นงานอัตโนมัติ เป็นกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

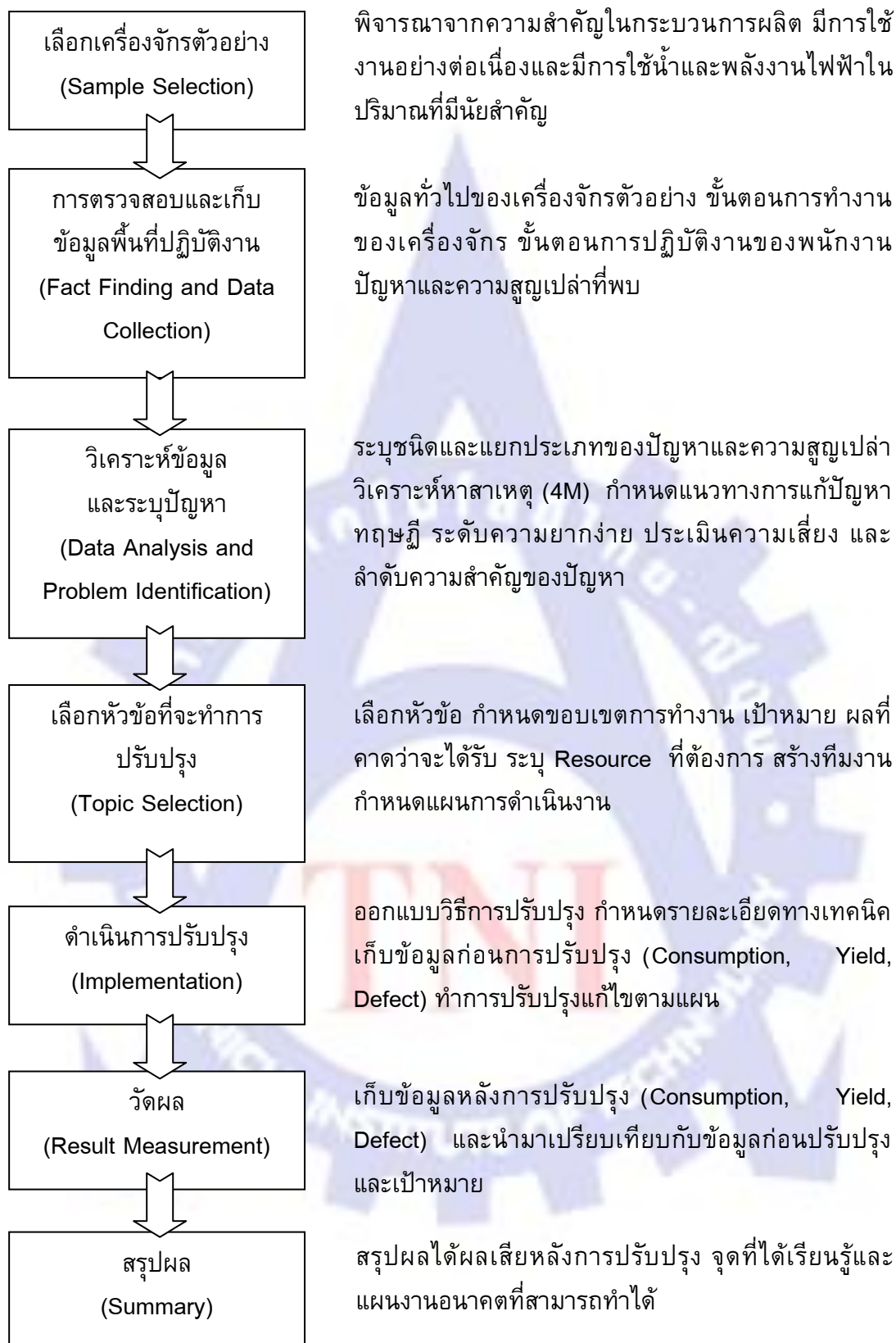
1. เพื่อศึกษาการนำเทคนิคการวินิจฉัยด้านการผลิต (Production Diagnosis Technique) ไปใช้ตรวจหาความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักรตัวอย่าง (7 Wastes)
2. เพื่อศึกษาการนำเทคนิคการวินิจฉัยด้านการผลิต (Production Diagnosis Technique) ไปใช้ในการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียเปล่าที่ตรวจพบ (Kaizen, Why-Why Analysis and ECRS Technique)
3. เพื่อศึกษาและนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นโมเดลต้นแบบให้แก่สถานประกอบการได้ใช้ในการปรับปรุงเครื่องจักรและกระบวนการผลิตอื่นๆ ต่อไป

ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาจะเน้นในเรื่องของการลดความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักรตัวอย่าง ด้วยเทคนิคการวินิจฉัยด้านการผลิต (Production Diagnosis Technique)
2. ทำการเข้าสำรวจหน้างาน (Fact Finding) เก็บข้อมูล (Data Collection) วิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ดำเนินการปรับปรุง (Action) และสรุปผลที่ได้หลังการปรับปรุง (Result Summary) ตามหลักการวินิจฉัย โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 Tools)
3. การปรับปรุงแก้ไข จะทำการปรับปรุงเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรการใช้น้ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น



ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สถานประกอบการได้รับประโยชน์จากต้นทุนการผลิตที่ลดลง ทำให้ศักยภาพในการแข่งขันเพิ่มขึ้น
2. สถานประกอบการสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบหรือปรับปรุงเครื่องจักรอื่นๆ ในสายการผลิตให้ประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า
3. ปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตลดลง หรือ ปริมาณมลภาวะที่ปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมลดลง
4. ผู้ศึกษาสามารถตกผลึกความรู้ทางวิชาการ โดยประมวลความรู้ที่ได้จากการศึกษา มาทำให้เกิดเป็นรูปธรรมและเกิดประโยชน์แก่สถานประกอบการและสังคม



บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา พบว่ามีหลักการและทฤษฎีที่สำคัญดังนี้

หลักการพื้นฐาน

หลักการวินิจฉัยสถานประกอบการ (Business Diagnosis) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิชาหลักของหลักสูตร การบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร โดยจะดำเนินการวิเคราะห์สถานประกอบการใน 5 ด้านด้วยกัน ได้แก่

1. การวินิจฉัยด้านการบริหารทั่วไป (Management Diagnosis) จะทำการพิจารณา ลักษณะการดำเนินธุรกิจ ภาพรวมของธุรกิจ โครงสร้างขององค์กร ลักษณะการบริหารแบบรวมศูนย์หรือแบบกระจายอำนาจการตัดสินใจ การนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการบริหาร ทัศนคติและวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร การวางแผนในองค์กร การกำหนดเป้าหมายระดับองค์กร ระบบฝ่าย

2. การวินิจฉัยด้านการขายและการตลาด (Marketing Diagnosis) จะทำการพิจารณา ลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทั้งในด้านคุณภาพ ความหลากหลายและต้นทุน จุดอ่อนจุดแข็งของผลิตภัณฑ์ ส่วนแบ่งตลาด ช่องทางการจัดจำหน่าย สถานการณ์ เศรษฐกิจอุตสาหกรรม แผนการตลาด (4P : Product, Price, Place, Promotion และ 4C : Customer Value, Cost to Customer, Convenience, Communication) นโยบายและเป้าหมายทางการขาย ยอดขาย พนักงานขายและลูกค้า

3. การวินิจฉัยด้านการผลิต (Production Diagnosis) จะทำการพิจารณากระบวนการผลิตตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การเก็บสต็อกวัตถุดิบ การตรวจรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต คู่มือการผลิต ชนิดของเครื่องจักร จำนวนเครื่องจักร ประสิทธิภาพของเครื่องจักร การดูแล บำรุงรักษาเครื่องจักร รอบเวลาการทำงาน ปริมาณของเสีย ประเภทของเสีย สาเหตุการเกิดของเสีย ต้นทุนพลังงาน (น้ำและไฟฟ้า) และสต็อกสินค้าสำเร็จรูป

4. การวินิจฉัยด้านการบัญชี (Accounting Diagnosis) จะทำการพิจารณานโยบาย และเป้าหมายในการจัดทำบัญชี วิเคราะห์งบการเงิน 3 ปีย้อนหลัง (อัตราส่วนทางการเงิน โครงสร้างงบดุล โครงสร้างต้นทุน จุดคุ้มทุน กำไรขาดทุน) การนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ การนำงบการเงินมาใช้ในการบริหาร ความสามารถของผู้รับผิดชอบด้านบัญชี

5. การวินิจฉัยด้านบุคลากร (Human Resource Diagnosis) จะทำการพิจารณาจาก ข้อมูลทั่วไปของพนักงาน (เพศ อายุ อายุงาน วุฒิการศึกษา) สัดส่วนของพนักงานประจำกับ

พนักงานชั่วคราว การสรรหา เกณฑ์การจ่ายค่าตอบแทน สวัสดิการ ความก้าวหน้าในสายงาน การถ่ายทอดคำสั่งในองค์กร การสื่อสารภายในองค์กร สภาพแวดล้อมในการทำงาน วัฒนธรรม องค์กร การอบรมและการพัฒนาศักยภาพของพนักงาน

การวินิจฉัยทั้ง 5 ด้านมีจุดประสงค์เพื่อระบุจุดอ่อนจุดแข็งของสถานประกอบการ และหาแนวทางในการปรับปรุงเหมาะสมกับสถานประกอบการแต่ละแห่ง เพิ่มศักยภาพให้สามารถอยู่รอดและแข่งขันกับคู่แข่งได้ ซึ่งผู้ศึกษาได้นำหลักการวินิจฉัยด้านการผลิต (Production Diagnosis) มาทำการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของเครื่องจักรตัวอย่างเพื่อหาแนวทางการปรับปรุง โดยใช้ทฤษฎีความสูญเสียเปล่า 7 ประการ ตามแนวคิดของการผลิตแบบโตโยต้าในการระบุความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักร และเทคนิคการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง (Kaizen and ECRS Technique) มาทำการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อลดความสูญเสียเปล่า (ชาติชาญ โพร้พาด ; และคณะ. 2552)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความสูญเสียเปล่า 7 ประการ ตามแนวคิดของการผลิตแบบโตโยต้า (Identify 7 Wastes by Toyota Production System Way) ได้จำแนกความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตสินค้าออกเป็น 7 ชนิด ดังนี้

1.1 การผลิตมากเกินไป (Over Production) หมายถึง การผลิตสินค้าในปริมาณที่มากเกินไปจนจำเป็น ซึ่งจะเกิดจากการผลิตสินค้าในขณะที่ยังไม่ได้รับคำสั่งซื้อ โดยมากมักจะพบจากการผลิตแบบปริมาณมาก (Mass Production) ผลิตตามการคาดการณ์ (Sale Forecast) การผลิตเข้าสต็อกเพื่อชดเชยของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างผลิต กำลังผลิตของเครื่องจักรที่มากเกินไป หรือมีการผลิตโดยพลการ

1.2 สินค้าคงคลัง (Inventory) หมายถึง สินค้าสำเร็จรูป (Finish Good) งานระหว่างทำ (Work in Process) หรือวัตถุดิบ (Material) ที่เก็บไว้ในระยะเวลายาวนาน โดยมักเกิดจากค่านิยมที่ต้องมีการผลิตเพื่อเก็บสินค้าคงคลัง การผลิตแบบปริมาณมาก (Mass Production) ผลิตตามการคาดการณ์ (Sale Forecast) ของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างผลิต (Defect) หรือกระบวนการต้นน้ำเร็วกว่ากระบวนการปลายน้ำ

1.3 การขนส่ง (Transportation) หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าสำเร็จรูป งานระหว่างทำ หรือวัตถุดิบ จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยเกิดจากการจัดวางผังโรงงานที่ไม่เหมาะสม การผลิตแบบปริมาณมาก (Mass Production) หรือวิธีการปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสม

1.4 งานเสีย (Defect) ประกอบไปด้วย ชิ้นงานที่เสีย ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ค่าใช้จ่ายในการแก้ไข ซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) หรือความคลาดเคลื่อนของเครื่องจักร (Equipment Problem) ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเพราะระบบการตรวจสอบที่สินค้าสำเร็จรูป ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบหรือการละเลยของผู้ปฏิบัติงาน

1.5 กระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็น (Over Processing) หมายถึง การปฏิบัติการและกระบวนการต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นในการผลิตสินค้า ซึ่งอาจจะเกิดจากการออกแบบกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม ไม่มีการอบรมที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐาน

1.6 การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) หมายถึง การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นต่อการผลิต เช่น ช้าไป เร็วไป มากเกินไป โดยมีสาเหตุมาจากการออกแบบการทำงานที่ไม่เหมาะสม พนักงานขาดการฝึกอบรม การจัดวางเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น

1.7 การรอคอย (Waiting) หมายถึง การรอคอยของพนักงานและเครื่องจักร ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น รอการขนส่งจากกระบวนการก่อนหน้า รอซ่อมเครื่องจักร ความไม่สมดุลระหว่างความสามารถกับปริมาณงานจริงหรือเกิดจากการสั่งงานที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น (วิทยา สุฤทธดำรง ; และยุพา กลอนกลาง. 2549 : 46-75)

2. การปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) จะมีจุดมุ่งหมายอยู่สองประการ คือ การเพิ่มประสิทธิภาพและการเพิ่มความพึงพอใจ การเพิ่มประสิทธิภาพจะหมายถึงการลดการใช้ทรัพยากรอย่างที่ไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งจะส่งผลให้กำไรของสถานประกอบการเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของการเพิ่มความพึงพอใจจะทำการพิจารณาทั้งด้านของลูกค้าและผู้ร่วมงาน โดยอาจแบ่งการทำไคเซ็นออกเป็น 6-7 ขั้นตอน ในการดำเนินกิจกรรม ดังนี้ (สุภัส เครือกาญจนา. 2551 : 46-54)

2.1 จับประเด็นความต้องการของไคเซ็น อาจจะเริ่มจากการพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น หรือความต้องการของผู้บริหารในการพัฒนาหรือปรับปรุงใหม่ ๆ

2.2 กำหนดหัวเรื่องของไคเซ็น จะอ้างอิงมาจากประเด็นความต้องการของไคเซ็น โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ

2.2.1 กำหนดหัวเรื่องแบบแก้ไข คือ การปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบัน เป็นการปรับปรุงเพื่อให้การทำงานเข้าสู่ระดับมาตรฐาน

2.2.2 กำหนดหัวเรื่องแบบทดลองสิ่งใหม่ คือ การปรับปรุงโดยมีเป้าหมายเพื่อก้าวข้ามมาตรฐานหรือเหนือกว่าคู่แข่งอย่างขาดลอย

2.3 ค้นหาประเด็นปัญหา

2.3.1 นำประเด็นปัญหาออกมา สามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือคุณภาพต่าง ๆ เช่น ตารางบันทึก (Check Sheet) แผนภูมิแก๊งปลา (Cause and Effect Diagram) และอื่นๆ เพื่อกำหนดหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆที่ใช้ในการจัดหา ผลิตและส่งมอบสินค้า โดยอาจพิจารณาในหลายๆ ด้าน เช่น ปัจจัยพื้นฐานของกระบวนการผลิต 4M (Man, Machine, Method, Material)

2.3.2 ค้นหาสาเหตุ สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสม อาจจะใช้ผังต้นไม้แสดงสาเหตุ (Tree Diagram) หรือ การถามทำไม 5 ครั้ง (Why-Why Analysis) หรืออาจใช้หลัก 5W 1H (Who What When Where Why How) เพื่อหาสาเหตุของปัญหา

2.4 สร้างแนวทางไคเซ็น สามารถทำได้จากการระดมสมอง (Brain Storming) ของพนักงานทุกคน พยายามดึงพนักงานให้เข้ามามีส่วนร่วม ใช้การ์ดข้อเสนอแนะไคเซ็น หรือการใช้ Keyword ต่างๆ เช่น ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) การทำให้มองเห็นและทำให้ลื่นไหล (Visual Control and Continue Flow) ซึ่งเป็นหลักของกระบวนการผลิตแบบโตโยต้า การกระทำโดยยึดหลัก ลดจำนวน ดำเนินการพร้อมกัน ทำระยะทางให้สั้นลง ทำให้สะดวก จาก “กฎพื้นฐานในการประหยัดการกระทำ” 3S (Simplification, Standardization, Specialization)

2.5 ลงมือปฏิบัติตามแนวทางไคเซ็น ซึ่งถ้าไม่มีการประสานงานที่ดีอาจจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นการทำไคเซ็นให้ได้ผล จึงควรใช้กิจกรรมซึ่งรวมหัวเรื่องแต่ละอย่างเป็นชุดๆ (เรียกว่า “กิจกรรมไคเซ็น”) ประกอบไปด้วย กิจกรรม 5ส กิจกรรมการควบคุมด้วยการดูด้วยตา กิจกรรมการจัดแฟ้มเอกสารและกิจกรรมการปรับปรุงงาน

2.6 การตรวจสอบผลไคเซ็น จะทำการตรวจสอบโดยเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้

เทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้

1. การบริหารงานโครงการ (Project Management Technique) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ ระยะเวลา งบประมาณและผลสำเร็จที่ต้องการ โดยแบ่งส่วนโครงการออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1.1 กำหนดโครงการ (Defining The Project) จะเป็นช่วงเริ่มโครงการ คัดเลือกโครงการในกรณีที่มีหลายทางเลือก รวมไปถึงการจัดทำข้อเสนอโครงการ เพื่อรับการรับรองหรืออนุมัติ

1.2 การวางแผน (Planning) จะเป็นช่วงที่โครงการได้รับการวางแผนรายละเอียดทั้ง 3 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ เวลา ต้นทุน และคุณภาพ รวมถึงการจัดองค์การของโครงการและทีมงาน

1.3 การปฏิบัติการ (Implementation) จะเป็นช่วงที่นำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติจริงเพื่อให้ได้ผลตามต้องการโดยมี 3 กลุ่มงานที่สำคัญ ได้แก่ การเริ่มปฏิบัติโครงการ (Do) การติดตามตรวจสอบและควบคุมการดำเนินงาน (Check) การแก้ปัญหาความขัดแย้งและการต่อรอง (Action)

1.4 การปิดโครงการ (Project Summary) ประเมินผลการดำเนินโครงการ สรุปผลที่ได้เทียบกับเป้าหมาย (วิสูตร จิระดำเกิง. 2548 : 2-11)

2. เครื่องมือด้านคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 Tools)

2.1 ตารางบันทึก (Check Sheet) เป็นเครื่องมือรูปแบบตารางใช้สำหรับบันทึกข้อมูล ส่วนใหญ่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

2.2 แผนภาพแสดงข้อมูล (Graph) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และศึกษา ประกอบไปด้วย

2.2.1 กราฟแท่ง (Bar Graph) ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลแยกประเภทที่ไม่มี ความสัมพันธ์กัน โดยทั่วไป ถ้าใช้กราฟแท่งในการแสดงข้อมูล ในแนวคิดของ QC จะหมายถึง ต้องดำเนินการปรับปรุงในทุกๆ เรื่อง

2.2.2 กราฟเส้น (Line Graph) ใช้ในการแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของ ข้อมูลตามเวลา ปกติจะใช้ในการดูแนวโน้ม (Trend)

2.2.3 กราฟวงกลม (Pie Graph) ใช้ในการแสดงสัดส่วนของข้อมูลจากจำนวน รวม

2.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นเครื่องมือที่ใช้นำเสนอข้อมูลโดยจะ เรียงจากมากไปหาน้อย พร้อมทั้งแสดงสัดส่วนของข้อมูล ใช้หลักที่ว่าสิ่งที่สำคัญมากมีจำนวน เพียงเล็กน้อย สิ่งที่สำคัญเพียงเล็กน้อยมีจำนวนมาก (หลัก 80-20) โดยมีประโยชน์ดังนี้

2.3.1 สามารถระบุจุดใดเป็นจุดที่มีปัญหามากที่สุด

2.3.2 จัดลำดับความสำคัญของปัญหาได้ทันที

2.3.3 สามารถรู้สัดส่วนของแต่ละหัวข้อ

2.3.4 นำเสนอให้เข้าใจได้ง่าย

2.3.5 เปรียบเทียบผลของการปรับปรุงก่อน-หลังได้ชัดเจน

2.4 แผนภาพฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับดูความผันแปร ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล โดยการตีความจะต้องตีความหมายจากรูปทรงของความ ผันแปรก่อนแล้วจึงตีความหมายของการกระจายเปรียบเทียบกับ Specification นอกจากนี้ยัง ช่วยบอกขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) ที่กระบวนการสามารถทำงานได้โดย พิจารณาจากรูปแบบการกระจายของข้อมูล

2.5 แผนภาพควบคุม (Control Chart) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับดูว่าข้อมูลอยู่ ภายในค่าที่กำหนดหรือไม่ (Specification) โดยแผนภาพควบคุม จะประกอบไปด้วย เส้นค่า กลางหรือค่าเฉลี่ย (Center Line : CL) เส้นขีดจำกัดควบคุมด้านบน (Upper Control Limit : UCL) เส้นขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit : LCL)

2.6 แผนภูมิแก๊งปลา (Cause and Effect Diagram) ใช้สำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุ ของปัญหา ใช้ระดมความคิดจากผู้ร่วมงานในการแก้ไขปัญหา

2.7 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจาก ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อจะหาความสัมพันธ์ที่แท้จริง โดย ตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระหรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตามหรือผลที่เกิดขึ้น หรือค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X (อนิวัต ปาณะลักษณ์. 2552)

3. การปรับปรุงงานด้วยเทคนิค ECRS โดยใช้หลักการสังเกตและวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าช่วยในการปรับปรุง ประกอบไปด้วย

