

ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์: กรณีศึกษา



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY EFFICIENCY IN TIRE MANUFACTURING PROCESS : A CASE STUDY

Miss Jiraporn Attasara



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพพลังงานในระบบการผลิตยางรถยนต์:

กรณีศึกษา

โดย

นางสาวจิราพร อัดตะसारะ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ไชยะ แซ่มซ้อย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร ชูตินธวานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ไชยะ แซ่มซ้อย)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.พงศ์พันธุ์ วรรณชัย)

จิราพร อัดตะสาระ : ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์: กรณีศึกษา (ENERGY EFFICIENCY IN TIRE MANUFACTURING PROCESS : A CASE STUDY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ไชยะ แซ่มซ้อย, 143 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ และพฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้พลังงานต่อไปได้ โดยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตหลักพบว่ากระบวนการผสมยางและกระบวนการดันยาง เป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากกว่ากระบวนการผลิตอื่น ได้ทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงปี 2556 – 2557 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกระบวนการ โดยใช้สมการเชิงเส้นแบบง่ายในการวิเคราะห์พบว่า ค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.7 ในทุกกระบวนการ แสดงให้เห็นถึงพลังงานไฟฟ้าสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption หรือ SEC) พบว่าช่วงค่า SEC ของแต่ละกระบวนการมีค่าที่แตกต่างกัน โดยกระบวนการผสมยางและกระบวนการดันยาง อยู่ระหว่าง 739 – 814 kWh/Ton และ 218 – 265 kWh/Ton ตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า SEC คือปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ค่า SEC สามารถใช้ในการเปรียบเทียบกับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกลุ่มผลิตภัณฑ์เดียวกันหรือที่มีกระบวนการผลิตเหมือนกัน นอกจากนี้ยังตรวจติดตามพลังงานโดยการประยุกต์ใช้กราฟค่าผลรวมสะสมของความแตกต่าง (Cumulative Summation of Difference หรือ CUSUM) พบว่าในกระบวนการผสมยาง กระบวนการดันยาง และกระบวนการประกอบยาง มีความผิดปกติในด้านการใช้พลังงาน ในช่วงปี 2556 ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและพบว่าในปี 2557 ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานอยู่ที่ ร้อยละ 1.84 ,3.12 และ 3.36 ตามลำดับ โดยโรงงานสามารถกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน และจัดทำแผนประหยัดพลังงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อไป

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5787556020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: ENERGY EFFICIENCY / SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION (SEC) / ENERGY MANAGEMENT / CUSUM CHART / TIRE MANUFACTURING

JIRAPORN ATTASARA: ENERGY EFFICIENCY IN TIRE MANUFACTURING PROCESS : A CASE STUDY. ADVISOR: ASST. PROF. SOMPONG PUTIVISUTISAK, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. CHAIYA CHAMCHOY, 143 pp.

This research aimed to analyze the energy efficiency of the tire manufacturing process and monitoring energy consumption behaviors in manufacturing process for energy electrical energy management plan. The result showed that the mixing process and the extruding process was high energy consumption. With 24 month data collection from 2013 to 2014, the relations between energy consumption and production volume from each process were formulated. The result showed that the energy consumption from all processes related with the production volume ($R^2 > 0.7$). SEC from the mixing process was 739-814 kWh/Ton and the extruding process was 218-265 kWh/Ton. The SEC could be comparison with other factory and the same product or the same process. The energy consumption was monitored by CUSUM. The research found that the energy efficiency from 2014 was better than 2013 with energy saving potential for the mixing process ,extruding process and building process 1.84%, 3.12% and 3.36% respectively.

Field of Study: Energy Technology and Student's Signature

Management Advisor's Signature

Academic Year: 2015 Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับนี้ สำเร็จไปได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอพระขอบคุณ รศ. ไชยยะ แซ่มซ้อย และ ผศ.ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้แนะนำแนวทางการทำวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ ท่านคณะอาจารย์ ประจำ หลักสูตร เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้แนวคิด และองค์ความรู้ต่างๆ จากการสอนในหลักสูตร เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาอยู่

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่โรงงานตัวอย่าง โดยเฉพาะแผนกสิ่งแวดล้อม และฝ่ายวิศวกรรม ที่ผู้วิจัยได้ทำงานอยู่ ซึ่งให้การสนับสนุนข้อมูลที่เป็น มาใช้ในการวิจัย ทั้งยังสละเวลาในการให้คำปรึกษา แก่ผู้วิจัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย และดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2.....	6
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ระบบการจัดการพลังงาน	6
2.1.1 ระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน	6
2.2 ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency).....	8
2.3 ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption หรือ SEC).....	10
2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อ ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ.....	11
2.4 กราฟ DIFF และ กราฟ CUSUM.....	11
2.5 การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)	12

2.5.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย	12
2.6 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต	13
2.7 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิต.....	14
2.8 โครงสร้างของอุตสาหกรรมยางล้อ.....	16
2.9 กระบวนการผลิตยางรถยนต์.....	16
2.10 ลักษณะของโครงสร้างภายในยางรถยนต์ที่ผลิตเสร็จแล้ว.....	22
2.11 ลักษณะพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตยางรถยนต์	22
2.12 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
2.12.1 การประยุกต์ใช้หลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์และการตรวจสอบติดตามการใช้พลังงาน	23
2.12.2 การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ	23
2.12.3 ประสิทธิภาพพลังงานและมาตรการลดการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางรถยนต์	25
บทที่ 3	28
ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่าง	28
3.1 ข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง.....	28
3.2 ข้อมูลด้านพลังงานของโรงงานตัวอย่าง	28
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและการผลิตในระดับองค์กรของโรงงานตัวอย่าง ..	31
บทที่ 4.....	48
ผลการดำเนินงานวิจัย	48
4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต	49
4.1.1 กระบวนการผสมยาง.....	49
4.1.2 กระบวนการดันยาง	57

4.1.3 กระบวนการฉาบฝ้าใบ.....	65
4.1.4 กระบวนการทำขอบลวด.....	73
4.1.5 กระบวนการประกอบยาง.....	81
4.1.6 กระบวนการอบยาง.....	89
4.1.7 กระบวนการตรวจสอบยาง.....	96
4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบรายสัปดาห์.....	103
4.2.1 กระบวนการผสมยาง.....	103
4.2.2 กระบวนการดันยาง.....	109
4.3 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2558.....	115
บทที่ 5.....	123
สรุปผลการวิจัย.....	123
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	123
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	126
รายการอ้างอิง.....	128
ภาคผนวก ก.....	131
ภาคผนวก ข.....	139
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	143

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	4
ตารางที่ 2.1	ประเภทของตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน.....	9
ตารางที่ 2.2	ลักษณะการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต	22
ตารางที่ 3.1	ปริมาณพลังงานในระดับองค์กรที่ใช้ในช่วง 24 เดือน ของโรงงานตัวอย่าง.....	29
ตารางที่ 3.2	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน	30
ตารางที่ 3.3	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 24 เดือน ของ โรงงานตัวอย่าง	36
ตารางที่ 3.4	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานความร้อนในรอบ 24 เดือน ของ โรงงานตัวอย่าง	36
ตารางที่ 3.5	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานรวมในรอบ 24 เดือน ของ โรงงานตัวอย่าง	37
ตารางที่ 3.6	สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานตัวอย่าง	37
ตารางที่ 4.1	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า ของกระบวนการผสม ยาง.....	51
ตารางที่ 4.2	สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานในกระบวนการผสมยาง	52
ตารางที่ 4.3	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการดันยาง	59
ตารางที่ 4.4	สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานในกระบวนการดันยาง	60
ตารางที่ 4.5	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการฉาบผ้าใบ.....	67
ตารางที่ 4.6	สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการฉาบ ผ้าใบ.....	68

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการทำขบลด	75
ตารางที่ 4.8 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการทำขบ ลด.....	75
ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการประกอบยาง.....	83
ตารางที่ 4.10 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของกระบวนการประกอบยาง	84
ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการอบยาง	91
ตารางที่ 4.12 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการอบ ยาง	92
ตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการ ตรวจสอบยาง	98
ตารางที่ 4.14 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการตรวจสอบ ยาง	99
ตารางที่ 4.15 การประหยัดและการสูญเสียพลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี (ใช้ข้อมูลอ้างอิงปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง)	120
ตารางที่ 5.1 สมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผลิตยาง รถยนต์.....	124
ตารางที่ 5.2 ช่วงค่า SEC ของพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิตยางรถยนต์	125
ตารางที่ 5.3 ศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 และผลประหยัดโดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 6 เดือน	126

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผสมยาง (รายเดือน).....	132
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการดันยาง (รายเดือน).....	133
ตารางที่ ก.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการฉาบผ้าใบ (รายเดือน).....	134
ตารางที่ ก.4 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการทำขอบลวด (รายเดือน).....	133
ตารางที่ ก.5 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการประกอบยาง (รายเดือน).....	136
ตารางที่ ก.6 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบยาง (รายเดือน).....	135
ตารางที่ ก.7 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการตรวจสอบยาง (รายเดือน).....	138
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับองค์กร.....	140
ตารางที่ ข.2 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนในระดับองค์กร.....	141
ตารางที่ ข.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานรวมในระดับองค์กร.....	142

