การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง

โดย
นายปฐวี ปุยะติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง

โดย

นายปฐวี ปุยะติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT OF DRY VEGETABLE AND FRUIT IN SAMPLE FACTORY

By

Patawee Puyati

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF ENGINEERING

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2008

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง " เสนอโดย นายปฐวี ปุยะติ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่..........เดือน.................... พ.ศ...........

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทีฆทรัพย์)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์)
............/......................../..............

48405307 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

คำสำคัญ : บทคัดย่อ

ปฐวี ปุยะติ : การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.ดร.อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์. 100 หน้า.

งานวิจัยเรื่องการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้พลังงานความร้อนในระบบการผลิต กรณีศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานซึ่งถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในอุตสาหกรรมเดียวกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต ผลงานวิจัยพบว่าสามารถเสนอแนวทางประหยัดพลังงาน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบไม่ต้องมีการลงทุนและมีการลงทุนอุปกรณ์ โดยพิจารณาแนวทางการประหยัดพลังงานแบบไม่ลงทุนอุปกรณ์ก่อน หากมีการลงทุนจะพิจารณาลำดับก่อนหลังจากผลตอบแทนการลงทุนและมูลค่าการลงทุน ซึ่งแผนงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนที่เลือกทำก่อน คือ การนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ตามแนวคิดเทคโนโลยีสะอาด ส่วนที่ต้องมีการลงทุน คือ การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงแทนหลอดแบบเดิม ผลตอบแทนการลงทุนภายหลังการปรับปรุงพบว่า แผนงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์มีค่าระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.11 ปี และ อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 860.82 ส่วนที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์มีค่าระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.35 ปี และ อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 262.26 ปัจจัยความไวที่สำคัญต่อการลงทุนคือมูลค่าการลงทุน สุดท้ายการวิเคราะห์ความเสี่ยงกรณีที่เงินลงทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.37, ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.78, อายุการใช้งานลดลงร้อยละ 33.33 และรายได้ลดลงร้อยละ 25.75 แล้ว จะมีค่าระยะเวลาในการคืนทุน 4.21 ปี และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 19.86 ซึ่งยังคงมีความเหมาะสมในการลงทุน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ....

48405307: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT

KEY WORD: ABSTRACT

PATAWEE PUYATI: INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT OF DRY VEGETABLE AND FRUIT IN SAMPLE FACTORY. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. ARNAT WATANASUNGSUIT. Ph.D 100 pp.

The objective of research "Integrated Energy Management of Dry Vegetable and Fruit in Sample Factory" was to analyze electrical and thermal energy use in production system. This case study was started from the global analysis of energy use which was used to compare with the standard value in the same industry. Then, the energy break down analysis of each process unit was done. Results showed that the 2 major groups of energy conservation approach could be proposed; no investment on equipment and investment on equipment. The no investment on equipment was firstly considered, while the priority of equipment investment was sequentially considered by return on investment and its cost. Non investment plan that was firstly implemented was product recycling to clean technology concept and was replacement of fluorescents to high efficiency for investment plan. Return on investment after no investment plan implementation by payback period and IRR were 0.11 year and 860.82 % respectively, which for investment plan, Pay back period and IRR were 0.35 year and 262.26 % respectively. Sensitive factor was investment cost. Finally, pay back period and IRR investment risk analysis in case of 10.37% increase of investment cost, 6.78% increase of installation cost, 33.33% decrease of equipment lift and 25.75% decrease of benefit were 4.21 years and 19.86% respectively. The investment was still feasible.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2008

Student's signature.......................................

Thesis Advisor's signature.......................................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนวทางในการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และนอกจากนี้ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบและแนะนำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ขอขอบคุณท่านผู้บริหารระดับสูงของโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งให้ความร่วมมือต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ญ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	กรอบแนวความคิด	3
	วัตถุประสงค์	3
	สมมุติฐานการวิจัย	3
	ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
	ระยะเวลาการทำงานวิจัย	4
	นิยามศัพท์	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2	แนวความคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	แนวคิดการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ	6
	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
3	วิธีดำเนินการวิจัย	
	ประชากร	18
	กลุ่มตัวอย่าง	18
	ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	18
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	18
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	22
	การวิเคราะห์ข้อมูล	22
	ขั้นตอนทำวิจัย	23

บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 24
การวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาพรวมของโรงงาน 24
การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการในการประหยัดพลังงาน 26
แนวทางการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องมีการลงทุน 30
แนวทางการประหยัดพลังงานแบบที่ไม่ต้องมีการลงทุน 35
การวิเคราะห์แผนงานและการดำเนินการของแต่ละมาตรการ 38
การวิเคราะห์ความไวของแนวทางการประหยัดพลังงาน 42
การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน 45

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 49
สรุปผลการวิจัย 49
ข้อเสนอแนะ 50

บรรณานุกรม 51

ภาคผนวก 52
ภาคผนวก ก ผลการตรวจวัดความเข้มของแสง 53
ภาคผนวก ข ข้อมูลการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและ specificationของเครื่องจักร 64
ภาคผนวก ค คำนวณผลการตอบแทนการลงทุนของการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นเชื้อเพลิงถ่านหิน 79
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 82
ภาคผนวก จ มูลค่าการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในเหตุการณ์ที่แย่ที่สุด 90
ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจริง 94

ประวัติผู้วิจัย 100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แสดงข้อมูลผลผลิตและการใช้พลังงานหน่วยเป็น เมกกะจูล/ตัน ระหว่างเดือน ก.ค.2549- ก.พ.2550 2

2 แสดงข้อมูลผลผลิตและการใช้พลังงานหน่วยเป็น บาท/ตัน ระหว่างเดือน ก.ค.2549- ก.พ.2550 2

3 แสดงแผนงานในการทำงานวิจัย 4

4 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวมโดยเทียบกับผลผลิต 25

5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงโดยเทียบกับผลผลิต 26

6 แสดงปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน 28

7 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำเสียพื้นฐานการออกแบบระบบ 32

8 ข้อมูลการออกแบบและการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ 33

9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงตู้อบ 34

10 แสดงมูลค่าต้นทุนจริงที่สามารถลดได้จากการนำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ ในกระบวนการผลิตใหม่ (ข้อมูลจากการดำเนินการจริง) ... 36

11 แสดงมูลค่าต้นทุนจริงที่สามารถลดได้จากการเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ (ข้อมูลจากการดำเนินการจริง) 37

12 สรุปแนวทางการประหยัดพลังงานในทุกมาตรการ 39

13 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ดำเนินการทำจริง 40

14 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการ (estimate) 41

15 ตารางแสดงค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 46

16 ตารางแสดงค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) โดยวิเคราะห์ในกรณีที่แย่ที่สุด....... 47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ของกิจกรรมการบำรุงรักษาแต่ละประเภท	11
2	เครื่องวัดอุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์	19
3	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสีอินฟราเรด	19
4	เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์	20
5	เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ (Flow meter)	20
6	เครื่องบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า	21
7	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า	21
8	เครื่องวัดความเข้มของแสง (Lux meter)	22
9	แสดงขั้นตอนในการทำวิจัย	23
10	แสดงสัดส่วนภาพรวมการใช้พลังงานภายในโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง..	25
11	แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต	27
12	แสดงเครื่องจักรล้างวัตถุดิบ	31
13	แสดงขั้นตอนและกระบวนการนำน้ำตาลกลับมาใช้ทำน้ำเชื่อมใหม่	36
14	แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการการจัดหาเครื่องล้างวัตถุดิบ ทดแทนแรงงานคน	42
15	แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็น แบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง	43
16	แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ(มีเทน)มาใช้ทดแทนน้ำมันเตา	44
17	แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพ เครื่องจักรในการอบแห้ง(ตู้อบ)	44
18	แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟประสิทธิภาพสูง มาใช้แทนหลอดไฟเดิม	45
19	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน	46
20	แสดงเส้นกระแสเงินสดของโครงการ	47
21	แสดงเส้นกระแสเงินสดของโครงการในกรณีที่แย่ที่สุด	48

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการผลิตที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ให้ธุรกิจสามารถอยู่ได้ในสภาวะที่มีการแข่งขันทางด้านการตลาดสูง พลังงานเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการรองรับเทคโนโลยีเหล่านั้น ทั้งทางด้านพลังงานไฟฟ้า ความร้อนและเชื้อเพลิง เป็นต้น แนวคิดในการนำความรู้ทางด้านการจัดการมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงานเป็นแนวคิดหนึ่งที่สถานประกอบการทั้งหลายให้ความสนใจและนำมาใช้ในปัจจุบัน แนวคิดทางด้านการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการเป็นแนวคิดการจัดการเชิงกลยุทธ์ยุคใหม่ที่จะช่วยลดต้นทุนทางด้านการใช้พลังงาน และตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาได้ส่งผลกระทบต่อความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากจนทำให้โรงงานอุตสาหกรรมและธุรกิจประเภทต่างๆจำเป็นต้องหามาตรการการอนุรักษ์มาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด และมีแนวโน้มราคาจะสูงขึ้นไปเรื่อยๆ

อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจไทย เพราะนอกจากจะใช้วัตถุดิบหลักจากภาคเกษตรกรรมและประมงซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในประเทศสูงและเป็นแหล่งรายได้สำคัญแก่คนในชนบทแล้ว ยังเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่ไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้ดี และสร้างรายได้เงินตราต่างประเทศจำนวนมากมาอย่างต่อเนื่องทุกปี โรงงานอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ประสบปัญหาด้านพลังงานโดยตรง เนื่องจากกระบวนการผลิตต้องการใช้พลังงานอย่างมากในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน การผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้ ถ้าโรงงานอาหารภายในประเทศไทยสามารถหาแนวทางและวิธีการประหยัดพลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้พลังงานก็จะเป็นทางหนึ่งที่จะบรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงานได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

โรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง มีปัญหาเรื่องไม่ทราบต้นทุนทางด้านพลังงานในการผลิต และไม่มีการประเมินค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่เป็นระบบ ทางบริษัทตัวอย่างจึงต้องการหาวิธีการอนุรักษ์พลังงานโดยการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน รวมทั้งกำหนด

รูปแบบของการจัดการเชิงบูรณาการทั้งในแนวทางที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานภายในโรงงานตั้งแต่ เดือน ก.ค. 49 – ก.พ. 50 มีอัตราส่วนใน การใช้พลังงานต่อผลผลิต **เท่ากับ 10,108.91 เมกกะจูล/ตัน** และในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน **มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,344.13 เมกกะจูล/ตัน** ซึ่งถือว่ามีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลผลผลิตและการใช้พลังงานหน่วยเป็น เมกกะจูล/ตัน
ระหว่าง เดือน ก.ค. 2549 – ก.พ. 2550

เดือน	ผลผลิตที่ได้ (ตัน)	ไฟฟ้า(พันหน่วย)	เชื้อเพลิง(พันลิตร)	พลังงานไฟฟ้า (MJ)	เชื้อเพลิงที่ใช้ (MJ)	ผลรวมพลังงาน (MJ)	(MJ/Ton)
ก.ค.	221.036	89.360	54.537	321,696.00	1,986,237.54	2,307,933.54	10,441.44
ส.ค.	266.723	91.696	57.967	330,105.60	2,111,158.14	2,441,263.74	9,152.81
ก.ย.	245.259	87.816	57.453	316,137.60	2,092,420.05	2,408,557.65	9,820.47
ต.ค.	216.708	93.440	66.036	336,384.00	2,405,012.91	2,741,396.91	12,650.19
พ.ย.	194.409	89.456	42.532	322,041.60	1,549,015.44	1,871,057.04	9,624.33
ธ.ค.	216.502	88.752	45.962	319,507.20	1,673,936.04	1,993,443.24	9,207.50
ม.ค.	198.276	92.240	46.477	332,064.00	1,692,674.13	2,024,738.13	10,211.72
ก.พ.	214.629	89.608	49.907	322,588.80	1,817,594.73	2,140,183.53	9,971.55
รวม	1773.542	722.368	420.869	2,600,524.80	15,328,048.98	17,928,573.78	10,108.91
เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน				14.50	85.50	100.00	

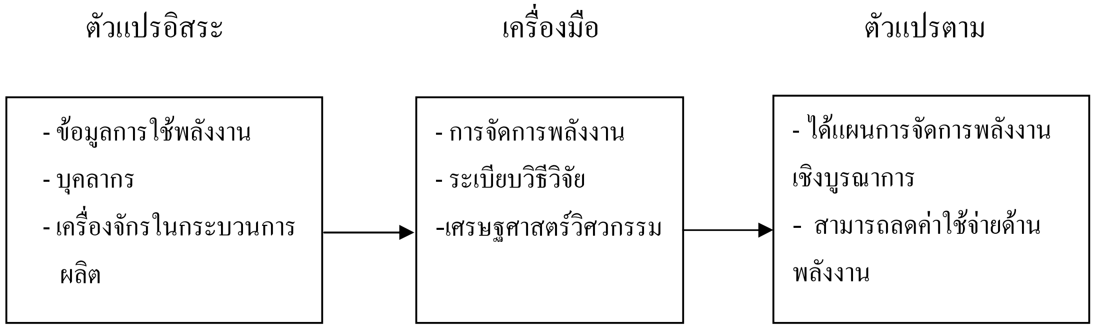
ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลผลผลิตและการใช้พลังงานหน่วยเป็น บาท/ตัน
ระหว่าง เดือน ก.ค. 2549 – ก.พ. 2550

เดือน	ผลผลิตที่ได้ (กิโล)	ไฟฟ้า (บาท)	เชื้อเพลิง (บาท)	น้ำบาดาล (บาท)	รวมพลังงาน (บาท)	พลังงาน (บาท/ตัน)
ก.ค.	221,036.00	284,927.58	777,152.25	61,681.10	1,123,760.93	5,084.06
ส.ค.	266,723.00	294,301.46	826,029.75	61,371.70	1,181,702.91	4,430.45
ก.ย.	245,259.00	282,479.57	818,698.13	64,277.85	1,165,455.55	4,751.94
ต.ค.	216,708.00	292,559.87	941,005.88	53,150.50	1,286,716.25	5,937.56
พ.ย.	194,409.00	282,627.52	606,081.00	51,725.05	940,433.57	4,837.40
ธ.ค.	216,502.00	280,465.74	654,958.50	50,200.15	985,624.39	4,552.50
ม.ค.	198,276.00	292,557.76	662,290.13	54,697.50	1,009,545.39	5,091.62
ก.พ.	214,629.00	282,279.00	711,167.63	50,133.85	1,043,580.48	4,862.25
รวม	1,773,542.00	2,292,198.50	5,997,383.25	447,237.70	8,736,819.45	39,547.77
เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน		26.24	68.64	5.12	100.00	
สัดส่วนการใช้พลังงานเฉลี่ย (บาท/ตัน)						4,943.47

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและปรับปรุงศักยภาพในการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมผักและผลไม้อบแห้งบนการประยุกต์ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล การจัดการงานวิศวกรรม รวมทั้งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ขั้นตอนทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ดำเนินการเชิงบูรณาการและอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอการดำเนินการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ การคำนวณหาความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานของ

หน่วยการผลิตที่สำคัญ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์และแนวทางการเงินในแต่ละมาตรการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

2. กรอบแนวความคิด



3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานภายในโรงงาน เช่น ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง ไอน้ำและน้ำบาดาล

3.2 เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่ต้องลงทุน

3.3 เพื่อเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานแบบไม่ต้องลงทุน

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 การจัดการพลังงานของ โรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง ยังไม่เป็นระบบและไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

4.2 สามารถนำความรู้ทางด้านการจัดการงานซ่อมบำรุงและเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานแบบไม่ต้องลงทุนได้

4.3 ผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่ต้องลงทุน มีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุน

5. ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการสำรวจข้อมูลด้านพลังงาน โดยศึกษาและวิเคราะห์ในรายละเอียดของแหล่งการใช้พลังงานต่างๆในโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง ได้แก่ กระบวนการผลิต, ระบบปรับอากาศ, ระบบแสงสว่าง และระบบส่วนกลาง ระหว่างเดือน กรกฎาคม 2549 - กุมภาพันธ์ 2550 จากนั้นทำ

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน เพื่อเสนอแผนการในการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องลงทุนและแบบที่ไม่ต้องลงทุนอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ระยะเวลาการทำงานวิจัย

ตารางที่ 3 แสดงแผนงานในการทำงานวิจัย

ที่	รายการ	ต.ค. 49	พ.ย. 49	ธ.ค. 49	ม.ค. 50	ก.พ. 50	มี.ค. 50	เม.ย. 50	พ.ค. 50	มิ.ย. 50	ก.ค. 50	ส.ค. 50	ก.ย. 50
1	เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในโรงงาน	↔	↔	↔	↔	↔							
2	วิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างเป็นระบบและวิเคราะห์ทางสถิติ		↔	↔	↔	↔	↔						
3	จัดทำแบบสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูล						↔	↔					
4	เสนอแนวทางและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา								↔	↔	↔	↔	
5	เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการปรับปรุง										↔	↔	
6	ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์												↔
7	สรุปผลและวิธีการแก้ไขปัญหา												↔

7. นิยามศัพท์

ศัพท์ทางด้านการจัดการพลังงานโดยอ้างอิงจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับค่าการใช้พลังงานที่จะกล่าวถึงในวิทยานิพนธ์มีดังนี้

ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต (Specific Energy Consumption: SEC)

ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (SEC) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อการผลิต 1 หน่วยของโรงงาน คำนวณในรูป Final Energy ซึ่งสามารถคำนวณเป็นรายเดือนและเพื่อดูแนวโน้มของโรงงานเองและกำหนดค่าเป้าหมาย และใช้ค่าเฉลี่ย 6 เดือนสำหรับการเปรียบเทียบโรงงานอื่นๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน

การคำนวณค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (SEC)

$$SEC_e = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อ (kwhr)} \times 3.6}{\text{ปริมาณผลผลิต (หน่วย)}} \qquad \text{มีหน่วยเป็น } \frac{\text{MJ}}{\text{หน่วย}}$$

$$SEC_f = \frac{\text{ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x 3.6 x ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง – พลังงานความร้อน (MJ)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (หน่วย)}}$$

มีหน่วยเป็น $\frac{MJ}{\text{หน่วย}}$

$SEC_{total} = SEC_e + SEC_f$ มีหน่วยเป็น $\frac{MJ}{\text{หน่วย}}$

ค่าพลังงานของโรงงาน (Energy Consumption)

ค่าพลังงานของโรงงาน หมายถึง ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตเฉลี่ยในรอบข้อมูลนั้น ซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานรวมทั้ง 6 เดือน หารด้วยปริมาณผลผลิตรวมในช่วง 6 เดือนเดียวกัน

ค่าที่ดีที่สุด (Benchmark)

ค่าที่ดีที่สุด หมายถึง ค่าการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลผลิตเฉลี่ยของโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน ที่มีค่าต่ำสุดในรอบปี

ค่าเฉลี่ย (Average)

ค่าเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของแต่ละโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ได้แผนการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ

8.2 สามารถลดต้นทุนทางด้านการใช้พลังงานได้

บทที่ 2
แนวความคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารทุกประเภท โดยทั่วๆไปโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะใช้พลังงานจากพลังงาน 2 รูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนซึ่งมาจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยมีสัดส่วนการใช้งานที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของกิจกรรมการผลิต ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์แพงตามไปด้วย เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการและแข่งขันอยู่ได้ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงต้องหาทางลดต้นทุนการผลิตลง และแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้ ก็คือ แนวคิดทางด้านการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ซึ่งเป็นการจัดการพลังงานทั้งภายในกระบวนการผลิต และภายนอกกระบวนการผลิต ครอบคลุมทั้งมาตรการที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน เป็นแนวคิดที่จะศึกษาและปรับปรุงศักยภาพในการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรม บนการประยุกต์ศาสตร์ด้านวิศวกรรมและการจัดการ รวมทั้งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ขั้นตอนทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ดำเนินการเชิงบูรณาการและอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอการดำเนินการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ การคำนวณหาความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานของหน่วยการผลิตที่สำคัญ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์และผลตอบแทนทางการเงินในแต่ละมาตรการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการทั่วไป

(การจัดการตามหลักการจัดการทั่วไป (General principles of management) ตามทฤษฎีการจัดการของ Henri Fayol 2549)

Fayol มีความเชื่อว่า เป็นไปได้ที่เราจะหาทางศึกษาถึงศาสตร์ที่เกี่ยวกับการบริหาร (administrative sceinces) ซึ่งสามารถใช้ได้กับการบริหารทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นการบริหารงานอุตสาหกรรมหรืองานรัฐบาล

Fayol ได้สรุปสาระสำคัญตามแนวความคิดของตนไว้ดังนี้ คือ

1. เกี่ยวกับหน้าที่การจัดการ (management functions)

Fayol ได้อธิบายถึงกระบวนการจัดการงานว่า ประกอบด้วยหน้าที่ (functions) ทางการจัดการ 5 ประการ คือ

1. การวางแผน (Planning) หมายถึง ภาระหน้าที่ของผู้บริหารที่จะต้องทำการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบต่อธุรกิจ และกำหนดขึ้นเป็นแผนการปฏิบัติงานหรือวิถีทางที่จะปฏิบัติเอาไว้ เพื่อสำหรับเป็นแนวทางของการทำงานในอนาคต

2. การจัดองค์การ (Organizing) หมายถึง ภาระหน้าที่ที่ผู้บริหารจำต้องจัดให้มีโครงสร้างของงานต่าง ๆ และอำนาจหน้าที่ ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องจักร สิ่งของและตัวคน อยู่ในส่วนประกอบที่เหมาะสม ในอันที่จะช่วยให้งานขององค์การบรรลุผลสำเร็จได้

3. การบังคับบัญชาสั่งการ (Commanding) หมายถึง หน้าที่ในการสั่งงานต่าง ๆ ของผู้ใต้บังคับบัญชา ซึ่งกระทำให้สำเร็จผลด้วยดี โดยที่ผู้บริหารจะต้องกระทำตนเป็นตัวอย่างที่ดีจะต้องเข้าใจคนงานของตน

4. การประสานงาน (Coordinating) หมายถึง ภาระหน้าที่ที่จะต้องเชื่อมโยงงานของทุกคนให้เข้ากันได้ และกำกับให้ไปสู่จุดมุ่งหมายเดียวกัน

5. การควบคุม (Controlling) หมายถึง ภาระหน้าที่ในการที่จะต้องกำกับให้สามารถประกันได้ว่ากิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำไปนั้นสามารถเข้ากันได้กับแผนที่ได้วางไว้แล้ว

ทั้ง 5 หน้าที่ที่ Fayol ได้วิเคราะห์แยกแยะไว้นี้ ถือได้ว่าเป็นวิถีทางที่จะให้ผู้บริหารทุกคนสามารถบริหารงานของตนให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายได้

2. ผู้บริหารจะต้องมีคุณลักษณะพร้อมความสามารถทางร่างกาย จิตใจ ไหวพริบ การศึกษาหาความรู้ เทคนิคในการทำงาน และประสบการณ์ต่าง ๆ

Fayol แยกแยะให้เห็นว่าคุณสมบัติทางด้าน เทคนิควิธีการทำงาน นั้น สำคัญที่สุดในระดับคนงานธรรมดา แต่สำหรับระดับสูงขึ้นไปกว่านั้นความสามารถทางด้านบริหาร จะเพิ่มความสำคัญตามลำดับ และมีความสำคัญมากที่สุดในระดับผู้บริหารขั้นสุดยอด (Top executive) ควรจะได้มีการอบรม (training) ความรู้ทางด้านบริหารควบคู่กันไปกับความรู้ทางด้านเทคนิคในการทำงาน

3. เกี่ยวกับหลักจัดการ (management principles)

Fayol ได้วางหลักทั่วไปที่ใช้ในการบริหารไว้ 14 ข้อ ซึ่งใช้สำหรับเป็นแนวทาง

ปฏิบัติ (guides) สำหรับผู้บริหาร หลักต่าง ๆ ดังกล่าวมีดังนี้คือ

1. หลักที่เกี่ยวกับอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบ (authority & responsibility) คือ อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบเป็นสิ่งที่แยกจากกันมิได้ ผู้ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ที่จะออกคำสั่งได้นั้น ต้องมีความรับผิดชอบต่อผลงานที่ตนทำไปนั้นด้วย

