

การจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

TOTAL ENERGY MANAGEMENT

CASE STUDY OF CORN SILO PHETCHABOON PROVINCE

นายอนุพงษ์ ไชยสาร รหัส 50380676  
นายอำนาจ เชื้อพวน รหัส 50383240

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2555  
เลขทะเบียน..... 1592 1831  
เลขเรียกหนังสือ..... 45.  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2193 ๗

255๕

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

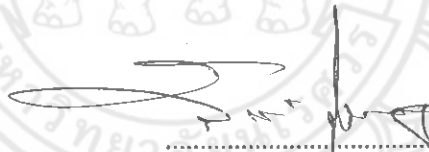
ปีการศึกษา 2554




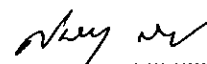
## ใบรับรองปริญญาโท

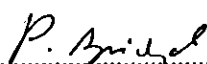
ชื่อหัวข้อโครงการ      การจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงงานไฮโดรข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์  
ผู้ดำเนินโครงการ      นายอนุพงษ์      ไชยสาร      รหัส 50380676  
   นายอำนาจ      เชื้อพวน      รหัส 50383240  
ที่ปรึกษาโครงการ      อาจารย์วิสาข์      เจ้าสกุล  
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ      นายมานพ      เกิดส่ง  
สาขาวิชา      วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
ภาควิชา      วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา      2554

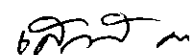
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

  
.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(อาจารย์วิสาข์ เจ้าสกุล)

  
.....ที่ปรึกษาร่วมโครงการ  
(นายมานพ เกิดส่ง)

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิษญา สิมารักษ์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์พิสุทธิ อภิษยกุล)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ทองกลืน)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายอนุพงษ์	ไชยสาร	รหัส 50380676
	นายอำนาจ	เชื้อพวน	รหัส 50383240
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วิสาข์	เจ้าสกุล	
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ	นายมานพ	เกิดส่ง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2554		

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่งข้าวโพดและน้ำมันดีเซลในโรงงานไซโลข้าวโพดให้ได้ไม่น้อยกว่า 5% ซึ่งในปี 2552 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 208,906 kWh คิดเป็นค่าเงิน 699,280 บาท ในปีดังกล่าวมีการผลิต 24,198 ตัน คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 ตัน 43.67 kWh มีการใช้ชั่งข้าวโพด 1,092,000 กิโลกรัม คิดเป็นค่าเงิน 1,365,000 บาท คิดเป็นอัตราการใช้เชื้อเพลิงชั่งข้าวโพดต่อการผลิต 1 ตัน 236.14 กิโลกรัม และมีการใช้น้ำมันดีเซล 21,815 ลิตร คิดเป็นค่าเงิน 567,563 บาท คิดเป็นอัตราการใช้น้ำมันดีเซลต่อการผลิต 1 ตัน 5.24 ลิตร สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้เน้นที่การศึกษาแนวทางการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่งข้าวโพดและน้ำมันดีเซลทั้งหมดของโรงงาน กระบวนการวิจัยผู้ศึกษาได้นำ กระบวนการจัดการ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ระบบการจัดการพลังงาน และปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ มาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (สิงหาคม - ธันวาคม 2552) มีการใช้พลังงานรวมต่อการผลิต 1 ตันเฉลี่ยอยู่ที่ 921.62 MJ/หน่วยต่อเดือน แต่ในช่วงทำการศึกษา (สิงหาคม - ธันวาคม 2553) มีการใช้พลังงานรวมต่อผลผลิต 1 ตันเฉลี่ยอยู่ที่ 848.77 MJ/หน่วยต่อเดือน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สามารถลดพลังงานรวมได้ 7.90% และผลในการประเมินความพึงพอใจพนักงานในโรงงานพบว่าพนักงานมีความพึงพอใจ 81% ซึ่งถือว่าประสบผลสำเร็จตามที่ตั้งไว้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีขึ้นและสำเร็จลงไม่ได้ถ้าปราศจาก อาจารย์วิสาข์ เจ้าสกุล ผู้ที่ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะในทุกด้านตลอดเวลาในการดำเนินงานรวมถึงขอขอบคุณ นายมานพ เกิดส่ง ผู้ที่คอยช่วยเหลือและให้ความรู้เกี่ยวกับข้อสงสัยต่างๆ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่เอื้ออำนวยสถานที่ที่อนุญาตให้เข้าทำการศึกษาและเก็บข้อมูล ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้ข้อมูล คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้หวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานหรือบุคคลที่มีความสนใจไม่มากนักน้อย และถ้ามีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย



คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นายอนุพงษ์ ไชยสาร

นายอำนาจ เชื้อพวน

เมษายน 2554

# สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....	1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงการ.....	1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน.....	4
2.1.2 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Audit).....	4
2.1.3 การประหยัดพลังงานในโรงงาน.....	5
2.1.4 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน.....	6
2.1.5 การคิดราคาพลังงานไฟฟ้า.....	6
2.1.6 การจัดทำ Energy Layout.....	7
2.1.7 หน่วยและการวัดค่าพลังงานต่างๆ.....	7
2.1.8 ประเภทงานซ่อมบำรุง.....	9
2.1.9 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	11

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.10 ทฤษฎี PDCA .....	11
2.1.11 เทคนิคการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า .....	14
2.1.12 เครื่องอบแห้งไอบีม .....	18
2.1.13 ทฤษฎีของไซโล .....	22
2.1.14 หม้อแปลงไฟฟ้า .....	23
2.1.15 การหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ .....	26
2.1.16 เทคนิคการเขียนแบบสอบถามสำหรับการทำวิจัย .....	26
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	33
<b>บทที่ 3</b> วิธีการดำเนินโครงการ .....	<b>35</b>
3.1 เข้าศึกษาปัญหาในโรงงานและเก็บข้อมูลก่อนจัดทำรายงาน .....	35
3.2 จัดทำนโยบายและร่วมสร้างทีมงานอนุรักษ์พลังงาน .....	35
3.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อนทำระบบการจัดการพลังงาน .....	35
3.3.1 บัญชีเครื่องจักร .....	35
3.3.2 Energy Layout .....	35
3.3.3 กระบวนการผลิต .....	35
3.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก กระบวนการผลิต, Energy Layout .....	35
3.5 ออกมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติพร้อมทั้งนำมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน .....	36
3.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติพร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน .....	36
3.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง .....	36
3.8 สรุปผลและจัดทำรายงาน .....	36
3.8.1 โรงงาน .....	36
3.8.2 ผู้ประกอบการ .....	36
<b>บทที่ 4</b> ผลการทดลองและวิเคราะห์ .....	<b>37</b>
4.1 ข้อมูลจากการสำรวจในโรงงาน .....	37
4.1.1 ข้อมูลแผนผังการผลิตผลิตภัณฑ์เมล็ดข้าวโพดอบ .....	37
4.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน .....	39

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 จัดทำนโยบายร่วมสร้างทีมอนุรักษ์พลังงาน .....	43
4.2.1 นโยบายการจัดการพลังงาน .....	43
4.2.2 คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน .....	44
4.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อนทำระบบการจัดการพลังงาน .....	44
4.3.1 บัญชีเครื่องจักร .....	46
4.3.2 Energy Layout .....	46
4.3.3 กระบวนการผลิต .....	50
4.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก กระบวนการผลิต, Energy Layout .....	52
4.4.1 ชั่งน้ำหนักบรรทุกทุก .....	52
4.4.2 ตากแห้งในลานตาก .....	52
4.4.3 เทกองลงอ่างรับข้าวโพด .....	53
4.4.4 ร้อนเมล็ดข้าวโพดแยกฝุ่น .....	54
4.4.5 อบด้วยความร้อน .....	54
4.4.6 เก็บเมล็ดข้าวโพดในไซโล .....	56
4.5 แนวทางการจัดการและการประหยัดพลังงาน .....	56
4.5.1 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเตาเผาซึ่งข้าวโพด .....	57
4.5.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานลดเวลาการใช้งานรถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด .....	60
4.5.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานตากลดข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิงความชื้นในซัง .....	61
4.5.4 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน .....	66
4.5.5 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน .....	66
4.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน .....	68
4.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุง .....	68
4.7.1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ .....	68
4.7.2 ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพดของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ .....	69
4.7.3 ข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ .....	70
4.8 สรุปและจัดทำรายงาน .....	73
4.9.1 การประเมินผลด้านพลังงาน .....	73
4.9.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ประกอบการและพนักงานภายในโรงงาน .....	73

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....	76
5.1 สรุปการทำโครงการวิจัย .....	76
5.1.1 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ .....	76
5.1.2 สรุปผลดัชนีชี้วัดผลงานช่วงทำโครงการ .....	77
5.1.3 สรุปความพึงพอใจในการจัดการพลังงานในโรงงาน .....	78
5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินโครงการ .....	78
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	78
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	79
เอกสารอ้างอิง .....	80
ภาคผนวก ก .....	81
ภาคผนวก ข .....	85
ภาคผนวก ค .....	93
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ .....	97



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน (Gantt chart) ในปี 2553 - 2554.....	3
2.1 ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU).....	6
2.2 หน่วยและการวัดค่าพลังงาน.....	7
2.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์.....	16
2.4 เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม.....	31
4.1 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์เมล็ดข้าวโพดอบ.....	37
4.2 เวลาการผลิต.....	37
4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552.....	40
4.4 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552.....	41
4.5 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552.....	42
4.6 การใช้พลังงานรวม.....	43
4.7 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงการ ปี 2552.....	45
4.8 ตัวอย่างอุปกรณ์และเครื่องจักรในสายการผลิต.....	46
4.9 กระบวนการผลิต.....	51
4.10 ค่าความชื้นของซังข้าวโพด.....	55
4.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้กับพลังงานที่ลดลง.....	60
4.12 สรุปประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน... 65	
4.13 ระเบียบปฏิบัติ.....	66
4.14 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	68
4.15 ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	69
4.16 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	70
4.17 ดัชนีชี้วัดหลังทำโครงการ ปี 2553.....	72
4.18 สรุปผลการประหยัดพลังงาน.....	73
4.19 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	74
4.20 สรุปความพึงพอใจในการจัดการพลังงาน.....	74
5.1 สรุปผลความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์.....	76
5.2 การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน.....	77

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ผังงานบำรุงรักษา ..... 10
2.2	วงล้อเดมมิ่ง ..... 12
2.3	กระบวนการ PDCA..... 12
2.4	เครื่องอบแห้งแบบไฮบีม ..... 19
2.5	แสดงการอบอย่างทะนุถนอมและปลอดภัย ..... 19
2.6	แสดงการอบเมล็ดข้าวโพดจากด้านข้าง ..... 20
2.7	แสดงการอบเมล็ดข้าวโพดจากด้านหน้า ..... 21
2.8	เครื่องวัดความชื้นแบบคอลัมน์ชนิดเมล็ดพืชไหลคลุกเคล้า ..... 22
2.9	เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้..... 26
2.10	ขอบเขตหรือสาระสำคัญของรัฐประศาสนศาสตร์หรือการบริหารจัดการภาครัฐ..... 29
4.1	แผนผังกระบวนการผลิตเมล็ดข้าวโพดอบแห้ง ..... 38
4.2	เครื่องมือวัด Power meter ..... 39
4.3	กราฟแสดงสถิติการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนของปี 2552 ..... 40
4.4	กราฟแสดงสถิติการใช้ซังข้าวโพดประจำเดือนของปี 2552..... 41
4.5	กราฟแสดงสถิติการใช้น้ำมันดีเซลประจำเดือนของปี 2552 ..... 42
4.6	กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงาน ..... 43
4.7	ผังโครงสร้างและคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน ..... 44
4.8	แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานไซโลข้าวโพด ..... 47
4.9	แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพดภายในโรงงานไซโลข้าวโพด ..... 48
4.10	แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานน้ำมันดีเซลภายในโรงงานไซโลข้าวโพด..... 49
4.11	เส้นทางการโรยเมล็ดข้าวโพดของรถแทรกเตอร์ ..... 52
4.12	รถแทรกเตอร์ตักเมล็ดข้าวโพดนำไปโรยยังลานตาก ..... 53
4.13	แสดงถึงฝุ่นเกาะบริเวณมอเตอร์ลำเรียงเมล็ดข้าวโพดไปร่อน..... 53
4.14	แสดงถึงมอเตอร์ที่ไม่มีการทำความสะอาด ..... 54
4.15	เชื้อเพลิงซังข้าวโพด ..... 55
4.16	เตาเผาซังข้าวโพด ..... 57
4.17	เหล็กกลวงรูปสามเหลี่ยม ..... 58
4.18	ขนาดของเหล็กกลวงรูปสามเหลี่ยม..... 58

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 การนำขังข้าวโพดมาตากแดดลดความชื้น.....	61
4.20 รถแทรกเตอร์ตักขังข้าวโพดโรยตากแดด.....	62
4.21 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน.....	67
4.22 กราฟการใช้ไฟฟ้า ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	69
4.23 กราฟการใช้เชื้อเพลิงขังข้าวโพด ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	70
4.24 กราฟการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553.....	71



## สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

TOU	=	Time of Use Rate
TOD	=	Time of Day Rate
MJ	=	Mega Joule
kWh	=	Kilo Watt Hour
กก.	=	กิโลกรัม
°c	=	องศาเซลเซียส
HP	=	Horse Power



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากแหล่งพลังงานของโลกในปัจจุบันนี้เริ่มถดถอยน้อยลง โดยการใช้พลังงานที่มากเกินไป ความจำเป็น และแหล่งที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับต้นๆก็คือแหล่งอุตสาหกรรมต่างๆ อุตสาหกรรมต่างๆก็ได้มีการแข่งขันกันทางด้านต้นทุนการผลิตและต้นทุนการผลิตนี้ก็ได้รับถึงการใช้พลังงานต่างๆ ด้วยไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำมัน พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง ถ้าอุตสาหกรรมใดมีระบบการจัดการพลังงานที่ดีก็จะทำให้มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลงซึ่งจะทำให้เป็นข้อได้เปรียบทางธุรกิจการค้า

ซึ่งโรงงานโซโลข้าวโพด มีปัญหาเรื่องระบบจัดการพลังงานได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานน้ำมัน พลังงานไฟฟ้า จึงทำให้มีต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตสูงและเป็นข้อเสียเปรียบทางด้านธุรกิจการค้า ดังนั้นผู้บริหารมีความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาเรื่องระบบการจัดการพลังงาน จึงเป็นที่มาของการทำโครงการจัดการพลังงานในโรงงานโซโลข้าวโพดนี้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมและสภาพปัญหาการใช้พลังงานในโรงงาน
- 1.2.2 การกำหนดมาตรการและแนวทางการจัดการพลังงาน
- 1.2.3 จัดทำระบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสมในสถานประกอบการ

### 1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

เข้าใจสภาพปัญหาการใช้พลังงานและกำหนดแนวทางและมาตรการในการประหยัดพลังงานในโรงงาน พร้อมทั้งจัดทำระบบการจัดการพลังงานเพื่อลดค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิต

### 1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แนวทางและมาตรการการประหยัดพลังงานที่สามารถลดค่าพลังงานในหน่วยค่าความร้อน Mega joules (MJ) ไม่น้อยกว่า 5% ต่อหน่วยการผลิต และสร้างความพึงพอใจให้กับพนักงานในโรงงาน 80%

### 1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

ศึกษาเฉพาะการจัดการพลังงานไฟฟ้า น้ำมันและเชื้อเพลิงซังข้าวโพดโรงงานโซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ (ศึกษาในช่วงเดือน สิงหาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2553)

**1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ**

โรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

**1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ**

เดือน มกราคม พ.ศ. 2553 - เมษายน พ.ศ.2554



### 1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน (Gantt chart) ในปี 2553 - 2554

ลำดับ	การดำเนินงาน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการ ประหยัต์พลังงาน	↕															
1.8.2	เข้าศึกษาปัญหาในโรงงานและเก็บข้อมูล ก่อนจัดทำรายงาน		↕														
1.8.3	จัดทำนโยบายรวมสร้างทีมงานอนุรักษ์ พลังงาน			↕													
1.8.4	นำข้อมูลวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อน ทำระบบการจัดการพลังงาน				↕												
1.8.5	นำมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติ ไปบังคับใช้ในโรงงาน																
1.8.6	ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำวันเดือน																
1.8.7	นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลัง ปรับปรุง																
1.8.8	เปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานหลัง ปรับปรุง																
1.8.9	สรุปผลและจัดทำรายงาน																

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน หมายถึง การจัดการด้านการใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยไม่มีผลเสียต่อกิจกรรมการผลิต โดยการพยายามใช้อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต และลดปัญหาด้านมลภาวะซึ่งเป็นผลดีทางอ้อม หลักการพิจารณาแนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานแบ่งออกเป็น 3 ประการ คือ

2.1.1.1 การเลือกใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมการเลือกใช้ชนิดของพลังงานและเชื้อเพลิงใด ควรพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ เศรษฐกิจ และเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมกับงานมากที่สุด โดยพิจารณาในแง่ของประสิทธิภาพรวมที่จะได้

2.1.1.2 การลดการสูญเสียและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานในโรงงานทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ควรศึกษาสภาพการใช้งานและรายละเอียดของอุปกรณ์ใช้พลังงานในโรงงาน ศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางลดการสูญเสียเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเดินมอเตอร์ตัวเปล่า ลมรั่ว ท่อไอน้ำรั่ว ฉนวนความร้อนเสื่อมสภาพ เป็นต้น เพื่อให้ใช้พลังงานอย่างได้ประโยชน์สูงสุด

2.1.1.3 นำพลังงานเหลือทิ้งที่มีคุณภาพกลับมาใช้เป็นการศึกษาวิเคราะห์นำพลังงานเหลือทิ้งเนื่องจากสาเหตุต่างๆกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เพื่อให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

##### 2.1.2 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Audit)

การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน เป็นการศึกษาตรวจสอบสภาพการใช้พลังงานเพื่อการจัดการพลังงานอย่างถูกต้อง หาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพหรือแนวทางประหยัดพลังงานได้โดยทั่วไปการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.2.1 การตรวจสอบการใช้พลังงานจากข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตเป็นการรวบรวมและศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในปีก่อนๆที่ทางโรงงานจดบันทึกไว้เพื่อต้องการทราบปริมาณพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้ ค่าใช้จ่ายพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้ ผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ และรูปแบบของการใช้พลังงานในแต่ละช่วง

2.1.2.2 การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการเข้าสำรวจในโรงงาน ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจแผนผังของโรงงาน เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของโรงงาน กระบวนการผลิตและอุปกรณ์ฯ พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูง ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ และบริเวณที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการเข้าสำรวจในโรงงาน เพื่อหาตำแหน่งที่มีการสูญเสียพลังงาน และต้นเหตุการสูญเสีย



พลังงาน ทำการสำรวจระบบการใช้พลังงานทุกระบบ ทั้งในช่วงทำการผลิตและหยุดทำการผลิต รวมทั้งการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อไป

2.1.2.3 การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดผลการตรวจสอบขั้นต้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดโดยการทำสมดุลพลังงานเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบอุปกรณ์ และปริมาณพลังงานสูญเสีย ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้เมื่อนำมาสร้างเป็นรูปแบบการใช้พลังงาน จะทำให้ทราบว่าต้องมีการปรับปรุงแก้ไขส่วนใดบ้าง และวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไข คัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมทั้งในด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

### 2.1.3 การประหยัดพลังงานในโรงงาน

การประหยัดพลังงานที่ได้ผลดี จะต้องเริ่มต้นที่ผู้บริหารระดับสูง มีความมุ่งมั่นในการดำเนินมาตรการต่างๆอย่างจริงจัง หน่วยงานจะต้องจัดลำดับให้กับโครงการประหยัดพลังงานมีความสำคัญในลำดับขั้นต้น และต้องให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นงบประมาณหรือบุคลากรที่ต้องใช้ในการประหยัดพลังงานนั้น ดังนั้นจึงสมควรจัดให้การประหยัดพลังงานเป็นส่วนหนึ่งของงานประจำ

2.1.3.1 เครื่องมือในการตรวจสอบติดตามผลและควบคุมการใช้พลังงาน เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบติดตามผล และควบคุมการใช้พลังงานภายในโรงงานมีอยู่ 2 ชนิดคือ

ก. สมรรถภาพพลังงานของโรงงาน (Plant Energy Performance) เป็นการชี้ให้เห็นความแตกต่างของการใช้พลังงานในอดีตและปัจจุบัน เป็นการวัดการดำเนินงานและแผนการจัดการพลังงานว่าได้ผลเพียงใด เมื่อทำการเปรียบเทียบจะทำให้เราทราบว่าในปัจจุบันต้องใช้พลังงานเท่าไร ที่จะผลิตให้ผลผลิตเท่ากับปีนี้ ถ้าใช้การทำงานแบบเดียวกับการผลิตในปีฐาน

$$\text{การใช้พลังงานเทียบกับปีฐาน} = \frac{\text{การใช้พลังงานปีฐาน} \times \text{ผลผลิตปีปัจจุบัน}}{\text{ผลผลิตปีที่ปีฐาน}} \quad (2.1)$$

$$\text{สมรรถภาพพลังงาน} = \frac{(\text{การใช้พลังงานเทียบกับปีฐาน} - \text{การใช้พลังงานปัจจุบัน}) \times 100\%}{\text{การใช้พลังงานเทียบกับปีฐาน}} \quad (2.2)$$

ข. ดัชนีการพลังงานของโรงงานโครงการต่างๆ ในกระบวนการจัดการพลังงาน จะประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง แนวโน้มการใช้พลังงาน อาจดูได้จากดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตเท่ากับปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมดหารด้วยปริมาณผลผลิต

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิต} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{ปริมาณผลผลิต}} \quad (2.3)$$

## 2.1.4 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน

มาตรการต่างๆ ในการประหยัดพลังงาน หากพิจารณาในแง่ของการปรับปรุงหรือระดมการลงทุนโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 มาตรการคือ

2.1.4.1 มาตรการที่ไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนน้อย เป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนเลยหรือลงทุนน้อยมาก ดำเนินการได้ง่าย เช่น การควบคุมอากาศส่วนเกิน การปรับความตึงสายพาน ปิดไฟในตำแหน่งที่ไม่ใช้งาน ทำความสะอาด cooling tower ที่สกปรก เป็นต้น

2.1.4.2 มาตรการที่มีการลงทุนปรับปรุงอุปกรณ์พอสมควรเป็นมาตรการที่มีการลงทุนไม่มาก เช่น การหุ้มฉนวน การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ การเปลี่ยนหัวเผาของหม้อไอน้ำ การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และการติดตั้งกับดักไอน้ำ เป็นต้น

2.1.4.3 มาตรการที่มีการลงทุนสูง ระยะเวลาคืนทุนนาน เป็นมาตรการที่มีการลงทุนสูงโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือกระบวนการผลิตใหม่ เช่น เปลี่ยนหม้อไอน้ำ การติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ หรือติดตั้งระบบ Cogeneration เป็นต้น

## 2.1.5 การคิดราคาพลังงานไฟฟ้า

โรงงานที่เข้าทำการศึกษาฯ จัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก สำหรับการไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ไม่เกิน 3,000 กิโลวัตต์

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU)

แรงดัน	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	ค่าพลังงานไฟฟ้า	
	บาท / กิโลวัตต์	บาท / หน่วย	
	Peak	Peak	Off Peak
แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726
แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246

หมายเหตุ : 1. On Peak: เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2. Off Peak: เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์ และ

วันเสาร์ - วันอาทิตย์และวันหยุดราชการปกติ

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ที่มา : คู่มือหน่วยงานที่ปรึกษากิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์ เพื่อยกระดับ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรม รุ่นที่ 8 (2553).

### 2.1.6 การจัดทำ Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ลักษณะการใช้พลังงานภายในสถานประกอบการ เพื่อให้เห็นภาพในการแปรรูปและส่งถ่ายพลังงานจากลักษณะหนึ่งไปอีกลักษณะหนึ่ง

### 2.1.7 หน่วยและการวัดค่าพลังงานต่างๆ

Mega joules (MJ) คือ ค่าพลังงานความร้อน ค่าพลังงานความร้อนไม่สามารถแปรผันตามต้นทุนของการใช้พลังงาน แต่จะแปรผันตามปริมาณการใช้พลังงาน หากใช้พลังงานมากค่าพลังงานเป็น Mega joules (MJ) ก็มากขึ้น

ค่าพลังงานความร้อน Mega joules (MJ) ดูได้จากตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 หน่วยและการวัดค่าพลังงาน

ประเภท(หน่วย)	กิโล	ตัน	เมกะ	พันบีทียู	Category (Unit)
	แคลอรี	เทียบเท่า	จูล /	/หน่วย	
	/หน่วย	น้ำมันดิบ	หน่วย	103 Btu	
	kcal /	/ล้าน	MJ/	/UNIT	
	UNIT	หน่วย	UNIT		
		toe / 106			
		UNIT			
พลังงานเชิงพาณิชย์					COMMERCIAL ENERGY
1. น้ำมันดิบ (ลิตร)	8680	860	36.33	34.44	1. CRUDE OIL (litre)
2. คอนเดนเสท (ลิตร)	7900	782.72	33.07	31.35	2. CONDENSATE (litre)
3. ก๊าซธรรมชาติ					3. NATURAL GAS
3.1 ชื้น (ลูกบาศก์ฟุต)	248	24.57	1.04	0.98	3.1 WET (scf.)
3.2 แห้ง (ลูกบาศก์ฟุต)	244	24.18	1.02	0.97	3.2 DRY (scf.)
4. ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม					4. PETROLEUM PRODUCTS
4.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ลิตร) 46.1 MJ/Litre	6360	630.14	26.62	25.24	4.1 LPG (litre)
4.2 น้ำมันเบนซิน (ลิตร)	7520	745.07	31.48	29.84	4.2 GASOLINE (litre)
4.3 น้ำมันเครื่องบิน (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74	4.3 JET FUEL (litre)
4.4 น้ำมันก๊าด (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74	4.4 KEROSENE (litre)
4.5 น้ำมันดีเซล (ลิตร)	8700	861.98	36.42	34.52	4.5 DIESEL (litre)
4.6 น้ำมันเตา (ลิตร)	9500	941.24	39.77	37.70	4.6 FUEL OIL (litre)
4.7 ยางมะตอย (ลิตร)	9840	974.93	41.19	39.05	4.7 BITUMEN (litre)

ตารางที่ 2.2 หน่วยและการวัดค่าพลังงาน (ต่อ)

ประเภท(หน่วย)	กิโลแคลอรี /หน่วย kcal / UNIT	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ /ล้านหน่วย toe / 106 UNIT	เมกะจูล / หน่วย MJ/ UNIT	พันบีทียู /หน่วย 103 Btu /UNIT	Category (Unit)
4.8 ปีโตรเลียมโค้ก (กก.)	8400	832.26	35.16	33.33	4.8 PETROLEUM COKE(kg)
4.9 ก๊าซหุงต้ม (ลิตร)	11012	1091.28	46.1	43.70	
5. ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	9	85.21	3.60	3.41	5. ELECTRICITY (kWh)
6. ไฟฟ้าพลังน้ำ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	860	221.54	9.36	8.87	6. HYDROELECTRIC (kWh)
7. พลังงานความร้อนใต้พิภพ	2236	941.24	39.77	37.7	7. GEOTHERMAL (kWh)
8. ถ่านหินนำเข้า (กก.)	9500	624.19	26.37		8. COAL IMPORT (kg.)
9. ถ่านโค้ก (กก.)	6300	653.92	27.63		9. COKE (kg.)
10. แอนทราไซต์ (กก.)	6600	743.09	31.40		10. ANTHRACITE (kg.)
11. อีเทน (กก.)	7500	1110.05	46.89		11. ETHANE (kg.)
12. โพรเพน (กก.)	11203	1115.34	47.11	44.67	12. PROPEN(kg.)
13. ลิกไนต์	11256	435.94	18.42	17.46	13. LIGNITE
13.1 ลี (กก.)	4400	257.60	10.88	10.32	13.1 LI (kg.)
13.2 กระบี่ (กก.)	2600	247.70	10.47	9.92	13.2 KRABI (kg.)
13.3 แม่เมาะ (กก.)	2500			14.32	13.3 MAE MOH (kg.)
13.4 แจ็คคอน (กก.)					13.4 CHAE KHON (kg.)
พลังงานใหม่และหมุนเวียน	3610	357.67	15.11	15.16	NEW & RENEWABLE ENERGY
1. ฝืน (กก.)	3820	378.48	15.99		1. FUEL WOOD (kg.)
2. ถ่าน (กก.)	6900	683.64	28.88	27.38	2. CHARCOAL (kg.)
3. แกลบ (กก.)	3440	340.83	14.40	13.65	3. PADDY HUSK (kg.)
4. กากอ้อย (กก.)	1800	178.34	7.53	7.14	4. BAGASSE (kg.)
5. ขยะ (กก.)	1160	114.93	4.86	4.60	5. GARBAGE (kg.)
6. ขี้เลื่อย (กก.)	2600	257.60	10.88	10.32	6. SAW DUST (kg.)
7. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (กก.)	3030	300.21	12.68	12.02	7. AGRICULTURAL WASTE (kg.)
8. ชังข้าวโพด (กก.) 15%	4309.60	427.04	18.04	17.10	
8.1 ชังข้าวโพด(กก.) 23%			17.40		
9. ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)	5000	495.39	20.93	19.84	9. BIOGAS (m3)

## หน่วยและการแปลงหน่วยความร้อน

1 กิโลแคลอรี (kcal)	= 4186	จูล	(joules)
	= 3.968	บีทียู	(Btu)
1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (toe)	= 10.093	จิกะแคลอรี	(Gcal)
	= 42.244	จิกะจูล	(GJ)

	= 42.244	จิกะจูล	(GJ)
	= $40.047 \times 10^6$	บีทียู	(Btu)
1 บาร์เรล (barrel)	= 158.99	ลิตร	(litres)
1 ลูกบาศก์เมตรของไม้ (cu.m. of solid wood)	= 600	กิโลกรัม	(kg.)
1 ลูกบาศก์เมตรของถ่าน	= 250	กิโลกรัม	(kg.)
5 กิโลกรัมของฟืน (kg. of fuel wood)	= 1	กิโลกรัมของถ่าน	(kg. of charcoal product)
1 ลิตรของก๊าซปิโตรเลียมเหลว	= 0.54	กิโลกรัม	(kg.)