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	วัฏจักรการทำระบบการตรวจติดตามด้านพลังงาน	7
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างกราฟ DIFF และ CUSUM ของข้อมูล 24 เดือน	12
รูปที่ 2.3	พลังงานผันแปร และ พลังงานคงที่.....	13
รูปที่ 2.4	แผนผังกระบวนการผลิตยางรถยนต์.....	16
รูปที่ 2.5	กระบวนการผลิตการผสมยาง	18
รูปที่ 2.6	กระบวนการฉาบผ้าใบ	18
รูปที่ 2.7	กระบวนการทำเส้นลวดฉาบยาง.....	19
รูปที่ 2.8	กระบวนการตัดผ้าใบฉาบยางและเข็มขัดรัดหน้ายาง.....	19
รูปที่ 2.9	กระบวนการดันยาง	20
รูปที่ 2.10	กระบวนการทำขอบลวด	20
รูปที่ 2.11	ลักษณะของกรีนไทร์ก่อนนำเข้าเครื่องอบยาง	21
รูปที่ 2.12	ลักษณะของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอบยางรถยนต์.....	21
รูปที่ 2.13	ลักษณะโครงสร้างภายในของยางรถยนต์.....	22
รูปที่ 2.14	สัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการผลิตยางล้อ.....	25
รูปที่ 2.15	สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางล้อ	26
รูปที่ 3.1	สัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน.....	29
รูปที่ 3.2	ลักษณะการใช้พลังงานในองค์กร.....	30
รูปที่ 3.3	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงาน ตัวอย่าง.....	31
รูปที่ 3.4	ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงาน ตัวอย่าง.....	32

รูปที่ 3.5 ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงาน ตัวอย่าง.....	32
รูปที่ 3.6 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน.....	33
รูปที่ 3.7 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน.....	33
รูปที่ 3.8 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานรวมและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน.....	34
รูปที่ 3.9 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบราย ปี.....	35
รูปที่ 3.10 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตแบบราย ปี.....	35
รูปที่ 3.11 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานรวมและปริมาณผลผลิตแบบรายปี	36
รูปที่ 3.12 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC _{ไฟฟ้า}) แยกตามรายปี ของโรงงาน ตัวอย่าง.....	38
รูปที่ 3.13 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านความร้อน (SEC _{ความร้อน}) แยกตามรายปี ของโรงงาน ตัวอย่าง.....	38
รูปที่ 3.14 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะพลังงานรวม (SEC _{รวม}) แยกตามรายปี ของโรงงาน ตัวอย่าง.....	39
รูปที่ 3.15 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	40
รูปที่ 3.16 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	41
รูปที่ 3.17 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานรวมและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่างโดย ใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	42
รูปที่ 3.18 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556).....	43

รูปที่ 3.19 พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556).....	43
รูปที่ 3.20 พฤติกรรมการใช้พลังงานรวมเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556).....	44
รูปที่ 3.21 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 13,20,21,14,1,2.....	45
รูปที่ 3.22 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 13,20,21,14,1,2.....	45
รูปที่ 3.23 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 7,14,9,5,8,12.....	46
รูปที่ 3.24 CUSUM ของการใช้พลังงานความร้อน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 7,14,9,5,8,12.....	46
รูปที่ 3.25 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานรวมและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,7,13,16,23,9.....	47
รูปที่ 3.26 CUSUM ของการใช้พลังงานรวม โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,7,13,16,23,9.....	47
รูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง 24 เดือนของแต่ละกระบวนการผลิต	49
รูปที่ 4.2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการผสมยาง	49
รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง.....	50
รูปที่ 4.4 การกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการผสมยาง.....	51
รูปที่ 4.5 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการผสมยาง	52
รูปที่ 4.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง	53

รูปที่ 4.7 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการผสม ยาง	53
รูปที่ 4.8 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง	55
รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการผสมยาง	55
รูปที่ 4.10 กระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 17,13,19,21,1,15	56
รูปที่ 4.11 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง เดือนที่ 17,13,19,21,1,15	56
รูปที่ 4.12 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการตัน ยาง	57
รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตันยาง	58
รูปที่ 4.14 การกระจายตัวของปริมาณการไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของ กระบวนการตันยาง	59
รูปที่ 4.15 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการตันยาง	60
รูปที่ 4.16 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการตัน ยาง	60
รูปที่ 4.17 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการตัน ยาง	61
รูปที่ 4.18 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการตันยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง	62
รูปที่ 4.19 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการตันยาง	63

รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 16,14,2,1,21,4	64
รูปที่ 4.21 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 16,14,2,1,21,4	64
รูปที่ 4.22 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการ ควบผ้าใบ	65
รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานการใช้ไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการควบผ้าใบ.....	66
รูปที่ 4.24 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการควบผ้าใบ.....	67
รูปที่ 4.25 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการควบผ้าใบ	68
รูปที่ 4.26 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า(SEC) 24 เดือน ของกระบวนการควบ ผ้าใบ.....	68
รูปที่ 4.27 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการควบ ผ้าใบ.....	69
รูปที่ 4.28 กราฟ CUSUM ที่ใช้ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต ของกระบวนการ ควบผ้าใบ โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	70
รูปที่ 4.29 วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี2556) ของกระบวนการควบผ้าใบ.....	71
รูปที่ 4.30 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือน 4,7,6,5,1,2	72
รูปที่ 4.31 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการควบผ้าใบ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,7,6,5,1,2.....	72
รูปที่ 4.32 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการทำ ขอบลวด.....	73

รูปที่ 4.33 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการทำขบลด	74
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงแผนกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการทำขบลด	74
รูปที่ 4.35 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการทำขบลด	76
รูปที่ 4.36 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการทำขบลด	76
รูปที่ 4.37 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการทำขบลด	77
รูปที่ 4.38 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการทำขบลด โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง	78
รูปที่ 4.39 วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการทำขบลด	79
รูปที่ 4.40 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือน 6,12,10,11,1,4	80
รูปที่ 4.41 CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการทำขบลดโดย ใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 6,12,10,11,1,4	80
รูปที่ 4.42 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการประกอบยาง	81
รูปที่ 4.43 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง	82
รูปที่ 4.44 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการประกอบยาง	83
รูปที่ 4.45 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการประกอบยาง	84

รูปที่ 4.46 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการประกอบ ยาง	84
รูปที่ 4.47 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะรวม (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการประกอบ ยาง	85
รูปที่ 4.48 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการ ประกอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	86
รูปที่ 4.49 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการประกอบยาง	87
รูปที่ 4.50 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,1,19,20,17,23.....	88
รูปที่ 4.51 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการประกอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,1,19,20,17,23.....	88
รูปที่ 4.52 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของ กระบวนการอบยาง	89
รูปที่ 4.53 การกระจายของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของ กระบวนการอบยาง	90
รูปที่ 4.54 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการทำอบยาง.....	91
รูปที่ 4.55 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการอบยาง	92
รูปที่ 4.56 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการทำอบ ยาง	92
รูปที่ 4.57 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะรวม (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการอบยาง	93
รูปที่ 4.58 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	94
รูปที่ 4.59 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการอบยาง.....	94

รูปที่ 4.60 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,24,13,9,22,6..... 95

รูปที่ 4.61 CUSUM ของการปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,24,13,9,22,6..... 95

รูปที่ 4.62 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการตรวจสอบยาง 96

รูปที่ 4.63 การกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง..... 97

รูปที่ 4.64 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการตรวจสอบยาง..... 98

รูปที่ 4.65 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการตรวจสอบยาง 99

รูปที่ 4.66 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง 99

รูปที่ 4.67 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปี ของกระบวนการทำ ตรวจสอบยาง 100

รูปที่ 4.68 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการ ตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง..... 101

รูปที่ 4.69 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการตรวจสอบยาง 101

รูปที่ 4.70 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 1,14,6,9,24,4..... 102

รูปที่ 4.71 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 1,14,6,9,24,4..... 102

รูปที่ 4.72 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ เป็นข้อมูลอ้างอิง..... 104

รูปที่ 4.73 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556 ของกระบวนการผสมยาง.....	106
รูปที่ 4.74 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 104 สัปดาห์ ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์.....	107
รูปที่ 4.75 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์.....	108
รูปที่ 4.76 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	110
รูปที่ 4.77 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการต้นยาง.....	112
รูปที่ 4.78 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 104 สัปดาห์ ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์.....	113
รูปที่ 4.79 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิต ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์.....	114
รูปที่ 4.80 กราฟเชิงเส้นของค่า DIFF และค่า Limit เมื่อใช้ข้อมูลอ้างอิง 104 สัปดาห์ (ของทั้ง 2 ปี) ของกระบวนการผสมยาง.....	116
รูปที่ 4.81 กราฟเชิงเส้นของค่า DIFF และค่า Limit เมื่อใช้ข้อมูลอ้างอิง 104 สัปดาห์ (ของทั้ง 2 ปี) ของกระบวนการต้นยาง.....	117
รูปที่ 4.82 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผลิต โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง.....	119
รูปที่ 4.83 CUSUM วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการผลิตต่างๆ.....	121
รูปที่ 4.84 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 6 เดือน ในการเปรียบเทียบ.....	122

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สถานการณ์การใช้พลังงานของไทยในรอบสิบปี พบว่าการใช้พลังงานนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในภาคอุตสาหกรรมการผลิต อยู่ที่ร้อยละ 36.76 ของการใช้พลังงานรวมทั้งประเทศ[1] หากเราใช้พลังงานอย่างขาดประสิทธิภาพ จะทำให้เกิดการสูญเสียของทรัพยากร และจะนำมาซึ่งความเสียหายในระดับประเทศ ดังนั้นภาคอุตสาหกรรมการผลิตจึงเป็นประเด็นสำคัญที่จะนำมาศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในงานวิจัยนี้