3.1 การกำจัด (Eliminate) คือ การตัดงาน ส่วนประกอบ ขั้นตอนหรือกระบวนการที่ไม่จำเป็นออกไป ทำให้สายการผลิตสั้นขึ้น การใช้ส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นลดลง ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วขึ้นและต้นทุนการผลิตลดลง

3.2 การรวม (Combine) คือ การรวมหรือผสมผสานงานหลายๆขั้นตอนไว้ด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนในการทำงานลดลง การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลดลง สามารถทำการผลิตได้รวดเร็วขึ้น

3.3 การจัดลำดับงานขึ้นใหม่ (Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่ เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่หรือการรอคอยลง โดยพิจารณากระบวนการผลิตร่วมกับแผนผังการวางเครื่องจักร

3.4 การทำให้ง่าย (Simplify) คือ การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น โดยจัดพื้นที่หรือโต๊ะทำงานให้เหมาะสมกับงานในแต่ละประเภท ออกแบบ Jig หรือ Fixture เพื่อช่วยในการยึดจับชิ้นงาน ทำให้พนักงานทำงานได้รวดเร็วขึ้น (ตำราเกียรติ รัตนอมรพิน ; วิจิตรฐ ภัคพรหมินทร์ ; และ อลงกรณ์ ประกฤติพงศ์. 2551)

4. วิธีการคำนวณค่าพลังงานและยูนิตการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดไฟจะเป็นข้อมูล ณ วินาทีที่บันทึก ซึ่งในการศึกษา ผู้ศึกษาได้กำหนดให้มิเตอร์ไฟฟ้าทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ หนึ่งนาทิจ โดยข้อมูลที่ทำการบันทึก ได้แก่ วัน เวลา กระแสไฟฟ้าของแต่ละเฟส แรงดันไฟฟ้าของแต่ละเฟส ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์และความถี่ ซึ่งศึกษานำมาใช้ในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจากสูตร

$$P = V \times I \times PF$$

ค่ากำลังไฟฟ้า (P) ที่ได้จะเป็นค่ากำลังไฟฟ้า ณ นาทีนั้น ผู้ศึกษาจึงได้ทำการคำนวณหาค่ากิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือยูนิตไฟฟ้าที่ใช้ไป โดยการนำค่ากำลังไฟฟ้าที่บันทึกจำนวน 60 ค่า (บันทึกทุกๆนาทิจ 60 ค่าจะครบ 1 ชั่วโมงพอดี) มาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง ซึ่งก็คือ ยูนิตไฟฟ้าที่ใช้ไปนั่นเอง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เขมิกา สุขแก้ว (2549) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการน้ำในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางลดการใช้น้ำดิบของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งที่มีอัตราการใช้น้ำดิบโดยเฉลี่ยที่ 680 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยเป็นการใช้ในกระบวนการผลิตประมาณร้อยละ 67 จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ความเป็นไปได้ในการ

ลดการใช้น้ำในกระบวนการผลิตมีได้ทั้งสิ้น 4 โครงการ คือ โครงการที่ 1 การนำน้ำทั้งจาก ออสโมซิสผันทกลับที่ 1 (RO Pass 1) โดยใช้วิธีบำบัดด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน เพื่อนำ น้ำกลับมาใช้ใหม่ โครงการที่ 2 การนำน้ำทั้งจากออสโมซิสผันทกลับที่ 1 (RO Pass 1) โดยใช้วิธี บำบัดด้วยกระบวนการออสโมซิสผันทกลับขั้นตอนเดียว (Single Pass RO) เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ ใหม่ โครงการที่ 3 การนำน้ำบำรุงรักษา (Maintenance Water) จากระบบผลิตน้ำไร้ประจุ (Deionization) กลับมาใช้ซ้ำโดยใช้วิธีบำบัดด้วยกระบวนการกรองและโครงการที่ 4 คือ การนำ น้ำไร้ประจุที่ผ่านการล้างชิ้นงานเข้าสู่การบำบัด โดยใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนเพื่อกลับ ไปใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต จากการศึกษา พบว่า ทุกโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุน เพียงแต่โครงการที่ 1 และ 2 มีคาบจ่ายคืน (Payback Period) 2.28 และ 1.10 ปี ตามลำดับ ดังนั้นโครงการที่ 2 จึงมีข้อดีมากกว่าโครงการที่ 1 จากผลการศึกษาโครงการ สามารถสรุป แนวทางการจัดการได้ทั้งสิ้น 3 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 จัดทำโครงการที่ 2 และ 3 พร้อมกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำดิบได้ทั้งสิ้น 110 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีคาบการจ่ายคืน 1.10 ปี แนวทางที่ 2 จัดทำเฉพาะโครงการที่ 4 ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำดิบได้ทั้งสิ้น 261.50 ลูกบาศก์ เมตรต่อวัน และมีคาบจ่ายคืน 0.81 ปี และแนวทางที่ 3 จัดทำโครงการที่ 2, 3 และ 4 พร้อมกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำดิบได้ทั้งสิ้น 297.50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีคาบการจ่ายคืน 0.88 ปี

วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา (2544) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการน้ำและน้ำเสียของโรงงาน ชุบสังกะสีโดยใช้เทคนิคการออปติไมซ์ เป็นการศึกษาการจัดการน้ำเสียซึ่งจัดเป็นปัญหา สิ่งแวดล้อมที่สำคัญของอุตสาหกรรมเคมี มีแหล่งกำเนิดทั้งจากกระบวนการผลิตและหน่วย สนับสนุน การนำน้ำทั้งจากหน่วยต่างๆ กลับมาใช้ใหม่จัดเป็นแนวทางหนึ่งของการป้องกัน มลพิษ อันจะนำไปสู่การลดปริมาณการใช้น้ำดี (Freshwater) และปริมาณการเกิดน้ำเสียของ กระบวนการผลิตลงได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองโครงข่ายการจัดการน้ำและน้ำเสีย ตามหลักการอนุรักษ์มวล พิจารณาโดยการนำสายของน้ำทั้งจากหน่วยต่างๆ รวมถึงสายของ น้ำดีที่ใช้ในภาพรวมทั้งระบบ มาทำการแยก ผสม และนำกลับไปใช้ใหม่ในหน่วยอื่นที่สามารถ ยอมรับน้ำนั้นได้ ซึ่งชุดของสมการดุลมวลสารและสมการเงื่อนไขของกระบวนการทั้งหมดที่ได้ จะถูกนำมาตั้งเป็นปัญหาสำหรับการทำออปติไมซ์โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการใช้น้ำดี ต่ำที่สุด ปัญหาสำหรับการทำออปติไมซ์จะอยู่ในรูปโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้นตรง (Non-Linear Programming) สามารถจำลองและหาคำตอบได้ด้วยโปรแกรมแกมส์ (GAMS) ในงานวิจัยได้ ทดสอบแบบจำลองกับกระบวนการชุบสังกะสี-โครเมียมของโรงงานแห่งหนึ่ง พบว่า โรงงานสามารถ ลดการใช้น้ำดีในกระบวนการล้างน้ำ (Rinsing) ลงได้โดยการควบคุมอัตราการไหลของน้ำล้าง และการนำน้ำล้างกลับมาใช้อย่างเหมาะสมจะลดการใช้น้ำดีลงได้ 588 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ คิดเป็นร้อยละ 7.45 ของปริมาณการใช้น้ำในปัจจุบัน

อมรเทพ เพ็ชรสดใส (2543) ได้ศึกษาเรื่องแนวโน้มการจัดสรรงบประมาณรายจ่าย และนโยบายการจัดการมลพิษทางน้ำของกรุงเทพมหานคร ในช่วงระยะเวลา พ.ศ. 2530-2550 เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายและนโยบายการจัดการมลพิษทางน้ำของ กรุงเทพมหานคร ในช่วงระยะเวลาปี พ.ศ. 2530-2550 ศึกษาถึงโครงสร้าง ของงบประมาณ การเปลี่ยนแปลงของประชากรเงินอุดหนุนจากรัฐบาล และองค์ประกอบของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการกำหนดงบประมาณของกรุงเทพมหานครในช่วงที่ผ่านมา ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงเงื่อนไขและปัจจัยที่ ควรนำมาพิจารณาการจัดสรรงบประมาณในอนาคต จากการรวบรวมข้อมูล งบประมาณด้านการระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครในช่วง พ.ศ. 2530-2550 พบว่า มีเพียง 998.30 ล้านบาท ในปี 2530 และเพิ่มเป็น 4,264.40 ล้านบาท ในปี 2541 และลดลงเหลือ 3,172.52 ล้านบาท ในปี 2542 โดยเกิดจากการผันแปรไปตามปัจจัยที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจโดยงบประมาณส่วนใหญ่ในแต่ละปีจะเป็นการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ในขณะที่การป้องกันปัญหาการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำยังไม่ได้ได้รับความสนใจมากนัก เงินอุดหนุนจากรัฐบาลด้านการระบายและบำบัดน้ำเสียในช่วงปี พ.ศ. 2530-2542 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น จาก 15.00 ล้านบาทในปี 2530 และเพิ่มขึ้นเป็น 2,985.449 ล้านบาทในปี 2540 แต่หลังจากช่วงวิกฤต เศรษฐกิจในปี 2540 เงินอุดหนุนจากรัฐบาลได้ลดลงอย่างมากเหลือเพียง 1,074.047 ล้านบาท ในปี 2542 อันเป็นผลจากปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ผลการศึกษาถึงแนวโน้มการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายกับตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เลือกมาก คือ ประชากร รายได้รวมของกรุงเทพมหานคร เงินอุดหนุนจากรัฐบาล และงบประมาณเมื่อปีที่ผ่านมา พบว่า การจัดสรรงบประมาณรายจ่ายของกรุงเทพมหานครตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมยังไม่เพียงพอ เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีงบประมาณในการจัดสรรในอัตราส่วนน้อย ไม่เพียงพอต่อปัญหาที่สะสมมานานและเพิ่มปริมาณขึ้นในทุกๆ ปี ดังนั้นกรุงเทพมหานครควรมีการจัดสรรงบประมาณ ไปใช้ในการหาแนวทางป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นให้มากกว่าในปัจจุบัน

ชาญวิทย์ พรหมสุรินทร์ (2544) ได้ศึกษาเรื่องการอนุรักษ์พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าในโรงงานสังกะสีโดยระบบควบคุมคุณภาพ แบบวิศวกรรมคุณค่า เป็นการศึกษา มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตแผ่นสังกะสี ซึ่งได้นำเอาแผนงาน วิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Mudge มาประยุกต์ใช้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการลดต้นทุน การผลิตแผ่นสังกะสีให้มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด จากที่ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูล พบว่า ต้นทุน พลังงานปัจจุบันที่ใช้ในการผลิตแผ่นสังกะสีมีค่าเท่ากับ 308.21 บาทต่อตัน โดยแบ่งต้นทุน พลังงานปัจจุบันออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายทางด้าน พลังงานความร้อน ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันก๊าด และก๊าซหุงต้ม มีค่าเท่ากับ 255.52 บาทต่อตัน และค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า ของมอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์กระบวนการผลิตและระบบ สายพานลำเลียงมีค่าเท่ากับ 52.69 บาท ต่อตัน ดังนั้นเพื่อหาแนวทางที่จะประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตแผ่นสังกะสี จึงเสนอ

แนวคิดทางด้านวิศวกรรมเพื่อใช้เป็นแผนงานในทางปฏิบัติและสรุปผลการลดต้นทุนพลังงานในการผลิตแผ่นสังกะสี ผลจากการเสนอแนวทางในการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตแผ่นสังกะสี สรุปผลของต้นทุนพลังงานทางเลือก 272.93 บาทต่อตัน ลดต้นทุนพลังงานได้ 35.28 บาทต่อตัน และประหยัดพลังงานได้ 5,021 กิกะจูลต่อปี โดยการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นได้จากมาตรการ ดังต่อไปนี้ คือ 1) การนำความร้อนที่ทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในเครื่องชุบสังกะสี 2) การหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนที่ผนังเครื่องชุบสังกะสี 3) การทำฝาปิดที่บ่อเครื่องชุบสังกะสี 4) การหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนที่ผนังเครื่องอบแห้ง No.1 5) การปรับลดอัตราการรั่วไหลของเครื่องอบแห้ง No.1 6) และ 7) การปรับเปลี่ยนการทำงานของมอเตอร์โดยการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบที่แกนของมอเตอร์ (Inverter) ในเครื่องชุบสังกะสีและเครื่องอบแห้ง No.1 จากแผนงานดังกล่าวมีค่าต้นทุนพลังงานทางเลือก 121.54 บาทต่อตัน 126.25 บาทต่อตัน 127.77 บาทต่อตัน 107.53 บาทต่อตัน 112.67 บาทต่อตัน 11.32 บาทต่อตัน และ 9.56 บาทต่อตัน ตามลำดับ สรุปผลการลดต้นทุนพลังงานและประหยัดพลังงานได้ 1) 7.82 บาทต่อตัน 1,697 กิกะจูลต่อปี 2) 3.11 บาทต่อตัน 676 กิกะจูลต่อปี 3) 1.59 บาทต่อตัน 345 กิกะจูลต่อปี 4) 7.25 บาทต่อตัน 696 กิกะจูลต่อปี 5) 2.11 บาทต่อตัน 203 กิกะจูลต่อปี 6) 8.79 บาทต่อตัน 921 กิกะจูลต่อปี 7) 4.61 บาทต่อตัน 483 กิกะจูลต่อปี ตามลำดับ แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Mudge สามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการ ผลิตแผ่นสังกะสีได้อย่างเหมาะสม โดยค่าของดัชนีคุณค่าที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นตัวกำหนด แผนการดำเนินงานในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีขั้นตอน ซึ่งจะทำให้การลดต้นทุนพลังงาน ในการผลิตแผ่นสังกะสีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

รุ่ง กิตติพิชัย (2538) ได้ศึกษาเรื่องศักยภาพการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้า ด้วยระบบผลิตพลังงานร่วม เป็นการศึกษาศักยภาพการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้าด้วยระบบผลิตพลังงานร่วม โดยประเมินความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ รูปแบบของระบบผลิตพลังงานร่วมที่ใช้ในการประเมิน คือ ระบบผลิตพลังงานร่วมแบบเครื่องยนต์ดีเซล และแบบกังหันไอน้ำชนิด Back Pressure Steam Turbine โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 แนวทางตามขนาดและความต้องการไอน้ำของโรงงาน คือ 1) กรณี Heat Match จะพิจารณาให้ระบบผลิตไอน้ำให้เพียงพอกับความต้องการไอน้ำของโรงงาน และ 2) กรณี Power Match จะพิจารณาให้ระบบผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการไฟฟ้า ของโรงงาน โดยเชื้อเพลิงที่ใช้พิจารณาในการประเมิน ได้แก่ น้ำมันเตาเกรด C ผลของการศึกษาสภาพการใช้พลังงานความร้อนและไฟฟ้าในอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้า พบว่ามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนกิจการประกอบการในโรงงาน คือ โรงงานที่มีการดำเนินกิจการ 1 กิจการ 2 กิจการ หรือตั้งแต่ 3 กิจการขึ้นไป ซึ่งมีอัตราการใช้พลังงานความร้อนต่อไฟฟ้า ประมาณ 7.67, 3.61 หรือ 1.12 ตามลำดับ ผลการประเมินศักยภาพระบบผลิตพลังงานร่วม พบว่า ระบบผลิตพลังงานร่วมแบบเครื่องยนต์ดีเซลมีความเหมาะสมในการติดตั้ง

กับอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้ามากกว่าแบบกังหันไอน้ำ จากผลการประเมินระบบผลิตพลังงานร่วมกับอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้า ที่มีความต้องการพลังไฟฟ้า ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไปมีจำนวน 50 โรงงาน มีกำลังการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 376 เมกะวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 2,708 จิกะวัตต์ ชั่วโมง (GWH) ต่อปี รายได้สุทธิที่ประหยัดได้ เท่ากับ 1,586 ล้านบาทต่อปี ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงได้พิจารณาพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ อัตราค่าไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้า และราคาเชื้อเพลิง ผลการวิเคราะห์ พบว่า อัตราค่าไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าเมื่อมีราคาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงขึ้น และระยะเวลาการคืนทุนน้อยลง ส่วนราคาเชื้อเพลิง เมื่อมีราคาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนลดลง ระยะเวลาการคืนทุนนานขึ้น และในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั้งสอง พบว่า ระบบผลิตพลังงานร่วมแบบเครื่องยนต์ดีเซลจะให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงกว่า และระยะเวลาการคืนทุนน้อยกว่าแบบกังหันไอน้ำ

เพ็ญศรี ลีวารินทร์พานิช (2544) ได้ศึกษาเรื่องศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตมิเตอร์ เป็นการศึกษาเพื่อศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตมิเตอร์ ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพแก่โรงงาน โดยการสำรวจตรวจวัดและวิเคราะห์หาสภาพการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้าของโรงงานและหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ผลการศึกษา พบว่า ปัจจุบันโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 1,376,160 กิโลวัตต์ ชั่วโมง (KWH) โดยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 426 กิโลวัตต์ ค่าตัวประกอบภาระ 0.47 และค่าตัวประกอบกำลัง 0.90 มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในระบบมอเตอร์ของเครื่องจักรอุปกรณ์ ร้อยละ 56.70 รองลงมา คือ ระบบปรับอากาศ ร้อยละ 34.71 และระบบแสงสว่าง ร้อยละ 8.59 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิตเท่ากับ 3.46 กิโลวัตต์ ชั่วโมง (KWH) ต่อเครื่อง มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ทั้งโดยวิธีที่ไม่มีการลงทุนและวิธีที่ต้องมีการลงทุน รวม 5 แนวทาง คือ 1) การยุบภาระหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกันในช่วงที่ไม่ทำการผลิต 2) การสับเปลี่ยนมอเตอร์ให้พิกัดเหมาะสมกับภาระของเครื่องจักร 3) การลดระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศลง 4) การปรับตั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมให้แก่เครื่องปรับอากาศ และ 5) การเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมสตัท จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการดำเนินการและความคุ้มค่าแล้ว พบว่า มีแนวทางประหยัดพลังงานที่สมควรเสนอแนะให้แก่โรงงานในการปรับปรุงการใช้พลังงานของโรงงานเหลือเพียง 3 แนวทาง ได้แก่ การลดระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศลง การปรับตั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมให้แก่เครื่องปรับอากาศ และการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมสตัท จึงได้เสนอแนะให้โรงงานใช้แนวทางประหยัดพลังงานดังกล่าวร่วมกันเพื่อให้ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานสูงสุด โดยสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 14,001.63

กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH) (หรือลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 10.68 เปอร์เซ็นต์) หรือคิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัด ได้ปีละ 452,765 บาท การศึกษาและตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นแนวทางที่เหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน เนื่องจากช่วยให้สามารถหาแนวทางประหยัดพลังงานได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของผู้ประกอบการและเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

ชัยยุทธ ศรีเผด็จ (2533) ได้ศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เป็นการศึกษาเพื่อสำรวจ และศึกษาสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในโรงงานผลิตกระดาษขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง และวิเคราะห์หาแนวทางการประหยัดพลังงานที่จะเป็นไปได้ ซึ่งพบว่าโรงงานนี้ มีปริมาณการใช้พลังงานรวม 8.83 จิกะจูลต่อตัน การใช้ไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงขนาด 2,000 กิโลวัตต์ 1 ลูก พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 843 เมกะวัตต์ ฮาวร์ (MWH) ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อเดือน 1,678 กิโลวัตต์ และใช้พลังงานความร้อนอยู่ในรูปของไอน้ำสำหรับอบแห้งกระดาษ ซึ่งผลิตจากหม้อไอน้ำ 2 เครื่อง คือ ขนาด 8 ตันต่อชั่วโมง ใช้ชี้เลื่อยเป็นเชื้อเพลิง ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง และขนาด 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นเครื่องสำรองทำงานประมาณ 4 ชั่วโมงต่อวัน สัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภท คือ ไฟฟ้าชี้เลื่อยและน้ำมันเตาเฉลี่ยร้อยละ 27, 59 และ 14 ตามลำดับ และสัดส่วนค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทมีค่าร้อยละ 71, 23 และ 6 ตามลำดับ การวิเคราะห์ทางด้านไฟฟ้า พบว่าภาระไฟฟ้ามีการเพิ่มและเปลี่ยนแปลงสูงสุดในช่วงเริ่มต้นของการทำงาน จากการตรวจสอบใช้งานของอุปกรณ์ขนาดใหญ่ พบว่า โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี การวิเคราะห์หม้อไอน้ำขนาด 8 ตันต่อชั่วโมง พบว่า มีประสิทธิภาพตามกฎข้อ 1, 2 และค่าย้อนกลับไม่ได้ประมาณ ร้อยละ 66, 20 และ 68 ตามลำดับ และหม้อไอน้ำขนาด 6 ตันต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพนี้ประมาณร้อยละ 85, 24 และ 72 ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพของการใช้งานของหม้อไอน้ำทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ดี แนวทางการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน สำหรับพลังงานไฟฟ้าทำโดยการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และการปรับปรุงสภาพการส่องสว่างภายในบริเวณทำงาน ส่วนในด้านพลังงานความร้อน การลดความชื้นของชี้เลื่อยจากร้อยละ 21 เป็นร้อยละ 15 สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 8 ของการใช้เดิม การนำคอนเดนเสท กลับมาใช้ในระบบเปิดและปิดให้ระยะเวลาคืนทุน น้อยกว่า 1 ปี และการหุ้มฉนวนผิวถ้ำความร้อนรวมทั้งปรับปรุงระบบการผลิต สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้