2. หลักของการมีผู้บังคับบัญชาเพียงคนเดียว (unity of command) คือ ในการกระทำใด ๆ คนงานควรได้รับคำสั่งจากผู้บังคับบัญชาเพียงคนเดียวเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดความสับสนในคำสั่งด้วยการปฏิบัติตามหลักข้อนี้ ย่อมจะช่วยให้สามารถขจัดสาเหตุแห่งการเกิดข้อขัดแย้งระหว่างแผนกงาน และระหว่างบุคคลในองค์การให้หมดไป

3. หลักของการมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน (unity of direction) กิจกรรมของกลุ่มที่มีเป้าหมายอันเดียวกันควรจะต้องดำเนินไปในทิศทางเดียวกันและสอดคล้องกัน เป็นไปตามแผนงานเพียงอันเดียวร่วมกัน

4. หลักของการธำรงไว้ซึ่งสายงาน (scalar chain) สายงานอันนี้คือสายการบังคับบัญชาจากระดับสูงมายังระดับต่ำสุด ด้วยสายการบังคับบัญชาดังกล่าวจะอำนวยให้การบังคับบัญชาเป็นไปตามหลักของการมีผู้บัคับบัญชาเพียงคนเดียว และช่วยให้เกิดระเบียบในการส่งทอดข่าวสารข้อมูลระหว่างกันอีกด้วย

5. หลักของการแบ่งงานกันทำ (division of work or specialization) คือ การแบ่งแยกงานกันทำตามความถนัด โดยไม่คำนึงถึงว่าจะเป็นงานด้านบริหารหรือด้านเทคนิค

6. หลักเกี่ยวกับระเบียบวินัย (discipline) โดยถือว่าระเบียบวินัยในการทำงานนั้น เกิดจากการปฏิบัติตามข้อตกลงในการทำงาน ทั้งนี้โดยมุ่งที่จะก่อให้เกิดการเคารพเชื่อฟัง และทำงานตามหน้าที่ด้วยความตั้งใจ เรื่องดังกล่าวนี้ จะทำได้ก็โดยที่ผู้บังคับบัญชาต้องมีความซื่อสัตย์สุจริต และเป็นตัวอย่างที่ดี ข้อตกลงระหว่างผู้บังคับบัญชาและผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา จะต้องเป็นไปอย่างยุติธรรมมากที่สุด และจะต้องยึดถือเป็นหลักปฏิบัติอย่างคงเส้นคงวา

7. หลักของการถือประโยชน์ส่วนบุคคลเป็นรองประโยชน์ส่วนรวม (subordination of individual to general interest) หลักข้อนี้ระบุว่า ส่วนรวมย่อมสำคัญกว่าส่วนย่อยต่าง ๆ ของกลุ่ม เพื่อที่จะให้สำเร็จผลตามเป้าหมายของกลุ่ม (องค์การ) นั้น ผลประโยชน์ส่วนได้เสียย่อมต้องสำคัญเหนืออื่นใดทั้งหมด

8. หลักของการให้ผลประโยชน์ตอบแทน (remuneration) การให้และวิธีการจ่ายผลประโยชน์ตอบแทนควรที่จะยุติธรรม และให้ความพอใจมากที่สุดแก่ทั้งฝ่ายลูกจ้างและนายจ้าง

9. หลักของการรวมอำนาจไว้ส่วนกลาง (centralization) หมายถึง ว่าในการบริหารจะมีการรวมอำนาจไว้ที่จุดศูนย์กลาง เพื่อให้ควบคุมส่วนต่าง ๆ ขององค์การไว้ได้เสมอ และการกระจายอำนาจจะมากน้อยเพียงใดก็ย่อมแล้วแต่กรณี

10. หลักของความมีระเบียบเรียบร้อย (order) ทุกสิ่งทุกอย่างไม่ว่าสิ่งของหรือคนต่างต้องมีระเบียบและรู้ว่าตนอยู่ในที่ใดของส่วนรวม หลักนี้ก็คือหลักมูลฐานที่ใช้ในการจัดสิ่งของและตัวคนในการจัดองค์การนั่นเอง

11. หลักของความเสมอภาค (equity) ผู้บริหารต้องยึดถือความเอื้ออารีและความยุติธรรมเป็นหลักปฏิบัติต่อผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งความจงรักภักดี และการอุทิศตนเพื่องาน

12. หลักของความมีเสถียรภาพของการว่าจ้างทำงาน (stability of tenure) กล่าวว่า ทั้งผู้บริหารและคนงานต้องใช้เวลาระยะหนึ่ง เพื่อเรียนรู้งานจนทำงานได้ดี การที่คนเข้าออกมากย่อมเป็นสาเหตุให้ต้องสิ้นเปลือง และเป็นผลของการบริหารงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

13. หลักของความคิดริเริ่ม (initiative) เนื่องจากว่าคนฉลาดย่อมต้องการที่จะได้รับความพอใจจากการที่ตนได้ทำอะไรด้วยตัวเอง ดังนั้น ผู้บังคับบัญชาควรจะเปิดโอกาสให้ผู้น้อยได้ใช้ความริเริ่มของตนบ้าง

14. หลักของความสามัคคี (esprit de corps) เน้นถึงความจำเป็นที่คนต้องทำงานเป็นกลุ่มที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (teamwork) และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการติดต่อสื่อสาร (communication) เพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มทำงานที่ดี หลักการจัดการของ Fayol ข้างต้นนี้ ยังเป็นหลักเกณฑ์ที่ได้ใช้ปฏิบัติอยู่จนทุกวันนี้ เพราะไม่ว่าเราจะยกเอากิจการใดก็ตามขึ้นมาแยกแยะ ก็จะเห็นว่างานบริหารขององค์การเหล่านี้ มีการจัดแบ่งหน้าที่ขอเงผู้บริหารไว้ใกล้เคียงกับหลักเกณฑ์ที่ Fayol ได้แบ่งแยกเอาไว้

การจัดการ หมายถึง การดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยอาศัยปัจจัยทั้งหลาย ได้แก่ คน เงิน วัสดุสิ่งของ เป็นอุปกรณ์ในการจัดการ (วิรัช 2550)

2.2 การจัดการพลังงาน

การจัดการพลังงาน (Energy management) ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง การออกแบบและวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีการพัฒนานโยบายการใช้พลังงานที่ดี การใช้พลังงานอย่างถูกวิธี และผู้ใช้งานมีความรู้ความเข้าใจเพียงพอที่จะบริหารงานการใช้พลังงาน หัวใจของการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม คือ การใช้พลังงานให้น้อยที่สุดแต่บรรลุ

วัตถุประสงค์ตามความต้องการครบทุกประการ และรวมถึงการนำพลังงานส่วนเกินที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลับมาใช้ใหม่

2.3 การจัดการงานซ่อมบำรุง

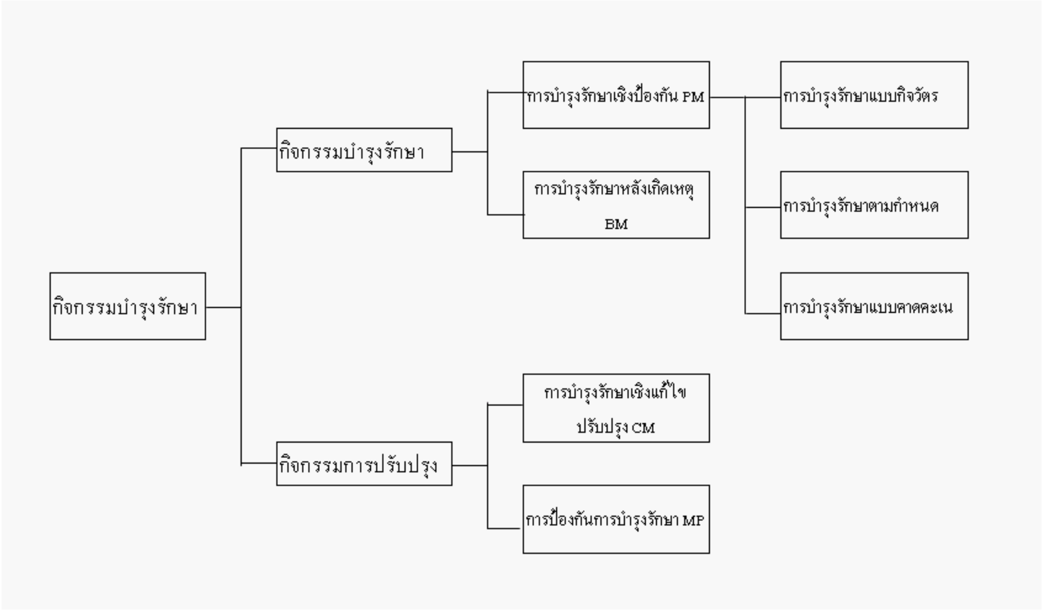
ประเภทของการบำรุงรักษาสามารถจำแนกตามความสัมพันธ์ ของกิจกรรมได้ดังนี้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) เป็นกิจกรรมการบำรุงรักษาที่มีแผนในการป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักร โดยการตรวจสอบตามกำหนดหรือวินิจฉัยสภาพเครื่องจักรเพื่อวัดความเสื่อมและการปรับปรุงซ่อมแซมเพื่อที่จะแก้ไขความเสื่อมได้ทันท่วงที เพื่อการพื้นฟูเครื่องจักรจะประกอบด้วยการบำรุงรักษาแบบกิจวัตร การบำรุงรักษาตามกำหนด และการบำรุงรักษาแบบคาดคะเน

การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ (Break down Maintenance: BM) เป็นการบำรุงรักษาเมื่อการซ่อมแซมได้ทำขึ้นหลังจากที่เครื่องจักรขัดข้องหรือหยุด หรือมีผลผลิตตกลงอย่างมาก

การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance's) เป็นการบำรุงรักษาที่มีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร ความง่ายในการบำรุงรักษาและความปลอดภัยโดยการปรับปรุงข้อด้อยที่เกิดจากขั้นตอนการออกแบบ และโครงสร้างของเครื่องจักรที่มีอยู่เพื่อลดความเสื่อม เหตุขัดข้องซึ่งมีเป้าหมายที่เครื่องจักรปลอดการบำรุงรักษา

การป้องกันการบำรุงรักษา (Maintenance Preventive: MP) เป็นกิจกรรมเพื่อให้ได้เอกสารบำรุงรักษา จากการศึกษาหรือวิจัย เพื่อให้หน่วยงานออกแบบสอบถามสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม ตั้งแต่ การออกแบบ การรักษาไว้ซึ่งความเชื่อถือในการใช้งานของเครื่องจักรตลอดอายุการใช้งาน



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของกิจกรรมการบำรุงรักษาแต่ละประเภท

2.4 ทฤษฎีการตรวจวัดพลังงาน

การตรวจวัดและการวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการด้านพลังงานที่ดี การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานที่เกี่ยวข้อง กับการวัดการใช้พลังงานจริง และเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นการชี้ให้เห็นการใช้พลังงานและเป็นการหาปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละระบบ นอกจากนี้ยังสามารถชี้ให้เห็นว่าส่วนใดที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้บริหารสนใจได้ถูกจุด จะเห็นว่าการตรวจวัดและการวิเคราะห์การใช้พลังงาน เป็นเพียงกิจกรรมหนึ่งของการจัดการด้านพลังงาน การตรวจวัดและการวิเคราะห์พลังงาน หมายถึงการศึกษาการใช้พลังงานในโรงงานซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.4.1 เพื่อหาว่ามีการใช้พลังงานเป็นปริมาณเท่าไร อยู่ที่บริเวณหรือพื้นที่ส่วนไหนและเปลี่ยนรูปไปอย่างไร

2.4.2 เพื่อหาความเป็นไปได้ในการลดและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการวางแผนอนุรักษ์พลังงาน

2.4.3 เพื่อประเมินศักยภาพของแผนอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิคและการลงทุน

2.4.4 เพื่อสร้างข้อเสนอแนะเบื้องต้นของแผนอนุรักษ์พลังงาน

ในการวัดปริมาณใดๆก็ตาม จะใช้วิธีเปรียบเทียบกับปริมาณมาตรฐานแล้วแสดงเป็นค่าตัวเลขปริมาณมาตรฐานหมายถึงปริมาณที่คงที่ค่าหนึ่ง จะเรียกว่า หน่วย เพราะฉะนั้นค่าที่วัดได้ทั่วไปอาจจะเขียนได้ดังนี้คือ

ปริมาณที่วัดได้ = หน่วย X ค่าตัวเลขที่วัดได้

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการวัดได้แก่

ค่าผิดพลาด

ปกติค่าที่วัดได้การการวัดมักจะมีค่าผิดพลาด (Error) รวมอยู่ด้วยเสมอ ค่าผิดพลาดคือค่าที่ผิดไปจากค่าถูกต้องและเกิดจากของที่จะนำมาวัด เครื่องวัดและคนที่ทำการวัด

ค่าจากการวัดที่ถูกต้อง

ค่าที่ได้จากการวัดที่ถูกต้องหรือไม่เพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของความผิดพลาด ถ้าความผิดพลาดน้อยก็จัดว่าเป็นการวัดที่แม่นยำ (Accuracy) ความละเอียด (Precision) สูง

ตัวเลขนัยสำคัญ

เครื่องวัดโดยทั่วๆไปนั้นจะต้องมีการทดสอบและการสอบเทียบ ซึ่งจะกำหนดตัวเลขหลักต่ำสุดที่เชื่อถือได้ในการวัดที่ได้ค่าอยู่ในช่วงที่เชื่อถือได้ เราเรียกตัวเลขที่ได้นี้ว่าตัวเลขนัยสำคัญ ในการคำนวณและเรียบเรียงข้อมูลจำเป็นจะต้องแสดงตัวเลขนัยสำคัญให้ถูกต้องด้วย

การจัดการกับค่าที่ได้จากการวัดและการบำรุงรักษาเครื่องวัด

ผลที่ได้จากการวัดควรที่จะจัดทำเป็นรูปกราฟ แล้วทำการเปรียบเทียบกันระหว่างสภาพการใช้งานต่างๆ เพื่อช่วยตรวจสอบให้เครื่องจักรทำงานในสภาพที่มีประสิทธิภาพดีอยู่เสมอ สำหรับเครื่องวัดก็ควรทำการตรวจตราและสอบเทียบเป็นประจำ ในกรณีที่มีความจำเป็นควรทำการสอบเทียบค่าอย่างละเอียดและปรับค่าเครื่องวัด (Calibration) ให้ถูกต้องด้วย

2.5 แนวคิดเทคโนโลยี่สะอาด (CT)

เทคโนโลยี่สะอาด หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดการเสียวัตถุดิบให้น้อยที่สุดเพื่อให้เกิดใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ในที่นี้จะหมายถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า การนำพลังงานส่วนเกินกลับมาใช้ใหม่ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด

2.6 ระเบียบวิธีวิจัย

(สมบัติ ทีฆทรัพย์ 2545) กระบวนการวิจัยเป็นกระบวนการในการหาความรู้ใหม่ หรือยืนยันความรู้เดิม ที่อาจนำไปปรับเข้ากับสภาพใหม่ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางวิทยาการ

หรือเกิดประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ โดยกระบวนการนี้จะต้องทำตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่ยอมรับได้ในแต่ละกลุ่มวิชานั้น

(William G. Zikmaud 2002) ส่วนการวิจัยทางธุรกิจสามารถทำได้หลายรูปแบบ แต่มีขั้นตอนการทำกระบวนวิจัยหลัก ๆ ดังนี้

- Defining the problem เป็นการกำหนดปัญหา หรือ หัวข้อที่จะทำวิจัย
- Planning a research design เป็นการวางแผนและออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัย
- Planning a sample เป็นการวางแผนการเก็บตัวอย่างหรือข้อมูล ซึ่งอาจเป็นข้อมูลเชิงสถิติหรือข้อมูลเชิงสำรวจ ก็ได้
- Gathering the data เป็นการเก็บรวมรวมข้อมูล ทั้งข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ
- Analyzing the data เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล
- Formulating Conclusions and Preparing the report เป็นการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานผลข้อมูลตลอดจนข้อเสนอแนะ
- Defining the new problem อาจเป็นการนำข้อเสนอแนะที่ได้ มาทำวิจัยใหม่

(ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวความคิดและทฤษฎี ด้านกระบวนวิธีวิจัยเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และอ้างอิง เพื่อความถูกต้องและเหมาะสมตามหลักการ)

2.7 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในที่นี้หมายถึงการวิเคราะห์ทางด้านการเงินซึ่งโดยทั่วไปเป็นการวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนของโครงการของภาคเอกชนหรือผลกำไรทางด้านการเงินเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังรวมถึง การวางแผนทางการเงินที่เหมาะสมให้กับโครงการ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจว่าถ้ามีโครงการแล้วจะไม่มีปัญหาทางการเงินใดๆ ในทุกขั้นตอนของโครงการ และรวมตลอดถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของผู้ร่วมโครงการ เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการมีผลตอบแทนให้กับผู้ร่วมโครงการมากเพียงพอที่จะจูงใจให้เขาเหล่านั้นเข้าร่วมโครงการด้วย และสิ่งที่ควรทราบเป็นสิ่งแรกคือ อะไรคือเกณฑ์ผลตอบแทนด้านการเงินที่องค์กรใช้ เพื่อตัดสินใจลงทุนโครงการ เช่น ระยะเวลาในการคืนทุน หรือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด ได้แก่ อัตราผลตอบแทนการลงทุน หรือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นต้น

ระยะเวลาคืนทุน (Payback)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่ลงไป หาได้โดยการนำต้นทุนโครงการมาหารด้วยมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ในแต่ละปี มีหน่วยเป็นระยะเวลาที่โครงการได้รับเงินลงทุนคืนกลับมาทั้งหมด ซึ่งเป็นวิธีใช้กันแพร่หลายและคำนวณผลตอบแทนด้านการเงินได้ง่ายที่สุด

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าของกระแสเงินจากรายรับและรายจ่ายในแต่ละปีที่ดำเนินโครงการเทียบกลับมาเป็นค่าเงิน ณ วันนี้ คิดมูลค่าปัจจุบันในแต่ละปี ส่วนมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ เป็นผลรวมของมูลค่ากระแสเงินสดที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดอายุโครงการ บางองค์กรไม่มีนโยบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการคิดค่าอัตราการลดค่าเงิน เป็นผลให้การคำนวณมูลค่าทางปัจจุบันสุทธิของโครงการยุ่งยาก จึงต้องมีการตั้งสมมติฐานขึ้นมาเพื่อช่วยในการคำนวณ

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการจะเป็นค่าที่แสดงถึงค่าดอกเบี้ย (r) ที่มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็นศูนย์ตลอดอายุโครงการ ซึ่งหมายถึงการทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันของรายรับและรายจ่าย (รวมถึงเงินเริ่มต้นของโครงการ) มีค่าเท่ากัน ดังนั้น IRR จึงเป็นค่าที่แสดงอัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการที่สามารถใช้เปรียบเทียบว่ามีการลงทุนอื่นที่ดีกว่าโครงการนี้หรือไม่ โดยการลงทุนในที่อื่นๆนอกองค์กรหรือการลงทุนในโครงการอื่นๆขององค์กรก็ได้ ดังนั้นค่า IRR จึงเป็นการพยายามให้ค่าเชิงตัวเลขกับโครงการเพื่อใช้เปรียบเทียบผลประโยชน์จากการลงทุน ยิ่งค่า IRR สูงมากเท่าไหร่ โครงการนั้นจะยิ่งเพิ่มความสนใจในการลงทุนมากขึ้นเท่านั้น องค์กรส่วนใหญ่จะใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในการเลือกโครงการที่น่าสนใจลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตามอาจจะมีการพิจารณาถึงผลตอบแทนการลงทุนในแต่ละโครงการ ซึ่งจะต้องคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(บุตรบำรุง ธรรมโชติ 2541) ทำการศึกษาการประหยัดพลังงานของธนาคารกสิกรไทยในอาคาร พหลโยธิน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ ภายในอาคาร เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีแนวทางในการประหยัดพลังงานได้ 12 แนวทางคือ

1. การใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกันในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
2. ปรับปรุงการบำรุงรักษาหอผึ่งลมเย็น
3. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
4. การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง
5. การติดตั้งอิเล็กโทรนิกส์เทอร์โมสตัสต์
6. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังส่งลมเย็นประจำชั้น
7. การใช้โคมไฟฟ้าชนิดสะท้อนแสง

8. การใช้หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ชนิดประหยัดพลังงาน
9. การใช้บัลลาสต์ชนิดสูญเสียต่ำ
10. การติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง
11. การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
12. การย้ายหม้อแปลง

ซึ่งจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนพบว่ามีเพียง 5 แนวทางที่สามารถดำเนินการได้และคาดว่าสามารถลดพลังงานลงได้

(วัลภา จรูญธรรม 2541) ทำการศึกษาการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก โดยเน้นศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ผลงานวิจัยพบว่าแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าทำได้โดยลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 156 กิโลวัตต์ / ปี การปลดหลอดไฟฟ้าที่เกินความจำเป็นประหยัดได้ 4,737 กิโลวัตต์ / ปี การเปลี่ยนบัลลาสต์จากแบบขดลวดธรรมดาเป็นแบบ Low Watt Loss ประหยัดได้ 746 กิโลวัตต์ / ปี และการหุ้มฉนวนผิวถ่ายเทความร้อนของเครื่องรีดพลาสติกประหยัดได้ 53,350 กิโลวัตต์ / ปี

(จรวย บุญยุบล 2548) การศึกษารายละเอียดเกณฑ์การใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 30 โรงงาน โดยเลือกตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันเตา ตั้งแต่ 300,000 ลิตรต่อปีขึ้นไป หรือใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 100,000 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปีขึ้นไป โดยคำนึงถึงประเภทโรงงานที่ใช้อุปกรณ์พลังงานหลัก ซึ่งได้แก่ หม้อไอน้ำและเตาอุตสาหกรรมที่สำคัญ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าโรงงานที่ใช้หม้อไอน้ำและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เตาเผา ใช้หม้อไอน้ำขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ น้อยกว่า 5 ตันต่อชั่วโมง ไปจนถึงน้อยกว่า 30 ตันต่อชั่วโมง การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตมีความแตกต่างกันมากและโรงงานส่วนใหญ่มิได้ให้ความสนใจต่อการอนุรักษ์พลังงานพอสมควร ส่วนด้านการใช้ไฟฟ้าพบว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานอยู่ในเกณฑ์ต่ำมีโอกาสปรับปรุงได้อีกมาก จากการศึกษาจึงได้กำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงเกณฑ์การใช้พลังงานในการป้องกันการสูญเสียพลังงาน การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ การเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทอื่น โดยมุ่งใช้การใช้พลังงานประเภทที่มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุดหรือมีประสิทธิภาพสูงสุด การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

(สถาบันวิจัยพลังงาน 2548) หลักการในการดูแลระบบทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ เช่น

1. การดูแลและทำความสะอาดคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อระบายความร้อนได้ดี เช่น การจัดช่วงเวลาในการทำความสะอาดตามสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม

2. การดูแลทำความสะอาด อีแวปโปเรเตอร์ เพื่อให้รับความร้อนได้ดี

3. การปรับแต่งและตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ให้สามารถทำงานได้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

4. การตรวจสอบระดับสารทำความเย็นในระบบและการแก้ไขจุดรั่วซึมของสารทำความเย็น การเติมสารทำความเย็นบ่อยนอกจากจะสิ้นเปลืองสารทำความเย็นแล้ว ยังทำให้สารทำความเย็นไม่บริสุทธ์ ซึ่งจะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงาน อันเนื่องมาจาก จุดเดือดที่เปลี่ยนแปลงตามความบริสุทธ์ของสารทำความเย็นนั้นๆ

