

การประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม : กรณีศึกษา
อุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยาง

นางปภาดา ธนัตถปรตกุล

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2551

ENERGY SAVING FOR DIPPING RUBBER PROCESS : A CASE STUDY OF
RUBBER GLOVE INDUSTRY

Mrs.Paphada Thanattthaporatakoon



Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2008

หัวข้อสารนิพนธ์

การประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง
แบบจุ่ม : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยาง

โดย

นางปภาดา ธนัตถปรตกุล

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

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

วันที่.....เดือน.....ปี.....

PAPHADA THANATTHAPORATAKON : ENERGY SAVING FOR DIPPING
RUBBER PROCESS : A CASE STUDY OF RUBBER GLOVE INDUSTRY.
ADVISOR : PROFESSOR EMERITUS AMPIKA KRAIRIT, 47 pp.

In order to support government energy saving policy and energy cost reduction of the company, this study is implemented in applying energy saving techniques in dipping process of rubber glove production industry. With the growing concern of global warming, its environmental impact, and involvement of all parties at the company, the awareness of energy saving has been created. In addition, the energy saving problem helps to create better image of the company for caring about the environmental issues. With the initial investment of 766,980 Baht in energy saving program, the company can save the energy cost in the amount up to 26,911,812 Baht. The energy index has been decreased from 7.8 kWh/ton to 6.0 kWh/ton which is equivalent to 23 percent of energy index reduction.



Field of Study Industrial Management
Academic Year 2008

Student's Signature
Advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาจากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการศึกษา จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณา อนุเคราะห์ แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณและระลึกถึง อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และแนวความคิดอันมีค่าตั้งแต่เริ่มศึกษาในคณะบัณฑิตวิทยาลัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะบัณฑิตวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือดำเนินงานอย่างดี รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ที่นับถือทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจจนสารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงอย่างดี



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
 บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ตารางการดำเนินงาน.....	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
หลักการพื้นฐาน.....	4
การวัดผลความสำเร็จและเป้าหมายที่กำหนด.....	6
เทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้.....	7
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
3 วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์.....	11
สภาพปัจจุบันของโรงงานเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน.....	11
ข้อมูลและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสารนิพนธ์.....	14
เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	17
กำหนดตัวชี้วัดในการทำสารนิพนธ์.....	18
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	18
กำหนดแผนและมาตรการในการประหยัดพลังงาน.....	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการดำเนินงาน.....	28
โครงการที่ 1 ระบบปรับอากาศ.....	28
โครงการที่ 2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง.....	28
โครงการที่ 3 ระบบบอยเลอร์.....	30
โครงการที่ 4 ระบบเครื่องทำน้ำเย็น.....	31
โครงการที่ 5 ระบบอากาศอัด.....	32
โครงการที่ 6 ระบบหอผึ่งเย็น.....	35
โครงการที่ 7 ระบบพลังงานความร้อน.....	36
โครงการที่ 8 ระบบการผลิต.....	38
โครงการที่ 9 การใช้ทรัพยากรน้ำ.....	38
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	39
สรุปผลการศึกษา.....	39
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	40
ข้อเสนอแนะ.....	40
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก.....	43
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ.....	44
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	47

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตารางการดำเนินงาน.....	4
2 ผลสำเร็จด้านการประหยัดพลังงานแบบมีส่วนร่วม.....	9
3 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ.....	14
4 ดัชนีการใช้พลังงานในการผลิตรายเดือน.....	16
5 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องปรับอากาศ.....	18
6 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง.....	19
7 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบบอยเลอร์.....	20
8 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องทำน้ำเย็น.....	20
9 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบอากาศอัด.....	21
10 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบหอผึ่งเย็น.....	21
11 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบพลังงานความร้อน.....	22
12 ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต.....	23
13 ตารางแสดง Load-Unload Cycles Production.....	32
14 ตารางแสดง Load-Unload Cycles outside Production.....	32
15 ข้อมูลพลังงานความร้อนก่อนและหลังปรับปรุง.....	37
16 แสดงผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงานในแต่ละโครงการ.....	39
17 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณผลผลิตรวม ปริมาณการใช้พลังงาน โดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง.....	39
18 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง....	40

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	กระบวนการผลิตถุงมือแบบจุ่ม (Dipping Process).....	12
2	แผนภาพสมมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์.....	13
3	สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ.....	15
4	การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตรายเดือน.....	16
5	แผนภาพกระจายแสดงดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิตรวม.....	17
6	ตัวอย่างการทดสอบการรั่วไหลของท่อลมสำหรับระบบอากาศอัด.....	26
7	ตัวอย่างผังระบบไฟฟ้าและแสงสว่างในคลังสินค้า.....	30
8	อุปกรณ์ควบคุมการทำงานอัตโนมัติและหุ้มฉนวน.....	30
9	ชุดคอมพิวเตอร์.....	31
10	แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการทดสอบอุณหภูมิ.....	34
11	ตัวอย่างการตรวจซ่อมบำรุงพัดลมดูดอากาศ.....	35
12	ตัวอย่างรายการบำรุงรักษาหอฝัγγเย็น.....	36
13	การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ.....	37



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันวิกฤตด้านพลังงานส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้การกำหนดนโยบายด้านการประหยัดพลังงาน มีความสำคัญอย่างมากต่อองค์กร การประหยัดพลังงานนั้นมีการกล่าวถึงอย่างมาก เนื่องจากการใช้พลังงานอย่างไม่ประหยัดและไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในการร่วมแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนด้วยการรักษาสภาพแวดล้อม อันเกิดผลกระทบจากภาคอุตสาหกรรมที่ปล่อยพลังงานความร้อนออกมา

ในขณะที่ความต้องการถลุงมีอย่างยังมีอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะถลุงมือทางการแพทย์ เนื่องจากการที่มีเชื้อโรคชนิดใหม่ และโรคระบาดเกิดขึ้นมาก (โรคเอดส์ โรคซาร์ โรคไข้หวัดนก และโรคปากเท้าเปื่อย เป็นต้น) จากข่าวประชาสัมพันธ์ของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน โดยดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing Production Index : MPI) ประเภทอุตสาหกรรมถลุงมือที่จัดทำโดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ถึงร้อยละ 12.64 โดยประมาณความต้องการถลุงมือทางการแพทย์จากปี 2532 ประมาณ 12,000 ล้านชิ้น เป็น 120,000 ล้านชิ้นในปี พ.ศ. 2549

แนวโน้มของอุตสาหกรรมยาง และผลิตภัณฑ์ยางในปี พ.ศ. 2551 มีความผันผวนของราคายางพารา และราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและกระทบต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางในประเทศ นอกจากนี้ยังคงมีปัจจัยเสี่ยงเรื่องค่าเงินบาทแข็งตัวอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ราคายางธรรมชาติของไทยสูงกว่าประเทศคู่แข่ง

จากสภาวะการแข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตถลุงมืออย่างดังกล่าว ผู้ผลิตต้องมีการปรับตัวในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังนั้นการปรับลดต้นทุนทางด้านพลังงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

อุตสาหกรรมการผลิตถลุงมือจากกระบวนการจุ่ม (Dipping Process) มีหลายขั้นตอนที่สามารถกำหนดนโยบายด้านการประหยัดพลังงาน ดังนี้

1. กระบวนการผลิตจะมีการใช้น้ำล้างที่ต้องกำหนดอุณหภูมิไว้ค่าหนึ่ง แต่จะพบว่าผู้ผลิตหลายแห่งจะใช้อุณหภูมิที่สูงจนเกินจำเป็น ดังนั้นการศึกษาควบคุมอุณหภูมิในจุดต่างๆ ในน้ำล้างให้อยู่ในจุดที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ ลดการรั่วไหล จะช่วยประหยัดพลังงานได้

2. ในการผลิตถลุงมือยาง กระบวนการล้าง (Leaching) ถลุงมือยาง จะมีการใช้น้ำปริมาณมาก ในการล้างสารเคมีที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันสารเคมี และโปรตีนที่ทำให้แพ้ ตกค้างในผลิตภัณฑ์ และจะมีการถ่ายเทน้ำล้าง โดยมักจะกำหนด ค่าเผื่อเหลือเผื่อขาด จนเกินจำเป็น ดังนั้นหากสามารถลดอัตราการไหลของน้ำลงได้ โดยไม่ส่งผล

กระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และหากสามารถใช้น้ำหมุนเวียน (Re-cycle) เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต จะสนับสนุนนโยบายด้านการประหยัดพลังงานอีกด้วย

3. กระบวนการถอดถุงมือออกจากแม่พิมพ์ (Stripping) ต้องใช้ลมอัด หากลดปริมาณการใช้ลมอัดที่มากเกินไปจนจำเป็น หากความเหมาะสมระหว่างปริมาณลมอัด ให้สอดคล้องกับความจำเป็น ตรวจสอบการรั่วไหล จะสามารถลดปริมาณการใช้ลมอัดลงได้

4. กระบวนการอบถุงมือ เนื่องจากสภาพการออกแบบในกระบวนการผลิตปัจจุบัน ใช้การอบด้วยลมร้อน จำเป็นต้องใส่ทั้งชุดอุปกรณ์และตัวแม่พิมพ์ที่มีเนื้อยางหุ้มเข้าไปด้วย ประเมินว่าต้องใช้ความร้อนในการอบพร้อมแม่พิมพ์ที่มีน้ำหนักถึง 80 kg เพื่อให้ได้การอบน้ำหนักยางเพียง 1 kg ดังนั้นหากควบคุมไม่ให้เกิดการรั่วไหลของความร้อน จะส่งเสริมการลดการใช้พลังงานได้อย่างมาก

5. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความเร็วในการผลิต แก๊สคอกคอต และออกแบบกระบวนการผลิตให้มีความเร็วมากขึ้น เป็นหัวใจของการผลิตถุงมือยางโดยพิจารณาว่าอะไรคือคอขวดของระบบแล้วแก้ไขตรงจุดดังกล่าว โดยสามารถนำเทคนิคการจัดการตามแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า (VE : Value Engineering) มาประยุกต์ใช้

6. การนำความร้อนทิ้งจากน้ำร้อนที่ออกจากกระบวนการผลิตกลับมาหมุนเวียนแลกเปลี่ยนความร้อนด้วย Plate Heat Exchanger ให้กับน้ำที่จะนำมาทำเป็นน้ำร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานในโรงงานถุงมือยาง ที่ใช้กระบวนการผลิตแบบจุ่ม (Dipping Process) เป็นการสนับสนุนนโยบายการประหยัดพลังงานของภาครัฐ

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมยางพารา จากกรณีศึกษาในกระบวนการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม (Dipping Process) ที่มีกำลังการผลิต 3,500 ล้านคู่ต่อปี มีสิ่งที่จะต้องคำนึงดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงใดๆ จากนโยบายด้านการประหยัดพลังงาน จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์
2. การเปลี่ยนแปลงใดๆ จากนโยบายด้านการประหยัดพลังงาน จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทิ้ง โดยน้ำทิ้งหลังจากกระบวนการผลิตจะต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมโรงงาน
3. การประหยัดต้องคำนวณให้เห็นผลของการประหยัดได้ ในเชิงของมูลค่าต่อระยะเวลา

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ

1. สำรวจการใช้พลังงาน วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานในอดีต (ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549) จนถึงปัจจุบันเพื่อเป็นค่าพื้นฐานสำหรับงานวิจัย
2. ตรวจสอบการใช้พลังงาน ของเครื่องจักร แยกหมวดหมู่ตามกระบวนการผลิต
3. วิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานทางเทคนิคต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาจากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. กำหนดเป้าหมาย แผนแม่บทในการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Master Plan) และแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Action Plan)
5. ดำเนินงานตามแผน
6. ตรวจสอบติดตามและประเมินผล
7. สรุปรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีการประหยัดพลังงาน โดยมุ่งผลการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมขององค์กร
2. เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต
3. เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการต่างๆ ในการผลิตถุงมือยาง กำจัดความสูญเปล่าจากกระบวนการต่างๆ ในการผลิต
4. ลดต้นทุนการผลิตโดยรวมขององค์กร
5. เพื่อสร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้นโดยทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม
6. มีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อน สร้างภาพพจน์ที่ดี ในการให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม

ตารางการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้มีการกำหนดตารางการทำงานดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 และเสร็จสิ้นในเดือนพฤษภาคม 2552

ตารางที่ 1 ตารางการดำเนินงาน

การศึกษาและดำเนินงาน	ปี พ.ศ. 2551 – 2552							
	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.
กำหนดหัวข้อและวัตถุประสงค์การศึกษา	*							
การสืบค้นข้อมูลด้านเอกสาร	*							
จัดเตรียมแผนการดำเนินงานและนำเสนอเพื่อนุมัติ	*							
สำรวจการใช้พลังงาน วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานในอดีต		*						
ตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องจักรแยกหมวดหมู่ตามกระบวนการผลิต		*						
วิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้ศึกษาจากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		*						
กำหนดเป้าหมายแผนแม่บทในการประหยัดพลังงาน (Energy saving strategy: Master plan)			*					
กำหนดแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy saving strategy: Action plan)			*					
ดำเนินการตามแผนและมาตรการที่กำหนด			*	*	*			
ตรวจติดตามและประเมินผล					*			
สรุปรายงาน						*		
จัดทำรายงานฉบับร่าง							*	
จัดส่งรายงานฉบับสมบูรณ์								*