ธนะ ปรีชาหาญ (2536) ได้ศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานในโรงงานผลิตสายไฟฟ้า เป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานในโรงงานผลิตสายไฟฟ้าแห่งหนึ่ง โดยการหาสภาพการใช้พลังงาน ในโรงงาน วิเคราะห์หาแนวทางประหยัดพลังงาน โดยพิจารณาจากความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการเข้าสำรวจและศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน และศึกษาการใช้พลังงานที่ผ่านมาในอดีต พบว่า มีกำลังการผลิตเฉลี่ยวันละ 85 ตัน มีการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 3.19 จิกะจูล/ตัน เป็นพลังงานไฟฟ้า 1.51 จิกะจูล/ตัน พลังงานความร้อน 4.71 จิกะจูล/ตัน

การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผ่านหม้อแปลง 8 ลูก มีพิกัดโดยรวมของหม้อแปลง 9,350 กิโลวาร์ (KVA) ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 1.07 จิกะวัตต์ ฮาวร์ (GWH) ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 2,790 กิโลวัตต์ ส่วนพลังงานความร้อนได้จากน้ำมันเตา โดยใช้ในการหลอมอลูมิเนียมในเตาหลอมขนาดความจุ 4 ตัน ใช้ น้ำมันเตาเฉลี่ยเดือนละ 106,167 ลิตรต่อเดือน สัดส่วนค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าและความร้อน เฉลี่ยร้อยละ 81.4 และ 18.6 ตามลำดับ จากการตรวจวัด พบว่า ทางด้านไฟฟ้าค่าตัวประกอบภาระของโรงงานมีค่า 0.85 ตัวประกอบกำลังมีค่า 0.74 ตัวประกอบ ภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า 0.39 ตัวประกอบ ภาระของมอเตอร์ขนาด 15 กิโลวัตต์ขึ้นไป มีค่า 0.34 ค่าความส่องสว่างโรงงานในเวลากลางคืน เฉลี่ย 39.89 ลักซ์ (LUX) ทางด้านพลังงานความร้อนวิเคราะห์เตาหลอมอลูมิเนียมตามกฎทางเทอร์โมไดนามิกส์ข้อที่ 1 และ 2 พบว่า มีประสิทธิภาพร้อยละ 33.4 และ 21 ตามลำดับ แนวทางในการประหยัดพลังงานด้านพลังงานไฟฟ้า ควรทำการยุบภาระของหม้อแปลงไฟฟ้ามารวมกันให้เหลือหม้อแปลงไฟฟ้า 3 ลูก มีพิกัดรวม 4,850 กิโลวาร์ (KVA) และแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง เป็น 0.9 ตัวประกอบ ภาระของหม้อแปลงจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.46 มีผลให้ประหยัดพลังงานได้ปีละ 60,167 กิโลวัตต์ ฮาวร์ ต่อปี ลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 171,812 บาทต่อปี โดยไม่ต้องลงทุนใดๆ ส่วนมอเตอร์ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 15 กิโลวัตต์ขึ้นไป ในแผนกเครื่องรีดและตีเกลียว ถ้าทำการสับเปลี่ยนมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระของเครื่องจักร และซื้อมอเตอร์ใหม่เข้ามาติดตั้งจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 78,912 กิโลวัตต์ ฮาวร์ต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่าย พลังงาน 84,436 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 6.5 ปี ด้านแสงสว่างการปรับปรุงสภาพการส่องสว่างในโรงงานโดยการออกแบบ ระบบแสงสว่างใหม่ จะให้ค่าความส่องสว่างถึง 204.67 ลักซ์ (LUX) แต่เสียค่าใช้จ่ายพลังงาน และการบำรุงรักษามากกว่าเดิม เพียงปีละ 58.7 บาท โดยใช้เงินลงทุนทั้งหมด 1,900,905 บาท ด้านพลังงานความร้อนลดอัตราส่วนอากาศให้เหลือ 1.3 จะสามารถประหยัดพลังงานได้ 0.92 จิกะจูล (GJ) คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงาน 201,657 บาทต่อปี โดยไม่ต้องลงทุนใดๆ

สมควร พวงรักษ์ (2535) ได้ศึกษาเรื่องผลทางเศรษฐกิจจากการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปของเครื่องปรับอากาศ มาใช้กับเครื่องทำน้ำร้อน เป็นการศึกษาถึงผลทางเศรษฐกิจจากการนำความร้อนที่สูญเสียไปของเครื่องปรับอากาศ มาใช้กับเครื่องทำน้ำร้อนนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนประเภทต่างๆ ถึงลักษณะทางเทคนิค ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่คิดเป็นตัวเงิน ปริมาณการประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานและค่าซ่อมบำรุงรักษา รวมทั้งหาอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย เพื่อเป็นแนวทางตัดสินใจซื้อเครื่องทำน้ำร้อนแบบนี้มาใช้บริการในโรงแรม ในการศึกษาเรื่องนี้ใช้หลักวิธีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เรื่องต้นทุนของเครื่องทำน้ำร้อนทุกประเภท ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ซึ่งจ่ายในปัจจุบัน และต้นทุนผันแปรที่จ่ายในอนาคต คิดย้อนหลังมาเป็นมูลค่าปัจจุบันเพื่อนำมารวมกับต้นทุนคงที่ แล้วนำต้นทุนมารวม ณ มูลค่าปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ และหาอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย จากผลของการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สำหรับเครื่องทำ

น้ำร้อน 1 ชุด ที่ใช้ความร้อนจากเครื่องปรับอากาศขนาด 12,500 บีทียู และขนาด 16,500 บีทียู โดยเปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนประเภทต่าง ๆ ปรากฏผลดังนี้ คือ เครื่องทำน้ำร้อนระบบ กลับใช้ความร้อนระบายทิ้งของเครื่องปรับอากาศ จะประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้ ร้อยละ 3.87 และ 4.56 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบแก๊ส จะประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้ร้อยละ 5.92 และ 6.68 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบแสงอาทิตย์ที่ใช้แก๊สเป็นพลังงานเสริม จะประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งหมด ได้ร้อยละ 7.23 และ 7.55 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบน้ำมันเตา จะประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งหมด ได้ร้อยละ 7.42 และ 7.71 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบแสงอาทิตย์ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงาน เสริม จะประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้ ร้อยละ 8.12 และ 8.34 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบไฟฟ้า และจะประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้ ร้อยละ 10.44 และ 10.46 ของเครื่องทำน้ำร้อนระบบน้ำมัน ดีเซล ตามลำดับ สำหรับผลของการคำนวณอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย เครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้ เฉลี่ย ต่อ 1 ห้องพักในช่วงระยะเวลา 8 ปีของเครื่องทำน้ำร้อนระบบที่ใช้พลังงานความร้อน ระบายทิ้งจากเครื่องปรับอากาศขนาด 12,500 บีทียู และขนาด 16,500 บีทียู เปรียบเทียบกับ เครื่องทำน้ำร้อนระบบทั่วไป ได้อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ได้ผลการคำนวณดังนี้ เปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบแก๊สเท่ากับ 1.31 และ 1.45 เปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบแสงอาทิตย์ที่ใช้แก๊สเป็นพลังงานเสริมเท่ากับ 1.42 และ 1.57 เปรียบเทียบกับระบบน้ำมันเตาเท่ากับ 1.49 และ 1.65 เปรียบเทียบกับระบบแสงอาทิตย์ ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริมเท่ากับ 1.54 และ 1.71 เปรียบเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนระบบไฟฟ้า เท่ากับ 1.65 และ 1.83 และเปรียบเทียบกับระบบเครื่องทำน้ำร้อนระบบน้ำมันดีเซลเท่ากับ 1.76 และ 1.95 ตามลำดับ แสดงถึงการลงทุนคุ้มค่าไม่ขาดทุน

ณรงค์ พงศ์กิตติพิรุฬห์ (2544) ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับ โรงงานผลิตกระดาษ เป็นการศึกษาดูอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ไฟฟ้า จำนวนมาก โดยการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณีของโรงงานผลิต กระดาษซึ่งผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันการคิดต้นทุนการผลิต ไฟฟ้าไม่ได้ทำการจัดสรรต้นทุนสู่หน่วยผลิต ทำให้ไม่สามารถนำต้นทุนการผลิตมาใช้ในการ ควบคุมการผลิตไฟฟ้าได้ ทั้งนี้การวิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะในส่วนโรงไฟฟ้าดีเซลเพื่อใช้ เป็นแนวทางในการลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้า โดยใช้การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าดีเซลร่วมกับการ ซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และได้ดำเนินการเฉพาะในส่วนโรงไฟฟ้าเท่านั้นโดย ไม่ได้ปรับเปลี่ยนนโยบายในกระบวนการผลิตกระดาษ ได้จัดทำโครงสร้างต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าดีเซลขึ้นเพื่อใช้ปรับปรุงวิธีในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ซึ่งได้ต้นทุนการผลิต ต่อหน่วยในปี 2543 ประกอบด้วย ต้นทุนค่าวัตถุดิบทางตรง 2.0738 บาท ต้นทุนค่าแรงงาน ทางตรง 0.0592 บาท ต้นทุนค่าเสียหุ้ยการผลิตแปรรูป 0.2164 บาท และต้นทุนค่าเสียหุ้ยการผลิต คงที่ 0.3264 บาท สุดท้ายได้เสนอแนะแนวทางการลดต้นทุนและดำเนินการวิเคราะห์และ เปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ที่เป็นไปได้ซึ่งได้ถูกนำเสนอ จากการวิจัยได้เสนอแนะแนวทางการ

ลดต้นทุนโดยการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในช่วงเวลา 21.30-08.00 นาฬิกา และ 08.00-18.30 นาฬิกา ของทุกวันตามอัตราแบบช่วงเวลาของวันประเภทอัตราค่าไฟฟ้าสำรอง และผลิตไฟฟ้าใช้เองโดยโรงไฟฟ้าดีเซลในช่วง 18.30-21.30 นาฬิกา ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าส่วนที่เกินกำลังการผลิตของหม้อไอน้ำลดลงจากหน่วยละ 2.6758 บาท เหลือ 2.3941 บาท และเสนอแนะให้ดำเนินการเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าเป็นอัตราแบบช่วงเวลาของการใช้ โดยซื้อไฟฟ้าในช่วง 22.00-9.00 นาฬิกา ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ รวมทั้งวันเสาร์ อาทิตย์ วันหยุดราชการทั้งวัน และผลิตไฟฟ้าใช้เองในช่วง 9.00-22.00 นาฬิกา ของวันจันทร์-ศุกร์ ซึ่งจะ ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือหน่วยละ 2.0698 บาท ที่จำนวนหน่วยผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 เมกะวัตต์ ซึ่งถ้าปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนพลังงานไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลาการซื้อไฟฟ้าที่จำเป็นนอกเหนือจากแนวทางที่นำเสนอ รวมทั้งอัตราค่าไฟฟ้าและราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แนวทางที่นำเสนอจะ ยังคงต่ำกว่าวิธีเดินเครื่องอย่างในปัจจุบัน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

การเลือกเครื่องจักรตัวอย่าง (Sample Selection)

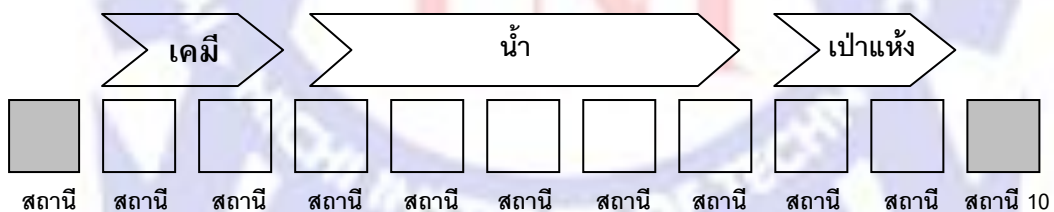
การเลือกเครื่องจักรตัวอย่างจะพิจารณาจากความสำคัญของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ปริมาณและความถี่ในการใช้งาน ปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำและไฟฟ้าของเครื่องจักร ซึ่งผู้ศึกษาได้เลือก “เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ” มาเป็นเครื่องจักรตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษา โดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. เป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิต
2. เป็นเครื่องจักรที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง
3. เป็นเครื่องจักรที่มีการใช้ทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ

การตรวจสอบและเก็บข้อมูลที่พื้นที่ปฏิบัติงาน (Fact Finding and Data Collection)

เข้าสำรวจความสูญเสียเปล่าที่พื้นที่ปฏิบัติงานและเครื่องจักรตัวอย่าง ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลทั่วไปของเครื่องจักร ฟังก์ชันการทำงาน ความสัมพันธ์ในการทำงานของคนกับเครื่องจักร ในพื้นที่ปฏิบัติงาน และ พิจารณาความสูญเสียเปล่าที่พบตามหลักความสูญเสียเปล่า 7 ประการของระบบการผลิตแบบโตโยต้า

1. ข้อมูลทั่วไปของเครื่องจักรตัวอย่าง (เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ) ขนาดตะกร้า (Batch Size) 40 ชิ้นต่อตะกร้า รอบการทำงาน (Cycle Time) 1.5 นาทีต่อรอบ กำลังผลิต 1,600 ชิ้นต่อชั่วโมง ทำงานประมาณวันละ 21 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 6 วัน
2. ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 7 ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

เครื่องล้างชิ้นงานจะเริ่มต้นจากสถานีที่ 0 โดยผู้ปฏิบัติงานจะนำตะกร้าชิ้นงานมาวางที่สถานีนี้ แล้วเครื่องจักรจะทำการเคลื่อนย้ายตะกร้าไปล้างที่สถานีที่ 1-7 โดยอัตโนมัติ และหลังจากนั้นจะทำการเป่าแห้งที่สถานีที่ 8-9 แล้วส่งตะกร้าออกที่สถานีที่ 10

สถานีที่ 0 “สถานีรับตะกร้าชิ้นงาน”

ผู้ปฏิบัติงานจะนำตะกร้าชิ้นงานมาวางที่สถานีนี้ โดยเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบตะกร้า จะทำการเลื่อนตะกร้าเข้าสู่ภายในเครื่องโดยผ่านระบบสายพานลำเลียงเพื่อรอให้หุ่นยนต์มาทำการนำตะกร้าไปยังสถานีถัดไป

สถานีที่ 1-2 “สถานีล้างสารเคมีที่ 1-2”

หุ่นยนต์จะนำตะกร้ามาจากสถานีก่อนหน้ามาวางไว้ที่สถานีนี้ เพื่อทำการล้างโดยใช้สารเคมีร่วมกับอุลตราโซนิกส์และฮีตเตอร์ตามรอบการทำงานประมาณ 1 นาที แล้วหุ่นยนต์จึงมาทำการย้ายตะกร้าไปยังสถานีถัดไป

สถานีที่ 3 “สถานีล้างน้ำที่ 1”

หุ่นยนต์จะนำตะกร้ามาจากสถานีก่อนหน้ามาวางไว้ที่สถานีนี้ เพื่อทำการฉีดล้างโดยใช้น้ำและฮีตเตอร์ตามรอบการทำงานประมาณ 1 นาที แล้วหุ่นยนต์จึงมาทำการย้ายตะกร้าไปยังสถานีถัดไป

สถานีที่ 4-7 “สถานีล้างน้ำที่ 2-5”

หุ่นยนต์จะนำตะกร้ามาจากสถานีก่อนหน้ามาวางไว้ที่สถานีนี้ เพื่อทำการแช่ล้างโดยใช้น้ำร่วมกับอุลตราโซนิกส์และฮีตเตอร์ตามรอบการทำงานประมาณ 1 นาที แล้วหุ่นยนต์จึงมาทำการย้ายตะกร้าไปยังสถานีถัดไป

สถานีที่ 8-9 “สถานีเป่าแห้ง 1-2”

หุ่นยนต์จะนำตะกร้ามาจากสถานีก่อนหน้ามาวางไว้ที่สถานีนี้ เพื่อทำการเป่าแห้งโดยใช้ลมและฮีตเตอร์ตามรอบการทำงานประมาณ 1 นาที แล้วตะกร้าจะถูกเคลื่อนไปยังสถานีถัดไป โดยใช้ระบบสายพานลำเลียง

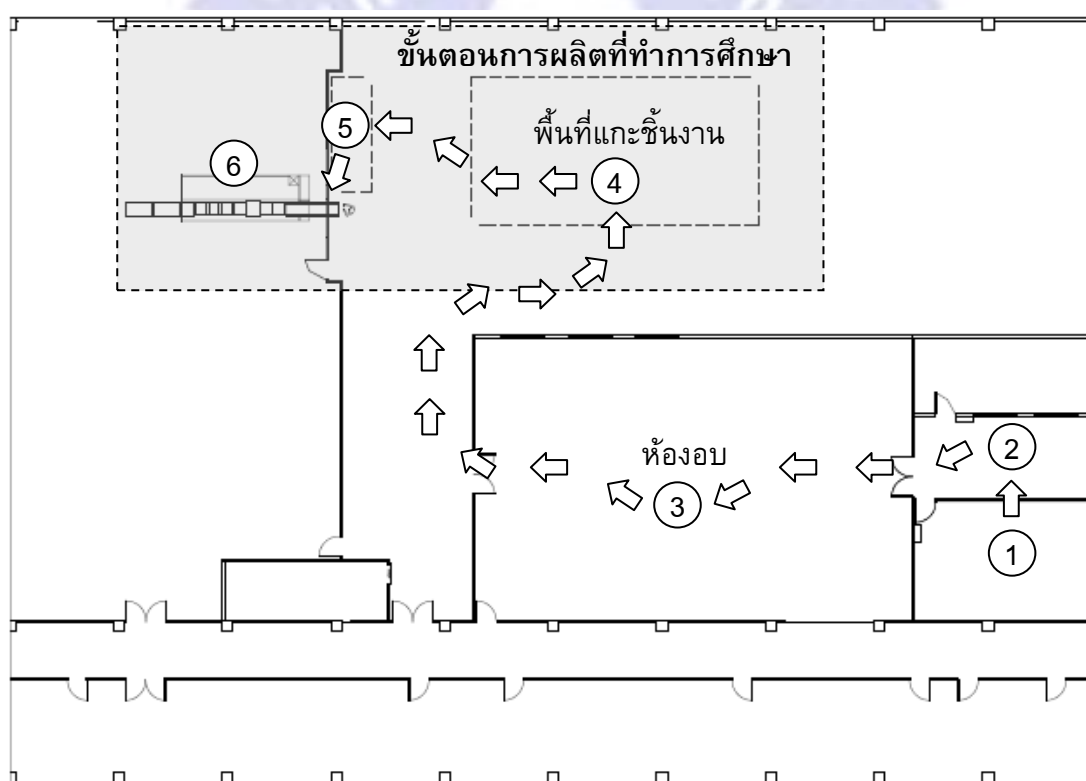
สถานีที่ 10 “สถานีส่งตะกร้าชิ้นงานออก”

สายพานลำเลียงจะเลื่อนตะกร้ามาจากสถานีก่อนหน้า แล้วนำมาไว้ที่สถานีนี้ เพื่อรอให้ผู้ปฏิบัติงานมานำตะกร้าที่ล้างเสร็จเรียบร้อยแล้วไปยังกระบวนการถัดไป

3. การสำรวจหาความสูญเสียเปล่า 7 ประการ ตามหลักการผลิตแบบโตโยต้า ได้แก่ การผลิตเกินความต้องการ (Over Production) กระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็น (Over Processing) การขนย้าย (Transportation) สินค้าคงคลัง (Inventory) การเคลื่อนไหว (Motion) การรอคอย (Waiting) และของเสีย (Defect) โดยได้เข้าทำการตรวจสอบและเก็บข้อมูลที่พื้นที่ปฏิบัติงานจริง (Fact Finding) ดังนี้

3.1 พื้นที่ทำงานและขั้นตอนการผลิต (กระบวนการขึ้นรูป)

- 3.1.1 กระบวนการผสมสารเคมีจะผลิตตามแผนผลิตทุกวันที่ห้องผสมสาร
- 3.1.2 พนักงานนำสารที่ผสมแล้วไปบรรจุเข้าในแม่พิมพ์ที่ห้องบรรจุสาร
- 3.1.3 พนักงานนำแม่พิมพ์ที่บรรจุสารไปขึ้นรูปที่ตู้อบ
- 3.1.4 พนักงานนำชิ้นงานออกจากตู้อบไปแกะที่พื้นที่แกะงาน
- 3.1.5 พนักงานนำชิ้นงานใส่รถเข็นไปที่พื้นที่พัก เพื่อรอการล้าง
- 3.1.6 พนักงานนำชิ้นงานเข้าเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ หลังจากนั้นจึงส่งไปเคลือบแข็งที่กระบวนการถัดไป



รูปที่ 8 แผนผังการไหลของกระบวนการขึ้นรูป

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.2.1 ผู้ปฏิบัติงานเข็นรถเข็นตะกร้าชิ้นงานจากพื้นที่แกะชิ้นงาน ไปพักรอไว้ที่พื้นที่รองงานด้านทางเข้าเครื่อง (พื้นที่ WIP)

3.2.2 ผู้ปฏิบัติงานนำตะกร้าของเครื่องจักรเปล่ามาวางที่สถานีแรก

3.2.3 ผู้ปฏิบัติงานนำตะกร้าชิ้นงานในรถเข็นมาใส่ตะกร้าเครื่องจักร (2 ตะกร้าชิ้นงานต่อ 1 ตะกร้าของเครื่องจักร)