5. การออกแบบและใช้งานปั๊มน้ำให้มีขนาดเหมาะสม ปั๊มน้ำเย็นส่วนใหญ่มักมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการจริงซึ่งการออกแบบและเลือกใช้ปั๊มน้ำจะเผื่อความดันตกคร่อมแล้วดังนั้นเมื่อใช้งานจริง เฮดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าที่ออกแบบ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนใบพัดหรือถ้าปั๊มเก่ามากก็เปลี่ยนใหม่ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2548) หลักการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมจะมุ่งเน้นการสร้างจิตสำนึกให้บุคลากรภายในโรงงานให้มีความรู้ความเข้าใจวิธีการอนุรักษ์พลังงานทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ รวมถึงการบริหารจัดการการใช้พลังงานได้อย่างถูกวิธี ไม่ว่าจะเป็นด้านพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า รวมถึงการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นมาตรการสนับสนุนอีกทางหนึ่งนอกเหนือไปจากการปรับเปลี่ยน เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียว ดังมีตัวอย่างการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น มาตรการบำรุงรักษาเบื้องต้น (Housekeeping) โดยการเอาใจใส่ดูแลการใช้พลังงานให้มีการรั่วไหลและสูญเปล่าน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและลงทุนน้อย และมีระยะเวลาคืนทุนสั้น สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงงานควบคุมได้ 30 % ของปริมาณการใช้พลังงานปกติ ตัวอย่างมาตรการเช่น มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในเวลากลางวันโดยการใช้แสงธรรมชาติ โดยการเปลี่ยนกระเบื้องหลังคาเป็นชนิดแผ่นใส มาตรการซ่อมแซมรอยรั่วในระบบอัดอากาศ มาตรการลดการสูญเสียความร้อนโดยการหุ้มฉนวน มาตรการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle time) มาตรการลดของเสียจากกระบวนการผลิต และอื่นๆ เป็นต้น นอกจากกิจกรรมแบบมีส่วนร่วมเพื่อการประหยัดแล้ว ยังมีเทคนิคอีกหลายอย่างที่สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินกิจกรรมทางการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีเทคนิคต่างๆดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพ (QCC)
2. กิจกรรม 5 ส
3. ระบบมาทันเวลาพอดี (JIT)
4. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)
5. การบำรุงรักษาทวีผล (Productive maintenance)
6. การควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Management : TQM)

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

1. ประชากร

พลังงานไฟฟ้า เชื้อเพลิงและน้ำบาดาลภายในโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 พนักงานและหัวหน้าแผนกในกระบวนการผลิต

2.2 หัวหน้าฝ่ายผลิตและผู้จัดการโรงงาน

2.3 ช่างซ่อมบำรุงและช่างควบคุมเครื่องจักรการผลิต

3. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

- แบบสอบถามความพึงพอใจของ กลุ่มตัวอย่าง

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

- ข้อมูลภาพรวมการใช้พลังงานในโรงงานต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิต และผลการวัดจากเครื่องมือวัดต่างๆ
- มาตรฐานการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน
- สิ่งตีพิมพ์ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำมาอ้างอิงได้

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพลังงาน

เครื่องมือวัดที่ใช้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องมือวัดด้านความร้อนและเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า

4.1 เครื่องมือวัดด้านความร้อน

เครื่องมือวัดด้านความร้อนแสดงในภาพที่ 3-2 ถึง ภาพที่ 5

ภาพที่ 2 เครื่องวัดอุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสีอินฟราเรด

ภาพที่ 4 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์

ภาพที่ 5 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ (Flow meter)

4.2 เครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า

เครื่องมือวัดด้านความร้อนแสดงในภาพที่ 6 ถึง ภาพที่ 8 ซึ่งรายละเอียดของข้อกำหนดทางด้านเทคนิค ของอุปกรณ์ดังกล่าว (Specification) แสดงในภาคผนวก

ภาพที่ 6 เครื่องบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 7 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

ภาพที่ 8 เครื่องวัดความเข้มของแสง (Lux meter)

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2549 – กุมภาพันธ์ 2550

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

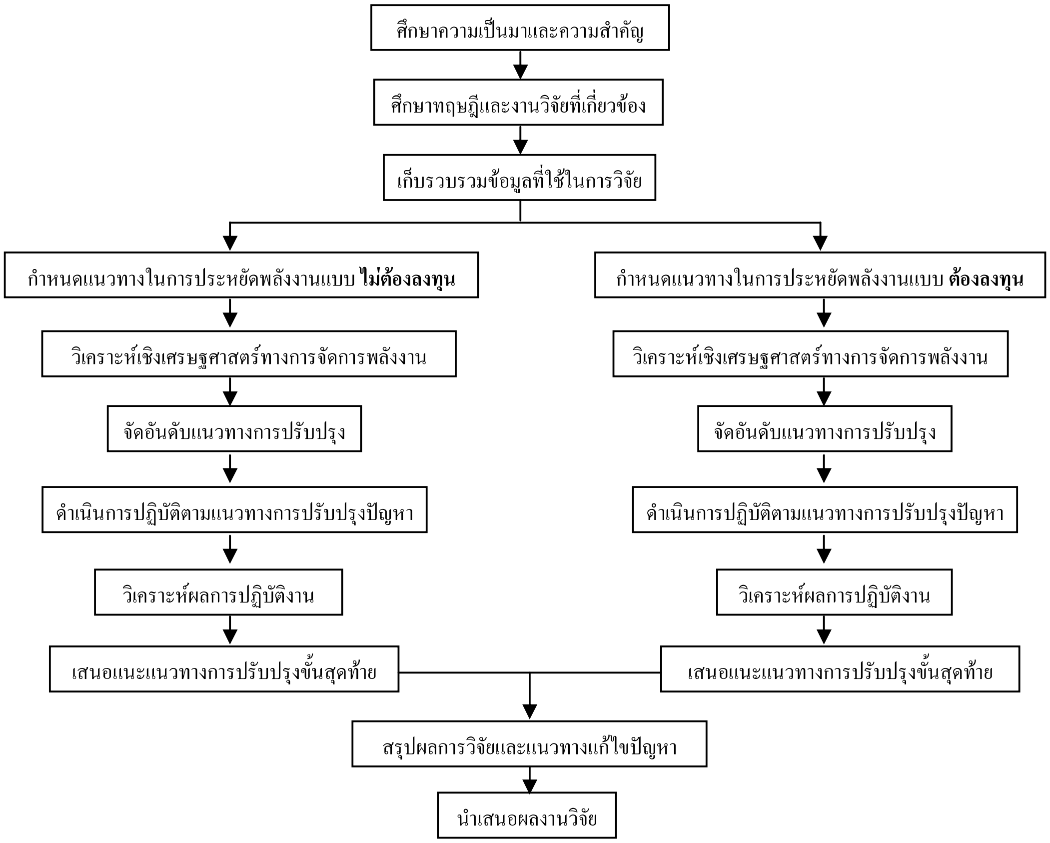
ในงานวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ด้านต่างๆดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือน และคำนวณค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานตัวอย่าง

6.2 การวิเคราะห์แบบสอบถาม เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงในงานวิจัยนี้และศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการในอนาคต

6.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนภายใน (IRR) ของแนวทางการปรับปรุงในงานวิจัยนี้

7. ขั้นตอนในการทำวิจัย



ภาพที่ 9 แสดงขั้นตอนในการทำงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจและตรวจวัดการใช้พลังงานของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง โดยแยกการใช้พลังงานออกเป็น 3 ส่วนคือ พลังงานไฟฟ้า, พลังงานเชื้อเพลิงและน้ำบาดาล และได้แบ่งการศึกษามาตรการในการประหยัดพลังงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่1 มาตรการที่ต้องลงทุนและส่วนที่2 มาตรการที่ไม่ต้องลงทุน ซึ่งจะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาพรวมของโรงงานก่อน แล้วเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของโรงงานในกลุ่มอุตสากรรมเดียวกัน หลังจากนั้นก็จะทำการวิเคราะห์หามาตรการประหยัดพลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต ทั้งมาตรการที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน แล้วทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ในแต่ละมาตรการเพื่อทำการจัดลำดับมาตรการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการพร้อมนำเสนอการจัดการพลังงานในลำดับถัดไป

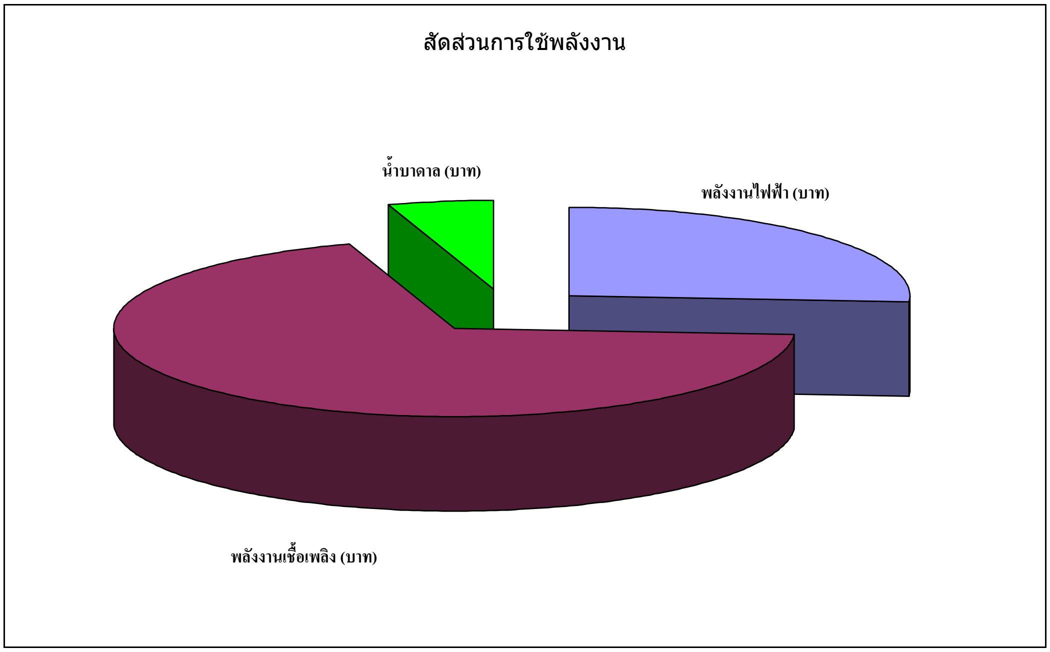
1. การวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาพรวมของโรงงาน

ในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า, พลังงานความร้อนและน้ำบาดาลจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า, ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและมิเตอร์การใช้น้ำบาดาลของโรงงานย้อนหลัง 8 เดือนซึ่งมีการใช้ไฟฟ้า, เชื้อเพลิงและน้ำบาดาลดังตารางที่ 4 แสดงภาพรวมการใช้พลังงานทั้งหมดของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง โดยข้อมูลจะเทียบกับผลผลิตที่ได้ต่อตัน และได้แยกวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะในส่วนของพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงเพื่อหาดัชนีการใช้พลังงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในแต่ละเดือน และดัชนีการใช้พลังงานต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ ย้อนหลัง 8 เดือนแล้ว มีอัตราส่วนในการใช้พลังงานต่อผลผลิต เท่ากับ 10,108.91 เมกกะจูล / ตัน ดังตารางที่ 5 และ เมื่อเทียบอัตราส่วนการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2,344.13 เมกกะจูล / ตัน (รายละเอียดดูในภาคผนวก) ถือว่ามีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวมโดยเทียบกับผลผลิต

เดือน	ผลผลิตที่ได้ (กิโลกรัม)	ไฟฟ้า (บาท)	เชื้อเพลิง (บาท)	น้ำบาดาล (บาท)	รวมพลังงาน (บาท)	พลังงาน (บาท/ตัน)
ก.ค.	221,036.00	284,927.58	777,152.25	61,681.10	1,123,760.93	5,084.06
ส.ค.	266,723.00	294,301.46	826,029.75	61,371.70	1,181,702.91	4,430.45
ก.ย.	245,259.00	282,479.57	818,698.13	64,277.85	1,165,455.55	4,751.94
ต.ค.	216,708.00	292,559.87	941,005.88	53,150.50	1,286,716.25	5,937.56
พ.ย.	194,409.00	282,627.52	606,081.00	51,725.05	940,433.57	4,837.40
ธ.ค.	216,502.00	280,465.74	654,958.50	50,200.15	985,624.39	4,552.50
ม.ค.	198,276.00	292,557.76	662,290.13	54,697.50	1,009,545.39	5,091.62
ก.พ.	214,629.00	282,279.00	711,167.63	50,133.85	1,043,580.48	4,862.25
รวม	1,773,542.00	2,292,198.50	5,997,383.25	447,237.70	8,736,819.45	39,547.77
เปอร์เซ็นต์การใช้พลังงาน		26.24	68.64	5.12	100.00	
สัดส่วนการใช้พลังงานเฉลี่ย (บาท/ตัน)						4,943.47

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณามูลค่าการใช้พลังงาน 3 ประเภท คือ ไฟฟ้า, เชื้อเพลิง,และน้ำบาดาล พบว่ามีสัดส่วนมูลค่าการใช้พลังงานเท่ากับร้อยละ 26.24 68.64 และ 5.12 ตามลำดับ และเมื่อคิดมูลค่าการใช้พลังงานทั้งหมดเทียบกับผลผลิตแล้ว ได้เท่ากับ 4,943.47 บาท / ตัน



ภาพที่ 10 แสดงสัดส่วนภาพรวมการใช้พลังงานภายในโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง

จากแผนภูมิภาพที่ 10 พบว่าพลังงานเชื้อเพลิงมีสัดส่วนการใช้มากที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์ภายในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อนเป็นหลัก และรองลงมาคือ

พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศ และลำดับสุดท้ายคือน้ำบาดาล ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงโดยเทียบกับผลผลิต

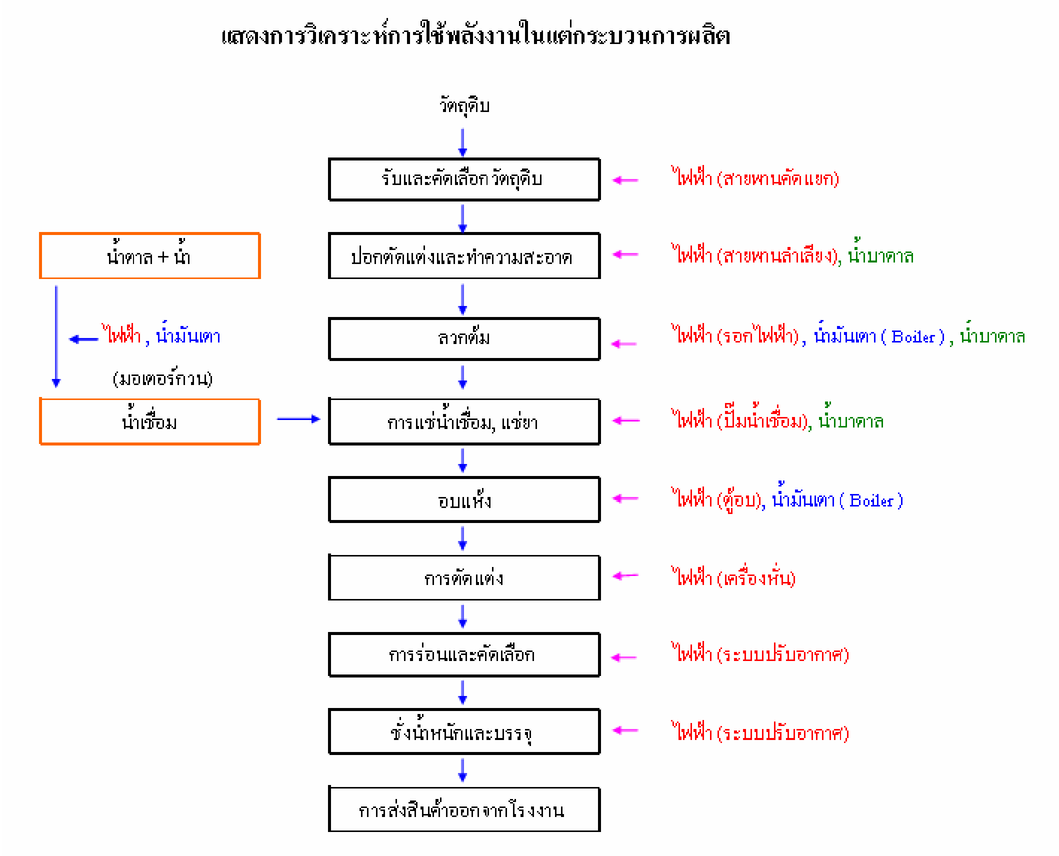
ข้อมูลผลผลิตและพลังงานปี 2549 - 2550

เดือน	ผลผลิตที่ได้ (ตัน)	ไฟฟ้า(พันหน่วย)	เชื้อเพลิง(พันลิตร)	พลังงานไฟฟ้า (MJ)	เชื้อเพลิงที่ใช้ (MJ)	ผลรวมพลังงาน (MJ)	(MJ/Ton)
ก.ค.	221.036	89.360	54.537	321,696.00	1,986,237.54	2,307,933.54	10,441.44
ส.ค.	266.723	91.696	57.967	330,105.60	2,111,158.14	2,441,263.74	9,152.81
ก.ย.	245.259	87.816	57.453	316,137.60	2,092,420.05	2,408,557.65	9,820.47
ต.ค.	216.708	93.440	66.036	336,384.00	2,405,012.91	2,741,396.91	12,650.19
พ.ย.	194.409	89.456	42.532	322,041.60	1,549,015.44	1,871,057.04	9,624.33
ธ.ค.	216.502	88.752	45.962	319,507.20	1,673,936.04	1,993,443.24	9,207.50
ม.ค.	198.276	92.240	46.477	332,064.00	1,692,674.13	2,024,738.13	10,211.72
ก.พ.	214.629	89.608	49.907	322,588.80	1,817,594.73	2,140,183.53	9,971.55
รวม	1773.542	722.368	420.869	2,600,524.80	15,328,048.98	17,928,573.78	10,108.91
% การใช้พลังงาน				14.50	85.50	100.00	

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาข้อมูลการใช้พลังงาน 2 ประเภทในหน่วยเมกกะจูลแล้ว พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเท่ากับร้อยละ85.50 พลังงานไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ14.50 และเมื่อพิจารณาการใช้พลังงานทั้ง 2 ประเภทรวมกันเทียบกับผลผลิตแล้ว จะได้เท่ากับ 10,108.95 เมกกะจูล/ตัน

2. การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการในการประหยัดพลังงาน

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาพรวมของโรงงานแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์แต่ละกระบวนการที่สามารถนำมาตรการทางด้านการจัดการมาใช้ในการประหยัดพลังงาน โดยในแต่ละกระบวนการผลิตจะทำการวิเคราะห์ทั้ง 2 แนวทางคือแนวทางของมาตรการที่ต้องลงทุนและแนวทางของมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และสามารถวิเคราะห์กระบวนการตามรูปที่ 10 เป็นแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 11 แสดงการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต

จากภาพที่ 11 จะแสดงภาพรวมในการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละกระบวนการผลิตจะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันไปตามกรรมวิธีการผลิตของแต่ละกระบวนการ และในที่นี้ทางผู้จัดทำจะนำเสนอและอธิบายขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่เห็นว่ามีความสำคัญและสามารถนำระบบการจัดการพลังงานมาใช้ในการประหยัดพลังงานได้ ตามรายละเอียดที่นำเสนอต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการปอกตัดแต่งและทำความสะอาด

จากการสำรวจในขั้นตอนกระบวนการปอกตัดแต่งและทำความสะอาดนั้นจะใช้แรงงานคนในการปอกและตัดแต่งโดยมีสายพานลำเลียงป้อนวัตถุดิบให้ต่อเนื่อง และสัมพันธ์กับความเร็วที่ใช้แรงงานคนปอกและสายพานลำเลียงป้อนวัตถุดิบนี้จะมีการสเปรย์น้ำทำความสะอาดวัตถุดิบตลอดเวลา ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ และล้างทำความสะอาดพื้นอาคารผลิตได้ดังต่อไปนี้

- น้ำที่ใช้ในการล้างวัตถุดิบ 11 ลบ.ม. / วัน
- ใช้พนักงานในการล้างวัตถุดิบทั้งหมด 3 คน / วัน
- น้ำที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดพื้น 1.2 ลบ.ม. / วัน

2.2 ขั้นตอนการลวกต้ม

ขั้นตอนการลวกต้มนี้เป็นกรรมวิธีในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ โดยผ่านกระบวนการลวกหรือต้มผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง และความร้อนที่ใช้ในการลวกต้มนั้นเป็นความร้อนที่ได้จากไอน้ำ ซึ่งแหล่งกำเนิดเป็นหม้อไอน้ำขนาด 3 ตัน / ชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด C ผลิตแรงดันจ่ายที่ 5 bar โดยจะมีการควบคุมการลดแรงดันแต่ละจุดตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้งาน และสามารถแสดงปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง (น้ำมันเตาเกรด C) และรวมค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในแต่ละเดือนได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน

เดือน	**เชื้อเพลิง (ลิตร)**	**เชื้อเพลิง (บาท)**
ก.ค. 49	54,537	777,152.25
ส.ค. 49	57,967	826,029.75
ก.ย. 49	57,453	818,698.13
ต.ค. 49	66,036	941,005.88
พ.ย. 49	42,532	606,081.00
ธ.ค. 49	45,962	654,958.50
ม.ค. 50	48,477	662,290.13
ก.พ. 50	49,907	711,167.63
รวม	**420,869**	**5,997,383.25**
เฉลี่ย	**52,609**	**749,672.91**

จากข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในตารางที่ 6 จะเป็นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อเดือน โดยคิดที่การทำงานจริง 30 วัน/เดือน และจะได้ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงทั้งหมด 52,609 ลิตร/เดือน เช็คราคาน้ำมันเตา ณ.วันที่ 4 พฤษภาคม 2550 ราคา 14.25 บาท/ลิตร ดังนั้นคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงทั้งหมด 749,672.91 บาท/เดือน

2.3 ขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อม

หลังจากลวกหรือต้มผลิตภัณฑ์เสร็จแล้วจะนำผลิตภัณฑ์ใส่ลงไปในอ่าง เพื่อเตรียมปรับรสชาติเพื่อให้มีรสชาติที่สม่ำเสมอกันโดยใช้วิธีการแช่น้ำเชื่อม ซึ่งวิธีการแช่น้ำเชื่อมนี้จะทำให้น้ำเชื่อมค่อยๆซึมเข้าไปแทนที่น้ำในผลิตภัณฑ์อย่างช้าๆ โดยจะต้องเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อม (ปรับความหวาน) จนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการอิ่มตัวด้วยน้ำตาล ซึ่งในการทำน้ำเชื่อมนั้นจะใส่ส่วนผสมต่างๆลงในหม้อผสมน้ำเชื่อมแล้วให้ความร้อนจนส่วนผสมละลายเข้ากัน ความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนที่ได้จากไอน้ำที่ใช้แหล่งกำเนิดเป็นหม้อไอน้ำเช่นเดียวกับขั้นตอนการลวกต้มผลิตภัณฑ์

ในขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมนี้จะใช้ท่อในการลำเลียงน้ำเชื่อมจากหม้อผสมน้ำเชื่อมมายังอ่างแช่ผลิตภัณฑ์ และในการลำเลียงน้ำเชื่อมจากอ่างแช่ผลิตภัณฑ์ไปยังหม้อผสมน้ำเชื่อมเพื่อปรับความหวาน ซึ่งหลังจากทำการสำรวจแล้วพบว่าทั้งการลวกต้มผลิตภัณฑ์ และการแช่น้ำเชื่อมนั้นก่อให้เกิดการทิ้งน้ำตาลลงในระบบบำบัดประมาณวันละ 685 ก.ก. ทั้งนี้น้ำตาลดังกล่าวเกิดจากน้ำเชื่อมที่ค้างอยู่ในท่อลำเลียงน้ำเชื่อม น้ำที่ใช้ในการลวกต้ม และน้ำที่ใช้ล้างอ่างน้ำเชื่อม ดังนั้นสามารถที่จะจัดทำมาตรการเทคโนโลยี่สะอาด (CT) เพื่อที่ลดของเสียที่จะส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียได้ รวมถึงจัดหามาตรการในการนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งเพื่อให้เกิดการประหยัดมากที่สุด

2.4 ขั้นตอนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

ในขั้นตอนกระบวนการอบแห้งนี้เป็นกระบวนการในการนำน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกมาให้อยู่ในปริมาณที่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงอยู่ได้นานที่สุด โดยจะต้องมีการใช้เครื่องจักร (ตู้อบ) ในการอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบต้องผ่านกระบวนการแช่น้ำเชื่อมมาเรียบร้อยแล้ว เครื่องจักรในการอบแห้งจะต้องใช้พลังงาน 2 ส่วนคือ ใช้ความร้อนจากไอน้ำในการอบแห้งซึ่งแหล่งกำเนิดเป็นหม้อไอน้ำ (พลังงานเชื้อเพลิง) และใช้พัดลมแบบ Centrifugal fan ในการควบคุมการจ่ายปริมาณลมร้อนเข้าในตู้อบ (พลังงานไฟฟ้า) โดยการอบแห้งแต่ละครั้ง สามารถอบได้ในปริมาณ 468.3 ก.ก. / รอบการอบ ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 40 ชั่วโมง