การศึกษาประสิทธิภาพพลังงาน จะทำให้โรงงานทราบถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานขององค์กร โดยจะทำการประเมินด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน ทำให้องค์กรสามารถหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานต่อไปได้ จะสะท้อนให้เห็นถึงการใช้พลังงานในการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆได้ ทั้งนี้หากเก็บข้อมูลไว้อย่างต่อเนื่องจะมีประโยชน์ในแง่ของการวิเคราะห์การใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาดีขึ้น หรือลดลง โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ปริมาณการผลิตในแต่ละเดือน ปริมาณพลังงานที่ใช้สำหรับผลิตสินค้า เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพและวางแผนด้านพลังงานในอนาคต ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์โดยใช้ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption หรือ SEC) จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพพลังงานโดยรวมทั้งปี ถ้าสามารถประเมินค่า SEC ในระดับกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน ก็จะทราบถึงผลการวิเคราะห์ที่ได้ละเอียดยิ่งขึ้น งานวิจัยของ ชนิชา หมอชาติ[2] ใช้ SEC ในการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ เพื่อนำไปหามาตรการในการประหยัดพลังงานต่อไป นอกจากนี้ยังมีปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน ดังเช่น งานวิจัยของ พัชรมาศ นุ่มดี [3] ได้ศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ที่เป็นโรงงานควบคุม TSIC 31,32,34 และ 35 โดยใช้ค่า SEC ในการประเมินประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมนั้นๆ และประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ คือการสร้างกราฟแบบกระจายข้อมูล (Scatter plot) และสร้างความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานกับปริมาณการผลิตด้วยสมการทาง

คณิตศาสตร์ ทำให้ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า SEC อย่างไรก็ตามค่า SEC นั้นไม่สามารถระบุได้ว่าการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลาเป็นอย่างไร ช่วงใดดีที่สุด หรือช่วงใดต่ำสุด จึงได้มีการใช้หลักการทางสถิติเข้ามาประยุกต์โดยใช้ กราฟค่าผลรวมสะสมของความแตกต่าง (Cumulative Summation of Difference หรือ CUSUM) ในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน จะสามารถตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราฟ และแก้ปัญหาได้ทันที

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมยาง ถือเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในทางเศรษฐกิจของไทย มูลค่าการส่งออกเมื่อปี 2557 พบว่ามีมูลค่าสูงถึง 257,337 ล้านบาท [4] อุตสาหกรรมยางประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์หลายแบบ ซึ่งยางรถยนต์เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ ที่ถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญในแง่ของเศรษฐกิจ เมื่อพิจารณาในมิติของพลังงานพบว่า อุตสาหกรรมยางรถยนต์มีการใช้พลังงานที่สูง ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน คิดเป็นร้อยละ 56.87 และ 43.54 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน [5] และยังมีแนวโน้มที่จะมีการใช้พลังงานเพิ่มต่อไปอีก งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยนำเอาหลักการทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานภายในโรงงานผลิตยางรถยนต์ ได้สามารถเข้าถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิต และเพื่อใช้เป็นแนวทางการศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานของโรงงานที่มีการผลิตที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้สามารถวางแผนด้านการจัดการพลังงานในโรงงานให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตยางรถยนต์
2. เพื่อให้ทราบพฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตยางรถยนต์ ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้พลังงานในอนาคตได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ประเภทของกระบวนการผลิตที่จะนำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ได้แก่ กระบวนการผลิตยางรถยนต์

2. ประเภทของพลังงานที่จะนำมาพิจารณา คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในภาคการผลิตเท่านั้น ไม่รวมถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแผนกอื่น ๆ เช่น สำนักงาน เป็นต้น

3. ข้อมูลปริมาณการผลิตและบริโภคพลังงานที่จะนำมาใช้หาแนวทางในการบริโภค พลังงานนั้น จะอาศัยข้อมูลที่ตรวจวัดและเก็บจากโรงงานอุตสาหกรรมยางรถยนต์ โรงงานตัวอย่าง จังหวัดสระบุรี

1.4 ขั้นตอนการวิจัย และดำเนินงาน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับภาพรวมของอุตสาหกรรมยางรถยนต์
 2. ค้นหาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นด้านพลังงาน ในกระบวนการผลิตสำหรับ อุตสาหกรรมยางรถยนต์
 3. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขต
 4. ศึกษาทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 5. รวบรวมข้อมูลด้านพลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ เช่น ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละกระบวนการผลิต และพลังงานที่ใช้ไปในแต่ละกระบวนการผลิต
 6. วิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานกับการผลิตแต่ละกระบวนการผลิต โดยการใช้สมการเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) วิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัด ประสิทธิภาพพลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต
 7. ทำการวิเคราะห์แนวทางการตรวจติดตามในแต่ละกระบวนการผลิต และวางเป้าหมาย การจัดการพลังงานต่อไป
 8. สรุปและเสนอข้อเสนอนะ
 9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์
- โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานตาม ตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับภาพรวมของอุตสาหกรรมยางรถยนต์	ขั้นตอนการผลิต และปริมาณการผลิตในแต่ละกระบวนการ
2. ข้อมูลด้านพลังงานในกระบวนการผลิต	ประเภทพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินประสิทธิภาพพลังงานในขั้นตอนการถัดไป
3. วิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานกับปริมาณการผลิตแต่ละกระบวนการผลิต ใช้สมการเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression) โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล 24 เดือน โดยใช้ค่า R^2	ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตที่ได้ ในรอบ 24 เดือน ของแต่ละกระบวนการผลิต และค่า R^2 ในแต่ละกระบวนการผลิต
4. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงาน	ระบุได้ว่ากระบวนการผลิต มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อใช้ปี 2556 เป็นปีอ้างอิงในการเปรียบเทียบ ซึ่งพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต ในปี 2556 และ 2557
5. คำนวณหาสมการจากกราฟ CUSUM 24 เดือน	กราฟแสดงพฤติกรรมแต่ละกระบวนการจากนั้นได้สมการเป้าหมายการใช้พลังงานและกราฟแสดงข้อมูล
6. วิเคราะห์หาสมการในการคำนวณหาค่า SEC	ใช้สมการในการหาค่า SEC ของแต่ละกระบวนการผลิต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต
2. ทราบพฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการพลังงานต่อไป
3. ได้แนวทางการตรวจติดตามและการกำหนดเป้าหมาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีกระบวนการคล้ายคลึงกัน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการจัดการพลังงาน

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System : EMS) คือ การประยุกต์ใช้ระบบการจัดการข้อมูลที่ทันสมัย โดยระบบการจัดการพลังงานจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การวัด การจัดการข้อมูล และการควบคุม

2.1.1 ระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน

ระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (Energy monitoring and targeting system : M&T) เป็นเทคนิคในการบริหารจัดการพลังงานเบื้องต้น โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตของโรงงาน มาเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับในการวางแผนใช้พลังงานในอนาคต เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและควบคุมการใช้พลังงานให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [6]

การตรวจติดตามมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเป้าหมายและมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน เมื่อมีการตรวจพบว่าการใช้พลังงานผิดปกติไป ก็จะสามารถหาแนวทางการปรับปรุงได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา หรือเป็นการรักษาระดับการใช้พลังงานให้อยู่ในระดับปกติอย่างต่อเนื่อง โดยการอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานที่มีอยู่

การจัดทำระบบตรวจติดตามการใช้พลังงาน มีอยู่ 3 ขั้นตอนหลัก

ก) การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Data Recording)

การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เป็นขั้นเริ่มต้นที่มีความสำคัญเนื่องจากต้องอาศัยการเก็บข้อมูล ที่ถูกต้องและแม่นยำ ตรงตามความจริง โดยข้อมูลที่จัดเก็บมีดังนี้

- ข้อมูลพลังงานและค่าใช้จ่าย
- ข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงาน (Energy Driver) เป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการใช้พลังงาน

งานวิจัยนี้ได้จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลจริงของโรงงานตัวอย่าง โดยประกอบด้วย ข้อมูลการใช้พลังงาน และปริมาณการผลิต ในแต่ละกระบวนการผลิตรอบระยะเวลาทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 24 เดือน

ข) การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน (Analysis & Interpretation)

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ใช้กับตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงาน แสดงผ่านกราฟลักษณะต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน และ ปริมาณการผลิต

ค) การรายงานผล (Reporting)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของระบบการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายโดย จะนำสิ่งที่วิเคราะห์ได้มารายงานให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการตรวจติดตามการใช้พลังงานได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำระบบการตรวจติดตามด้านพลังงาน

2.1.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบการตรวจติดตามการใช้พลังงาน

ก) ช่วยในการทวนสอบความถูกต้องของระบบการวัดเก็บข้อมูลและการใช้พลังงานของแต่ละโรงงาน หรือแต่ละหน่วยงาน

ข) ใช้กำหนดสัดส่วนค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนพลังงานที่เหมาะสมสำหรับสินค้า

ค) สามารถประเมินสมรรถนะหรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานไม่ว่าจะเป็น การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานมาตรฐาน (Energy Baseline) กับการใช้พลังงานในปัจจุบัน