3.2.4 เครื่องจักรเลื่อนตะกร้าชิ้นงานจากสถานีที่ 0 เข้าล่างที่สถานีที่ 1-9 และออกที่สถานีที่ 10 โดยอัตโนมัติตามเวลารอบเครื่องที่กำหนด

3.2.5 ผู้ปฏิบัติงานนำตะกร้าชิ้นงานออกจากตะกร้าของเครื่องจักรมาใส่รถเข็นเปล่าที่ทางออก เพื่อพักรอให้เต็มรถเข็นแล้วจึงเข็นไปส่งยังกระบวนการถัดไป

3.3 พิจารณาความสูญเสียเปล่าที่พบโดยใช้หลักความสูญเสียเปล่า 7 ประการ

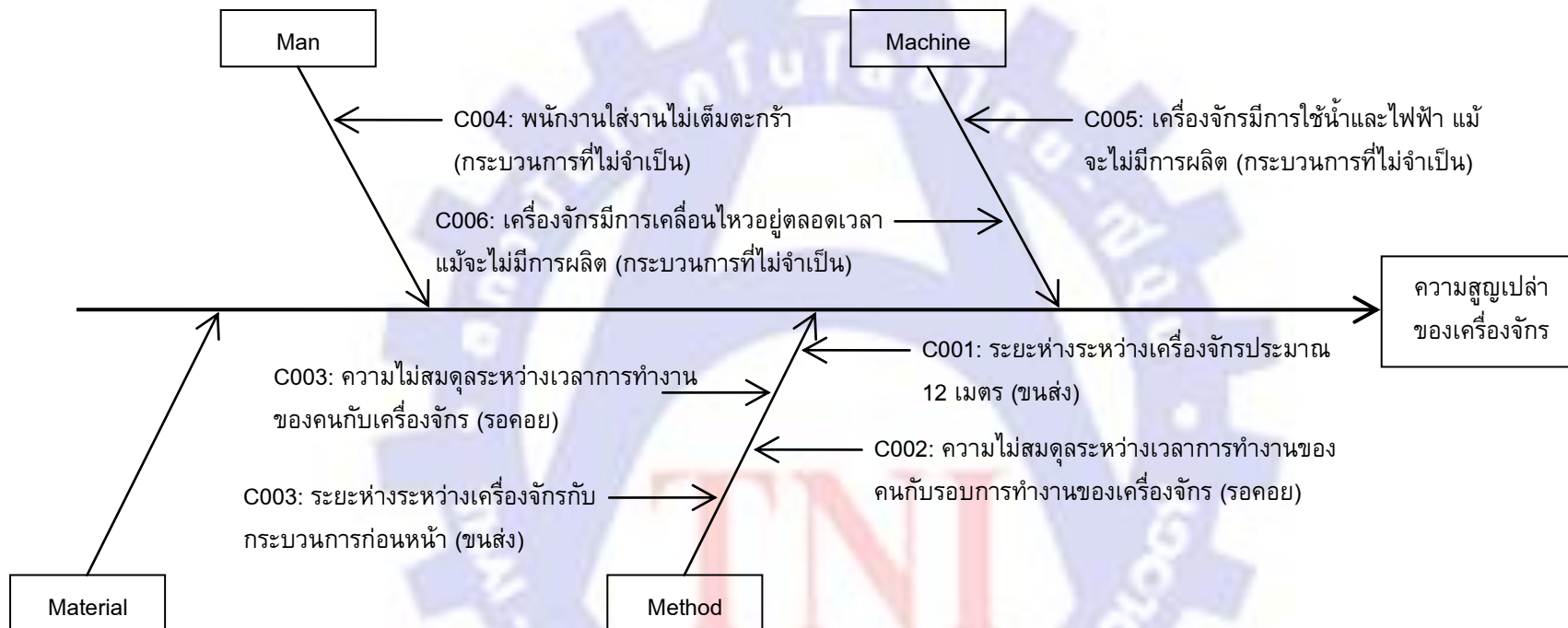
ตารางที่ 2 รายละเอียดของปัญหาที่พบจากการเข้าสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน

ลำดับ	รายละเอียดของปัญหา	รหัสของปัญหา
1	ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินไปนำรถเข็นงานมาจากกระบวนการแกะชิ้นงานเป็นระยะทาง 12 เมตร	C001
2	ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลารอในการใส่ตะกร้าชิ้นงานเข้าเครื่องจักรตามรอบการทำงานของเครื่อง	C002
3	ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินไปนำรถเข็นมาเพิ่มในบางครั้ง ทำให้ต้องเสียเวลาไปประมาณ 1-2 รอบการทำงาน (งานไม่ต่อเนื่อง)	C003
4	ผู้ปฏิบัติงานใส่งานไม่เต็มตะกร้า ทำให้จำนวนชิ้นงานต่อรอบการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	C004
5	เครื่องจักรมีการใช้น้ำตลอดเวลา ถึงแม้จะไม่มีการอยู่ในสถานีที่ 4 ทำให้ต้องต้มน้ำใหม่ให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา	C005
6	เครื่องจักรมีการเคลื่อนไหวยุติตลอดเวลา (ระบบย้ายตะกร้า) ไม่ว่าจะมียุติอยู่ในเครื่องหรือไม่	C006

วิเคราะห์ข้อมูลและระบุปัญหา (Data Analysis and Problem Identification)

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ระบุชนิดของความสูญเสียเปล่าที่พบและกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา พิจารณาระดับความยากง่ายในการปรับปรุง เทียบกับผลประโยชน์ที่จะได้รับและพิจารณาเงินลงทุนเทียบกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาสาเหตุของความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักร โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญในกระบวนการผลิต (4M : Man Machine Method Material)



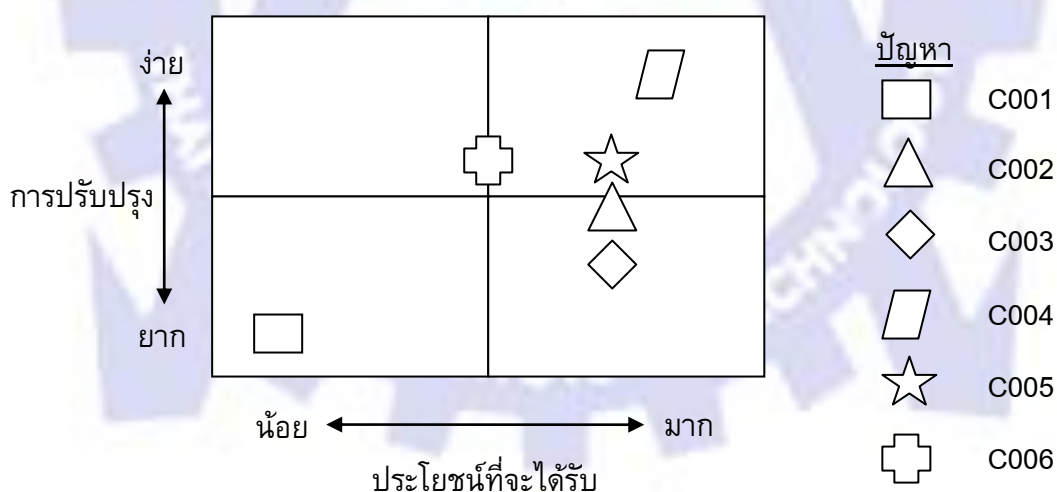
รูปที่ 9 แผนภูมิแก๊งปลาเพื่อหาสาเหตุของความสูญเสียเปล่าของเครื่องจักร โดยพิจารณาปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิต (4M)

2. ระบุชนิดของความสูญเปล่าและกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3 แนวทางการแก้ปัญหาที่พบจากการเข้าสำรวจพื้นที่ปฏิบัติงาน

รหัสของปัญหา	ความสูญเปล่า	แนวทางการแก้ไข
C001	การขนส่ง	จัดผังเครื่องจักรใหม่
C002	รอคอย	ติดตั้งระบบลำเลียงตะกร้าอัตโนมัติเพิ่มที่ทางเข้าเครื่อง เพื่อเพิ่มพื้นที่ให้พนักงานสามารถเตรียมตะกร้าก่อนเข้าเครื่องได้
C003	รอคอย	เมื่อพนักงานตั้งตะกร้าเสร็จแล้วสามารถที่จะไปขนงานใหม่มาเพิ่ม เมื่อไม่มีงานสามารถไปทำอย่างอื่นได้ ดังนั้นต้องพิจารณา ร่วมกับการทำสมดุลของสายการผลิตทั้งกระบวนการ
C004	กระบวนการที่ไม่จำเป็น	อบรมพนักงานให้ใส่งานเต็มตะกร้าทุกครั้งที่ทำกราล้าง
C005	กระบวนการที่ไม่จำเป็น	ปรับปรุงเครื่องจักรให้สามารถจดจำตำแหน่งของชิ้นงานได้ และหยุดใช้น้ำเมื่อไม่มีชิ้นงาน
C006	กระบวนการที่ไม่จำเป็น	ปรับปรุงเครื่องจักรให้หยุดเครื่อง (ออกจากระบบอัตโนมัติ) เมื่อไม่มีงานอยู่ในเครื่องเป็นเวลา 5 นาที

3. พิจารณาระดับความยากง่ายในการปรับปรุงเทียบกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ

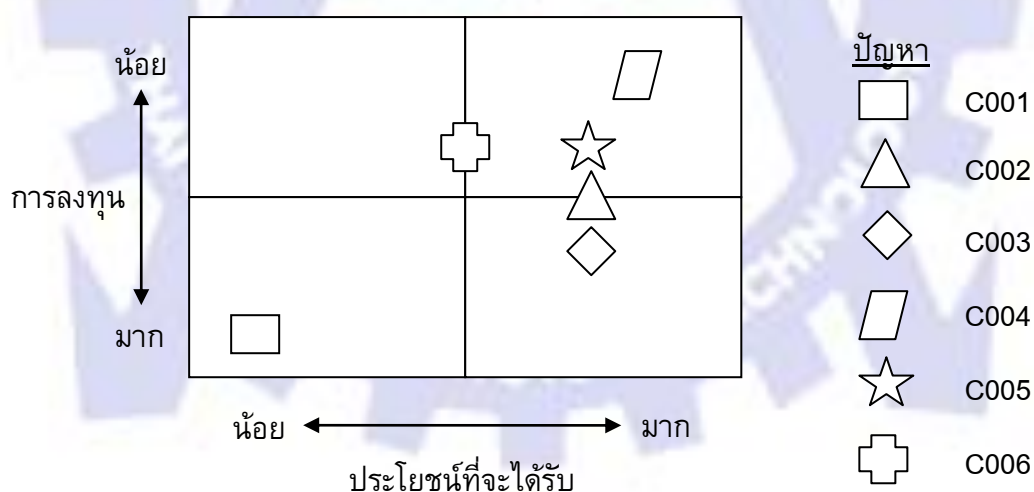


รูปที่ 10 วิเคราะห์ความยากง่ายในการปรับปรุงกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความยากของการแก้ปัญหา กับผลประโยชน์ที่จะได้รับ

รหัสของ ปัญหา	ระดับ ความยาก	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
C001	ยาก	น้อย เนื่องจากการจัดวางเครื่องจักรในปัจจุบันได้ทำการจัด กลุ่มเครื่องจักรอยู่แล้วระยะที่เกิดขึ้นเป็นระยะปกติที่เหมาะสม อยู่แล้ว
C002	ปานกลาง	มาก เนื่องจากจะทำให้เครื่องทำงานได้ทันทุกรอบการทำงาน
C003	ปานกลาง	
C004	ง่าย	มาก สามารถลดปริมาณการใช้น้ำต่อชิ้นได้ทันที โดยไม่ต้อง ปรับปรุงด้านเทคนิค
C005	ปานกลาง	มาก เนื่องจากปัจจุบันเครื่องใช้น้ำตลอดเวลาไม่ว่าจะมีการล้าง ชิ้นงานหรือไม่ และต้องสูญเสียพลังงานเพื่อทำความร้อนให้น้ำ ใหม่อยู่ตลอด (รักษาอุณหภูมิให้ได้ตามมาตรฐาน)
C006	ปานกลาง	ปานกลาง เนื่องจากปัจจุบันเครื่องจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะมีตะกั่วงานหรือไม่ ทำให้สูญเสียพลังงานที่ใช้ในการ เคลื่อนที่ (ไฟฟ้าและแรงดันลม) และอายุการใช้งานของ อุปกรณ์ต่างๆ น้อยลงโดยไม่จำเป็น

4. การลงทุนเทียบกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ



รูปที่ 11 วิเคราะห์การลงทุนในการปรับปรุงกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการลงทุนในการแก้ปัญหา กับผลประโยชน์ที่จะได้รับ

รหัสของ ปัญหา	การลงทุน	ประโยชน์ที่ จะได้รับ
C001	ลงทุนสูง ค่าย้ายเครื่อง ค่ารื้อถอนและติดตั้งสาธารณูปโภคใหม่ และต้องหยุดสายการผลิตเป็นเวลานาน	น้อย
C002	ลงทุนปานกลาง ค่าติดตั้งระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ	มาก
C003	ใช้เวลาในการติดตั้งและทดสอบประมาณ 3 วัน	
C004	ไม่มีการลงทุน	มาก
C005	ลงทุนต่ำ ค่าติดตั้งวาล์วที่ท่อน้ำเข้าและแก้ไขโปรแกรมของเครื่องจักร	มาก
C006	ลงทุนต่ำ แก้ไขโปรแกรมของเครื่องจักร	ปานกลาง

5. ลำดับความสำคัญของความสูญเสีย โดยพิจารณา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความยากง่ายในการปรับปรุง ประโยชน์ที่จะได้รับจากการปรับปรุงและต้นทุนที่ใช้ในการปรับปรุงดังนี้

5.1 ลำดับที่ 1 ปัญหาหมายเลข C004 : ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานไม่เต็มตะกร้า ทำให้จำนวนชิ้นงานต่อรอบการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

5.2 ลำดับที่ 2 ปัญหาหมายเลข C005 : เครื่องจักรมีการใช้น้ำตลอดเวลา ถึงแม้จะไม่มีการอยู่ในสถานะที่ 4 ทำให้ต้องต้มน้ำใหม่ให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา

5.3 ลำดับที่ 3 ปัญหาหมายเลข C006 : เครื่องจักรมีการเคลื่อนไหวยุ่ตลอดเวลา (ระบบย้ายตะกร้า) ไม่ว่าจะมิตะกร้าอยู่ในเครื่องหรือไม่

5.4 ลำดับที่ 4 ปัญหาหมายเลข C002 : ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลารอในการใส่ตะกร้าชิ้นงานเข้าเครื่องจักรตามรอบการทำงานของเครื่อง

5.5 ลำดับที่ 5 ปัญหาหมายเลข C003 : ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินไปนำรถเข็นมาเพิ่มในบางครั้งทำให้ต้องเสียเวลาไปประมาณ 1-2 รอบการทำงาน (งานไม่ต่อเนื่อง)

5.6 ลำดับที่ 6 ปัญหาหมายเลข C001 : ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินไปนำรถเข็นงานมาจากกระบวนกรก่อนเป็นระยะทาง 12 เมตร

จากข้อมูลข้างต้น ผู้ศึกษาได้เลือกปัญหาหมายเลข C005 (ความสำคัญลำดับที่ 2) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและไฟฟ้ามาดำเนินการปรับปรุง สำหรับปัญหาหมายเลข C004 (ความสำคัญลำดับที่ 1) นั้นการแก้ไขจะเป็นการอบรมวิธีปฏิบัติงานให้พนักงานใส่ชิ้นงานให้เต็มทุกตะกร้าก่อนที่จะใส่เข้าไปในเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในทุกๆ รอบการทำงาน ซึ่งผู้ศึกษาได้ดำเนินการแจ้งให้กับฝ่ายผลิต

ได้รับทราบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ส่วนของปัญหาหมายเลข C001 C002 C003 และ C006 (ความสำคัญลำดับที่ 3-6) นั้น ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้ไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา (การประหยัดทรัพยากรน้ำและไฟฟ้า) จึงยังไม่พิจารณาดำเนินการปรับปรุง

6. ความสูญเสียอื่นๆ (การผลิตเกินความต้องการ สินค้าคงคลังและของเสีย)

6.1 การผลิตเกินความต้องการ : เนื่องจากการผลิตสินค้าในแต่ละวัน ฝ่ายผลิตจะดำเนินการผลิตตามแผนการผลิตที่ได้รับมาจากฝ่ายวางแผน และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้ไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา จึงไม่พิจารณาปรับปรุงแก้ไข

6.2 สินค้าคงคลัง : พิจารณาจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ พบว่า ฝ่ายผลิตจะควบคุมปริมาณของงานระหว่างผลิต โดยได้ทำการกำหนดพื้นที่พักรอบริเวณก่อนเข้าเครื่องจักร และทำการตีเส้นพื้นที่ให้สำหรับตั้งรถเข็นได้เพียง 2 คันเท่านั้น จึงไม่พิจารณาปรับปรุงแก้ไข

6.3 ของเสีย : ปริมาณของเสียที่พบในกระบวนการผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่สถานประกอบการได้กำหนดไว้ และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้ไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา จึงไม่พิจารณาปรับปรุงแก้ไข

เลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุง (Topic Selection)

เริ่มจากการกำหนดเป้าหมาย ที่มงานรวมถึงทรัพยากรที่จำเป็น (Man Machine Material) ประเมินความเสี่ยงของโครงการ (Risk Analysis) และกำหนดแผนดำเนินการ (Planning)

1. ขอบเขตที่จะทำการปรับปรุง คือ ปัญหาหมายเลข C005 : เครื่องจักรมีการใช้น้ำตลอดเวลา ถึงแม้จะไม่มีการอยู่ในสถานที่ 4 ทำให้ต้องต้มน้ำใหม่ให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา

2. เป้าหมายที่คาดว่าจะได้รับ (Target)

2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

2.1.1 เครื่องจักรมีอัตราการทำงาน 1,600 ชิ้นต่อชั่วโมง

2.1.2 เครื่องจักรทำงานวันละ 21 ชั่วโมง

2.1.3 เครื่องจักรผลิตได้จริงวันละประมาณ 25,000 ชิ้น

2.2 คำนวณหากำลังผลิตที่สูญเสียไป

2.2.1 คำนวณหากำลังผลิตเต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักร จากสูตร

เครื่องจักรผลิตเต็มกำลังต่อวัน = อัตราการผลิตต่อชั่วโมง x จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน

เครื่องจักรผลิตเต็มกำลังต่อวัน = 1,600 ชิ้น x 21 ชั่วโมง = 33,600 ชิ้น

2.2.2 คำนวณหาปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สูญเสียไปจากการทำงาน จากสูตร

ปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สูญเสียไปจากการทำงาน

$$= (\text{เครื่องจักรผลิตเต็มกำลัง} - \text{เครื่องจักรผลิตได้จริง}) / \text{เครื่องจักรผลิตเต็มกำลัง} \times 100\%$$

ปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สูญเสียไปจากการทำงาน

$$= (33,600 - 25,000) / 33,600 \times 100\% = 25.6 \%$$

2.3 กำหนดเป้าหมาย

2.3.1 ปริมาณการใช้น้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 25%)

2.3.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 25%)

2.3.3 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต้องไม่กระทบจากการปรับปรุง

3. กำหนดทรัพยากรที่ต้องใช้ในการศึกษา (Resource)

3.1 ทีมงาน (Man)

3.1.1 ฝ่ายวิศวกรรม (Engineering) ดำเนินการออกแบบการปรับปรุง ควบคุมงาน และแก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มโครงการจนปิดโครงการ

3.1.2 ฝ่ายผลิต (Production) วางแผนผลิตเพื่อให้เครื่องจักรมีเวลาว่าง สำหรับการปรับปรุง เก็บข้อมูล (ของดี ของเสีย) ก่อนและหลังการปรับปรุง จัดเตรียมวัตถุดิบ และพนักงานช่วยเหลือในช่วงการทดสอบ

3.1.3 ฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance) ประสานงานกับผู้รับเหมา ควบคุมการปรับปรุงเครื่องจักร และเก็บข้อมูลการใช้น้ำและไฟฟ้า ก่อนและหลังการปรับปรุง

3.1.4 ฝ่ายคุณภาพ (Quality) ตรวจสอบและยืนยันผลด้านคุณภาพของ ชิ้นงานหลังการปรับปรุง

3.1.5 ฝ่ายความปลอดภัย (Safety) ตรวจสอบระบบความปลอดภัยของ เครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

3.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (เครื่องจักร ตัวอย่าง) มิเตอร์น้ำ มิเตอร์ไฟฟ้า

ตารางที่ 6 รายละเอียดเครื่องมือวัดการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้า

เครื่องมือวัด	จุดที่วัด	ค่าที่วัด	ความละเอียด	รูปภาพ
มิเตอร์น้ำ	ท่อน้ำเข้าถังที่ 3	ปริมาตรน้ำ	0.0001 ลูกบาศก์เมตร	
มิเตอร์น้ำ	ท่อน้ำเข้าถังที่ 4	ปริมาตรน้ำ	0.0001 ลูกบาศก์เมตร	
มิเตอร์ไฟฟ้า รุ่น C.A 8334B ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX	หลังเบรกเกอร์ ไฟฟ้าหลักของ เครื่องจักร	ยูนิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์ ฮาว์)	0.00001 กิโลวัตต์ ฮาว์	

3.3 วัสดุดิบ (Material) ลักษณะของชิ้นงานที่นำมาล้างที่เครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ เป็นชิ้นงานพลาสติกที่แกะออกจากแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว แต่จะยังมีเศษส่วนเกินของพลาสติกที่เหลือจากการขึ้นรูป ผุ่นและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ภายในพื้นที่ปฏิบัติงานติดมาด้วย