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

ปัญหาโลกร้อนเป็นภัยที่เกิดจากการทำลายธรรมชาติและการใช้ทรัพยากรเกินความพอเพียง ซึ่งนับวันก็จะรุนแรงเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิความร้อนของโลก เนื่องจากปัจจุบันมีผู้ใช้พลังงานมากขึ้น การบริหารจัดการ การเอาใจใส่ ดูแลและบำรุงรักษา เพื่อการประหยัดพลังงาน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยการประหยัดพลังงาน แบ่งเป็นสามขั้นตอนคือ

ขั้นแรกโดยวิธีการที่ง่ายและลงทุนน้อย อันได้แก่การดูแลและบำรุงรักษาหรือดูแลเครื่องจักรและอุปกรณ์เบื้องต้น (House Keeping) จากการศึกษา ขั้นตอนนี้สามารถลดค่าพลังงานได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เพียงอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากพนักงานในโรงงานเท่านั้น (ปฏิญญาภรณ์ ชาติการุณ, 2546)

ขั้นที่สองโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต (Process Improvement) ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานเสริม ถือเป็นการลงทุนในระดับปานกลาง

ขั้นตอนสุดท้ายโดยการเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก (Major Change) ที่ต้องลงทุนสูง ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในสารนิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ยังมีการกล่าวถึง การแบ่งระดับของการประหยัดพลังงานออกเป็น 4 ระดับคือ

1. การออกแบบและแนวคิดที่ดี (Good Design & Good Concept) เน้นการออกแบบระบบและเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับฟังก์ชันการใช้งานจริง เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เช่นการออกแบบโดยป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร หรือการนำความร้อนความเย็นในระบบการผลิตกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการออกแบบเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีและเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงาน

2. การมีจิตสำนึกการใช้งานและการดูแลรักษาที่ดี (Awareness & Good Operation) ลดการรั่วไหลหรือการสูญเสียของพลังงาน เช่นลดการรั่วของไอน้ำ ลมอัด หรือการสูญเสียความร้อน ความเย็น ลดการใช้พลังงานฟุ่มเฟือย เช่นใช้หลอดไฟที่มีกำลังต่ำแต่ให้ความสว่างที่เหมาะสม บำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ ตั้งค่าความดันของระบบการผลิตให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง ลดการเดินเครื่องตัวเปล่า เป็นการลงทุนที่น้อยมาก หรือแทบไม่ต้องลงทุนเลย เพียงแค่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของคนในองค์กรให้มีจิตสำนึกในการประหยัดพลังงาน

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพทางการผลิต (Process Improvement) ระดับนี้ต้องใช้หลักทางวิศวกรรมมากขึ้น และต้องมีการลงทุนปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ เลือกอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดค่าพลังงาน กินไฟน้อย หากอุปกรณ์เดิมหมดสภาพ เมื่อเปลี่ยนใหม่ควรเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หรือบัลลาสต์โลว์ลอส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการประหยัด หรือเงินลงทุน ระยะเวลาการคืนทุน

4. การเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก (Major Change Equipment) เป็นการประหยัดที่ต้องใช้เทคโนโลยี การวิเคราะห์รวมทั้งเงินลงทุนมากที่สุด เพราะต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เครื่องจักรใหม่ ต้องเน้นความคุ้มค่าของการลงทุนเป็นสำคัญ

พระณะ เตียงพานิช และคณะ (2545) ได้สรุปการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยางดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้มน้ำ Washing (การล้างแบบฟิมพ์หรือโมลต์ด้วยน้ำร้อน 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส เพื่อนำเอาสารเคมีที่ติดค้างอยู่กับโมลต์ออกไป) ของทุกสายการผลิตทั้ง 8 จะอยู่ในช่วงประมาณ 6 ถึง 13% มีหนึ่งสายการผลิตที่มีค่ามากที่สุดคือ 13%

2. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้มน้ำ Leaching (การล้างฟิล์มยางที่จับอยู่บนฟิมพ์เพื่อกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ออกไป) ของทุกสายการผลิต จะอยู่ในช่วงประมาณ 19 ถึง 25%

3. พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปกับสิ่งแวดล้อม

4. พลังงานที่นำไปใช้จริงในกระบวนการอบแห้ง เพื่อให้ยางแห้ง และคงรูปด้วยการให้ความร้อน ของทุกสายการผลิตจะอยู่ในช่วงประมาณ 8 ถึง 12% มีหนึ่งสายการผลิตที่มีค่ามากที่สุดคือ 18% ทั้งนี้เนื่องจากผลิตถุงมือได้มากกว่าสายการผลิตอื่นอยู่ประมาณ 0.5 เท่า

5. พลังงานที่สูญเสียไปกับเหล็กที่เป็นสายพานภายในตัวเครื่องของทุกสายการผลิตจะอยู่ในช่วงประมาณ 5 ถึง 7% มีหนึ่งสายการผลิตที่มีค่ามากที่สุดคือ 11%

6. พลังงานที่สูญเสียไปกับผนังของเตาอบโดยการ Convection (การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของตัวกลางของไหลที่เคลื่อนที่ เมื่ออุณหภูมิทั้งสองต่างกัน) และ Radiation (การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากวัตถุ หรือ สสาร จากที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำ) ของทุกสายการผลิตที่หุ้มฉนวน จะอยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 5% ในขณะที่สายการผลิตที่ไม่ได้หุ้มฉนวนจะอยู่ในช่วง 6 ถึง 10%

7. พลังงานที่สูญเสียไปในรูปของความร้อนของทุกสายการผลิตจะอยู่ในช่วงประมาณ 45 ถึง 55% จัดว่าเป็นส่วนที่มีการสูญเสียพลังงานมากที่สุด จึงควรนำความร้อนส่วนนี้กลับมาใช้ใหม่

ดังนั้นการตระหนักถึงแนวทางและจัดการด้านพลังงานอย่างเหมาะสม จะช่วยลดการสูญเสียจากการใช้พลังงานได้อย่างมาก เพื่อส่งเสริมให้มีพลังงานไว้ใช้อย่างยั่งยืน

การวัดผลความสำเร็จและเป้าหมายที่กำหนด

1. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานในอดีตเป็นค่าพื้นฐาน
2. ตรวจสอบการใช้พลังงานแยกหมวดหมู่ตามกระบวนการผลิตและการใช้งาน
3. มีการกำหนดเป้าหมาย แผนแม่บทการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Master Plan) และแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Action Plan)
4. ผลประหยัดโดยรวม

เทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้

เทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นเทคนิคการจัดการคุณภาพได้แก่

1. การระดมความคิดจากทีมงานในการกำหนดแผนและมาตรการในการประหยัดพลังงาน (Brainstorming)
2. การรวบรวมข้อมูล ประเมินสถานะเบื้องต้น โดยการจดบันทึกในใบตรวจสอบ (Check Sheet) การเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process Flow Chart)
3. การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการใช้แผนภาพต่างๆ เช่น แผนภาพ
4. การกระจาย (Scatter Diagram) และตารางแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ
5. การแสดงให้เห็นถึงปัญหาและข้อบกพร่องของการปฏิบัติการ ตามหลักแนวความคิดของ Vilfredo Pareto โดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)
6. การควบคุมด้วยกระบวนการทางสถิติจากการใช้ แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบข้อมูลในอดีตและข้อมูลหลังจากการปรับปรุงแก้ไข

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไชยะ แซ่มซ้อย (2537) ในคู่มือการลดค่าไฟฟ้ากล่าวว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการตื่นตัวในเรื่องของการประหยัดพลังงานอย่างมาก มีหน่วยงานหลายแห่ง ได้ผลิตเอกสารให้ความรู้ จัดประชาสัมพันธ์ ตลอดจนจัดฝึกอบรม ในเรื่องประหยัดพลังงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามจากการที่ผู้เขียน เขียนหนังสือเล่มนี้ มีประสบการณ์จากการทำหน้าที่วิทยากรบรรยายพิเศษ เรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ทำให้พบว่าการลดค่าไฟฟ้ายังเป็นเรื่องที่สามารถทำได้อีกมาก เพราะบริหารหน่วยงานวิศวกรและช่างไฟฟ้าที่ดูแลรับผิดชอบระบบไฟฟ้า ตลอดจนผู้เกี่ยวข้อง อาจจะยังไม่ทราบว่าการคิดค่าไฟฟ้า เขาคิดกันอย่างไร ไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นลดค่าไฟฟ้าอย่างไร และไม่แน่ใจว่าสิ่งที่จะทำนั้นถูกต้องหรือไม่ ฯลฯ จึงได้ให้ข้อมูล และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไว้ในคู่มือดังกล่าว

บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ และอภิศักดิ์ เพ็ชรเพ็ง (2537) ได้ให้แนวทางในการประหยัดพลังงานในอาคารสูงต่างๆไป โดยเน้นระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างหน้าที่หลักของการปรับอากาศคือ การรักษาภาวะอากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดและความถ่ายเทภายในพื้นที่ปรับอากาศเพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้ใช้ในอาคาร

ผศ.ถาวร อมตกิตติ์ (2538) กล่าวไว้ในคู่มือระบบไฟฟ้าและการประหยัดพลังงานสำหรับประชาชน ว่าโลกเรานี้จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน แต่น้อยคนนักที่จะมีวิธีจัดการระบบไฟฟ้า ให้ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งหากระบบไฟฟ้าที่ไม่มีคุณภาพ และไม่เหมาะสม จะก่อให้เกิดปัญหาได้ และหากนำระบบไฟฟ้าไปใช้อย่างไม่ถูกต้อง ก็จะทำให้เกิดปัญหาที่บางครั้งก็รุนแรง จนเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิต จึงได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า และการประหยัดพลังงานสำหรับประชาชนไว้ในคู่มือดังกล่าว

เชียวเวทย์ ยัมศิริกุล (2545) กล่าวถึงโครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยเทคนิคการจัดการตามหลักคิดของวิชาวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE) ในเอกสารการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงาน แผนงานภาคความร่วมมือครั้งที่ 2 เรื่องการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม วันที่ 17 กันยายน 2545 สนับสนุนโดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงาน สรุปโดยรวมว่า คนได้มองข้ามปัจจัยหลายอย่าง ที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียเปล่าด้านพลังงาน จึงนำหลักการทำงานแบบ VE รวมทั้งแนวคิดการปฏิบัติแบบ VE มาประยุกต์ใช้ในโรงงานตัวอย่าง โดยจะทำการวิเคราะห์ให้รู้ถึงวัตถุประสงค์ในการทำงาน การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และทำการประเมินผล

อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และคณะ (2545) กล่าวในเอกสารการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงาน แผนงานภาคความร่วมมือครั้งที่ 2 เรื่องการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม วันที่ 17 กันยายน 2545 ในโครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ภาคตะวันออก ของกองทุนส่งเสริมการประหยัดพลังงาน กล่าวถึงความสำเร็จในการประหยัดพลังงานเพื่อสามารถนำไปเป็นต้นแบบในการประหยัดพลังงานได้อย่างดี โดยมุ่งเน้นความสำคัญของการเอาใจใส่อย่างจริงจังจากผู้บริหาร และต้องมีแผนแม่บทการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Master Plan) และแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Action Plan) อีกทั้งยังจัดทำดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน (Energy Index) เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน

เรืองฤทธิ์ อินทะชัย และสยาม มีทา (2546) ทำการศึกษาการประหยัดพลังงานในเตาพักอลูมิเนียมเหลว โดยมีวัตถุประสงค์ของการทำโครงการครั้งนี้ คือ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเตาพักอลูมิเนียม จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าความร้อนที่สูญเสียจากเตาพักอลูมิเนียม คือ การแผ่รังสีจากด้านบน และการนำความร้อนผ่านผิวด้านข้าง เพื่อป้องกันความร้อนที่สูญเสียจึงได้ทำการนำฉนวนมาห่อหุ้มด้านต่างๆของเตา ทำให้สามารถลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าลงได้ 13.1 kW/hr. หรือคิดเป็นมูลค่าเงินในปีพ.ศ. 2546 เท่ากับ 26.20 บาท/ชั่วโมง

สุวิทย์ บุญยานิชกุล (2546) อ้างถึงงานวิจัยของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้รับงบประมาณจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและประหยัดพลังงาน เพื่อดำเนินการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุม ด้วยเทคนิคการจัดการให้เป็นที่ปรึกษาดำเนินโครงการนำร่อง “การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิคการจัดการ” (Value Engineering : VE) โดยโครงการเริ่มเมื่อเดือนกรกฎาคม 2545 และเสร็จสิ้นในเดือนเมษายน 2546 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 9 เดือน โดยโครงการได้คัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเข้าร่วมโครงการจำนวน 5 โรงงาน โดยนำเทคนิคการจัดการ VE ร่วมกับ “DSM by HAT” มาใช้เป็นเครื่องมือในการลดการใช้พลังงาน และยังเป็นการลดความสูญเสียเปล่า จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ เป็นผลพลอยได้นอกจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผลการดำเนินงานทั้ง 5 โรงงาน รวมผลประหยัดได้ทั้งสิ้น 48,309,004 บาท/ปี ใช้เงินลงทุนรวม 2,788,901 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 21 วัน

ปฏิญญาภรณ์ ชาติการุณ (2546) กล่าวถึงการประสบความสำเร็จด้านการประหยัดพลังงานแบบมีส่วนร่วมในภาคอุตสาหกรรมดังมีรายนามดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลสำเร็จด้านการประหยัดพลังงานแบบมีส่วนร่วม