### 2.1.8 ประเภทของงานซ่อมบำรุง

งานทุกประเภทสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ งานที่วางแผนไว้กับงานที่ไม่ได้วางแผน งานบำรุงรักษาก็ไม่ได้ต่างกัน เราสามารถแบ่งประเภทของงานบำรุงรักษาออกเป็น 2 ประเภทคือ งานบำรุงรักษาที่วางแผนไว้และงานบำรุงรักษาที่ไม่ได้วางแผน

2.1.8.1 งานไม่ได้วางแผนคืองานซ่อมฉุกเฉินชนิดที่เรียกว่าเราไม่ได้คาดการณ์ไว้ก่อนล่วงหน้าเลย ถ้าเกิดกับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตก็จะทำให้การผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ บางครั้งอะไหล่ที่เราเก็บไว้ในคลังอะไหล่อาจไม่มีด้วยซ้ำไป งานประเภทนี้เราคงไม่อยากจะให้เกิดขึ้น เพราะงานพวกนี้จะก่อให้เกิดความสูญเสียมากมาย

2.1.8.2 ในส่วนของงานวางแผนยังประกอบด้วยงานอีกหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นงานบำรุงรักษาแบบป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเสียโดยไม่ได้ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขเครื่องจักร งานแบบนี้เราเรียกว่า การบำรุงรักษาแบบหลีกเลี่ยงหรือ Preventive Maintenance อีกประเภทคือการบำรุงรักษาโดยการที่เราปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรโดยการขจัดจุดที่เกิดการเสียบ่อยๆ หรือการปรับปรุงเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เราเรียกงานพวกนี้ว่า Corrective Maintenance หรือ การบำรุงรักษาแบบแก้ไข งานประเภทสุดท้ายของงานประเภทวางแผนคือ งาน Breakdown Maintenance หรือ การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดเหตุ งานประเภทนี้ไม่ใช่งานที่เราปล่อยให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เสียโดยไม่ได้วางแผน แต่เป็นการวางแผนว่าเสียเมื่อไหร่ค่อยซ่อม ซึ่งเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบำรุงรักษาประเภทนี้คือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ไม่ค่อยมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต เช่น หลอดไฟแสงสว่าง ถ้าหลอดไฟขาดเรายังสามารถเดินเครื่องได้ไม่ได้กระทบต่อการผลิตอย่างนี้เราสามารถเลือกให้หลอดไฟมีการบำรุงรักษาแบบ Breakdown Maintenance ได้ หรือเป็นอุปกรณ์บางชิ้นที่เป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยที่เมื่อเกิดปัญหากับเครื่องจักร อุปกรณ์นั้นจะแตกหักเสียหายเช่น ฟิวส์ เราคงไม่มีใครซ่อมบำรุงโดยการเปลี่ยนฟิวส์ของเครื่องจักรทุก 3 เดือนแล้วคิดว่าฟิวส์จะไม่ขาด แต่ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยที่จะขาดเมื่อกระแสไฟเกิน จะ

เห็นว่าเมื่อเลือกอุปกรณ์ใดให้มีการบำรุงรักษาแบบ Breakdown Maintenance สิ่งที่ต้องทำคือเราต้องมีอะไหล่สำรองสำหรับเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการ Breakdown ขึ้น

ก. การบำรุงรักษาแบบป้องกัน Preventive Maintenance ประกอบด้วยงาน 3 ชนิดคือ

ก.1 การบำรุงรักษาตามคาบเวลา หรือ Periodic Maintenance ซึ่งก็คือ การบำรุงรักษาโดยการใช้เวลาเป็นตัวกำหนดความถี่ในการบำรุงรักษาหรือ Time Base เช่น ทุก 3 เดือน รวมถึงงานประเภทที่ใช้ระยะเวลาในการเดินเครื่องเป็นตัวกำหนดหรือ Meter Base เช่น ทุก 10,000 ชั่วโมงเดินเครื่อง เป็นต้น

ก.2 การบำรุงรักษาตามสภาพของอุปกรณ์หรือ Predictive Maintenance เป็นการบำรุงรักษาตามการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เช่นการเปลี่ยนน้ำมันเมื่อสภาพของน้ำมันเสื่อมแล้ว แต่การที่จะทราบว่าสภาพของน้ำมันเสื่อมแล้วก็ต้องอาศัยการตรวจสอบสภาพก่อน ดังนั้น การบำรุงรักษาแบบนี้จึงต้องใช้ร่วมกับ Periodic Maintenance โดยใช้ Periodic Maintenance ในการเข้าไปตรวจสอบเพื่อหาข้อมูลแล้วจึงตัดสินใจว่าควรดำเนินการอย่างไรต่อไป

ก.3 การบำรุงรักษาอีกประเภทหนึ่งที่ใช้ในการหลีกเลี่ยงการเสียของเครื่องจักรก็คือการให้พนักงานเดินเครื่องซึ่งเป็นผู้ที่ใกล้ชิดเครื่องจักรมากที่สุดช่วยในการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ถ้าสามารถซ่อมได้ก็ซ่อม ซ่อมไม่ได้ก็แจ้งช่างเพื่อเข้าไปซ่อม การทำเช่นนี้ เรียกว่า Autonomous Maintenance ซึ่งจะทำให้การบำรุงรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเราอาจเขียนเป็นรูปได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 ผังงานบำรุงรักษา

### 2.1.9 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือการดำเนินการกิจกรรมซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลาก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดชำรุดเสียหาย ป้องกันการหยุดของเครื่องจักรโดยเหตุฉุกเฉิน สามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร การทำความสะอาดและหล่อลื่นโดยถูกวิธี การปรับแต่งให้เครื่องจักรที่จุดทำงานตามคำแนะนำของคู่มือรวมทั้งการบำรุงและเปลี่ยนชิ้นอะไหล่ตามกำหนดเวลา เช่นการเปลี่ยนลูกปืน ถ่านน้ำมันเครื่อง อัดจารบี เป็นต้น ดังนั้นการซ่อมและบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) พอจะสรุปได้ดังนี้

2.1.9.1 การอบรมให้ความรู้ เรื่องการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องจักรแก่ผู้ใช้งาน

2.1.9.2 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา จัดทำรายการชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องจักรที่ต้องเปลี่ยนหรือบำรุงรักษาตามวาระตลอดอายุใช้งาน

2.1.9.3 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา จัดทำรายการตรวจสอบ (Check list) ในการตรวจสอบประจำวัน ประจำสัปดาห์หรือประจำเดือน

2.1.9.4 ผู้ใช้เครื่องจักรดำเนินการตรวจเครื่องจักรประจำวันหรือประจำสัปดาห์ ตามรายการตรวจสอบที่มี

2.1.9.5 หน่วยงานซ่อมบำรุงรักษาจัดทำ Preventive Maintenance เครื่องจักรประจำปี/ประจำเดือน

2.1.9.6 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา ทำการบำรุงรักษาพร้อมบันทึกประวัติ

2.1.9.7 กรณีที่เครื่องจักรเกิด Breakdown และจะต้องทำการบันทึกข้อมูลเครื่องจักร

2.1.9.8 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา ทำการตรวจวัดการเสื่อมสภาพหรือสภาพของเครื่องจักร หรือชิ้นส่วนเครื่องจักร ตามคาบเวลาที่กำหนด

2.1.9.9 รวบรวมประวัติของเครื่อง (เครื่องจักร 1 เครื่อง เสมือนคนใช้ 1 คน) นำมาเป็นข้อมูลในการทำ

### 2.1.10 ทฤษฎี PDCA

#### 2.1.10.1 ความหมายของ PDCA

PDCA คือ วงจรการบริหารงานคุณภาพ ประกอบด้วย

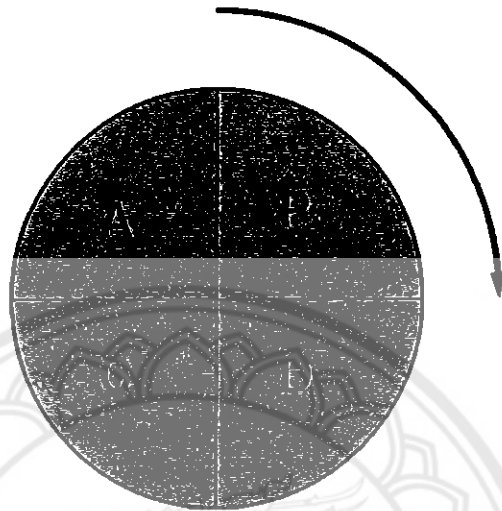
P= Plan คือ การวางแผนจากวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่ได้กำหนดขึ้น

D= Do คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนในแผนงานที่ได้เขียนไว้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง

C= Check คือ การตรวจสอบผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแผนงานว่ามีปัญหาอะไรเกิดขึ้นจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขแผนงานในขั้นตอนใดบ้าง

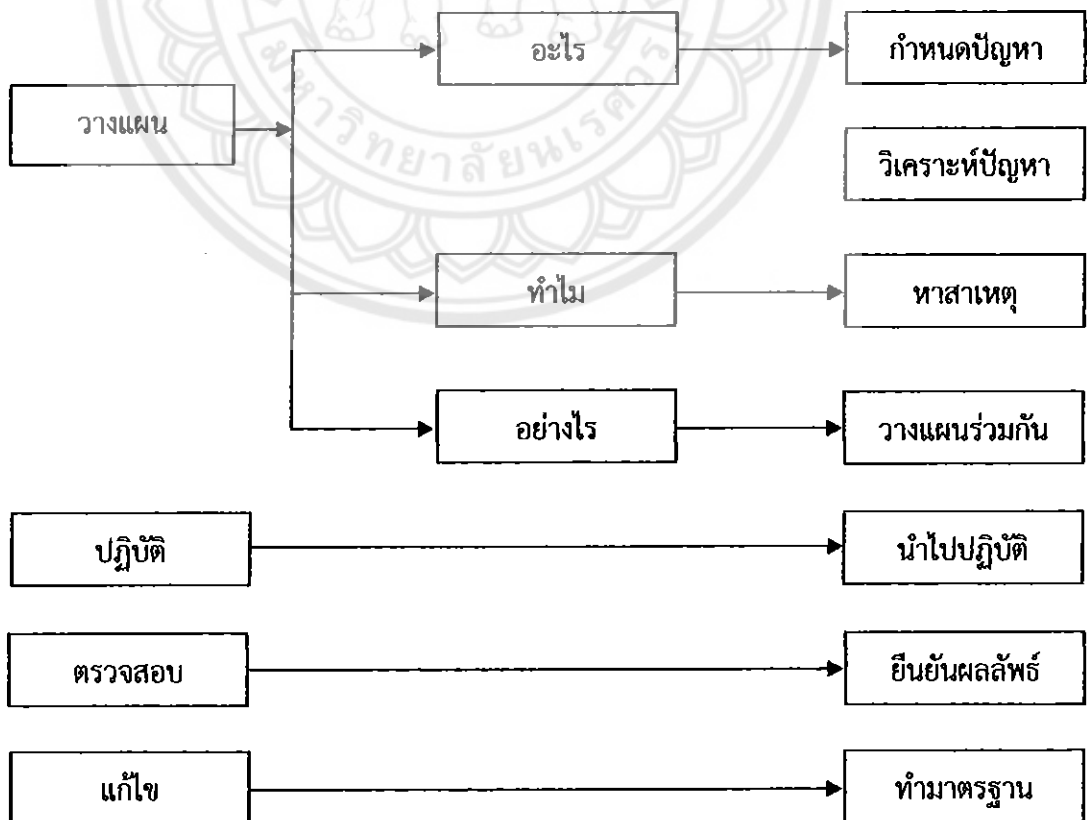
A= Action คือ การปรับปรุงแก้ไขส่วนที่มีปัญหา หรือถ้าไม่มีปัญหาใดๆ ก็ยอมรับแนวทางการปฏิบัติตามแผนงานที่ได้ผลสำเร็จ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานครั้งต่อไป

เมื่อได้แผนงาน (P) นำไปปฏิบัติ (D) ระหว่างปฏิบัติก็ดำเนินการตรวจสอบ (C) พบปัญหาทำการแก้ไขหรือปรับปรุง (A) การปรับปรุงก็เริ่มจากการวางแผนก่อนวนไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า “วงจร PDCA”



รูปที่ 2.2 วงล้อเดมมิ่ง

2.1.10.2 กระบวนการ PDCA



รูปที่ 2.3 กระบวนการ PDCA



### 2.1.10.3 โครงสร้างของวงจร PDCA

ขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนของวงจร PDCA ประกอบด้วย “การวางแผน” ครอบรอบเพื่อ “การปฏิบัติ” อย่างค่อยเป็นค่อยไปแล้วจึง “ตรวจสอบ” ผลที่เกิดขึ้นวิธีการปฏิบัติใดมีประสิทธิภาพที่สุดก็จะจัดให้เป็นมาตรฐาน หากไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ก็ต้องมองหาวิธีการปฏิบัติใหม่หรือใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม

#### ก. ขั้นตอนการวางแผน (Plan)

ขั้นตอนการวางแผนครอบคลุมถึงการกำหนดกรอบหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ฯลฯ พร้อมกับพิจารณาว่ามีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลใดบ้างเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงนั้น โดยระบุวิธีการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน นอกจากนี้ จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงดังกล่าว การวางแผนยังช่วยให้เราสามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งในด้านแรงงาน วัตถุดิบ ชั่วโมงการทำงาน เงิน เวลา ฯลฯ โดยสรุปแล้ว การวางแผนช่วยให้รับรู้สภาพปัจจุบัน พร้อมกับกำหนดสภาพที่ต้องการให้เกิดขึ้นในอนาคต ด้วยการผสมผสานประสบการณ์ ความรู้ และทักษะอย่างลงตัว โดยทั่วไปการวางแผนมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

ประเภทที่ 1 การวางแผนเพื่ออนาคตเป็นการวางแผนสำหรับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือกำลังจะเกิดขึ้นบางอย่างเราไม่สามารถควบคุมสิ่งนั้นได้เลยแต่เป็นการเตรียมความพร้อมของเราสำหรับสิ่งนั้น

ประเภทที่ 2 การวางแผนเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เป็นการวางแผนเพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเพื่อสภาพที่ดีขึ้น ซึ่งเราสามารถควบคุมผลที่เกิดในอนาคตได้ด้วยการเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปัจจุบัน

#### ข. ขั้นตอนการปฏิบัติ (DO)

คือ การลงมือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน ในขั้นนี้ต้องตรวจสอบระหว่างการปฏิบัติด้วยว่าได้ดำเนินไปในทิศทางที่ตั้งใจหรือไม่ พร้อมกับสื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับทราบด้วย เราไม่ควรปล่อยให้ถึงวินาทีสุดท้ายเพื่อดูความคืบหน้าที่เกิดขึ้น หากเป็นการปรับปรุงในหน่วยงาน ผู้บริหารย่อมต้องการทราบความคืบหน้าอย่างแน่นอน เพื่อจะได้มั่นใจว่าโครงการปรับปรุงเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

#### ค. ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)

คือ การประเมินผลจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แต่ขั้นตอนนี้มักจะถูกมองข้ามเสมอการตรวจสอบทำให้เราทราบว่า การปฏิบัติในขั้นที่สองสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญก็คือเราต้องรู้ว่า จะตรวจสอบอะไรบ้างและบ่อยครั้งแค่ไหน ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์สำหรับขั้นตอนถัดไป

### จ. ขั้นตอนการดำเนินงานที่เหมาะสม (Act)

ขั้นตอนการดำเนินงานที่เหมาะสมสามารถพิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีอยู่ 2 กรณี คือ ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้ หรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ หากเป็นกรณีแรก ก็ให้นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำเป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งหาวิธีการที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งอาจหมายถึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้เร็วกว่าเดิม หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเดิม หรือทำให้คุณภาพดียิ่งขึ้นก็ได้ แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่สอง ซึ่งก็คือผลที่ได้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามแผนที่วางไว้ เราควรนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ และพิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไปนี้

จ.1 มองหาทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นไปได้

จ.2 ให้ความสำคัญให้มากขึ้นกว่าเดิม

จ.3 ขอความช่วยเหลือจากผู้รู้

จ.4 เปลี่ยนเป้าหมายใหม่

#### 2.1.11 เทคนิคการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าในสัดส่วนกว่าร้อยละ 80 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ชนิดเหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในขณะที่มอเตอร์กระแสสลับชนิดซิงโครนัส มักใช้สำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบเดียวที่แน่นอน ส่วนมอเตอร์กระแสตรงมักใช้กับกรณีที่ปรับความเร็วรอบได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ ในการใช้งานมอเตอร์ให้ประหยัดพลังงานนั้น จะต้องคำนึงถึงค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ซึ่งค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามภาระของมอเตอร์ โดยปกติแล้วผู้ผลิตมอเตอร์จะออกแบบมอเตอร์ให้ทำงานโดยมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ประมาณ 80 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของขนาดมอเตอร์ ดังนั้นถ้าเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับภาระการใช้งานจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน อีกทั้งยังเกิดการลงทุนที่สูงเกินความจำเป็นหรือทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลงด้วย

2.1.11.1 วิธีการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ เมื่อป้อนแรงดันและกระแสให้กับมอเตอร์ที่มีโหลดต่ออยู่ มอเตอร์จะเกิดการหมุนและพาเอาโหลดหมุนตามไปด้วยและมอเตอร์เองก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเห็นได้ว่ามอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนหนึ่งเพื่อแปลงเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในการหมุนโหลด และพลังงานอีกส่วนหนึ่งทำให้อุณหภูมิของตัวมอเตอร์สูงขึ้น ค่าความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้กับงานที่มอเตอร์ทำให้ได้ในการหมุนโหลด คือ กำลังสูญเสียของมอเตอร์ สาเหตุของการสูญเสียกำลังของมอเตอร์แบ่งออกเป็น

ก. การสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลด (No Load Losses) มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับโหลด ประกอบด้วยการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) กับการสูญเสียจากแรงลมและแรงเสียดทาน การสูญเสียในแกนเหล็กสัดส่วนร้อยละ 16 ของพลังงานที่สูญเสียทั้งหมดเกิดจากพลังงานที่ใช้ใน

การเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ไหลอยู่เหนืบนแกนเหล็ก และพลังงานสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนในแกนเหล็ก การสูญเสียจากแรงลมและแรงเสียดทานสัดส่วนร้อยละ 14 ของพลังงานทั้งหมดเกิดจากแรงเสียดทานในตลับลูกปืนและแรงต้านของครีบบระบายความร้อนที่ตัวมอเตอร์

ข. การสูญเสียเนื่องจากโหลด (Load Losses) เป็นพลังงานสูญเสียที่เพิ่มขึ้นตามขนาดของโหลด ประกอบด้วย การสูญเสียที่สเตเตอร์ การสูญเสียที่โรเตอร์ การสูญเสียจากการใช้งาน (Stray Loss) การสูญเสียที่สเตเตอร์ สัดส่วนร้อยละ 33 ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดอยู่ในรูปความร้อน เกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวดที่ตัวอยู่กับที่หรือสเตเตอร์ (Stator) การสูญเสียที่โรเตอร์ สัดส่วนร้อยละ 15 อยู่ในรูปความร้อนเกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวดที่ตัวหมุน หรือโรเตอร์ (Rotor)

ค. การสูญเสียจากการใช้งาน สัดส่วนร้อยละ 22 เกิดจากความถี่ในแกนเหล็กที่โรเตอร์ค่ากระแสไหลวนในขดลวดที่สเตเตอร์ค่าความสูญเสียจากกระแสฮาร์มอนิกในตัวนำของโรเตอร์ขณะที่มีโหลดค่าสนามแม่เหล็กที่เร็วไหลที่เกิดจากกระแสโหลด

#### 2.1.11.2 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์ทั่วไปนั้น เป็นทางเลือกที่ดีในการลดต้นทุนการผลิตการออกแบบโดยการลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์จะทำให้ประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ส่วนหนึ่งและทำให้ลดการขยายแหล่งผลิตไฟฟ้าได้ อันเป็นผลทำให้ลดการสูญเสียทรัพยากรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ป่าไม้ น้ำมัน เป็นต้น มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเป็นมอเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่ ให้มีกำลังงานสูญเสียน้อยกว่ามอเตอร์ธรรมดา จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีประสิทธิภาพสูงในช่วงการใช้งานที่ขนาดโหลดกว้าง ในการลงทุนซื้อมอเตอร์หรือเปลี่ยนมอเตอร์ หากตัดสินใจจากราคาของมอเตอร์เพียงอย่างเดียวโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการใช้งานมอเตอร์ย่อมไม่ถูกต้องนัก ผู้ประกอบการควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในส่วนค่ากระแสไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของมอเตอร์เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจด้วย เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนค่ากระแสไฟฟ้าบางเครื่องอาจสูงกว่า 50 เท่าของราคามอเตอร์

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา กับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

กำลังมอเตอร์ (แรงม้า)	ประสิทธิภาพของ มอเตอร์มาตรฐาน (%)	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ประสิทธิภาพสูง (%)
7.5	84.8	89.5
10	85.6	89.5
15	87.4	91.0
20	88.3	91.0
25	88.9	92.4
30	89.8	92.4
40	90.4	93.0
50	91.0	93.0
60	91.5	93.6
75	92.0	94.1
100	92.0	94.5
125	92.2	94.5
150	92.8	95.0
200	93.3	95.0
250	93.5	95.0
300	93.5	95.4
400	93.8	95.4
500	94.0	95.8

### 2.1.11.3 การเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง พิจารณาเลือกใช้ในกรณีต่อไปนี้

- ก. เมื่อต้องการซื้อมอเตอร์ตัวใหม่เพิ่มเติมหรือทดแทนมอเตอร์ที่หมดอายุ
- ข. เมื่อต้องทำการซ่อมแซมมอเตอร์เดิมด้วยค่าใช้จ่ายที่สูง เช่น การพันขดลวดใหม่หรือการซ่อมแซมแผ่นเหล็กที่ Rotor และ Stator ที่เสียหายจากการเสียดสีหรือความร้อน ซึ่งการซ่อมแซมมอเตอร์นี้จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงไปกว่าเดิม
- ค. เมื่อต้องการซื้อมอเตอร์ใหม่เพื่อใช้เป็นมอเตอร์สำรอง ควรซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมาใช้งาน และนำมอเตอร์เดิมมาซ่อมแซม หรือปรับปรุงเพื่อใช้เป็นมอเตอร์สำรอง

### 2.1.11.4 การบำรุงรักษามอเตอร์

- ก. ข้อควรปฏิบัติงานในการใช้งานประจำวัน

ก.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของตัวมอเตอร์และบริเวณโดยรอบ

ก.2 ตรวจสอบความตึงของสายพาน

ก.3 ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในขณะที่เริ่มเดินมอเตอร์ ในกรณีที่เกิดปกติ ให้หยุดเดินมอเตอร์และตรวจสอบหาสาเหตุ

ก.4 ตรวจสอบหลังใช้งานมอเตอร์ระยะหนึ่งก่อนไปปฏิบัติหน้าที่อื่น เพื่อตรวจสอบความผิดปกติ เช่น เสียง แรงสั่นสะเทือน กลิ่น

ก.5 ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ตามระยะเวลาที่เหมาะสม

ข. การบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป มีดังนี้

ข.1 รักษาความสะอาดของมอเตอร์ทั้งภายในและภายนอกให้ปราศจากน้ำมัน ฝุ่นละอองและน้ำ

ข.2 ถ้าต้องการให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ยาวนานขึ้น ให้ใช้น้ำมันวานิชที่ขจัดคราบของมอเตอร์อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของมอเตอร์

ข.3 ดูแลแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ ต้องสะอาดปราศจากน้ำมัน

ข.4 ตรวจสอบว่าอุณหภูมิที่มอเตอร์จะต้องไม่ร้อนจนผิดปกติจนเกินค่าพิกัด การทดลองความร้อนของฉนวนมอเตอร์

ข.5 บำรุงรักษาประสิทธิภาพการหล่อลื่นของลูกปืนให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตแนะนำ

#### 2.1.11.5 ข้อควรพิจารณาและข้อควรระมัดระวัง

ก. ก่อนดำเนินการมาตรการประหยัดพลังงานของมอเตอร์ ควรพิจารณาเรื่องอื่นๆ ที่มีการลงทุนน้อยก่อน เช่น การควบคุมมอเตอร์ เพื่อลดเวลาการเดินมอเตอร์โดยไม่ได้เกิดผลผลิต

ข. มอเตอร์ที่มีโหลดน้อยกว่า 50% จะทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง อาจตรวจสอบได้จากผู้ผลิตว่าเปลี่ยนไปเท่าไร การวัดมอเตอร์ควรวัดกำลังที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ ในการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดัน อย่างไรก็ตามกระแสไฟฟ้ามักจะเป็นตัวชี้วัดว่ามอเตอร์กำลังทำงานที่ภาระประมาณเท่าไรโดยที่เทียบกับกระแสไฟฟ้าเมื่อมอเตอร์ทำงานตามพิกัด

ค. ในกรณีของมอเตอร์ที่ขณะทำงานมีโหลดน้อยกว่าพิกัดมากกว่า 50% แนวความคิดที่จะลดขนาดของมอเตอร์ตามตัวอย่างในหัวข้อก่อนๆ ดังนั้นจึงเป็นการคำนวณโดยประมาณ ในทางปฏิบัติควรตรวจสอบกับผู้ผลิตมอเตอร์ด้วยว่าที่ภาระประมาณดังกล่าว ประสิทธิภาพจริงใกล้เคียงกับที่คำนวณมาได้หรือไม่