2.5 ขั้นตอนการตัดแต่ง

สำหรับขั้นตอนการตัดแต่งนี้เป็นขั้นตอนที่นำผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งแล้ว มาตัดแต่งเพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของลูกค้า

2.6 ขั้นตอนการร่อน, คัดเลือก, ชั่งน้ำหนัก และ การบรรจุ

หลังจากทำการตัดแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีรูปร่างและขนาดตรงตามความต้องการแล้ว จะนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาคัดขนาดให้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีขนาดใกล้เคียงกันด้วยวิธีการร่อนบนตะแกรง ในขณะเดียวกันก็จะทำการคัดเลือกสิ่งแปลกปลอมออกจากผลิตภัณฑ์ไปด้วย และเมื่อผ่านขั้นตอนการ

ร่อนและคัดเลือกแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการชั่งน้ำหนัก และการบรรจุ เพื่อเตรียมการส่งออกให้ลูกค้าในลำดับต่อไป โดยในขั้นตอนการร่อน, คัดเลือก, ชั่งน้ำหนัก และ การบรรจุนี้จะเป็นการทำงานภายในห้องปรับอากาศและต้องมีแสงสว่างในการทำงานมากพอสมควร ซึ่งมีมาตรฐานความเข้มของแสงสว่างตามที่กฎหมายกำหนด

3. แนวทางการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องมีการลงทุน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแนวทางและวิธีการในการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องมีการ ลงทุนรวมไปถึงการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของแต่ละมาตรการ โดยจะทำการอธิบายแต่ละมาตรการตามลำดับกระบวนการผลิตที่อธิบายไปแล้วในข้อ 4.2

3.1 จัดหาเครื่องจักรล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน

จัดหาเครื่องจักรล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน เพื่อลดปริมาณการใช้แรงงานคนและลดปริมาณการใช้น้ำบาดาล ซึ่งจากการหาข้อมูลของเครื่องจักรแล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการล้างแบบเดิมที่ใช้แรงงานคนแล้วพบว่า

การล้างแบบเดิม

ปัจจุบันมีการรับวัตถุดิบเฉลี่ยประมาณวันละ 11,085 ก.ก.ใช้น้ำเฉลี่ยวันละ11,110 ลิตร (ข้อมูลเดือนม.ค. - ธ.ค. 50) แสดงว่าในการล้างวัตถุดิบแบบเดิม 1 ก.ก. จะใช้น้ำในการล้าง 1 ลิตร และใช้พนักงานในการล้างทั้งหมด 3 คน

การล้างโดยใช้เครื่อง

ใช้น้ำครั้งละ 1,032 ลิตร โดย 1 วันใช้น้ำ 2 ครั้ง (เปลี่ยนน้ำทุก 4 ชม.) รวมใช้น้ำ 2,064 ลิตรต่อวัตถุดิบทั้งหมด 25,000 ก.ก. แสดงว่าในการล้างวัตถุดิบโดยใช้เครื่อง 1 ก.ก. จะใช้น้ำในการล้าง 0.08 ลิตร และใช้พนักงานในการคุมเครื่อง 2 คน

ดังนั้นถ้าใช้เครื่องล้างวัตถุดิบจะประหยัดน้ำกว่าการล้างแบบเก่า 1 - 0.08 = 0.92 ลิตร/วัตถุดิบ 1 ก.ก. ซึ่งทางโรงงานรับวัตถุดิบเฉลี่ยวันละประมาณ 11,085 ก.ก. จึงสามารถประหยัดน้ำได้ 11,085 x 0.92 = 10,198 ลิตร

ค่าน้ำบาดาล 1,000 ลิตร เท่ากับ 11.05 บาท ซึ่งทำให้ลดค่าใช้จ่ายได้ (10,198 x 11.05)/1,000 = 112.69 บาท/วัน

การล้างวัตถุดิบโดยใช้เครื่องนั้นจะใช้พนักงานเพียง 2 คน ทำให้ลดพนักงานไปได้ 1 คน ซึ่งประหยัดค่าแรงได้วันละ 194 บาท

เพราะฉะนั้นการล้างวัตถุดิบโดยใช้เครื่องสามารถลดค่าใช้จ่ายได้วันละ 194 + 112.69 = 306.69 บาท

ถ้า 1 ปี ล้างวัตถุดิบ 330 วัน จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ทั้งสิ้น306.69 x 330 =**101,208** บาท

นอกจากนี้ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้อีกปีละประมาณ **102,061** บาท

ดังนั้นการใช้เครื่องล้างวัตถุดิบสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทั้งสิ้นปีละ **203,269** บาท

มูลค่าของเครื่องล้างวัตถุดิบนั้นมีค่าเท่ากับ 593,552 บาท ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุนทั้งหมด 2.92 ปี หรือเทียบเท่ากับ 2 ปี 11 เดือนและมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 28.27

ภาพที่ 12 แสดงเครื่องจักรล้างวัตถุดิบ

จากภาพที่ 12 แสดงเครื่องจักรล้างวัตถุดิบซึ่งมีการผลิตโดยบริษัทแห่งหนึ่ง และสามารถใช้งานได้จริงตามความต้องการของโรงงาน (ล้างได้ปริมาณ 25 ตัน/วัน) โดยมีหลักการทำงานคือใช้หัวฉีดน้ำด้วยแรงดันสูงทั้ง 2 ข้างของอ่าง เพื่อทำให้น้ำปั่นป่วนทำความสะอาดวัตถุดิบ ซึ่งมีการลำเลียงผ่านด้วยระบบสายพาน

3.2 เปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในตารางที่4.3 ได้จัดหาข้อมูลหม้อไอน้ำและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำชนิดต่างๆ เพื่อรองรับค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่มีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อยๆในอนาคต และได้บทสรุปที่จะเลือกใช้หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงถ่านหินเนื่องจากประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงกว่าหม้อไอน้ำ แบบใช้น้ำมันเตา(รายละเอียดดูในภาคผนวก ค) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วมีระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2 ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)ร้อยละ **56.22** แต่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางด้านอากาศสูงกว่าหม้อไอน้ำชนิดอื่นและค่อนข้างต่อต้านจากชุมชนรอบข้าง ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการนำ

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้(http://www.eppo.go.th/coal/index.htmlวันที่5พ.ค.50)โดยสุดท้าย ค่ามลพิษของอากาศที่ปล่อยสู่บรรยากาศต้องมีค่าไม่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายควบคุม

3.3 ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (มีเทน) มาใช้ทดแทนน้ำมันเตา

ปัจจุบันในระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่างใช้เป็นระบบบำบัดแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน (anaerobic) และเป็นรูปแบบของบ่อหมัก ซึ่งหลังจากการบำบัดแล้วจะทำให้เกิดก๊าซมีเทนขึ้นจำนวนมากปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ อีกทั้งในปัจจุบันปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยเข้าระบบบำบัดมีปริมาณมากขึ้นและค่า BOD สูงขึ้น (200 ลบ.ม. / วัน, ค่า BOD เท่ากับ 22,000 มิลลิกรัม/ลิตร) ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ปัจจุบันมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะรองรับน้ำเสียในปริมาณดังกล่าวได้ จะมีผลทำให้เกิดกลิ่นรบกวนพื้นที่ในส่วนของโรงงานและพื้นที่ชุมชนโดยรอบโรงงานได้ อีกทั้งในปัจจุบันพลังงานเชื้อเพลิงค่อนข้างจะมีราคาสูงและมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งผู้จัดทำงานวิจัยเห็นว่าควรที่เสนอมาตรการในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพ (มีเทน) มาจ่ายเข้าระบบเผาไหม้ของหม้อไอน้ำเพื่อใช้งานแทนน้ำมันเตาได้ จึงได้ทำการศึกษาข้อมูลของระบบบำบัดแบบต่างๆจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง(รายละเอียดทางเทคนิคดูในภาคผนวก ข) และได้ผลสรุปของการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำเสียพื้นฐานการออกแบบระบบ

ลำดับ	รายการข้อมูล	จำนวน	หน่วย
1	**ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย**		
	1.1 ปริมาณน้ำเสีย	200	ลบม./วัน
	1.2 ความเข้มข้น COD	44,000	มก./ล.
	1.3 ปริมาณ COD	8,800	ก.ก./วัน
	1.4 ความเข้มข้น BOD	22,000	มก./ล.
	1.5 ปริมาณ BOD	4,400	ก.ก./วัน
2	**ข้อมูลการออกแบบระบบบำบัดแบบ Fix Film ของโรงงาน**		
	2.1 ภาระการรับสารอินทรีย์ (OLR)	3	ก.ก.COD/ลบม./วัน
	2.2 ระยะเวลาการกักเก็บ (HRT)	14.7	วัน
	2.3 ประสิทธิภาพการบำบัด	80	เปอร์เซ็นต์
	2.4 สัดส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพ	0.45	ลบม.ก๊าซ/กกCODที่ถูกย่อยสลาย

ตารางที่ 8 ข้อมูลการออกแบบและการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

ลำดับ	รายการข้อมูล	จำนวน	หน่วย
1	**ขนาดของระบบบำบัดแบบ Fix Film**		
	1.1 ปริมาตรกักเก็บน้ำเสียของถังปฏิกรณ์	4,400	ลบม.
	1.2 ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ได้	3,168	ลบม./วัน
	1.3 เทียบเท่าน้ำมัน เตา	1,489	ลิตร/วัน
	1.4 มูลค่าทดแทนน้ำมันเตา	8.57	ล้านบาท/ปี(@ 17.45 บาท/ลิตร (ราคา ณ 6 ธ.ค. 50) ที่ 330 วันทำการ
	1.5 เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า	6,030	กิโลวัตต์ - ชม. / วัน
	1.6 วันทำการใน 1 ปี	330	วัน/ปี
2	**เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบและเปลี่ยนชุด BURNER**	24,100,000.00	บาท
3	**ต้นทุนการเดินระบบ (ตามข้อมูลในภาคผนวก)**	750,800.00	บาท/ปี
4	**ค่าเสื่อมของระบบ**		
	4.1 อายุของระบบ	15	ปี
	4.2 ค่าเสื่อม (มูลค่าเงินลงทุน / อายุของระบบ)	1,606,666.67	บาท/ปี
5	**ระยะเวลาคืนทุน(ปี)**		
	5.1 ระยะเวลาในการคืนทุน	3.08	ปี
6	**ค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์**		
	6.1 IRR (Internal rate of return)	**31.96%**	เปอร์เซ็นต์

3.4 โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง (ตู้อบ)

จากการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักรในระบบการอบแห้งของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่างโดยละเอียดแล้ว จะเห็นว่าเครื่องจักรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานที่สูงและมีประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำ อีกทั้งปริมาณน้ำหนักการอบแห้งต่อBatchไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้เสนอวิธีการในการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง (เทคนิคจากการวิจัยและพัฒนาของฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์)โดยมีรายละเอียดในการปรับปรุงดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบให้มีความแม่นยำ, เสถียรภาพและมีความสะดวกต่อการใช้งานมากกว่าเดิม
- เพิ่มขนาดของตู้อบให้สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณที่มากกว่าเดิมโดยผลิตภัณฑ์หลังการอบต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนเดิม
- ปรับปรุงระบบการหมุนเวียนของลมร้อนภายในตู้อบให้เป็นไปตามงานวิจัยและพัฒนาที่ฝ่ายวิจัยและพัฒนาได้ทดลองและคิดค้นขึ้นมาใหม่

และจากรายละเอียดการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้งสามารถแสดงงบประมาณในการปรับปรุงได้ดังต่อไปนี้

- งานปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิ ราคา 3,845,475 บาท
- งานเพิ่มขนาดและปรับปรุงโครงสร้างตู้อบ ราคา 8,040,465 บาท
- งานปรับปรุงระบบการหมุนเวียนลม ราคา 1,299,294 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงทั้งหมดราคา **13,185,234** บาท

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงตู้อบ

รายการ	ตู้อบแบบเดิมก่อนปรับปรุง	ตู้อบแบบใหม่หลังปรับปรุง
1. น้ำหนักที่สามารถอบได้ (ก.ก./รอบการอบ)	468.30	514.00
2. เวลาที่ใช้ในการอบ (ช.ม./รอบการอบ)	40.00	25.00
3. พลังงานไอน้ำ (บาท/รอบการอบ)	4,385.40	2,327.61
4. พลังงานไฟฟ้า (บาท/รอบการอบ)	261.63	334.88

หมายเหตุ : อ้างอิงข้อมูลจากการทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพตู้อบจริง 1 ตู้

จากข้อมูลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงตู้อบ ตามตารางที่ 9 เมื่อนำมาคำนวณอัตราการประหยัดพลังงาน ที่กำลังการผลิตในปัจจุบันคือมีการผลิตทุกวัน สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานลงได้ 1,637,687.75 บาท / ปี ดังนั้น ระยะเวลาในการคืนทุนของการปรับปรุงอยู่ที่ **7.79** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) เท่ากับร้อยละ **10.83**

3.5 เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิมและลดจำนวนหลอดไฟลง

จากการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในโรงงานทั้งหมดพบว่ามีการใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมดเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา โดยสามารถแยกรายละเอียดได้คือ หลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าขนาด 18 วัตต์/หลอด จำนวน 13 หลอด และ ขนาด 36 วัตต์/หลอด จำนวน 707 หลอด คิดเป็นกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 25.686 กิโลวัตต์ และเมื่อทำการคำนวณและวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในโรงงานแล้วพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 205.49 กิโลวัตต์/วัน (คิดที่เวลาใช้งานทั้งหมด 8 ชั่วโมงต่อวัน) ดังนั้น ในระยะเวลา

1 ปี (330วัน ทำงาน) ใช้พลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งสิ้น 67,811.7 กิโลวัตต์ /ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 183,091.59 บาท / ปี (คิดที่ค่าไฟฟ้า 2.7 บาท / หน่วย) จากต้นทุนทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูงพอสมควรจึงได้คิดหามาตรการในการจัดการในเรื่องของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการเสนอให้มีการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา มาใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (TL-D Super 80) ซึ่งให้แสงสว่างได้มากกว่าเดิมร้อยละ30 พร้อมทั้งติดตั้งแผ่นรองโคมไฟฟ้าแบบสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มแสงสว่างให้มากขึ้น ดังนั้นจะทำให้จำนวนหลอดไฟฟ้าลดน้อยลงกว่าเดิม ซึ่งจากการประมาณการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างรวมทั้งหมด 33,940.85 กิโลวัตต์ /ปี และคิดเป็นเงิน 91,640.3 บาท / ปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าและติดตั้งแผ่นรองโคมไฟฟ้าสะท้อนแสง ทั้งหมด 32,302 บาท ดังนั้น ระยะเวลาในการคืนทุน **0.35** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ **262.06**

4. แนวทางการประหยัดพลังงานแบบที่ไม่ต้องมีการลงทุน

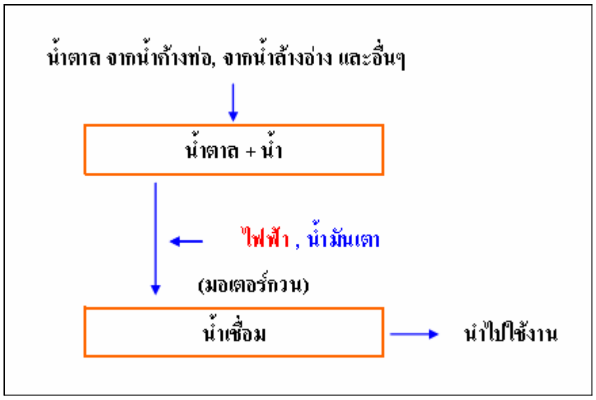
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแนวทางและวิธีการในการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องมีการลงทุน ซึ่งจะอธิบายแต่ละมาตรการตามกระบวนการผลิตที่แสดงไปแล้วในข้อ 4.2

4.1 ปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้นอาคารผลิต

ในขั้นตอนการปอกและตัดแต่งจะมีการสเปรย์น้ำเพื่อทำความสะอาดวัตถุดิบตลอดเวลา ดังนั้นพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวจะมีการเปียกและสกปรกตลอดเวลา ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานจะเห็นว่าพนักงานมีการใช้น้ำฉีดล้างพื้นตลอดเวลาทำให้มีการสูญเสียน้ำบาดาล โดยไม่จำเป็น (1.2 ลบ.ม. / วัน) ดังนั้นจึงเสนอมาตรการในการเปลี่ยนวิธีการในการทำงานใหม่โดยการใช้ยางรีดน้ำรีดทำความสะอาดพื้นแทนการใช้น้ำฉีดทำความสะอาดพื้นตลอดเวลา แล้วค่อยใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดพื้นอีกครั้งหลังเลิกงาน ซึ่งจากการประมาณการเสนอมาตรการดังกล่าวสามารถประหยัดการใช้น้ำในบริเวณดังกล่าวลงได้ร้อยละ60 และคิดเป็นปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถประหยัดได้ 0.72 ลบ.ม. / วัน คิดเป็นเงิน 7.96 บาท /วัน ดังนั้นใน 1 ปี ถ้ารับวัตถุดิบ 330 วัน จะสามารถประหยัดค่าน้ำบาดาลได้ **2,627** บาท / ปี และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการรณรงค์และอบรมพนักงานครั้งแรก พร้อมทั้งจัดทำเอกสารสำหรับอบรมพนักงานใหม่ เป็นเงิน 3,550 บาท ดังนั้นมีจะระยะเวลาในการคืนทุน **1.35** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ **30.64**

4.2 การนำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใหม่

จากการพิจารณาศึกษาข้อมูลแล้วพบว่า น้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดนั้นยังคงมีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้อีกครั้ง ทั้งน้ำตาลที่เกิดจากน้ำเชื่อมที่ค้างในท่อลำเลียง และน้ำที่ใช้ในการลวกต้มผลิตภัณฑ์ และน้ำล้างอ่าง ซึ่งผลการทดลองและประมาณการแล้วสามารถสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เฉลี่ยแล้ว 40,322.50 บาท / เดือน และคิดเป็นมูลค่าเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี เท่ากับ **483,870** บาท / ปี โดยมีค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง, ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิมและ ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่องตลอดการจัดทำโครงการคิดเป็นมูลค่า 190,000 บาท ดังนั้นจะมีระยะเวลาในการคืนทุน **0.39** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ **231.49**



ภาพที่ 13 แสดงขั้นตอนและกระบวนการนำน้ำตาลกลับมาใช้ทำน้ำเชื่อมใหม่

ตารางที่ 10 แสดงมูลค่าต้นทุนจริงที่สามารถลดได้จากการนำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ ในกระบวนการผลิตใหม่ (ข้อมูลจากการดำเนินการจริง)

เดือน	มูลค่า (บาท / เดือน)
ก.ย.50	25,400
ต.ค.50	30,730
พ.ย.50	45,106
ธ.ค.50	32,940
รวม	**134,176**
เฉลี่ย	**33,544**

จากตารางที่ 10 พบว่าผลจากการดำเนินการจัดทำมาตรการจริงแล้ว มีมูลค่าเฉลี่ยน้อยกว่าการประมาณการที่ได้จากการทดลอง 6,778.5 บาท/เดือน

4.3 การเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่

เมื่อได้ศึกษาและทดลองปรับปรุงวิธีการผลิตโดยการเปลี่ยนวิธีการในการแช่น้ำเชื่อมใหม่ (เทคนิคจากงานวิจัยและพัฒนา) แล้วพบว่าสามารถเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ได้โดยลักษณะและรสชาติของผลิตภัณฑ์รวมทั้งชั่วโมงในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ยังคงเหมือนเดิม และจากการประมาณการทำให้ทางโรงงานสามารถลดต้นทุนในการผลิต คิดเป็นมูลค่าเงินที่สามารถประหยัดได้ทั้งหมด 303,135.71 บาท / เดือน และใน 1 ปีสามารถประหยัดได้ทั้งสิ้น **3,637,628.52** บาท / ปี โดยมีค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง, ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิมและ ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่องตลอดการจัดทำโครงการคิดเป็นมูลค่า418,000 บาท ดังนั้นจะมีระยะเวลาในการคืนทุน **0.11** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ **860.82**

ตารางที่ 11 แสดงมูลค่าต้นทุนจริงที่สามารถลดได้จากการเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ (ข้อมูลจากการดำเนินการจริง)

เดือน	**มูลค่า (บาท)**
มิ.ย.50	257,940
ก.ค.50	408,910
ส.ค.50	676,740
ก.ย.50	16,780
ต.ค.50	55,390
พ.ย.50	14,200
รวม	**1,429,960**
เฉลี่ย	**238,327**

จากตารางที่ 11 พบว่าผลจากการดำเนินการจัดทำมาตรการจริงแล้ว มีมูลค่าเฉลี่ยน้อยกว่าการประมาณการที่ได้จากผลการทดลอง 64,808.71 บาท / เดือน

4.4 รณรงค์การเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ หลังเข้าทำงานและก่อนเลิกงาน 30 นาที

เนื่องจากในขั้นตอนของกระบวนการร่อนและคัดเลือก, ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและบรรจุ เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการภายในห้องปรับอากาศ ดังนั้นค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจะเป็นส่วนของเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ มาตรการที่เสนอคือให้พนักงานทุกคน เปิดเครื่องปรับอากาศช้ากว่าเวลาเริ่มทำงานจริงช่วงเช้าประมาณ 30 นาที เนื่องจากอากาศช่วงเช้ายังไม่จำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศและ ให้ปิดเครื่องปรับอากาศก่อนที่จะเลิกงานช่วงเย็นประมาณ 30 นาที เนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องยังมีความเย็นอยู่ได้จนถึงเลิกงาน ซึ่งเมื่อรวมแล้วใน 1 วันสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศภายในห้องบรรจุมีทั้งหมด 6 เครื่อง ขนาดเครื่อง ละ 48,000 บีทียู จาก การตรวจวัดด้วยเครื่องใช้พลังงาน 5 กิโลวัตต์ / เครื่อง มีทั้งหมด 6 เครื่องจะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 6 X 5 เท่ากับ 30 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง 81 บาท ดังนั้นสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 81 บาท / วัน และ ถ้าคิดเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี (81 X 330) เท่ากับ 26,730 บาท / ปี และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการรณรงค์และอบรมพนักงานครั้งแรก พร้อมทั้งจัดทำเอกสารสำหรับอบรมพนักงานใหม่ เป็นเงิน 31,860 บาท ดังนั้นมีจะระยะเวลาในการคืนทุน **1.19** ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)ร้อยละ**42.69**

5. การวิเคราะห์แผนงานและการดำเนินการของแต่ละมาตรการ

หลังจากได้ดำเนินการวิเคราะห์หาแนวทางในการประหยัดพลังงานทั้งมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนและมาตรการที่ต้องมีการลงทุนแล้ว สามารถแบ่งแนวทางการประหยัดพลังงานออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 แนวทางที่ได้จากการประมาณการ(Estimate) และแบบที่2 แนวทางที่ได้จากการดำเนินการจัดทำมาตรการจริง โดยสามารถแสดงดัง ตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สรุปแนวทางการประหยัดพลังงานในทุกมาตรการ

	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน
แนวทางที่ได้ดำเนินการทำจริง	1. การเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ 2. นำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในการผลิต 3. การเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงานและหลังเข้าทำงาน 30 นาที 4. ปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น	1. เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม 2.ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง
แนวทางที่ได้จากการประมาณการ		1. การจัดหาเครื่องจักรล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน 2.การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ 3.การเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

จากการแบ่งแนวทางการประหยัดพลังงานออกเป็น 2 แบบแล้วจะสามารถแสดงแผนงานในการดำเนินการแต่ละมาตรการได้ทั้ง 2 แผนงานเช่นกัน คือแผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ดำเนินการจริงซึ่งจะเป็นแผนงานจริงที่ได้จัดทำโครงการเสนอเพื่ออนุมัติและทำการเก็บข้อมูลจริง และแผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการ(estimate) ซึ่งจะเป็นแผนงานที่ได้จากการระดมสมองของทีมงานเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละมาตรการ รวมถึงข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตและติดตั้งเครื่องจักรของแต่ละมาตรการ เพื่อนำมาวิเคราะห์แต่ละมาตรการและดำเนินการเสนอแนวทางประหยัดพลังงานในลำดับถัดไป โดยสามารถแสดงแผนงานในการดำเนินการได้ดังตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ดำเนินการทำจริง