4. การประเมินความเสี่ยงของโครงการ (Risk Analysis)

4.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) จะประกอบไปด้วย ระดับของผลกระทบต่อโครงการ (Impact) ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสี่ยง (Probability) และความสามารถในการบริหารจัดการความเสี่ยง (Manageability) เพื่อนำมาคำนวณหาระดับของความเสี่ยง (Criticality Level)

4.1.1 คำจำกัดความ (Definition)

- ระดับของผลกระทบต่อโครงการ (I : Impact) หมายถึง ระดับความรุนแรงของความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต หรือคุณภาพของสินค้า

- ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสี่ยง (P : Probability) หมายถึง จำนวนครั้งที่เกิดหรือโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงในโครงการ
- ความสามารถในการบริหารจัดการความเสี่ยง (M : Manageability) หมายถึง ความสามารถในการจัดการกับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ทั้งการป้องกันและแก้ไข
- ระดับของความเสี่ยง (C : Criticity Level) หมายถึง ระดับของความเสี่ยงที่ได้จากการคำนวณค่าตัวแปร 3 ตัวข้างต้น มีค่าเท่ากับ $\text{Impact} \times \text{Probability} \times \text{Manageability}$

4.1.2 เกณฑ์การให้คะแนน

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนความเสี่ยงของโครงการ

คะแนน	ผลกระทบ (I)	โอกาสที่จะเกิด (P)	ความสามารถในการบริหารจัดการ (M)
10	สินค้าที่ผลิตออกมาไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	100%	ไม่สามารถควบคุมได้
7	กระทบรุนแรง	70%	ควบคุมได้แต่ค่อนข้างยาก
5	กระทบปานกลาง	50%	ควบคุมได้
3	กระทบน้อย	30%	ควบคุมได้ง่าย
1	แทบจะไม่กระทบ หรือไม่มีผลกระทบ	0%	ควบคุมได้ง่ายมาก

4.1.3 เกณฑ์ในการจัดระดับของความเสี่ยง

ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการจัดระดับของความเสี่ยงของโครงการ (คะแนนรวม = ผลกระทบ x โอกาสที่จะเกิด x ความสามารถในการจัดการ)

ผลคะแนน	ระดับของความเสี่ยง	การป้องกันและแก้ไข
300 - 1,000	สูง	จำเป็นต้องระบุ
125 - 299	ปานกลาง	จำเป็นต้องระบุ
0 - 124	น้อย	ไม่จำเป็นต้องระบุ

4.2 ผลการประเมินความเสี่ยง จากการระดมความคิดของทีมงาน (Brain Storming) ช่วงก่อนเริ่มโครงการ โดยระบุระดับความเสี่ยง ผลกระทบ และแนวทางการป้องกันแก้ไข ดังนี้

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความเสี่ยง สาเหตุ ผลกระทบ การป้องกันและแก้ไขของโครงการ

ลำดับ	ความเสี่ยง	สาเหตุ	I	P	M	C	กระทบ	การป้องกันและแก้ไข
1	ไม่มีการเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากร	ไม่มีมิเตอร์วัดที่เครื่องจักร	5	10	3	150	แผนงาน และต้นทุน	ตรวจสอบและติดตั้งเครื่องมือวัด (มิเตอร์น้ำ)
2	ความล่าช้าในการปรับปรุง	ไม่มี I/O ของ PLC ว่าง	5	5	3	75	แผนงาน และต้นทุน	ตรวจสอบแบบและที่ตัวเครื่องจักร
3	ไม่สามารถเข้าติดตั้งและทดสอบระบบได้ตามแผนงาน	เครื่องจักรทำงาน	5	7	5	175	แผนงาน	จัดประชุมระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุง
4	เครื่องจักรทำงานผิด	โปรแกรมใหม่ทำงานผิดพลาด	10	5	5	250	แผนงาน คุณภาพ และความปลอดภัย	สำรองโปรแกรมก่อนปรับปรุงของเครื่องจักร
5	ชิ้นงานไม่สะอาด	การตั้งค่าตัวแปรใหม่ไม่เหมาะสม	10	5	5	250	คุณภาพ	ออกแบบการปรับปรุงให้สามารถกลับมาใช้ตัวแปรเดิมได้ทันที
6	พนักงานทำงานผิดพลาด	พนักงานสับสนกับโปรแกรมใหม่	7	7	5	245	คุณภาพ และความปลอดภัย	ทำการอบรมให้พนักงานและแก้ไขเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction)
7	ฟังก์ชันความปลอดภัยของเครื่องทำงานผิดพลาด	โปรแกรมใหม่ทำงานผิดพลาด	10	5	5	250	ความปลอดภัย	ปรึกษาเจ้าหน้าที่ฝ่ายความปลอดภัยตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดโครงการ

การดำเนินการปรับปรุง (Implementation)

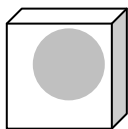
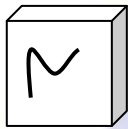
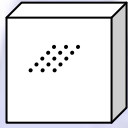
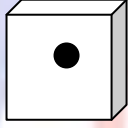
เริ่มจากการเก็บข้อมูลของดี ของเสีย ระบุจำนวน ชนิดของๆ เสียและปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำและไฟฟ้าเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline Record) ออกแบบจัดทำรายละเอียดการปรับปรุงเครื่องจักร (Improvement Concept Design) ดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรตามทีออกแบบไว้ (Equipment Modification) และทดสอบการทำงานของเครื่องจักรหลังปรับปรุง (Equipment Testing) ในส่วนของฟังก์ชันการทำงาน ความปลอดภัย คุณภาพ และปริมาณการประหยัดทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้า

1. เก็บข้อมูลของดี ของเสีย ระบุจำนวน ชนิดของๆ เสียและปริมาณการใช้น้ำและไฟฟ้า (Baseline Record) โดยขอบเขตของการศึกษานี้จะเกี่ยวข้องกับเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องจักรสำคัญที่อยู่ในกระบวนการขึ้นรูป ดังนั้นในการเก็บข้อมูลของดีของเสีย ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของกระบวนการขึ้นรูป และเพื่อให้มั่นใจว่าการปรับปรุงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการผลิตในกระบวนการถัดไป จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของดีของเสียในส่วนของกระบวนการถัดไปด้วย แต่จะไม่ลงรายละเอียดในส่วนของลักษณะของเสียในกระบวนการถัดไปพิจารณาในเทอมของปริมาณเท่านั้น



1.1 ประเภทของเสียที่ตรวจสอบในกระบวนการขึ้นรูป

ตารางที่ 10 ประเภทของเสียที่ตรวจสอบในกระบวนการขึ้นรูป

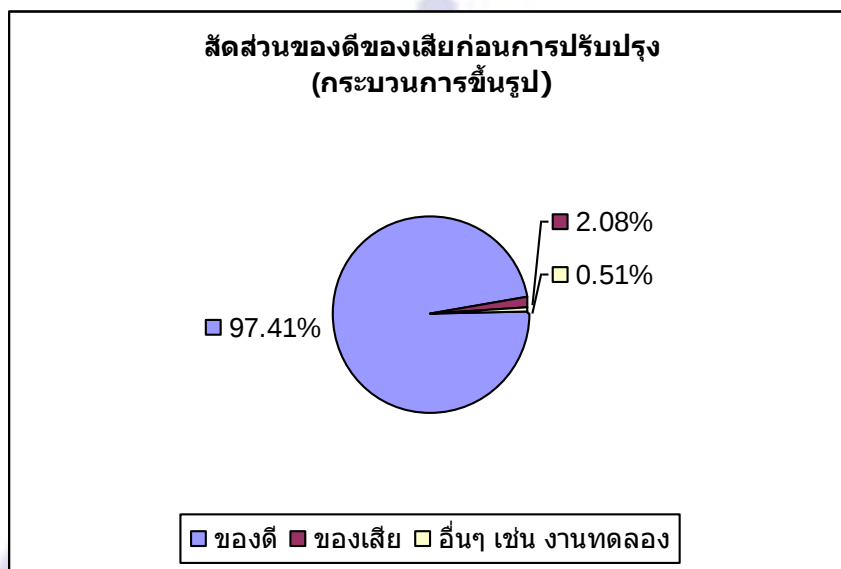
ประเภทของเสีย	ลักษณะ	สาเหตุ
แบบที่ 1	ฟองอากาศ 	การบรรจุสารเข้าแม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์
แบบที่ 2	เส้นใยแปลกปลอม 	ปนเปื้อนขณะผสมสาร หรือ ปนเปื้อนที่แม่พิมพ์ หรือ ปนเปื้อนที่กระบวนการบรรจุสาร
แบบที่ 3	รอยขีดข่วน 	ความบกพร่องของแม่พิมพ์ หรือ สามารถเกิดได้ จากการขนส่งตั้งแต่กระบวนการแกะเป็นต้นไป
แบบที่ 4	กลุ่มเม็ดแปลกปลอม 	ปนเปื้อนขณะผสมสาร หรือ ปนเปื้อนที่แม่พิมพ์ หรือ ปนเปื้อนที่กระบวนการบรรจุสาร
แบบที่ 5	เม็ดแปลกปลอม 	ปนเปื้อนขณะผสมสาร หรือ ปนเปื้อนที่แม่พิมพ์ หรือ ปนเปื้อนที่กระบวนการบรรจุสาร

1.2 ข้อมูลของดีและของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป

ตารางที่ 11 ข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป

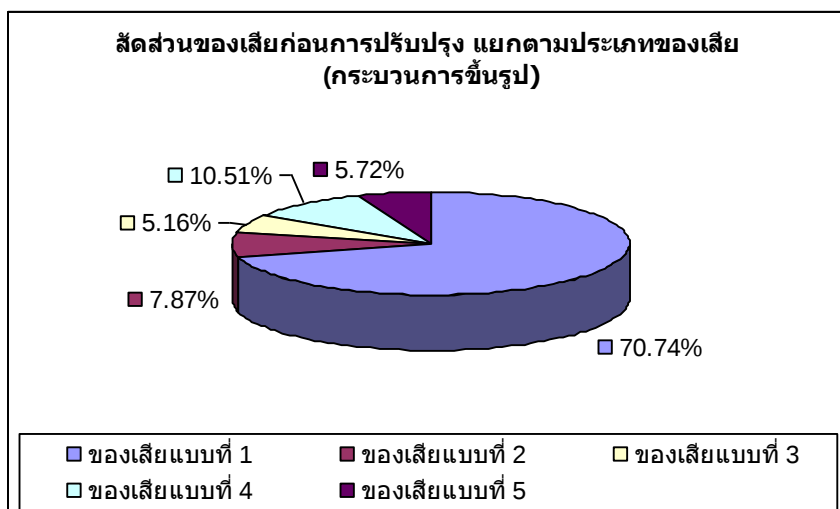
วัน/ เดือน/ปี	จำนวน ผลิต	ชิ้นงาน ดี	ชิ้นงานเสีย					อื่น ๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	
01/10/52	22,888	22,305	366	39	11	80	15	72
02/10/52	22,894	22,307	346	43	15	69	25	89
03/10/52	22,873	22,343	287	32	27	72	27	85
05/10/52	25,261	24,661	332	38	28	65	22	115
06/10/52	24,795	24,153	362	22	23	73	69	93
07/10/52	24,980	24,341	415	34	30	66	21	73
08/10/52	24,918	24,384	343	30	20	46	19	76
09/10/52	24,897	24,347	370	25	23	27	25	80
10/10/52	24,955	24,426	316	32	31	36	14	100
11/10/52	24,942	24,371	335	34	29	39	30	104
12/10/52	25,102	24,516	321	44	33	51	38	99
13/10/52	24,821	24,186	372	53	31	53	28	98
14/10/52	24,848	24,267	313	59	26	64	24	95
15/10/52	24,804	24,246	356	32	20	45	32	73
16/10/52	24,874	24,238	378	43	23	45	71	76
17/10/52	25,497	24,229	380	52	24	38	28	746
19/10/52	24,894	24,301	334	63	31	49	22	94
20/10/52	24,486	23,624	540	55	31	64	25	147
21/10/52	24,891	24,281	382	34	25	37	14	118
22/10/52	24,581	23,910	413	39	31	51	39	98
26/10/52	25,661	24,963	384	49	39	74	35	117
27/10/52	24,621	24,042	338	36	31	42	23	109
ผลรวม	542,483	528,441	7,983	888	582	1,186	646	2,757
(%)	100.00%	97.41%	1.47%	0.16%	0.11%	0.22%	0.12%	0.51%

จากผลการเก็บข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงในกระบวนการขึ้นรูป โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 22 วันทำงาน พบว่า ในการทำงานปกติจะผลิตสินค้าอยู่ประมาณวันละ 24,658 ชิ้นต่อวัน พบว่า มีสัดส่วนของดี 97.41% ของเสีย 2.08% และอื่นๆ (เกือบทั้งหมดจะเป็นงานทดลอง) 0.51%



รูปที่ 12 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง)

เมื่อทำการวิเคราะห์ของเสียที่พบในกระบวนการผลิต พบว่า ปริมาณของเสียที่พบมาก คือ ของเสียแบบที่ 1 และของเสียแบบที่ 4 โดยรวมแล้วคิดเป็น 81.25% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ซึ่งถ้าสถานประกอบการต้องการจะลดปริมาณของเสียในกระบวนการขึ้นรูป ควรจะพิจารณาของเสียทั้ง 2 ประเภทนี้ก่อน โดยจะส่งผลให้ปริมาณของเสียโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 13 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการขึ้นรูปแยกตามประเภทของเสีย (ก่อนปรับปรุง)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจะพิจารณาเฉพาะของเสียแบบที่ 2, 3 และ 5 ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของเครื่องล่าง (ความสะอาดในการล่าง) เป็นหลัก อย่างไรก็ตามก็ทำการบันทึกค่าของเสียทุกประเภทที่เกิดขึ้นในสายการผลิตด้วย เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นหลักฐานในการยืนยันผลการทดลอง

1.3 ข้อมูลของดีและของเสียก่อนปรับปรุง (กระบวนการถัดไป)

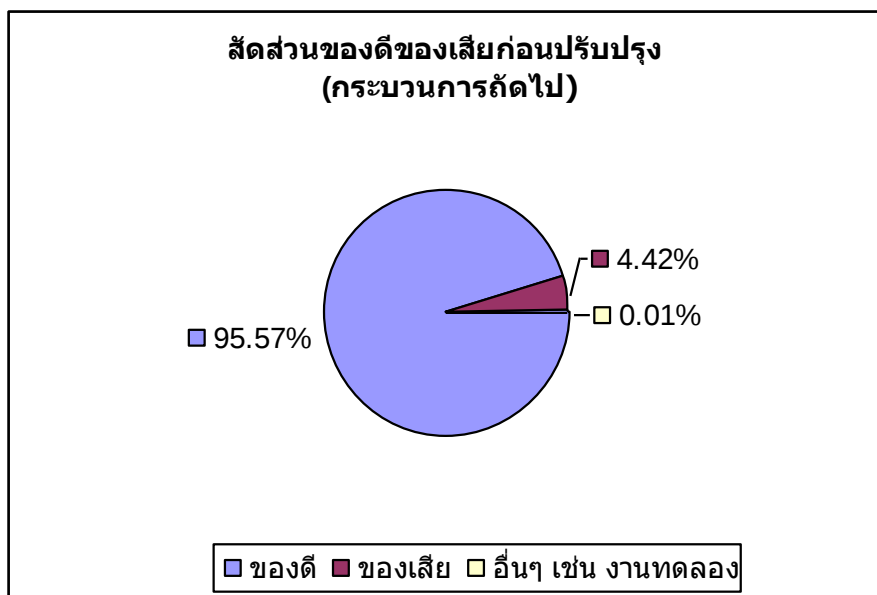
ตารางที่ 12 ข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการขึ้นรูป

วัน/เดือน/ ปี	จำนวนผลิต	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย							อื่น ๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6	แบบ 7	
1/10/52	1,018	1,000	3	0	3	8	0	3	1	0
2/10/52	1,847	1,777	11	0	5	24	3	11	16	0
3/10/52	1,242	1,197	22	0	3	1	6	3	10	0
4/10/52	622	612	3	0	0	4	0	1	2	0
5/10/52	545	530	3	0	0	11	0	1	0	0
6/10/52	78	73	0	0	1	0	0	0	4	0
7/10/52	19	16	3	0	0	0	0	0	0	0
10/10/52	1,820	1,747	0	1	24	20	0	9	19	0
11/10/52	160	156	0	0	0	2	0	0	2	0
12/10/52	4,618	4,403	1	9	65	50	7	11	72	0
13/10/52	2,128	2,038	1	0	22	19	6	17	25	0
14/10/52	7,697	7,413	0	2	45	94	10	34	99	0
15/10/52	4,930	4,657	16	0	19	145	3	20	70	0
16/10/52	6,080	5,776	4	3	28	157	11	8	89	4

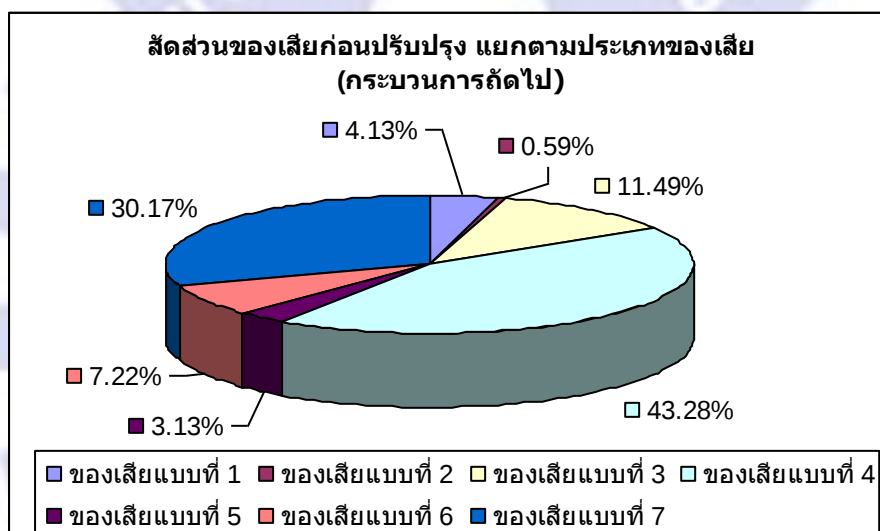
ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการขึ้นรูป (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	จำนวนผลิต	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย							อื่นๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6	แบบ 7	
17/10/52	6,473	6,212	2	0	15	98	6	16	123	1
18/10/52	832	751	10	0	0	59	1	1	8	2
19/10/52	4,648	4,478	0	1	25	76	1	13	54	0
20/10/52	2,246	2,133	1	0	6	51	9	14	31	1
21/10/52	2,086	2,042	3	0	3	16	2	0	20	0
22/10/52	4,104	3,902	17	0	5	106	7	9	58	0
23/10/52	461	435	0	0	2	10	1	0	13	0
24/10/52	2,827	2,714	0	0	18	35	4	7	49	0
26/10/52	2,268	2,109	6	0	18	104	4	10	17	0
27/10/52	2,711	2,565	6	0	5	85	4	8	37	1
ผลรวม	61,460	58,736	112	16	312	1,175	85	196	819	9
(%)	100.00%	95.57%	0.18%	0.03%	0.51%	1.91%	0.14%	0.32%	1.33%	0.01%

จากผลการเก็บข้อมูลของดีของเสียก่อนปรับปรุงในกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป โดยทำการเก็บข้อมูลหลังเสร็จสิ้นกระบวนการเป็นเวลา 16 วันทำงาน พบว่า ในการทำงานปกติจะผลิตสินค้าอยู่ประมาณวันละ 3,841 ชิ้นต่อวัน โดยมีสัดส่วนของดี 95.57% ของเสีย 4.42% และอื่นๆ (ส่วนใหญ่จะเป็นงานทดลอง) อีก 0.01%



รูปที่ 14 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 15 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป แยกตามประเภทของเสีย (ก่อนปรับปรุง)

เมื่อทำการวิเคราะห์ของเสียที่พบในกระบวนการถัดไป พบว่า ปริมาณของเสียที่พบบ่อย คือ ของเสียแบบที่ 4 ของเสียแบบที่ 7 และของเสียแบบที่ 3 โดยรวมแล้วคิดเป็น 84.94% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ซึ่งถ้าสถานประกอบการต้องการจะลดปริมาณของเสียใน

กระบวนการนี้ ควรจะพิจารณาของเสียทั้ง 3 ประเภทนี้ก่อน โดยจะส่งผลให้ปริมาณของเสียโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

1.4 ข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติก่อนปรับปรุง โดยทำการเก็บข้อมูลที่ถึง 3 และ 4 ซึ่งมีการปล่อยน้ำทิ้งในระหว่างการผลิต