ง. การเลือกใช้มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ถ้ามีความเป็นไปได้ อาจพิจารณาควบคุมไปกับการลดขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระร่วมด้วย จะให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งผลประหยัดที่มากขึ้นและเงินลงทุนที่อาจจะน้อยลงเนื่องจากมอเตอร์ขนาดเล็กลง

จ. ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ถ้ามอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันแตกต่างไปจากพิกัดบนป้ายชื่อ จะทำให้สมรรถนะการทำงานของมอเตอร์เปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนและอายุของมอเตอร์ด้วย

2.1.11.6 การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆได้ เช่น

ก. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟกระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลัก

ข. ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ โดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลง ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสมการ  $N=120f/P$  โดยที่  $N$  = ความเร็วรอบต่อวินาที,  $f$  = ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อวินาที และ  $P$  = จำนวนขั้วของมอเตอร์ ในการควบคุมนี้ถ้าต้องการแรงบิดคงที่ จะต้องรักษาให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์คงที่ด้วย

ค. ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดกระแสตรง ให้เป็นชนิดกระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้

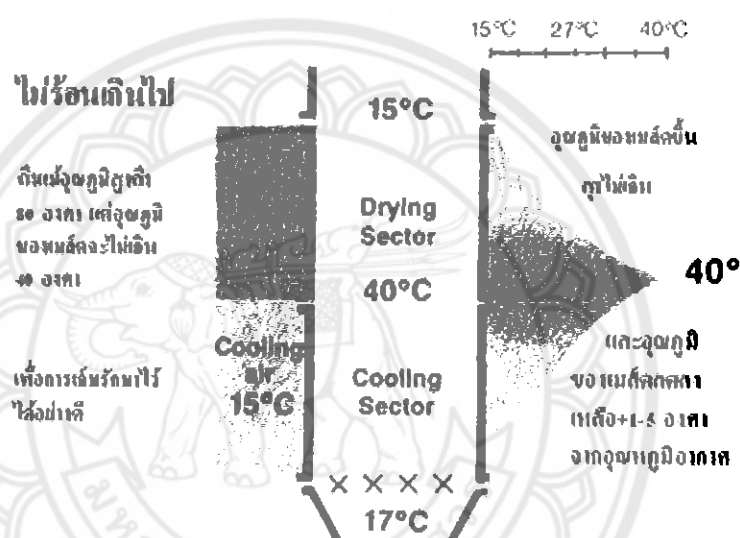
ง. ใช้ในเตาถลุงเหล็กที่ใช้ความถี่สูง โดย Inverters ใช้หลักการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กทำให้ร้อน ( Induction Heating)

#### 2.1.12 เครื่องอบแห้งไอบีม

สามารถอบเมล็ดพืชที่เลื้อนไหลได้ทุกชนิด เช่น เมล็ดข้าวเปลือก ข้าวโพด เมล็ดถั่วต่าง ๆ เป็นต้น เครื่องอบแห้งไอบีม เป็นเครื่องอบแบบเมล็ดพืชไหลผ่านในแนวตั้ง โดยมีลมร้อนไหลผ่านในแนวขวางผ่านช่องลมสามเหลี่ยมซึ่งจัดเรียงเป็นแถวสลับเป็นชั้น ๆ จากบนถึงล่าง ระบบกระจายลมนี้เรียกว่าแบบ LSU (Louisiana University) ให้ความมั่นใจได้ว่าลมร้อนจะกระจายได้ทั่วถึงทุกเมล็ดอย่างสม่ำเสมอ เครื่องอบแห้งไอบีม ออกแบบและผลิตเป็นส่วนประกอบขนาดมาตรฐานที่สามารถติดตั้งได้ทุกขนาดของกำลังผลิตที่ต้องการ



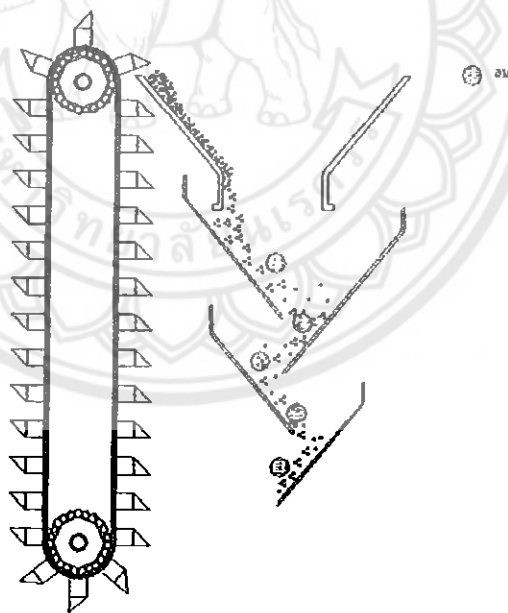
รูปที่ 2.4 เครื่องอบแห้งแบบไฮบีม



รูปที่ 2.5 แสดงการอบอย่างทะนุถนอมและปลอดภัย

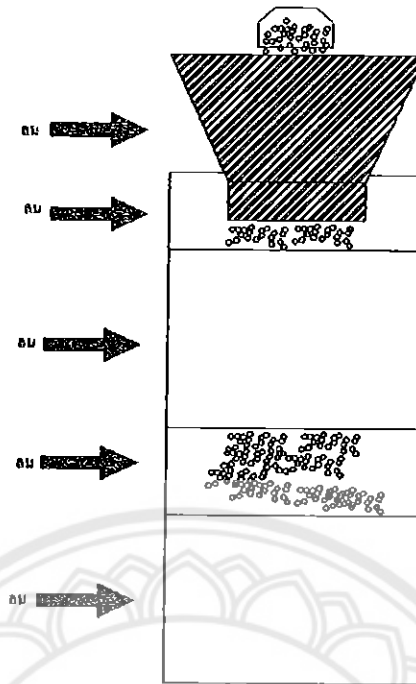
ระบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่อเนื่องพร้อมจัดเก็บเข้าโรงสี ลดความชื้นจาก 28% เหลือ 13% เครื่องอบแห้ง ไฮบีม เครื่องอบแห้ง ไฮบีม ออกแบบและผลิตได้มาตรฐานทุกชิ้นส่วน ให้ความมั่นใจ ในคุณภาพและประสิทธิภาพ ในการทำงานอย่างต่อเนื่อง สะดวกในการบำรุงรักษา เครื่องอบแห้งไฮบีม เป็นเครื่องอบแบบไหลผ่านในแนวตั้ง ผ่านช่องลมแบบสามเหลี่ยมในแนวขวาง ซึ่งจัดเรียงเป็นชั้นๆ จากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยลมร้อนจะผ่านเมล็ดพืชอย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอทุกจุดในเครื่องอบ ระบบกระจายลมนี้ เป็นที่รู้จักเรียกว่า ระบบLSU ซึ่งได้รับการพัฒนามานานกว่า 20 ปี เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันแพร่หลายในหลายประเทศ เครื่องอบแห้ง ไฮบีม ถูกออกแบบเพื่อใช้กับเมล็ดธัญพืชหลายชนิดในประเทศไทย โดยเฉพาะในเมล็ดข้าวเปลือก, เมล็ดข้าวโพด, เมล็ดพืชจำพวกถั่วต่างๆ เป็นต้น เครื่องอบแห้ง ไฮบีม ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้มาตรฐานและเป็นระบบทันสมัย ทำให้กระบวนการอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย และยังทำให้ข้าวเปลือก หรือเมล็ดพืชที่ทำการอบแห้งแล้ว ยังคงคุณค่าตามธรรมชาติมากที่สุด สามารถเก็บไว้เป็นเวลานาน ตู้อุปกรณ์การทำงานของเครื่อง ระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน

ของเครื่องทั้งหมดเป็นระบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วยชุดโปรแกรมการควบคุม (PLC) พร้อมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ และสัญญาณเตือน เมื่อมีเหตุขัดข้องต่างๆ มีแผนผังแสดง การทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด บนตู้ควบคุม เตาลมร้อนอัตโนมัติ ไฮปิม TWIN-HEAT เป็นเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งเช่น แกลบ, ชี้เลื่อย, ช้างข้าวโพด ฯลฯ โดยมีระบบการป้องกันเชื้อเพลิง แบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถควบคุมการเผาไหม้ และอุณหภูมิของลมร้อนที่ต้องการใช้ได้อย่างสม่ำเสมอ ระบบลมร้อนTWIN-HEAT เป็นเทคโนโลยีการออกแบบของไฮปิม เอ็นจีเนียริง เพื่อช่วยให้การใช้พลังงานความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ออกซิเจนซึ่งช่วยในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ภายในห้องเผาไหม้ จะถูกเพิ่มความร้อนก่อนเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และช่วยให้ลมร้อนหรือแก๊สร้อนที่ถูกพ่นออกจากห้องเผาไหม้ เพื่อผ่านเข้าไปในส่วนชุดถ่ายเทความร้อน มีอุณหภูมิสูงมากขึ้นโดยใช้เชื้อเพลิงน้อย พลังงานความร้อนซึ่งถูกถ่ายเทจากส่วนต่างๆ รอบห้องเผาไหม้ และชุดถ่ายเทความร้อนถูกนำไปใช้ในการอบแห้งเกือบทั้งหมด จึงทำให้ผนังเตาอบนอกและบรรยากาศรอบๆ เตาไม่ร้อน ไม่มีมลภาวะเป็นพิษ เนื่องจากแก๊สร้อนจากห้องเผาไหม้ ถูกดักโดยไซโคลนดักขี้เถ้าก่อนปล่อยออก ปล่องระบายควัน และการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ 100% จึงทำให้ไม่มีควันเสียออกให้เห็นได้ ไม่มีกลิ่นหรือละอองขี้เถ้า เนื่องจากลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง เป็นระบบลมร้อนทางอ้อม (INDIRECT)



รูปที่ 2.6 แสดงการอบเมล็ดข้าวโพดจากด้านข้าง





รูปที่ 2.7 แสดงการอบเมล็ดข้าวโพดจากด้านหน้า

เครื่องลดความชื้นแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า ซึ่งทั่วไปเรียกว่า แบบ แอลเอสยู(L.S.U.) เครื่องลดความชื้นแบบนี้ดูภายนอกมีลักษณะเช่นเดียวกับแบบคอลัมน์ คือ ถังบรรจุเมล็ดพืชจะเป็นแบบตั้งทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง เมล็ดพืชจะไหลจากด้านบนลงล่างโดยมีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของเมล็ดภายในถังประกอบด้วยท่อลมเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะมีท่อลมหลายท่อ ท่อลมแต่ละชั้นจะเป็นท่อลมร้อนเข้าและท่อลมออกสลับกันท่อลมร้อนเข้านี้จะพัด ผ่านเมล็ดพืชในถังอบและไหลออกทางท่อลมออกที่อยู่ชั้นด้านบนและด้านล่างท่อลม แต่ละท่อจะมีลักษณะเป็นรางคว่ำ ด้านบนแหลม ด้านล่างเปิดว่างในแนวขนานกับพื้นยาวตลอดถัง ที่ปลายรางด้านหนึ่งจะเจาะช่องต่อเข้ากับห้องรวบรวมลม ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะปิดท่อลม แต่ละชั้นจะมีช่องที่เจาะเข้ากับห้องรวบรวมลมสลับกัน โดยชั้นหนึ่งจะต่อเข้ากับห้องลมร้อนเข้า และอีกชั้นหนึ่งจะต่อเข้ากับห้องลมออกเครื่องลดความชื้นแบบนี้จะทำให้เมล็ดพืชไหลกลับไปกลับมา และมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนเข้าและลมขึ้นที่เป่า ออกสลับกัน เท่ากันตลอดทั้งถังบรรจุเมล็ดพืช ใช้ปริมาณลมในอัตรา 44-97 ลูกบาศก์เมตร/นาที่/ตันเมล็ดพืช บางครั้งอาจสูงถึง 112-180 ลูกบาศก์เมตร/นาที่/ตันเมล็ดพืช และอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้จะได้อุณหภูมิสูงกว่าแบบคอลัมน์คือ 66 องศาเซลเซียสสำหรับการใช้งานก็เช่นเดียวกับแบบ คอลัมน์ คือ ใช้อบแบบเป็นครั้งหรืองวดและอบแบบไหลต่อเนื่อง



รูปที่ 2.8 เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์ชนิดเมล็ดพืชไหลคลุกเคล้า (L.S.U.)

ที่มา : สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2548)

### 2.1.13 ทฤษฎีของไซโล

2.1.13.1 ฉางเก็บเมล็ดพืชขนาดใหญ่ (Elevatorหรือ Bin storage) หรือ ไซโล ในปัจจุบันทำ ด้วยไม้โลหะ หรือ คอนกรีต มักจะมีความสูงมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเกินกว่า 2 เท่าขึ้นไป บางแห่งอาจสูงถึง 50 เมตร และมักสร้างรวมกันเป็นกลุ่มตั้งแต่ 2 ฉางขึ้นไปถึง 10-20 ฉาง มีความจุรวมกันตั้งแต่ 5000-50000 เมตริกตันหรือมากกว่านั้น ส่วนใหญ่มักจะเป็นของกลุ่มเกษตรกรหรือสหกรณ์ สร้างบริเวณท่าเรือหรือชุมทางรถไฟ เพื่อเตรียมส่งไปแหล่งอื่นหรือส่งไปต่างประเทศบางแห่ง จึงมีชื่อเรียกว่า Terminal หรือ Mills เมล็ดพืชที่จะเก็บเข้าฉางเก็บขนาดใหญ่จะต้องลดความชื้นให้สนิทจนอยู่ในชั้นปลอดภัยหากไม่แห้งหรือมีความชื้นสูงน่าจะเน่าเสีย ดังนั้น ทุกฉางจึงมักมีเครื่องลดความชื้นหรือเครื่องอบเมล็ดพืช (Grain dryer) ใช้ร่วมอยู่ด้วยสำหรับสิ่งก่อสร้างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันแต่ใช้เก็บอาหารสัตว์หมัก (Silage) หรือเก็บปุ๋ยซีเมนต์ หรือเป็นหลุมสำหรับเก็บชีปนาวุธข้ามทวีป มีชื่อเรียกว่า ไซโล

2.1.13.2 ฉางเก็บเมล็ดพืชขนาดกลางหรือขนาดเล็ก (Bin storage) เป็นอาคารสำหรับเก็บเมล็ดพืชหรืออาหารสัตว์ประจำไร่หรือ ของกลุ่มสหกรณ์เล็กๆ เป็นสิ่งก่อสร้างรูปทรงกลม สร้างด้วยไม้หรือโลหะ บางแห่งสร้างเป็นอาคารสี่เหลี่ยมเหมือนโรงเก็บวัสดุทั่วไป ความจุเต็มไม่เกิน 2500 ตัน มีความสูงไม่เกิน 2 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลาง สร้างเป็นฉางเดี่ยว หรืออยู่เป็นกลุ่มหลายฉางตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นฉางแต่ละฉางมักมีอุปกรณ์สำหรับลดความชื้นเมล็ดพืชติดพร้อมไปด้วย เพื่อใช้สำหรับลดความชื้นเมล็ดพืชในฉางได้ด้วย ฉางเช่นนี้มีชื่อเรียกว่า ฉางอบเมล็ดพืช (Bin dryer) แต่เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชเหล่านี้มักมีขีดความสามารถจำกัดเหมาะสำหรับการอบเมล็ดพืชในเขตอบอุ่น (Temperate) เท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับเขตร้อนชื้น (Tropical) เหมือนบ้านเรา ซึ่งต้องการเครื่องที่มีกำลังสูงกว่า

2.1.13.3 เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืช (Artificial grain dryer) ก่อนที่จะนำเมล็ดพืชไปเก็บในฉางเก็บจำเป็นจะต้องลดความชื้นเมล็ดพืชให้แห้งอยู่ในระดับปลอดภัยก่อน (แตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพดินฟ้าอากาศขณะนั้น) ดังนั้น เจ้าของฉางเก็บจะต้องมีอุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งคือ เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืช การลดความชื้นเมล็ดพืชแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

ก. การลดความชื้นโดยธรรมชาติ หากเมล็ดพืชมีปริมาณไม่มาก แดดจัด ฝนไม่ชุก และค่าแรงงานถูก เช่น สภาพในบ้านเรา ลดความชื้นและอาจตากในลานดิน หรือลานคอนกรีตได้

ข. การลดความชื้นโดยวิธีกล (Mechanical grain dryer) สำหรับกรณีที่มีปริมาณเมล็ดพืชมีปริมาณมาก ความชื้นสูง ฝนตกชุก และแรงงานแพง เช่น ในประเทศเขตอบอุ่น หรือการเก็บเกี่ยวช้ามาปรั้งในบ้านเราจำเป็นต้องใช้เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืช ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ส่วน คือ พัดลมและแหล่งผลิตความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงเผาหรือไฟฟ้าการลดความชื้นพืชโดยใช้วิธีกลยังแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

ข.1 การลดความชื้นทั้งกอง (Batch dryer) โดยอัดกระแสลมร้อนผ่านใต้กองเมล็ดพืชทั้งกองที่กองไว้กับพืชหรือเก็บไว้ในฉาง เพื่อนำน้ำจากเมล็ดพืชไปกับลมร้อนการทำงานค่อนข้างช้า ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับการอบขนาดเล็กตามไรนาเท่านั้น

ข.2 การลดความชื้นแบบต่อเนื่อง (Continuous dryer) โดยการปล่อยให้เมล็ดพืชตกหรือไหลผ่านกระแสลมร้อนอย่างช้าๆ การอบวิธีนี้ถ้าขนาดของเครื่องใหญ่ พัดลมมีกำลังความดันสูงอุณหภูมิสูงก็สามารถทำงานได้เร็ว แต่เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งแยกส่วนของกับฉางเก็บ ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับฉางเก็บขนาดใหญ่ (ปัจจุบันมีการวิจัยเครื่องลดความชื้นที่ผสมผสานระหว่างการลดทั้ง 2 แบบนี้ในประเทศไทย)

2.1.13.4 ประโยชน์ของฉางเก็บเมล็ดพืชและเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชฉางเก็บเมล็ดพืช มีประโยชน์สำหรับการเก็บเมล็ดพืชไว้สำรองพืชตนไว้ใช้ในอนาคตหรือจำหน่ายเมื่อราคาดี แต่เมล็ดพืชที่จะนำเข้ามาเก็บจะต้องมีความชื้นต่ำยิ่งถ้าช้ามาปรั้งต้องลดความชื้นให้แห้งก่อนดังนั้นผู้มีฉางเก็บเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่หรือซื้อช้ามาปรั้งจึงจำเป็นต้องมีเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชชนิดใดชนิดหนึ่งด้วย

#### 2.1.14 หม้อแปลงไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งโดยวิธีทางวงจรแม่เหล็กซึ่งไม่มีจุดต่อไฟฟ้าถึงกันและไม่มีชิ้นส่วนทางกลเคลื่อนที่ โดยทั่วไปเราใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีขนาดลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากเดิมโดยมีความถี่ไฟฟ้าคงเดิม

#### 2.1.14.1 โครงสร้าง

หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

ก. ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า  
 ข. ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า  
 ค. แผ่นแกนเหล็ก (Core) ทำหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ขดลวดพันรอบแกนเหล็ก

ง. ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด

จ. แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง

ฉ. อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน เป็นต้น

ช. โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวดแกนเหล็กรวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่

ซ. สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย

#### 2.1.14.2 ฉนวน

สายทองแดงจะต้องผ่านการเคลือบน้ำยาฉนวน เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดลัดวงจรถึงกันได้ การพันขดลวดบนแกนเหล็กจึงควรมีกระดาษขอบน้ำยาฉนวนคั่นระหว่างชั้นของขดลวดและคั่นแยกระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับทุติยภูมิด้วย ในหม้อแปลงขนาดใหญ่มักใช้กระดาษขอบน้ำยาฉนวนพันรอบสายตัวนำก่อนพันเป็นขดลวดลงบนแกนเหล็ก นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันชนิดที่เป็นฉนวนและระบายความร้อนให้กับขดลวดอีกด้วย

#### 2.1.14.3 แกนเหล็ก

แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหม้อแปลงจะมีส่วนผสมของสารกึ่งตัวนำ-ซิลิกอนเพื่อรักษาความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบขดลวดไว้ แผ่นเหล็กแต่ละชั้นเป็นแผ่นเหล็กบางเรียงต่อกันหลายชั้นทำให้มีความต้านทานสูงและช่วยลดการสูญเสียบนแกนเหล็กที่ส่งผลให้เกิดความร้อนหรือที่เรียกว่ากระแสไหลวนบนแกนเหล็กโดยทำแผ่นเหล็กให้เป็นแผ่นบางหลายแผ่นเรียงซ้อนประกอบขึ้นเป็นแกนเหล็กของหม้อแปลง

#### 2.1.14.4 ขั้วต่อสายไฟ

โดยทั่วไปหม้อแปลงขนาดเล็กจะใช้ขั้วต่อไฟฟ้าต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก และ ถ้าเป็นหม้อแปลงขนาดใหญ่จะใช้แผ่นทองแดง (Bus Bar) และบุชชิ่งกระเบื้องเคลือบ (Ceramic) ต่อเข้าระหว่างปลายขดลวดกับสายไฟฟ้าภายนอก

2.1.14.5 แผ่นป้าย

แผ่นป้ายจะติดไว้ที่ตัวถังของหม้อแปลงเพื่อแสดงรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง อาจเริ่มจากชื่อบริษัทผู้ผลิต ชนิด รุ่นและขนาดของหม้อแปลง ขนาดกำลังไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านรับไฟฟ้าและด้านจ่ายไฟฟ้า ความถี่ใช้งาน วงจรขดลวด ลักษณะการต่อใช้งาน ข้อควรระวัง อุณหภูมิ มาตรฐานการทดสอบ และอื่น ๆ

2.1.14.6 หลักการทำงาน

เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ขึ้นอยู่กับ จำนวนรอบของขดลวด พื้นที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับ เส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็ก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวด จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้

2.1.14.7 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

ก. การจำแนกหม้อแปลงตามขนาดกำลังไฟฟ้ามีดังนี้

- ก.1 ขนาดเล็กจนถึง 1 VA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณในงานอิเล็กทรอนิกส์
- ก.2 ขนาด 1-1000 VA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานด้านเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านขนาดเล็ก
- ก.3 ขนาด 1 kVA -1 MVA เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานจำหน่ายไฟฟ้าในโรงงาน สำนักงาน ที่พักอาศัย
- ก.4 ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 1 MVA ขึ้นไป เป็นหม้อแปลงที่ใช้กับงานระบบไฟฟ้ากำลัง ในสถานีไฟฟ้าย่อย การผลิตและจ่ายไฟฟ้า

ข. จำแนกชนิดตามจำนวนรอบของขดลวดได้ดังนี้

- ข.1 หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่ม (Step-Up) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบมากกว่าขดลวดปฐมภูมิ
- ข.2 หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าลง (Step-Down) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบน้อยกว่าปฐมภูมิ
- ข.3 หม้อแปลงที่มีแท็ปแยก (Tap) ทำให้มีขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้หลายระดับ
- ข.4 หม้อแปลงที่ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกัน (Isolating) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบเท่ากับขดลวดปฐมภูมิหรือมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันทั้งสองด้าน

159 2 1831

๘/๖

๒/๑๓๗

2554

### 2.1.15 การหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Flue gas analyser)

การเผาไหม้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาทางเคมี โดยปกติทั่วไปการเผาไหม้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงเกิดการออกซิเดชันกับอากาศ ทำให้ได้ความร้อนออกมา การเผาไหม้สมบูรณ์กับเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศตั้งนั้น ปริมาณอากาศทางอุดมคติจึงเป็นที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขจริง การวัดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต้องการให้มีอากาศเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จำนวนปริมาณอากาศที่มากกว่าและเหนือปริมาณของอากาศในอุดมคติเรียกว่า อากาศเกิน(Excess Air) ซึ่งในการหาประสิทธิภาพการเผาไหม้จะหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้จากอากาศเกินจากสูตร

$$\%excess\ air = \frac{O_2 - 0.5CO}{0.264N_2 - (O_2 - 0.5CO)} \times 100$$

โดยเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้ตรวจสอบว่า ก๊าซที่ปล่อยออกมาที่ปล่อง มีประสิทธิภาพการเผาไหม้มากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถวัดได้ออกมา ในรูปของตัวเลข ทำให้ไม่ต้องใช้การคาดคะเนอีกต่อไป และนอกจากจะบอกค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้แล้ว ยังบอกค่าอื่น ๆ ได้ เช่น %O<sub>2</sub>, %CO, %CO<sub>2</sub> (cal) เป็นต้น ทำให้เราทราบถึงประสิทธิภาพในการปรับ burner ได้ เช่น ถ้า %O<sub>2</sub> มากเกินไป จะทำให้เปลืองเชื้อเพลิงมาก หรือถ้า %CO, %CO<sub>2</sub> มากเกินไป ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น เหมาะอย่างยิ่งกับการวัดประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler) และเตาเผา/เตาอบ (Furnace)



รูปที่ 2.9 เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้

### 2.1.16 เทคนิคการเขียนแบบสอบถามสำหรับการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์

#### 2.1.16.1 จุดมุ่งหมาย

มีจุดมุ่งหมายที่ต้องการแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถามมีลักษณะอย่างไร มีโครงสร้างหรือองค์ประกอบอะไรบ้าง พร้อมทั้งแสดงให้เห็นด้วยว่าเทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถามให้สอดคล้องกันอย่างเป็นระบบรวมทั้งครอบคลุม

วัตถุประสงค์การวิจัยกรอบแนวคิดการวิจัย และสาระสำคัญอย่างครบถ้วนทำได้อย่างไร ทั้งนี้ เพื่อช่วยเพิ่มมาตรฐานให้แบบสอบถาม อันจะเป็นประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนการนำเสนอผลงานวิจัยสนามของการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการ ให้มีมาตรฐานตามไปด้วย นอกจากนี้แล้ว ผู้ศึกษายังอาจนำ “เทคนิคการเขียนแบบสอบถามสำหรับการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์” นี้ไปใช้เป็นเครื่องมือหรือตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการตรวจสอบว่าแบบสอบถามหรือคำถามของแบบสอบถามได้เขียนขึ้นอย่างเป็นระบบหรือไม่เพียงใดอีกด้วย บทความนี้แบ่งการนำเสนอเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ (1) บทนำ (2) เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม (3) เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถามให้สอดคล้องกันโดยแสดงไว้ในตาราง และ (4) บทสรุป

#### 2.1.16.2 เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม

เพื่อช่วยให้การเขียนคำถามของแบบสอบถามชัดเจน ตรงประเด็นได้มาตรฐาน และง่ายรวมทั้งเพื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้ศึกษา ผู้ทำวิจัยหรือผู้ทำวิทยานิพนธ์เขียนแบบสอบถามได้เองและไม่จำเป็นต้องไปลอกแบบสอบถามของเดิมที่ได้เคยเขียนไว้แล้วมาใช้โดยไม่รู้ว่าที่มาที่ไป หรือไม่ทราบไม่เข้าใจว่าโครงสร้างหรือองค์ประกอบของคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถามประกอบด้วยอะไรบ้าง เหล่านี้คือแรงคลใจและนำมาสู่การตัดสินใจเขียนเทคนิคข้อนี้ โดยผู้เขียนบทความนี้ได้ค้นหาจุดร่วมหรือสาระสำคัญร่วมของคำถามของแบบสอบถามเกี่ยวกับการบริหารจัดการแต่ละข้อ แล้วพยายามประดิษฐ์หรือสร้าง “สูตรสำเร็จ” ของการเขียนคำถามของแบบสอบถามในลักษณะของ “โครงสร้างหรือองค์ประกอบของคำถามของแบบสอบถามแต่ละข้อ” สำหรับการวิจัยหรือวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับการบริหารจัดการ และแม้จะไม่อาจนำเทคนิคนี้ไปปรับใช้กับคำถามทุกข้อของแบบสอบถามได้ แต่อย่างน้อยก็น่าจะเป็นประโยชน์และนำไปปฏิบัติได้จริง ยิ่งไปกว่านั้น ยังอาจนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์หรือปรับใช้กับการเขียนคำถามของแบบสอบถามสำหรับสาขาวิชาอื่นได้อีกด้วยกล่าวได้ว่า คำถามทุกข้อของแบบสอบถามควรมี “โครงสร้าง” หรือ มี “องค์ประกอบ” อย่างน้อย 4 ส่วน (คำถามองค์ประกอบ หมายถึง ส่วนสำคัญหลายส่วนที่จะต้องมียุ่ครบทุกส่วน จะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไม่ได้)