ง) ช่วยในการวิเคราะห์ให้เห็นถึงปัญหาของการใช้พลังงานหรือประสิทธิภาพของระบบหรืออุปกรณ์ที่ใช้อยู่ เพื่อหาแนวทางป้องกัน

จ) เป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกและติดตามผลการใช้พลังงาน ว่ามีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามที่ได้วางแผนไว้หรือไม่

ระบบการตรวจติดตามพลังงานถือเป็นสิ่งที่จะช่วยประเมินประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละโรงงานหรือในกระบวนการผลิต ว่ามีการใช้พลังงานอย่างไร โดยเทียบกับมาตรฐานขององค์กรเอง ก็ทำให้สามารถรู้ถึงปัญหา และกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานและปรับปรุงประสิทธิภาพได้อย่างตรงจุด โดยการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานนั้น ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency)

ประสิทธิภาพพลังงาน หมายถึง ความสามารถเชิงพลังงานในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งๆออกมา วิเคราะห์ได้จากการประเมินโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานแบบต่างๆ ซึ่งตัวชี้วัดส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสัดส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตในกระบวนการ กับพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพพลังงาน อาจจำแนกประเภทออกเป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน [7]

ประเภทของตัวชี้วัด ประสิทธิภาพพลังงาน	ตัวอย่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน
1. ตัวชี้วัดเชิงอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamic Indicators)	ตัวชี้วัดนี้มักใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในกระบวนการ เช่น พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิต, การเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปี
2. ตัวชี้วัดแบบกึ่งกายภาพ กึ่งอุณหพลศาสตร์ (Physical-Thermodynamic Indicators)	ตัวชี้วัดนี้มักใช้ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม เช่น อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ในการผลิตและผลผลิตที่ได้ในอุตสาหกรรมนั้น หรือกระบวนการผลิตนั้น เช่น kWh/Ton, MJ/Ton เป็นต้น
3. ตัวชี้วัดแบบกึ่งเศรษฐศาสตร์ กึ่งอุณหพลศาสตร์ (Economic – Thermodynamic Indicators)	ตัวชี้วัดนี้มักใช้ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ใช้อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ในการผลิตและราคาตลาดของผลิตภัณฑ์นั้น หรือสัดส่วนของ GDP เช่น Energy Intensity (EI), Energy Elasticity (EE) เป็นต้น
4. ตัวชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Indicators)	ตัวชี้วัดนี้ใช้กับการเปรียบเทียบมูลค่าการใช้พลังงานในระดับชาติหรือในเฉพาะภาคเศรษฐกิจ โดยจะมองในลักษณะของมูลค่าการใช้พลังงาน เช่น อัตราส่วนระหว่างมูลค่าการใช้พลังงานรวมในระดับชาติและ GDP เป็นต้น

2.3 ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption หรือ SEC)

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ตัวชี้วัดแบบกึ่งกายภาพกึ่งอุณหภูมิศาสตร์ได้จากอัตราส่วนระหว่าง พลังงานที่ใช้ในการผลิต เช่น พลังงานไฟฟ้า (KWh) หรือพลังงานความร้อน (MJ) หารด้วยปริมาณผลผลิตในกระบวนการผลิตนั้น เช่น ต้นของผลิตภัณฑ์ , จำนวนชิ้น ซึ่งเรียกอัตราส่วนนี้ว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) ตัวชี้วัดประเภทนี้นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในอดีตกับปัจจุบันของการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต หรือเปรียบเทียบกับโรงงานอื่นในอุตสาหกรรมเดียวกันได้ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SEC = \frac{E}{P}$$

โดยที่ SEC คือ ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ

E = ปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในเดื่อนั้น

P = ปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท [8] ดังนี้

1. ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SECe) มีหน่วยเป็น kWh ต่อหน่วยผลผลิต และหน่วยกลาง เป็น MJ ต่อผลการผลิต
2. ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะด้านความร้อน (SECf) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยการผลิต
3. ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะปฐมภูมิ (Primary SEC) มีหน่วยเป็น MJ ต่อหน่วยผลผลิต หาได้จากการนำค่า SECf รวมกับค่า SECe ที่แปลงเป็นค่าพลังงานความร้อนแล้ว โดยการนำค่าพลังงานไฟฟ้าหารด้วยปริมาณผลผลิต (หน่วย kWh/Ton) จากนั้นนำไปคูณกับ 0.0036 GJ/Ton แล้วหารด้วย 0.45 (ค่าประสิทธิภาพสูงสุดการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนของประเทศไทย เท่ากับ 45%)

ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ จะมีประโยชน์อย่างมากในการตรวจติดตาม และควบคุมการใช้พลังงาน ซึ่งในโรงงานควรจะทำและวิเคราะห์ค่าดังกล่าวทุกเดือน หรือถี่กว่า เช่นรายสัปดาห์ ค่าที่ได้สามารถนำมาใช้ในการควบคุมและติดตามการใช้พลังงาน ซึ่งยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาดีขึ้นหรือลดลง ข้อดีที่สำคัญของตัวชี้วัดรูปแบบนี้คือ สามารถชี้วัดในประเด็นที่ต้องการศึกษาโดยเฉพาะได้ นอกจากนี้

ตัวชี้วัดดังกล่าวยังสามารถสื่อให้เห็นถึงแนวโน้ม และความเป็นไปได้ในระยะยาวได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

การรวบรวมและวิเคราะห์ค่า SEC นี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เพราะสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาที่ดีขึ้น หรือลดลง ทำให้เห็นถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพพลังงานของโรงงาน สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการใช้พลังงานหรือจัดทำนโยบายในระยะยาวได้

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อ ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ

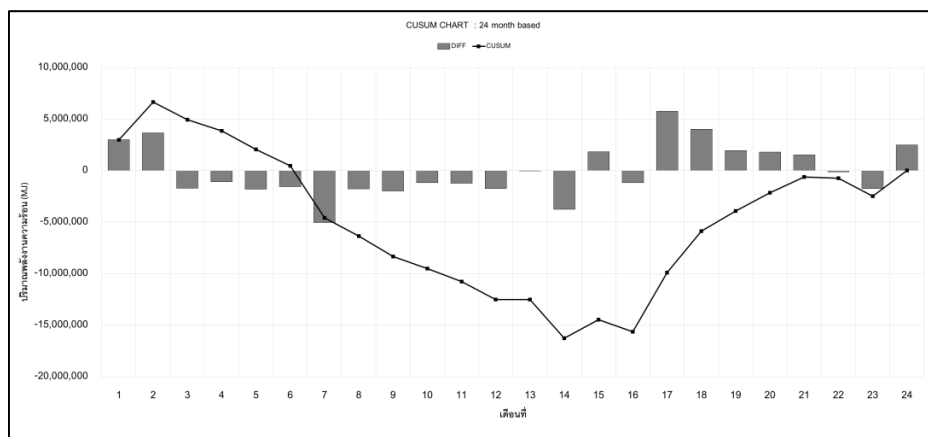
ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า SEC ในแต่ละเดือนก็คือปริมาณผลผลิต แม้ในบางช่วงของการผลิต จะได้ปริมาณการผลิตที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่า SEC มีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เช่น ลักษณะของชิ้นงานที่ต่างกัน ประเภทของวัตถุดิบ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น หรือจำนวนวันหยุดมาก ฯลฯ หากควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ก็จะทำให้ค่า SEC อยู่ในระดับที่ดีขึ้น

2.4 กราฟ DIFF และ กราฟ CUSUM

DIFF ย่อมาจากคำว่า Difference หมายถึง ผลต่างของค่าจริงกับค่าอ้างอิงหรือค่าฐาน เช่น ผลต่างของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงกับปริมาณไฟฟ้าที่ประเมินจากค่าอ้างอิงที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยจากชุดข้อมูลดังกล่าว

CUSUM ย่อมาจากคำว่า Cumulative Summation of Difference หมายถึง ค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (DIFF) โดยกราฟ DIFF และ กราฟ CUSUM เป็นกราฟที่แสดงค่าผลต่าง และค่าผลต่างสะสมเชิงอนุกรมเวลา ทำให้เห็นถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลว่าเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยและเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องอย่างไร [9]

ตัวอย่างกราฟ CUSUM จากโรงงานแห่งหนึ่ง มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.2 พบว่า พฤติกรรมการใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วง 3-12 ของปี 2557 เนื่องจากใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง และเส้นกราฟ CUSUM มีความชันเป็นบวก และช่วงที่เกิดการประหยัดพลังงาน อยู่ในช่วงเดือน 3-12 ของปี 2556 จนถึงเดือน 2 ของปี 2557 เนื่องจากใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง และเส้นกราฟ CUSUM มีความชันเป็นลบ



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟ DIFF และ CUSUM ของข้อมูล 24 เดือน

2.5 การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ค่าของตัวแปรอื่นๆ หรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์หรือตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยจะต้องมีการกำหนดหรือทราบค่าตัวแปรอิสระล่วงหน้า จากนั้นจึงอาศัยหลักการวิเคราะห์การถดถอย [10]

งานวิจัยนี้ใช้หลักการถดถอยในการพิจารณาสมการที่เหมาะสมจากข้อมูลการใช้พลังงานและข้อมูลการผลิตของแต่ละกระบวนการผลิต ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตสินค้า ใช้สัญลักษณ์ Y และปริมาณผลผลิตในแต่ละกระบวนการ ใช้สัญลักษณ์ X