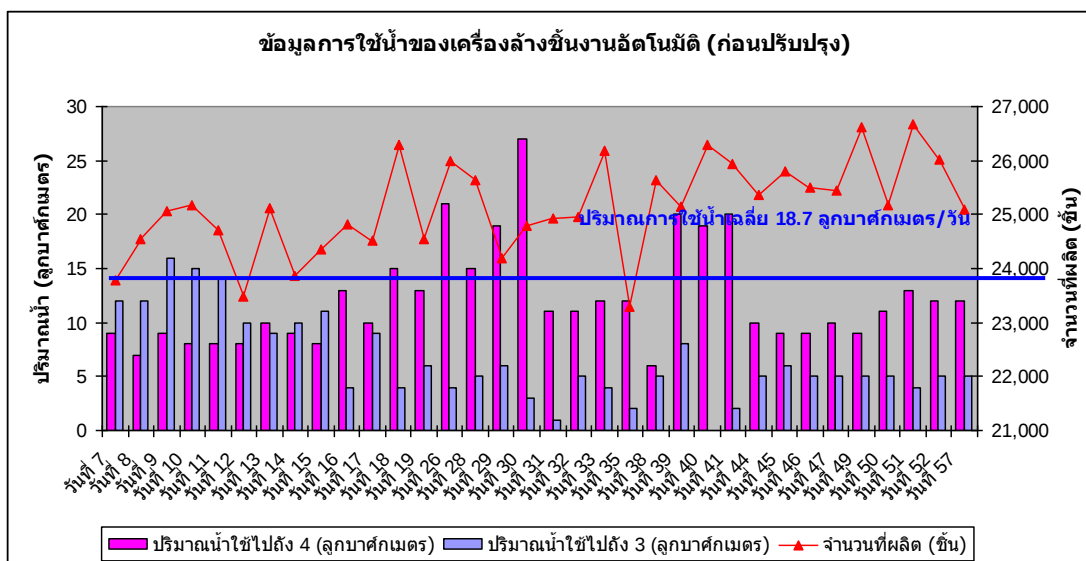
ตารางที่ 13 ข้อมูลของการใช้น้ำก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)			จำนวนผลิตต่อวัน		ปริมาณน้ำ ต่อชิ้น (ลิตร)	ปริมาณน้ำ ต่อตะกร้า (ลิตร)
	ถึง 4	ถึง 3	รวม	ชิ้น	ตะกร้า		
7/9/52	9	12	21	23,775	742	0.88	28.30
8/9/52	7	12	19	24,545	698	0.77	27.22
9/9/52	9	16	25	25,065	709	1.00	35.26
10/9/52	8	15	23	25,170	707	0.91	32.53
11/9/52	8	14	22	24,715	698	0.89	31.52
12/9/52	8	10	18	23,495	670	0.77	26.87
13/9/52	10	9	19	25,125	695	0.76	27.34
14/9/52	9	10	19	23,856	681	0.80	27.90
15/9/52	8	11	19	24,345	683	0.78	27.82
16/9/52	13	4	17	24,805	704	0.69	24.15
17/9/52	10	9	19	24,530	695	0.77	27.34
18/9/52	15	4	19	26,290	718	0.72	26.46
19/9/52	13	6	19	24,534	666	0.77	28.53
26/9/52	21	4	25	25,995	710	0.96	35.21
28/9/52	15	5	20	25,645	694	0.78	28.82
29/9/52	19	6	25	24,180	667	1.03	37.48
30/9/52	27	3	30	24,789	689	1.21	43.54
1/10/52	11	1	12	24,940	689	0.48	17.42
2/10/52	11	5	16	24,965	693	0.64	23.09
3/10/52	12	4	16	26,190	661	0.61	24.21
5/10/52	12	2	14	23,295	654	0.60	21.41
8/10/52	6	5	11	25,635	695	0.43	15.83
9/10/52	20	8	28	25,150	698	1.11	40.11
10/10/52	19	0	19	26,285	707	0.72	26.87
11/10/52	20	2	22	25,950	687	0.85	32.02
14/10/52	10	5	15	25,365	693	0.59	21.65

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลของการใช้น้ำก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)			จำนวนผลิตต่อวัน		ปริมาณน้ำ ต่อชิ้น (ลิตร)	ปริมาณน้ำ ต่อตะกร้า (ลิตร)
	ถัง 4	ถัง 3	รวม	ชิ้น	ตะกร้า		
15/10/52	9	6	15	25,800	697	0.58	21.52
16/10/52	9	5	14	25,505	696	0.55	20.11
17/10/52	10	5	15	25,455	697	0.59	21.52
19/10/52	9	5	14	26,605	700	0.53	20.00
20/10/52	11	5	16	25,185	680	0.64	23.53
21/10/52	13	4	17	26,675	702	0.64	24.22
22/10/52	12	5	17	26,010	699	0.65	24.32
27/10/52	12	5	17	25,095	679	0.68	25.04
ค่าเฉลี่ย	12.2	6.5	18.7	25,146	693	0.75	27.30

จากผลการเก็บข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติก่อนปรับปรุง โดยทำการจดบันทึกทุกๆ 7 โมงเช้าก่อนเริ่มงานของทุกวันเป็นเวลา 34 วันทำงาน พบว่า ในวันทำงานปกติที่มีสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรตัวอย่างอยู่ประมาณ 25,146 ชิ้น จำนวน 693 ตะกร้า มีการใช้น้ำเฉลี่ย 18.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ คิดเป็น 27.3 ลิตรต่อตะกร้า หรือ คิดเป็น 0.75 ลิตรต่อชิ้นงาน จากข้อมูลข้างต้น พบว่า พนักงานยังมีการใส่งานไม่เต็มตะกร้าในการล้างต่อครั้ง ซึ่งปกติแล้วหนึ่งตะกร้าจะสามารถใส่ชิ้นงานได้ 40 ชิ้น ถ้าใช้ 693 ตะกร้า ควรจะใส่ชิ้นงานได้ทั้งหมด 27,720 ชิ้น แต่พนักงานใส่งานจริงเพียง 25,146 ชิ้นเท่านั้น ทำให้กำลังผลิตของเครื่องจักรสูญเสียไป 9.29%



รูปที่ 16 แสดงข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนปรับปรุง)

1.5 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติก่อนปรับปรุง

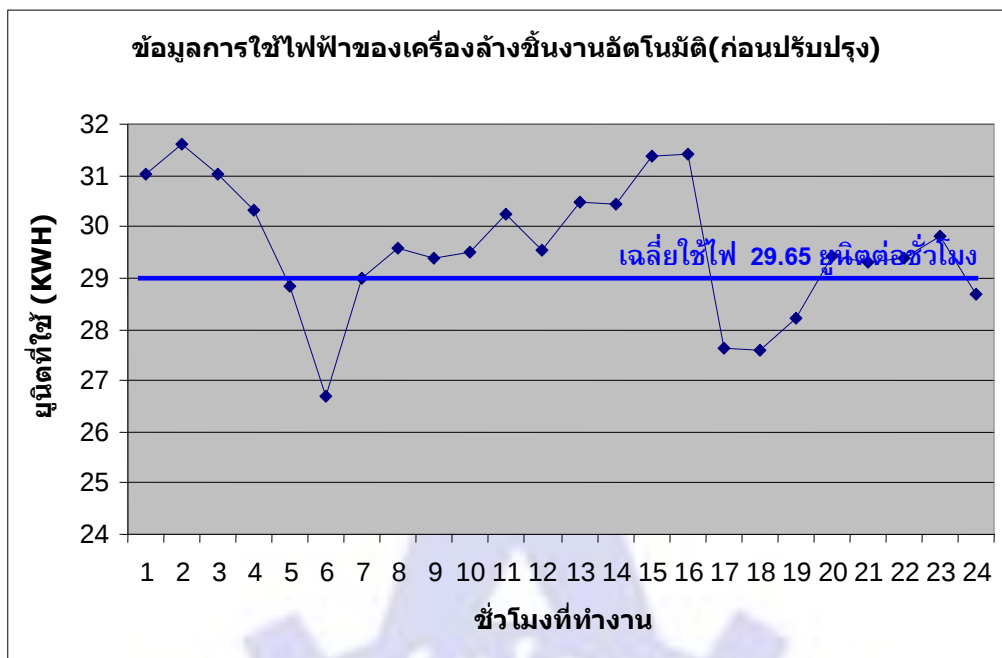
ตารางที่ 14 ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	ชั่วโมงที่	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)
24/02/52	1	31.01
24/02/52	2	31.62
24/02/52	3	31.04
24/02/52	4	30.33
24/02/52	5	28.85
24/02/52	6	26.70
24/02/52	7	29.00
24/02/52	8	29.56
24/02/52	9	29.37
24/02/52	10	29.49
24/02/52	11	30.24
24/02/52	12	29.53
24/02/52	13	30.46
24/02/52	14	30.42

ตารางที่ 14 ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าก่อนปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ชั่วโมงที่	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ ฮาวร์)
24/02/52	15	31.38
24/02/52	16	31.42
24/02/52	17	27.64
24/02/52	18	27.59
24/02/52	19	28.22
24/02/52	20	29.44
24/02/52	21	29.32
24/02/52	22	29.39
24/02/52	23	29.83
24/02/52	24	28.70
ยูนิตไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (กิโลวัตต์ ฮาวร์)		711.55

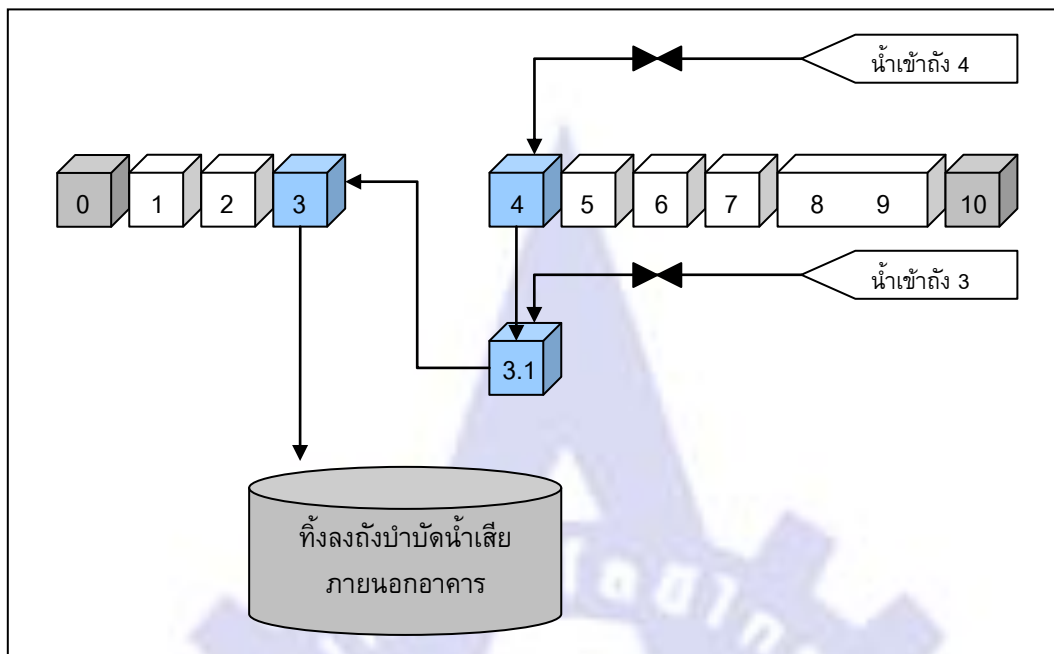
จากผลการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติก่อนการปรับปรุง โดยทำการบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2552 เวลา 16:00 นาฬิกา จนถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2552 เวลา 16:00 นาฬิกา พบว่า ยูนิตไฟฟ้าที่ใช้ไปเท่ากับ 711.55 หน่วยต่อจำนวนชิ้นงาน 22,935 ชิ้น หรือคิดเป็น 0.031 ยูนิตต่อชิ้น (1 ยูนิต = 1 กิโลวัตต์ ฮาวร์)



รูปที่ 17 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชั้นงานอัตโนมัติ (ก่อนปรับปรุง)

2. ออกแบบและจัดทำรายละเอียดการปรับปรุงเครื่องจักร (Improvement Concept Design) เพื่อแก้ไขปัญหาหมายเลข C005 : เครื่องจักรมีการใช้น้ำตลอดเวลา ถึงแม้จะไม่มีการทำงานในสถานะที่ 3 และ 4 ทำให้ต้องต้มน้ำใหม่ให้ร้อนอยู่ตลอดเวลา

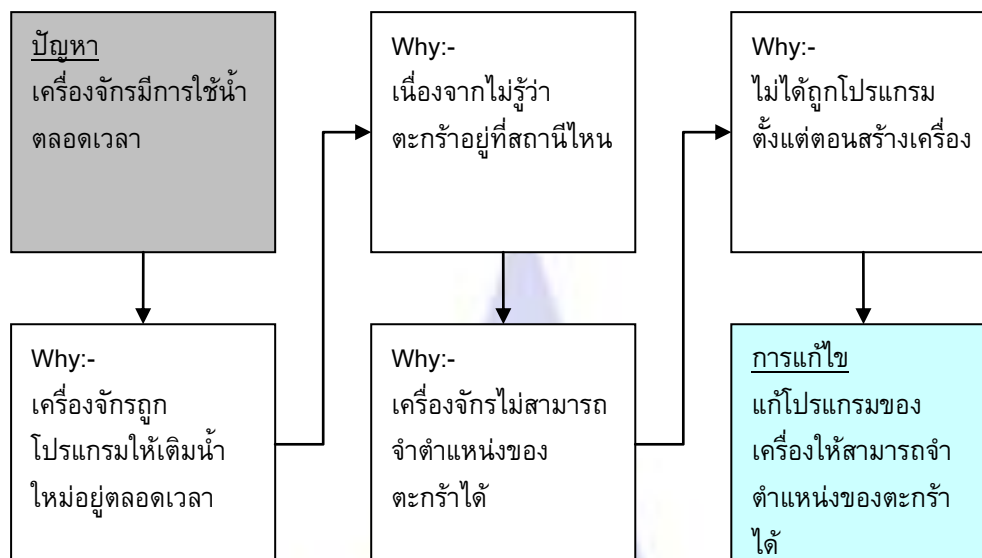
2.1 ลักษณะการไหลของน้ำที่สถานี 3 และ 4



รูปที่ 18 แสดงลักษณะการไหลของน้ำที่สถานีที่ 3 และ 4

จากแผนภาพการไหลของน้ำที่สถานีที่เติมถึง 3.1 จะมาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ น้ำใหม่และน้ำที่ล้นมาจากถังที่ 4 ซึ่งสำหรับน้ำใหม่จะมีวาล์วอัตโนมัติคอยเติมเพื่อรักษาให้ระดับน้ำในถัง 3.1 เต็มอยู่เสมอ และจะปั๊มไปให้ถัง 3 ตามรอบการทำงานของเครื่องจักร สำหรับถังที่ 4 จะรับน้ำจากน้ำใหม่ตลอดเวลาไม่ว่าจะล้างงานหรือไม่ ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามหลักการปรับปรุงงาน ECRS พบว่า มีกระบวนการใช้น้ำที่สูญเปล่าอยู่ในขั้นตอนการผลิตของทั้ง 2 สถานี (ถัง 3 และถัง 4) จึงควรปรับปรุงโดยใช้หลักการกำจัด (Eliminate) ทำการตัดการใช้น้ำในขณะที่ไม่มีการผลิตงาน

2.2 หาแนวทางการแก้ปัญหา (Why-Why Analysis) โดยการถามทำไม-ทำไม เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง จนกว่าจะไม่สามารถถามได้อีก



รูปที่ 19 การใช้ Why-Why หาวิธีการแก้ปัญหา C005

3. ดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรตามที่ยกแบบไว้ (Equipment Modification) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ตามหลักของ Why-Why Analysis แล้ว พบว่า การปรับปรุงที่จำเป็นเพื่อแก้ไข ปัญหาหมายเลข C005 คือ การแก้ไขโปรแกรมภายในของเครื่องจักรให้สามารถจดจำตำแหน่ง ของตะกร้าได้ และสามารถนำไปควบคุมการทำงานของวาล์วจ่ายน้ำอัตโนมัติให้จ่ายน้ำเฉพาะ เวลาที่มีตะกร้าเท่านั้น

โดยผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องจักรแล้ว พบว่า เครื่องจักรมี เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับตะกร้าอยู่แล้วที่สถานีที่ 0 จึงได้ทำการเลือกใช้เป็นสัญญาณเริ่มต้น และได้เลือกใช้หน่วยความจำภายในพีแอลซี (M200) ขนาด 16 บิตเป็นตัวจำตำแหน่งตะกร้า ภายในเครื่องจักร

หน่วยความจำภายใน

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

กำหนดให้ บิตที่ M200 แทนสถานีที่ 0 บิตที่ M201 แทนสถานีที่ 1 บิตที่ M202 แทน สถานีที่ 2 บิตที่ M203 แทนสถานีที่ 3 บิตที่ M204 แทนสถานีที่ 4 บิตที่ M205 แทนสถานีที่ 5 บิตที่ M206 แทนสถานีที่ 6 บิตที่ M207 แทนสถานีที่ 7 บิตที่ M208 แทนสถานีที่ 8 บิตที่ M20A แทนสถานีที่ 9 บิตที่ M20B แทนสถานีที่ 10 ส่วนบิตที่เหลือจะไม่สนใจ สถานะของ

แต่ละบิตจะแทนตะกร้าที่อยู่ในสถานีนั้นๆ เช่น ถ้าบิตที่ M204 มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ามีตะกร้าอยู่ที่สถานีที่ 4

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นโดยรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่อยู่สถานีที่ 0 โดยจะนำมามีค่าให้บิต M200 มีค่าเป็น 1 และเมื่อครบรอบการทำงาน หุ่นยนต์จะมาย้ายตะกร้าจากสถานีที่ 0 ไปยังสถานีที่ 1 ขณะเดียวกันโปรแกรมจะทำการชิปค่าของบิตไปที่บิตที่บิตในรอบการทำงาน ทำให้เครื่องจักรสามารถจดจำตำแหน่งของตะกร้าได้เป็นปัจจุบัน

ตัวอย่างเช่น ผู้ปฏิบัติงานใส่ตะกร้าเข้าที่สถานีที่ 0 จำนวน 1 ตะกร้า เมื่อเซ็นเซอร์ที่สถานีที่ 0 จับสัญญาณได้จะสั่งให้บิต M200 มีค่าเป็น 1

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

และเมื่อครบหนึ่งรอบการทำงาน โปรแกรมจะชิปค่าของบิตก่อนหน้าไปยังบิตถัดไป

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

และจะทำการชิปค่าของบิตอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ทุกๆ รอบการทำงานของเครื่อง

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

และเมื่อตะกร้ามาถึงสถานีที่ 3 M203 จะมีค่าเป็น 1 ซึ่งโปรแกรมจะนำค่านี้ไปทำการสั่งให้เปิดปิดน้ำเข้าสถานีที่ 3 และปิดอัตโนมัติเมื่อตะกร้าย้ายออกไปยังสถานีที่ 4

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

และเมื่อตะกร้ามาถึงสถานีที่ 4 M204 จะมีค่าเป็น 1 ซึ่งโปรแกรมจะนำค่านี้ไปทำการสั่งให้เปิดปิดน้ำเข้าสถานีที่ 4 และปิดอัตโนมัติเมื่อตะกร้าย้ายออกไปยังสถานีที่ 5

M200	M201	M202	M203	M204	M205	M206	M207	M208	M209	M20A
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

เนื่องจากในกรณีศึกษา ผู้ศึกษาได้ทำการปรับปรุงโปรแกรมเครื่องจักรด้วยตนเอง จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาได้ทำการประมาณการค่าใช้จ่ายต้องใช้ในกรณีที่ต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญภายนอกเข้ามาดำเนินการปรับปรุงอยู่ที่ 50,000 บาท

4. ทดสอบการทำงานของเครื่องจักรหลังการปรับปรุง (Equipment Testing) ในส่วนของเครื่อง ความปลอดภัย คุณภาพและผลการประหยัด

4.1 ส่วนของเครื่องจักร ผู้ศึกษาได้ตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องตามจุดประสงค์ของโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นใหม่ พบว่า เครื่องจักรทำงานถูกต้องตามที่ได้โปรแกรมไว้ คือ เครื่องสามารถจำตำแหน่งของตะกร้าที่อยู่ในเครื่องได้และทำการหยุดการใช้น้ำเมื่อไม่มีตะกร้าที่สถานีที่ 3 และ 4

4.2 ส่วนของความปลอดภัย ผู้ศึกษาได้ตรวจสอบฟังก์ชันความปลอดภัยของเครื่องร่วมกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย พบว่า ฟังก์ชันความปลอดภัยของเครื่องยังทำงานได้ตามปกติ เช่น ปุ่มหยุดฉุกเฉิน อุปกรณ์ป้องกันการเคลื่อนที่เกินตำแหน่งของระบบขนส่ง อุปกรณ์ป้องกันการอุณหภูมิกเกินของฮีตเตอร์ เป็นต้น

4.3 ส่วนของคุณภาพ ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจวัดของดีของเสีย ของกระบวนการขึ้นรูปหลังดำเนินการปรับปรุง และในกระบวนการถัดไปเพื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง

การวัดผล (Result Measurement)

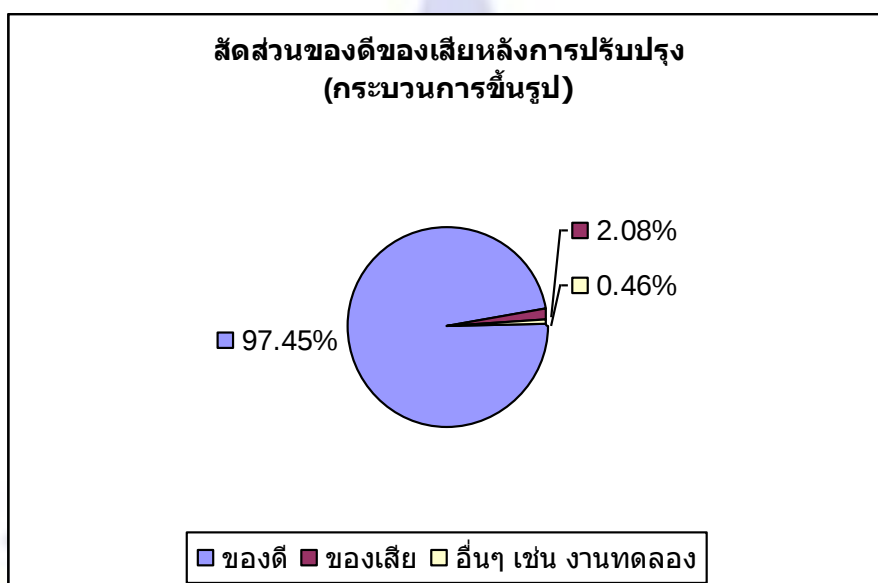
หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงและทำการตรวจสอบ ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร และระบบความปลอดภัยของเครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาจึงทำการเก็บข้อมูลของดี ของเสีย โดยระบุจำนวนและชนิดของๆ เสีย รวมทั้งปริมาณการใช้น้ำและไฟฟ้าหลังการปรับปรุง เพื่อวัดผลการทดลอง พบว่า