องค์ประกอบที่ 1 ประธานของประโยคซึ่งอาจเป็น (1) หน่วยงาน หรือ (2) บุคลากรของหน่วยงาน หรือ (3) ระบบของหน่วยงาน ก็ได้ โดยคำถามทุกข้อควรมีประธานของประโยคเสมอและควรใส่ประธานนั้นไว้ “ข้างหน้าประโยค” เช่น เทศบาล หรือเจ้าพนักงานเทศบาล หรือระบบการให้บริการประชาชนของเทศบาล หากผู้ศึกษาไม่ใส่ประธานของประโยคไว้ในคำถามทุกข้อ จะทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสับสนหรือไม่เข้าใจว่า แบบสอบถามข้อนั้นต้องการสอบถามถึงข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยงาน หรือบุคลากรของหน่วยงาน หรือระบบของหน่วยงานนั้น การระบุประธานของประโยคโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไว้ข้างหน้าประโยค จะทำให้คำถามชัดเจน รวมทั้งทำให้ผู้ศึกษา ผู้ทำวิจัยหรือผู้ทำวิทยานิพนธ์และผู้ตอบแบบสอบถามไม่สับสน ส่งผลให้ได้คำตอบที่ตรงประเด็น

องค์ประกอบที่ 2 การบริหารจัดการคำถามทุกข้อควรมีคำหรือความหมายของ “การบริหารจัดการ” หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการอยู่ด้วยเสมอ เนื่องจากผู้ศึกษา กำลังศึกษา ทำวิจัยหรือทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งรับปริญญาโทเกี่ยวกับการบริหารจัดการ (ของ

หน่วยงานของรัฐ และ/หรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ) ในเวลาเดียวกัน ถ้าวัตถุประสงค์การวิจัยได้ระบุไว้ด้วยว่าเป็น การบริหารจัดการด้านใด ผู้ศึกษาก็ควรระบุการบริหารจัดการด้านนั้น ไว้ด้วยเสมอ เช่น มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านการให้บริการประชาชน หรือ ศึกษาแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการด้านการประสานงาน เป็นต้น หากเป็นเช่นนี้ คำถามจะต้องมีข้อความเกี่ยวกับ การบริหารจัดการด้านการให้บริการประชาชน หรือ แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการด้านการประสานงาน ตามลำดับ ปรากฏอยู่ด้วย

องค์ประกอบที่ 3 วัตถุประสงค์การวิจัยคำถามทุกข้อจะต้องมีวัตถุประสงค์การวิจัยอยู่ด้วยเสมอ เช่น (1) ถ้าเป็นคำถามเกี่ยวกับ ปัญหา ผู้ศึกษาจะต้องนำข้อความที่เป็นวัตถุประสงค์การวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหา เช่น ศึกษาปัญหาการบริหารจัดการของเทศบาล มาใส่ไว้ในคำถาม หรือ (2) ถ้าเป็นคำถามเกี่ยวกับ แนวทางการพัฒนา หรือแนวทางการปรับปรุง หรือแนวทางการเสริมสร้าง ผู้ศึกษาจะต้องนำข้อความที่เป็นวัตถุประสงค์การวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางดังกล่าว เช่น ศึกษาแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการของเทศบาล มาใส่ไว้ด้วย

องค์ประกอบที่ 4 ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิดแต่ละด้านคำถามทุกข้อจะต้องมีตัวชี้วัดหลักหรือกรอบแนวคิดแต่ละด้านอยู่ด้วยเสมอ

#### 2.1.16.3 เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถามให้สอดคล้องกัน

แบบสอบถามสำหรับการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับการบริหารจัดการ ควรประกอบด้วยส่วนสำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือคำถามเกี่ยวกับภูมิหลังหรือข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม (ส่วนนี้ไม่ได้นำมาศึกษาหรือพิจารณาในครั้งนี้นี้ด้วย)

ส่วนที่ 2 คือ คำถามเกี่ยวกับปัญหาของหน่วยงานที่ศึกษา

ส่วนที่ 3 คือ คำถามเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนา หรือเรียกว่า แนวทางการปรับปรุง แนวทางการเสริมสร้าง หรือข้อเสนอแนะก็ได้

หมายเหตุ คำถามของแบบสอบถามอาจเขียนได้หลากหลายมากมาย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การวิจัยขอบเขตการวิจัย และกรอบแนวคิดการวิจัย ในที่นี้ขอยกตัวอย่างคำถามสำหรับการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการ ดังต่อไปนี้

ก. คำถามเกี่ยวกับภูมิหลังหรือข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข. คำถามเกี่ยวกับความเป็นมาหรือวิวัฒนาการของการบริหารจัดการของหน่วยงาน

ค. คำถามเกี่ยวกับสภาพการบริหารจัดการในปัจจุบันของหน่วยงาน

ง. คำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีส่วนสำคัญทำให้การบริหารจัดการของหน่วยประสบผลสำเร็จ

จ. คำถามเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการของหน่วยงาน (ข้อนี้คล้ายกับส่วนที่ 2 ซึ่งนำมาพิจารณาหรือศึกษาในครั้งนี้นี้)



จ. คำถามเกี่ยวกับการพัฒนาหรือแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการของหน่วยงาน (ข้อนี้คล้ายกับส่วนที่ 3 ซึ่งนำมาพิจารณาหรือศึกษาในครั้งนี้)

ข. คำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีส่วนสำคัญทำให้แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการของหน่วยงานประสบผลสำเร็จ

ช. คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบภาพรวมการบริหารจัดการและภาพรวมแนวโน้มของการบริหารจัดการของหน่วยงาน

ฅ. คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างบางกลุ่มต่อภาพรวมการบริหารจัดการของหน่วยงาน

ญ. คำถามเกี่ยวกับการบริหารจัดการอื่นที่อยู่ภายในขอบเขตหรือสาระสำคัญของรัฐประศาสนศาสตร์หรือการบริหารจัดการภาครัฐที่ครอบคลุมอย่างน้อย 14 เรื่อง



รูปที่ 2.10 ขอบเขตหรือสาระสำคัญของรัฐประศาสนศาสตร์หรือการบริหารจัดการภาครัฐ

โดยปกติ แบบสอบถามสำหรับการทำวิจัย หรือการทำวิทยานิพนธ์ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับ “การพัฒนาหรือปรับปรุงการบริหารจัดการของหน่วยงานของรัฐ และ/หรือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ” จะประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่ (1) “ปัญหา” และ (2) “แนวทางการพัฒนา” เนื่องจากเหตุผลสำคัญที่ว่า การที่ผู้ศึกษาเลือกศึกษา ทำวิจัย หรือทำวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวกับหน่วยงานใด ก็เพราะหน่วยงานนั้นได้มีปัญหาเกิดขึ้นแล้ว หรือกำลังประสบกับปัญหา ตัวอย่างเช่น เกิดปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านการอำนวยความสะดวกและการให้บริการประชาชน จึงมีส่วนสำคัญทำให้ผู้ศึกษาสนใจเลือกศึกษาหน่วยงานนั้น กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า หากหน่วยงานไม่มีปัญหาเกิดขึ้น ก็ไม่จำเป็นต้องศึกษาหน่วยงานนั้น และผลที่ได้จากการศึกษาปัญหานั้นจะเป็นพื้นฐานสำหรับการเสนอแนวทางการพัฒนาหรือข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างตรงประเด็น การศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาควบคู่กันเช่นนี้ จะมีส่วนทำให้การศึกษา การทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์

เกี่ยวกับการพัฒนาหน่วยงานดังกล่าวนั้นเป็นระบบเพิ่มมากขึ้นบทความนี้ได้นำส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ดังกล่าว มาเป็นข้อมูลในการนำเสนอ เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถามให้สอดคล้องกัน โดยในตารางข้างล่างนี้ ได้แสดง ส่วนที่ 2 ปัญหา ไว้ในช่องที่สองหรือช่องกลาง และส่วนที่ 3 แนวทางการพัฒนา ไว้ในช่องที่สามหรือช่องขวามือ สำหรับช่องที่หนึ่งด้านซ้ายมือ ได้กำหนดให้เป็นช่องที่ผู้ศึกษาจะต้องนำ ตัวชี้วัดหลัก หรือเรียกว่า กรอบแนวคิดแต่ละด้าน มาใส่ไว้ อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า

ช่องที่หนึ่ง ประกอบด้วย หนึ่ง ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิดแต่ละด้านที่นำมาใช้และ สอง ตัวชี้วัดรองของตัวชี้วัดหลัก หรือของกรอบแนวคิดแต่ละด้าน ๆ ละ 2-5 ข้อ เทคนิค (1) ให้ผู้ศึกษานำ ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิดแต่ละด้านของวิทยานิพนธ์ของผู้ศึกษามาใส่ไว้ด้วย เช่น แนวทางการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี 6 ด้าน/หลัก ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัดหลักหรือกรอบแนวคิดจำนวน 6 ด้าน และ (2) ให้ผู้ศึกษานำ ตัวชี้วัดรองของตัวชี้วัดหลัก หรือของกรอบแนวคิดแต่ละด้านนั้น มาใส่ไว้ด้านละ 2-5 ข้อ โดยผู้ศึกษาอาจเลือกนำ ตัวชี้วัดรอง มาจากหนังสือเรื่อง การบริหารจัดการของหน่วยงานของรัฐ : การวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวชี้วัด

ช่องที่สอง คือ ส่วนที่ 2 ปัญหา ผู้ศึกษาอาจเขียนด้านละ 2-5 ข้อเทคนิค ให้ผู้ศึกษาเขียนคำถามแต่ละข้อไปในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวชี้วัดรองแต่ละข้อที่อยู่ในช่องที่หนึ่งซ้ายมือ โดยในแต่ละคำถามที่เป็นปัญหาจะต้องมีคำว่า ไม่ หรือ เป็นประโยชน์ปฏิเสธ เสมอ เหตุผลที่เขียนไปในด้านลบ เพราะในส่วนที่ 2 นั้น เป็นคำถามเกี่ยวกับปัญหาการบริหารจัดการ อีกทั้งคำว่า ปัญหา หมายถึงเรื่องที่ไม่ดี การเขียนเช่นนี้ ได้แสดงถึง การเขียนแบบสอบถามแต่ละข้ออย่างเป็นระบบที่มี ความสอดคล้องกัน โดยสอดคล้องไปใน ทิศทางตรงกันข้ามด้านลบ กับตัวชี้วัดรองแต่ละข้อในช่องที่หนึ่งด้านซ้ายมือ

ช่องที่สาม คือ ส่วนที่ 3 แนวทางการพัฒนา หรือเขียนว่า แนวทางการปรับปรุงหรือเขียนว่า แนวทางการเสริมสร้าง ผู้ศึกษาอาจเขียนด้านละ 2-5 ข้อเทคนิค ให้ผู้ศึกษาเขียนคำถามแต่ละข้อไปในทิศทางตรงกันข้ามกับคำถามที่เป็นปัญหาแต่ละข้อในช่องที่สองหรือช่องกลาง โดยในแต่ละคำถามที่เป็นแนวทางการพัฒนาหรือแนวทางการปรับปรุง หรือแนวทางการเสริมสร้างจะต้องมีคำว่า ควร อยู่ด้วยเสมอ คำถามในช่องนี้จะต้องเป็นคำถามที่เขียนไปในด้านบวกหรือเป็นประโยชน์ที่แสดงถึงด้านดีเสมอ เนื่องจากเป็นคำถามที่เป็นข้อเสนอแนะหรือแนวทางการพัฒนา การเขียนเช่นนี้ ได้แสดงถึงการเขียนแบบสอบถามแต่ละข้ออย่างเป็นระบบที่มี ความสอดคล้องกัน โดยสอดคล้องไปใน ทิศทางตรงกันข้ามด้านบวก กับคำถามที่เป็นปัญหาแต่ละข้อในช่องที่สองหรือช่องกลาง ( ตารางที่ 2.4 )

ตารางที่ 2.4 เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม

ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3
ประกอบด้วย (1) ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิดแต่ละด้าน และ (2) ตัวชี้วัดรองของตัวชี้วัดหลัก หรือของกรอบแนวคิดแต่ละด้าน (เทคนิค คือ หนึ่ง ให้ผู้ศึกษานำ "ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิดแต่ละด้านมาใส่ไว้" และ สอง ให้ผู้ศึกษานำ "ตัวชี้วัดรองของตัวชี้วัดหลัก หรือของกรอบแนวคิดแต่ละด้านนั้น โดยอาจนำมาเขียนใส่ไว้ด้านละ 2-5 ข้อ")	ส่วนที่ 2 ปัญหาการบริหารจัดการ หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการ (เทคนิค คือ ให้ผู้ศึกษาเขียนคำถามแต่ละข้อไปในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวชี้วัดรองแต่ละข้อที่อยู่ในช่องที่หนึ่งซ้ายมือ โดยในแต่ละคำถามที่เป็นปัญหาจะต้องมีคำว่า "ไม่" หรือ "เป็นประโยชน์ปฏิเสธ" เสมอ)	ส่วนที่ 3 แนวทางการพัฒนา หรือแนวทางการปรับปรุง หรือแนวทางการเสริมสร้าง (เทคนิค คือ ให้ผู้ศึกษาเขียนคำถามแต่ละข้อไปในทิศทางตรงกันข้ามกับคำถามที่เป็นปัญหาแต่ละข้อในช่องที่สอง หรือช่องกลาง โดยในแต่ละคำถามที่เป็นแนวทางการพัฒนาจะต้องมีคำว่า "ควร" อยู่ด้วยเสมอ)
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 1 (เช่น หลักนิติธรรม) 1.1..... (เช่น หน่วยงานกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติราชการไว้ในกฎหมายหรือระเบียบ	1.1..... (เช่น หน่วยงานของท่านไม่ได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติราชการไว้ในกฎหมายหรือระเบียบอย่างชัดเจน)	1.1.....(เช่น หน่วยงานของท่านควรกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติราชการไว้ในกฎหมายหรือระเบียบอย่างชัดเจน)
1.2..... (เช่น) หน่วยงานปรับปรุงหลักเกณฑ์การปฏิบัติหน้าที่ให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสถานการณ์ 1.3..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานปฏิบัติตามระเบียบและกฎหมายที่เป็นธรรมอย่างเคร่งครัด	1.2..... (เช่น) หน่วยงานของท่านไม่ได้ปรับปรุงหลักเกณฑ์การปฏิบัติหน้าที่ให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสถานการณ์ 1.3..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานของท่านไม่ได้ปฏิบัติตามระเบียบและกฎหมายที่เป็นธรรมอย่างเคร่งครัด	1.2..... (เช่น) หน่วยงานของท่านควรปรับปรุงหลักเกณฑ์การปฏิบัติหน้าที่ให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสถานการณ์ 1.3..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานของท่านควรปฏิบัติตามระเบียบและกฎหมายที่เป็นธรรมอย่างเคร่งครัด
1.4..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานเข้าใจกฎหมายและระเบียบในการปฏิบัติหน้าที่อย่างชัดเจน	1.4..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานของท่านไม่เข้าใจกฎหมายและระเบียบในการปฏิบัติหน้าที่อย่างชัดเจน	1.4..... (เช่น) บุคลากรของหน่วยงานของท่านควรเข้าใจกฎหมายและระเบียบในการปฏิบัติหน้าที่อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม

ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 2 (เช่น หลักคุณธรรม) 2.1..... 2.2.....	2.1..... 2.2.....	2.1..... 2.2.....
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 3 (เช่น หลักความ โปร่งใส)	3.1 3.2	3.1 3.2
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 4 (เช่น หลักการมีส่วนร่วม รวม) 4.1 4.1	4.1 4.2	4.1 4.2
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 5 (เช่น หลักความ รับผิดชอบ) 5.1 5.2	5.1 5.2	5.1 5.2
ตัวชี้วัดหลัก หรือกรอบแนวคิด ด้านที่ 6 (เช่น หลักความ คุ้มค่า) 6.1	6.1 6.2	6.1 6.2

เทคนิคการเขียนแบบสอบถามให้สอดคล้องกันข้างต้นนี้ มีส่วนดีหรือข้อดีที่สำคัญ 5 ข้อ ดังนี้

- ก) ทำให้ง่ายต่อการเขียนคำถามในแบบสอบถาม
- ข) เป็นการแสดงถึงความสอดคล้องกันอย่างเป็นระบบของคำถามในแต่ละส่วน กล่าวคือ หนึ่ง “ช่องที่หนึ่ง (1) ตัวชี้วัดหลัก หรือเรียกว่ากรอบแนวคิด และ (2) ตัวชี้วัดรองของตัวชี้วัดหลัก หรือของกรอบแนวคิด” สอดคล้อง “ในทิศทางตรงกันข้ามด้านลบ” กับ “ส่วนที่ 2 ปัญหาการบริหารจัดการ” และ สอง “ส่วนที่ 3 แนวทางการพัฒนาหรือเรียกว่า แนวทางการปรับปรุงหรือเรียกว่าแนวทางการเสริมสร้าง” สอดคล้อง “ในทิศทางตรงกันข้ามด้านบวก” กับ “ส่วนที่ 2 ปัญหาการบริหารจัดการ”
- ค) ทำให้คำถามในแบบสอบถามเป็นเรื่องเดียวกัน สอดคล้องกัน หรือสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ มิใช่เขียน “ปัญหา” อะไรมาก็ได้ โดยไม่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับส่วนอื่น ๆ
- ง) ทำให้ผู้ศึกษาสามารถตรวจสอบการตอบคำถามของผู้ตอบหรือของกลุ่มตัวอย่างที่เรียกว่า cross-check ได้ดีด้วยว่า ผู้ตอบแบบสอบถามหรือกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม

ดังกล่าวไว้ในข้อ 2)ข้างต้นว่า เป็นไปในแนวทางเดียวกันหรือสอดคล้องกันหรือไม่ นั่นก็คือ คำตอบใน ส่วนที่ 2 ปัญหาการบริหารจัดการ จะต้องเป็นไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับ คำตอบในส่วนที่ 3 แนวทางการพัฒนา หรือแนวทางการปรับปรุง หรือแนวทางการเสริมสร้างการบริหารจัดการ หาก คำตอบของผู้ตอบแบบสอบถามไม่เป็นไปในแนวทางดังกล่าว อาจถือว่า หรือมีแนวโน้มว่า ผู้ตอบ แบบสอบถามตอบอย่างไม่ตั้งใจตอบ หากเกิดกรณีเช่นนี้ ผู้ศึกษาอาจนำไปเขียนเป็นข้อสังเกตไว้ในบท สุดท้ายของการศึกษาการวิจัย หรือวิทยานิพนธ์ได้

จ) ผู้ศึกษาอาจนำเทคนิคการเขียนแบบสอบถามให้สอดคล้องกันดังกล่าวนี้ ไปใช้เป็นแนวทางหรือตัวชี้วัดสำหรับการตรวจสอบแบบสอบถามใดๆ ว่าเป็นแบบสอบถามที่ให้ ความสำคัญกับความสอดคล้องกันของคำถามในแต่ละส่วนหรือไม่อย่างไรก็ดี เทคนิคที่กล่าวมานี้อาจมี ข้อเสีย เป็นต้นว่า ทำให้คำถามของแบบสอบถามอยู่ในทิศทางเดียวกันทั้งหมด หรืออยู่ในกรอบแคบ เท่านั้น (จุดอ่อนข้อนี้ อาจแก้ไขได้โดยเขียนคำถามเพิ่มซึ่งจะต้องสอดคล้องกับส่วนอื่นด้วย) เมื่อเป็น เช่นนี้ ผู้ศึกษาควรชั่งน้ำหนักระหว่างข้อดีและข้อเสียของเทคนิคดังกล่าว คือ ชั่งน้ำหนักระหว่าง (1) การสร้างคำถามอย่างเป็นระบบที่สอดคล้องกันแต่ไม่เปิดกว้าง กับ (2) การสร้างคำถามที่เปิดกว้าง อยากจะเขียนอะไรก็ได้ โดยไม่มีขอบเขตที่ชัดเจน ไม่เป็นระบบและไม่สัมพันธ์หรือสอดคล้องกับส่วน อื่น ๆ

#### 2.1.16.4 บทสรุป

เทคนิคการเขียนแบบสอบถามสำหรับการทำวิจัยหรือวิทยานิพนธ์ ที่ แบ่งเป็น (1) เทคนิคการเขียนคำถามของแบบสอบถาม และ (2) เทคนิคการเขียนคำถามของ แบบสอบถามให้สอดคล้องกัน เป็นสูตรสำเร็จที่นำมาปรับใช้ได้กับคำถามทุกข้อของแบบสอบถามก็ ตาม แต่ในทางปฏิบัติ อาจเกิดขึ้นไม่มากนัก เพราะผู้ศึกษาขาดความเข้าใจ ขาดการฝึกฝน และขาด ความชำนาญ อย่างไรก็ตาม ใช้อย่างน้อยเทคนิคดังกล่าวนี้ก็จะมีส่วนช่วยแสดงให้เห็นปรากฏสาระสำคัญที่ว่า คำถามของแบบสอบถามสำหรับการศึกษา การทำวิจัย หรือการทำวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวกับการบริหาร จัดการของหน่วยงานของรัฐ และ/หรือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ มีโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้าง และ คำถามของแบบสอบถามแต่ละส่วนมีความสอดคล้องกันได้อย่างไร

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศราภรณ์ (2545) ได้ศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำของ โรงงานผลิตน้ำบางเขน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการ ผลิต โรงงานผลิตน้ำได้ใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงมากทำให้ยากต่อการตรวจวัดข้อมูลทางด้านไฟฟ้าด้วย ตนเอง ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึกของเจ้าหน้าที่ประจำในโรงงาน ผลจากการวิเคราะห์ ข้อมูล พบว่า ค่าเฉลี่ยรายเดือนของพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของโรงงานผลิตน้ำบางเขนเท่ากับ 13,815,281 kWh ผลการวิเคราะห์ค่าโหลดแพกเตอร์พบว่าโรงสูบน้ำทุกโรงมีค่าโหลดแพกเตอร์อยู่ ในเกณฑ์ที่ดี (มากกว่า 0.85) ยกเว้นโรงสูบน้ำเนื่องจากต้องสูบน้ำในช่วงเวลา 06.00-23.00

น. และจ่ายน้ำน้อยที่เวลา 24.00-05.00 น. ทำให้ค่าโหลดแพกเตอร์ต่ำลงเล็กน้อย คือ 0.7 โรงงานผลิตน้ำบางเขนใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ดังนั้นจึงได้เลือกทำการจัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำของโรงสูบน้ำดิบ โดยทำการควบคุมการหยุด-เดินเครื่องสูบน้ำ no.2 ให้มีการเดินในช่วง off peak ให้มากที่สุด ผลสรุปว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 704,167 บาทต่อปี

อรรถพล (2552) ได้ศึกษาการลดใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ ให้ได้ไม่น้อยกว่า 5% ซึ่งในปี 2551 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 162,586.08 kWh คิดเป็นค่าเงิน 591,940.70 บาท ในปีดังกล่าวนี้มีการผลิต 49,768.74 ตัน คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 ตัน 2.58 ลิตร ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานแบ่งออกเป็น 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เสา-วง อิฐ บล็อก ท่ออัดแรง คอนกรีตผสมเสร็จ สำหรับในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นที่การศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานและน้ำมันทั้งหมดของโรงงาน กระบวนการวิจัยผู้ศึกษาได้นำ กระบวนการจัดการ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ระบบการจัดการพลังงาน และการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์มาใช้ในการแก้ปัญหา ดังกล่าว

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการอย่างเป็นระบบ พบว่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงาน จากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (มกราคม-สิงหาคม 2551) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือประมาณ 3.45 kWh/หน่วย และ 2.57 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ ในช่วงทำการศึกษา (มกราคม-สิงหาคม 2552) พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อดีเซลโดยเฉลี่ย 3.25 kWh/หน่วย และ 2.40 ลิตรต่อหน่วย ตามลำดับคิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวมของการลดพลังงาน 2 ชนิด ได้ 12.41 เปอร์เซ็นต์

ชัยศักดิ์ (2545) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานสิ่งแวดล้อมของเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาในโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี โดยมุ่งเน้นการศึกษาการทำสมดุลพลังงาน ตลอดจนการวิเคราะห์หาค่าการสูญเสียพลังงานต่าง ๆ และศึกษาปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การปรับปรุงเตาเผาสามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงลงได้ 40 % และลดมูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ คิดเป็นเงินประมาณ 842,956 บาทต่อปี

การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงไม้ การดำเนินการตามมาตรการการประหยัดพลังงานซึ่งช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและลดการเผาไหม้ การปรับเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการเลือกใช้เชื้อเพลิง ซึ่งมีองค์ประกอบที่ทำให้เกิดมลพิษน้อยและสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงไม้ เช่น ก๊าซจากชีวะมวล และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ

### 3.1 เข้าศึกษาปัญหาในโรงงานและเก็บข้อมูลก่อนจัดทำรายงาน

ข้อมูลที่ได้รับจากทางโรงงาน ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (ใบเสร็จค่าไฟฟ้า) ข้อมูลการใช้ น้ำมันดีเซล (ใบเสร็จค่าน้ำมัน) ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพด ข้อมูลอัตราการผลิตที่แสดงถึงการ ใช้พลังงานในแต่ละเดือนย้อนหลังเป็นเวลา 5 เดือน และข้อมูลกระบวนการผลิตพร้อมทั้งสอบถาม ลักษณะการทำงานรวมถึงการสอบถามข้อมูลทั่วไปจากพนักงาน

### 3.2 จัดทำนโยบายและร่วมสร้างทีมงานอนุรักษ์พลังงาน

ทำการประชุมร่วมกับบุคลากรในโรงงานเพื่อจัดทำนโยบายและทีมงานอนุรักษ์พลังงาน

### 3.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อนทำระบบการจัดการพลังงาน

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซล และเชื้อเพลิงซัง ข้าวโพดมาจัดทำรายการดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 บัญชีเครื่องจักร

จัดทำตารางบัญชีเครื่องจักร เพื่อให้ทราบว่าภายในโรงงานมีเครื่องจักรชนิดใดบ้าง จำนวนกี่เครื่อง ขนาดเท่าไร

#### 3.3.2 Energy Layout

จัดทำ Energy Layout เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะ รูปแบบการส่งถ่ายพลังงานของระบบ กระบวนการผลิต

#### 3.3.3 กระบวนการผลิต

จัดทำตารางกระบวนการผลิตเพื่อเป็นการแสดงการใช้พลังงานในทุกกระบวนการตั้งแต่ เริ่มรับวัตถุดิบ เข้าสู่กระบวนการผลิต แปรรูป จนเป็นสินค้าสำเร็จรูป

### 3.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก กระบวนการผลิต, Energy Layout

หลังจากจัดทำ ตารางกระบวนการผลิตและ Energy Layout เข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลภายใน โรงงานแล้วเราสามารถวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการใช้พลังงาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและเป็น แนวทางในการออกมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติ

### 3.5 ออกมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติพร้อมทั้งนำมาตราการและระเบียบวิธีการปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากกระบวนการผลิต, Energy Layout และเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลการผลิตภายในโรงงาน เพื่อหาแนวทางจัดทำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติปฏิบัติงาน และแจ้งให้พนักงานในโรงงานดำเนินงานตามมาตรการและวิธีปฏิบัติงานตามนโยบายที่ผู้บริหารวางไว้อย่างเคร่งครัดโดยที่พนักงานมีส่วนร่วมในการเสนอแนะ หรือแจ้งปัญหาในการปฏิบัติการประหยัดพลังงานหลังจากที่ได้ปฏิบัติจริง (โดยมีระยะเวลาดำเนินการบริหารจัดการพลังงาน 5 เดือนหลังจากออกมาตรการเสร็จสิ้น)

### 3.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน

มีการสุ่มเข้าโรงงานทุกเดือนหลังจากบังคับใช้มาตรการ เพื่อตรวจการปฏิบัติงานของพนักงาน และสังเกตการปฏิบัติงานว่ามีปัญหาหรือไม่ เพื่อที่จะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

### 3.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง

เก็บข้อมูลปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงานหลังปรับปรุง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

### 3.8 สรุปผลและจัดทำรายงาน

#### 3.8.1 โรงงาน

ถ้าการดำเนินการได้ตามแผนการดำเนินการโครงการข้างต้นคาดว่าโรงงานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ในหน่วยค่าความร้อน Mega Joules (MJ) ได้ไม่น้อยกว่า 5% ต่อหน่วยการผลิต

#### 3.8.2 ผู้ประกอบการและพนักงาน

ผู้ประกอบการ และพนักงานมีความพึงพอใจในปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลง โดยผู้ประกอบการและพนักงานกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงานซึ่งค่าความพอใจต้องไม่ต่ำกว่า 80%



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์

#### 4.1 ข้อมูลจากการสำรวจในโรงงาน

ชื่อวิสาหกิจ	โรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์
ประเภทโรงงาน	อุตสาหกรรมขนาดย่อม อุตสาหกรรมอบเมล็ดพันธุ์พืช
ปีที่ก่อตั้ง	ปี พ.ศ. 2552
จำนวนพนักงาน	ประจำ 8 คน ชั่วคราว 10 คน
ผลิตภัณฑ์	เมล็ดข้าวโพด ข้าวเปลือก

โรงงานไซโลข้าวโพดจังหวัดเพชรบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต คือ เมล็ดข้าวโพดอบ ซึ่งมีข้อมูลการผลิต ดังตารางที่ 4.1 และเวลาการผลิตดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์เมล็ดข้าวโพดอบ

ผลิตภัณฑ์หลัก	เมล็ดข้าวโพดอบแห้ง
กำลังการผลิต	4,000 ตัน/ปี
ผลิตจริง	2,800 ตัน/ปี
วัตถุดิบหลัก	เมล็ดข้าวโพด
วัตถุดิบรอง	ข้าวเปลือก

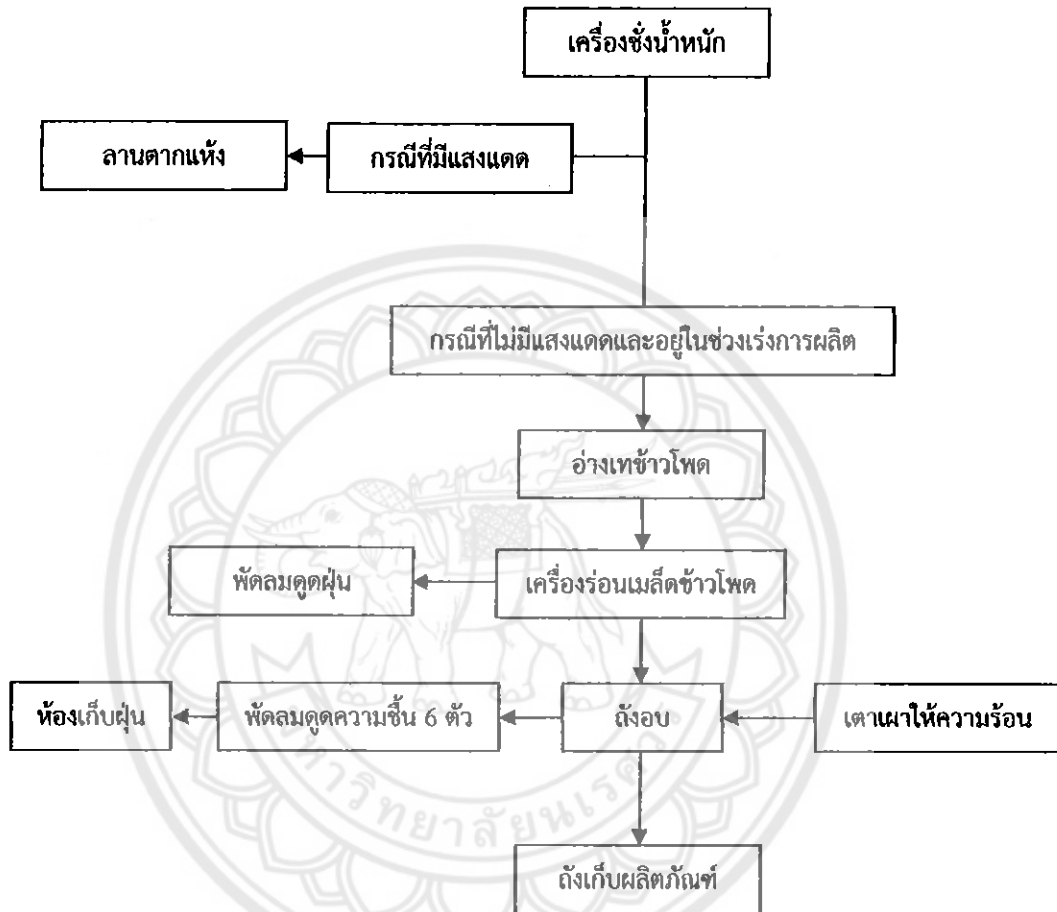
ตารางที่ 4.2 เวลาการผลิต

ฝ่าย	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	จำนวนชั่วโมงทำงาน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนกะ (กะ/วัน)
ฝ่ายผลิต	330	8	1
ฝ่ายสำนักงาน	330	8	1

#### 4.1.1 ข้อมูลแผนผังการผลิตผลิตภัณฑ์เมล็ดข้าวโพดอบ

การผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวโพดอบเป็นการนำเมล็ดข้าวโพดจากไร่ข้าวโพดของเกษตรกร บรรทุกโดยรถบรรทุกเข้ามาจอดบริเวณเครื่องชั่งน้ำหนัก จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดข้าวโพดโดยวิธีการตากแดดบริเวณลานตากข้าวโพดจะใช้วิธีนี้ได้ในกรณีที่มีแสงแดด แต่ในกรณีที่ไม่มีแสงแดดนั้น จะใช้วิธีการอบโดยการนำเมล็ดข้าวโพดเทลงในอ่างแหข้าวโพด จากนั้นเมล็ดข้าวโพดจะถูกส่งไปยังเครื่องร่อนเมล็ดข้าวโพดโดยมีพัดลมดูดฝุ่นดูดสิ่งสกปรกที่ปนมากับเมล็ดข้าวโพด เมื่อผ่านเครื่องร่อน

มาแล้วเมล็ดข้าวโพดจะถูกส่งไปยังถังอบโดยมีเตาเผาให้ความร้อนส่งความร้อนไปยังถังอบ ความร้อนที่ผ่านเมล็ดข้าวโพดแล้วจะถูกพัดลมดูดความชื้นดูระบายความร้อนออกไปยังห้องฝุ่นหนัก เมล็ดข้าวโพดที่อบเสร็จแล้วจะถูกส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนการผลิตแสดงอยู่ในผังกระบวนการผลิตดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผังผังกระบวนการผลิตเมล็ดข้าวโพดอบแห้ง

#### 4.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน

จากการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของระบบรวม ได้แก่ ไบโसेรจ์ไฟฟ้า ไบโसेรจ์น้ำมันและไบโसेรจ์เชื้อเพลิงที่แสดงถึงการใช้พลังงานในช่วง 5 เดือนที่ผ่านมา การตรวจวัดลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน โดยการติดตั้งเครื่องมือวัด Power meter ดังรูปที่ 4.2 และบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่ตู้ไฟฟ้าหลักของโรงงาน



รูปที่ 4.2 เครื่องมือวัด Power meter

##### 4.1.2.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะของหม้อแปลง

จำนวนหม้อแปลง 1 ลูก

หม้อแปลงขนาด 250 kVA แรงดันไฟฟ้า 22 kV

ประเภทผู้ใช้ไฟ 3.2.2 กิจการขนาดกลาง แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์ (อัตรา TOU)

วิธีการคำนวณค่าความร้อนของพลังงานไฟฟ้า (MJ)

= ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) x ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6 MJ (จากตารางที่ 2.2)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 208,906 kWh/ปี

เทียบเท่าพลังงานความร้อน 752,061.6 MJ/ปี

ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.35 บาท/kWh

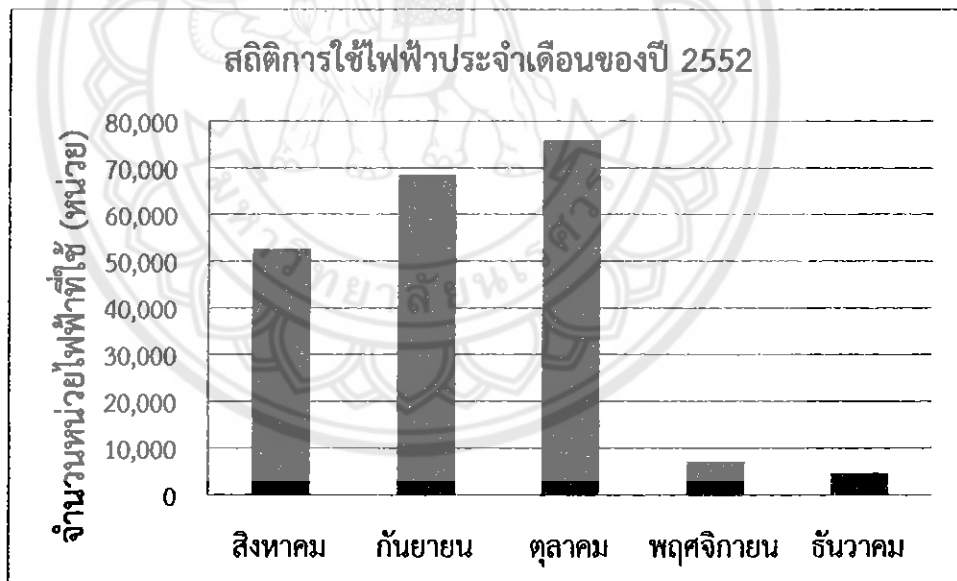
ค่าใช้จ่ายปริมาณพลังงานไฟฟ้า 699,280 บาท/ปี

การใช้พลังงานโดยทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการใช้ไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลา และราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย) แตกต่างกันไป มีช่วงการใช้คือ วันจันทร์-ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. (On Peak) กับ วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน (Off-peak) ซึ่งการใช้ไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak มีอัตราค่าไฟฟ้าที่แพงกว่าช่วงเวลา Off-peak การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานไซโลข้าวโพดเครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิตกว่า 90% เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

พนักงานทำงานตอนกลางวันตั้งแต่เวลา 08.30 - 17.00 น. (On-peak) ดังตารางที่ 4.3 และเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552

เดือน/ปี	พลังงานไฟฟ้า			รวม จำนวนเงิน (บาท)
	On-peak (kWh)	Off-peak (kWh)	รวม (kWh)	
สิงหาคม	52,624	-	52,624	167,239
กันยายน	68,576	-	68,576	221,227
ตุลาคม	75,956	-	75,956	247,561
พฤศจิกายน	7,080	-	7,080	35,406
ธันวาคม	4,670	-	4,670	27,847
รวม	208,906	-	208,906	699,280
เฉลี่ย/เดือน	41,781.20	-	41,781.20	139,856



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสถิติการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนของปี 2552

4.1.2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพดของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

วิธีการคำนวณค่าความร้อนของซังข้าวโพด (MJ)

= ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด (กก.) x ค่าพลังงานซังข้าวโพด 18.04 MJ (จากตารางที่ 2.2)

ปริมาณการใช้ 1,092,000 กิโลกรัม/ปี

เทียบเท่ากับการใช้พลังงานความร้อน 19,699,680 MJ/ปี

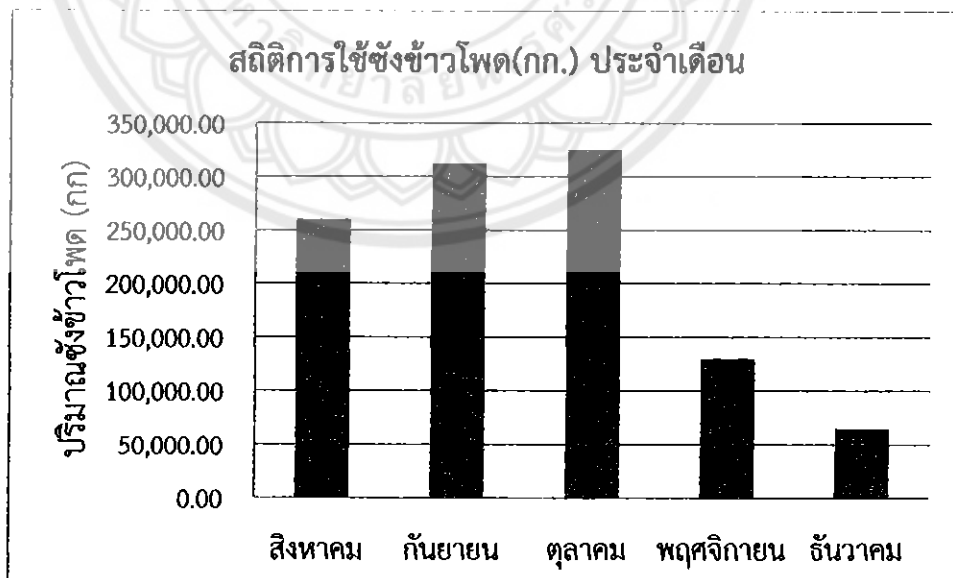
ราคาซังข้าวโพด 1.25 บาท/กิโลกรัม

ค่าใช้จ่ายซังข้าวโพด 1,365,000 บาท/ปี

ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัด เพชรบูรณ์ สามารถดูได้จากตารางที่ 4.4 และเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดในแต่ละ เดือนดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552

เดือน/ปี	ชนิดเชื้อเพลิง ซังข้าวโพด	
	ปริมาณ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
สิงหาคม	260,000	325,000
กันยายน	312,000	390,000
ตุลาคม	325,000	406,250
พฤศจิกายน	130,000	162,500
ธันวาคม	65,000	81,250
รวม	1,092,000	1,365,000
เฉลี่ย/เดือน	218,400	273,000



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงสถิติการใช้ซังข้าวโพดประจำเดือนของปี พ.ศ. 2552

#### 4.1.2.3 ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัด เพชรบูรณ์

วิธีการคำนวณค่าความร้อนของพลังงานน้ำมันดีเซล (MJ)

= ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร) x ค่าพลังงานน้ำมันดีเซล 36.42 MJ (จาก ตารางที่ 2.2)

ปริมาณการใช้ 21,815 ลิตร/ปี

เทียบเท่าการใช้พลังงานความร้อน 794,502.30 MJ/ปี

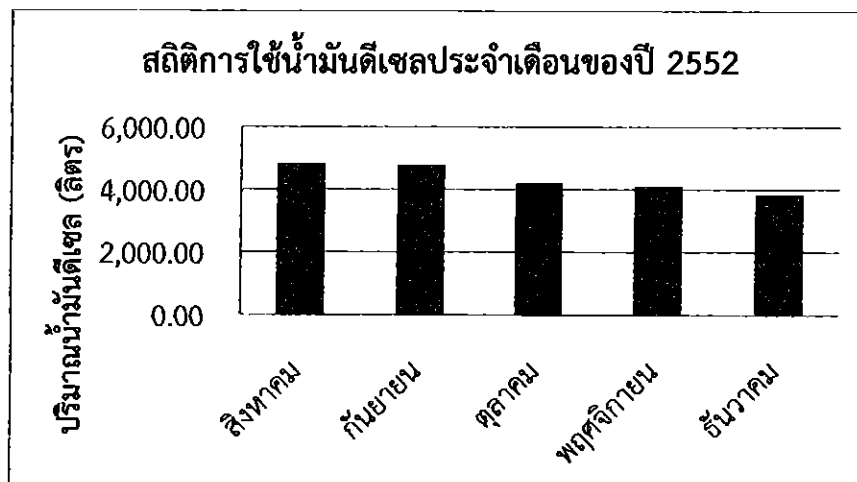
ราคาน้ำมันดีเซล 27 บาท/ลิตร

ค่าใช้จ่ายน้ำมันดีเซล 589,005 บาท/ปี

ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัด เพชรบูรณ์ สามารถดูได้จากตารางที่ 4.5 และเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในแต่ละ เดือนดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2552

เดือน/ปี	ชนิดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล	
	ปริมาณ (ลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
สิงหาคม	4,835	130,545
กันยายน	4,784	129,168
ตุลาคม	4,218	113,886
พฤศจิกายน	4,116	111,132
ธันวาคม	3,862	104,274
รวม	21,815	589,005
เฉลี่ย/เดือน	4,363	117,801

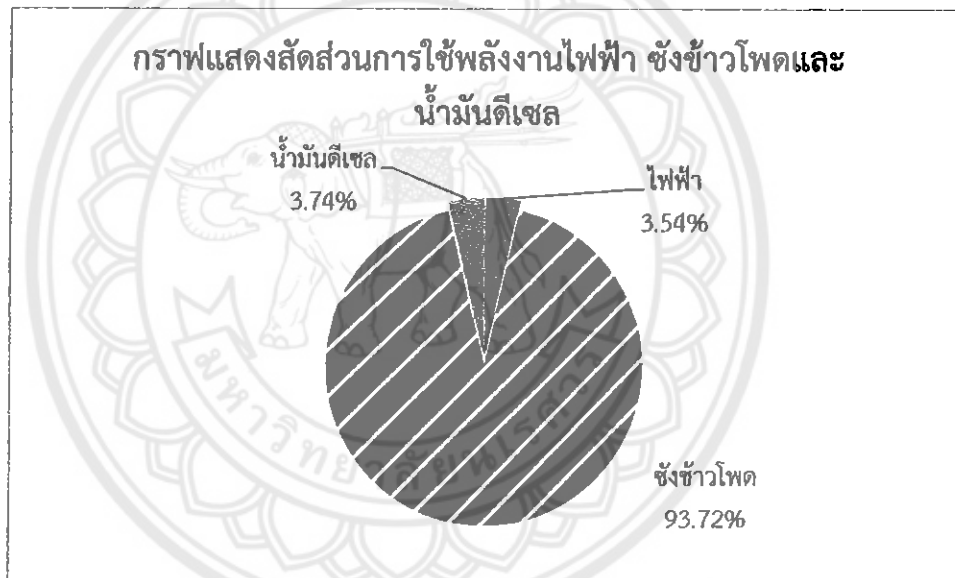


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสถิติการใช้ น้ำมันประจำเดือนของปี พ.ศ. 2552

จากตารางที่ 4.3,4.4 และ 4.5 สามารถหาพลังงานความร้อนรวมใน 5 เดือนของไฟฟ้า ช่างข้าวโพด และน้ำมันดีเซลได้ ดังตารางที่ 4.6 และหาสัดส่วนการใช้พลังงานทั้ง 3 ชนิดได้ดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานรวมของปี 2552

พลังงาน	ปริมาณ	ค่าความร้อน (MJ)	ร้อยละ
ไฟฟ้า (หน่วย)	208,906	752,061.6	3.54
ช่างข้าวโพด (กก.)	1,092,000	19,699,680	92.72
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	21,815	794,502.3	3.74
รวม	1,322,721	21,246,243.9	100



รูปที่ 4.6 กราฟสัดส่วนการใช้พลังงาน

## 4.2 จัดทำนโยบายร่วมสร้างทีมงานอนุรักษ์พลังงาน

### 4.2.1 นโยบายการจัดการพลังงาน

การจัดตั้งนโยบายการจัดการพลังงานก็เพื่อให้สมาชิกในองค์กรเข้าใจตรงกันและมีทิศทางความคิดที่เป็นไปในทางเดียวกันว่าในขณะนี้องค์กรกำลังดำเนินการไปในแนวทางใด

4.2.1.1 มุ่งมั่นในการใช้พลังงานทุกประเภทที่นำมาใช้ในการผลิตและกิจกรรมทางธุรกิจต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

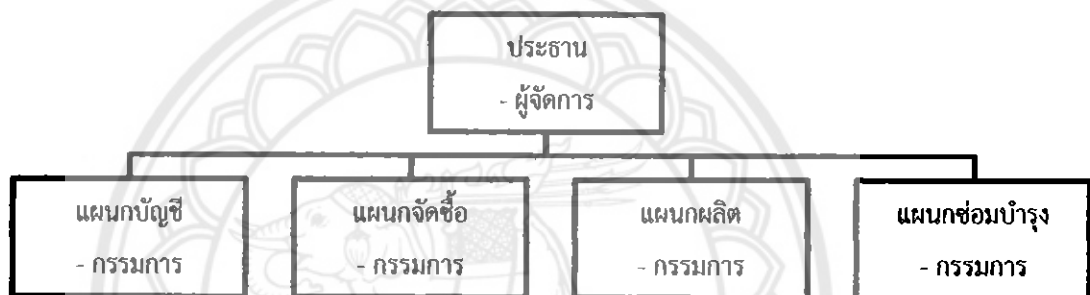
4.2.1.2 จัดให้มีคณะทำงานและกลุ่มกิจกรรมย่อยที่ตรวจสอบและพัฒนาการจัดการพลังงานภายในโรงงานอย่างเป็นรูปธรรม ปฏิบัติงานได้ชัดเจนชัดเจน

4.2.1.3 จัดให้มีการประชุม ทบทวน การจัดการเรื่องพลังงานเป็นประจำ อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

4.2.1.4 กิจกรรมการจัดการพลังงานในโรงงานจะเน้นให้ทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเป็นเวทีให้พนักงานทุกคนได้เสนอแนวความคิดและร่วมปฏิบัติการให้เป็นไปตามเป้าหมายร่วมกัน

#### 4.2.2 คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน

การจัดทำโครงการจัดการประหยัดพลังงานมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องมีผู้ดูแลรับผิดชอบอย่างจริงจัง จึงต้องมีการจัดตั้งคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานขึ้น ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผังโครงสร้างและคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน

#### 4.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อนทำระบบการจัดการพลังงาน

การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานวิธีนี้เป็นกรหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจากการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่งข้าวโพดและน้ำมันดีเซล ในแต่ละเดือนโดยแบ่งเป็นช่วงก่อนทำการศึกษาคือ (สิงหาคม - ธันวาคม 2552) ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า kWh/หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \\ \text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า MJ/หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (MJ)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \\ \text{ดัชนีการใช้พลังงานชั่งข้าวโพด กก./หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้ชั่งข้าวโพด (กก.)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \\ \text{ดัชนีการใช้พลังงานชั่งข้าวโพด MJ/หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้ชั่งข้าวโพด (MJ)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \\ \text{ดัชนีการใช้พลังงานน้ำมันดีเซล ลิตร/หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \\ \text{ดัชนีการใช้พลังงานน้ำมันดีเซล MJ/หน่วย} &= \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (MJ)}}{\text{ผลผลิต (ตัน)}} \end{aligned}$$



ตารางที่ 4.7 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงการ ปี 2552

เดือน/ปี	ผลผลิต ต่อ เดือน (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน						ดัชนีการใช้พลังงาน						
		ไฟฟ้า		ซังข้าวโพด		น้ำมันดีเซล		ไฟฟ้า		ซังข้าวโพด		น้ำมันดีเซล		รวม
		kWh	MJ	กก.	MJ	ลิตร	MJ	kWh/หน่วย	MJ/หน่วย	กก/หน่วย	MJ/หน่วย	ลิตร/หน่วย	MJ/หน่วย	
สิงหาคม	2,880	52,624	189,446.40	260,000	4,690,400	4,835	176,090.70	18.27	65.78	90.28	1,628.61	1.68	61.14	1,755.53
กันยายน	6,175	68,576	246,873.60	312,000	5,628,480	4,784	174,233.28	11.11	39.98	50.53	911.49	0.77	28.22	979.69
ตุลาคม	6,715	75,956	273,441.60	325,000	5,863,000	4,218	153,619.56	11.31	40.72	48.40	873.12	0.63	22.88	936.72
พฤศจิกายน	5,760	7,080	25,488.00	130,000	2,345,200	4,116	149,904.72	1.23	4.43	22.57	407.15	0.71	26.03	437.61
ธันวาคม	2,668	4,670	16,812.00	65,000	1,172,600	3,862	140,654.04	1.75	6.30	24.36	439.51	1.45	52.72	498.54
<b>รวม</b>	<b>24,198</b>	<b>208,906</b>	<b>752,061.60</b>	<b>1,092,000</b>	<b>19,699,680</b>	<b>21,815</b>	<b>794,502.30</b>	<b>43.67</b>	<b>157.22</b>	<b>236.14</b>	<b>4,259.88</b>	<b>5.24</b>	<b>190.99</b>	<b>4,608.09</b>
สูงสุด	6,715	75,956	273,441.60	325,000	5,863,000	4,835	176,090.70	18.27	65.78	90.28	1,628.61	1.68	61.14	1,755.53
ต่ำสุด	2,668	4,670	16,812.00	65,000	1,172,600	3,862	140,654.04	1.23	4.43	22.57	407.15	0.63	22.88	437.61
เฉลี่ย/เดือน	4,840	41,781.20	150,412.32	218,400	3,939,936	4,363	158,900.46	8.73	31.44	47.23	851.98	1.05	38.20	921.62

#### 4.3.1 บัญชีเครื่องจักร

การจัดทำบัญชีเครื่องจักรชั้นมานี้ เพื่อให้ทราบว่าโรงงานมีเครื่องจักรกี่ชนิด จำนวนกี่เครื่อง และมีขนาดเท่าไร เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลการตรวจวัด และการซ่อมบำรุงตั้งตัวอย่างตารางที่ 4.8 และสามารถดูบัญชีเครื่องจักรได้จากภาคผนวก ก

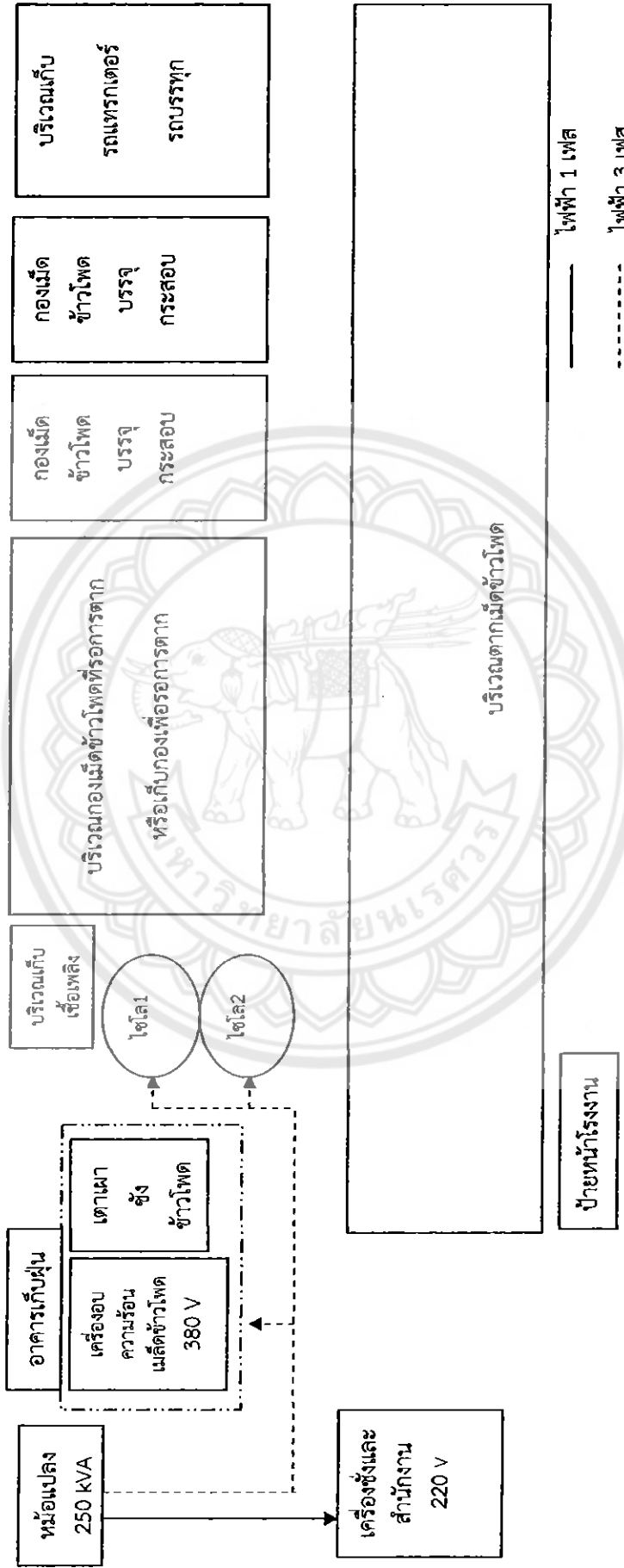
ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างอุปกรณ์และเครื่องจักรในสายการผลิต