2.5.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

รูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย เป็นรูปแบบที่ตัวแปรตาม Y มีความสัมพันธ์เชิงสถิติกับตัวแปรอิสระ X เพียงตัวแปรเดียว และลักษณะความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

โดย Y_i เป็นค่าของตัวแปรตามที่ i

X_i เป็นค่าของตัวแปรอิสระที่ i

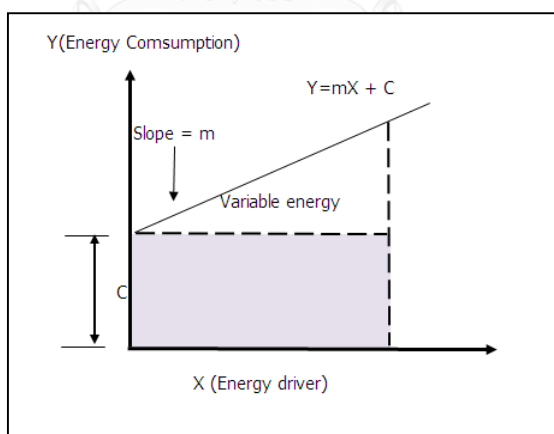
β_0 เป็นจุดที่เส้นการถดถอยตัดแกน Y (Y-intercept)

β_1 เป็นอัตราการเพิ่มหรือลดของตัวแปรตาม Y เมื่อค่าของตัวแปรอิสระ X เพิ่ม

หนึ่งหน่วย

ε_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ i สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงที่เป็นอิสระกัน
แบบปกติ ค่า นี้จะมีค่าเฉลี่ยเป็น 0

เมื่อนำข้อมูลของสองตัวแปรมาสร้างกราฟการกระจายของข้อมูลแต่ละจุดเวลา โดยให้
แกน X เป็นปริมาณผลผลิต และ แกน Y เป็นปริมาณพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้นหา
ความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นในรูป $Y = mX + c$ ดัง
แสดงในรูปที่ 2.3 ถ้าหากสมการแม่นย่ำ (R^2) สูงก็สามารถนำไปใช้เป็นสมการตัวแทนเพื่อหาค่า
พลังงานที่จะต้องใช้ได้ โดยที่ m คือเป็นค่าพลังงานส่วนที่แปรผันตามปริมาณผลผลิต (Variable
energy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต การจัดวางผังการผลิต
ขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการผลิต ค่า c พลังงานคงที่ (Fixed energy) หรือค่าพลังงานที่ต้องใช้แม้ว่า
จะไม่มีการผลิตเกิดขึ้นก็ตาม ที่ไม่มีผลต่อการผลิต และ R^2 เป็นค่าที่บอกถึงความแม่นย่ำและ
น่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ในสมการ XY ที่ได้ว่าอยู่ในระดับใด โดยปกติจะมีค่า R^2 ระหว่าง
0-1 หากยังมีค่ามาก แสดงว่า ข้อมูลด้านการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต มีความสัมพันธ์กัน
โดยค่า R^2 ที่ยอมรับได้สำหรับการใช้ประเมินผลเกี่ยวกับการวิเคราะห์พลังงาน คือ ต้องมีมากกว่า
0.7 ขึ้นไป [11]



รูปที่ 2.3 พลังงานผันแปร และ พลังงานคงที่

2.6 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

ในการวางแผนด้านการจัดการพลังงานให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมี
ประสิทธิภาพนั้น การตรวจวิเคราะห์พลังงานจะทำให้ทราบถึงสภาพการใช้พลังงาน และการ
สูญเสีย พลังงานที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปมีการปฏิบัติอยู่ 3 ขั้นตอนคือ

2.6.1 การตรวจสอบวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น (Preliminary Audit) เป็นการตรวจสอบรวบรวมข้อมูลด้านการผลิต ระบบการใช้พลังงานในปีก่อน ๆ ที่ทางโรงงานจดบันทึกไว้ เพื่อทราบปริมาณการใช้พลังงานทุกรูปแบบ ค่าใช้จ่าย ด้านพลังงาน ผลผลิตที่ได้ต่อพลังงานที่ใช้ ตัวแปรของการใช้พลังงานในแต่ละช่วงตลอดจนรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง

2.6.2 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยการสำรวจแผนผังโรงงานเพื่อทราบลักษณะทั่วไปของโรงงาน กระบวนการผลิตและเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูง ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ และบริเวณที่เกี่ยวข้อง และในขั้นตอนต่อมาคือ การเข้าสำรวจในโรงงานเพื่อหาสาเหตุการสูญเสียพลังงาน ในช่วงทำการผลิตและช่วงหยุดการผลิต รวมทั้งทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ทำให้ได้ข้อมูลสภาพการใช้พลังงานของโรงงานนั้น

2.6.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด (Detailed Audit) ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น นำข้อมูลมาสร้างรูปแบบการใช้พลังงานว่าต้องมีการปรับปรุงแก้ไขส่วนใดบ้าง ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบและวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องหรือเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์ เพื่อให้ทราบสภาพการทำงานและวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานโดยจัดทำสมดุลพลังงาน เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบและของอุปกรณ์ที่สำคัญ พร้อมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไขซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.7 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.7.1 ทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานของทั้งโรงงาน ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตของโรงงาน สามารถที่จะวิเคราะห์บ่งชี้ได้ว่าพลังงานประเภทใดหรือทรัพยากรใดเป็นปัจจัยหลักหรือค่าใช้จ่ายหลักของโรงงาน เพื่อกำหนดเป้าหมายที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน หรือชี้เป้าหมายได้ว่าควรจะเน้นที่ขั้นตอนการผลิตใด

2.7.2 ทำความเข้าใจกระบวนการผลิตเป้าหมาย ขั้นตอนนี้เป็นการนำเสนอวิธีการทำความเข้าใจกระบวนการผลิตเป้าหมายที่ประเมินว่ามีศักยภาพ โดยพิจารณาการทำงานของกระบวนการผลิตในรูปฟังก์ชันของลักษณะการใช้พลังงานกับกรรมวิธีการผลิต ลักษณะการรับ-

ถ่ายเทพลังงาน และวิเคราะห์ระบบปฏิบัติการในกระบวนการผลิตในรูปแบบพื้นฐาน (Unit Process Operation) เพื่อให้สามารถที่จะเข้าใจกระบวนการผลิตเป้าหมายได้ ไม่ว่าจะรูปแบบของเครื่องจักรที่ใช้งานในแต่ละขั้นตอนการผลิต จะมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างไร ช่วยให้สามารถที่จะเข้าใจกระบวนการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เหล่านั้นได้มากขึ้น สามารถที่จะหาแนวทางการวิเคราะห์หาศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

2.7.3 ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานเพื่อกำหนดมาตรการ เมื่อเข้าใจกระบวนการผลิตเป้าหมายแล้ว ก็เป็นขั้นตอนของการพิจารณาจุดที่ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและจุดที่มีการสูญเสีย โดยใช้หลักการพิจารณาที่จุดใช้งาน (End Use) ว่าแท้จริงแล้วกระบวนการต้องการพลังงานหรือทรัพยากรการผลิตอื่น ๆ เท่าใด พิจารณาความสอดคล้องของความต้องการพลังงาน (Demand) และพลังงานที่จ่าย (Energy Supply) จุดสูญเสียพลังงานหลักๆ ของกระบวนการพิจารณาหรือทรัพยากรการผลิตอื่นๆ เท่าใด พิจารณาว่าสถานะที่ใช้งานอยู่เกินจำเป็นหรือไม่ ลดลงได้หรือไม่ รวมถึงวิธีการบริหารจัดการการใช้พลังงานด้วย ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่นำเสนอจะประกอบไปด้วยแนวทางต่างๆ หลักในการพิจารณาคือ นอกจากจะมุ่งประเด็นเพื่อการลดการใช้พลังงานแล้ว ควรให้ความสนใจที่ปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญ หรือปัจจัยที่เป็นต้นทุนหลักในการผลิตของโรงงานด้วย ซึ่งในบางครั้งแนวทางในการปรับปรุง เป้าหมายในตอนแรกอาจจะไม่ได้เริ่มจากพลังงานเป็นหลัก แต่อาจแฝงไปด้วยเป้าหมายทางอ้อมเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานก็ได้

2.7.4 ทำการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน หลังจากที่ได้แนวทางที่จะปรับปรุงแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์ปรับปรุง อาจกระทำได้ตั้งแต่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ใช้ในการผลิต หรือวิธีการใช้งานหรือดูแลบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ (Systemetic Maintenance) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการลงทุน หรือลงทุนน้อย (On Low Investment Cost) ไปจนถึงลงทุนปรับปรุงเพิ่มเติมอุปกรณ์ควบคุมบางส่วน ซึ่งเป็นการลงทุนปานกลาง (Medium Investment Cost) หรือจนกระทั่งทำการปรับปรุงปรับเปลี่ยน / ติดตั้งเครื่องจักรใหม่ที่มีเทคโนโลยีที่สูงขึ้น ใช้พลังงานน้อยลง แต่ต้องใช้เงินลงทุนที่สูง (High Investment Cost) ซึ่งควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการของโรงงานร่วมด้วย ควรประชุมปรึกษาร่วมกับทีมงาน