1. ข้อมูลของดีและของเสียหลังการปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป

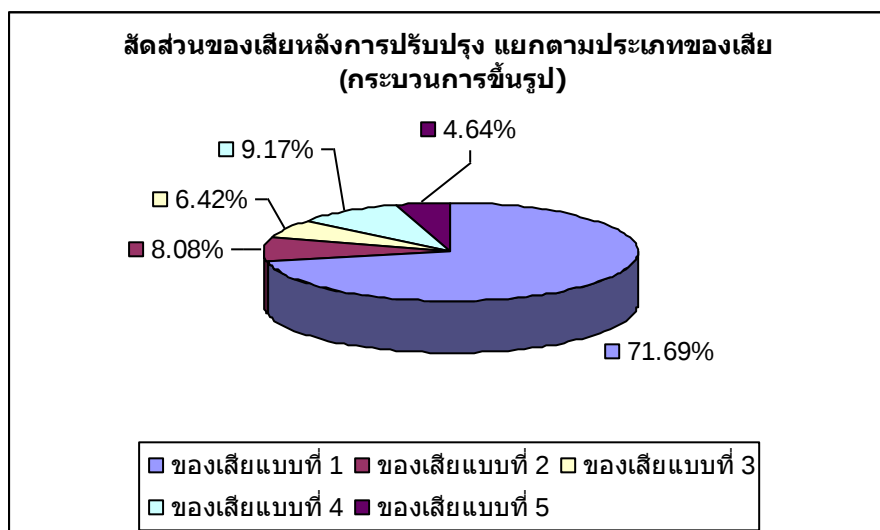
ตารางที่ 15 ข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูป

วัน/ เดือน/ปี	จำนวน ผลิต	ชิ้นงาน ดี	ชิ้นงานเสีย					อื่น ๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	
28/10/52	25,504	24,914	324	43	36	49	28	110
29/10/52	24,851	24,262	397	31	21	28	24	88
30/10/52	25,322	24,720	407	41	20	32	18	84
31/10/52	22,600	21,936	373	37	34	95	25	100
2/11/52	24,190	23,574	377	37	34	46	23	99
3/11/52	23,510	22,982	356	28	16	26	24	78
4/11/52	24,734	24,118	439	37	19	33	20	68
5/11/52	24,885	24,184	502	36	16	40	20	87
6/11/52	24,763	24,013	493	42	50	38	22	105
7/11/52	24,870	24,155	380	32	57	84	21	141
9/11/52	24,479	23,780	354	66	47	76	32	124
10/11/52	24,158	23,383	419	59	59	62	41	135
11/11/52	24,381	23,770	304	52	48	58	36	113
12/11/52	24,381	23,795	303	46	31	63	24	119
13/11/52	24,803	24,230	295	38	36	46	25	133
14/11/52	24,060	23,453	389	40	30	24	25	99
16/11/52	24,632	23,989	302	69	25	69	21	157
17/11/52	24,834	24,211	310	33	35	43	13	189
18/11/52	24,510	23,896	372	33	23	28	6	152
19/11/52	24,321	23,778	339	37	30	27	18	92
20/11/52	24,209	23,704	301	35	22	35	26	86
21/11/52	21,649	21,111	322	29	33	30	25	99
23/11/52	9,546	9,353	90	17	8	10	10	58
ผลรวม	545,192	531,311	8,148	918	730	1,042	527	2,516
(%)	100.00%	97.94%	1.50%	0.17%	0.13%	0.19%	0.10%	0.46%

จากผลการเก็บข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงในกระบวนการขึ้นรูป โดยทำการเก็บข้อมูลหลังจากที่ชิ้นงานออกจากเครื่องล่างชิ้นงานอัตโนมัติเป็นเวลา 23 วันทำงาน พบว่าในการทำงานปกติจะผลิตสินค้าอยู่ประมาณวันละ 23,704 ชิ้นต่อวัน (คิดเฉพาะจำนวนชิ้นงานที่ผ่านเครื่องล่างชิ้นงานอัตโนมัติ) โดยมีสัดส่วนของดี 97.94% ของเสีย 2.09% และอื่นๆ (ส่วนใหญ่จะเป็นงานทดลอง) 0.46%



รูปที่ 20 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 21 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการขึ้นรูป แยกตามประเภทของเสีย (หลังปรับปรุง)

เมื่อทำการวิเคราะห์ของเสียในกระบวนการขึ้นรูปหลังการปรับปรุงแล้ว พบว่า ปริมาณของเสียที่พบมากก็ยังคงเป็นของเสียแบบที่ 1 และของเสียแบบที่ 4 เหมือนก่อนการปรับปรุง โดยรวมแล้วคิดเป็น 80.86% ของปริมาณของเสียทั้งหมด

2. ข้อมูลของดีและของเสียหลังการปรับปรุง (กระบวนการถัดไป)

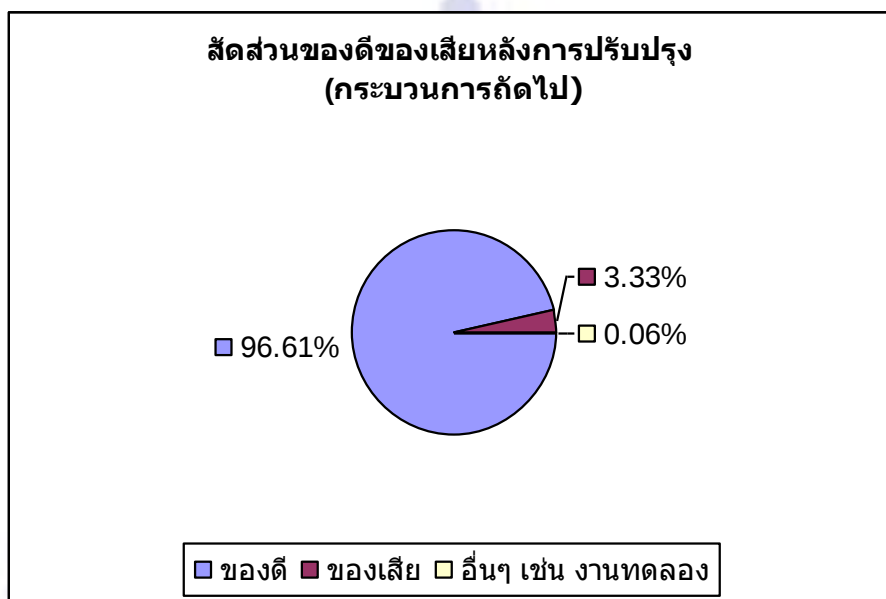
ตารางที่ 16 ข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการขึ้นรูป

วัน/เดือน/ ปี	จำนวนผลิต	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย							อื่น ๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6	แบบ 7	
28/10/52	3,930	3,731	3	0	32	80	2	23	59	0
29/10/52	3,410	3,316	2	0	11	30	4	13	34	0
30/10/52	3,406	3,279	8	0	27	34	0	15	43	0
31/10/52	2,946	2,880	5	2	5	36	3	4	11	0
1/11/52	281	276	1	0	0	4	0	0	0	0
2/11/52	4,695	4,485	13	1	12	127	1	9	39	8
3/11/52	15,680	15,095	19	0	46	285	9	55	166	5
4/11/52	12,604	12,205	5	0	43	197	6	23	108	17
5/11/52	21,466	20,570	24	4	113	349	27	87	270	22
6/11/52	15,369	14,901	12	0	59	189	12	29	165	2
7/11/52	9,064	8,730	13	1	22	156	6	26	102	8
8/11/52	2,258	2,170	4	0	5	42	4	3	30	0
9/11/52	11,067	10,674	24	0	70	153	6	37	74	29

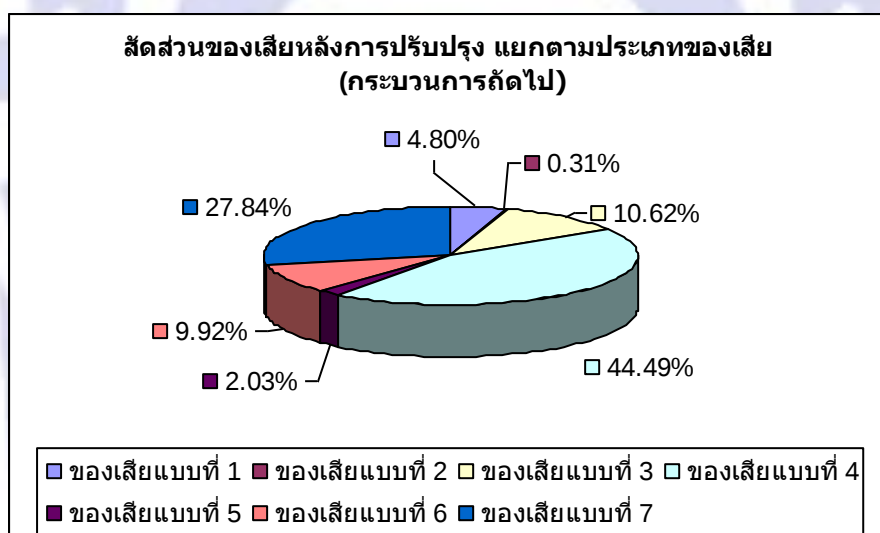
ตารางที่ 16 ข้อมูลของดีของเสียหลังปรับปรุงของกระบวนการถัดไปจากกระบวนการขึ้นรูป (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	จำนวนผลิต	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย							อื่นๆ
			แบบ 1	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 4	แบบ 5	แบบ 6	แบบ 7	
10/11/52	22,449	21,623	34	0	23	437	11	119	186	16
11/11/52	5,206	5,084	6	0	6	47	2	11	47	3
12/11/52	9,903	9,669	15	0	20	101	4	35	58	1
13/11/52	8,152	7,939	10	0	19	78	3	28	75	0
14/11/52	7,960	7,775	5	0	5	96	3	22	54	0
15/11/52	984	965	1	0	3	3	0	3	9	0
16/11/52	20,813	20,189	28	10	100	261	5	58	162	0
17/11/52	3,500	3,344	10	0	28	54	6	14	42	2
18/11/52	6,418	6,145	45	0	26	94	15	21	70	2
19/11/52	6,370	6,119	17	2	31	107	7	28	50	9
20/11/52	4,998	4,848	18	0	11	75	2	10	34	0
21/11/52	2,842	2,782	7	1	11	13	1	7	20	0
23/11/52	210	206	0	0	0	3	0	0	1	0
ผลรวม	205,981	199,000	329	21	728	3,051	139	680	1,909	124
(%)	100.00%	96.61%	0.16%	0.01%	0.35%	1.48%	0.07%	0.33%	0.93%	0.06%

จากผลการเก็บข้อมูลของดีของเสียหลังการปรับปรุงในกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป โดยทำการเก็บข้อมูลหลังเสร็จสิ้นกระบวนการเป็นเวลา 26 วันทำงาน พบว่าในการทำงานปกติจะผลิตสินค้าอยู่ประมาณวันละ 7,922 ชิ้นต่อวัน โดยมีสัดส่วนของดี 96.61% ของเสีย 3.33% และอื่นๆ (ส่วนใหญ่จะเป็นงานทดลอง) อีก 0.06%



รูปที่ 22 แสดงสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 23 แสดงสัดส่วนของเสียของกระบวนการถัดจากกระบวนการขึ้นรูป แยกตามประเภทของเสีย (หลังปรับปรุง)

เมื่อทำการวิเคราะห์ของเสียที่พบในกระบวนการถัดไปหลังการปรับปรุง พบว่าปริมาณของเสียที่พบมากก็ยังคงเป็น ของเสียแบบที่ 4 ของเสียแบบที่ 7 และของเสียแบบที่ 3 โดยรวมแล้วคิดเป็น 82.95% ของปริมาณของเสียทั้งหมด

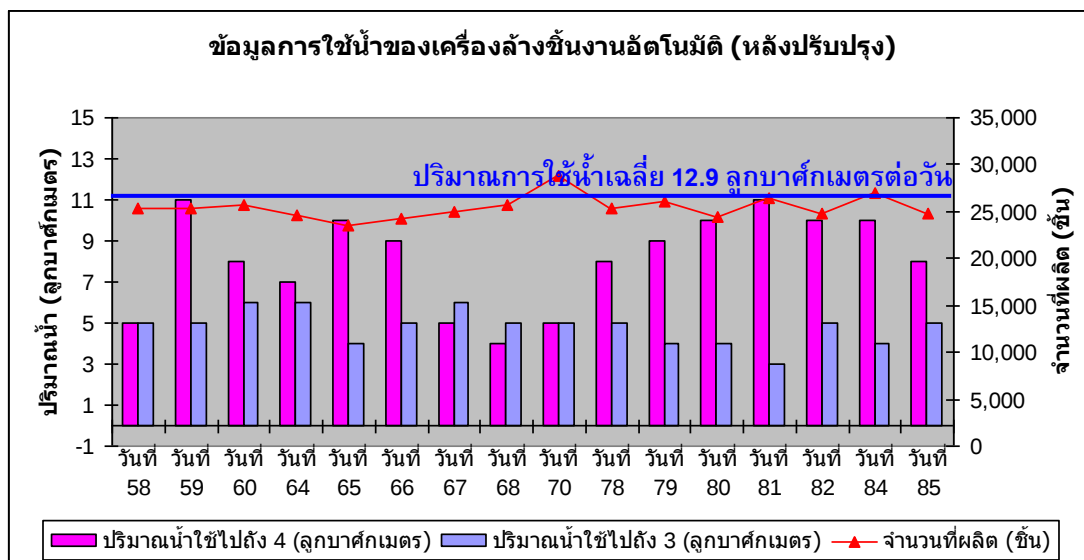
3. ข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 17 ข้อมูลของการใช้น้ำหลังปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)			จำนวนผลิตต่อวัน		ปริมาณน้ำ ต่อชิ้น (ลิตร)	ปริมาณน้ำ ต่อตะกร้า (ลิตร)
	ถัง5	ถัง3	รวม	ชิ้น	ตะกร้า		
28/10/52	5	5	10	25,310	692	0.40	14.45
29/10/52	11	5	16	25,365	694	0.63	23.05
30/10/52	8	6	14	25,625	687	0.55	20.38
3/11/52	7	6	13	24,535	693	0.53	18.76
4/11/52	10	4	14	23,550	655	0.59	21.37
5/11/52	9	5	14	24,215	724	0.58	19.34
6/11/52	5	6	11	25,015	703	0.44	15.65
7/11/52	4	5	9	25,655	722	0.35	12.47
9/11/52	5	5	10	28,845	778	0.35	12.85
17/10/52	8	5	13	25,340	683	0.51	19.03
18/11/52	9	4	13	25,985	687	0.50	18.92
19/11/52	10	4	14	24,440	658	0.57	21.28
20/11/52	11	3	14	26,390	726	0.53	19.28
21/11/52	10	5	15	24,720	682	0.61	21.99
23/11/52	10	4	14	26,930	742	0.52	18.87
24/11/52	8	5	13	24,805	665	0.52	19.55
ค่าเฉลี่ย	8.1	4.8	12.9	25,420	699	0.51	18.58

จากผลการเก็บข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติหลังการปรับปรุง โดยทำการจดบันทึกทุกๆ 7 โมงเช้าก่อนเริ่มงานของทุกวันเป็นเวลา 16 วันทำงาน พบว่า ในวันทำงานปกติที่มีสินค้าที่ผ่านเครื่องจักรตัวอย่างอยู่ประมาณ 25,420 ชิ้น จำนวน 699 ตะกร้า มีการใช้น้ำเฉลี่ย 12.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ คิดเป็น 18.6 ลิตรต่อตะกร้า หรือ คิดเป็น 0.51 ลิตรต่อชิ้นงาน ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว พบว่า พนักงานยังมีการใส่จานไม่เต็มตะกร้าในการล้างต่อครั้ง

ซึ่งถ้าใส่เต็ม 40 ชิ้นต่อตะกร้า ควรจะใส่ชิ้นงานทั้งหมด 27,960 ชิ้น แต่พนักงานใส่จริงเพียง 25,420 ชิ้นเท่านั้น ทำให้กำลังผลิตของเครื่องจักรยังคงสูญเสียไป 9.08%



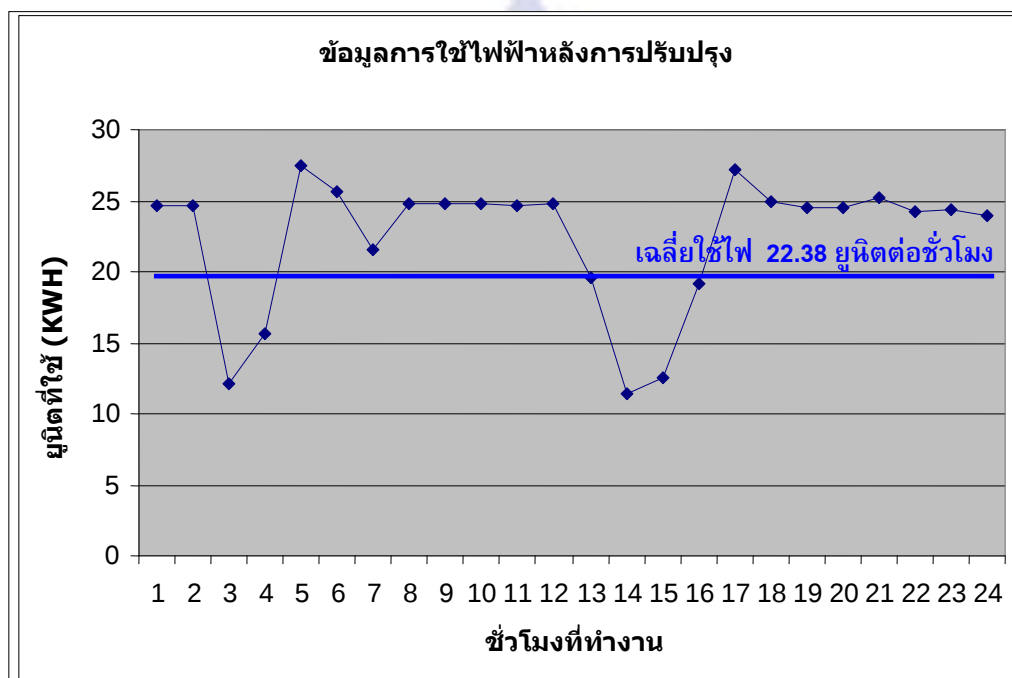
รูปที่ 24 แสดงข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (หลังปรับปรุง)

4. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 18 ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าหลังปรับปรุงของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ

วัน/เดือน/ปี	ชั่วโมงที่	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)
15/06/53	1	24.66
15/06/53	2	24.60
15/06/53	3	12.17
15/06/53	4	15.68
15/06/53	5	27.46
15/06/53	6	25.57
15/06/53	7	21.50
15/06/53	8	24.77
15/06/53	9	24.84
15/06/53	10	24.75
15/06/53	11	24.59
15/06/53	12	24.76
15/06/53	13	19.57
15/06/53	14	11.45
15/06/53	15	12.47
15/06/53	16	19.22
15/06/53	17	27.14
15/06/53	18	24.93
15/06/53	19	24.55
15/06/53	20	24.53
15/06/53	21	25.25
15/06/53	22	24.17
15/06/53	23	24.41
15/06/53	24	24.01
รวมไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)		537.04

จากผลการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชั้นงานอัตโนมัติหลังการปรับปรุง โดยทำการบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าในวันที่ 15 มิถุนายน 2553 เวลา 16:30 นาฬิกา จนถึงวันที่ 16 มิถุนายน 2553 เวลา 16:30 นาฬิกา พบว่า ยูนิทไฟฟ้าที่ใช้ไปเท่ากับ 537.04 หน่วย ต่อจำนวน ชั้นงาน 27,570 ชั้น หรือคิดเป็น 0.0195 ยูนิทต่อชั้น



รูปที่ 25 แสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชั้นงานอัตโนมัติ (หลังปรับปรุง)