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
M 01	เครื่องร่อนกำจัดฝุ่น	10	แรงม้า	1
M 02	สายพานลำเลียงแนวตั้งขึ้นเครื่องร่อน	15	แรงม้า	1
M 03	พัดลมดูดฝุ่นใต้ตะแกรงร่อน	5	แรงม้า	1
M 04	สายพานลำเลียงแนวตั้งขึ้นถังอบ	10	แรงม้า	1
M 05	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 1	10	แรงม้า	1
M 06	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 2	10	แรงม้า	1
M 07	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 3	10	แรงม้า	1
M 08	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 4	10	แรงม้า	1
M 09	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 5	10	แรงม้า	1
M 10	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 6	10	แรงม้า	1
M 11	สายพานลำเลียงแนวตั้งส่งออก	10	แรงม้า	1
M 12	พัดลมดูดฝุ่นใต้ตัวปล่อย	5	แรงม้า	1
M 13	มอเตอร์ปล่อยเมล็ด	2	แรงม้า	1
M 14	พัดลมดูดควันช่วยการเผาไหม้	20	แรงม้า	1
M 15	สายพานป้อนเชื้อเพลิง	2	แรงม้า	1

#### 4.3.2 Energy Layout

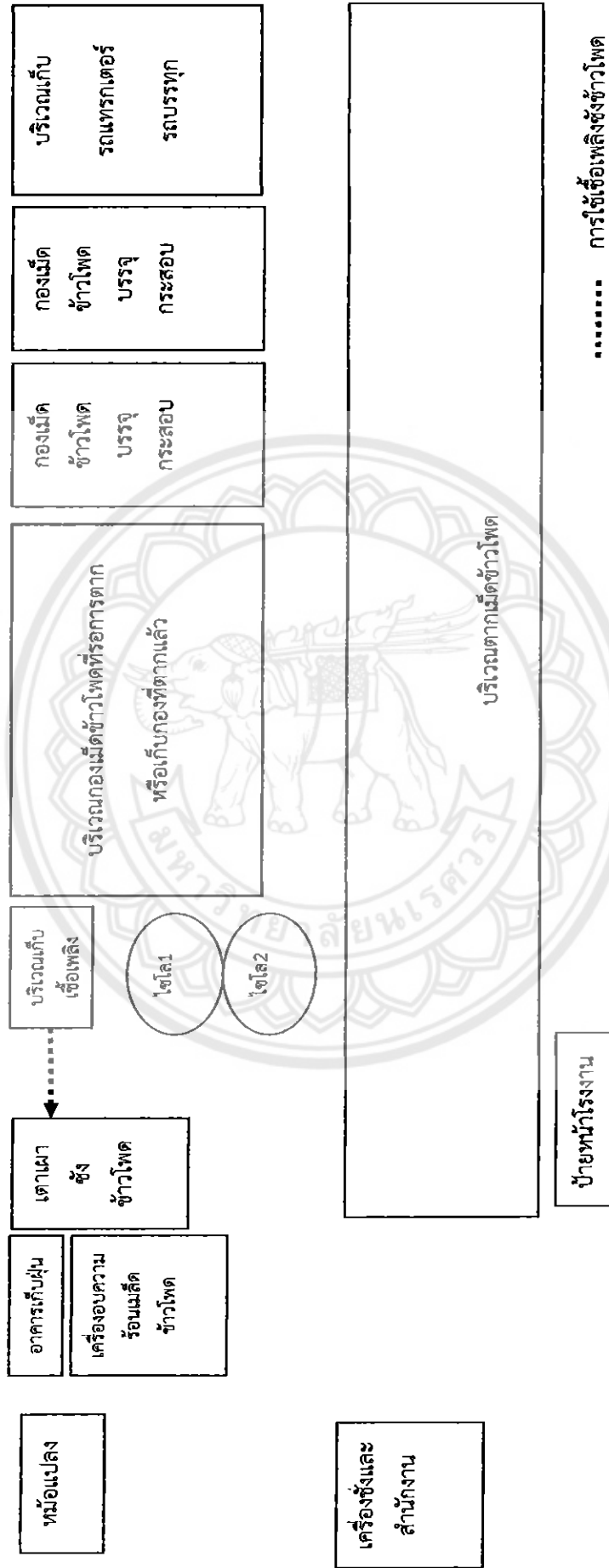
การจัดทำ Energy Layout เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะรูปแบบการส่งถ่ายพลังงานในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.8 – 4.10

แผนผังการใช้พลังงานไฟฟ้า (Energy Layout)



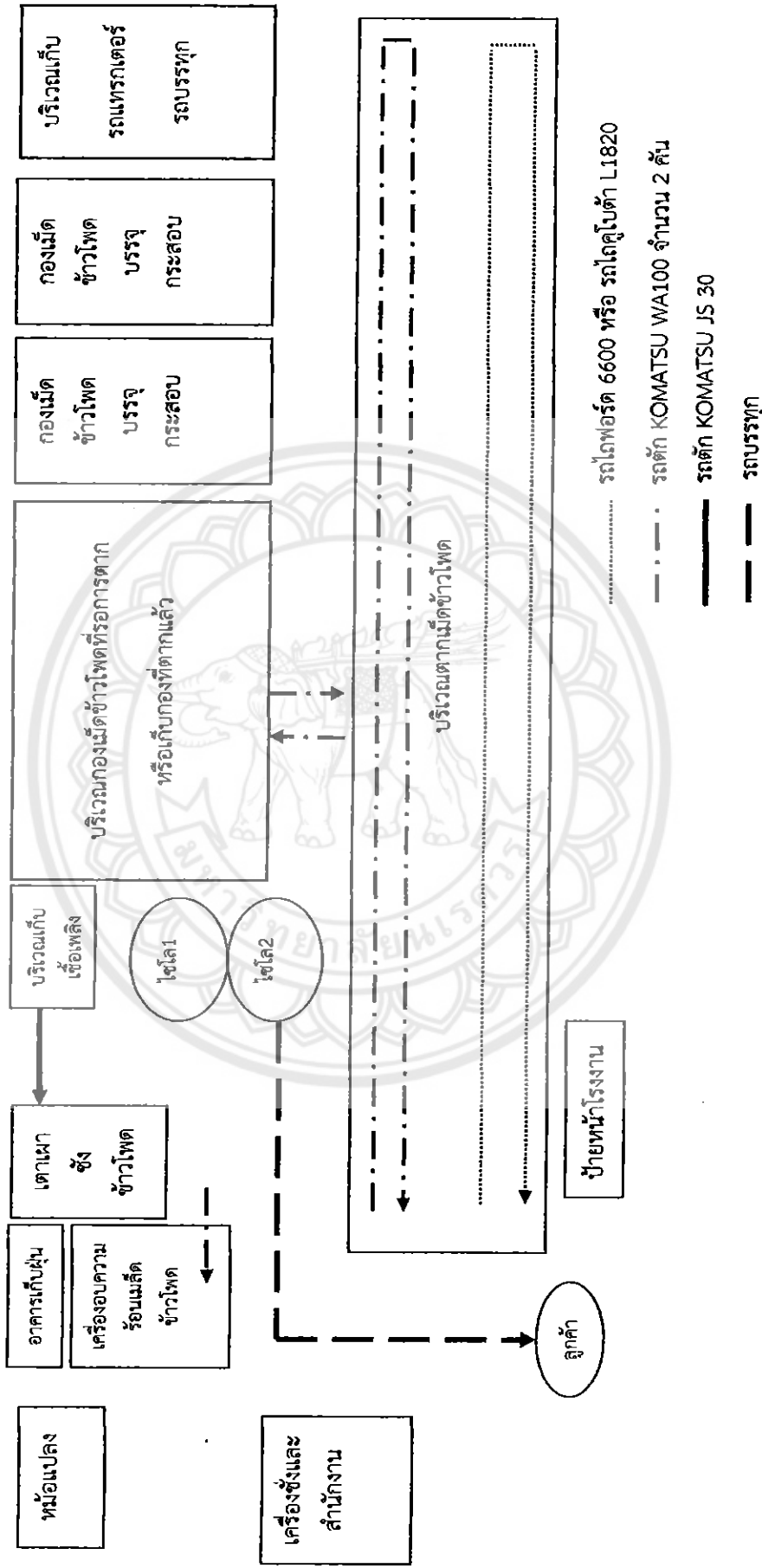
รูปที่ 4.8 แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานไซโลข้าวโพด (Energy Layout)

แผนผังการใช้พลังงานซึ่งข้าวโพด (Energy Layout)



รูปที่ 4.9 แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพดภายในโรงงาข้าวโพด (Energy Layout)

แผนผังการใช้พลังงานน้ำมัน (Energy Layout)



รูปที่ 4.10 แผนผังบริเวณที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันติดผลภายในโรงงานไซโลข้าวโพด (Energy Layout)

#### จากรูปที่ 4.8

จากหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ไปเครื่องชั่งและสำนักงาน

จากหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ไปเครื่องอบความร้อนเมล็ดข้าวโพดและเตาเผาซึ่งข้าวโพด

จากหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ไปถังไซโล 1 และ 2

#### จากรูปที่ 4.9

จากบริเวณเก็บเชื้อเพลิงยังเตาเผาซึ่งข้าวโพด

#### จากรูปที่ 4.10

ใช้รถตัก KOMATSU WA100 จำนวน 1 คัน ดันเมล็ดข้าวโพดลงอ่างเทข้าวโพด

จากบริเวณเก็บเชื้อเพลิงใช้รถตัก KOMATSU JS 30 ตักซึ่งข้าวโพดใส่สายพานลำเลียง

#### เชื้อเพลิง

จากบริเวณกองเมล็ดข้าวโพดไปยังบริเวณตากเมล็ดข้าวโพดใช้รถตัก KOMATSU WA100

จำนวน 2 คัน ตักเมล็ดข้าวโพดไปโรย

บริเวณตากเมล็ดข้าวโพดใช้รถไถพอร์ด 6600 หรือ รถไถคูโบต้า L1820 คราดเมล็ด

#### ข้าวโพดพลิกกลับ

จากไซโลไปซึ่งน้ำหนักและส่งลูกค้าใช้รถบรรทุก

#### 4.3.3 กระบวนการผลิต

จัดทำเพื่อให้ทราบว่าแต่ละกระบวนการใช้พลังงานประเภทใดและเครื่องจักรมีลักษณะ

การทำงานอย่างไรดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 กระบวนการผลิต

กระบวนการ	พลังงานที่ใช้	ลักษณะการทำงาน
ซังน้ำหนักรถบรรทุก	ไฟฟ้า	ใช้พลังงานไฟฟ้าในการกด Load cell ของเครื่องชั่ง
ตากแห้งในลานตาก	แสงแดดและน้ำมันดีเซล	ใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU WA100 จำนวน 2 คัน ตักเมล็ดข้าวโพดโรยบนลานตากแล้วใช้รถไถพอร์ด 6600 หรือ รถไถคูโบต้า L1820 เกี่ยให้ทั่วลานตาก
เทกองลงอ่างรับข้าวโพด	น้ำมันดีเซล	ใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU WA100 จำนวน 1 คัน ดันเมล็ดข้าวโพดลงอ่าง
	ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปร่อน
ร่อนเมล็ดข้าวโพดแยกฝุ่น	ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์ขับเคลื่อนตะแกรงโยก มอเตอร์ดูดฝุ่นใต้ตะแกรงร่อนไปยังห้องเก็บฝุ่น มอเตอร์สายพานลำเลียงลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปยังถังอบ
อบด้วยความร้อน	ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์ปล่อยเมล็ดข้าวโพดลงถังอบ มอเตอร์พัดลมดูดฝุ่นใต้ตัวปล่อยดูดฝุ่นไปยังห้องเก็บฝุ่น มอเตอร์พัดลมดูดความชื้น 6 ตัว มอเตอร์พัดลมดูดควันช่วยในการเผาไหม้ มอเตอร์สายพานป้อนเชื้อเพลิงสู่เตาเผา
	เชื้อเพลิงซังข้าวโพด	ซังข้าวโพดถูกเผาไหม้ไปให้ความร้อนประมาณ 130 องศาเซลเซียสเผาเหล็กและเป่าลมผ่านเหล็กร้อนไปยังเมล็ดข้าวโพด
	น้ำมันดีเซล	ใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU JS 30 ตักเชื้อเพลิงซังข้าวโพดไปยังสายพานลำเลียงเชื้อเพลิง
เก็บเมล็ดข้าวโพดในไซโล	ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์สายพานลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปเก็บในถังไซโล

#### 4.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก กระบวนการผลิต, Energy Layout

หลังจากจัดทำ กระบวนการผลิต, Energy Layout และเข้าสำรวจการทำงานการผลิตภายใน โรงงานแล้ว สามารถวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการใช้พลังงาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและเป็น แนวทางในการออกมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติ โดยวิเคราะห์ตามกระบวนการดังนี้

##### 4.4.1 ชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

ในกระบวนการนี้ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 V ในการทำงานของเครื่องชั่งจากการทำงานใน กระบวนการนี้พบว่าไม่ได้มีการใช้งานเครื่องชั่งตลอดทั้งวันโดยมีการใช้งานเครื่องชั่งเฉลี่ยวันละ 6 ครั้ง ซึ่งถือว่ามึปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่น้อย เมื่อเทียบกับกระบวนการอบเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ไฟฟ้า 3 เฟสและ ทำงานตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงไม่ออกมาตรการการประหยัดพลังงานในกระบวนการนี้

##### 4.4.2 ตากแห้งในลานตาก

ในกระบวนการนี้ใช้พลังงานอยู่ 2 ประเภทคือ แสงแดดและน้ำมันดีเซล ใน 1 วันตาก จำนวน 2 ครั้ง โดยใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU WA100 จำนวน 2 คัน ในการตักเมล็ดข้าวโพดไป โรยบนลานตากและใช้รถไถเกลี่ยให้ทั่วลานตากโดยมีเส้นทางการโรยเมล็ดข้าวโพดดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 เส้นทางการโรยเมล็ดข้าวโพดของรถแทรกเตอร์

ในขั้นตอนการตักเมล็ดข้าวโพดไปโรยจะใช้เวลาประมาณ 40 นาทีต่อคัน ในระหว่าง การทำงานนี้มีขั้นตอนการทำงานที่ล่าช้าเกิดขึ้นช่วงตักเมล็ดข้าวโพดไปโรย คือ ในการตักเมล็ด ข้าวโพดในช่วงที่เมล็ดข้าวโพดเหลือน้อย รถแทรกเตอร์เสียเวลาในการโกยเมล็ดข้าวโพดขึ้นเป็นกอง ก่อนตักนำไปโรยยังลานตากดังรูปที่ 4.12





รูปที่ 4.12 รถแทรกเตอร์ตักเมล็ดข้าวโพดนำไปโรยยังลานตาก

#### 4.4.3 เทกองลงอ่างรับข้าวโพด

กระบวนการนี้ใช้พลังงาน 2 ประเภทคือ น้ำมันดีเซลและไฟฟ้า โดยใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU WA100 จำนวน 1 คัน ตันเมล็ดข้าวโพดลงอ่าง จากการสอบถามผู้ใช้งานพบว่ารถแทรกเตอร์ไม่มีการตรวจสอบความพร้อมของรถแทรกเตอร์ก่อนปฏิบัติงาน เช่น ตรวจเช็คระดับน้ำภายในหม้อน้ำ ตรวจระดับน้ำกลั่นในแบตเตอรี่ ระดับน้ำมันไฮดรอลิก ตรวจเช็คการอัดจาระบีตามข้อต่อ เป็นต้น

มอเตอร์ลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปร่อน จากกระบวนการนี้พบว่ามอเตอร์ไม่มีการตรวจเช็คความตึงหย่อนของสายพานของมอเตอร์แต่ละตัว มอเตอร์มีเสียงดังผิดปกติ มอเตอร์บางตัวไม่มีฝาครอบระบายอากาศ และมีฝุ่นเกาะบริเวณครีบบอเตอร์จำนวนมากดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงถึงฝุ่นเกาะบริเวณมอเตอร์ลำเรียงเมล็ดข้าวโพดไปร่อน

#### 4.4.4 ร่อนเมล็ดข้าวโพดแยกฝุ่น

กระบวนการนี้ใช้พลังงานไฟฟ้า 3 เฟส ให้มอเตอร์ขับเคลื่อนตะแกรงโยกเพื่อแยกฝุ่นออกจากเมล็ดข้าวโพดและมีมอเตอร์ดูดฝุ่นใต้ตะแกรงร่อนไปยังห้องเก็บฝุ่น จากนั้นมีมอเตอร์ของสายพานลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปยังถังอบ จากกระบวนการนี้พบว่ามอเตอร์ไม่มีการตรวจเช็คความตึงหย่อนของสายพานของมอเตอร์แต่ละตัว มอเตอร์มีเสียงดังผิดปกติ มอเตอร์บางตัวไม่มีฝาครอบระบายอากาศ และมีฝุ่นเกาะบริเวณครีบบอเตอร์จำนวนมากดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงถึงมอเตอร์ที่ไม่มีการทำความสะอาด

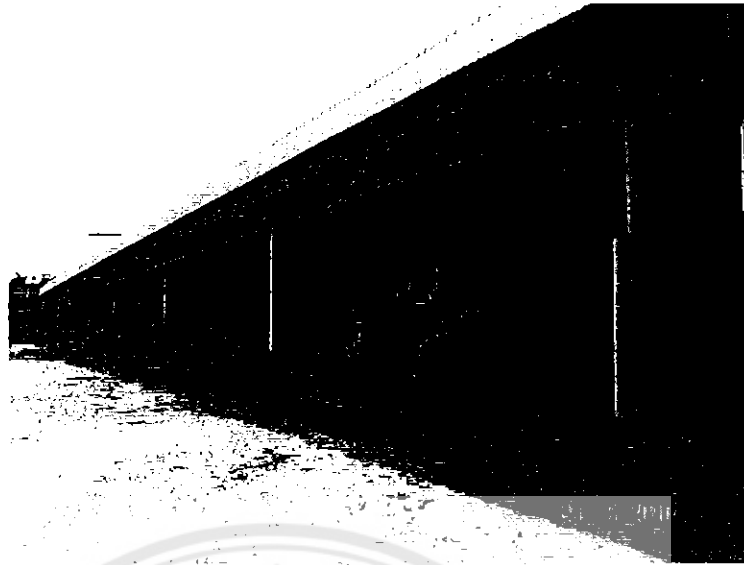
#### 4.4.5 ไปด้วยความร้อน

กระบวนการนี้ใช้พลังงาน 3 ประเภทคือ น้ำมันดีเซล ชั่งข้าวโพด และไฟฟ้า

น้ำมันดีเซล ใช้รถแทรกเตอร์ KOMATSU JS30 ในการตัดเชื้อเพลิงชั่งข้าวโพดลงสายพานลำเลียงพบว่ารถแทรกเตอร์ขาดการใช้งานที่เหมาะสมคือ ในการทำงานมีการติดเครื่องทิ้งไว้ขณะรอเชื้อเพลิงลำเลียงสู่เตาเผา ในการออกตัวรถมีการเร่งเครื่องออกตัวแรงเกินไปและ ในการตัดแต่ละครั้งตัดไม่เต็มบั้งก็

เชื้อเพลิงชั่งข้าวโพด พบว่าในการลำเลียงเชื้อเพลิงชั่งข้าวโพดสู่เตาเผาถูกปล่อยลงมาทำให้สุ่มเป็นกองจึงทำให้มีการเผาไหม้ที่ช้า

เชื้อเพลิงที่ใช้นั้นมีการเก็บรักษาโดยการสุ่มกันเป็นกองดังรูป 4.15 และมีค่าความชื้นดังตาราง 4.10



รูปที่ 4.15 เชื้อเพลิงซังข้าวโพด

ตารางที่ 4.10 ค่าความชื้นของซังข้าวโพด

ลำดับที่	ตำแหน่งการวัดความชื้น	% ความชื้นซังข้าวโพด
1	สูงพื้นกอง 10 ซม.	25.3
2	สูงจากพื้น 1 เมตร	24.8
3	สูงจากพื้น 2 เมตร	23.5
4	ต่ำกว่ายอดกอง 10 ซม.	18.6
เฉลี่ย		23.05

ไฟฟ้า ใช้มอเตอร์ในการทำงานของมอเตอร์ปล่อยเมล็ดลงสู่ถังอบ มอเตอร์พัดลมดูดฝุ่น ได้ตัวปล่อยสายพานลำเลียงเชื้อเพลิง มอเตอร์พัดลมดูดควันช่วยในการเผาไหม้ มอเตอร์พัดลมดูดความชื้น 6 ตัว และมอเตอร์สายพานลำเลียงเชื้อเพลิงพบว่ามอเตอร์ไม่มีการตรวจเช็คความตึงหย่อนของสายพานของมอเตอร์แต่ละตัว มอเตอร์มีเสียงดังผิดปกติ มอเตอร์บางตัวไม่มีฝาครอบระบายอากาศ และมีฝุ่นเกาะบริเวณครีบก้อนมอเตอร์จำนวนมาก

นอกจากนี้ในกระบวนการอบความร้อนยังพบว่า มีไอร้อนที่เหลือจากกระบวนการอุณหภูมิประมาณ 110 องศาเซลเซียสและถูกส่งไปยังห้องเก็บฝุ่นจะเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียสโดยไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อ

#### 4.4.6 เก็บเมล็ดข้าวโพดในไซโล

กระบวนการนี้ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อในการขับเคลื่อนมอเตอร์สายพานลำเลียงเมล็ดข้าวโพดไปเก็บในไซโล พบว่ามอเตอร์ขาดการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอคือ ไม่มีการตรวจเช็คความตึงหย่อนของสายพานของมอเตอร์แต่ละตัวและมีฝุ่นเกาะบริเวณครีบบอเตอร์

จากการวิเคราะห์ตามกระบวนการต่างๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้

#### 4.4.7 มาตรการที่สามารถคำนวณได้

4.4.7.1 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเตาเผาซึ่งข้าวโพด มีแนวคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในการแก้ปัญหาการสุ่มของเชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพด โดยการทำเหล็กตะแกรงรูปสามเหลี่ยมนำไปวางไว้บริเวณจุดตกของเชื้อเพลิงเพื่อให้เชื้อเพลิงกระจายไม่สุ่มกันเป็นกองและทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพด

4.4.7.2 มาตรการลดเวลาการใช้รถแทรกเตอร์ในการโรยเมล็ดข้าวโพด โดยการอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานในช่วงการตักเมล็ดข้าวโพดในขณะที่เมล็ดข้าวโพดเหลือน้อยโดยให้พนักงานดับเครื่องยนต์แล้วลงมาตักเมล็ดข้าวโพดใส่บุงก็ก่อนนำไปโรยยังลานตากจะทำให้เวลาในการใช้รถแทรกเตอร์ลดลงประมาณ 10 นาทีก็จะสามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลได้

4.4.7.3 มาตรการตากลดความชื้นในซึ่งข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิงโดยการใช้รถแทรกเตอร์ตักเชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพดมาโรยยังลานตากแล้วใช้รถไถเกลี่ย จะสามารถทำให้ความชื้นของเชื้อเพลิงซึ่งข้าวโพดลดลง

4.4.7.4 มาตรการนำไอร้อนมาอุ่นเชื้อเพลิง โดยการนำไอร้อนที่เหลือจากกระบวนการอบเมล็ดข้าวโพดมาอุ่นเชื้อเพลิงให้มีความชื้นลดลงก่อนนำไปสู่กระบวนการเผาไหม้ แต่มาตรการนี้ทางผู้บริหารเห็นว่าไม่มีมาตรการตากลดความชื้นซึ่งข้าวโพด จึงไม่มีความประสงค์ที่จะทำมาตรการนำไอร้อนมาอุ่นเชื้อเพลิง

#### 4.4.8 มาตรการสนับสนุน

4.4.8.1 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน เป็นการจัดทำเพื่อให้พนักงานใช้งานเครื่องจักรอย่างเหมาะสมและง่ายต่อการตรวจสอบในการปฏิบัติงาน ได้ออกระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงานกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ 2 ชนิดคือ มอเตอร์และรถแทรกเตอร์

4.4.8.2 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน เป็นการจัดทำเพื่อให้พนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักรได้อย่างถูกต้อง เพื่อไม่ให้เครื่องจัดขัดข้องในขณะที่ปฏิบัติงาน ได้ออกใบซ่อมบำรุงเชิงป้องกันกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ คือ มอเตอร์และรถแทรกเตอร์

### 4.5 แนวทางการจัดการและการประหยัดพลังงาน

แนวทางการจัดการและการประหยัดพลังงานในโรงงาน แบ่งได้ตามระบบต่างๆ คือ ระบบเตาเผาซึ่งข้าวโพด ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเตาเผาซึ่งข้าวโพด ระบบรดตัก ได้แก่

การลดเวลาการใช้งานรถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด ระบบเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ได้แก่ การนำเชื้อเพลิงซังข้าวโพดมาตากเพื่อลดอุณหภูมิเชื้อเพลิงก่อนการนำไปเผา

ซึ่งมาตรการการประหยัดพลังงานที่ได้ทำการวิเคราะห์ และออกเป็นมาตรการให้กับโรงงานโดยมีการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจที่จะดำเนินการตามมาตรการได้ง่ายขึ้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตลง โดยการลดการใช้พลังงานลงมีมาตรการดังนี้

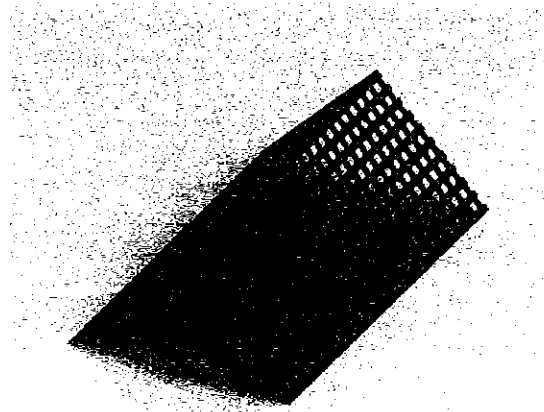
#### 4.5.1 มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเตาเผาซังข้าวโพด

โรงงานมีเตาเผาซังข้าวโพดจำนวน 1 เตา ในการนำเอาไอเสียให้ความร้อนแก่ท่อเหล็ก เพื่อนำเอาความร้อนจากท่อเหล็กหลายๆ ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำไปใช้ในการอบเมล็ดข้าวโพด