ชื่อบริษัท	โครงการ	มูลค่าประหยัด (บาท/ปี)	ลงทุน (บาท/ปี)	ระยะคืนทุน
บ.มาลีสามพราน จำกัด (มหาชน) ประเภทอุตสาหกรรม : อาหาร	ระบบแสงสว่าง ระบบไอน้ำ ระบบทำความเย็น ระบบลมอัด เพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ ลดมอเตอร์พัดลม ลดการใช้น้ำ ลดค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมมูลค่าประหยัด	302,688 176,520 602,942 784,840 6,995,444 8,968 495,727 9,685,862 19,052,991	973,910	19 วัน
บ.โรแยลชีรามิค อุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) ประเภทอุตสาหกรรม : เซรามิค	ระบบแสงสว่าง ระบบแก๊ส ระบบทำความเย็น ระบบลมอัด ลดกำลังไฟฟ้า รวมมูลค่าประหยัด	1,070,940 3,505,236 1,253,196 1,801,080 5,615,640 13,246,092	384,330	11 วัน
บ.เมดิโกลฟ์ จำกัด ประเภทอุตสาหกรรม : ยาง	ระบบแสงสว่าง ระบบไอน้ำ ระบบทำความเย็น ระบบฮีตเตอร์ ลดค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมมูลค่าประหยัด	72,780 34,777 714,000 2,257,294 11,369 3,090,220	60,516	7 วัน
บ.ไทยซัมมิทอโต พาร์ทอินดัสทรี จำกัด ประเภทอุตสาหกรรม : ชิ้นส่วนรถยนต์	ระบบแสงสว่าง ระบบไอน้ำ ระบบลมอัด ลดการใช้น้ำ รวมมูลค่าประหยัด	1,624,391 996,756 2,572,500 379,512 5,573,159	1,182,459	77 วัน

ที่มา : ปฏิญญาภรณ์ ชาติการุณ (2546)

ทั้งนี้ตัวชี้วัดความสำเร็จมาจากผู้บริหารหรือเจ้าของโครงการ ที่มุ่งให้ความรู้ความเข้าใจแก่บุคลากร จัดให้มีระบบรองรับและดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีการวางแผนอย่างเหมาะสม มีความเอาใจใส่และปฏิบัติอย่างจริงจัง มองปัญหาาร่วมกัน ร่วมมือกันแก้ปัญหา ผลประโยชน์ที่

ได้รับนอกจากลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพสินค้าให้ดีขึ้นแล้ว สิ่งแวดล้อมดีขึ้น มีส่วนร่วมในสังคมการประหยัดพลังงาน ทั้งยังเป็นการปรับปรุงกระบวนการทำงาน เปิดโอกาสให้พนักงานได้ระดมสมอง เพิ่มพูนทักษะการทำงานและนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมอื่นได้เป็นอย่างดี

อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และคณะ (2550) การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ โดยกล่าวถึงภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติสำหรับโรงงาน ที่นำมาเป็นกรณีศึกษา ได้แก่โรงงานผลิตถุงมือยาง โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากพลาสติก และโรงงานเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา โรงงานที่นำมาเป็นตัวอย่างนี้ใช้พลังงานแตกต่างกัน

สุรัชย์ สนิทใจ (2550) กล่าวว่าปัจจุบันพลังงานได้ถูกใช้ไปอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมโรงงานที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างมาก หนังสือคู่มือการประหยัดพลังงาน เล่มนี้เหมาะสำหรับวิศวกรโรงงาน เป็นหนึ่งที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตารางดัชนี การตรวจสอบค่าทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของอุปกรณ์ เครื่องจักร แม้กระทั่งเครื่องมือที่มีการใช้งานในโรงงานอื่นจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของวิศวกรในโรงงานอย่างยิ่ง



บทที่ 3

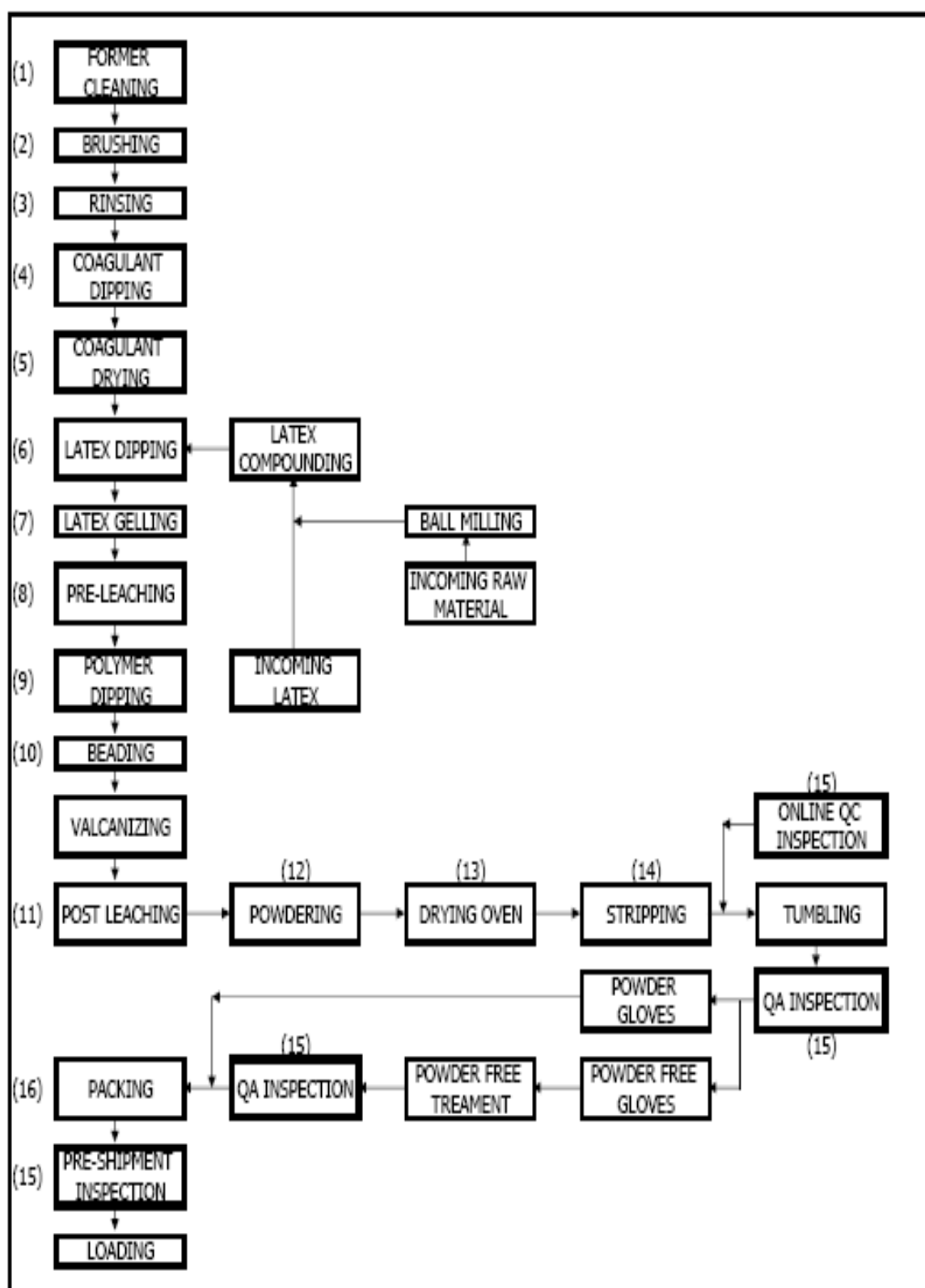
วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

สภาพปัจจุบันของโรงงานเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

อุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม (Dipping Process) มีขั้นตอนการผลิตแตกต่างกันไปตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ถุงมือที่ต้องการ โดยทั่วไปจะเริ่มจากการทำความสะอาดโมลด์ หรือแบบพิมพ์ และสิ้นสุดด้วยการถอดถุงมือจากโมลด์ โดยมีขั้นตอนการผลิตดังรูปที่ 1

รายละเอียดคำอธิบายกระบวนการผลิต

1. Former Cleaning ทำความสะอาดแบบรูปมือ วัสดุที่ใช้เป็นแม่พิมพ์
2. Brushing นำ Former มาทำการล้างและขัดด้วยกรด เพื่อล้างคราบไขมัน
3. Rinsing หลังจากล้างกรดเสร็จแล้ว จะผ่านการ Spray น้ำ เพื่อล้างกรด
4. Coagulant Dipping หลังจากผ่านการล้างน้ำแล้ว จะทำการชุบ Former เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางติดกับ Former
5. Coagulant Drying เป็นกรรมวิธีการอบ Coagulant บน Former เพื่อให้แข็งตัว โดยอบที่อุณหภูมิประมาณ 160°C ถึง 170°C
6. Latex Dipping หลังจากผ่านการอบแล้วนำมาชุบน้ำยางเพื่อผลิตเป็นถุงมือยาง
7. Latex Gelling ทำการอบน้ำยางบน Former ให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิประมาณ 210°C ถึง 220°C
8. Pre-leaching กระบวนการชุบเพื่อให้ถุงมือคงรูปและเป็นการชะล้างสารเคมีที่ติดอยู่ภายในถุงมือออก
9. Polymer Dipping กระบวนการชุบ Polymer เพื่อให้คุณภาพของถุงมือดีขึ้น
10. Beading การม้วนพับขอบถุงมือ
11. Post-leaching เป็นการชะล้างสารเคมีที่ติดอยู่ภายในถุงมือออกอีกครั้ง
12. Powdering กระบวนการเติมแป้งเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของถุงมือ
13. Drying Oven ทำการอบในตู้อบเพื่อรีดไอน้ำออกจากถุงมือโดยคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ประมาณ 65°C และอบแห้งเพื่อให้ถุงมือคงรูป
14. Stripping การดึงถุงมือที่ได้ออกจาก Former
15. Glove Inspection การตรวจสอบคุณภาพ
16. Packing การบรรจุ



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตถุงมือยางแบบจุ่ม (Dipping Process)

ปัจจุบันจากสภาวะการแข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยาง ผู้ผลิตต้องมีการปรับตัวอย่างมากในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต และการปรับลดต้นทุนการผลิตทางด้านพลังงาน มีส่วนช่วยสนับสนุนอย่างมาก เพราะเมื่อพิจารณาจากแผนภาพสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 2 พบว่าวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวน 1,000 กก. จะประกอบไปด้วยน้ำยางพาราจำนวน 750 กก. สามารถผลิตถุงมือได้ 448 กก. และมีการสูญเสียในการกระบวนการผลิตเท่ากับ 68 กก. และมีปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากระบบเท่ากับ 484 กก.

<u>Raw material</u> (1,000 kg)			<u>Evaporated water</u> (484 kg)		
1) Wet base	750	kg	From base	378	kg
Dry base	350	(47%)	From adh.	106	kg
Water	400	(53%)			
			<u>Finished Gloves</u> (448 kg)		
2) Wet adh.	205	kg	Dry base	324	(72%)
Dry adh.	90	(44%)	Dry ahd.	80	(18%)
Water	115	(56%)	Pile	44	(10%)
3) Pile	45	kg	<u>LOSS in process</u> (68 kg)		
			Dry base	26	kg
			Dry ahd.	10	kg
			Pile	1	kg
			Water from base	22	kg
			Water from adh.	9	kg

รูปที่ 2 แผนภาพสมดุลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

ข้อมูลและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสารนิพนธ์

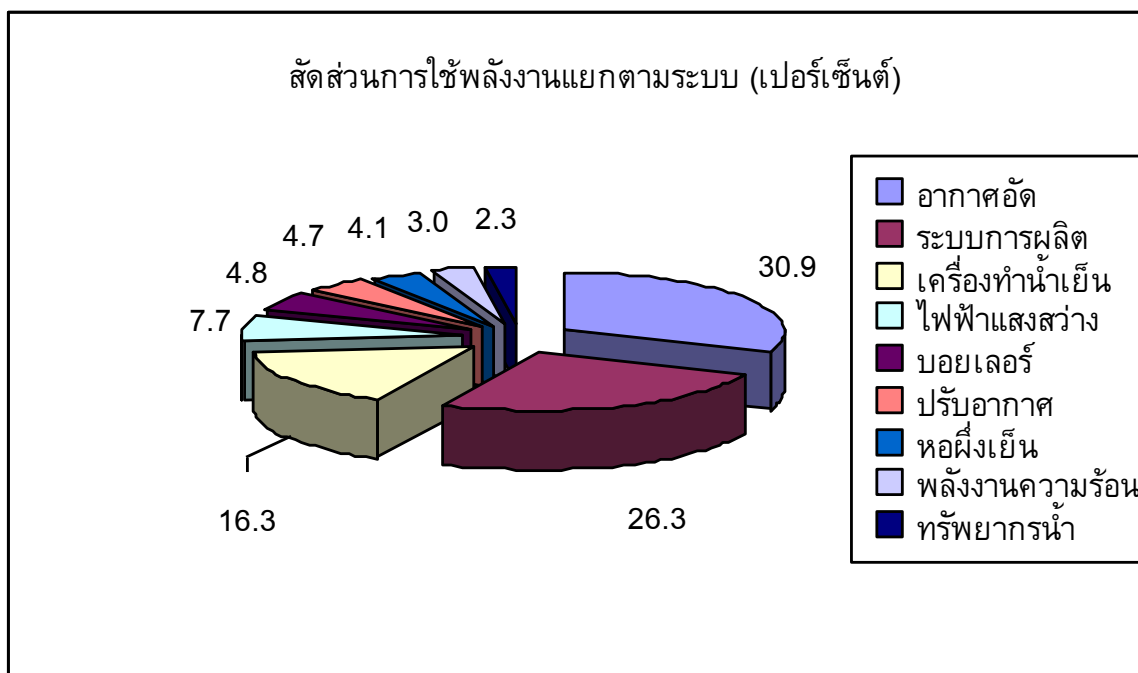
ได้กำหนดหน่วยงาน เพื่อเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของทางโรงงานและใช้ในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศ
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
3. ระบบบอยเลอร์ (Boiler)
4. ระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
5. ระบบอากาศอัด (Compressed Air)
6. ระบบหอผึ่งเย็น (Cooling tower)
7. ระบบพลังงานความร้อน
8. ระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต
9. ระบบทรัพยากรน้ำ

จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของทางโรงงานและการใช้พลังงานหลักในแต่ละระบบสามารถแจกแจงสัดส่วนการใช้พลังงานดังตารางที่ 3 โดยสัดส่วนการใช้พลังงานที่สูงที่สุดคือระบบอากาศอัด สูงถึง 30.9 เปอร์เซ็นต์ ระบบการผลิต และเครื่องทำน้ำเย็น เป็นอันดับที่สองและสาม คิดเป็น 26.3 และ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ

ระบบ	สัดส่วนการใช้พลังงาน (เปอร์เซ็นต์)
อากาศอัด	30.9
ระบบการผลิต	26.3
เครื่องทำน้ำเย็น	16.3
ไฟฟ้าแสงสว่าง	7.7
บอยเลอร์	4.8
ปรับอากาศ	4.7
หอผึ่งเย็น	4.1
พลังงานความร้อน	3.0
ทรัพยากรน้ำ	2.3

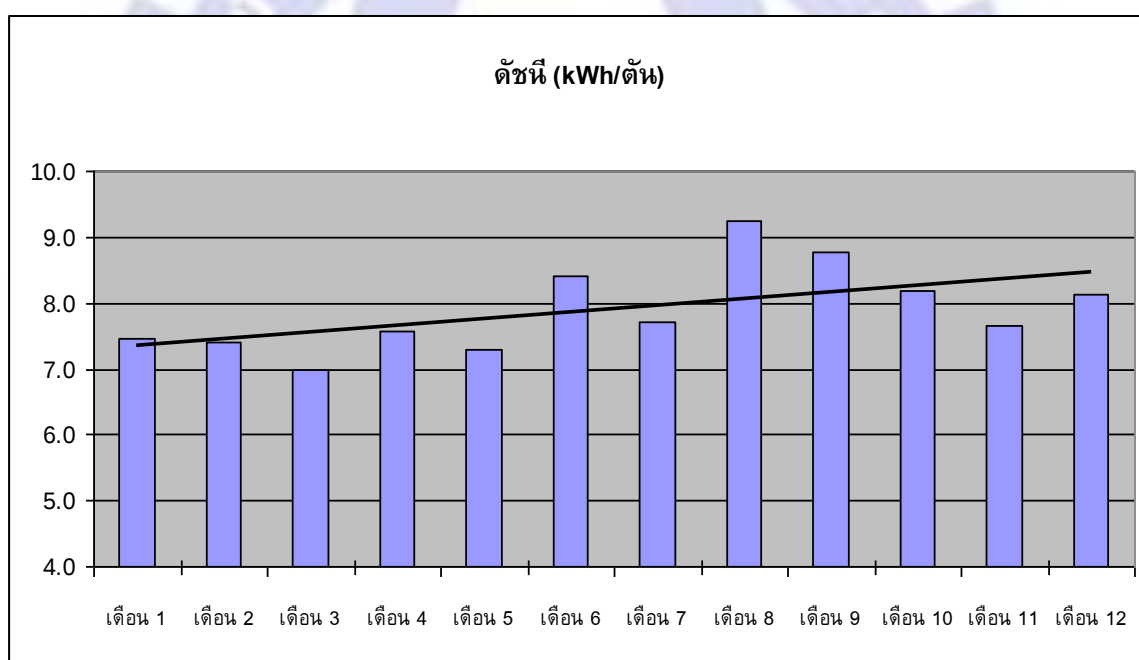


รูปที่ 3 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบ

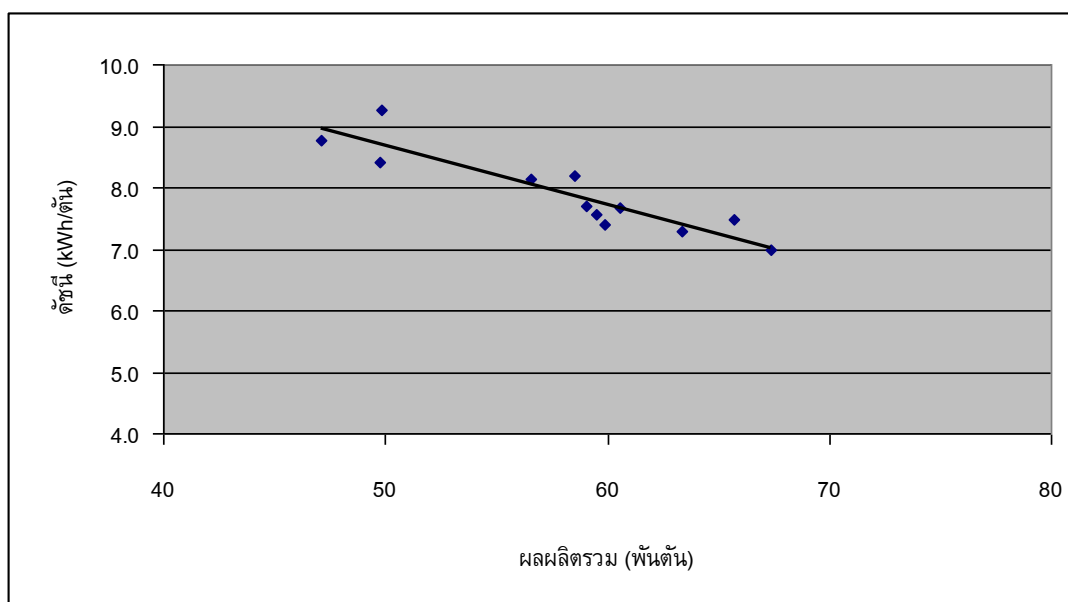
นำปริมาณการใช้พลังงานของทางโรงงานและผลผลิตโดยรวมในแต่ละเดือน มาคำนวณค่าดัชนีการใช้พลังงานในการผลิต (Key Performance Index : KPI) โดยแสดงเป็นค่าปริมาณการใช้พลังงานต่อพันหน่วยผลผลิต อันจะแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมในการผลิต และเป็นตัวติดตามประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานดังตารางที่ 4 โดยจะพบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานจะลดลงเมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีการใช้พลังงานสูงสุดอยู่ที่ 9.3 kWh/ตัน เมื่อทำการผลิตที่ 50 พันตัน ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 7.0 kWh/ตัน เมื่อทำการผลิตที่ 67 พันตัน และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.8 kWh/ตัน เมื่อทำการผลิตเฉลี่ยที่ 58 พันตันต่อเดือน

ตารางที่ 4 ดัชนีการใช้พลังงานในการผลิตรายเดือน

เดือนที่	ผลผลิตรวม (พ่นตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน โดยรวม (kWh)	ดัชนีการใช้พลังงาน (kWh/ตัน)
1	65.746	4,911	7.5
2	59.885	4,429	7.4
3	67.383	4,711	7.0
4	59.530	4,502	7.6
5	63.376	4,621	7.3
6	49.782	4,191	8.4
7	59.068	4,553	7.7
8	49.860	4,617	9.3
9	47.126	4,131	8.8
10	58.506	4,792	8.2
11	60.577	4,640	7.7
12	56.532	4,602	8.1



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตรายเดือน



รูปที่ 5 แผนภาพกระจายแสดงดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิตรวม

แผนภูมิกระจายแสดงดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิตรวม แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้พลังงานเมื่อปริมาณการผลิตที่เปลี่ยนไป ดัชนีการใช้พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน เพื่อภาพสะท้อนที่ดีและชัดเจนจึงมีการนำค่าดัชนีดังกล่าวมาเป็นตัวติดตามประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงาน

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน (Energy Index) ในที่นี้ คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตที่ได้ ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อกำหนดเป้าหมายในการลดการใช้พลังงานได้

การวัดค่าการทำงาน (Work Measurement) ถูกนำมาใช้หาความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น โดยเปรียบเทียบกักตดตั้ง พิกัดที่ใช้งานจริง สภาพการใช้งานจริง และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของการใช้งาน ชั่วโมงการใช้ต่อวัน จำนวนวันทำงานจริง แล้วนำมาคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ของอุปกรณ์ต่างๆ ในแต่ละหน่วยงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ดังรายละเอียดแต่ละโครงการต่อไป

กำหนดตัวชี้วัดในการทำสารนิพนธ์

ตัวชี้วัดในการทำสารนิพนธ์ คือค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยที่ 7.8 kWh/ตัน จะเป็นเส้นฐานในการดำเนินงาน และค่าที่น้อยที่สุด 7.0 kWh/ตัน จะเป็นค่าเป้าหมายในการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล จะช่วยในการตรวจสอบปัญหาเรื่องการสูญเสียพลังงาน ทำให้แก้ไขปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทำการตรวจสอบการสูญเสียพลังงานจากการใช้งานเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ในแต่ละหน่วยงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศ

ศึกษารายละเอียดของระบบปรับอากาศ จากสถานที่ใช้งาน พิกัดที่ติดตั้ง (Btu/hr) พิกัดขนาดทำความเย็นจริง (Btu/hr) สภาพการใช้งาน การตรวจวัดที่สภาวะจริง Power (kW) และการตรวจวัดเพื่อหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน EER (Energy Efficiency Ratio : Btu/hr/W) ที่สภาวะจริงและสภาวะมาตรฐาน ประสิทธิภาพของการทำงานของ Compressor (เปอร์เซ็นต์) ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันทำงาน แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	สถานที่ติดตั้ง	ชื่อผู้ผลิต	พิกัดขนาด ทำความเย็น ติดตั้ง (Btu/hr)	พิกัดขนาด ทำความเย็น จริง (Btu/hr)	การตรวจวัด ที่สภาวะจริง		% การทำงาน Comp.	ชั่วโมง ใช้งาน ต่อวัน (ชั่วโมง)	จำนวน วันทำงาน (วัน)	พลังงาน ที่ใช้ (kWh/ปี)
					Power (kW)	EER (Btu/h/W)				
Laboratory Building										
29	Laboratory room	Carrier	-	13,509	3.81	3.55	100.00%	9	351	12,026.31
30	Tensile room	Delchi	25,000	14,876	2.14	6.94	100.00%	9	351	6,772.90
Office ฝ่ายบุคคล ชั้น 2										
31	ฝ่ายบุคคล (No.1)	Star	12,500	-	-	-	-	-	-	ยกเลิกการใช้งาน
32	ฝ่ายบุคคล (No.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	ยกเลิกการใช้งาน
33	ฝ่ายบุคคล (No.3)	Central Air	25,800	9,887	2.15	4.60	100.00%	9	351	6,785.53
34	ฝ่ายบุคคล (No.4)	Carrier	12,500	2,310	1.51	1.53	100.00%	9	351	4,779.57
35	ฝ่ายบุคคล (No.5)	Carrier	12,500	10,036	1.59	6.33	74.19%	9	351	3,714.88
36	ฝ่ายบุคคล (No.6) ฝ่ายบุคคล	Central Air	20,400	9,827	1.54	6.39	100.00%	9	351	4,855.38
37	ฝ่ายบุคคล (No.7)	Carrier	24,000	14,150	3.10	4.57	62.34%	9	351	6,096.79

ตัวอย่าง Tensile room

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 2.1440 kW ชั่วโมงการทำงานที่ 9 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $2.41 \times 9 \times 351 = 6,772.90$ kWh/ปี

2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ศึกษารายละเอียดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จากสถานที่ใช้งาน ชนิดหลอด ขนาดกำลังวัตต์จริง และ ขนาดของ Watt Ballast Lost จำนวนหลอดที่ใช้งาน จำนวนหลอดที่ติดตั้ง จำนวนหลอดที่ใช้งานจริง ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันใช้งานต่อปี แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

สถานที่	ชนิดหลอด	ขนาด Watt	จำนวนหลอด/โคม	จำนวนโคม	จำนวนหลอดติดตั้ง	จำนวนหลอดใช้งานจริง	ชั่วโมงใช้งานต่อวัน	จำนวนวันใช้งานต่อปี	รวมพลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)
Line (R-D Station & Sorting Belt)	Fluorescent	36	2	2	4	4	24.0	351	1,550.02
	Fluorescent	36	2	11	22	22	24.0	351	8,525.09
	Fluorescent	36	1	2	2	2	24.0	351	775.01
Line Belt	Fluorescent	36	1	73	73	43	24.0	351	16,662.67
	Fluorescent	36	1	18	18	18	24.0	351	6,975.07
	Fluorescent	36	2	80	160	136	24.0	351	52,700.54
Ware House	Mercury	400	1	46	46	16	24.0	351	56,878.85
	Mercury	400	1	48	48	21	24.0	351	74,653.49
	Mercury	400	1	3	3	1	24.0	351	3,554.93
	Fluorescent	36	2	2	4	4	12.0	351	775.01