ที่	รายการ	พ.ค.-50		มิ.ย.-50		ก.ค.-50		ส.ค.-50		ก.ย.-50		ต.ค.-50		พ.ย.-50		ธ.ค.-50	
	วันที่	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
1	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน																
1.1	การนำน้ำตาลที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต																
	- ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ					↔	↔										
	- เสนอมาตรการและดำเนินการจัดทำจริง							↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
	- เก็บข้อมูลผลการดำเนินการ									↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
	- สรุปและวิเคราะห์ผล																
1.2	การเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่																
	- ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ	↔	↔														
	- เสนอมาตรการและดำเนินการจัดทำจริง			↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔		
	- เก็บข้อมูลผลการดำเนินการ			↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔		
	- สรุปและวิเคราะห์ผล															↔	↔
1.3	การปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น																
	- ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ					↔	↔										
	- อบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องให้ทราบถึงวิธีการดำเนินการ							↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
	- เก็บข้อมูลผลการดำเนินการ									↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
	- สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ																
1.4	การรณรงค์การเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ																
	- ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ		↔														
	- อบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องให้ทราบถึงวิธีการดำเนินการ			↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔						
	- สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ											↔					

ตารางที่13 (ต่อ)

ที่	รายการ / เดือน	พ.ค.-50		มิ.ย.-50		ก.ค.-50		ส.ค.-50		ก.ย.-50		ต.ค.-50		พ.ย.-50		ธ.ค.-50	
	วันที่	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
2	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน																
2.1	โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพตู้อบ																
	- จัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ	↔	↔														
	- งานจัดซื้อจัดจ้าง รวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย			↔	↔												
	- งานดำเนินการปรับปรุงและติดตั้งเครื่องจักร					↔	↔	↔	↔	↔	↔						
	- งานTest run และ ทดลองประสิทธิภาพตู้อบ											↔					
	- เก็บข้อมูลและประเมินผล												↔	↔	↔	↔	↔
2.2	เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม																
	- ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ	↔															
	- งานจัดซื้อจัดจ้าง		↔														
	- ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า			↔	↔												
	- เก็บข้อมูลและประเมินผล					↔	↔	↔	↔								

ตารางที่ 14 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการ(estimate)

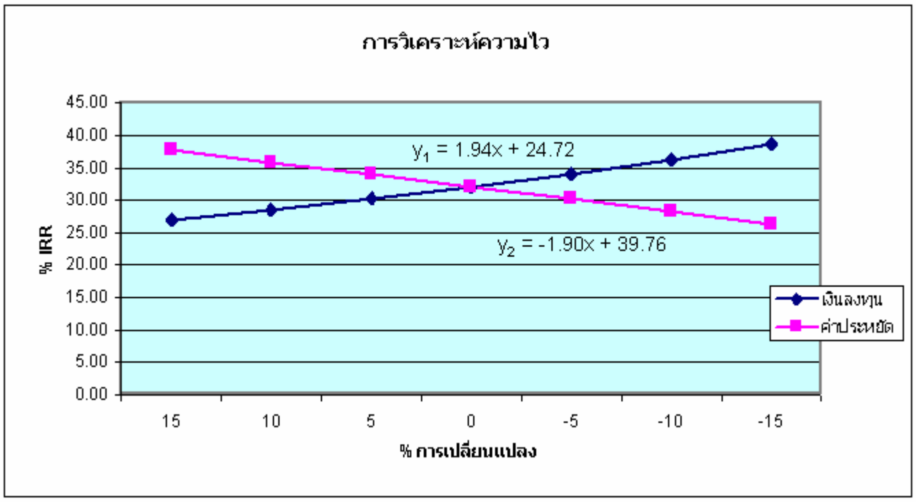
ที่	รายการ / เดือน	พ.ค.-50		มิ.ย.-50		ก.ค.-50		ส.ค.-50		ก.ย.-50		ต.ค.-50		พ.ย.-50		ธ.ค.-50	
	วันที่	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
1	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน																
1.1	โครงการจัดหาเครื่องล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน																
	- จัดหาเครื่องจักรและเสนอโครงการเพื่อขออนุมัติซื้อ	↔	↔														
	- งานจัดซื้อจัดจ้าง รวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย			↔													
	- ดำเนินการผลิตเครื่องจักร โดยผู้ผลิต				↔	↔	↔	↔	↔								
	- งานTest run และ ตรวจสอบรับงาน									↔							
	- เก็บข้อมูลและประเมินผลการทำงานของเครื่องจักร									↔	↔	↔	↔				
1.2	โครงการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง																
	- ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ	↔	↔	↔													
	- งานจัดซื้อจัดจ้าง รวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย				↔												
	- ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์					↔	↔	↔	↔	↔	↔						
	- งานTest run และ ตรวจสอบรับงาน											↔	↔				
	- เก็บข้อมูลและประเมินผลการประหยัดพลังงาน											↔	↔	↔	↔		

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ที่	รายการ	ปี	(เดือน พ.ค. - ธ.ค.) ปี 2550								(เดือน ม.ค. - ส.ค.) ปี 2551							
		เดือน	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1.3	โครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ																	
	- ศึกษาข้อมูลความเป็นไปได้ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงาน		↔	↔														
	- สรุปข้อมูลการออกแบบระบบ และจัดทำโครงการเสนอ			↔	↔													
	- งานจัดซื้อจัดจ้าง รวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย					↔												
	- งานก่อสร้างด้านฐานรากและงานโยธาอื่นๆ						↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔					
	- งานติดตั้งระบบท่อส่งก๊าซ และระบบความปลอดภัย											↔	↔	↔	↔			
	- งานทดสอบระบบและเริ่มเดินระบบจริง														↔	↔	↔	
	- ฝึกอบรมพนักงานเรื่องการควบคุมดูแลระบบ														↔	↔	↔	
	- เก็บข้อมูลและประเมินผลการประหยัดพลังงานจริง																↔	↔

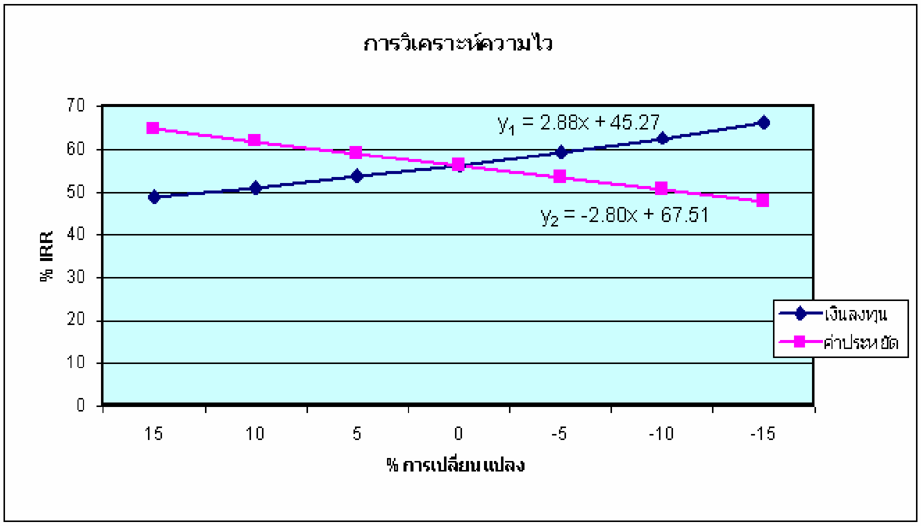
6. การวิเคราะห์ความไวของแนวทางการประหยัดพลังงาน

จากแนวทางการประหยัดพลังงานที่ได้ทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) มาแล้วนั้น เมื่อมูลค่าเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้อัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์ความไวในการเปลี่ยนแปลงเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงาน โดยเทียบกับอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) ในทุกมาตรการที่ต้องมีการลงทุน



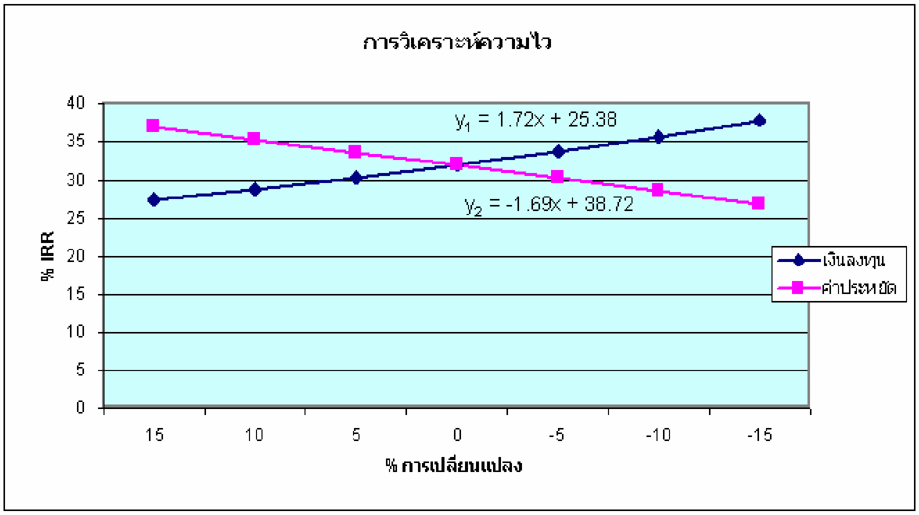
ภาพที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการการจัดหาเครื่องล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน

จากภาพที่ 14 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ 15 ถึง-15 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ ดังนั้นจะมีความผิดพลาดจากการตัดสินใจน้อยมาก ปัจจัยที่มีความไวมากที่สุดคือ เงินลงทุน



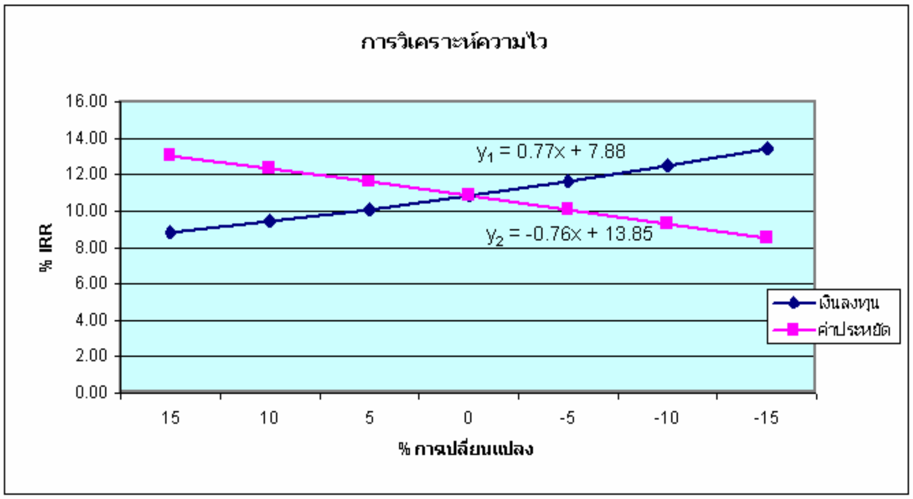
ภาพที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบใช้เชื้อเพลิงแข็ง

จากรูปที่ 15 พบว่าเมื่อเงินลงทุนเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ15 ถึง-5 และค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ15 ถึง-15 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ ดังนั้นจะมีความผิดพลาดจากการตัดสินใจน้อยมาก ปัจจัยที่มีความไวมากที่สุดคือ เงินลงทุน



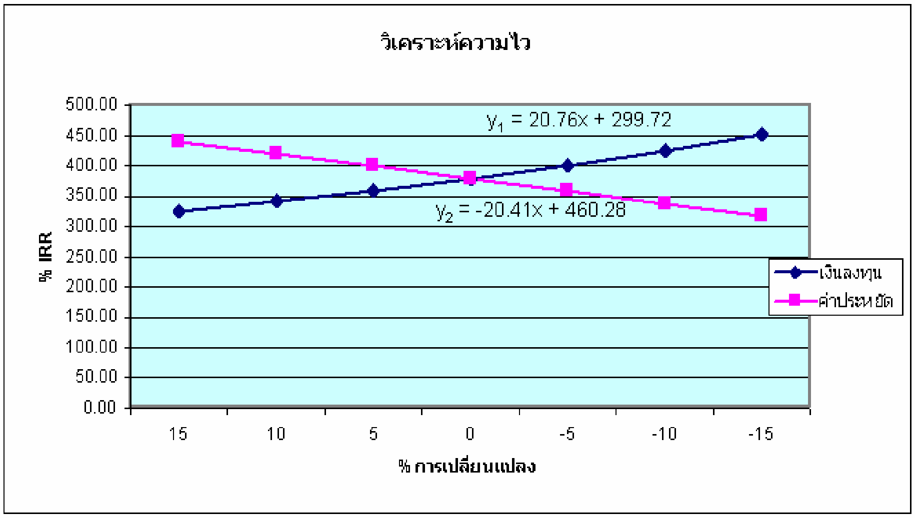
ภาพที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (มีเทน) มาใช้ทดแทนน้ำมันเตา

จากรูปที่ 16 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ15 ถึง-15 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ ดังนั้นจะมีความผิดพลาดจากการตัดสินใจน้อยมาก ปัจจัยที่มีความไวมากที่สุดคือ เงินลงทุน



ภาพที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการ โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง (ตู้อบ)

จากภาพที่ 17 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ15 ถึง-15 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ ดังนั้นจะมีความผิดพลาดจากการตัดสินใจน้อยมาก ปัจจัยที่มีความไวมากที่สุดคือ เงินลงทุน

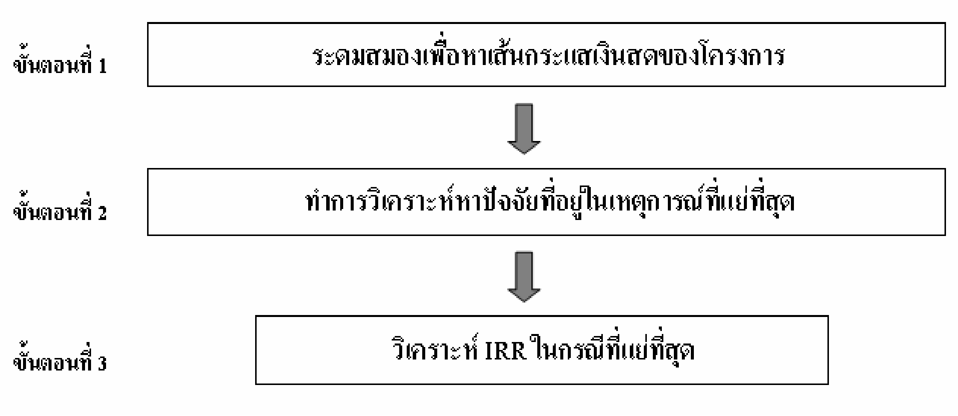


ภาพที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความไวของมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม

จากภาพที่ 18 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ15 ถึง-15 จะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการนี้ ดังนั้นจะมีความผิดพลาดจากการตัดสินใจน้อยมาก ปัจจัยที่มีความไวมากที่สุดคือ เงินลงทุน

7. การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน

จากผลการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานและวิเคราะห์แต่ละมาตรการในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้ว จะเห็นได้ว่าแนวทางการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการมีมูลค่าการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน โดยเลือกกรณีโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมาวิเคราะห์ความเสี่ยง เนื่องจากมีมูลค่าการลงทุนสูงและมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) ค่อนข้างสูง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้พิจารณาในการตัดสินใจลงทุนและจัดลำดับมาตรการที่จะลงทุนต่อไป โดยจะมีขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 19 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน

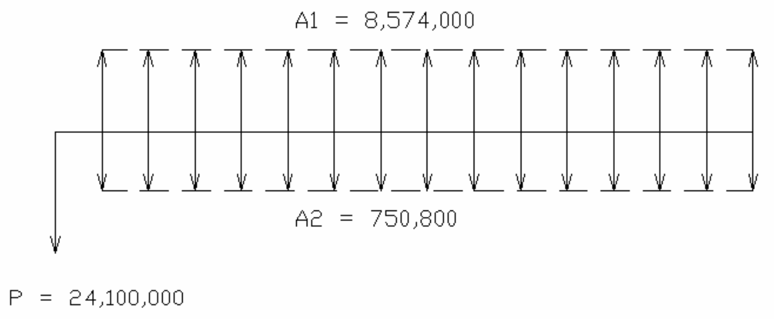
7.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุนโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้

ขั้นตอนที่ 1 ระดมสมองโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบบำบัดน้ำเสีย และผู้บริหารระดับสูงของโรงงานตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) ได้ตาม ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ตารางแสดงค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ IRR	**ข้อมูลการประมาณการ**	**ที่มาของข้อมูล**
รายจ่าย		
1. เงินลงทุนครั้งแรก	24,100,000.00 บาท	ประเมินราคาจริงจากผู้ก่อสร้าง
2. ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	750,800.00 บาท / ปี	ดูรายละเอียดภาคผนวก ตาราง จ-5
3. อายุการใช้งานของระบบ	15 ปี	จากข้อมูลที่เคยก่อสร้างจริง
รายรับ		
1. เงินที่สามารถประหยัดได้	8,574,000.00 บาท / ปี	ดูภาคผนวก ตาราง จ-1

จากตารางที่ 15 สามารถนำข้อมูลมาเขียนเป็นเส้นกระแสเงินสดได้ดังภาพที่ 20 ซึ่งคิดระยะเวลาในการคืนทุนได้ **3.08** ปี และคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)ได้เท่ากับร้อยละ **31.96** (รายละเอียดดูในภาคผนวก ตารางที่ ง -3)



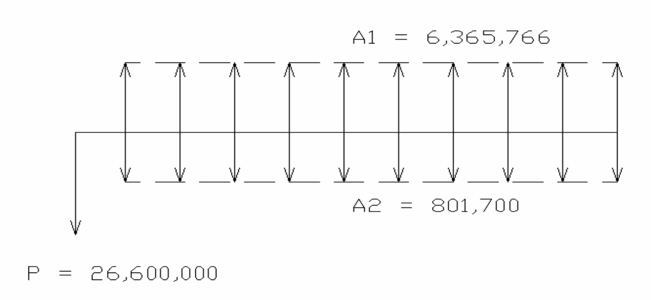
ภาพที่ 20 แสดงเส้นกระแสเงินสดของโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่อยู่ในเหตุการณ์ที่แย่ที่สุด ที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)

ตารางที่ 16 ตารางแสดงค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) โดยวิเคราะห์ในกรณีที่แย่ที่สุด

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ IRR	**ค่าตัวแปรในกรณีที่แย่ที่สุด**	**ที่มาของข้อมูล**
รายจ่าย		
1. เงินลงทุนครั้งแรก	26,600,000.00 บาท	การประมาณการจากผู้ก่อสร้าง
2. ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	801,700.00 บาท / ปี	ดูรายละเอียดภาคผนวก ตาราง จ-6
3. อายุการใช้งานของระบบ	10 ปี	จากการประเมินความเสี่ยง
รายรับ		
1. เงินที่สามารถประหยัดได้	6,365,766.00 บาท / ปี	ดูภาคผนวก ตาราง จ-2

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวิเคราะห์หาค่า IRR ในกรณีแย่ที่สุด ซึ่งจากตารางที่ 16 สามารถนำข้อมูลมาเขียนเป็นเส้นกระแสเงินสดได้ดังภาพที่ 21 ซึ่งคิดระยะเวลาในการคืนทุน **4.21** ปี และคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (IRR) ได้เท่ากับร้อยละ **19.86**



ภาพที่ 21 แสดงเส้นกระแสเงินสดของโครงการในกรณีที่แย่ที่สุด

ดังนั้นจากการประเมินความเสี่ยงในการลงทุนโครงการและวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์กรณีที่แย่ที่สุด จะเห็นว่าต้องมีการเฝ้าระวังและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อ ระยะเวลาในการคืนทุนของโครงการและอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน(IRR) ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำเสียที่จ่ายเข้าระบบบำบัดต้องคงที่
2. เงินลงทุนครั้งแรกจะต้องมีการควบคุมอย่างรอบคอบและรัดกุมเพื่อไม่ให้ เกินงบประมาณที่ได้ประมาณการไว้
3. ต้นทุนในการเดินระบบจะต้องมีการพิจารณา การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด และควรมีการตรวจสอบอัตราค่าจ้างเจ้าหน้าที่ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้เป็นปัจจุบันเสมอ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรมนุษย์อย่างคุ้มค่า
4. อายุการใช้งานของโครงการ โดยในการคิดและวิเคราะห์โครงการเชิงเศรษฐศาสตร์ ควรที่จะมีการเผื่ออายุการใช้งานของโครงการด้วย เนื่องจากเป็นความเสี่ยงที่ควบคุมได้ยาก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เพราะพื้นที่ใน จ.นครปฐมจะมีการทรุดตัวของพื้นดินสูง

บทที่ 5
สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้ง 3 ประเภท คือพลังงานไฟฟ้า เชื้อเพลิง และน้ำบาดาล ของโรงงานผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่างแล้ว พบว่าโรงงานมีศักยภาพทางด้านการจัดการพลังงานต่ำมากเพราะมีปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิตเท่ากับ 10,108.91 เมกกะจูล/ตัน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันร้อยละ76.81 ดังนั้นในงานวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อค้นหาความสูญเสียของพลังงานที่ไม่จำเป็นและวิเคราะห์หามาตรการในการประหยัดพลังงานพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน โดยสามารถแบ่งเป็น 2 มาตรการ คือมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนและที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์ โดยในแต่ละมาตรการเมื่อทำการศึกษาผลตอบแทนการลงทุนและจัดลำดับมาตรการในการลงทุนแล้ว สามารถสรุปผลการศึกษาและวิจัยได้ดังนี้

1.1 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์แล้ว พบว่าการเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ มีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.11 ปี มีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ 860.82 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความไวของมาตรการแล้วพบว่า เมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 15 แล้ว อัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าในแนวทางดังกล่าวไม่มีปัจจัยความไว แต่หากพิจารณาที่ความชันของกราฟการวิเคราะห์ความไวพบว่า ปัจจัยทางด้านเงินลงทุนมีความไวมากกว่ามูลค่าเงินที่ประหยัดได้

1.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนของมาตรการที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์แล้ว พบว่าการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม มีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.35 ปี มีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR)เท่ากับร้อยละ 262.06 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความไวของมาตรการแล้วพบว่า เมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 15 แล้ว อัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าในแนวทางดังกล่าวไม่มีปัจจัยความไว แต่หากพิจารณาที่ความชันของกราฟ การวิเคราะห์ความไวพบว่า ปัจจัยทางด้านเงินลงทุนมีความไวมากกว่ามูลค่าเงินที่ประหยัดได้

1.3 ผู้วิจัยเลือกปฏิบัติแนวทางประหยัดพลังงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนก่อน เพราะไม่ต้องขออนุมัติงบประมาณ แต่ในกรณีแนวทางที่ต้องลงทุนได้เลือกโครงการที่ให้ค่าผลตอบแทนภายใน (IRR) และมูลค่าการลงทุนเหมาะสมที่สุด ได้แก่โครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง, การจัดหาเครื่องล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคนและการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามโครงการที่ยังไม่ได้นำมาทำจริง ได้ทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งพบว่าโครงการที่เหลือยังมีความเหมาะสมในการลงทุนซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก .ง

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรมีการจัดรณรงค์ให้มีโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ซึ่งจะทำให้พนักงานทุกคนได้มีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานอย่างบูรณาการ

2.2 ควรมีนโยบายทางด้านการจัดการพลังงานและตั้งเป้าหมายในการประหยัดพลังงานอย่างชัดเจนรวมถึงเสนอรางวัลให้แก่พนักงานแต่ละหน่วยงานที่ให้ความร่วมมือและปฏิบัติตามนโยบายทางด้านการจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

กชกร จันโจมศึก. "กรรมวิธีการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบในอุตสาหกรรมอาหาร." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม 2548 เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/dede/

จรวย บุญยุบล. การศึกษารายละเอียดเกณฑ์การใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม , 2548.

บุตรบำรุง ธรรมโชติ. การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ : กรณีศึกษาอาคารพหลโยธิน ธนาคาร กสิกรไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.

ไพบูลย์ แย้มเพื่อน. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

มัสตุโอะ โมโตกิ. เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

วัลภา จรูญธรรม. การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.