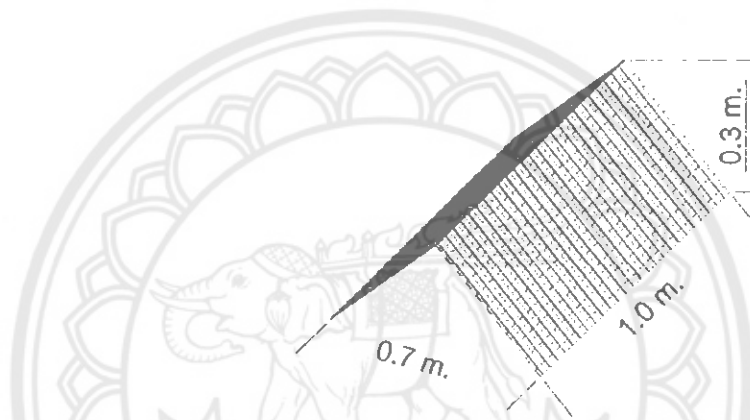


รูปที่ 4.16 เตาเผาซังข้าวโพด

ตรวจพบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีปริมาณอากาศเกินในไอเสียมากเกินไป เวลาป้อนซังข้าวโพดเข้าไปสู่มอกเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงให้ความร้อนไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นถ้าหากทำเหล็กกลวงรูปสามเหลี่ยมนำไปวางไว้บริเวณจุดตกของซังข้าวโพดจะเป็นการกระจายซังข้าวโพดให้แผ่ออกไม่สู่มอกทำให้การเผาไหม้ดีขึ้นและลดการใช้ซังข้าวโพดลงคำนวณผลประหยัด เหล็กกลวงรูปสามเหลี่ยมดังรูป 4.17 และ 4.18



รูปที่ 4.17 เหล็กกลางรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.18 ขนาดของเหล็กกลางรูปสามเหลี่ยม

## ข้อมูลประสิทธิภาพการเผาไหม้

ก่อนปรับปรุง ประสิทธิภาพการเผาไหม้	=	65	%
หลังปรับปรุง ประสิทธิภาพการเผาไหม้	=	70	%

(ประสิทธิภาพของเตาเผาแบบบิวท์ก่ออยู่ที่ประมาณ 60-65% ที่มา: หนังสือ Energy from Biomass)

## วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

## ก่อนปรับปรุง

การใช้ซังข้าวโพด (เฉลี่ย) ต่อปี = 1,027,000 กก. / ปี

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ก่อนปรับปรุง = 65%

หลังปรับปรุง ทำเหล็กรูปสามเหลี่ยมกลวงเพื่อกระจายซังข้าวโพด

ประสิทธิภาพการเผาไหม้หลังปรับปรุง = 70%

**ผลประหยัด**

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น} &= \text{หลังปรับปรุง} - \text{ก่อนปรับปรุง} \\ &= 70 - 65 \\ &= 5\% \end{aligned}$$

**คิดเป็นซังข้าวโพดที่ประหยัดได้**

$$= \text{การใช้ซังข้าวโพด(เฉลี่ย)ต่อปี} \times \text{ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นซังข้าวโพดที่ประหยัดได้ต่อปี} &= 1,027,000 \times 0.05 \\ &= 51,350 \quad \text{กก./ปี} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าพลังงานความร้อนของซังข้าวโพด} = 18.04 \text{ MJ/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้} &= 51,350 \times 18.04 \\ &= 926,354 \quad \text{MJ/ปี} \end{aligned}$$

**การคิดค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้**

$$\text{ค่าซังข้าวโพดเฉลี่ย} = 1.25 \text{ บาท / kg}$$

$$\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} = \text{ซังข้าวโพดที่ประหยัดได้ต่อปี} \times \text{ค่าซังข้าวโพดเฉลี่ย}$$

$$\begin{aligned} &= 51,350 \times 1.25 \\ &= 64,187.50 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

**ประเมินผลการลงทุน**

ใช้เหล็กทนความร้อนยาว 1 เมตร จำนวน 22 เส้น

ใช้เหล็กทนความร้อนยาว 0.46 เมตร จำนวน 50 เส้น

ค่าเหล็กทนความร้อน ขนาดกว้าง 2 นิ้ว หนา 12.5 เซนติเมตร จำนวน 8 เส้น

$$\text{ราคาเหล็กเส้นละ} = 2,000 \text{ บาท}$$

$$\text{เป็นเงิน} = 2,000 \times 8 \text{ บาท}$$

$$= 16,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าแรง} = 2,500 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าลงทุนทำตะแกรงสามเหลี่ยมคิดเป็นเงิน} = 16,000 + 2,500 \text{ บาท}$$

$$= 18,500 \text{ บาท}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{เงินลงทุน/เงินที่ประหยัดได้}$$

$$= 18,500 / 64,187.50 \text{ ปี}$$

$$= 0.288 \text{ ปี}$$

$$\text{หรือ} = 106 \text{ วัน}$$

ซึ่งถ้าประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้นจะสามารถลดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้กับพลังงานที่ลดลง

ถ้าประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น (%)	จะสามารถลดพลังงานได้ (MJ/ปี)
2	370,541.6
3	555,812.4
4	741,083.2
5	926,354
6	1,111,624.8

#### 4.5.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานลดเวลาการใช้งานรถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด

เมื่อมีเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูงต้องนำไปโรยตากในลาน บริษัทจะใช้รถแทรกเตอร์จำนวน 2 คันตักเมล็ดข้าวโพด นำไปโรยยังลานตาก แล้วใช้ไถเกลี่ยซ้ำอีกครั้งโดยใน 1 วันจะโรยเมล็ดข้าวโพด 2 เทียว ในขั้นตอนการโรยเมล็ดข้าวโพดใช้เวลาประมาณ 40 นาที ในระหว่างการทำงานนี้มีขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อนเกิดขึ้นช่วงเมล็ดข้าวโพดเหลือน้อย ลดเวลาการใช้งานรถแทรกเตอร์ลงครั้งละ 10 นาที ต่อคัน

การคำนวณการใช้รถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด จำนวน 2 คัน

อัตราการกินน้ำมันเฉลี่ย	=	23 ลิตรต่อชั่วโมง	ขณะทำงาน
ทำงานซ้ำซ้อนเฉลี่ยวันละ	=	2 คัน x 10 นาที x 2 เทียวต่อวัน	
เวลาสูญเสีย	=	40 นาที	ต่อวัน
คิดเป็นการสูญเสียน้ำมันจากการทำงานซ้ำซ้อน	=	$40 / 60 \times 23$	
	=	15.30	ลิตรต่อวัน
1 เดือนทำงาน 24 วัน	=	367.20	ลิตร ต่อเดือน
1 ปีทำงานเพียง 5 เดือน	=	1,836	ลิตร ต่อปี
คิดเป็นกำลังงานสูญเสีย	=	$15.30 \times 36.42$	MJ ต่อวัน
	=	557.23	MJ ต่อวัน
1 เดือนทำงาน 24 วัน	=	13,373.56	MJ ต่อเดือน
	=	66,867.60	MJ ต่อปี
คิดค่าใช้จ่ายพลังงานสูญเสีย			
ค่าน้ำมันดีเซลลิตรละ	=	27	บาท
คิดเป็นเงินประมาณ	=	$27 \times 15.30$	บาทต่อวัน
	=	413	บาทต่อวัน
หรือประมาณ	=	9,912	บาทต่อเดือน
หรือประมาณ	=	49,560	บาทต่อปี



### ประเมินผลการลงทุน

ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนแต่ต้องอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานขับรถแทรกเตอร์ เข้าใจถึงวิธีปฏิบัติการเกลี่ยเมล็ดข้าวโพด และการรวมกองของแต่ละวัน โดยขอความร่วมมือในการปฏิบัติ

#### 4.5.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานตากลดข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิงความชื้นในซัง

บริษัทซื้อซังข้าวโพดจากเกษตรกร นำมากองสะสมไว้ที่โกดังเก็บ เมื่อต้องการนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงให้กับเตาก็จะใช้รถแทรกเตอร์ตักไปใส่สายพานเพื่อนำไปเผาในเตาต่อไป

ก่อนนำซังข้าวโพดไปเผาเป็นเชื้อเพลิง บริษัทได้นำซังข้าวโพดไปตากแดด 1 - 2 วัน แล้วแต่ความแรงของแสงแดด โดยเหลือความชื้นในซังข้าวโพดประมาณ 15 % โดยเฉลี่ย จึงนำมาเก็บกองไว้เป็นเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป การทำให้ความชื้นในซังข้าวโพดหายไปนี้ เป็นการระเหยน้ำ ซึ่งต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งใช้ไปเพื่อระเหยน้ำนี้ ดังนั้นพลังงานที่ประหยัดได้คือพลังงานความร้อนในการเผาไหม้จำนวนดังกล่าว



รูปที่ 4.19 การนำซังข้าวโพดมาตากแดดลดความชื้น



รูปที่ 4.20 รถแทรกเตอร์ตักซังข้าวโพดโรยตากแดด

การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ซังข้าวโพดที่ประหยัดได้

ก่อนปรับปรุง

ความชื้นซังข้าวโพดเฉลี่ย = 23.05 %

การใช้ซังข้าวโพด (เฉลี่ย) ต่อปี = 1,027,000 กก. / ปี

อุณหภูมิซังข้าวโพดก่อนเผา = 25 °C

หลังปรับปรุง

ความชื้นหลังตากแดด = 15 %

ใช้รถแทรกเตอร์เป็นเวลา = 3 ชั่วโมง / ครั้ง

รถแทรกเตอร์อัตราการกินน้ำมันเฉลี่ย = 23 ลิตร ต่อ ชั่วโมง (ขณะทำงาน)

ใช้รถไถเป็นเวลา = 2 ชั่วโมง / ครั้ง

รถไถอัตราการกินน้ำมัน = 12 ลิตร ต่อ ชั่วโมง (ขณะทำงาน)

ตลอดฤดูผลิตต้องนำซังข้าวโพดตาก = 3 ครั้ง

การคำนวณการประหยัดพลังงาน

ความชื้นลดลง = 23.05 - 15 %

= 8.05 %

พลังงานความร้อนของซังข้าวโพดก่อนตาก

ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด ปี 52 = 1,027,000 กก.

จากตาราง 2.2 ค่าพลังงานความร้อนของซังข้าวโพดที่ 23.05 % = 17.4 MJ/กก.

ประสิทธิภาพของเตาเผา = 65 %

$$\begin{aligned}
 &\text{คิดเป็นความร้อน} &= & (\text{ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด} \times \text{ค่า} \\
 &\text{พลังงานความร้อนของซังข้าวโพด)/ประสิทธิภาพของเตาเผา} & & \\
 & &= & (1,027,000 \times 17.4)/0.65 \text{ MJ} \\
 & &= & 27,492,000 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

#### พลังงานความร้อนของซังข้าวโพดหลังตาก

$$\text{ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด ปี 52} = 1,027,000 \text{ กก.}$$

$$\text{จากตาราง 2.2 ค่าพลังงานความร้อนของซังข้าวโพดที่ 15 \%} = 18.04 \text{ MJ/กก.}$$

$$\text{ประสิทธิภาพของเตาเผา} = 65 \%$$

$$\begin{aligned}
 &\text{คิดเป็นความร้อน} &= & (\text{ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด} \times \text{ค่า} \\
 &\text{พลังงานความร้อนของซังข้าวโพด)/ประสิทธิภาพของเตาเผา} & &
 \end{aligned}$$

$$= (1,027,000 \times 18.04)/0.65 \text{ MJ}$$

$$= 28,503,200 \text{ MJ}$$

$$\text{คิดเป็นความร้อนที่สูญเสีย} = \text{พลังงานความร้อนของซังข้าวโพดหลัง}$$

$$\text{ตาก - พลังงานความร้อนของซังข้าวโพดก่อนตาก}$$

$$= 28,503,200 - 27,492,000 \text{ MJ}$$

$$= 1,011,200 \text{ MJ}$$

$$\text{คิดเป็นซังข้าวโพดที่ประหยัดได้} = 1,011,200/18.04 \text{ กก.}$$

$$= 56,053 \text{ กก.}$$

$$\text{ราคาซังข้าวโพดกิโลกรัมละ} = 1.25 \text{ บาท/กก.}$$

$$\text{คิดเป็นเงิน} = 56,053 \times 1.25$$

$$= 70,066.25 \text{ บาท}$$

#### ประเมินผลการลงทุน

$$\text{ค่าน้ำมันดีเซลรถแทรกเตอร์} = 23 \text{ ลิตร} \times 3 \text{ ชั่วโมง} \text{ ครั้ง}$$

$$\text{จำนวนการใช้งานรถแทรกเตอร์} = 3 \text{ ครั้ง}$$

$$\text{ใช้น้ำมันดีเซลทั้งสิ้น} = 69 \times 3 \text{ ลิตร}$$

$$= 207 \text{ ลิตร}$$

$$\text{ค่าน้ำมันดีเซลรถไถ} = 12 \text{ ลิตร} \times 2 \text{ ชั่วโมง} \text{ ครั้ง}$$

$$\text{จำนวนการใช้งานรถไถ} = 3 \text{ ครั้ง}$$

$$\text{ใช้น้ำมันดีเซลทั้งสิ้น} = 24 \times 3 \text{ ลิตร}$$

$$= 72 \text{ ลิตร}$$

$$\text{ราคาน้ำมันลิตรละ} = 27 \text{ บาท}$$

$$\text{เป็นเงินค่าน้ำมัน} = (207+72) \times 27 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,533 \text{ บาท} \\
 \text{กำไรจากการลงทุน} &= \text{มูลค่าเชิงข่าวโศกที่ประหยัดได้} - \text{เงินค่า} \\
 \text{น้ำมันดีเซล} & \\
 &= 70,066.25 - 7,533 \\
 &= 62,533.25 \text{ บาท/ปี} \\
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน/เงินที่ประหยัดได้} \\
 &= 7,533 / 70,066.25 \text{ ปี} \\
 &= 0.107 \text{ ปี} \\
 &\text{หรือ} = 39 \text{ วัน}
 \end{aligned}$$



ตารางที่ 4.12 สรุปการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ/กิจกรรม	ลงทุน (บาท)	ผลที่คาดว่าจะประหยัดได้												ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
		พลังงานไฟฟ้า			พลังงานน้ำมัน			พลังงานซึ่งชาวโหด			รวม			
		kWh	MJ	ราคา (บาท)	ลิตร	MJ	ราคา (บาท)	กิโลกรัม	MJ	ราคา (บาท)	MJ	ราคา (บาท)	MJ	
1. การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเตาเผาซึ่งชาวโหด	18,500	-	-	-	-	-	-	51,350	926,354	64,187	926,354	64,187	64,187	0.288
2. ลดเวลาการใช้งานรถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโหด	-	-	-	1,836	66,867	49,560	-	-	-	-	-	-	-	-
3. มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ตากลดความชื้นในซึ่งชาวโหด ก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง	7,533	-	-	-	-	-	56,053	1,011,200	70,066	1,011,200	70,066	70,066	0.107	
รวม	26,033	-	-	1,836	66,867	49,560	107,403	1,937,554	134,253	1,937,554	134,253	134,253	0.395	

#### 4.5.4 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า คือ การแจ้งให้พนักงานทุกคนทราบแล้วปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติ เพื่อให้การประหยัดพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดังตัวอย่างตารางที่ 4.13 และสามารถดูระเบียบปฏิบัติอื่นในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.13 ระเบียบปฏิบัติที่ประกาศใช้ในโรงงาน

ลำดับ	ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
			1	2	3
1	ใช้แปร่งทำความสะอาดมอเตอร์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	พนักงานประจำ			
2	ตรวจสอบการระบายอากาศของมอเตอร์ว่ามีอะไรขวางทางลมหรือการระบายอากาศหรือไม่ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	พนักงานประจำ			
3	ตรวจสอบมอเตอร์ทุกตัวว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	พนักงานประจำ			

#### 4.5.5 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)

เป็นการบำรุงรักษาประจำวัน และตามแผนตารางเวลาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ, การทำความสะอาด, การหล่อลื่น และการขันให้แน่น โดยมุ่งเน้นจุดที่จะส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานและความบกพร่องที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน หรือการผลิตที่หยุดชะงักได้จึงต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะเกิดปัญหา และนำข้อมูลการตรวจสอบ และการวิเคราะห์ความผิดปกติ ไปใช้ในการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนอะไหล่ และซ่อมแซมเพื่อให้เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ตามปกติ ดังตัวอย่างรูปที่ 4.21



#### 4.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน

จากการนำใบตรวจสอบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรประจำเดือน นำไปให้ทางโรงงาน ตรวจสอบเช็คความถูกต้องพบว่ามีปัญหาที่ต้องแก้ไขใบตรวจสอบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร

การแก้ไขมีปัญหาดังนี้ คือ มีการแยกใบตรวจสอบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของมอเตอร์โดยแยกเป็น 4 ชนิด คือ มอเตอร์พัดลมดูดอากาศ มอเตอร์พัดลมเตาเผาไหม้ มอเตอร์พัดลมดูดควัน และมอเตอร์สายพายลำเรียง เนื่องจากต้องการตรวจสอบและทำการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์แต่ละตัวที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตทั้งหมด เพื่อให้ได้ผลการประหยัดพลังงานได้ผลดียิ่งขึ้น

#### 4.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุง

หลังจากการนำมาตรการประหยัดพลังงานไปใช้ในโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นเวลา 5 เดือน (สิงหาคม - ธันวาคม 2553) ทางทีมงานจึงได้ไปเก็บข้อมูลการใช้พลังงานต่าง ๆ มาได้ดังนี้ สามารถดูมูลค่าพลังงานไฟฟ้าได้จากภาคผนวก ข

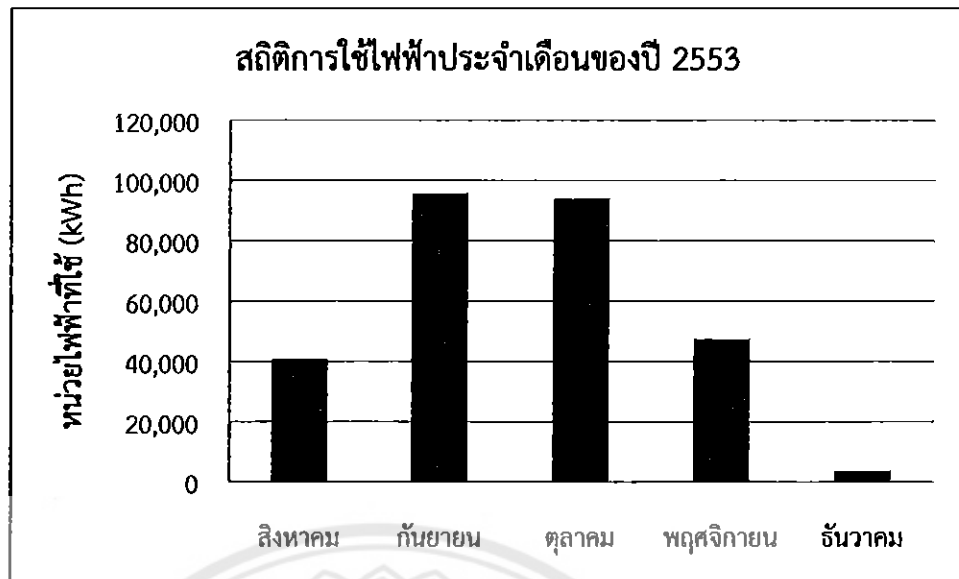
##### 4.7.1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการนำมาตรการและระเบียบปฏิบัติไปใช้ในโรงงานและเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 4.14 และเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของปี 2553 ดังรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.14 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553

เดือน/ปี	ไฟฟ้า			รวมจำนวนเงิน (บาท)
	On-peak	Off-peak (kWh)	รวม (kWh)	
สิงหาคม	40,928	-	40,928	141,011
กันยายน	95,851	-	95,851	298,985
ตุลาคม	94,059	-	94,059	296,365
พฤศจิกายน	47,514	-	47,514	155,556
ธันวาคม	3,676	-	3,676	21,920
<b>รวม</b>	<b>282,028</b>	<b>-</b>	<b>282,028</b>	<b>913,837</b>
เฉลี่ย/เดือน	56,405.6	-	56,405.6	182,767.4





รูปที่ 4.22 กราฟการใช้ไฟฟ้า ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553

#### 4.7.2 ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการนำมาตรการและระเบียบปฏิบัติไปใช้ในโรงงานและเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดได้ดังตารางที่ 4.15 และเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดในแต่ละเดือนของปี 2553 ดังรูปที่ 4.23

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้ซังข้าวโพด ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2553

เดือน/ปี	ชนิดเชื้อเพลิง ซังข้าวโพด	
	ปริมาณ (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
สิงหาคม	125,600	157,000
กันยายน	356,400	445,500
ตุลาคม	341,500	426,875
พฤศจิกายน	145,200	181,500
ธันวาคม	31,200	39,000
รวม	999,900	1,249,875
เฉลี่ย/เดือน	199,980	249,975

การคำนวณค่าใช้จ่ายชนิดเชื้อเพลิง ซังข้าวโพด

$$= \text{ปริมาณซังข้าวโพด (กิโลกรัม)} \times 1.25 \text{ บาท/กิโลกรัม} \quad (4.4)$$

เนื่องจากราคาซังข้าวโพด 1 กิโลกรัมมีราคา 1.25 บาท

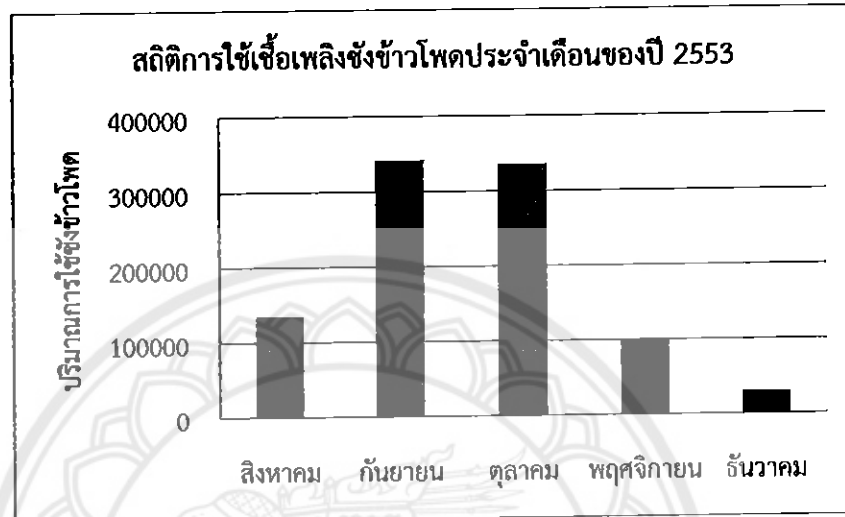
**ตัวอย่างเช่น**

เชื้อเพลิงซังข้าวโพดเดือนสิงหาคมมีปริมาณการใช้ = 125,600 กิโลกรัม

ก็จะเท่ากับ

= 125,600 กิโลกรัม x 1.25 บาท

จะได้ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงซังข้าวโพดของเดือนสิงหาคม = 157,000 บาท



รูปที่ 4.23 กราฟการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพด ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553

#### 4.7.3 ข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลของโรงงานไซโลข้าวโพด จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการนำมาตรการและระเบียบปฏิบัติไปใช้ในโรงงานและเก็บข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล ได้ดังตารางที่ 4.16 และเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลในแต่ละเดือนของปี 2553 ดังรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.16 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2553

เดือน/ปี	ชนิดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล	
	ปริมาณ (ลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
สิงหาคม	3,023	88,845.97
กันยายน	5,015	147,390.85
ตุลาคม	4,965	145,921.35
พฤศจิกายน	3,316	97,457.24
ธันวาคม	2,620	77,001.80
<b>รวม</b>	<b>18,939</b>	<b>556,617.21</b>
<b>เฉลี่ย/เดือน</b>	<b>3,787.8</b>	<b>111,323.44</b>

การคำนวณค่าใช้จ่ายชนิดเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

$$= \text{ปริมาณน้ำมันดีเซล (ลิตร)} \times 29.39 \text{ บาท/ลิตร} \quad (4.5)$$

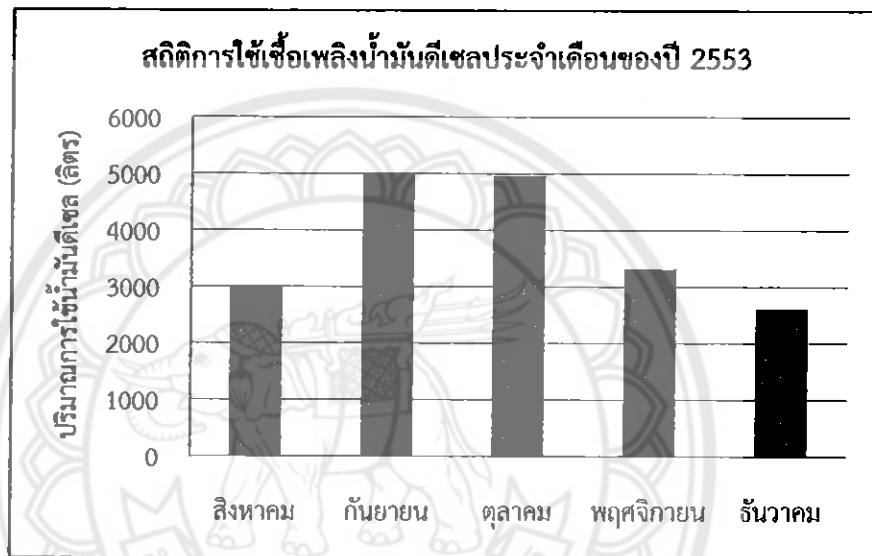
เนื่องจากราคาน้ำมันดีเซล 1 ลิตรมีราคา 29.39 บาท

ตัวอย่างเช่น

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเดือนสิงหาคมมีปริมาณการใช้ = 3,023 ลิตร

ก็จะเท่ากับ = 3,023 ลิตร  $\times$  29.39 บาท

จะได้ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของเดือนสิงหาคม = 88,845.97 บาท



รูปที่ 4.24 กราฟการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2553

ตารางที่ 4.17 ดัชนีชี้วัดหลักทำโครงการ ปี 2553

เดือน/ปี	ผลผลิต ต่อเดือน (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน										ดัชนีการใช้พลังงาน						รวม
		ไฟฟ้า		ซังข้าวโพด		น้ำมันดีเซล		ไฟฟ้า		ซังข้าวโพด		น้ำมันดีเซล		รวม				
		KWh	MJ	กก.	MJ	ลิตร	MJ	KWh/หน่วย	MJ/หน่วย	กก./หน่วย	MJ/หน่วย	ลิตร/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย			
สิงหาคม	2,795	40,928	147,340.80	125,600	2,265,824	3,023	110,097.66	14.64	52.72	44.94	810.67	1.08	39.39	902.78				
กันยายน	7,256	95,851	345,063.60	356,400	6,429,456	5,015	182,646.30	13.21	47.56	49.12	886.09	0.69	25.17	958.82				
ตุลาคม	7,112	94,059	338,612.40	341,500	6,160,660	4,965	180,825.30	13.23	47.61	48.02	866.23	0.70	25.43	939.27				
พฤศจิกายน	2,810	47,514	171,050.40	145,200	2,619,408	3,316	120,768.72	16.91	60.87	51.67	932.17	1.18	42.98	1,036.02				
ธันวาคม	1,650	3,676	13,233.60	31,200	562,848	2,620	95,420.40	2.23	8.02	18.91	341.12	1.59	57.83	406.97				
<b>รวม</b>	<b>21,623</b>	<b>282,028</b>	<b>1,015,300.80</b>	<b>999,900</b>	<b>18,098,196</b>	<b>18,939</b>	<b>689,758.38</b>	<b>60.22</b>	<b>217.78</b>	<b>212.66</b>	<b>3,836.29</b>	<b>5.24</b>	<b>190.8</b>	<b>4,243.86</b>				
สูงสุด	7,256	95,851	345,063.60	356,400	6,429,456	5,015	182,646.30	16.91	60.87	51.67	932.17	1.59	57.83	1,036.02				
ต่ำสุด	1,650	3,676	13,233.60	31,200	562,848	2,620	95,420.40	2.23	8.02	18.91	341.12	0.69	25.17	406.97				
เฉลี่ย/เดือน	4,324.6	56,405.6	203,060.16	199,980	3,619,639.20	3,787.80	137,951.68	12.04	43.36	42.53	767.26	1.05	38.16	848.77				