ตัวอย่าง Line (R-D Station & Sorting Belt)

จำนวนหลอดที่ใช้งานจริงคือ 4 หลอด จำนวนที่ใช้งานคือ 24 ชั่วโมงต่อวัน ที่จำนวนวันที่ใช้งานต่อปี 351 วัน ขนาด Watt ของหลอดอยู่ที่ 36 รวมกับ Watt Ballast lost ที่ 10 คิดเป็น 46 Watt คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $\frac{4 \times 24 \times 351 \times 46}{1,000} = 1,550.02 \text{ kWh/ปี}$

3. ระบบบอยเลอร์ (Boiler)

พิจารณาขนาดของเครื่อง และการใช้พลังงานไฟฟ้า การหาประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ จาก การคิดอัตราการไหลของน้ำร้อนในแต่ละหัวจ่าย ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันทำงาน แล้ว คำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบบอยเลอร์

No.	Machine name	Manufacturer	Power rated (kW)	Measured (kW)	% Operation (%)	Operating hours/day	Operating days/year	Total (kWh/yr)	Remark
1	Boiler Fan No.1	Elmot-Schafer	30.0	Stop	75%	24	351	115,040.70	Estimated
2	Boiler Fan No.2	Marelli Motori	18.5	11.30	75%	24	351	71,393.40	
3	Boiler Fan No.3	-	-	-	-	-	-	-	ยกเลิกการใช้งาน
4	Boiler Fan No.4	Marelli Motori	18.5	15.47	75%	24	351	97,739.46	

ตัวอย่าง Boiler Fan No.2

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 11.30 kW ประสิทธิภาพการทำงาน 75% ชั่วโมงการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี
 คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $11.30 \times 0.75 \times 24 \times 351 = 71,393.40$ kWh/ปี

4. ระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

พิจารณาขนาดของเครื่อง และการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันทำงาน แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องทำน้ำเย็น

No.	Machine name	Manufacturer	Power rated (kW)	Measured (kW)	% Operation (%)	Operating hours/day	Operating days/year	Total (kWh/yr)
1	Chiller No.1	Carrier	270	118.98	100%	24	351	1,002,287.52
2	Chiller No.2	Carrier	270	135.70	100%	24	351	1,143,136.80
3	Chiller No.3	Carrier	270	109.90	100%	24	351	925,797.60

ตัวอย่าง Chiller No.1

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 118.98 kW ประสิทธิภาพการทำงาน 100% ชั่วโมงการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี
 คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $118.98 \times 1.00 \times 24 \times 351 = 1,002,287.52$ kWh/ปี

5. ระบบอากาศอัด (Compressed Air)

พิจารณาขนาดของเครื่อง Load factor ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่วโมงใช้งานต่อวัน และจำนวนวันทำงาน แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบอากาศอัด

No.	Machine name	Manufacturer	Power rated (kW)	Measured (load)		Measured (load)		Operating hours/day	Operating days/year	Total (kWh/yr)	Remark
				kW	%	kW	%				
1	Air Compressor No. 1	Broomwade	165	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	-	-	-	เสีย
2	Air Compressor No. 2	Broomwade	165	Stop	Stop	Stop	Stop	24	351	847,092.00	Estimate
3	Air Compressor No. 3	Broomwade	165	96.70	100%	0.00	0%	24	351	814,600.80	
4	Air Compressor No. 4	Atlas Copco	75	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	-	-	-	เสีย
5	Air Compressor No. 5	Atlas Copco	75	78.07	100%	0.00	0%	24	351	657,661.68	
6	Air Compressor No. 6	Atlas Copco	200	197.50	100%	0.00	0%	24	351	981,433.28	
7	Air Compressor No. 7	Atlas Copco	200	205.40	100%	0.00	0%	24	351	1,465,283.90	

ตัวอย่าง Air Compressor No.6

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 197.5 kW ประสิทธิภาพการทำงาน 59% ชั่วโมงการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $197.5 \times 0.59 \times 24 \times 351 = 981,433.28$ kWh/ปี

6. ระบบหอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

พิจารณาขนาดของเครื่อง และการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันทำงาน แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบหอผึ่งเย็น

No.	Machine name	Manufacturer	Power rated (kW)	Measured (kW)	% Operation (%)	Operating hours/day	Operating days/year	Total (kWh/yr)	Remark
1	Cooling Tower No.1	Cooling Man	45	17.40	100%	24	351	146,577.60	
	- Cooling water pump #1	AJAX / ASEA	22	21.74	67%	24	351	122,702.30	
	- Cooling water pump #2	AJAX / ASEA	22	22.23	67%	24	351	125,467.90	
	- Cooling water pump #3	AJAX / ASEA	22	Stop	67%	24	351	124,085.10	Estimated
	- Cooling water to chiller #1	AJAX / ASEA	22	23.66	75%	24	351	149,483.88	
	- Cooling water to chiller #2	AJAX / ASEA	22	20.74	75%	24	351	131,035.32	
	- Cooling water to chiller #3	AJAX / ASEA	22	Stop	75%	24	351	143,039.52	Estimated

ตัวอย่าง Cooling water pump #1

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 21.74 kW ประสิทธิภาพการทำงาน 67% ชั่วโมงการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $21.74 \times 0.67 \times 24 \times 351 = 122,702.30$ kWh/ปี

7. ระบบพลังงานความร้อน

ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อต้มน้ำร้อน โดยหม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้ในโรงงานจะทำหน้าที่ผลิตน้ำร้อนให้ได้แรงดันและอุณหภูมิตามที่กำหนดแล้วถูกปั๊มโดย High Pressure Hot Water Pump (HPHW) ไปยังเครื่องจักร เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อต้มน้ำร้อน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบพลังงานความร้อน*

Boiler No.	Operation mode	Ambient temp (Ta)	Flue gas temp (Tg)	Flue gas composition		Excess air	Gross efficiency	Net efficiency
		(°C)	(°C)	(% CO ₂)	(% O ₂)	(%)	(%)	(%)
1	n	36.4	173.2	6.2	10.0	90.9	81.2	89.5
	l	36.4	156.7	6.9	8.9	73.6	83.0	91.5
	m	36.4	167.9	7.3	8.2	64.1	82.7	91.1
	h	36.4	201.0	7.2	8.3	65.4	80.7	88.9
2	n	36.0	207.3	9.1	4.9	30.4	82.2	90.6
	l	36.0	186.2	3.6	14.7	233.3	73.7	81.2
	m	36.0	193.3	7.0	8.7	70.7	81.0	89.3
	h	36.0	211.9	10.0	3.3	18.6	82.6	91.0

Remark : Operation mode n = Normal operation

l = Low firing operation

m = Medium firing operation

h = High firing operation

* แสดงตัวอย่างในการคำนวณในภาคผนวก ก.

8. ระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต

พิจารณาขนาดของเครื่อง และการใช้พลังงานไฟฟ้า ชั่วโมงใช้งานต่อวัน จำนวนวันทำงาน แล้วคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี (kWh/ปี) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพลังงานระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต

No.	Machine Name	Power	Measured				%	Operating	Operating	Total
		rated (kW)	Volt	Amp	kW	PF	Operation (%)	hours/day	days/year	(kWh/yr)
28	Conveyer Main Drive No.1	11	382.00	6.62	2.45	0.56	100%	24	351	20,638.80
29	Conveyer Main Drive No.2	11	381.00	8.51	3.08	0.55	100%	24	351	25,945.92
30	Conveyer Main Drive No.3	11	381.10	7.25	2.82	0.59	100%	24	351	23,755.68
31	Conveyer Main Drive No.4	11	380.50	6.04	2.22	0.56	100%	24	351	18,701.28
32	Conveyer Main Drive No.5	11	381.00	8.66	3.22	0.56	100%	24	351	27,125.28
33	Conveyer Main Drive No.6	11	380.80	15.53	3.67	0.36	100%	24	351	30,916.08
34	Oven circulation Fan - A line 1	11	388.00	13.94	7.06	0.75	100%	24	351	59,473.44
35	Oven circulation Fan - B line 1	11	382.20	12.92	6.39	0.75	100%	24	351	53,829.36

ตัวอย่าง Conveyer Main Drive No.1

จากการตรวจวัดที่สภาวะจริงขนาด Watt อยู่ที่ 2.45 kW ประสิทธิภาพการทำงาน 100% ชั่วโมงการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวนวันทำงาน 351 วันต่อปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = $2.45 \times 1.00 \times 24 \times 351 = 20,638.80$ kWh/ปี

9. ระบบทรัพยากรน้ำ

ถึงแม้สัดส่วนการใช้ทรัพยากรน้ำ คิดเป็น 2.3 เปอร์เซ็นต์ ของสัดส่วนการใช้พลังงานของทั้งหมด แต่เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรสำคัญ จึงได้กล่าวถึงเพื่อหามาตรการดำเนินการประหยัดทรัพยากรน้ำต่อไป

กำหนดแผนและมาตรการในการประหยัดพลังงาน

เป็นขั้นตอนที่ร่วมกันพิจารณาข้อดี ข้อเสีย ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค การลงทุน ผลตอบแทน และระยะเวลา เพื่อความสอดคล้องกับนโยบายการประหยัดพลังงาน เป้าหมาย แผนแม่บทการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Master Plan) และแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Strategy : Action Plan) โดยไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการประหยัดพลังงานแบบมีส่วนร่วม การประหยัดพลังงานแบบไคเซ็น หรือการประหยัดพลังงานแบบ VAVE ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นการใช้พลังงานอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

แผนแม่บทการประหยัดพลังงาน (Energy saving strategy : Master plan)

เป้าหมายในการดำเนินงาน

ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยที่ได้ 7.8 kWh/ตัน จะเป็นเส้นฐานการดำเนินงาน และค่าที่น้อยที่สุด 7.0 kWh/ตัน จะเป็นค่าเป้าหมายในการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน

1. ลดต้นทุนการผลิตโดยรวมขององค์กร

2. สร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้นโดยทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม
3. สนับสนุนนโยบายประหยัดพลังงานของภาครัฐ
4. สร้างการมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อน และสร้างภาพพจน์ที่ดีให้กับองค์กรในการให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม

แผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน (Energy saving strategy: Action plan)

ผู้รับผิดชอบโครงการ: นายมั่งมั่ง ประหยัดพลังงาน

1. ระบบปรับอากาศ

- 1.1 ทำป้ายมาตรการเวลาเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศ
- 1.2 ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ อุณหภูมิที่ควบคุม พร้อมผู้ดูแลรับผิดชอบ
- 1.3 ปิดพัดลมระบายอากาศเมื่อไม่จำเป็น
- 1.4 ควบคุมปริมาณอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร
- 1.5 ปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสม
- 1.6 ปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้งาน
- 1.7 เครื่องปรับอากาศที่ไม่จำเป็นต้องใช้ให้ติดป้ายไว้ที่สวิตช์เปิด-ปิด ว่า “ห้ามใช้”
- 1.8 ทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ระบบกรองอากาศทุกๆ เดือน
- 1.9 ติดตั้งฉนวนบุเพดาน
- 1.10 ตรวจสอบระบบท่อส่งน้ำเสมอ
- 1.11 เปลี่ยนเทอร์โมสตัท
- 1.12 ล้างเครื่องทำน้ำเย็น
- 1.13 ล้างหอผึ่งเย็น

2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2.1 เดินสำรวจสภาพปัจจุบันและผังร่าง (Sketch) ระดมสมองเพื่อหามาตรการในการปรับปรุงว่าจะถอด ย้าย หรือดับจุดใดบ้างในเวลากลางวันและลดอย่างไรบ้างในเวลากลางคืน หรือเปลี่ยนเป็นหลอดแบบประหยัดพลังงานต่อไป

2.2 มาตรการปรับปรุงแสงสว่าง โดยการถอดหลอดที่สว่างเกินความจำเป็น โดยใช้ลักซ์มิเตอร์ วัดค่าความสว่างว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ เช่น ทางเดิน 150 ลักซ์ ห้องทำงาน 300 ลักซ์ ห้องสอบเทียบ 500 ลักซ์ หากเกินค่ามาตรฐานให้ถอดหลอดไฟฟ้าออก ปรากฏว่าสามารถถอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ออกได้ 100 หลอด

2.3 การประหยัดพลังงานโดยใช้แสงจากธรรมชาติในตอนกลางวัน ด้วยการเจาะเพดานเป็นช่องแสงสว่างและติดตั้งกระจกลึแสงเฉพาะจุด

2.4 การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ที่มีกำลัง 400 วัตต์ เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ พร้อมกับลดระดับความสูง

2.5 การปรับปรุงสวิตช์ให้สะดวกในการปิด-เปิด เฉพาะจุด เพื่อให้มีแสงสว่างพอเพียงต่อการทำงานและประหยัดไฟฟ้า ปิดไฟเมื่อไม่ใช้งานเป็นเวลานานกว่า 15 นาทีและหมั่นบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

3. ระบบบอยเลอร์ (Boiler)