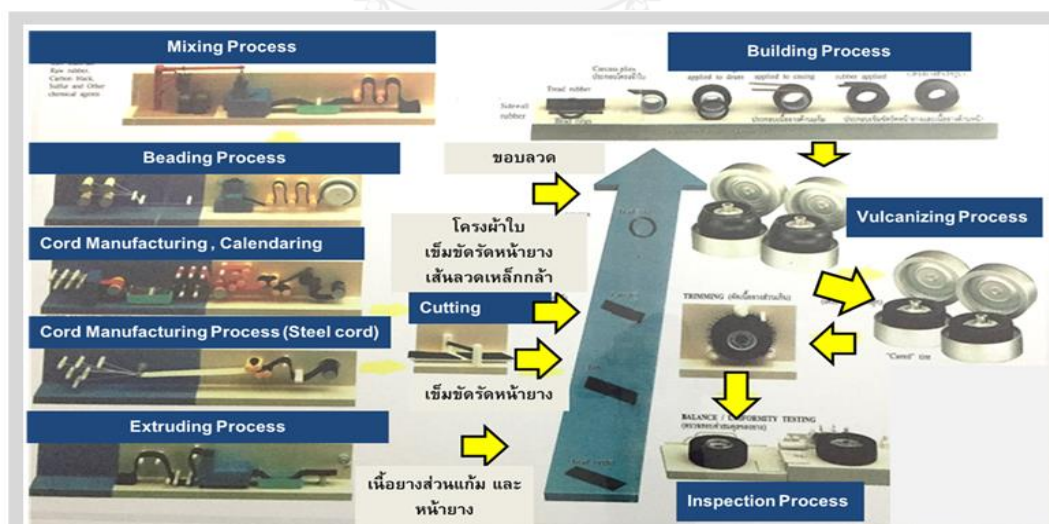
ของโรงงาน เพื่อให้เกิดการเห็นพ้องร่วมกัน และไม่ก่อให้เกิดความขัดแย้งในที่มงานของโรงงาน เพื่อให้ผู้ตัดสินใจได้พิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดกับกิจการของตนเองได้

2.8 โครงสร้างของอุตสาหกรรมยางล้อ

อุตสาหกรรมยางล้อประกอบด้วย 1. ยางล้อรถยนต์ (รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถปิกอัพ) 2. ยางล้อรถบรรทุก (รถโดยสารขนาดใหญ่) 3. ยางล้อรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน 4. ยางล้อรถใช้ในอุตสาหกรรม (รถยกของ) 5. ยางล้อรถใช้ในการเกษตร (รถแทรกเตอร์) และ 6. ยางล้อเครื่องบิน ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้ ในการผลิตยางรถยนต์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีโครงสร้าง 2 แบบ ได้แก่ โครงสร้างที่เป็นผ้าใบ (bias tyre) และโครงสร้างที่เป็นเรเดียล (radial tyre) โดยในการวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตยางรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถบรรทุกขนาดเล็กเท่านั้น

2.9 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

กระบวนการผลิตยางรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถบรรทุกขนาดเล็ก ประกอบด้วย 8 กระบวนการหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการผลิตได้ดังนี้ เริ่มจากการรับวัตถุดิบต่างๆ เช่น ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ น้ำมัน และสารเคมีต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักของการผลิตยางรถยนต์จากนั้นจึงเริ่มเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.4 แผนผังกระบวนการผลิตยางรถยนต์

โดยลักษณะของกระบวนการผลิตยางรถยนต์จะแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการหลัก [12] ได้ดังนี้ ได้แก่

1. การจัดเตรียมวัตถุดิบตั้งต้น เพื่อใช้ในการผสม อันประกอบด้วยสารเคมี น้ำมัน และยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ จากนั้นนำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยการนำมาทำให้เป็นแผ่นเรียบ และนำมาฉาบด้วยเส้นลวด ผ้าใบ โดยให้มีเนื้ออย่างปกคลุม
3. การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เรียกว่าการขึ้นรูปยาง
4. การใช้ความร้อนในการอบยาง เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้สารเคมีภายในยางเกิดความคงตัว และเพิ่มความยืดหยุ่น และแข็งแรงให้กับยางรถยนต์

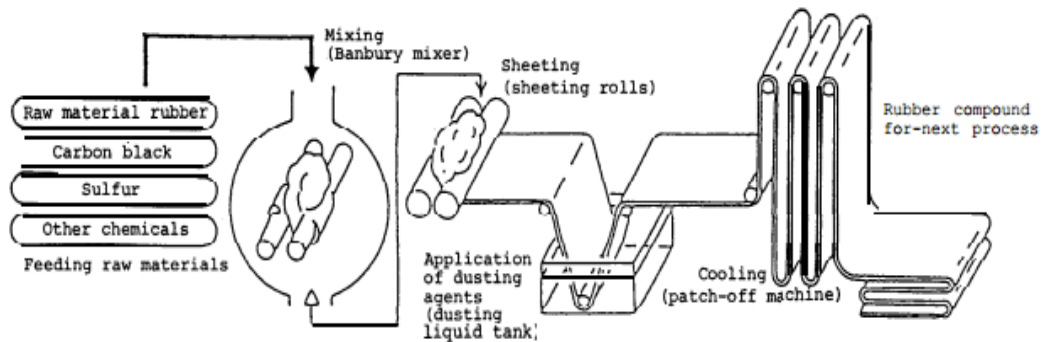
2.9.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

กระบวนการผลิตนั้น จะเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ สำหรับส่วนประกอบสำหรับยาง เพื่อการปรับสภาพและปกคลุมยาง ด้วยเส้นลวด หรือผ้าใบฉาบยาง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการขึ้นถัดมา

2.9.1.1 การผสมวัตถุดิบ (Mixing)

ความหลากหลายของวัตถุดิบประเภทยาง ถูกนำมาใช้สำหรับการผสมยาง ทั้ง สารเคมี น้ำมัน ผงคาร์บอน จะถูกทำให้ผสมรวมกันภายในเครื่อง Banbury mixer โดยจะมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงาน เพื่อให้ยางและวัตถุดิบต่างๆ ผสมเข้ากัน ดังแสดงในรูป 2.5 ซึ่งแสดงกระบวนการผลิตของขั้นตอนการผสมยาง สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ Rubber Compound เพื่อเตรียมส่งให้กับกระบวนการผลิตในขั้นตอนถัดไป

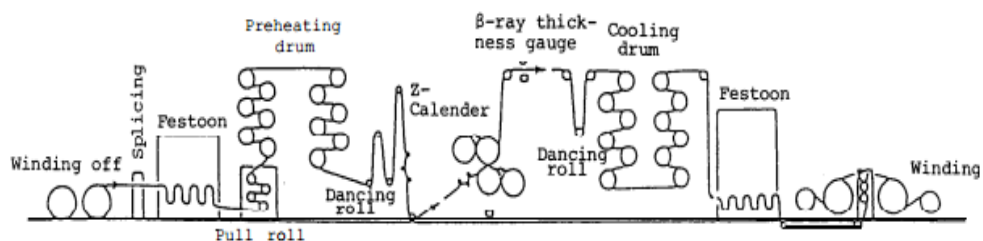
ในขั้นตอนนี้จะใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ในการทำงาน จึงทำให้กระบวนการนี้มีการใช้พลังงานสูงสุดถึงร้อยละ 35-55 ของการใช้พลังงานโดยรวมของโรงงาน และยังเป็นกระบวนการที่การนำเอาน้ำหล่อเย็นมารีไซเคิลใช้ในปริมาณมากอีกด้วย



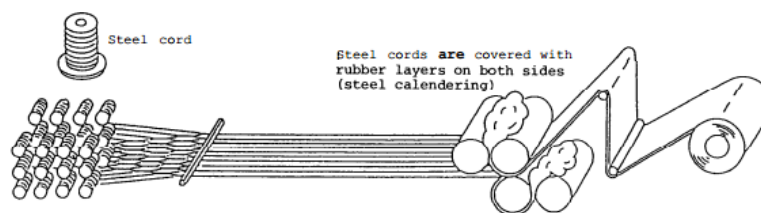
รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิตการผสมยาง

2.9.1.2 การฉาบผ้าใบ (Textile Cord Calendering)

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการนี้ ได้แก่ เส้นใยไนท์ลอน (DIP CORD) และส่วนผสมของยาง (COMPOUND) เริ่มจากการนำเส้นใยไนท์ลอนมาเข้าเครื่องจักร และนำไนท์ลอยมาต่อกันด้วยเครื่องต่อไนท์ลอน จากนั้นทำการนวดเส้นไนท์ลอนให้อ่อนตัว เพิ่มอุณหภูมิไล่ความชื้นให้กับเส้นไนท์ลอนเพื่อให้สามารถฉาบยางติดได้ดีขึ้น ทำการฉาบยางลงบนชิ้นผ้าใบทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ต่อจากนั้นลดอุณหภูมิให้กับผ้าใบหลังฉาบยาง และทำการฉายรังสี นำเข้าจัดเก็บ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ผ้าใบ (Textile Cord) เพื่อใช้ในกระบวนการถัดไป นอกจากนี้ยังมีเส้นใยเหล็กกล้า ที่นำมาผ่านกระบวนการฉาบยาง โดยการนำชิ้นผ้าใบมาคลี่เข้าเครื่องจักร จากนั้นตัดชิ้นเส้นใยเหล็กกล้าที่ผ่านกระบวนการฉาบด้วยยางตามมุมที่กำหนด 60 - 70 องศา เชื่อมต่อเข็มขัดรัดหน้ายางเข้าด้วยกัน ก็จะได้เข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt) เพื่อให้ในขั้นตอนถัดไป ลักษณะพลังงานที่ใช้ในกระบวนการนี้คือ พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และ 2.7