## 4.8 สรุปและจัดทำรายงาน

### 4.8.1 การประเมินผลด้านพลังงาน

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิต พบว่าพลังงานหลักๆที่ใช้ในโรงงานนี้คือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานซังข้าวโพด และพลังงานน้ำมันดีเซล โดยพลังงานที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุดคือ พลังงานซังข้าวโพด เพราะในกระบวนการผลิตมีการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้จากพลังงานซังข้าวโพดเป็นหลัก พลังงานน้ำมันดีเซลใช้ในการตากเมล็ดข้าวโพด ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าจะใช้ในการอบและในส่วนของสำนักงาน ดังนั้นในการจัดทำระบบการจัดการพลังงานภายในโรงงานไซโลข้าวโพดนี้ ควรที่จะเน้นในด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพด ซึ่งเป็นพลังงานที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด ซึ่งเปรียบเทียบการใช้พลังงานแต่ละชนิดในปี 2552 และปี 2553 ได้ดังตารางที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานรวมของบางเดือนตัวเลขมีความแปรปรวนมากเช่น เดือนสิงหาคม 2552, พฤศจิกายน 2552, ธันวาคม 2552 และเดือนธันวาคม 2553 เนื่องจากการเก็บข้อมูลผลผลิตไม่ได้แยกผลผลิตระหว่างกระบวนการตากกับกระบวนการอบด้วยความร้อนจึงทำให้เดือนที่ใช้กระบวนการตากเพื่อลดความชื้นมากกว่ากระบวนการอบมีค่าพลังงานรวมต่อหน่วยลดลง

ตารางที่ 4.18 สรุปผลการประหยัดพลังงาน

เดือน/ปี	ปี 2552					ปี 2553				
	ผลผลิต ต่อเดือน (ตัน)	ดัชนีการใช้พลังงานก่อนทำโครงการ				ผลผลิต ต่อ เดือน (ตัน)	ดัชนีการใช้พลังงานหลังทำโครงการ			
		ไฟฟ้า MJ/ หน่วย	ซังข้าวโพด MJ/หน่วย	น้ำมัน ดีเซล MJ/ หน่วย	รวม MJ/ หน่วย		ไฟฟ้า MJ/ หน่วย	ซัง ข้าวโพด MJ/ หน่วย	น้ำมัน ดีเซล MJ/ หน่วย	รวม MJ/ หน่วย
สิงหาคม	2,880	65.78	1,628.61	61.14	1,755.5 *	2,795	52.72	810.67	39.39	902.78
กันยายน	6,175	39.98	911.49	28.22	979.69	7,256	47.56	886.09	25.17	958.82
ตุลาคม	6,715	40.72	873.12	22.88	936.72	7,112	47.61	866.23	25.43	939.27
พฤศจิกายน	5,760	4.43	407.15	26.03	437.61 *	2,810	60.87	932.17	42.98	1,036.02
ธันวาคม	2,668	6.30	439.51	52.72	498.53 *	1,650	8.02	341.12	57.83	406.97 *
รวม	24,198	157.21	4,256.88	190.99	4,608.08	21,623	216.78	3,836.28	190.80	4,243.86
เฉลี่ย/เดือน	4,840	31.44	851.98	38.20	921.62	4,325	43.36	767.26	38.16	848.77
เปรียบเทียบ		921.62 MJ/หน่วย					848.77 MJ/หน่วย			
ลดลง							7.90 %			

### 4.8.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ประกอบการและพนักงานภายในโรงงาน

ในการติดตามผลและประเมินผลการดำเนินโครงการวิจัยการจัดการพลังงานของโรงงานไซโลข้าวโพด เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานไซโลข้าวโพด ซึ่งจะนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดผลความสำเร็จของโครงการ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลที่ได้ออกแบบสอบถามออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ	จำนวนคน	เปอร์เซ็นต์
ชาย	10	100
รวม	10	100

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจในการจัดการพลังงานของผู้บริหารและพนักงานในโรงงานโดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการพลังงานในแต่ละด้านเป็น 5 ระดับ ซึ่งผู้ประเมินต้องมีความพึงพอใจรวมกันต้องไม่ต่ำกว่า 80% และวิธีการคำนวณความพึงพอใจสามารถดูได้จากภาคผนวก ค

เกณฑ์การตอบแบบสอบถามมี 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

จากการทำแบบสอบถามพนักงานสรุปความพึงใจได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 สรุปความพึงพอใจในการจัดการพลังงาน

รายการประเมินความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน	45.45%	54.55%	-	-	-
2.ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้	13.51%	54.05%	32.44%	-	-
3.ผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน	24.39%	68.29%	7.32%	-	-
4.ภาพรวมความพึงพอใจต่อการทำโครงการนี้	25%	60%	15%	-	-

ผลความพึงพอใจในการจัดการพลังงานจากการออกแบบสอบถามพนักงานภายในโรงงานโซโล่ข้าวโพด ซึ่งสามารถแยกเป็นรายการประเมินความพึงพอใจได้ดังนี้

รายการประเมินที่ 1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด 88%

รายการประเมินที่ 2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้ มีความพึงพอใจระดับมาก 74%

รายการประเมินที่ 3 ผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 82%

รายการประเมินที่ 4 ภาพรวมความพึงพอใจต่อการทำโครงการนี้ มีความพึงพอใจในระดับ 80%

สรุปผลในการประเมินออกแบบสอบถามพนักงานโรงงานทั้ง 4 รายการประเมิน สามารถสร้างความพึงพอใจกับพนักงานในโรงงานได้ 81%



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปการทำโครงการวิจัย

##### 5.1.1 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาและดำเนินการจัดการพลังงานให้กับบริษัท มีมาตรการ 3 มาตรการที่เสนอให้กับทางบริษัท ได้แก่ มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ มาตรการลดเวลาการรอคอยงานในการใช้รถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด มาตรการตากลดความชื้นในซังข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ทางบริษัทได้ปฏิบัติตามเพียง 2 มาตรการ ดังนี้

5.1.1.1 มาตรการลดเวลาการรอคอยงานในการใช้รถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด ลดการใช้น้ำมันดีเซลได้ 1,836 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 49,560 บาทต่อปี

5.1.1.2 มาตรการตากลดความชื้นในซังข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง ลดการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดได้ 14,606 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 18,258 บาทต่อปี

ตารางที่ 5.1 สรุปผลความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ปริมาณที่ลดลงต่อปี	พลังงานความร้อนที่ลดลงต่อปี (MJ)	ผลประหยัด (บาทต่อปี)	ด้านเศรษฐศาสตร์		
				เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	
1.ลดเวลาการรอคอยงานการใช้รถแทรกเตอร์โรยเมล็ดข้าวโพด	1,836 ลิตร	66,867	49,560	-	-	
2.ตากลดความชื้นในซังข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง	56,053 กก.	1,011,200	70,066	7,533	0.107	
รวมผลประหยัด	ซังข้าวโพด	56,053 กก.	1,011,200	70,066	-	-
	น้ำมันดีเซล	1,836 ลิตร	66,867	49,560	-	-

จากตารางที่ 5.1 จะเป็นผลที่คาดหวังของการประหยัดพลังงาน ตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติที่ได้จัดทำให้แก่โรงงาน โดยผลลัพธ์จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการบริหารงานและทำอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ



### 5.1.2 สรุปผลดัชนีชี้วัดพลังงานช่วงการทำโครงการ

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิต แสดงให้เห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้า เชื้อเพลิงซังข้าวโพด และน้ำมันดีเซล ซึ่งพบว่าพลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพดมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมาก พลังงานน้ำมันและไฟฟ้า ตามลำดับ ดังนั้นในการจัดการพลังงานภายในโรงงานไซโลข้าวโพด ควรที่จะเน้นในด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพด และน้ำมัน ซึ่งเป็นพลังงานที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด

จากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพด น้ำมันดีเซล ของปี 2552 ปี 2553 และผลคาดการณ์แต่นำพลังงานไฟฟ้ามาเปรียบเทียบเนื่องจากไม่มีมาตรการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซังข้าวโพดและน้ำมันดีเซลได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

พลังงาน	ปี 2552 (MJ) (ต่อหน่วยต่อปี)	ผลคาดการณ์ (MJ) (ต่อหน่วยต่อปี)	ปี 2553 (MJ) (ต่อหน่วยต่อปี)
เชื้อเพลิงซังข้าวโพด	851.98	802.81	767.26
น้ำมันดีเซล	38.20	37.84	38.16

จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดในปี 2553 กับปี 2552 พบว่าปี 2553 มีปริมาณการใช้ที่น้อยกว่าปี 2552 เนื่องจากทางบริษัทได้ปฏิบัติตามมาตรการตากลดความชื้นในซังข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง

จากการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดในปี 2553 กับผลคาดการณ์ พบว่าปี 2553 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซังข้าวโพดที่น้อยกว่าผลคาดการณ์เนื่องจากปี 2553 บริษัทได้ปฏิบัติตามมาตรการตากลดความชื้นในซังข้าวโพดก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิงแต่ทางบริษัทปฏิบัติตามมาตรการได้ดีกว่าผลคาดการณ์จึงทำให้ปริมาณการใช้ซังข้าวโพดในปี 2553 มีค่าน้อยกว่าผลคาดการณ์

จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของปี 2553 กับปี 2552 พบว่าปี 2553 มีปริมาณการใช้ที่ลดลงจากเดิมเนื่องจากผู้ประกอบการได้ปฏิบัติตามมาตรการลดเวลาการรอคอยงานการใช้รถแทรกเตอร์ไถเมล็ดข้าวโพด

จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของปี 2553 กับผลคาดการณ์พบว่าปี 2553 มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลมากกว่าผลคาดการณ์เนื่องจากในปี 2553 มีการใช้รถบรรทุกจัดส่งสินค้าแก่ลูกค้าจำนวนมากขึ้น

หลังจากที่ออกนโยบายพลังงาน และสร้างทีมอนุรักษ์พลังงาน พร้อมทั้งประชุมร่วมกัน เพื่อออกมาตรการประหยัดพลังงาน โรงงานก็ได้ดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน พบว่าดัชนีการใช้พลังงานรวมของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำโครงการ มีปริมาณการใช้พลังงานอยู่ที่ 921.62 MJ/หน่วยต่อเดือน แต่ในช่วงทำโครงการ จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้พลังงานคือ 848.77 MJ/หน่วยต่อเดือน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงได้ 7.9 % จึงถือว่าการจัดการพลังงานประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ แต่พลังงานที่ลดลงไม่ได้ขึ้นอยู่กับมาตรการและระเบียบปฏิบัติเพียงเท่านั้น โดยมีตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องคือ กระบวนการผลิตของทางบริษัทซึ่งมี 2 ระบบได้แก่ กระบวนการอบลดความชื้น และกระบวนการตากลดความชื้น ซึ่งถ้าบริษัทใช้กระบวนการอบลดความชื้นเป็นส่วนมากก็จะทำให้ค่าพลังงานมากตามไปด้วย แต่ถ้าทางบริษัทใช้กระบวนการตากลดความชื้นเป็นส่วนมากก็จะทำให้ลดการใช้พลังงานลง

### 5.1.3 สรุปผลความพึงพอใจในการจัดการพลังงานในโรงงาน

ผลในการประเมินออกแบบสอบถามพนักงานในโรงงานทั้ง 4 รายการประเมินสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับพนักงานในโรงงานได้ 81% ซึ่งถือว่าการจัดการพลังงานประสบความสำเร็จตามที่ตั้งไว้

## 5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินโครงการ

5.2.1 ข้อมูลย้อนหลังที่ได้ไม่สมบูรณ์คือไม่มีการแยกปริมาณผลผลิตระหว่าง อบด้วยความร้อน กับ ตากแดด ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์พลังงานรวมทั้งโรงงาน

5.2.2 ในการจัดทำกรซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน คู่มือเกี่ยวกับเครื่องจักรค่อนข้างหายาก

5.2.3 พนักงานในโรงงานเข้าใจมาตรการประหยัดพลังงานได้ดี แต่ในการปฏิบัติงานนั้นสามารถทำได้ยาก เนื่องจากพนักงานยังติดนิสัยการทำงานแบบเดิมอยู่

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเก็บข้อมูลที่แยกปริมาณของผลผลิตระหว่างการอบด้วยความร้อนและ ตากแดด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ในแต่ละพลังงานและเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าพลังงานระหว่างทั้งสองปีได้ไม่คาดเคลื่อน

5.3.2 ผู้บริหารควรมีการสนับสนุนและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้พนักงานมีการปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติซึ่งจะทำให้มีการใช้พลังงานอย่างมีระบบและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

5.3.3 ควรมีการประชุมประจำเดือนและรับฟังความคิดเห็นโดยเปิดโอกาสให้แสดงศักยภาพของตัวเองอย่างเต็มที่ในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงการใช้พลังงานในองค์กรเพื่อจะหาวิธีการลดการใช้พลังงานให้น้อยลง

#### 5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 5.4.1 ได้เรียนรู้วิธีการประหยัดพลังงานและเทคนิคการใช้พลังงานให้ลดลง
- 5.4.2 ได้เรียนรู้ระบบการจัดการในโรงงานโซลาร์วัต
- 5.4.3 ได้เรียนรู้จักการใช้ชีวิตการทำงานของพนักงานในโรงงานโซลาร์วัต
- 5.4.4 ได้ประสบการณ์ในการทำงานในโรงงานโซลาร์วัต
- 5.4.5 ได้นำความรู้ที่ได้เรียนและศึกษาเพิ่มเติมมาใช้ในการดำเนินงาน
- 5.4.6 ได้รู้จักการทำงานเป็นทีม
- 5.4.7 ได้รู้จักการวางแผนและเตรียมการล่วงหน้าและการแก้ไขปัญหาต่างๆเมื่อเกิดขึ้น



## เอกสารอ้างอิง

Peter Quaak, Harrie Knoef, Hubert Stassen. "Energy from Biomass." The world Bank  
Washing, D.C.

กัญญา บุญเกียรติ. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544  
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมาย. คู่มือหน่วยงานที่ปรึกษา  
กิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงาน  
สำหรับอุตสาหกรรม รุ่นที่ 8. พิษณุโลก: ส่วนพัฒนาการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม  
สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมาย, 2553

ก่อเกียรติ บุญชูกุล. การบำรุงรักษาด้วยตนเองสำหรับพนักงานและระดับปฏิบัติงาน.

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด, 2543

งานนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2554, จาก

<http://km.nurse.cmu.ac.th/foffice/innovationoffice/DocLib1/Forms/AllItems>.

ชัยศักดิ์ ชาตรีจันทร์สกุล. การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาใน  
จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการ  
จัดการพลังงานคณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545

บริษัท ไฮบีม เอ็นจิเนียริง จำกัด. ระบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบต่อเนื่อง.

สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2553,

จาก <http://www.thaitechno.net/mobile/productdetails.php?uid=1353&id=583>

พัชรี อินทร์อำนาจ. โครงสร้างวงจร PDCA. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2554, จาก

[http://www.eduserv.ku.ac.th/km/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_vie&gid=113&itemid=27&mosmsg=](http://www.eduserv.ku.ac.th/km/index.php?option=com_docman&task=cat_vie&gid=113&itemid=27&mosmsg=)

ศราภรณ์ อัมภูกช. "การจัดการพลังงานในโรงผลิตน้ำบางเขน."

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน  
คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545

อรรถพล จันทะมัต. การบริหารการจัดการพลังงาน: กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์.

ปริญญาโทปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552

อำพล เสนาณรงค์. ไชโล หรือ ฉางเก็บเมล็ดพืช. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



## บัญชีเครื่องจักร

ตารางที่ ก.1 บัญชีเครื่องจักร

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
M 01	เครื่องร่อนกำจัดฝุ่น	10	Horse Power	1
M 02	สายพานลำเลียงแนวตั้งขึ้นเครื่องร่อน	15	Horse Power	1
M 03	พัดลมดูดฝุ่นใต้ตะแกรงร่อน	5	Horse Power	1
M 04	สายพานลำเลียงแนวตั้งขึ้นถังอบ	10	Horse Power	1
M 05	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 1	10	Horse Power	1
M 06	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 2	10	Horse Power	1
M 07	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 3	10	Horse Power	1
M 08	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 4	10	Horse Power	1
M 09	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 5	10	Horse Power	1
M 10	พัดลมดูดความชื้นถังอบ 6	10	Horse Power	1
M 11	สายพานลำเลียงแนวตั้งส่งออก	10	Horse Power	1
M 12	พัดลมดูดฝุ่นใต้ตัวปล่อย	5	Horse Power	1
M 13	มอเตอร์ปล่อยเมล็ด	2	Horse Power	1
M 14	พัดลมดูดควันช่วยการเผาไหม้	20	Horse Power	1
M 15	สายพานป้อนเชื้อเพลิง	2	Horse Power	1
T 01	รถตัก KOMATSU JS 30	82	Horse Power	1
T 02	รถตัก KOMATSU WA 100	85	Horse Power	1
T 03	รถตัก KOMATSU WA 100	85	Horse Power	1
C 01	รถบรรทุก 6 ล้อ (เล็ก) ทะเบียน พช 80-6392	110	Horse Power	1
C 02	รถบรรทุก 6 ล้อ (ใหญ่) ทะเบียน พช 80-8350	165	Horse Power	1
C 03	รถบรรทุก 10 ล้อ ทะเบียน พช 80-8580	190	Horse Power	1
F 01	รถไถพอร์ด 6600	75	Horse Power	1
K 01	รถไถคูโบต้า L 1820	28	Horse Power	1

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน รถตัก



11 4 2010

ลำดับ	ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
			1	2	3
1.	เป่ากรอง ตรวจสอบล้อ ตรวจสอบหม้อน้ำ ตรวจสอบรีดรีดน้ำมันรั่วทุกครึ่ง	มานัส สมยศ ชัยณรงค์			
2.	ในการเติมน้ำมันให้เติมน้ำมันให้เต็มถัง	มานัส สมยศ ชัยณรงค์			
3.	ไม่สตาร์ททิ้งไว้ ในขณะที่ไม่ทำงาน (Idle Time)	มานัส สมยศ ชัยณรงค์			
4.	ในขณะที่เลิก ไม่ควรเร่งเครื่อง ออกตัวเร็วเกินไป	มานัส สมยศ ชัยณรงค์			
5.	ตรวจสอบเบรกรถตัก เติมน้ำมันให้เต็มถัง	มานัส สมยศ ชัยณรงค์			

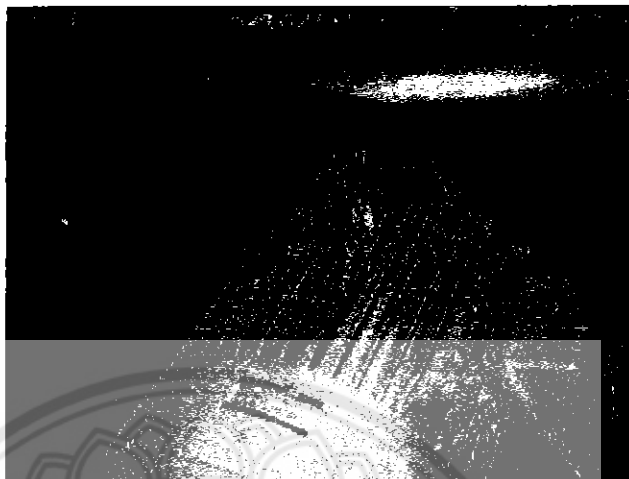
ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

(นายสุริย อุนนาทรรัตนกุล)

วันที่.....เดือน.....ปี.....

รูปที่ ก.1 ระเบียบปฏิบัติการประหยัดพลังงานของรถตัก

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน มอเตอร์



ลำดับ	ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
			1	2	3
1.	ใช้ปรอทวัดอุณหภูมิมอเตอร์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	พนักงานประจำ			
2.	ตรวจสอบมอเตอร์ทุกสัปดาห์ โดยการใช้หลังมือสัมผัสบริเวณครีบลมมอเตอร์ถ้าความร้อนเกินกว่าหลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียส) ให้แจ้งซ่อม	พนักงานประจำ			
3.	ตรวจสอบมอเตอร์ทุกตัวทุกสัปดาห์ว่าฉนวนรอบระบบอากาศอยู่ครบ	พนักงานประจำ			

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

( นายสุวิทย์ อุนนทารัตนกุล )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

รูปที่ ก.2 ระเบียบปฏิบัติการประหยัดพลังงานของมอเตอร์





ภาคผนวก ข

หนังสือแจ้งค่าไฟฟ้า การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

มหาวิทยาลัยพระนคร

### หนังสือแจ้งค่าไฟฟ้า

เลขที่ ๕๓๐๕.๑๙/๗๗. 4833

ภาค, หมอโรง

เรื่อง แจ้งค่าไฟฟ้า

วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553

เรียน นายสมชาติ วัฒนศิริ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขอแจ้งค่าไฟฟ้าประจำเดือน พ.ศ. 2553 ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้ Invoice no : ๓ 3215236

รหัสการไฟฟ้า	หมายเลขแจ้งค่าไฟฟ้า	รหัสประจำตัว	อัตราค่าไฟฟ้า	ประเภทการไฟฟ้า	ขนาด	วันที่แจ้ง
03-07-1-01	922 - 003255	20667883	3.2.2	22-33 KV.	80	29/10/53

ประเภทการไฟฟ้า	หน่วย	อัตราค่าไฟฟ้า	รวม	รวมค่าไฟฟ้า
เดือย +2% มิเตอร์	P	33.995	31.688	188.25
	OP	32.260	30.030	181.97
	H	33.286	31.019	184.99
พลังงานไฟฟ้า	P	3779.790	3351.000	34989.26
	OP	3102.620	2733.150	30148.75
	H	2992.870	2638.440	28921.49
เวอรุ KVAR 80	ค่าไฟฟ้า	228.17	0.00	228.17
	ค่าไฟฟ้า	6.146	5.158	79.03

ค่า ค. รวมผลิต การไฟฟ้า	0.9907
ค่า ค. รวมส่ง การไฟฟ้า	-0.0241
ค่า ค. รวมจำหน่าย การไฟฟ้า	-0.0411
รวมค่า ค. การไฟฟ้า	0.9255
รวมค่า ค. การไฟฟ้า	94059.59
รวมค่า ค. การไฟฟ้า	87052.07

ค่าไฟฟ้าฐาน	189924.58
ค่าไฟฟ้า + ค่า ค.	276976.65
ค่าลดหย่อน	0.00

รวมค่าไฟฟ้า	276976.65
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	19388.37
รวมเงินที่ต้องชำระ	296365.02

ประเภทการไฟฟ้า	รวมเงินที่ต้องชำระ	รวมเงินที่ชำระ	รวมเงินคงค้าง
ค่าไฟฟ้า	139976.92	24695.42	25024.07
ค่า ค.	93184.75	-2266.83	-3865.85

รวมเงินที่ต้องชำระ (สองแสนเจ็ดหมื่นห้าพันสามร้อยหกสิบห้าบาทถ้วน)

โปรดชำระเงินภายในวันที่ 17 พ.ย. 2553

หมายเหตุ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดชำระเงินภายในวันที่กำหนดต่อไปด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

ให้ยกหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าขึ้นบัญชีวันที่ 2 พ.ย. 53  
 (ลงชื่อ) Chit ผู้ไฟฟ้าประจำตัว  
 โทร

(ลงชื่อ) Chit  
 (นายสมชาติ วัฒนศิริ) (เงินมัดจำ)  
 ตำแหน่ง นายช่างเทคนิค

ก. 119-49

รูปที่ ข.1 ตัวอย่างหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้า

## วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า

### ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้ามาตรฐาน

#### 1. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 &= \text{ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak} \times \text{อัตราค่าพลังไฟฟ้าช่วง On Peak} \\
 &= (188.25 \times 132.93) \\
 &= 25024.07 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

#### 2. ค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 &= (\text{จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak}) + (\text{จำนวนพลังงาน} \\
 &\text{ไฟฟ้าช่วง Off Peak} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak}) \\
 &= (34,989.26 \times 2.6950) + (59,070.24 \times 1.1914) \\
 &= 164,672.34 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

#### 3. ค่าบริการ

$$= 228.17 \text{ บาท}$$

#### รวมค่าไฟฟ้าฐาน

$$\begin{aligned}
 &= (25,024.07 + 16,4672.34 + 228.17) \\
 &= 189,924.58 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

### ส่วนที่ 2

#### 4. ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

$$\begin{aligned}
 &= \text{จำนวนพลังงานไฟฟ้า} \times \text{ค่า Ft} \\
 &= (94,059.5 \times 0.9255) \\
 &= 87,052.06 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

### ส่วนที่ 3

#### 5. ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่า Ft}) \times 7/100 \\
 &= (189,924.579636 + 87,052.06) \times 7/100 \\
 &= 19,388.37 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

#### 6. รวมเงินค่าไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 &= 189,924.58 + 87,052.06 + 19,388.36 \\
 &= 296,365.00 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$















**แบบประเมินความพึงพอใจในการบริหารจัดการระดับชั้นงาน  
โรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดเพชรบูรณ์  
สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดเพชรบูรณ์**

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงการบริหารจัดการพลังงานของโรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความพึงพอใจของโครงการ

เกณฑ์การประเมินผล : แบบสอบถามนี้เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

คำชี้แจง : กรุณาได้เครื่องหมาย / ในช่องระดับความพึงพอใจในการประเมิน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ประสิทธิภาพของการจัดการพลังงาน	/				
2. ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้		/			
3. ผลที่ได้รับจากการบริหารจัดการพลังงาน			/		
4. ภาพรวมความพึงพอใจต่อการทำโครงการนี้			/		

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

**รูปที่ ค.1 แบบประเมินความพึงพอใจ**

**แบบประเมินความพึงพอใจในการบริหารจัดการระดับชั้นงาน  
โรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดนครราชสีมา  
สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดนครราชสีมา**

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงการบริหารจัดการพลังงานของโรงงานโซลาร์เซลล์ จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ

เกณฑ์การประเมินผล: แบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

คำชี้แจง: กรุณาใส่เครื่องหมาย / ในช่องระดับความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงาน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ประสิทธิภาพของการจัดการพลังงาน		/			
2. ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้			/		
3. ผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน		/			
4. ภาพรวมความพึงพอใจต่อการทำโครงการนี้			/		

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค.2 แบบประเมินความพึงพอใจ

### วิธีการคำนวณแบบประเมินความพึงพอใจ

ผู้ประเมิน 10 คน

รายการประเมินที่ 1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน ผู้ประเมินได้ประเมินดังนี้

$$= 4+4+5+4+4+5+4+5+4+5$$

$$= 44 \text{ คะแนน}$$

คะแนนเต็ม 50 คะแนน

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$= (44/50) \times 100 = 88 \%$$

รายการประเมินที่ 2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้ ผู้ประเมินได้ประเมินดังนี้

$$= 4+3+5+4+4+3+4+3+3+4$$

$$= 37 \text{ คะแนน}$$

คะแนนเต็ม 50 คะแนน

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$= (37/50) \times 100 = 74 \%$$

รายการประเมินที่ 3 ผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน ผู้ประเมินได้ประเมินดังนี้

$$= 4+4+4+3+4+4+5+5+4+4$$

$$= 41 \text{ คะแนน}$$

คะแนนเต็ม 50 คะแนน

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$= (41/50) \times 100 = 82 \%$$

รายการประเมินที่ 4 ภาพรวมความพึงพอใจต่อการทำโครงการครั้งนี้ ผู้ประเมินได้ประเมินดังนี้

$$= 3+4+4+3+5+4+4+4+5+4$$

$$= 40 \text{ คะแนน}$$

คะแนนเต็ม 50 คะแนน

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$= (40/50) \times 100 = 80 \%$$

สรุปผลในการประเมินทั้ง 4 รายการประเมินสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับพนักงานและผู้บริหารได้  $(88+74+82+80) = 81 \%$