- 3.1 เลือกเดินหม้อไอน้ำตัวที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก
- 3.2 ควบคุมแรงดันการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 3.3 ปรับปริมาณอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
- 3.4 ควบคุมปริมาณการโบล์ดวารีให้เหมาะสม
- 3.5 ควบคุมคุณภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำให้ มีค่า TDS ประมาณ 3900 มก.ต่อ ลิตร
- 3.6 ติดตั้งและซ่อมแซมจนจนกว่าความร้อนที่อุปกรณ์ส่งจ่ายไอน้ำ
- 3.7 ทำความสะอาดท่อน้ำ ท่อไฟ ของหม้อน้ำ
- 3.8 ซ่อมแซมการรั่วไหลของท่อส่งจ่ายไอน้ำ
- 3.9 ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำอย่างน้อยทุกๆ 6 เดือน
- 3.10 ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

4. ระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

- 4.1 เปลี่ยนคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า
- 4.2 ปรับเพิ่มอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้นจากเดิม 2 องศา

5. ระบบอากาศอัด (Compressed Air)

5.1 จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศอัด ระบบอัดอากาศในโรงงานมีการสูญเสียเนื่องจากมีรอยรั่วเกิดขึ้นในระบบ ทำให้ขาดประสิทธิภาพในการส่งอัดอากาศไปยังส่วนงานผลิต จึงทำการสำรวจรอยรั่วของท่อส่ง อุดรอยรั่ว และจุดรั่วในเครื่องจักร เพื่อลดการสูญเสีย ทำให้เกิดการประหยัดได้

5.2 ปรับปริมาณความดันลม ให้สอดคล้องกับความจำเป็นในกระบวนการถอดถุงมือออกจากแม่พิมพ์

5.3 จากการศึกษพบว่าลักษณะของห้องอัดอากาศนั้นเป็นห้องปิด ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศร้อนในห้อง ทำให้เกิดความร้อนสะสมและหมุนเวียนกลับเข้าไปเป็นอากาศเข้าของเครื่องอัดอากาศ จึงเสนอแนะให้ต่อท่อลมเข้ามาเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

5.4 ปรับอุณหภูมิในห้องอัดอากาศให้พอเหมาะ เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หากอากาศในห้องสูงเกินไป จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอัดอากาศที่สูงเกินความจำเป็น

- 5.5 เปลี่ยนชุดอัดอากาศ หรือเครื่องอัดอากาศใหม่
- 5.6 ควบคุมความแรงดันการผลิตอากาศอัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 5.7 ตรวจเช็คการรั่วไหลของอากาศอัดอย่างสม่ำเสมอ

5.8 ซ่อมแซมการรั่วไหลของอุปกรณ์ส่งจ่าย

5.9 บำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ส่งจ่ายตามกำหนดเวลา

5.10 ตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศอย่างน้อยทุก 6 เดือน

การทดสอบการรั่วไหลของท่อลมสำหรับระบบอากาศอัด (Compressed Air System) ด้วยน้ำยาในการหาจุดรั่วในท่อลม (Snoop) เพื่อหาจุดรั่วไหลตามข้อต่อต่างๆ จะสามารถตรวจพบได้ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างการทดสอบการรั่วไหลของท่อลมสำหรับระบบอากาศอัด

6. ระบบหอผึ่งเย็นที่ใช้ในกระบวนการผลิต (Cooling Tower)

6.1 ทำความสะอาดท่อฉีดพ่นน้ำ (Sprinkle Pipe) เพื่อป้องกันการอุดตันในท่อ อย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่ปล่อยออก

6.2 ทำความสะอาดตัวถังของหอผึ่งเย็น (Cooling Tower) ด้วยน้ำผสมผงชำระล้าง เช็ดขัดถู และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

6.3 ล้างทำความสะอาดอ่างรับน้ำเป็นประจำ เนื่องจากผงและตะกอนจะสะสมอยู่ในอ่างรับน้ำจำนวนมาก โดยสังเกตจากสภาพความเป็นจริง หรือทุกๆ 3 เดือน

6.4 ล้างทำความสะอาดแผ่นแบ่งช่องลมเป็นประจำ เนื่องจากผงและตะกอนอาจจะสะสมอยู่ในแผ่นแบ่งช่องลม โดยสังเกตจากสภาพความเป็นจริง หรือทุกๆ 3 เดือน

6.5 ตรวจสอบสภาพผิวของใบพัดลม เช่น การกัดกร่อน รอยร้าว และตรวจระยะห่างระหว่างริมใบพัดกับตัวถังให้มีระยะห่างประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว

6.6 ล้างระบบโดยการถ่ายน้ำทิ้งทั้งระบบทุก 6 เดือน

7. ระบบพลังงานความร้อน

7.1 ตรวจสอบการรั่วไหลของความร้อน และดำเนินการแก้ไข

7.2 หุ้มฉนวนท่อ และวาล์วจ่ายไอน้ำ ทำให้สภาพจุดงานนั้นเรียบร้อย สะอาดตา ไม่มีการแผ่ความร้อนออกมาจนรู้สึกไม่ปลอดภัย สามารถทำงานใกล้บริเวณนั้นได้ โดยลดความร้อนที่ผิวแผ่ออกมาคงเหลือที่ 40 องศาเซลเซียส

7.3 ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงานของตัวทำความร้อน ให้สามารถปิดการทำงานบางตัวได้ เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 50% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของถุงมือ ข้อดีคือในส่วนนี้ไม่มีการลงทุนเพิ่มใดๆ เลย

8. ระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต

8.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต จึงมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ เน้นการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างถูกวิธี ตามแผนการบำรุงรักษา ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรใช้งานเกินกำลัง หากพบสิ่งผิดปกติ เกิดเสียงหรือการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติควรแก้ไขทันที

8.2 วิเคราะห์ค่าการสูญเสียพลังงานในระบบ เพื่อหาแนวทางแก้ไข

9. ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรน้ำ

แผนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

9.1 ส่วนกระบวนการผลิต

9.1.1 รักษาประสิทธิภาพกระบวนการล้างของแต่ละสายงานการผลิต

9.1.2 การปล่อยน้ำร้อนออกจากกระบวนการ แล้วหมุนเวียนน้ำกลับไปใหม่

9.1.3 ควบคุมอุณหภูมิในจุดต่างๆ ในน้ำล้าง ที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อลดการสูญเสีย

9.1.4 ควบคุมอัตราการไหลของน้ำในกระบวนการล้าง เพื่อลดการสูญเสีย

9.1.5 นำความร้อนทิ้งจากน้ำร้อนที่ออกจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้หมุนเวียน

9.2 ส่วนสำนักงานและห้องน้ำ

9.2.1 ไม่เปิดใช้น้ำเกินความจำเป็น

9.2.2 เปลี่ยนก๊อกเป็นก๊อกน้ำแบบประหยัด

9.2.3 ประชาสัมพันธ์ให้พนักงานมีจิตสำนึกในการประหยัดทรัพยากรน้ำ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงาน

จากแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงานดังกล่าวในบทที่ 3 สามารถสรุปผลการดำเนินงาน และรายละเอียดการลงทุนดังต่อไปนี้

โครงการที่ 1 ระบบปรับอากาศ

จากการปฏิบัติการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถประหยัดการใช้พลังงาน ได้ 448,269 kWh/ปี ที่อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 บาท/kWh

คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ = $448,269 \times 2.45 = 1,098,259$ บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

เปลี่ยนเทอร์โมสแตท (อุปกรณ์และค่าแรง)	= 22,800 บาท
ติดตั้งฉนวนบุเพดาน	= 30,000 บาท
ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 21 ชุด (อุปกรณ์และค่าแรง)	= 4,200 บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน	= 57,000 บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	= $\frac{57,000}{1,098,259} \times 360 = 19$ วัน

การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ระบบกรองอากาศทุก ๆ เดือน ตรวจสอบระบบท่อ ล้างเครื่องทำน้ำเย็น ล้างหอผึ่งเย็น ถือเป็นการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ ตามโปรแกรม และไม่ถือว่ามีการลงทุนในส่วนดังกล่าว

โครงการที่ 2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เนื่องจากสามารถเปลี่ยนการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิมที่มีค่าความสว่างเพียง 2,600 ลูเมน มาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ Super TLD ที่มีค่าความสว่างถึง 3,350 ลูเมน พร้อมทั้งติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง เพื่อลดการติดตั้งใช้งานหลอดจากเดิม 2 หลอดต่อโคมเป็น 1 หลอดต่อโคม การคำนวณการประหยัดคิดจาก

เปอร์เซ็นต์การใช้งานเฉลี่ย	= 100 %
จำนวนวันทำงานต่อปี	= 360 วัน
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= $\frac{117,024 \times 1 \times 360}{1,000}$ kWh/ปี
	= 42,129 kWh/ปี

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 41,075 \times 2.45 \text{ บาท/ปี} \\ &= 103,216 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

และเปลี่ยนการใช้งานจากหลอด Mercury 400 W มาเป็นหลอด High Pressure Sodium (HPS) 250 W แทนเนื่องจากบริเวณพื้นที่ใช้งานไม่จำเป็นต้องการความถูกต้องของแสงมากนัก ประกอบกับการติดตั้งใช้งานอยู่ภายในบริเวณที่สูง

$$\text{จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (8.00-17.00 น.)} = 9 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน (17.00-8.00 น.)} = 15 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{จำนวนวันทำงานต่อปี} = 360 \text{ วัน}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= \frac{[(7,548 \times 9) + (14,356 \times 15)] \times 1 \times 360 \text{ kWh/ปี}}{1,000} \\ &= 101,978 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 101,978 \times 2.45 \text{ บาท/ปี} \\ &= 249,846 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

ข้อมูลการลงทุน

ค่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W (SUPER TLD)

$$\text{ราคา 470 บาทต่อชุด รวม 106 ชุด} = 49,820 \text{ บาท}$$

ค่าหลอด HPS (580 บาทต่อหลอด)

$$\text{จำนวน 97 ชุด} = 56,260 \text{ บาท}$$

ค่าบัลลาสต์รวมกับค่า Igniter

$$\text{ราคา 760 บาทต่อชุด จำนวน 97 ชุด} = 73,720 \text{ บาท}$$

ค่าแรงในการติดตั้ง 60 บาทต่อชุด

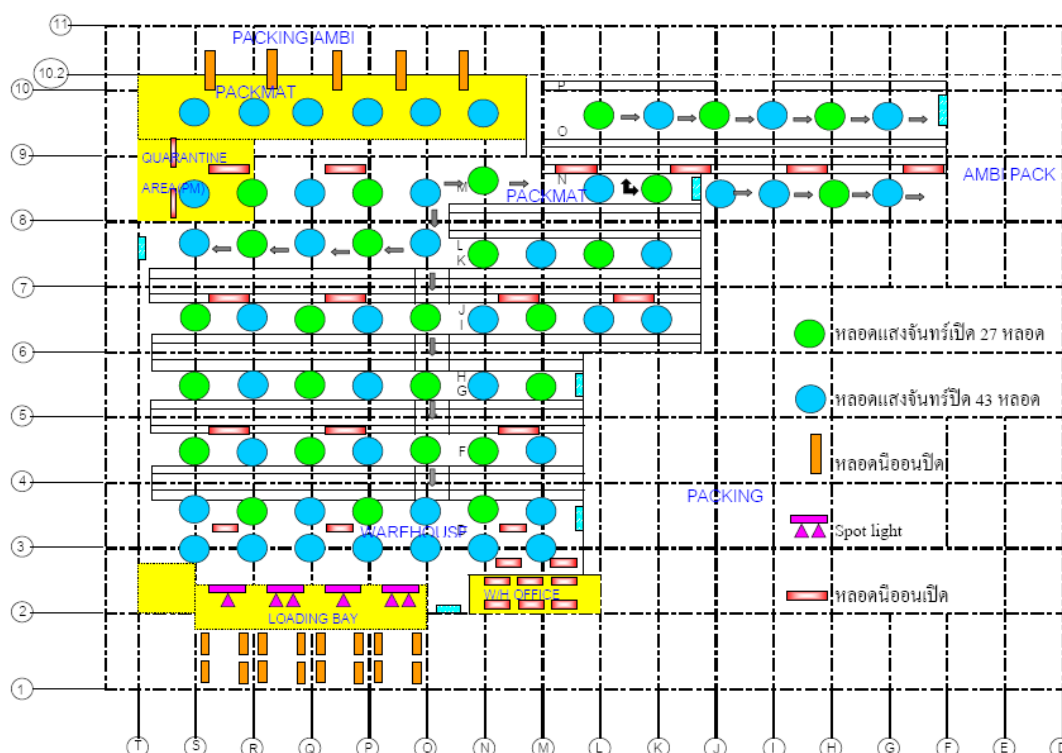
$$\text{รวม 203 ชุด} = 12,180 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน} = 191,980 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน} = \frac{360 \times 191,980}{353,062} \text{ วัน}$$

$$= 353,062$$

$$= 196 \text{ วัน}$$



รูปที่ 7 ตัวอย่างผังระบบไฟฟ้าและแสงสว่างในคลังสินค้า

โครงการที่ 3 ระบบบอยเลอร์

สภาพการใช้งานเดิมจากการตรวจวัดประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำทั้ง 3 ชุด จากการตรวจวัดพบว่าการสูญเสียความร้อนที่เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ผู้ประกอบการได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมการเผาไหม้ โดยระบบนี้ จะทำการปรับอัตราส่วนของอากาศและน้ำมัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงสุด สามารถประหยัดเชื้อเพลิงน้ำมันเตาได้ คิดเป็นมูลค่า 1,120,629 บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานอัตโนมัติและหุ้มฉนวนดังรูปที่ 8 = 210,000 บาท



รูปที่ 8 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานอัตโนมัติและหุ้มฉนวน

คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน

$$= \frac{360 \times 210,000}{\text{วัน}}$$

$$1,120,629$$

$$= 67 \text{ วัน}$$

โครงการที่ 4 ระบบเครื่องทำน้ำเย็น

ผลจากการใช้เครื่องทำน้ำเย็นอย่างมีประสิทธิภาพ และการบำรุงรักษาที่ดีอย่างสม่ำเสมอ ตามมาตรการประหยัดพลังงาน ทำให้จากเดิม kW/ton ของระบบเดิมอยู่ที่ 1.10 ลดลงมาอยู่ที่ 0.83 kW/ton คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$= \Delta \text{kW/ton} \times \text{ton ความเย็นรวม} \times \text{ชั่วโมงการใช้งาน} \times \% \text{การใช้งานรวม}$$

$$= (1.10 - 0.83) \times (83.33 + 58.09 + 89.29 + 59.64) \times 8,424 \times 1.0 \text{ kWh/ปี}$$

$$= 660,395 \text{ kWh/ปี}$$

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้

$$= 660,395 \times 2.45 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 1,617,967 \text{ บาท/ปี}$$

ข้อมูลการลงทุน

มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่ ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าดังรูปที่ 9 (พร้อมค่าติดตั้ง)

$$= 257,000 \text{ บาท}$$



รูปที่ 9 ชุดคอมเพรสเซอร์

คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน

$$= \frac{360 \times 257,000}{1,617,967} \text{ วัน}$$

$$= 57 \text{ วัน}$$

โครงการที่ 5 ระบบอากาศอัด

เพื่อประเมินการรั่วไหลในเบื้องต้นของระบบอากาศอัด (Compressed Air System) จากผลการทดสอบ สามารถประเมินได้ว่าการรั่วไหลในระบบตามข้อต่อต่างๆ (Fittings) ปริมาณการรั่วไหลที่แท้จริง จะทำการทดสอบในลักษณะการทำให้เรียกว่า “Plant Shutdown Test” คือ ต้องทำการหยุดการใช้งานของเครื่องจักร/อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตทั้งหมด แล้วทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปในขณะเดินระบบอากาศอัดแบบไม่มีการทำงาน ก็จะสามารถประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานทั้งหมดได้ เมื่อทำการซ่อมแซมรอยรั่วตามจุดต่างๆ สำหรับขั้นตอนการทำการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

ข้อมูลจากการทดสอบและตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 13 และตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ตารางแสดง Load-Unload Cycles Production

Load (Sec)	Unload (Sec)	Total Cycle (Sec)
50	10	60
51	8	59
51	9	60
50	11	61

ตารางที่ 14 ตารางแสดง Load-Unload Cycles outside Production

Load (Sec)	Unload (Sec)	Total Cycle (Sec)
25	20	45
26	22	48
25	21	46
27	20	47

Power Loaded = 149.6 kW

Power Unloaded = 76.5 kW (ปกติประมาณ 30%)

1. การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

$$\text{ค่าเฉลี่ย Load Cycle Time} = \frac{(50 + 51 + 51 + 50)}{4} \text{ sec.}$$

$$= 50.5 \text{ sec.}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย Total Cycle Time} = \frac{(60 + 59 + 60 + 61)}{4} \text{ sec.}$$

$$= 60 \text{ sec.}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Load} = \underline{50.5 \%}$$

$$60$$

$$= 84 \%$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

$$= \text{Power Load} \times (\% \text{ Load}) + \text{Power Unload} \times (\% \text{ Unload})$$

$$= (149.6 \text{ kW} \times 0.84) + (76.5 \times (1 - 0.84))$$

$$= 137.9 \text{ kW}$$

ดังนั้นคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 137.9 \text{ kW} \times 8,400 \text{ h/ปี}$

$$= 1,158,360 \text{ kWh/ปี}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า $= 1,158,360 \text{ kWh/ปี} \times 2.45 \text{ บาท/kWh}$

$$= 2,837,982 \text{ บาท/ปี}$$

2. การคำนวณกำลังไฟฟ้าขณะทำ Leak Test

ค่าเฉลี่ย Load Cycle Time $= \frac{(25 + 26 + 25 + 27)}{4} \text{ sec.}$

$$4$$

$$= 25.7 \text{ sec.}$$

ค่าเฉลี่ย Total Cycle Time $= \frac{(45 + 48 + 46 + 47)}{4} \text{ sec.}$

$$4$$

$$= 46.5 \text{ sec.}$$

เปอร์เซ็นต์ Load $= \frac{25.7}{46.5} \%$

$$46.5$$

$$= 55 \%$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะทำการทดสอบ Leak Test (Non Production)

$$= \text{Power Load} \times (\% \text{ Load}) + \text{Power Unload} \times (\% \text{ Unload})$$

$$= (149.6 \times 0.55) + (76.5 \times (1 + 0.55))$$

$$= 116.7 \text{ kW}$$

3. การคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียไปเนื่องจาก Air Leak

$= \text{ค่าเฉลี่ย Power Leak Test} - \text{Power no Load}$

$$= 116.7 - 76.5 \text{ kW}$$

$$= 40.2 \text{ kW}$$

4. การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าที่สูญเสียเนื่องจากอากาศรั่วไหล

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย $= 40.2 \text{ kW} \times 8,400 \text{ h/ปี}$

$$= 337,680 \text{ kWh/ปี}$$

คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า $= 337,680 \times 2.45 \text{ บาท/kWh}$

$$= 827,316 \text{ บาท/ปี}$$

คิดเป็นมูลค่าเงินที่ประหยัดได้

= 827,316 บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือค่าน้ำยาสำหรับการตรวจสอบ

การซ่อมแซมจุดรั่วไหล เปลี่ยนข้อต่อต่างๆ และเดินท่อลม

เพื่อลดภาระการทำงาน

= 39,000 บาท

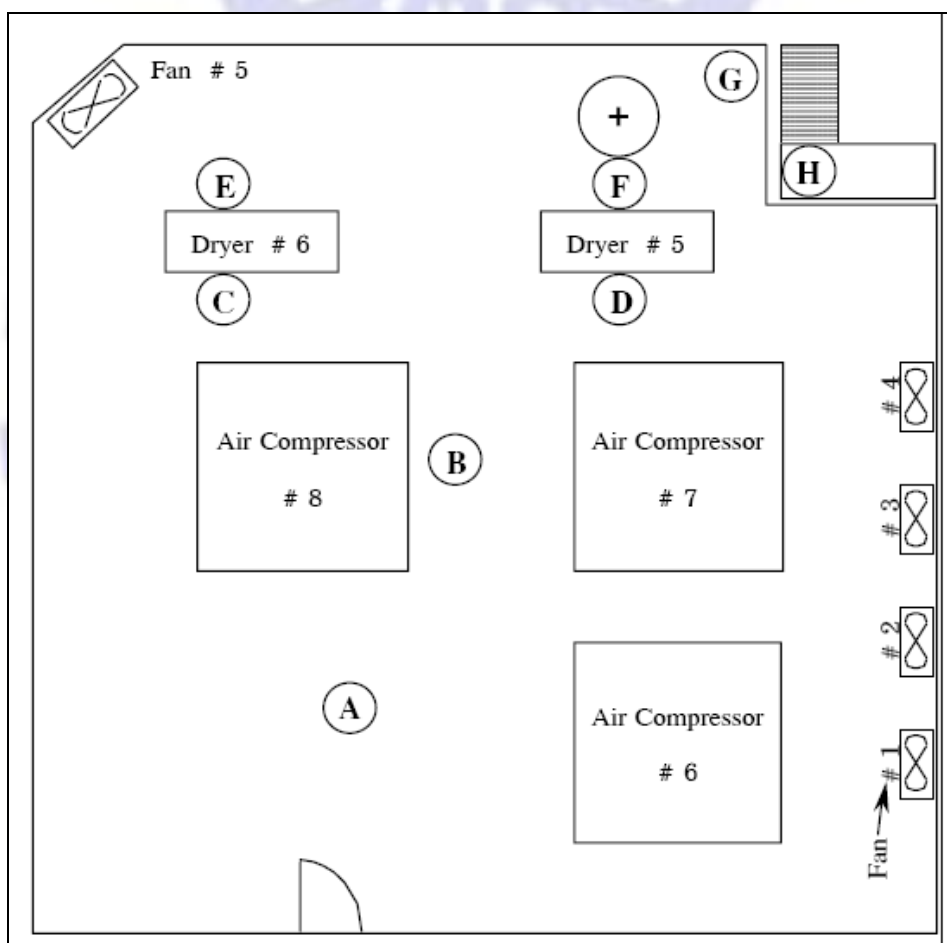
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน

= $\frac{360 \times 39,000}{827,316}$ วัน

827,316

= 17 วัน

จากการศึกษาพบว่าลักษณะของห้องอัดอากาศนั้นเป็นห้องปิด ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศร้อนในห้อง ทำให้เกิดความร้อนสะสมและหมุนเวียนกลับเข้าไปเป็นอากาศขาเข้าของเครื่องอัดอากาศ จึงดำเนินการต่อท่อลมเข้ามาเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 10 จุด A ถึง H คือจุดที่ทำการทดสอบอุณหภูมิ



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการทดสอบอุณหภูมิ

□ พัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan)

การตรวจสอบพัดลมขณะใช้งาน

1. การตรวจสอบโดยการสัมผัส
 - (1.1) ตรวจสอบใบพัดลมจากบริเวณทางดูด
 - (1.2) ตรวจสอบใบพัดลมจากตัวถังพัดลม
 - (1.3) ตรวจสอบเพลลาจากตัวซีตเพลลา
 - (1.4) ตรวจสอบสายพานจากจุดยึดแบร์ริง
2. การตรวจโดยการฟังเสียง
 - (2.1) เสียงสายพาน
 - (2.2) เสียงใบพัดลม
3. การตรวจสอบสายพานขณะหยุดเครื่อง
 - (3.1) การสึกหรอ
 - (3.2) อุณหภูมิ
 - (3.3) ความตึง
4. ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์และแรงเคลื่อนไฟฟ้า
5. ตรวจสอบสภาพตัวถัง น็อตสกรู ว่าคลายหลวมหรือไม่
6. ตรวจสอบแบร์ริงว่ามีเสียงดังและแกว่งหรือไม่
7. ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีอุณหภูมิเกินไปหรือไม่ ปกติไม่ควรเกิน 100 เซลเซียส เนื่องจากจะมีผลต่อฉนวนต่างๆ ในมอเตอร์ (สามารถพิจารณาว่าเป็น Insulation Class ได้)

รูปที่ 11 ตัวอย่างการตรวจสอบบำรุงพัดลมดูดอากาศ

โครงการที่ 6 ระบบหอฝึ่งเย็น

จากปฏิบัติการประหยัดพลังงานในระบบหอฝึ่งเย็น สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ 38,741 kWh/ปี ที่อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = $38,741 \times 2.45 = 949,155$ บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

ไม่มีการลงทุน

☐ หอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

การบำรุงรักษา

1. ทำความสะอาด Sprinkler Pipe เพื่อป้องกันการอุดตันในท่อ การทำความสะอาดปฏิบัติได้ โดยการคลาย Set Screw ด้าน Sprinkler Head และคลาย Turn Backle ให้หย่อนปลด Tension Wire ออก และถอดท่อ Sprinkler Pipe ออก การทำความสะอาดนี้ ควรกระทำหลังจากได้ใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่งประมาณปีแรก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ใช้การ Bleed off หรือปล่อยน้ำ การล้างระบบโดยการถ่ายเทน้ำทิ้งทั้งระบบ ซึ่งควรกระทำเป็นระยะทุก 6 เดือน หรือในระยะ 3 เดือนแรกหลังจากเดินเครื่อง
2. Sprinkler head เช่นเดียวกับข้อที่ 1 เศษกากตะกอน อาจจะเข้าอุดได้ทำให้การหมุนของหัว Sprinkler Head ข้างลงหรือหยุดหมุน กรณีไม่ใช่เกิดจากปัญหาเรื่องปริมาณน้ำ ให้ถอดชุด Sprinkler Head ออกล้าง ปฏิบัติได้โดยเริ่มต้นถอดชุด Sprinkler Head ออกจากชุด Stand Pipe
3. ตัวถัง Cooling Tower ใช้น้ำผสมผงชำระล้าง เช็ดขัดถูและล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง
4. อ่างรับน้ำ Water Basin เนื่องจากผงและตะกอนจะสะสมอยู่ในอ่างรับน้ำจำนวนมาก ให้หมั่นล้างทำความสะอาดเป็นประจำ โดยสังเกตดูสภาพความเป็นจริง หรือทุกระยะ 3 เดือนต่อครั้ง การทำความสะอาด ปฏิบัติได้โดยการปิดวาล์วน้ำเข้า วาล์วน้ำออก วาล์วน้ำเติม วาล์วน้ำปรับระดับ และเปิดวาล์วระบายน้ำ ระบายน้ำในอ่างรับน้ำทิ้ง ใช้น้ำล้างขัดถูให้สะอาดและล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ระบายน้ำที่ล้างทิ้ง พร้อมกับเปิดวาล์วลิ้นที่ปิด และปิดวาล์วระบายน้ำ
5. แผ่นแบ่งช่องลม (Filling) ขึ้นกับคุณภาพน้ำที่ใช้ หากระบบควบคุมคุณภาพน้ำใช้ได้ดี ไม่มีความจำเป็นต้องดูแล นอกเหนือจากเรื่องความสะอาด เช่น เศษผง ตะกอน บริเวณผิวบนของชุด Filling
6. พัดลม (Fan) ให้ตรวจสอบสภาพผิวของใบพัด เช่น การกัดกร่อน รอยร้าว และตรวจระยะห่างระหว่างริมใบพัดกับตัวถัง Fiber Glass ให้มีระยะห่างประมาณ 2"-3"