รูปที่ 2.6 กระบวนการฉาบผ้าใบ



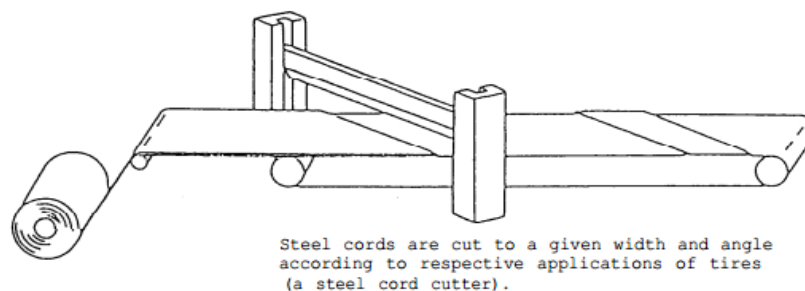
รูปที่ 2.7 กระบวนการทำเส้นลวดฉาบยาง

2.9.2 การจัดเตรียมวัสดุดิบเพื่อรอการประกอบ

ในส่วนต่อมาในกระบวนการของการจัดเตรียมวัสดุดิบเพื่อรอการประกอบ ตามขนาดของยางที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อนำขึ้นรูปของยาง ก่อนเข้าสู่กระบวนการอบยาง

2.9.2.1 การตัดผ้าใบฉาบยางและเข็มขัดรัดหน้ายาง (Rubber coated cord cutting)

กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการตัด ในส่วนของผ้าใบฉาบยางและเส้นลวดฉาบยาง เพื่อให้ได้มุมกระจายมุม และความกว้างที่เหมาะสมกับการประกอบเป็นยางเส้น โดยตัวอย่างเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 2.8

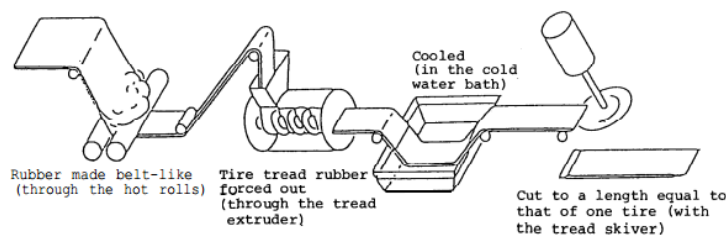


รูปที่ 2.8 กระบวนการตัดผ้าใบฉาบยางและเข็มขัดรัดหน้ายาง

2.9.2.2 การดันยาง (Extrusion of Treads)

กระบวนการนี้ สำคัญอย่างมากในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยขั้นตอนเริ่มจากการนำส่วนผสมของยางมาใส่ที่หัวดันและทำให้อ่อนตัวด้วยการใช้สกรูและความร้อน ด้วยเครื่อง extruder จากนั้นทำสัญลักษณ์เส้นและตัวหนังสือบนเนื้อดอกยางเพื่อแยกชนิดของเนื้อดอกยาง ทำการทาซีเมนต์ด้านล่างเนื้อดอกยาง เพื่อให้ติดแน่นเวลาทำงาน หลังจากนั้นให้ทำการระบายความร้อน โดยการผ่านบ่อน้ำ ตัดเนื้อยางออกเพื่อให้แยกชั้นตามความยาวที่กำหนดไว้ สุดท้ายให้รีดน้ำที่มากับเนื้อดอกยาง และพ่นซีเมนต์ที่รอยตัด รวบรวมให้ขั้นตอนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.9

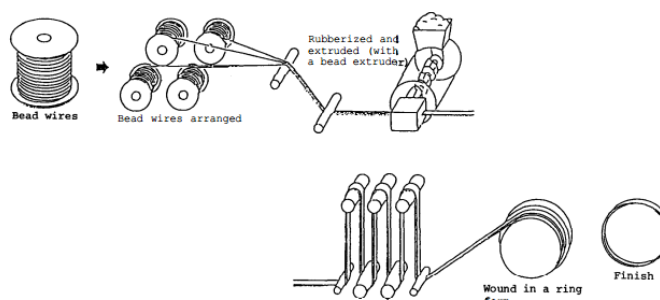
พลังงานไฟฟ้า จะต้องใช้เป็นอย่างมากในขั้นตอนนี้เนื่องจาก จะต้องมีการดันยางและทำให้อ่อนตัวด้วยสกรู



รูปที่ 2.9 กระบวนการดันยาง

2.9.2.3 การทำขอบลวด (Bead Molding)

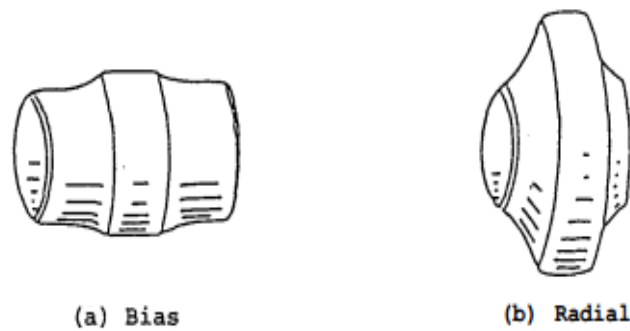
เริ่มจากใช้แท่นวาง และเรียงเส้นลวดตามชนิดที่ใช้งานและให้ความร้อนแก่เส้นลวดเพื่อให้เส้นลวดเกิดปฏิกิริยา จากนั้นฉาบยางลงบนเส้นลวดของขอบกระทะล้อและดึงเส้นลวดให้ผ่านชุดเครื่องฉาบเส้นลวด ขึ้นรูปกระทะให้เป็นวงกลม นำยางที่ได้จากการดันยางมาหุ้มที่ขอบกระทะล้อ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กระบวนการทำขอบลวด

2.9.3 กระบวนการผลิตกรีนไทร์ (Green Tire)

เป็นกระบวนการขึ้นรูปยางเส้น เพื่อเตรียมการอบ ในขั้นตอนนี้จะนำวัตถุดิบที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ มาประกอบกัน เราจะเรียกยางที่เกิดจากการประกอบกันในขั้นตอนนี้ว่า กรีนไทร์ (Green Tire) ขั้นตอนเริ่มจากการนำวัสดุแต่ละชิ้น ได้แก่โครงผ้าใบ ขอบกระทะล้อ และแก้มยางประกอบกันที่เครื่องจักร ขณะเดียวกันจะเตรียมเข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt) และ เนื้อดอกยางที่ได้จากการดันยางมาประกอบเข้าด้วยกัน จากนั้นจะขึ้นรูปออกมาเป็นกรีนไทร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 เพื่อรอนำเข้าเครื่องอบยางต่อไป

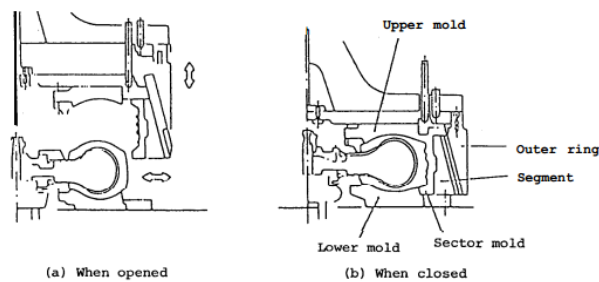


รูปที่ 2.11 ลักษณะของกรีนไทร์ก่อนนำเข้าเครื่องอบยาง

2.9.4 กระบวนการอบยางรถยนต์ (Vulcanization of Tires)

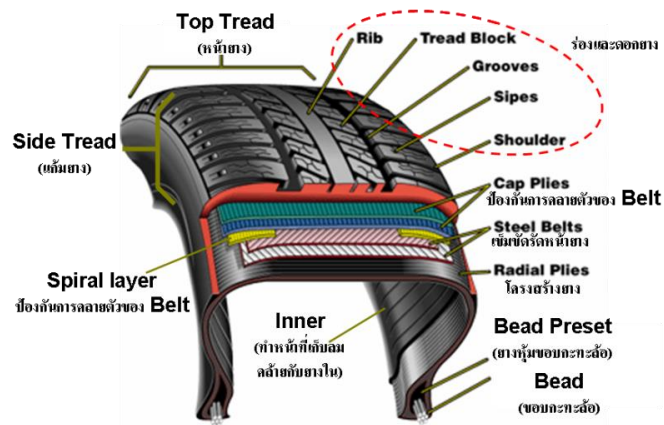
นำกรีนไทร์ที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้านี้ มาทำซีลิโคน ที่ด้านในและนำมาอบ โดยใส่ลงในแม่พิมพ์จนสุก ใช้ไอน้ำร้อน อบจนได้ระยะเวลาที่เหมาะสม และนำยางที่อบสุกแล้วมาอัดลม จากนั้นปล่อยให้ยางนั้นเย็นตัวลง ก็จะได้ยางรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการอบสุกแล้ว รอการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนถัดไป ก่อนส่งให้ลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 2.12

ในแง่ของพลังงาน กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ไอน้ำ มากกว่ากระบวนการผลิตอื่นๆ ซึ่งโรงงานต้องใช้เชื้อเพลิงจำนวนมากในการผลิตไอน้ำ กระบวนการนี้มีการใช้ไอน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 60-90 ของปริมาณไอน้ำที่ใช้ทั้งหมดภายในโรงงาน



รูปที่ 2.12 ลักษณะของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอบยางรถยนต์