วิธีการวิจัยทางธุรกิจ, 2002. กรุงเทพฯ : ผู้แปลและเรียบเรียง มัลลิกา ธรรมจริยาวัฒน์ , 2550.

สถาบันวิจัยและพัฒนา . หลักการในการดูแลระบบทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพ , 2548.

สมบัติ ทีฆทรัพย์ . ระเบียบวิธีวิจัย , 2545.

สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ . Manufacturing KPI เพื่อมุ่งสู่ TPM. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2547.

Fayol, Henri. General principles of management [Online]. Accessed 27 September 2006. Available from http://isc.ru.ac.th/data/BA0000644.doc

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง

ศูนย์ความปลอดภัยในการทำงานพื้นที่ 4
REGIONAL CENTER FOR THE IMPROVEMENT OF WORKING CONDITIONS
AND ENVIRONMENT , AREA 4

ผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง

บริษัท รวมอาหาร จำกัด

เลขที่ 140 หมู่ 2 ถนนเพชรเกษม ตำบลสระกะเทียม

อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

ข้อมูลทั่วไป

บริษัท รวมอาหาร จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 140 หมู่ 2 ถนนเพชรเกษม ตำบลสระกะเทียม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ประกอบกิจการประเภท/ผลิต ผักผลไม้อบแห้ง มีลูกจ้างจำนวน 288 คน ชาย 53 คน หญิง 235 คน เวลาทำงานมี 1 กะ 08.00 -17.00 น.

บุคคลที่ติดต่อ คุณไพรินทร์ บรรณวัฒน์ ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่บุคคล โทรศัพท์ 0-3420-0173-4 โทรสาร 0-3425-5661

1.ข้อมูลการตรวจ

1.1 วันที่ทำการตรวจวัด : 16 สิงหาคม 2550
1.2 ชื่อผู้ทำการตรวจวัด : นายสุชาติ อินทพงษ์
1.3 จำนวนที่ทำการตรวจวัด : 29 จุด
1.4 ชื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัด : Lux meter TYFE.3281
1.5 วันที่ปรับเช็คความถูกต้องของเครื่องมือ : 15 สิงหาคม 2550

ผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง

ลำดับที่	จุดที่ทำการตรวจวัด	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)		ผล	หมายเหตุ
		ค่าวัดได้	ค่ามาตรฐาน		
	แผนกบรรจุ				
1	โต๊ะร่อนและคัดเลือก	1,080	600	ผ่าน	
	(งานละเอียดปานกลาง)				
2	เครื่องชั่งน้ำหนัก	740	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
3	เครื่องเช็คโลหะ	760	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
	แผนกหั่นผลิตภัณฑ์				
4	เครื่องหั่นผลิตภัณฑ์	800	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				

ลำดับที่	จุดที่ทำการตรวจวัด	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)		ผล	หมายเหตุ
		ค่าวัดได้	ค่ามาตรฐาน		
	<u>แผนกหั่นผลิตภัณฑ์ (ต่อ)</u>				
5	เครื่องร่อนผลิตภัณฑ์	240	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
	<u>แผนกอบแห้ง</u>				
6	ตู้อบ 1-22	600	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
7	ตู้อบ 23-27	360	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
	<u>แผนกสต๊อกผลิตภัณฑ์</u>				
8	บริเวณทางเดินภายในสต๊อก	100	50	ผ่าน	
	<u>สำนักงาน ไลน์ผลิต</u>				
9	โต๊ะทำงานหัวหน้าแผนก	700	400	ผ่าน	
10	โต๊ะทำงานหัวหน้าส่วน	520	400	ผ่าน	
11	โต๊ะคอมพิวเตอร์หัวหน้าส่วน	***540**	600	ไม่ผ่าน	
	<u>ห้อง LAB</u>				
12	โต๊ะทำงานบันทึกการรับตัวอย่าง	520	400	ผ่าน	
13	โต๊ะเตรียมตัวอย่าง	380	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
14	เครื่องวิเคราะห์สาร	620	400	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อย)				
	<u>ห้องเครื่องมือ</u>				
15	เครื่องชั่งน้ำหนัก	480	400	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อย)				
	<u>แผนกน้ำเชื่อม</u>				
16	อ่างแช่น้ำเชื่อม	360	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
17	ผสมน้ำเชื่อม	420	300	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อย)				
	<u>แผนกตัดแต่งอื่นๆวัตถุดิบทั่วไป</u>				
18	เครื่องหั่นวัตถุดิบ	740	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				

ลำดับที่	จุดที่ทำการตรวจวัด	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)		ผล	หมายเหตุ
		ค่าวัดได้	ค่ามาตรฐาน		
	<u>แผนกหม้อต้ม</u>				
19	หม้อต้ม 16	400	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
	<u>แผนกตัดแต่งสัปปะรด</u>				
20	ไลน์คัดเลือกสี	840	600	ผ่าน	
	(งานละเอียดปานกลาง)				
	<u>แผนกรับวัตถุดิบสัปปะรด</u>				
21	เครื่องปอกเปลือก	520	300	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อย)				
	<u>แผนกแล่เปลือกสัปปะรด</u>				
22	เครื่องแล่เปลือกสัปปะรด	1130	200	ผ่าน	
	(งานละเอียดน้อยมาก)				
	<u>แผนกซ่อมบำรุง</u>				
23	โต๊ะทำงานคุณวิรัตน์	1,030	400	ผ่าน	
24	โต๊ะคอมพิวเตอร์คุณปัฐวี	***280**	600	ไม่ผ่าน	
	<u>สำนักงาน</u>				
25	โต๊ะทำงานคุณศิริลักษณ์	620	400	ผ่าน	
26	โต๊ะคอมพิวเตอร์คุณขนิษฐา	620	600	ผ่าน	
27	โต๊ะคอมพิวเตอร์คุณรุ่งอรุณ	800	600	ผ่าน	
28	โต๊ะคอมพิวเตอร์คุณไพรินทร์	860	600	ผ่าน	
29	โต๊ะทำงานคุณลัดดาวรรณ	700	400	ผ่าน	

<u>หมายเหตุ</u> 1. จุดที่ความเข้มของแสงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย

-ใช้ค่ามาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน ที่กำหนดไว้ใน ตารางที่ 3 ใช้สัญลักษณ์ (*)

<u>คำอธิบาย</u>

เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549 หมวด 2 เรื่อง แสงสว่าง กำหนดมาตรฐานเทียบเคียงความเข้มของแสงสว่าง ดังนี้

ข้อ 5 นายจ้างต้องจัดให้สถานประกอบกิจการมีความเข้มของแสงสว่าง ดังต่อไปนี้

(1) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณพื้นที่ทั่วไป ภายในสถานประกอบกิจการ เช่น ทางเดิน ห้องน้ำ ห้องพัก

(2) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ลูกจ้างทำงาน

(3) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตามองเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน

(4) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานเทียบเคียงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4 ท้ายกฎกระทรวงนี้สำหรับบริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตามองเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ในกรณีที่ความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างทำงานมิได้กำหนดมาตรฐานไว้ในตารางที่ 3

(5) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณรอบ ๆ สถานที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้สายตามองเฉพาะจุด

ข้อ 6 นายจ้างต้องใช้หรือจัดให้มีฉาก แผ่นฟิล์มกรองแสง หรือมาตรการอื่นที่เหมาะสมและเพียงพอ เพื่อป้องกันมิให้แสงตรงหรือแสงสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงหรือดวงอาทิตย์ที่มีแสงจ้าส่องเข้านัยน์ตาลูกจ้างโดยตรงในขณะทำงาน ในกรณีที่ไม่อาจป้องกันได้ ต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามที่กำหนดไว้ในหมวด 4 ตลอดเวลาที่ทำงาน

ข้อ 7 ในกรณีที่ลูกจ้างต้องทำงานในสถานที่มืด ทึบ คับแคบ เช่น ในถ้ำ อุโมงค์ หรือในที่ที่มีลักษณะเช่นว่านั้น นายจ้างต้องจัดให้ลูกจ้างสวมหมวกนิรภัยที่มีอุปกรณ์ส่องแสงสว่าง หรือมีอุปกรณ์ส่องแสงสว่างอื่นที่เหมาะแก่สภาพและลักษณะของงานตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในหมวด 4 ตลอดเวลาที่ทำงาน

ตารางที่ 1
มาตรฐานค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณพื้นที่ทั่วไป

ประเภทอุตสาหกรรม	อาคาร/พื้นที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง(ลักซ์)
บริเวณพื้นที่ทั่วไปของอาคาร	**ทางเข้า**	
	-ทางเข้าห้องโถง หรือห้องพักรอ	200
	-บริเวณโต๊ะประชาสัมพันธ์ หรือ โต๊ะติดต่อลูกค้า	400
	-ประตูทางเข้าใหญ่ของสถานประกอบกิจการ	50
	-ป้อมยาม	100
	-จุดขนถ่ายสินค้า	100
	พื้นที่สัญจร	
	-ทางเดินในพื้นที่สัญจรเบาบาง	20
	-ทางเดินในพื้นที่สัญจรหนาแน่น	50
	-บันได	50
	ห้องฝึกอบรมและห้องบรรยาย	
	-พื้นที่ทั่วไป	300
	อาคารสถานีขนส่ง (ท่าอากาศยานท่ารถ และสถานีรถไฟ)	
	-ห้องจองตั๋วหรือห้องขายตั๋ว	400
	ห้องคอมพิวเตอร์	
	-บริเวณทั่วไป	400
	ห้องประชุม	300
	งานธุรการ	
	-ห้องถ่ายเอกสาร	300
	-ห้องนิรภัย	100
	โรงอาหาร	
	-พื้นที่ทั่วไป	200
	-บริเวณโต๊ะเก็บเงิน	300
	โรงซักรีด	
	-บริเวณห้องอบหรือห้องทำให้แห้ง	100
	ห้องครัว	
	-พื้นที่ทั่วไป	200
	-บริเวณที่ปรุงอาหารและที่ทำความสะอาด	300

ประเภทอุตสาหกรรม	อาคาร/พื้นที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง(ลักซ์)
	ห้องพักพนักงาน	
	-ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและบริเวณตู้เก็บของ	100
	-ห้องพักผ่อน	50
	ห้องปฐมพยาบาล	
	-ห้องพักฟื้น	50
	-ห้องตรวจรักษา	400
	ห้องสุขา	100
	ห้องเก็บของ	
	-ห้องเก็บวัตถุดิบขนาดใหญ่	
	: เก็บรวบรวมไว้โดยไม่เคลื่อนย้าย	50
	: เก็บรวบรวมไว้เพื่อการเคลื่อนย้าย	100
	-ห้องเก็บวัตถุดิบขนาดปานกลางหรือละเอียดอ่อน	
	: เก็บรวบรวมไว้โดยไม่เคลื่อนย้าย	100
	: เก็บรวบรวมไว้เพื่อการเคลื่อนย้าย	200

ตารางที่ 3
มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน

ประเภทอุตสาหกรรม	**ชนิดของงาน**	**ค่าความเข้มของแสงสว่าง(ลักซ์)**
งานสำนักงาน	**ห้องคอมพิวเตอร์**	
	- งานบันทึกข้อมูล	***600**
	- บริเวณที่แสดงข้อมูล (จอภาพและเครื่องพิมพ์)	600
	ห้องธุรการ	
	- งานพิมพ์ดีด การเขียน การอ่าน และการจัดเก็บเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	**400**
	- การทำงานที่สีของชิ้นงานกับสีของพื้นผิวกลมกลืนกัน	600

ตารางที่ 4

มาตรฐานเทียบเคียงความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน

การใช้สายตา ตามลักษณะงาน	ความเข้มของ แสงสว่าง (ลักซ์)	ตัวอย่าง
งานละเอียดสูงมาก เป็นพิเศษ	2,400 หรือมากกว่า	-การตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก (เช่น เครื่องมือที่มีขนาดเล็กมาก) -การทำเครื่องประดับและทำนาฬิกาในกระบวนการที่มีขนาดเล็ก -การถักถุงเท้า เสื้อผ้าที่มีสีเข้ม รวมทั้งการซ่อมแซมสินค้าที่มีสีเข้ม
งานละเอียดสูงมาก	1,600	-งานที่ละเอียดที่ต้องทำบนโต๊ะหรือเครื่องจักร เช่น ทำเครื่องมือและแม่พิมพ์ (ขนาดเล็กกว่า 25 ไมโครเมตร) ตรวจวัด และตรวจสอบชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กและ ชิ้นงานที่มีส่วนประกอบขนาดเล็ก -การซ่อมแซมสินค้าสิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีอ่อน -การตรวจสอบและตกแต่งชิ้นส่วนของสินค้า สิ่งทอ สิ่งถัก ที่มีสีเข้ม -การวัดระยะความยาวขั้นสุดท้าย
งานละเอียดสูง	1,200	-การตรวจสอบการตัดเย็บเสื้อผ้าด้วยมือ -การตรวจสอบและการตกแต่งชิ้นส่วนสินค้าสิ่งทอ สิ่งถัก หรือเสื้อผ้าที่มีสีอ่อนขั้นสุดท้ายด้วยมือ -การแบ่งเกรดและเทียบสีของหนังที่มีสีเข้ม -การเทียบสีในงานย้อมผ้า
	800	-การระบายสี พ่นสี และตกแต่งชิ้นงานที่ละเอียดมาก เป็นพิเศษ -การเทียบสีที่ระบายชิ้นส่วน -งานย้อมสี -งานละเอียดที่ทำบนโต๊ะและที่เครื่องจักร (ขนาดเล็กถึง 25 ไมโครเมตร) การตรวจสอบ งานละเอียด (เช่น ตรวจ ปรับ ความถูกต้องของสเกล กลไก และเครื่องมือที่ต้องการความถูกต้องเที่ยงตรง)
งานละเอียดปานกลาง	600	-การทำงานสำนักงานที่มีสีติดกันน้อย -งานวาดภาพหรือเขียนแบบระบายสี พ่นสี และตกแต่งสีงานที่ละเอียด -งานพิสูจน์อักษร -การตรวจสอบขั้นสุดท้ายในโรงงานผลิตรถยนต์ -งานบันทึกข้อมูลทางจอภาพ

การใช้สายตาตามลักษณะงาน	ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)	ตัวอย่าง
งานละเอียดน้อย	400	-งานขนาดปานกลางที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร (มีขนาดเล็กถึง 125 ไมโครเมตร) -งานประจำในสำนักงาน เช่น การพิมพ์ การจัดเก็บแฟ้ม หรือการเขียน -การตรวจสอบงานที่มีขนาดปานกลาง (เช่น เกจทำงานหรือไม่ เครื่องโทรศัพท์) -การประกอบรถยนต์ และตัวถัง -การทำงานไม้อย่างละเอียดบนโต๊ะหรือที่เครื่องจักร -การประดิษฐ์หรือแบ่งขนาดขนาดโครงสร้างเหล็ก -งานสอบถาม หรืองานประชาสัมพันธ์
	300	-การเขียนหรืออ่านกระดานดำหรือแผ่นชาร์ทในห้องเรียน -งานรับและจ่ายเสื้อผ้า -งานร้านขายยา -การทำงานไม้ชิ้นงานขนาดปานกลางซึ่งทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร -งานบรรจุน้ำลงขวดหรือกระป๋อง -งานทากาว เจาะรูและเย็บเล่มหนังสือ -งานเตรียมอาหาร ปรุงอาหาร และล้างจาน
งานละเอียดน้อยมาก	200	-งานหยาบที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร (ขนาดใหญ่ด้นฉบับกว่า 750ไมโครเมตร) การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การนับ หรือ การตรวจเช็คสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ในห้องเก็บของ

<u>ประเมินผล</u>

จากผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง จำนวน 29 จุด พบว่ามีความเข้มของแสงสว่างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย จำนวน 2 จุด

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

จากผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างส่วนใหญ่ได้มาตรฐาน มีอยู่ 2 จุด ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยกำหนด บริษัทต้องมีการดำเนินการปรับปรุงด้วยการเพิ่มจำนวนหลอดไฟ หรือปรับเปลี่ยนตำแหน่งงานให้ได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอ

<u>หมายเหตุ</u> ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงาน เป็นเพียงการคัดกรองความเสี่ยงในการทำงานของลูกจ้าง เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงสภาพและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงตามข้อ 16 ที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงนี้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและspecification ของเครื่องจักร

ภาคผนวก ข-1 ข้อมูลทางด้านเทคนิคในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ข้อมูลทั่วไป

1) ชื่อโครงการ :	การก่อสร้างถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ บริษัทรวมอาหาร จำกัด
2) ชนิดและประเภทของโรงงาน :	โรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง
3) เวลาทำงานของโรงงาน (ชั่วโมง/ปี) :	2,640 (330วัน x 8ชม.)
4) ผลวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสีย/ของเสียของโรงงาน ตามรายการพารามิเตอร์ (ขั้นต่ำ)	ผลการตรวจน้ำเสียจากห้องทดสอบที่ได้มาตรฐาน • COD 18,000 – 49,000 • BOD_5 15,000 – 25,000 • TSS 500 – 1,200 • TDS 13,000 – 28,000 • pH 4 – 5 • O/G 5 - 25
5) ปริมาณการใช้พลังงานของโรงงาน (ไฟฟ้า/ความร้อน)ตามรายการดังนี้	สถิติการใช้พลังงานรายเดือนย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี • การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh / ปี) : 1,273,443.61 • ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ : น้ำมันเตา เกรด C • ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (บาท / ปี) : 8,996,074.88

2. เทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

2.1 เกณฑ์คุณสมบัติน้ำเสีย และปริมาณน้ำเสีย/ของเสีย ที่ใช้ในการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

<u>ข้อมูลน้ำเสียของ บ.รวมอาหาร จำกัด</u>

ปริมาณน้ำเสีย	300 ลบม./วัน
ความเข้มข้น BOD	22,000 มก./ล
ความเข้มข้น COD	44,000 มก./ล
คิดเป็นภาระสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ	13,200 กก.ซีโอดี/วัน

สภาพปัจจุบัน น้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตจะไหลตามรางรับน้ำเสีย เข้าสู่บ่อสูบและจะถูกสูบขึ้นเพื่อผ่านตะแกรงกรอง เพื่อแยกกากของแข็งออกก่อน น้ำเสียที่ผ่านการกรองจะไหลตามท่อเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมดา จำนวน 11 บ่อ กากของแข็งจะถูกนำไปทิ้งเป็นขยะของแข็ง ในโครงการนี้ จะมีการสร้างถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ ใกล้บริเวณบ่อที่สองของระบบบำบัดเดิม

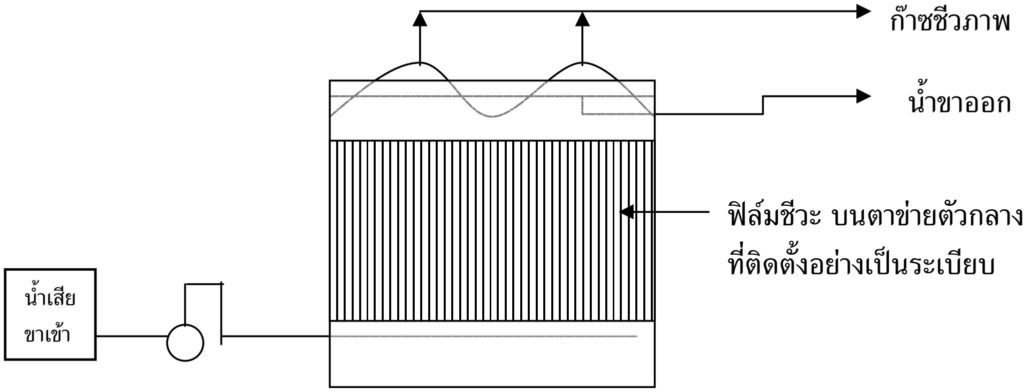
2.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย/ของเสีย เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยแสดงเหตุผลความเหมาะสมของการเลือกใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย/ของเสียดังกล่าว

ระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ได้แก่ ถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Fixed Film Reactor – AFFR) ในรูปแบบที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นผู้วิจัยและพัฒนาขึ้น โดยระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์นี้ มีคุณสมบัติเด่น คือ

- มีวัสดุตัวกลางติดตั้งอย่างเป็นระเบียบในถังปฏิกรณ์เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ เป็นการเพิ่มความสามารถในการกักเก็บเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้จำนวนมากและนาน โดยจุลินทรีย์ไม่หลุดออกจากระบบได้ง่าย ทำให้ระบบมีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพได้สูง
- เป็นระบบขั้นตอนเดียว คือกลุ่มของจุลินทรีย์ผลิตกรดและกลุ่มจุลินทรีย์ผลิตมีเทนอาศัยอยู่ร่วมกันในถังปฏิกรณ์อย่างสมดุล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับ pH เหมือนในระบบที่มีการแยกเป็นบ่อผลิตกรดและบ่อผลิตมีเทน
- เสียค่าใช้จ่ายในการเดินระบบและการควบคุมต่ำ ทั้งค่าไฟฟ้าและสารเคมี เนื่องจากการเดินระบบต้องการเพียงเครื่องสูบน้ำ สำหรับสูบน้ำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์
- การดูแลระบบง่าย ไม่ซับซ้อน หลังจาก Start–up แล้ว ไม่ต้องการผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการควบคุมระบบ

ตามโครงการนี้ น้ำเสียของโรงงานผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาล และมีปริมาณซัลเฟตเจือปนอยู่ ในการบำบัดและผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียประเภทนี้ สามารถใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ได้ ซึ่งถัง

ปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ ใช้หลักการเก็บรักษาจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ผลิตมีเทน (methanogens) ให้อยู่ในถังปฏิกรณ์เป็นจำนวนมากโดยให้จุลินทรีย์เกิดเป็นฟิล์มชีว บนตัวกลางที่เป็นพลาสติก ที่มีการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งทำให้ถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ มีประสิทธิภาพสูงและเสถียรภาพสูง ซึ่งข้อแตกต่างระหว่างถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ กับถังปฏิกรณ์แบบตัวกรอง (filtered bed หรือ packed bed) นั้นก็คือ จุลินทรีย์ที่ถูกกักเก็บในถังแบบตรึงฟิล์มจะไม่ใช่เกิดจากการกรอง (filtered) หรือการที่จุลินทรีย์ถูกกักในช่องว่างของตัวกลาง ดังนั้นข้อกังวลเรื่องการอุดตันของถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ จึงไม่เกิดขึ้น



รูปที่ 1-1 ระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (AFF)

ระบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ในรูปแบบที่ มจธ. ส่งเสริมนี้ มีใช้งานจริงอย่างประสบผลสำเร็จ ตัวอย่างเช่นในโรงงานแป้งข้าว (ดำเนินงานตั้งแต่ปี พ.ศ.2542) โรงงานแป้งมันสำปะหลัง 4 แห่ง (เริ่มเดินระบบตั้งแต่ปี พ.ศ.2549) นอกจากนี้ ในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกับผู้ยื่นข้อเสนอนี้ มีการใช้งานระบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ จำนวน 2 แห่ง คือโรงงานผลไม้อบแห้งซีอองฮอง จ.ราชบุรี และโรงงานสัปปะรดกระป๋องสามร้อยยอด จ.ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งประสบผลสำเร็จอย่างดี

2.3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (Nm^3/วัน) และคุณสมบัติก๊าซชีวภาพ (สัดส่วน %CH_4, %CO_2, H_2S (ppm) และอื่นๆ) เทียบกับปริมาณน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบ (m^3/วัน)

ค่าการออกแบบ ที่ใช้กับลักษณะน้ำเสียของโรงงาน บ.รวมอาหาร จำกัด ดังนี้

ภาระการรับสารอินทรีย์ (OLR)	3 กก.COD/ลบม.-วัน
ระยะเวลาการกักเก็บ (HRT)	14.7 วัน
ประสิทธิภาพการบำบัด	80%
การผลิตก๊าซชีวภาพ	0.4-0.5 ลบม.ก๊าซ/กกCODที่ถูกย่อยสลาย

ขนาดของระบบบำบัดแบบตรึงฟิล์ม

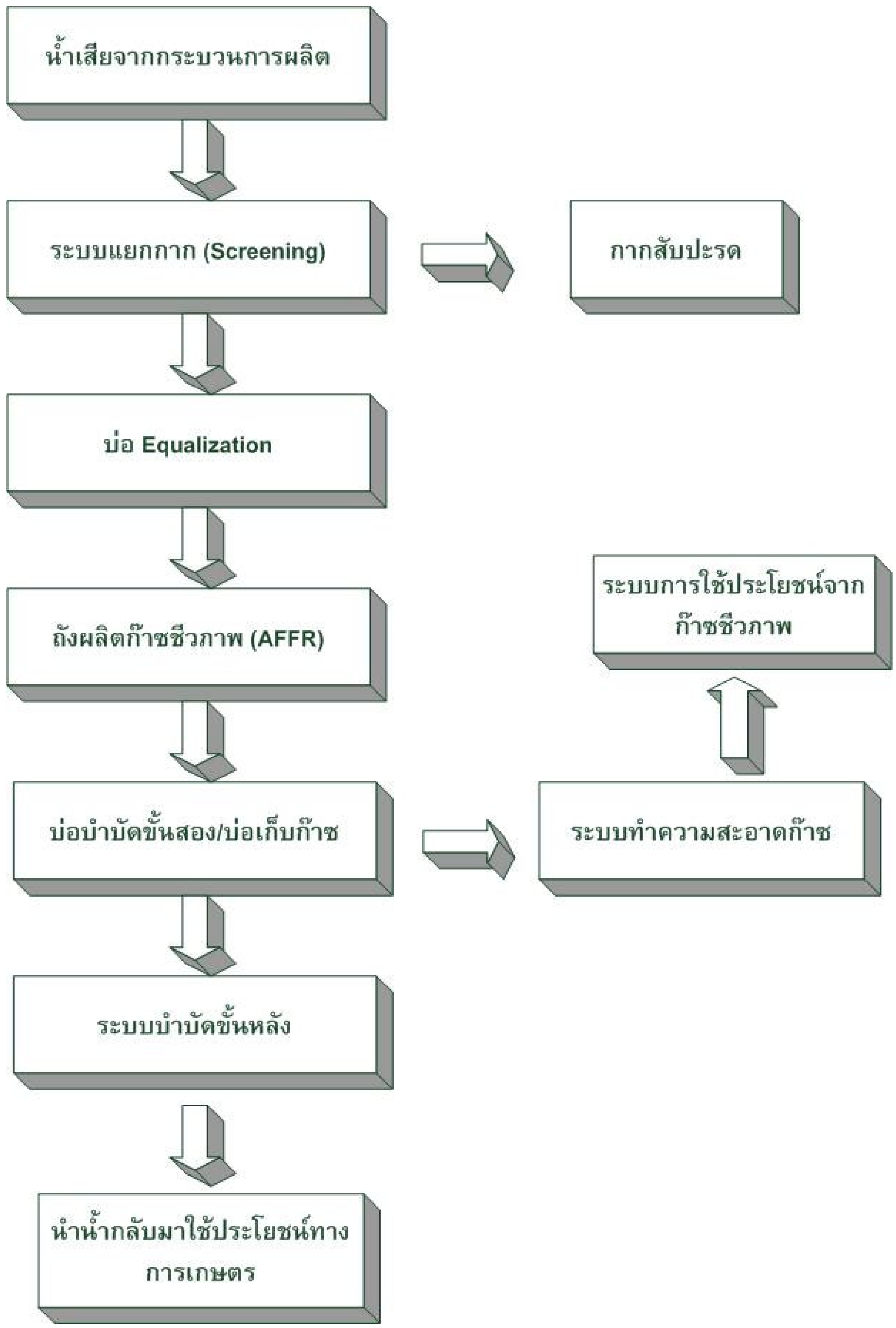
ถังปฏิกรณ์ทรงสี่เหลี่ยม กxยxส = 20x36x6.5 ลบ.ม. เก็บกักน้ำที่ระดับ 6 ม.