รูปที่ 12 ตัวอย่างรายการบำรุงรักษาหอผึ่งเย็น

โครงการที่ 7 ระบบพลังงานความร้อน

จากปฏิบัติการประหยัดพลังงาน โดยการตรวจสอบการรั่วไหลของความร้อน และดำเนินการแก้ไข หุ้มฉนวนท่อ และวาล์วจ่ายไอน้ำ ทำให้สภาพจุดงานนั้นเรียบร้อย สะอาดตา ลดการแผ่ความร้อน ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

จากการตรวจจับค่าพลังงานความร้อนสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ 144,966 GJ/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 14,672,796 บาท/ปี ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ข้อมูลพลังงานความร้อนก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ผลผลิตรวม (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานความร้อนโดยรวม (GJ)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ตัน)
เดือนที่สูงสุด	49,860	83,785	14,407,449	289
ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	58,114	68,178	11,791,640	203
เดือนที่ต่ำสุด	67,383	49,780	8,761,730	130
ปรับปรุงเดือนที่ 1	67,856	54,843	10,662,055	157
ปรับปรุงเดือนที่ 2	67,984	58,126	9,846,941	145
ปรับปรุงเดือนที่ 3	68,784	55,326	11,197,725	163
ค่าเฉลี่ยเดือนที่ 1 – 3 หลังปรับปรุง	68,208	56,098	10,568,907	155
ค่าเฉลี่ยต่อเดือนหลังปรับปรุง	---	12,080	1,222,733	48
ค่าเฉลี่ยต่อปีหลังปรับปรุง	---	144,966	14,672,796	---

ข้อมูลการลงทุน

ไม่มีการลงทุน

โครงการที่ 8 ระบบการผลิต

จากปฏิบัติการประหยัดพลังงาน ในรูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ เน้นการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างถูกวิธี ตามแผนการบำรุงรักษา ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ อย่างสม่ำเสมอ และวิเคราะห์ค่าการสูญเสียพลังงานในระบบ เพื่อหาแนวทางแก้ไข โดยเปรียบเทียบมาตรฐานวัดต่อปี สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้ 2,508,009 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = $2,508,009 \times 2.45 = 6,144,662$ บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

ไม่มีการลงทุน

โครงการที่ 9 การใช้ทรัพยากรน้ำ

จากปฏิบัติการประหยัดพลังงาน โดยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรน้ำดังกล่าว ในบทที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจากมาตรวัดที่ประหยัดได้ 6,435 หน่วย หน่วยละ 19.8922 บาท สามารถประหยัดการใช้ทรัพยากรน้ำ คิดเป็นมูลค่าการประหยัด 128,006 บาท/ปี

ข้อมูลการลงทุน

มีการลงทุนค่าติดตั้งหัวก๊อกแบบประหยัด ซ่อมแซมจุดรั่วไหล เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 12,000 บาท/ปี

คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน

$$= \frac{360 \times 12,000}{\text{วัน}}$$

$$128,006$$

$$= 34 \text{ วัน}$$

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน หลังจากดำเนินการตามแผนปฏิบัติการประหยัดพลังงาน สามารถแจกแจงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 16 แสดงผลที่ได้รับจากการประหยัดพลังงานในแต่ละโครงการ

โครงการ	มูลค่าการประหยัด (บาท/ปี)	การลงทุน (บาท/ปี)	ระยะคืนทุน (วัน)
1) ระบบปรับอากาศ	1,098,259	57,000	19
2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	353,062	191,980	196
3) ระบบบอยเลอร์	1,120,629	210,000	67
4) ระบบเครื่องทำน้ำเย็น	1,617,967	257,000	57
5) ระบบอากาศอัด	827,316	39,000	17
6) ระบบห่อหุ้มเย็น	949,155	0	0
7) ระบบพลังงานความร้อน	14,672,796	0	0
8) ระบบการผลิต	6,144,622	0	0
9) การใช้ทรัพยากรน้ำ	128,006	12,000	34
รวมมูลค่าการประหยัด	26,911,812	766,980	

ตารางที่ 17 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณผลผลิตรวม ปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง

เดือนที่	ผลผลิตรวม (ตัน)	ปริมาณการใช้ พลังงานโดยรวม (kWh)	ดัชนี (kWh/ตัน)
ค่าสูงสุด	49,860	4,617	9.3
ค่าเฉลี่ย	58,114	4,558	7.8
ค่าต่ำสุด	67,383	4,711	7.0
เดือนที่ 1	67,856	4,079	6.0
เดือนที่ 2	67,984	4,026	5.9
เดือนที่ 3	68,784	4,184	6.1

ตารางที่ 18 แสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

ระยะเวลา	ดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิต (kWh/ตัน)
1) ก่อนการปรับปรุง (เส้นฐาน)	7.8
2) เป้าหมายการดำเนินงาน	7.0
3) หลังการปรับปรุง	6.0
ลดลงจากเส้นฐาน	23 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การศึกษาการประหยัดพลังงานในโรงงานถลุงมือยาง ที่ใช้กระบวนการผลิตแบบจุ่ม (Dipping Process) ใช้วิธีการประหยัดพลังงานอย่างมีส่วนร่วมภายในองค์กร ส่งผลให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมขององค์กรอย่างเห็นได้ชัด และได้ข้อมูลผลการประหยัด เป็นการสนับสนุนนโยบายการประหยัดพลังงานของภาครัฐได้อย่างแท้จริง
2. ได้นำเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ในการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต ยกตัวอย่างเช่น เทคนิคในการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตอย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ
3. ได้นำเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ในการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตถลุงมือยาง กำจัดความสูญเปล่าจากกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิต
4. การประหยัดพลังงานส่งผลให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมขององค์กรลดลง
5. สร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานให้เกิดขึ้นโดยทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม
6. สร้างการมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อนและสร้างภาพพจน์ที่ดีให้กับองค์กรในการให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

การดำเนินกิจกรรมทางด้านประหยัดพลังงานนั้น ต้องเกิดการสร้างจิตสำนึกและสร้างการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายจึงจะประสบความสำเร็จ และต้องสร้างให้เป็นวัฒนธรรมขององค์กร ผู้บริหารระดับสูงต้องเป็นแบบอย่าง มีความมุ่งมั่น และสร้างความเชื่อมั่น ผลักดันให้เกิดกิจกรรมอย่างแท้จริงและต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาการจัดองค์กรการบริหารภายในโรงงานพบว่า ส่วนที่มีผลก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด คือ ผู้บริหารระดับสูงขององค์กร ที่ทำให้การบริหารเพื่อการประหยัดพลังงานในโรงงาน ได้รับการกระตุ้นเพื่อตอบสนองให้ดำเนินการเต็มที่ในระดับหนึ่ง แต่มีเพียงบางหน่วยงานขององค์กรเท่านั้น คือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมที่ได้สัมผัสและตระหนักถึงความสำคัญในการประหยัดพลังงาน ทั้งนี้หน้าที่หลักของงานด้านวิศวกรรม ยังคงเน้นด้านการผลิตและซ่อมบำรุงมากกว่ามุ่งเน้นเพื่อการประหยัดพลังงาน และเมื่อพิจารณาถึง

หน่วยงานอื่นๆ ในโรงงาน พบว่า ยังมีความเข้าใจถึงความสำคัญในการประหยัดพลังงานอยู่เพียงเล็กน้อย ส่วนกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมและกระตุ้นให้บุคคลที่เกี่ยวข้องในโรงงาน มีจิตสำนึกหรือรับผิดชอบร่วมกันในเรื่องของการประหยัดพลังงานในหน่วยงานก็ยังไม่เด่นชัดเท่าที่ควร ดังนั้น เมื่อวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของการบริหารการประหยัดพลังงานในหน่วยงาน จึงอยู่ในช่วงของการเริ่มต้นเท่านั้น

การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารการประหยัดพลังงานของหน่วยงาน เป็นโครงการหนึ่งของการประหยัดพลังงานให้กับโรงงาน เพราะเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตในระดับต่างๆ เพื่อลดความต้องการใช้พลังงาน ซึ่งอาจรวมถึงการควบคุมทางด้านนโยบายและการปฏิบัติการ ดังนั้นการบริหารโครงการระดับใหญ่ๆ จึงต้องมีคณะกรรมการ หรือทีมงานที่เข้ามารับผิดชอบโดยตรง เพื่อทำหน้าที่ตั้งแต่ การกำหนดเป้าหมาย ควบคุมการดำเนินการ ติดตามผล และการประเมินผลงาน จึงจะทำให้โครงการดำเนินไปอย่างราบรื่นต่อเนื่องและประสบผลสำเร็จ และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



บรรณานุกรม

- เชี่ยวเวทย์ ยัมศิริกุล. (2545). “โครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการจัดการ Value Engineering (VE)”. ในเอกสารการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงาน. เรื่องการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม แผนงานภาคความร่วมมือครั้งที่ 2. กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.
- ไชยะ แซ่มซ้อย. (2537). คู่มือการลดค่าไฟฟ้า. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- ถาวร อมตกิตต์. (2538). คู่มือระบบไฟฟ้าและการประหยัดพลังงานสำหรับประชาชน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ และอภิศักดิ์ เพ็ชรเพ็ง. (2537). แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารสูง. ปริญญาโท. วศ.ม. (สาขาวิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พรณะ เตียพานิช และคณะ. (2545). การลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง. สนับสนุนโดยทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม.
- ปริญญาภรณ์ ชาติการุณ. (2546). “ขนาดของการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและเจาะใจผู้ใช้เทคนิคการจัดการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน”. ในเอกสารการเสวนาเรื่อง การอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- เรืองฤทธิ์ อินทะชัย และสยาม มีทา. (2546). “การศึกษาการประหยัดพลังงานในเตาฟักอลูมิเนียมเหลว”. รายงานการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุรัช สนิทใจ. (2550). คู่มือการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (ENERGY CONSERVATION QUICK HANDBOOK FOR FACT). กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์.
- สุวิทย์ บุญยวานิชกุล. (2546). การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิคการจัดการ. รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และคณะ. (2550). การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2545). “โครงการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ภาคตะวันออก”. ในเอกสารการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงาน. เรื่องการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม แผนงานภาคความร่วมมือครั้งที่ 2. กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

รายละเอียดของหม้อไอน้ำ

ลำดับ	รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
1	พิกัดกำลังการผลิตของหม้อไอน้ำ (100% Load)	16	Ton/hr.
2	ปริมาณการผลิตไอน้ำจริง	297,216	kg/hr.
3	ความดันไอน้ำที่ผลิต	10	kg/cm ²
4	อุณหภูมิไอน้ำที่ผลิต	178.9	°C
5	อุณหภูมิน้ำกลับ	159.5	°C
6	อุณหภูมิน้ำ Make up	32	°C
7	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Heavy Oil)	1,025	Litre/hr.
8	อุณหภูมิน้ำมันก่อนอุ่น	37	°C
9	อุณหภูมิน้ำมันหลังอุ่นก่อนเข้า Boiler	91	°C
10	อุณหภูมิบรรยากาศบริเวณล้อมรอบ Boiler	35	°C
11	อุณหภูมิ Flue Gas ที่ปล่อย	210.1	°C
12	ปริมาณ O ₂ ในก๊าซเสีย	7.1	%
13	ปริมาณ CO ₂ ในก๊าซเสีย	10.5	%
14	Gross Efficiency	85	%
15	อุณหภูมิผิวหม้อไอน้ำเฉลี่ย		
	ด้านหน้า	94.7	°C
	ด้านหลัง	51.2	°C
	ด้านข้างซ้าย	55.2	°C
	ด้านข้างขวา	57.4	°C

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง : 0.93 kg/Litre
 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV) : 39,770 kJ/Litre
 : 10,178 kCal/kg
 พิกัดกำลังการผลิต : 16,000 kg/hr.
 ปริมาณการผลิตจริง (m_s) : 297,216 kg/hr.
 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (m_f) : 1,025 Litre/hr.
 (จากมิเตอร์ของผู้ประกอบการ)

แรงดันใช้งาน	:	10	kg/cm ²
อุณหภูมิของน้ำจ่าย (Ts)	:	178.9	°C
อุณหภูมิน้ำกลับ (Tw)	:	159.5	°C
อุณหภูมิบรรยากาศ (Ta)	:	35	°C
อุณหภูมิก๊าซเสีย (Tg)	:	210.1	°C
องค์ประกอบของก๊าซเสีย CO ₂	:	10.5	%
O ₂	:	7.1	%
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย (Cp)	:	1.3817	kJ/(m ³ · °C)

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

เอนทัลปีของไอน้ำที่แรงดัน 10 kg/cm², 178.9°C (h_s)

$$= 757.99 \quad \text{kJ/kg}$$

เอนทัลปีของน้ำที่อุณหภูมิ 159.5°C, 9.2 kg/cm³ (h_w)

$$= 673.28 \quad \text{kJ/kg}$$

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

$$= \frac{m_s \times (h_s - h_w)}{m_f \times (\text{LHV})}$$

$$= \frac{297,216 \times (757.99 - 673.28)}{1,025 \times 39,770}$$

$$= 62 \quad \%$$