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

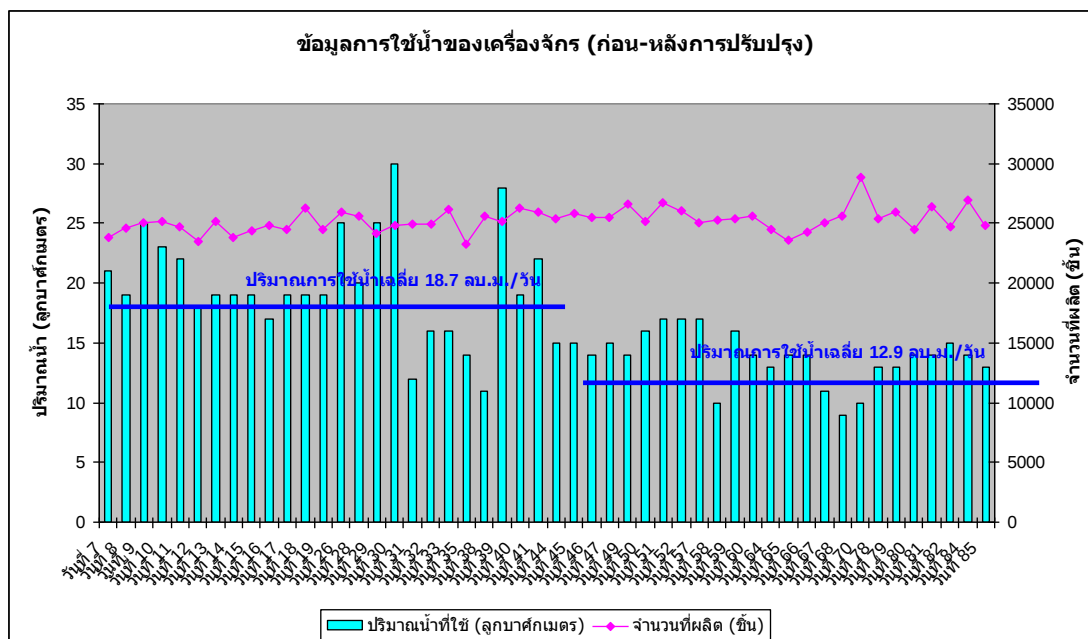
สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและปรับปรุงเครื่องจักรตัวอย่าง พบว่า หลังปรับปรุงเครื่องจักรมีปริมาณการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับเป้าหมายที่กำหนดไว้ทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1. ปริมาณการใช้น้ำของเครื่องจักรลดลงอย่างมีนัยสำคัญประมาณ 25% ซึ่งหลังปรับปรุง พบว่า เครื่องจักรมีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจาก 18.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เหลือ 12.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 31.02% และเมื่อคิดปริมาณน้ำที่ใช้ต่อชิ้นงาน พบว่า ได้ลดลงจาก 0.75 ลิตรต่อชิ้น เหลือ 0.51 ลิตรต่อชิ้น หรือคิดเป็น 32% ทำให้สถานประกอบการสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าน้ำลงได้ 37,642 บาทต่อปี

คำนวณได้จากความสัมพันธ์ :

$$\begin{aligned} \text{ค่า น้ำที่ลดได้ต่อปี} &= \text{จำนวนน้ำที่ลดได้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)} \\ &\quad \times \text{จำนวนวันทำงานต่อปี} \times \text{ค่าน้ำต่อหน่วย} \\ \text{จำนวนน้ำที่ลดได้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)} &= 18.7 - 12.9 = 5.8 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{จำนวนวันทำงานต่อปี} &= 295 \text{ วัน} \\ \text{ค่าน้ำต่อหน่วย} &= 22 \text{ บาทต่อหน่วย} \\ \text{ดังนั้น ค่า น้ำที่ลดได้ต่อปี} &= 5.8 \times 295 \times 22 = 37,642 \text{ บาท} \end{aligned}$$



รูปที่ 26 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้น้ำของเครื่องจักรชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนและหลังปรับปรุง)

2. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรลดลงอย่างมีนัยสำคัญประมาณ 25% หลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้ว เครื่องจักรมีการใช้ไฟฟ้าลดลงจาก 711.55 หน่วย กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH) ต่อวัน เหลือ 537.64 หน่วย กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH) ต่อวัน หรือคิดเป็น 24.53% และเมื่อคิดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อชิ้นงาน พบว่า ได้ลดลงจาก 0.031 หน่วยต่อชิ้น เหลือ 0.0195 หน่วยต่อชิ้น หรือคิดเป็น 37.1% ทำให้สถานประกอบการสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าลงได้ 159,040 บาทต่อปี

คำนวณได้จากความสัมพันธ์ :

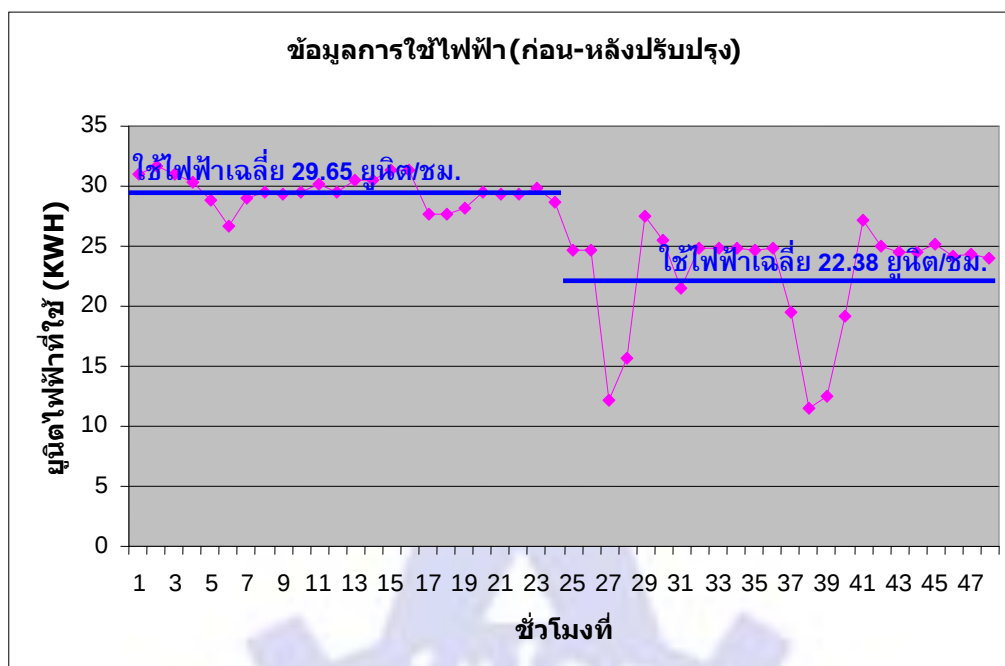
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ต่อปี = จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ลดได้ต่อวัน กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH)
x จำนวนวันทำงานต่อปี x ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ลดได้ต่อวัน กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH)
= 711.55 – 537.64 = 173.91 กิโลวัตต์ ฮาวร์ (KWH)

จำนวนวันทำงานต่อปี = 295 วัน

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 3.1 บาทต่อหน่วย

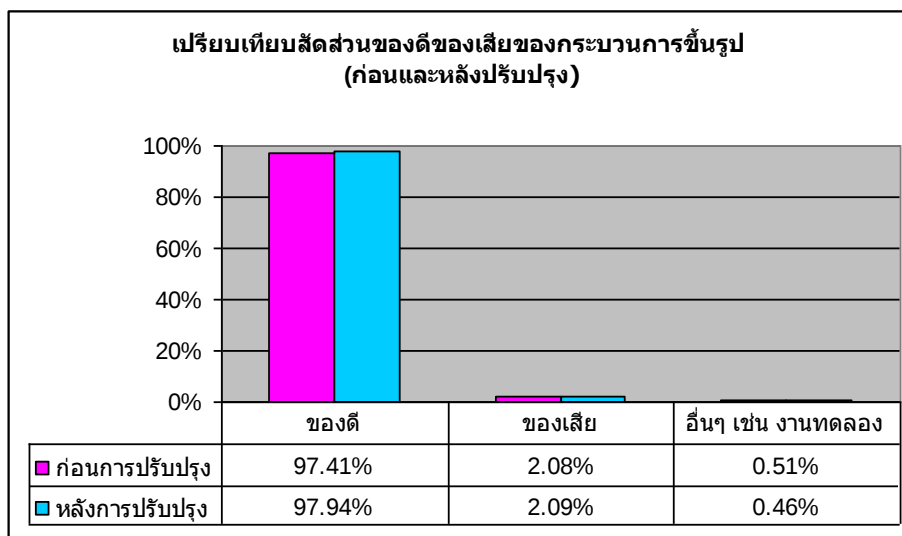
ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ต่อปี = 173.91 x 295 x 3.1 = 159,040 บาท



รูปที่ 27 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ (ก่อนและหลังปรับปรุง)

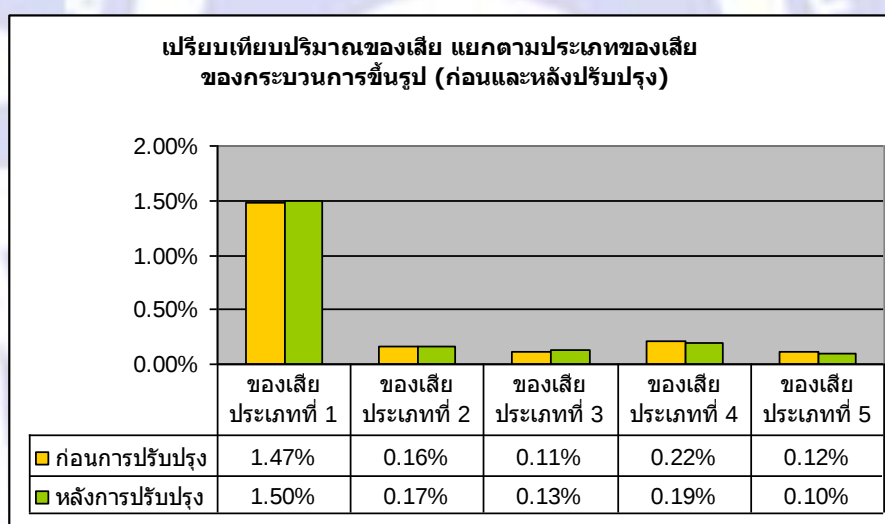
3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต้องไม่กระทบจากการปรับปรุง

3.1 ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของดีของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ก่อนปรับปรุงมีสัดส่วนของดี 97.41% ของเสีย 2.98% และอื่นๆ (ส่วนใหญ่เป็นงานทดลอง) 0.51% ในขณะที่หลังปรับปรุงมีสัดส่วนของดี 97.94% ของเสีย 2.09% และอื่นๆ 0.46% ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนไม่ได้เปลี่ยนแปลงหลังการปรับปรุง



รูปที่ 28 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบสัดส่วนของดีของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนและหลังปรับปรุง)

3.2 ทำการเปรียบเทียบปริมาณของเสีย แยกตามประเภทของเสีย เสียก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ก่อนและหลังปรับปรุงสัดส่วนของเสีย และปริมาณของเสียแต่ละประเภท ไม่ได้มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 29 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณของเสีย แยกตามประเภทของเสียของกระบวนการขึ้นรูป (ก่อนและหลังปรับปรุง)

จากสัดส่วนของดีของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง และปริมาณของเสียเมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของเสีย พบว่า ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไป จึงสามารถยืนยันได้ว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ

1. สถานประกอบการ ควรดำเนินการพิจารณาแก้ไขปัญหาอื่นๆที่เหลือของเครื่องจักร
 - 1.1 ปัญหาหมายเลข C002 : ผู้ปฏิบัติงานต้องเสียเวลารอในการใส่ตะกร้าชิ้นงานเข้าเครื่องจักรตามรอบการทำงานของเครื่อง
 - 1.2 ปัญหาหมายเลข C003 : ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินไปนำรถเข็นมาเพิ่มในบางครั้ง ทำให้ต้องเสียเวลาไปประมาณ 1-2 รอบการทำงาน ทำให้งานไม่ต่อเนื่อง
 - 1.3 ปัญหาหมายเลข C006 : เครื่องจักรมีการเคลื่อนไหวยุ่ตลอดเวลา (ระบบย้ายตะกร้า) ไม่ว่าจะมิตะกร้าอยู่ในเครื่องหรือไม่

ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาได้ระบุอยู่ในรายละเอียดของบทที่ 3 หน้าที่ 31 เรียบร้อยแล้ว แต่สถานประกอบการจำเป็นต้องทำการคำนวณค่า Pay Back Period ก่อนเริ่มโครงการ
2. สถานประกอบการ ควรดำเนินการพิจารณาตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาหมายเลข C004 : ผู้ปฏิบัติงานใส่งานไม่เต็มตะกร้า ทำให้จำนวนชิ้นงานต่อรอบการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณทรัพยากรน้ำและไฟฟ้าต่อหน่วย และกำลังผลิตของเครื่องจักร ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาจะใช้วิธีการฝึกอบรมพนักงานให้ใส่งานให้เต็มตะกร้า แต่ก็ต้องไม่ลืมคำนึงถึงความสัมพันธ์ของกำลังผลิตในกระบวนการถัดไปด้วย เพื่อไม่ให้เกิดคอขวด (Bottom Neck) ขึ้นในจุดใดจุดหนึ่งของกระบวนการผลิต
3. สถานประกอบการ ควรดำเนินการพิจารณาตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างชิ้นงานหรือเครื่องจักรประเภทอื่น และหาทางปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยใช้องค์ความรู้ที่ได้จากสารนิพนธ์เป็นแนวทางในการปรับปรุงต่อไป
4. สถานประกอบการ สามารถปรับปรุงคุณภาพของการผลิต โดยการเริ่มโครงการปรับปรุงของเสียประเภทที่ 1 และ 2 ก่อนซึ่งจะส่งผลให้ของเสียโดยรวมลดลงมากกว่า 80%

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา

1. สถานประกอบการได้รับประโยชน์จากต้นทุนพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลงประมาณ 25% หรือคิดเป็นเงิน 197,230 บาทต่อปี ทำให้ศักยภาพในการแข่งขันเพิ่มขึ้น
2. สถานประกอบการสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบหรือปรับปรุงเครื่องจักรอื่นๆ ในสายการผลิตให้ประหยัดน้ำและพลังงานไฟฟ้า

3. สามารถนำเสนอมุมมองการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและพลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงเทคนิคการผลิตอย่างง่าย ๆ ที่ไม่ต้องอาศัยการลงทุนจำนวนมาก ในขณะที่เดียวกันสถานประกอบการเองก็ได้รับผลประโยชน์ด้วย (Win-Win Solution)

4. ผู้ศึกษาสามารถตกผลึกความรู้ทางวิชาการ โดยประมวลความรู้ที่ได้จากการศึกษา มาทำให้เกิดเป็นรูปธรรมและประโยชน์แก่สถานประกอบการและสังคม



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรน้ำ. (2552). **เกิดความรู้ทรัพยากรธรรมชาติ**. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก <http://www.dwr.go.th/>
- กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). **แนวพระราชดำริด้าน การพัฒนาแหล่งน้ำและเขื่อน**. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2553, จาก http://www.eppo.go.th/royal/m1700_0015.html
- เขมิกา สุขแก้ว. (2549). **การจัดการน้ำในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชัยยุทธ ศรีเผด็จ. (2533). **การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชาญวิทย์ พรหมสุนิธร. (2544). **การอนุรักษ์พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าใน โรงงานสังกะสีโดยระบบควบคุมคุณภาพ แบบวิศวกรรมคุณค่า**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชาติชาญ โพธิ์พาด ; และคณะ. (2552). **สรุปคำบรรยายวิชา MBA608 - Practical Enterprise Diagnosis and Development**. (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ณรงค์ พงศ์กิตติพิรุฬห์. (2544). **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงงานผลิต กระดาษ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน ; วิจิษฐ์ ภัคพรหมินทร์ ; และ อลงกรณ์ ประกฤติพงศ์. (2551). **สรุปคำบรรยายวิชา MBA604 - Production Management 1**. (เอกสารประกอบ คำสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ดิสสัท ประเสริฐสกุล ; ประเสริฐ คณาวัฒน์ชัย ; และ มยุขพันธ์ ชัยมั่นคง. (2552). **สรุปคำบรรยายวิชา MBA609 - Practical Advanced Strategic Business Management** (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ธนะ ปรีชาหาญ. (2536). **การประหยัดพลังงานในโรงงานผลิตสายไฟฟ้า**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- เพ็ญศรี ลีวรินทร์พาณิช. (2544). **ศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตมิเตอร์**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม). นครปฐม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. **หน่วยงานสารสนเทศ. (ม.ป.ป.). แหล่งพลังงานจากน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2553, จาก <http://www2.udru.ac.th/~sci102/Data/Unit4/Unit4-3.htm>
- รุ่ง กิตติพิชัย. (2538). **ศักยภาพการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้าด้วยระบบผลิตพลังงานร่วม**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. **หน่วยงานสารสนเทศ. (ม.ป.ป.). โรงไฟฟ้าแม่เมาะ**. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก http://maemoh.egat.com/index_maemoh.php
- วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา. (2544). **การจัดการน้ำและน้ำเสียของโรงงานซูปสักระยะโดยใช้เทคนิคการออปติไมซ์**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิทยา สุหฤทธำรง ; และ ยุพา กลอนกลาง. (2549). **การบ่งชี้ความสูญเปล่า (Identifying Waste on The Shop Floor)**. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์ พับลิชชิง.
- วิสูตร จิระดำเกิง. (2548). **การบริหารโครงการสำหรับผู้บริหาร (Project Management For Executives)**. กรุงเทพฯ : วรรณกิจ.
- ศรินทร์ มาณะศักดิ์นันท์. (ม.ป.ป.). **หลักการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก http://www.bhumiboldam.egat.com/2551/2551/home_inter.html
- สมควร พวงรักษ์. (2535). **ผลทางเศรษฐกิจจากการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปของเครื่องปรับอากาศ มาใช้กับเครื่องทำน้ำร้อน**. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- สุนิรัตน์ พิพัฒน์มโนมัย. (2550). **ก๊าซธรรมชาติ**. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/33049>
- สุลภัส เครือกาญจนา. (2551). **การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วยไคเซ็น “Kaizen”**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ห้องสมุดศูนย์ฝึกอบรมแม่เมาะ. (ม.ป.ป.). **เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด**. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก <http://www.mmtc.egat.co.th/lib1/another003.html>
- อนิวัต ปาณะลักษณะ. (2552). **สรุปคำบรรยายวิชา MBA704 - Business Consulting**. (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

อมรเทพ เพ็ชรสดใส. (2543). แนวโน้มการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายและนโยบายการจัดการมลพิษทางน้ำของกรุงเทพมหานคร ในช่วงระยะเวลา พ.ศ. 2530-2550. วิทยานิพนธ์ ศ.ม. (การพัฒนาเศรษฐกิจ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เอ็มเทคจับคู่นักวิจัย ป.ตรี กับภาคเอกชน ใช้เทคโนโลยีสะอาดแก้ปัญหาให้ภาคอุตสาหกรรม. (2552, 10 กันยายน). ผู้จัดการ. สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2553, จาก <http://www.vcharkarn.com/vnews/152595>



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.
แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล



แบบฟอร์มแผนการดำเนินงานโครงการ

คำชี้แจง

แบบฟอร์มแผนการดำเนินงานนี้ใช้สำหรับบริหารงานโครงการ โดยระบุชื่อโครงการ รายละเอียดของงาน ผู้รับผิดชอบและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

[illegible]

แบบฟอร์มการประเมินความเสี่ยงของโครงการ

คำชี้แจง

แบบฟอร์มนี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงของโครงการ โดยระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น สาเหตุ ความรุนแรง โอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงขึ้น การบริหารจัดการความเสี่ยงและผลกระทบกับโครงการ มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการป้องกันและแก้ไขความเสี่ยงก่อนเริ่มโครงการ

ลำดับ	ความเสี่ยง	สาเหตุ	I	P	M	C	กระทบ	การป้องกันและแก้ไข

หมายเหตุ

คำจำกัดความ เกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การจัดระดับของความเสี่ยง แสดงอยู่ในบทที่ 3 หน้าที 37

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องจักร

คำชี้แจง

แบบฟอร์มนี้ได้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้บันทึกข้อมูลการใช้น้ำของเครื่องล้างชิ้นงานอัตโนมัติ โดยกำหนดให้เก็บข้อมูลการใช้น้ำที่สถานีที่ 3 และ 5 ที่มีการใช้น้ำและปล่อยน้ำทิ้งระหว่างการผลิต (Open Loop) ทุกๆ 7 โมงเช้าและทำการเปรียบเทียบกับจำนวนที่ผลิตต่อวัน ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยได้

วัน/ เดือน/ปี	บันทึกมิเตอร์น้ำ (7 AM)		ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)			จำนวนผลิตต่อวัน		ปริมาณน้ำต่อชิ้น (ลิตร)	ปริมาณน้ำต่อ ตะกร้า (ลิตร)
	ถังที่ 5	ถังที่ 3	ถังที่ 5	ถังที่ 3	รวมทั้งสิ้น	ชิ้น	ตะกร้า		
ค่าเฉลี่ย									

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร

คำชี้แจง

แบบฟอร์มนี้ได้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้บันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรงานอัตโนมัติ โดยจะนำค่าที่ทำการวัดจากเครื่องวัดไฟฟ้ามาทำการบันทึกลงในแบบฟอร์ม เปรียบเทียบกับจำนวนที่ผลิตต่อวัน ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณไฟฟ้ารวมและปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยได้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	กำลังไฟฟ้า (W H)			
		ไลน์ 1	ไลน์ 2	ไลน์ 3	รวม

หมายเหตุ

เนื่องจากเครื่องวัดไฟฟ้าจะทำการวัดกำลังไฟฟ้า 3 เฟส ณ ขณะนั้น โดยวัดทุกๆ นาที่ แต่หน่วยที่วัดได้จากเครื่องวัดจะเป็น “วัตต์ ชั่วโมง” ดังนั้น หลังจากที่ได้ค่าผลรวมของกำลังไฟฟ้าจึงต้องมาทำการหารแต่ละค่าด้วย 60 เพื่อให้เป็น “วัตต์ นาที่” แล้วจึงนำมารวมกันเมื่อครบ 60 ค่าก็จะได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อชั่วโมง และ เพื่อความสะดวกจะทำการหารด้วย 1,000 เพื่อแปลงกำลังไฟฟ้าที่ได้ให้เป็น “กิโลวัตต์ ชั่วโมง (KW H)” หรือ ยูนิต์ไฟฟ้านั่นเอง