ปริมาตรถังปฏิกรณ์	4,800	ลบม.
ปริมาตรกักเก็บน้ำเสีย	4,400	ลบม.
ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ได้	4,700	ลบม/วัน

องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

ก๊าซมีเทน	60	%
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	30 – 35	%
ความชื้น Vapor	5 – 7	%
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	1,000 – 3,000	ppm

ผังกระบวนการผลิตและกระบวนการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ (Process Flow Diagram) ที่แสดงอุปกรณ์หลักที่เลือกใช้



รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

2.4 รายละเอียดของการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในรูปพลังงานทดแทน ทั้งการผลิตเป็นพลังงานความร้อน การผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเพื่อผลิตน้ำเย็นด้วย Absorption Chiller หรือการผลิตพลังงานในรูปแบบ Cogeneration เป็นต้น และระบุปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพดังกล่าว (Nm^3/วัน)

โรงงานมีการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต โรงงานมีหม้อต้มไอน้ำขนาดกำลังการผลิต 3 ตันไอน้ำ/ช.ม. การใช้น้ำมันเตาสูงสุด 2,000 ลิตร/วัน ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันเตาประมาณ 1,500 -1,800 ลิตร/วัน (ขึ้นอยู่กำลังการผลิต) หรือเทียบเท่ากับก๊าซชีวภาพ 3,190 – 3,830 ลบ.ม./วัน ซึ่งปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นประมาณ 4,700 ลบ.ม./วัน สามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิงในสภาวะการผลิตปัจจุบันได้ทั้งหมด โดยโรงงานต้องมีการปรับเปลี่ยน หัวเผาให้สามารถใช้งานเชื้อเพลิงได้ทั้งสองชนิด (น้ำมันเตาและก๊าซชีวภาพ)

2.5 การอ้างอิงมาตรฐานหรือแนวทางการดำเนินงาน (Standards or Codes of Practices) ของงานด้านวิศวกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ และระบบบำบัดน้ำทิ้งขั้นหลัง

การออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบบำบัดขั้นหลัง ใช้เกณฑ์

- Metcalf & Eddy.1979 “ Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse” 2nd edition, Mc-Grawhill, NewYork
- กรมควบคุมมลพิษ. 2546 “ เกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียฯ เล่มที่ 1” สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ
- ผลงานทดลองและวิจัยของ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- การออกแบบอาคารถังปฏิกรณ์ เป็นไปตามมาตรฐาน ของ ว.ส.ท

การออกแบบเกี่ยวกับระบบการจัดการก๊าซชีวภาพ (biogas handling) ใช้เกณฑ์

มาตรฐานความปลอดภัยที่ใช้กับระบบ Anaerobic treatment ของ An International Codes and Standards Organization ของ ประเทศสหรัฐอเมริกา ตาม CODE : NFPA 820

(NFPA = National Fire Protection Association) ,

Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities 2003 Edition

2.6 แผนผัง (Plant Layout) ที่แสดงอุปกรณ์หลักในระบบผลิตก๊าซชีวภาพและระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ จนถึงระบบบำบัดน้ำเสียขั้นหลัง

2.7 รายการอุปกรณ์และระบบหลักที่ใช้ในระบบ

องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ประกอบด้วย

- หน่วยการกรอง (screening) และเครื่องสูบน้ำ

  เป็นตะแกรงสแตนเลส ซึ่งมีอยู่เดิมแล้ว ทำหน้าที่กรองกากของแข็งจากน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิต

- บ่อ Equalization

  ทำหน้าที่รับน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิต และปรับอัตราการไหล สมบัติน้ำเสียที่จะเข้าถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพ ให้มีความสม่ำเสมอ บ่อ Equalization เป็นบ่อดิน มีขนาด 3,278 ลบ.ม. โดยใช้บ่อบำบัดน้ำเสียบ่อที่ 1 เดิมของโรงงานที่ด้านบนมีการใช้ HDPE ปกคลุมบ่อเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น น้ำเสียจะไหลออกจากบ่อเข้าสู่บ่อสูบด้านข้างของบ่อ Equalization เพื่อจะสูบเข้าถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราไหล 12.5 ลบ.ม./ชม. ต่อไป

- ถังปฏิกรณ์ แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic fixed film Reactor)

  ทำหน้าที่กำจัดความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ และเปลี่ยนให้เป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ก๊าซชีวภาพ) ถังปฏิกรณ์เป็น ถัง คสล. ทรงสี่เหลี่ยม มีปริมาตรจุของเหลวได้ 4,400 ลบ.ม. น้ำเสียจะถูกสูบเข้าด้านล่างผ่านท่อกระจายน้ำและไหลขึ้นผ่านชั้นตัวกลางและล้นออกด้านบนไปยังบ่อบำบัดขั้นหลังต่อไป ผลการย่อยสลายดังกล่าวทำให้การกำจัดสกปรกในรูป COD ลดลงอย่างน้อย 80% ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นซึ่งมีองค์ประกอบของมีเทนประมาณ 60 % ซึ่งจะลอยขึ้นยังช่องว่างด้านบนของถังปฏิกรณ์และไหลผ่านท่อไปยังบ่อเก็บก๊าซ

- บ่อบำบัดขั้นหลัง

  ในโครงการใช้บ่อบำบัดเดิมของโรงงานมาเป็นบ่อบำบัดขั้นหลัง โดยบ่อแรกเป็นบ่อดินขนาด 3,278 ลบ.ม. ที่จะทำการปรับปรุงให้เป็นบ่อเก็บก๊าซชีวภาพด้วย น้ำที่ออกจากบ่อนี้จะไหลเข้าสู่บ่อดินอีก 5 บ่อต่อไปโดยบ่อบำบัดขั้นหลังรวมทั้งสิ้น 6 บ่อมีปริมาตรดังตาราง

แสดงขนาดและคุณภาพน้ำออกแต่ละบ่อของระบบบำบัดขั้นหลัง

	BOD inlet (mg/l)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	ระยะเวลากักเก็บ (วัน)	BOD outlet (mg/l)
ถัง AFFR	22,000	4,400	14.6	2,200
บ่อที่ 1	2,200	3,278	10.9	880
บ่อที่ 2	880	3,112	10.3	352
บ่อที่ 3	352	3,112	10.3	141
บ่อที่ 4	141	3,112	10.3	56
บ่อที่ 5	56	3,800	12.6	23
บ่อที่ 6	23	3,000	10	9
รวม		23,814	79	

- ระบบรวบรวมและส่งก๊าซชีวภาพ
  ก๊าซที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ จะไหลไปเก็บไว้ที่บ่อเก็บก๊าซ ซึ่งมีปริมาตรการเก็บประมาณ 4,500 ลบ.ม. เมื่อจะนำไปใช้ประโยชน์จะถูกสูบโดย root blower ผ่านชุดทำความสะอาดก๊าซ (กำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์) และถังดักน้ำ เพื่อนำไปใช้ที่หัวเผาต่อไป อัตราการส่งก๊าซสูงสุดที่ 450 ลบ.ม./ชม.

อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดที่สำคัญ

อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ

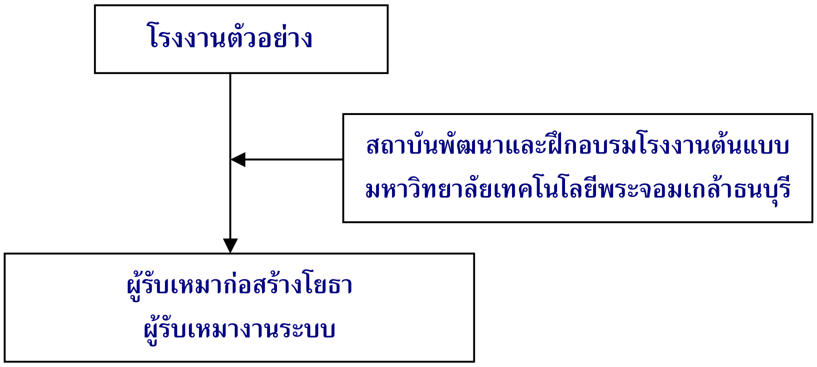
รายการ	หน้าที่/ลักษณะ
Wastwater Flow meter	เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์
Biogas Flow meter	เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและที่นำไปใช้ประโยชน์โดยมิเตอร์เป็นแบบที่ใช้หลักการของ pitot tube
Low Pressure switch	เป็นอุปกรณ์ป้องกันความดันในท่อก๊าซด้านความดันต่ำ(ด้านทางดูด blower) ต่ำเกินไปจะสั่งให้ blower หยุดทำงาน
ถัง Pressure-vacuum breaker	เป็นอุปกรณ์ป้องกันถังปฏิกรณ์จากการยุบตัวเนื่องจาก ท่อในส่วนของทางดูดของ blowerเป็นสุญญากาศ (ในกรณีlow pressure switch ไม่ทำงาน)
High Pressure switch I	เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซด้านความดันต่ำ (ด้านทางดูด blower) โดยไปสั่งให้ระบบ Flare ทำงาน เมื่อความดัน

	ด้านความดันต่ำ สูงเกิน
High Pressure switch II	เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซด้านความดันสูง (ด้านทางส่งของ blower) โดยสั่งให้ระบบ blower หยุดทำงาน เมื่อความดันสูงเกิน
Pressre relief valve	เป็นอุปกรณ์ป้องกันความดันก๊าซในท่อด้านความดันสูง(ด้านทางส่งของ blower) สูงเกิน และ High Pressure switch II ไม่ทำงาน
Flame Arrester	เป็นอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟย้อนกลับในระบบท่อ โดยติดตั้งที่ท่อก๊าซที่นำไปใช้ประโยชน์และท่อก๊าซที่ไประบบ Flare
ชุดทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ	เป็นถังกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างการดูดซึม (Absorption) และการทำงานของจุลินทรีย์
ถังดักน้ำ	เป็นถังเพื่อดักละอองน้ำที่มากับก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้งาน

3.ประสบการณ์ของผู้ดำเนินโครงการ

3.1 รูปแบบแนวทางการบริหารจัดการโครงการ ที่แสดงรายละเอียดของ โครงสร้างการดำเนินโครงการ ขอบเขตหน้าที่รวมถึงประสบการณ์หรือคุณสมบัติของผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการ ได้แก่ เจ้าของโครงการ ที่ปรึกษาออกแบบระบบ ที่ปรึกษาหรือหน่วยงานควบคุมงานก่อสร้าง-ติดตั้งระบบอุปกรณ์ ผู้รับเหมางานในส่วนระบบต่างๆ เป็นต้น

แผนผังการบริหารจัดการโครงการ



แนวทางการดำเนินงานและบริหารจัดการ

เจ้าของโครงการ คือ บ.รวมอาหาร จำกัด และที่ปรึกษาออกแบบระบบคือ มจธ. จะร่วมกันคัดเลือกผู้รับเหมาก่อสร้างงานโยธาและงานระบบ โดยผู้รับเหมาจะจัดทำแบบรายละเอียดการก่อสร้าง และดำเนินการก่อสร้าง/ติดตั้งอุปกรณ์จนแล้วเสร็จ ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยที่ปรึกษาฯ (มจธ.) ซึ่งเจ้าของโครงการและ มจธ. จะร่วมกันตรวจรับงาน

หน้าที่รับผิดชอบของที่ปรึกษาการออกแบบระบบ คือ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) เป็นผู้บริหารโครงการ มีดังนี้

1) สำรวจและออกแบบกระบวนการ (Functional & Process Design) ระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic Fixed Film) กำหนดมาตรฐานของผู้รับเหมา ให้คำแนะนำโรงงานในการคัดเลือกผู้รับเหมา
2) ให้คำปรึกษาในการก่อสร้าง กำหนดขนาด/รายละเอียดเครื่องจักรและอุปกรณ์ และตรวจสอบคุณภาพเมื่อก่อสร้างหรือติดตั้งแล้วเสร็จ
3) ดำเนินการเริ่มต้นเดินระบบ Start-up Test run Commissioning และประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ
4) อบรมบุคลากรของโรงงานในการดำเนินงานและดูแลระบบ
5) ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานของระบบฯ และติดตามประเมินผลการทำงานของระบบ หลังงานก่อสร้างแล้วเสร็จระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี

3.2 ประสบการณ์ ผลงาน การออกแบบ ควบคุมงาน ที่เกี่ยวข้องกับงานระบบผลิตก๊าซชีวภาพ งานนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ของที่ปรึกษาออกแบบระบบ

ตัวอย่างผลงาน

การถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic Fixed Film)

1.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังชลเจริญ จ.ชลบุรี ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ ขนาดปริมาตรรวม 12,000 ลบ.ม. บำบัดน้ำเสียจากโรงงานได้ทั้งหมดประสิทธิภาพสูงกว่า 85 % ผลิตได้ก๊าซชีวภาพใช้ทดแทนน้ำมันเตาในการผลิตของโรงงานได้ทั้งหมด และมีก๊าซชีวภาพเหลือใช้ ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย มูลค่าการทดแทนประมาณ 15 – 20 ล้าน/ปี เงินลงทุนประมาณ 40 - 45 ล้านบาท (ก่อสร้างเสร็จปี 2548)

2.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังชัยภูมิพืชผล จ.นครราชสีมา ระบบขนาดปริมาตรรวม 12,000 ลบ.ม. (ก่อสร้างแล้วเสร็จปี 2549) บำบัดน้ำเสียจากโรงงานได้ทั้งหมดประสิทธิภาพสูงกว่า 85 % และปรับใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนน้ำมันเตาที่หัวเผาหม้อต้มน้ำมันร้อนในการอบแห้งแป้งของโรงงานได้ 100 %

3.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง แป้งตะวันออกเฉียงเหนือ (1987) จ.นครราชสีมา ระบบขนาดปริมาตรรวม 12,000 ลบ.ม. (ก่อสร้างแล้วเสร็จปลายปี 2549) บำบัดน้ำเสียจากโรงงานได้

ทั้งหมดประสิทธิภาพสูงกว่า 85 % นำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนก๊าซ LPG , ผลิตกระแสไฟฟ้า และทดแทนการใช้ฟืน

4.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง สีมาอินเตอร์โปร์ดักส์ จ.ฉะเชิงเทรา ระบบขนาดปริมาตรรวม 12,000 ลบ.ม. (อยู่ระหว่างการปรับการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ)

5.โรงงานผลิตแป้งข้าวบางกอกอินเตอร์ฟู้ด จ.นครปฐม ระบบขนาดปริมาตรรวม 5,200 ลบ.ม. (ก่อสร้างเสร็จและเริ่มเดินระบบตั้งแต่ ปี 2542) แก้ไขปัญหาน้ำเสียและกลิ่นเหม็นระบบกวนชุมชน ประหยัดค่าสารเคมีได้มากกว่า 3 แสนบาท/เดือน และใช้ก๊าซชีวภาพผลิตกระแสไฟฟ้า มูลค่าโครงการประมาณ 15 ล้านบาท

6.โรงงานผลไม้อบแห้งซีอองฮอง จ.ราชบุรี ปี 2548 แก้ไขปัญหากลิ่นเหม็นจากน้ำเสีย ทำให้โรงงานไม่ต้องถูกปิดหรือหยุดการผลิต ผลจากการสร้างระบบทำให้ลดค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียได้ 3 แสนบาท/เดือน และใช้ก๊าซชีวภาพผลิตกระแสไฟฟ้า ประหยัดเงิน 3 แสนบาท/เดือน

7.โรงงานสัปปะรดกระป๋อง สามร้อยยอด จ.ประจวบคีรีขันธ์ ปี 2549 แก้ไขปัญหาน้ำเสีย และอยู่ระหว่างทดสอบนำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนน้ำมันเตาที่ Boiler

การถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพแบบลูกผสม (Hybrid Reactor)

8.โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ทักษิณน้ำมันปาล์ม ทดสอบถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมระดับโรงงานต้นแบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานน้ำมันปาล์ม

9.โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ท่าชนะน้ำมันปาล์ม ศึกษาและปรับปรุงการทำงานของระบบเดิมที่เป็นแบบ CSTR และอยู่ในระหว่างการก่อสร้างระบบถังปฏิกรณ์แบบลูกผสม ขนาด 4,900 ลบ.ม.

10.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ชลเจริญ จ.ชลบุรี โครงการต้นแบบ อยู่ในระหว่างดำเนินงานก่อสร้างถังปฏิกรณ์แบบลูกผสม รองรับน้ำเสียที่ออกจากถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม จุดประสงค์เพื่อบำบัดน้ำทิ้งให้สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้

อื่น ๆ อาทิเช่น

11.โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เนชันแนลสตาร์ช ประมาณ ปี 2544 แก้ไขปัญหาประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบแบบ UASB และอบรมเจ้าหน้าควบคุมระบบ โดยสามารถทำให้ระบบมีเสถียรภาพดี ไม่จำเป็นต้องเติมเชื้อจุลินทรีย์เพิ่ม และลดค่าสารเคมี 2 แสนบาท/เดือน และลดค่าใช้จ่ายในการซื้อและขนเม็ดตะกอนเชื้อจุลินทรีย์

12.โรงงานกรีนสปอต (ประเทศไทย) ประมาณ ปี 2545 ดำเนินการเริ่มต้นเดินระบบแบบไร้อากาศ และอบรมเจ้าหน้าควบคุมระบบ ลดการใช้ไฟฟ้าและสารเคมีในการเดินระบบแบบเดิมได้ 5 แสนบาท/เดือน และนำก๊าซชีวภาพไปใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 2 แสนบาท/เดือน

13.โรงงานสำปะหลังพัฒนา อบรมเจ้าหน้าควบคุมระบบ และปรับวิธีการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ ให้สามารถเดินระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบ ลดค่าใช้จ่ายสารเคมีได้ 2 แสนบาท/เดือน

14.โรงงานโชคชัยสตาร์ช เริ่มต้นระบบบำบัดแบบไร้อากาศ และอบรมเจ้าหน้าควบคุมระบบ ช่วยให้โรงงานสามารถดำเนินการผลิตอยู่ได้โดยที่ไม่ถูกปิด และลดการใช้สารเคมีลงได้ประมาณ 560,000 บาท/เดือน

15.โรงงานสงวนวงศ์อุตสาหกรรม ทำการศึกษาเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจาก กากมันสำปะหลัง

16.โรงงานสยามควอลิตี้สตาร์ช ทดสอบความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจาก น้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลังและแป้งดัดแปลง

17.โรงงานขนมจีน พ.ศ.ช. ผลิตภัณฑ์อาหาร ทำการศึกษาเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานด้วยระบบแบบตรึงฟิล์ม

ระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ ภายใต้การดำเนินงาน วิจัย พัฒนา ของ มจธ.นี้ ได้รับรางวัล

1) รางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2545 รางวัลผลงานวิจัย ชมเชย สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย
2) โครงการดีเด่นด้านพลังงานใหม่และหมุนเวียน ของประเทศไทย ปี 2546 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3) ได้รับการยอมรับจากนานาชาติ โดยชนะการคัดเลือกจาก 260 โครงการ 66 ประเทศ ให้เป็น 1 ใน 5 ที่ได้รางวัล Seed Awards 2005 เพื่อให้เงินทุนสนับสนุนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งประเทศไนจีเรียได้เสนอโครงการโดยใช้เทคโนโลยีของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ตารางที่ ข-1 แสดงรายละเอียด specification และราคาของเครื่องจักรล้างวัตุดิบ

ที่	**รายการ**	จำนวน	**รายละเอียด**
	เครื่องล้างลูกสัปปะรด	1 เครื่อง	
1	ประเภท / รุ่น		PMV - 600 - 7000
2	ขนาดโครงสร้าง		3,000 x 1,155 x 1,400 mm
3	ความสามารถในการล้าง (capacity)		25 ตัน / วัน (8-10 ชม.)
4	วัสดุโครงสร้างของเครื่อง		stainless # 304
5	วัสดุที่ใช้ทำอ่างรับน้ำ		stainless # 316
6	ชุดอุปกรณ์ส่งกำลัง		
	- มอเตอร์เกียร์ ยี่ห้อ		SEW
	- กำลังขับ / spec มอเตอร์		0.55 Kw / 380 volt / 3P / 50 Hz
	- ชนิดสายพานลำเลียง		Modular Belt (วัสดุ Polypropylene)
7	ชุดปรับความเร็วรอบ (Inverter) สายพานลำเลียง		
	- ยี่ห้อ		DANFOSS
	- ความเร็วรอบของสายพาน		5 - 15 เมตร / นาที
8	ปั๊มน้ำหมุนเวียน		
	- ยี่ห้อ		EBARA
	- วัสดุ (เสื้อปั๊ม, ชุดใบพัด)		stainless # 304
	- กำลังขับมอเตอร์		1.5 Kw
9	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (power consumption)		6.15 บาท / ชั่วโมง (2.05 kwhr)
ราคารวม			**570,000.00**

ตารางที่ ข-2 แสดงรายละเอียด specification และราคาของหลอดหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ รุ่น ซุปเปอร์ 80

ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ	ขนาด (วัตต์)	ขนาด กxย(มม.)	สี	อุณหภูมิสี (K)	ขั้ว	ความสว่าง (Lumen)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ราคาขาย (บาท)
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 18 วัตต์ วอร์มไวท์	TL-D SUPER 80 18W/830 SLV/25	18	26x604	Warm White	3000	G 13	1350	15000	65
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 18 วัตต์ คูลไวท์	TL-D SUPER 80 18W/840 SLV/25	18	26x604	Cool White	4000	G 13	1350	15000	65
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 18 วัตต์ คูลเดย์ไลท์	TL-D SUPER 80 18W/865 SLV/25	18	26x604	Cool Daylight	6500	G 13	1300	15000	65
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 30 วัตต์ วอร์มไวท์	TL-D SUPER 80 30W/830 ES SLV/25	30	26x908	Warm White	3000	G 13	2400	15000	70
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 30 วัตต์ คูลไวท์	TL-D SUPER 80 30W/840 ES SLV/25	30	26x908	Cool White	4000	G 13	2400	15000	70
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 30 วัตต์ คูลเดย์ไลท์	TL-D SUPER 80 30W/865 ES SLV/25	30	26x908	Cool Daylight	6500	G 13	2300	15000	70
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 36 วัตต์ วอร์มไวท์	TL-D SUPER 80 36W/830 SLV/25	36	26x1213.6	Warm White	3000	G 13	3350	15000	75
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 36 วัตต์ คูลไวท์	TL-D SUPER 80 36W/840 SLV/25	36	26x1213.6	Cool White	4000	G 13	3350	15000	75
หลอดซูเปอร์ ทีแอลดี 36 วัตต์ คูลเดย์ไลท์	TL-D SUPER 80 36W/865 SLV/25	36	26x1213.6	Cool Daylight	6500	G 13	3250	15000	75

หมายเหตุ : หลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่นซูเปอร์ 80 ขั้วเขียว เส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร ประหยัดไฟ 10 % เมื่อเทียบกับหลอดนีออนรุ่นเก่า (20 วัตต์, 40 วัตต์) ให้แสงสว่างกว่า 25 - 30 % ซึ่งเป็นแสงที่สีสดใสเป็นธรรมชาติกว่าหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ มาตรฐานธรรมดา และให้แสงสว่างคงที่ตลอดอายุการใช้งาน

ภาคผนวก ค.
คำนวณผลการตอบแทนการลงทุนของการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นเชื้อเพลิงถ่านหิน

เปรียบเทียบ การประหยัดค่าเชื้อเพลิงระหว่าง

การใช้หม้อไอน้ำเชื้อเพลิง น้ำมันเตาเกรด C กับ ถ่านหิน BITUMINOUS

1. โดยกำหนดคุณสมบัติ

จากสูตร

$$\frac{\text{ค่าพลังงานทำน้ำกลายเป็นไอ} - \text{ค่าพลังงานทำน้ำป้อนหม้อไอน้ำ}}{\text{ความร้อนของเชื้อเพลิง X ประสิทธิภาพหม้อน้ำ}} = \text{จำนวน ก.ก./ตันไอน้ำ}$$

- ค่าความร้อนของน้ำมันเตาเกรด **C**	=	9,700	กิโลคาลอรี่ / ก.ก.
- ความหนาแน่น	=	0.95	ก.ก. / ลิตร
- ค่าความร้อนถ่านหิน (BITUMINOUS)	=	5,200	กิโลคาลอรี่ / ก.ก.
- ร้อยละของประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำแบบใช้ถ่านหิน	=	80	
- ร้อยละของประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำแบบใช้น้ำมันเตา	=	85	

2. ข้อมูลของ โรงงานอาหารตัวอย่าง ในปัจจุบัน

ปริมาณไอน้ำ	=	3	ตัน/ช.ม.
แรงดันไอน้ำ	=	5	บาร์ (653,000 กิโลคาลอรี่/ ตันไอน้ำ)
น้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ	=	70	^{o}C (70,000 กิโลคาลอรี่/ตันไอน้ำ)
(เป็นน้ำที่ผสมกับน้ำคอนเดนเสทกลับแล้ว)			
ราคาน้ำมันเตา	=	14. 25	บาท/ลิตร
ราคาถ่านหิน	**=**	2.50	บาท/ก.ก.
ทำงาน	=	24	ช.ม. /วัน
และทำงาน	=	30	วัน/เดือน

3. จากข้อมูลการใช้น้ำมันเตา

น้ำมันเตา	=	52,609	ลิตร / เดือน
ปริมาณไอน้ำ	=	750	ตัน / เดือน

4. จากการคำนวณการใช้ถ่านหิน (BITUMINOUS)

$$= \frac{653{,}000 - 70{,}000 \text{ (กิโลคาลอรี่/ช.ม./ตันไอน้ำ)}}{5{,}200 \text{ (กิโลคาลอรี่ / ก.ก. / ตันไอน้ำ)} \times 0.80}$$

= 140 ก.ก. / ช.ม. / ตันไอน้ำ

= 105,000 ก.ก. / เดือน. (มาจาก 140 X 750)

5. การเปรียบเทียบน้ำมันเตาเกรด C กับ ถ่านหิน

	น้ำมันเตา		ถ่านหิน	
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	52,609.00	ลิตร/เดือน	105,000	ก.ก. /เดือน
ราคาเชื้อเพลิง	14.25	บาท/ลิตร	2.50	บาท/ก.ก.
	749,678.25	บาท/เดือน	262,500.00	บาท/เดือน

- ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มจาก 30 kW จากน้ำมันเตา
  มาเป็นถ่านหิน (30 kW x 2.70 บาท x 24 ช.ม. x 30 วัน) = 58,320.00 บาท/เดือน
- บวกค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากการใช้คนงาน 2 คน / กะทำงาน
  (2 x 10,000 บาท / เดือน x 3 กะต่อวัน) = 60,000.00 บาท/เดือน

รวมการใช้จ่ายถ่านหิน = 380,820.00 บาท/เดือน

จากการประหยัดจากน้ำมันเตา/วัน = 749,678.25 – 380,820.00 บาท/เดือน

= 368,858.25 บาท/เดือน

สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ ต่อปี **= 4,426,299.00** บาท/ปี

ราคาหม้อไอน้ำแบบใช้ถ่านหินขนาด 4 ตัน/12 บาร์	=	4,403,897.78	บาท
ค่าติดตั้งโครงสร้างระบบบำบัดอากาศและของเสียที่เกิดจากการผลิต	=	227,690.28	บาท
ค่าพื้น, โครงสร้างอาคารหม้อน้ำ และ อื่นๆ(10 x 30 เมตร)	=	2,849,008.76	บาท
ค่าใช้จ่ายอื่นๆเพิ่มเติมเช่น งานเดินท่อไอน้ำ, ถังพักไอน้ำ, ระบบน้ำ	=	610,000.00	บาท
รวมเป็นเงินที่ต้องลงทุนทั้งหมด	=	**7,862,906.54**	บาท

6. จากการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนจากน้ำมันเตาเกรด C มาเป็นถ่านหิน BITUMINOUS

จะสามารถคืนทุนในการลงทุนซื้อหม้อน้ำ **7,862,906.54** หาร **4,426,299.00** บาท

ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุนทั้งหมด 1.77 ปี หรือ = **22 เดือน** = **1 ปี 10 เดือน**

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ตาราง ง -1 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของเครื่องล้างวัตถุดิบ

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)											
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-593,552.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-593,552.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00
ระยะเวลาคืนทุน	2.92 ปี										
IRR	28.27%										

ตาราง ง-2 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงแข็ง

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**															
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+)/จ่ายเพิ่มขึ้น(-)																
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139	5,846,139
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-7,862,907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840	-1,419,840
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-7,862,907	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299	4,426,299
ระยะเวลาคืนทุน	1.77 ปี															
IRR	56.22%															

ตาราง ง-3 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี															
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)																
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000	8,574,000
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-24,100,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800	-750,800
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-24,100,000	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200	7,823,200
ระยะเวลาคืนทุน	3.08 ปี															
IRR	31.95%															

<u>ตาราง ง-4</u> แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**		
	0	**1**	**2**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)			
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	91,640.30	91,640.30
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-32,302.00	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-32,302.00	91,640.30	91,640.30
ระยะเวลาคืนทุน	0.35 ปี		
IRR	262.06%		

<u>ตาราง ง-5</u> แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพตู้อบ

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**														
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	◄······	······►	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)									◄······	······►					
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687	◄······	······►	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687	1,691,687
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-13,185,234	-	-	-	-	-	-	-	◄······	······►					
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	◄······	······►	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	◄······	······►					
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-13,185,234	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687	◄······	······►	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687	1,637,687
ระยะเวลาคืนทุน	7.79 ปี														
IRR	10.83%														

ตาราง ง-6 แสดงค่าใช้จ่ายของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน

ลำดับ	มาตรการ	ค่าใช้จ่าย
	มาตรการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังใช้งาน 30 นาที(เปิด-ปิด แอร์)	
1	มูลค่างานที่เสียไปเนื่องจากพนักงานเข้ารับการอบรม	28000
	โดยพนักงานเข้าอบรมรอบละ 50 คน ทั้งหมด 5 รอบ	
2	ค่าวิทยากรในการอบรม 3 วัน	3500
3	ค่าอุปกรณ์และค่าไฟฟ้าในการอบรม 3 วัน	360
	รวมค่าใช้จ่าย	31,860.00
	มาตรการเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมเฝ้าติดตามและควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33000
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	55000
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	330000
	รวมค่าใช้จ่าย	418,000.00
	มาตรการนำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในการผลิต	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33000
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	25000
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	132000
	รวมค่าใช้จ่าย	190,000.00
	มาตรการปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าแผนกในการอบรมพนักงานและเฝ้าติดตามระยะเวลา 1 เดือน	2500
2	ค่าใช้จ่ายในการทดลองเก็บข้อมูลการใช้น้ำก่อนดำเนินการจริง	1050
	รวมค่าใช้จ่าย	3,550.00

ตารางที่ ง-7 แสดงการจัดลำดับการลงทุนมาตรการประหยัดพลังงาน โรงงานอาหารผักและผลไม้อบแห้งตัวอย่าง

ลำดับ	รายการ	ชนิดพลังงาน	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (IRR %)	เหตุผลในการจัดลำดับการดำเนินการมาตรการประหยัดพลังงาน
	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน						
1	การเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่	B , C	3,637,628.52	418,000.00	0.11	860.82%	ประหยัดเงินที่สุดและมีระยะเวลาในการคืนทุนต่ำที่สุด
2	นำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในการผลิต	B	483,870.00	190,000.00	0.39	231.49%	ประหยัดเงินและมีระยะเวลาในการคืนทุนรองจากมาตรการแรก
3	การเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังใช้งาน 30 นาที	A	26,730.00	31,500.00	1.18	43.85%	มีระยะเวลาในการคืนทุนต่ำและสามารถดำเนินการได้ง่าย
4	ปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น	A	2,627.00	3,550.00	1.35	30.64%	มีระยะเวลาในการคืนทุนมากที่สุดสำหรับมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน
	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน						
1	เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม	A	91,640.30	32,302.00	0.35	262.06	ระยะเวลาคืนทุนเร็ว, เงินลงทุนน้อย และค่า IRR สูงที่สุด
2	จัดหาเครื่องจักรล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน	B , แรงงาน	203,269.00	593,552.00	2.92	32.14	ระยะเวลาคืนทุนน้อย, มีความเสี่ยงด้านการลงทุนน้อย
3	ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง	A , C	1,637,687.75	13,185,234.00	8.05	10.83	ระยะเวลาคืนทุนสูง, เงินลงทุนสูง และค่า IRR ต่ำ แต่สามารถรองรับการผลิตได้มากกว่าเดิม 1.5 เท่าของน้ำหนักการผลิตเดิม
4	ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้	C	7,823,200.00	24,100,000.00	3.08	31.96	ระยะเวลาคืนทุนปานกลางและเงินลงทุนสูงแต่เมื่อประเมินความเสี่ยงในการลงทุนแล้วยังมีความเหมาะสมที่จะลงทุน
5	เปลี่ยนหม้อไอน้ำเป็นแบบใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน	C	4,426,299.00	7,862,906.54	1.77	56.22	ระยะเวลาคืนทุนต่ำ, ค่าIRR สูง และ เงินลงทุนปานกลางแต่มีความเสี่ยงเรื่องมลภาวะเป็นพิษ และการต่อต้านจากชุมชน
รวมทุกมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน		**A , B , C**	**4,150,855.52**	**643,050.00**	**0.15**	-	-
รวมทุกมาตรการที่ต้องมีการลงทุน		**A , B , C**	**14,090,455.75**	**45,741,692.54**	**3.25**	-	-
รวมทั้งหมดทุกมาตรการ		**A , B , C**	**18,241,311.27**	**46,384,742.54**	**2.54**	-	-

สัญลักษณ์ชนิดพลังงาน

A หมายถึง พลังงานไฟฟ้า

B หมายถึง น้ำบาดาล

C หมายถึง พลังงานเชื้อเพลิง (น้ำมันเตาเกรด C)

ภาคผนวก จ.
มูลค่าการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในเหตุการณ์ที่แย่ที่สุด

ตาราง จ-1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fix Film ของโรงงานตัวอย่าง

ลำดับ	รายการข้อมูล	ค่าการคำนวณ		หน่วย
		ประมาณการ	กรณีเหตุการณ์แย่ที่สุด	
1	**ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย**			
	1.1 ปริมาณน้ำเสีย	**200**	**166**	ลบม./วัน
	1.2 ความเข้มข้น COD	44,000	44,000	มก./ล.
	1.3 ปริมาณ COD	8,800	7,304	ก.ก./วัน
	1.4 ความเข้มข้น BOD	22,000	22,000	มก./ล.
	1.5 ปริมาณ BOD	4,400	3,652	ก.ก./วัน
2	**ข้อมูลการออกแบบระบบบำบัด**			
	2.1 ภาระการรับสารอินทรีย์ (OLR)	3	3	ก.ก.COD/ลบม./วัน
	2.2 ระยะเวลาการกักเก็บ (HRT)	14.7	14.7	วัน
	2.3 ประสิทธิภาพการบำบัด	80	80	เปอร์เซ็นต์
	2.4 สัดส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพ	0.45	0.45	ลบม.ก๊าซ/กกCODที่ถูกย่อยสลาย
3	**ขนาดของระบบบำบัดแบบ Fix Film**			
	3.1 ปริมาตรกักเก็บน้ำเสียของถังปฏิกรณ์	4,400	4,400	ลบม.
	3.2 ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ได้	3,168	2,629	ลบม./วัน
	3.3 เทียบเท่าน้ำมันเตา	1,489	1,236	ลิตร/วัน
	3.4 มูลค่าทดแทนน้ำมันเตา	8,574,176.16	7,116,566.21	บาท/ปี @ 17.45 บาท/ลิตร
	3.5 เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า	6,030	5,005	กิโลวัตต์ - ชม. / วัน
	3.6 วันทำการใน 1 ปี	330	330	วัน/ปี
4	**เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบและเปลี่ยนชุด BURNER**	24,100,000.00	26,600,000.00	บาท
5	**ต้นทุนการเดินระบบ (ตามข้อมูลในภาคผนวก)**	750,800.00	801,700.00	บาท/ปี
6	**ค่าเสื่อมของระบบ**			
	6.1 อายุของระบบ	15	10	ปี
	6.2 ค่าเสื่อม (มูลค่าเงินลงทุน / อายุของระบบ)	1,606,666.67	2,660,000.00	บาท/ปี
7	**ระยะเวลาคืนทุน(ปี)**			
	7.1 ระยะเวลาในการคืนทุน	**3.08**	**4.21**	ปี
8	**ค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์**			
	8.1 IRR (Internal rate of return)	**31.96%**	**19.86%**	เปอร์เซ็นต์

ตาราง จ-2 แสดงการเปรียบเทียบงบประมาณโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาประมาณการ		กรณีเหตุการณ์แย่ที่สุด	
				ราคา/หน่วย	ราคารวม	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	ระบบบำบัดประกอบด้วย	1	ระบบ				
	1.1 ถังปฏิกรณ์			11,000,000.00	11,000,000.00	13,500,000.00	13,500,000.00
	1.2 ระบบท่อน้ำและอุปกรณ์ในถังปฏิกรณ์			2,600,000.00	2,600,000.00	2,600,000.00	2,600,000.00
	1.3 ระบบท่อส่งแก๊สจากระบบบำบัดน้ำเสียไปยังจุดใช้งาน(หม้อไอน้ำ)			5,000,000.00	5,000,000.00	5,000,000.00	5,000,000.00
	1.4 วัสดุตัวกลางและงานติดตั้ง			1,800,000.00	1,800,000.00	1,800,000.00	1,800,000.00
	1.5 ค่าบริหารโครงการและเทคโนโลยี			2,000,000.00	2,000,000.00	2,000,000.00	2,000,000.00
	1.6 ค่าออกแบบทางวิศวกรรม			500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00
2	ค่าหัว BURNER พร้อมค่าดำเนินการติดตั้ง	1	set	1,200,000.00	1,200,000.00	1,200,000.00	1,200,000.00
3	งานปรับปรุงรูปแบบบ่อน้ำเสีย # 2,3,4,5 + รถดูดน้ำเพื่อย้ายน้ำในระหว่างปรับปรุงบ่อ	4	บ่อ		-		-
รวม					**24,100,000.00**		**26,600,000.00**

ตาราง จ-3 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย (บาท/ปี)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าใช้จ่ายประมาณการ		กรณีเหตุการณ์แย่ที่สุด	
				ราคา/หน่วย	รวม	ราคา/หน่วย	รวม
1	ค่าไฟฟ้าในการเดินปั๊ม 2 ตัว เพื่อจ่ายน้ำเข้าระบบบำบัด	2	เครื่อง	25,500.00	51,000.00	25,500.00	51,000.00
2	ค่าไฟฟ้าในการเดิน โบล์วเวอร์ เพื่อนำแก๊สไปใช้งาน	1	เครื่อง	75,900.00	75,900.00	75,900.00	75,900.00
3	ค่าสารเคมี / อุปกรณ์สิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์	1	ปี	51,100.00	51,100.00	60,000.00	60,000.00
	หาค่าต่าง ๆ ได้แก่ COD , ALKALINITY เป็นต้น						
4	ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	1	ปี	232,000.00	232,000.00	250,000.00	250,000.00
5	ค่าใช้จ่ายแรงงานในการควบคุมระบบ						
	- ผู้เชี่ยวชาญดูแลและควบคุมระบบ	1	คน	10,000.00	120,000.00	12,000.00	144,000.00
	- ช่างเทคนิคควบคุมระบบ (ระดับปฏิบัติการ)	2	คน	6,700.00	160,800.00	6,700.00	160,800.00
	- คนงาน	1	คน	5,000.00	60,000.00	5,000.00	60,000.00
รวม					**750,800.00**		**801,700.00**

ภาคผนวก ฉ.

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจริง

ตาราง ฉ -1 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของเครื่องล้างวัตถุดิบ (ที่ได้ดำเนินการทำจริง)

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)											
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00	203,269.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-570,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00	-20,295.00
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-570,000.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00	182,974.00
ระยะเวลาคืนทุน	3.12 ปี										
IRR	29.72%										

ตาราง ฉ-2 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า (ที่ได้ดำเนินการทำจริง)

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**		
	0	**1**	**2**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)			
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	77,894.25	77,894.25
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-32,302.00	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-32,302.00	77,894.25	77,894.25
ระยะเวลาคืนทุน	0.41 ปี		
IRR	217.17%		

ตาราง ฉ-3 แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพตู้อบ (ที่ได้ดำเนินการทำจริง)

ประเภทค่าใช้จ่าย	**ปี**														
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	◄······	······►	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)									◄······	······►					
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242	◄······	······►	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242	1,596,242
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-13,805,234	-	-	-	-	-	-	-	◄······	······►					
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	◄······	······►	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000	-54,000
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	◄······	······►					
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-13,805,234	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242	◄······	······►	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242	1,542,242
ระยะเวลาคืนทุน	8.95 ปี														
IRR	9.28%														

ตาราง ฉ-4 แสดงค่าใช้จ่ายของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์

ลำดับ	มาตรการ	ค่าใช้จ่าย
	มาตรการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังใช้งาน 30 นาที(เปิด-ปิด แอร์)	
1	มูลค่างานที่เสียไปเนื่องจากพนักงานเข้ารับการอบรม	33600
	โดยพนักงานเข้าอบรมรอบละ 50 คน ทั้งหมด 5 รอบ	
2	ค่าวิทยากรในการอบรม 3 วัน	3500
3	ค่าเช่าอุปกรณ์และค่าไฟฟ้าในการอบรม 3 วัน	3360
	รวมค่าใช้จ่าย	40,460.00
	มาตรการเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมเฝ้าติดตามและควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33000
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	55000
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	396000
	รวมค่าใช้จ่าย	484,000.00
	มาตรการนำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในการผลิต	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33000
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	25000
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	198000
	รวมค่าใช้จ่าย	256,000.00
	มาตรการปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าแผนกในการอบรมพนักงานและเฝ้าติดตามระยะเวลา 1 เดือน	1500
2	ค่าใช้จ่ายในการทดลองเก็บข้อมูลการใช้น้ำก่อนดำเนินการจริง	1050
	รวมค่าใช้จ่าย	2,550.00

ตารางที่ ฉ-5 แสดงการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจัดทำจริง

ลำดับ	รายการ	ชนิดพลังงาน	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (IRR %)	หมายเหตุ
	แนวทางที่ได้ดำเนินการทำจริง						
	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน						
1	การเพิ่มร้อยละของการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่	B , C	2,859,920.00	484,000.00	0.17	578.04%	หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงในทุกมาตรการที่ไม่ต้อง
3	นำน้ำตาลที่จะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดกลับมาใช้ในการผลิต	B	402,528.00	256,000.00	0.64	126.62%	มีการลงทุนแล้ว พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนมากขึ้น
2	การเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ ก่อนและหลังใช้งาน 30 นาที	A	26,730.00	40,460.00	1.51	20.77%	และผลตอบแทนภายใน (IRR) ลดลง กว่าการประมาณการ
4	ปรับปรุงพฤติกรรมในการใช้น้ำทำความสะอาดพื้น	A	1,823.25	2,550.00	1.40	27.55%	แต่ผลตอบแทนที่ได้ยังคงเหมาะสมต่อการลงทุน
	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน						
1	เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมาใช้แทนหลอดเดิม	A	77,894.25	32,302.00	0.41	217.17%	หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงในทุกมาตรการที่ต้อง
2	จัดหาเครื่องจักรล้างวัตถุดิบมาใช้ทดแทนแรงงานคน	B , แรงงาน	182,974.00	570,000.00	3.12	29.72%	มีการลงทุนแล้ว พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนมากขึ้น
3	ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรในการอบแห้ง	A , C	1,542,242.00	13,805,234.00	8.95	9.28%	และผลตอบแทนภายใน (IRR) ลดลง กว่าการประมาณการ
							แต่ผลตอบแทนที่ได้ยังคงเหมาะสมต่อการลงทุน
รวมทั้งหมดทุกมาตรการที่ได้ดำเนินการทำจริง		**A , B , C**	**5,094,111.50**	**15,190,546.00**	**2.98**	-	
รวมมูลค่าพลังงานที่สามารถประหยัดได้ (บาท / ปี)		**5,094,111.50**					

สัญลักษณ์ชนิดพลังงาน

A หมายถึง พลังงานไฟฟ้า

B หมายถึง น้ำบาดาล

C หมายถึง พลังงานเชื้อเพลิง (น้ำมันเตาเกรด C)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายปฐวี ปุยะติ
ที่อยู่	127/2 หมู่ 4 ตำบลประโคนชัย อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ 31140
ที่ทำงาน	บ.รวมอาหาร จำกัด 140 หมู่ 2 ต.สระกะเทียม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000 โทรศัพท์ (034) 200173-4
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2545	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2549	ศึกษาต่อระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงาน วิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2545-2547	ผู้ช่วยหัวหน้าส่วนวิศวกรรม บริษัท สยามพรีเสิร์ฟฟู้ดส์ จำกัด
พ.ศ. 2548-2549	หัวหน้าส่วนวิศวกรรม บริษัท สยามพรีเสิร์ฟฟู้ดส์ จำกัด
พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน	ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายวิศวกรรม บริษัท รวมอาหาร จำกัด