2.10 ลักษณะของโครงสร้างภายในยางรถยนต์ที่ผลิตเสร็จแล้ว



รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างภายในของยางรถยนต์

2.11 ลักษณะพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตยางรถยนต์

ตามที่ได้มีการอธิบายถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิต และชนิดของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการ ต่อไปจะเป็นการแสดงรายละเอียดของการใช้พลังงาน ในกระบวนการผลิตต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิต	พลังงานความร้อน	พลังงานไฟฟ้า
ผสมยาง	9.7%	32.0%
ดันยาง	0.8%	17.0
ฉาบผ้าใบ	0.5%	4.9%
ตัดผ้าใบและเส้นลวดฉาบยาง	0.2%	5.7%
ทำขอบลวด	0.1%	0.1%
ประกอบยาง	0.1%	4.7%
อบยาง	81.1%	4.3%
ตรวจสอบยาง	0.9%	2.2%
ทดลองขับ	1.9%	17.2%
อื่น	4.0%	10.4%

ที่มา : UNIDO : Seminar on energy conservation in rubber industry (1998)

2.12 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีประโยชน์สำหรับการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนแรก มีเนื้อหาเกี่ยวกับการประยุกต์ ใช้หลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์และการตรวจติดตามการใช้พลังงาน ส่วนที่สองคือ การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ และส่วนที่สาม ประสิทธิภาพพลังงาน ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์และมาตรการลดการใช้พลังงาน

2.12.1 การประยุกต์ใช้หลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์และการตรวจติดตามการใช้พลังงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้สถิติเพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงาน วิชชากร จารุศิริ [13] ใช้หลักการทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่แตกต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด และนำมาใช้เป็นแบบจำลองคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้พลังงานของจังหวัดในกรณีที่เป็นปกติ โดยพิจารณาข้อมูลการใช้พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2538 – 2546 ข้อมูลผลิตภัณฑ์จังหวัด (GPP) ข้อมูลประชากร จำนวนครัวเรือน ในช่วงปีดังกล่าว และการคาดการณ์จำนวนประชากร ขนาดและจำนวนครัวเรือน ศึกษาโดยใช้หลักการ Simple Correlation สร้างแบบจำลองการใช้พลังงานตามความสัมพันธ์กับ GPP พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานจากการคาดการณ์มีค่าสูงอนาคต ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลจากคาดการณ์ความต้องการพลังงานเข้ามาช่วยกำหนดผลประหยัดและเป้าหมายของการดำเนินกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานในจังหวัดได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจติดตามด้านพลังงาน พัทธมาศ นุ่มดี [3] ได้ใช้หลักเกณฑ์ CUSUM มาช่วยในการติดตามข้อมูลพลังงานในอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันของโรงงานควบคุม TSIC 31,32,34 และ 35 โดยการใช้ SEC และกราฟ CUSUM เข้ามาช่วยนี้จะเป็นประโยชน์ในแง่ของการแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงาน เป็นประโยชน์ในการติดตามการใช้พลังงานและใช้เป็นแนวทางในการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.12.2 การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ

กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก [14] ได้จัดทำโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในผลิตภัณฑ์พลาสติก ได้ทำการประเมินดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมกลุ่มนี้ โดยประเมินถึงขั้น

กระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการหาประสิทธิภาพพลังงาน โดยการคิดแ่งขององค์กรรวมทั้งหมด อาจไม่สะท้อนถึงการใช้พลังงานที่แท้จริง หากสามารถวิเคราะห์ถึงระดับกระบวนการผลิตนั้น จะทราบประสิทธิภาพพลังงานที่แท้จริง และสามารถแก้ไขได้อย่างตรงจุด ในกรณีพบว่า ขั้นตอนหรือกระบวนการใด มีค่า SEC ที่ผิดปกติไปจาก SEC ค่าเฉลี่ย ซึ่งจะนำมาสู่หนทางในการลดการใช้พลังงานต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ สุภาพงษ์ ลาตุลี [15] ได้ทำการศึกษา มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก และ ณัฐวุฒิ เพิ่มขุนทด[16] ได้ทำการศึกษา มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมแก้วกระจก และ ชนิชา หมอยาดี [2] ได้ทำการศึกษา มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมซีเมนต์ค่า SEC ในกระบวนการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบค่า SEC จาก SEC อ้างอิง กรณีที่พบว่า ค่า SEC ปฐมภูมิที่ได้นั้น มีค่าสูง กว่าค่าเฉลี่ย ก็ได้มีการเสนอมาตรการการลดการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับอุตสาหกรรมนั้นๆ

เอกสิทธิ์ สุวรรณศรี [17] ได้ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ พบว่าการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ทำให้ต้องมีการดำเนินการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ให้ดีขึ้น โดยมีแนวทางการจัดการดังนี้

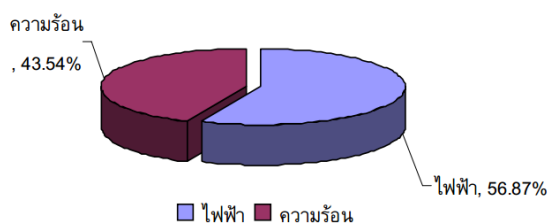
1. การกำหนดนโยบายจากผู้บริหารระดับสูง ที่มีความแน่นอนในการดำเนินงาน
2. กำหนดแผนการทำงานหลักในการดำเนินการเพื่อปรับปรุงด้านพลังงาน
3. ปรับปรุงการเดินเครื่องจักรให้เหมาะสมกับระยะเวลาการผลิต
4. ติดตามและปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการดำเนินงาน

Wua et al. [18] งานวิจัยนี้ได้หาแบบจำลองความสัมพันธ์ของดัชนีวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จากปัจจัยด้านโครงสร้างการผลิตที่แต่ละระดับของการผลิตในอุตสาหกรรม โดยแบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานโดยตรง ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิต ประเภทพลังงานที่ใช้ วัตถุประสงค์ การจัดการระบบ และกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน ส่วนปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่ง คือ ปัจจัยภายนอก (External factor) คือสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ พบว่าปริมาณการผลิตเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่นๆ แฝงอยู่ด้วย

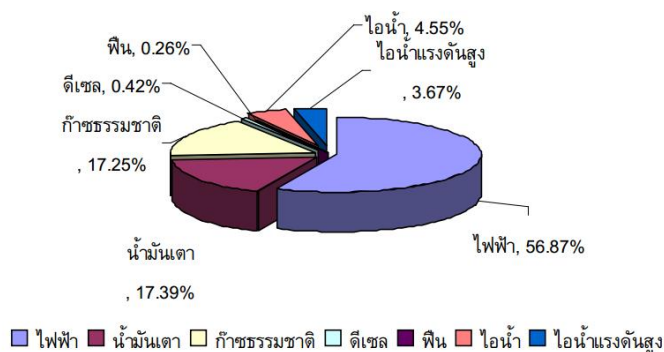
2.12.3 ประสิทธิภาพพลังงานและมาตรการลดการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางรถยนต์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ จะดำเนินการศึกษาตัวประสิทธิภาพและจะกล่าวถึงมาตรการลดการใช้พลังงานไปด้วย ดังเช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทผลิตภัณฑ์ยาง [19] กรมโรงงานอุตสาหกรรม จัดทำคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทยาง ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรม กระบวนการผลิต และลักษณะการใช้พลังงาน การรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มาตรการอนุรักษ์พลังงาน การจัดการพลังงาน และกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการได้ตระหนักถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน และยังได้อธิบายถึงตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปฏิบัติเพื่อก่อให้เกิดผลการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการของตนเอง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้แก่ผู้ประกอบการเอง

กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน : โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง [5] กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง โดยได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานค่า SEC ของกลุ่มอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ในระดับองค์กร ไม่ได้ศึกษาถึงในระดับกระบวนการผลิต ทั้งนี้ได้จากการเก็บข้อมูลโรงงานตัวอย่าง จำนวน 25 โรงงาน โดยได้แสดงสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน อันเป็นพลังงานหลักในอุตสาหกรรมชนิดนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 และ รูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 สัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในกระบวนการผลิตยางล้อ



รูปที่ 2.15 สัดส่วนพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางล้อ

ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการทราบถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของตนเองและเปรียบเทียบกับผู้อื่น นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมยาง ทั้งนี้ได้เสนอมาตรการประหยัดพลังงาน เพื่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงงานผลิตยางรถยนต์ เช่น การนำคอนเดทเสทกลับมาใช้ใหม่ และการออกแบบและหุ้มฉนวนเครื่องอบยาง และท่อหุ้มสาย Steam แบบ Flexible

UNIDO [12] ได้อธิบายถึงกระบวนการผลิตยางรถยนต์ และได้ทำการวิเคราะห์ถึง การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการ เช่น แผนกผสมยาง จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นค่า kWh/ton นอกจากนี้ยังได้ระบุถึงสถานการณ์ใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต พบว่า แผนกที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือ แผนกผสมยาง พบว่ามีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 32.8 และแผนกที่มีการใช้พลังงานความร้อนสูงสุดได้แก่ แผนกอบยาง พบว่ามีการใช้พลังงานความร้อนร้อยละ 81.1 โดยได้มีการยกตัวอย่าง มาตรการที่ทำให้ประหยัดพลังงาน เช่น การตรวจสอบลมรั่ว การเปลี่ยนฉนวนหุ้ม Mold การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น

Stankeviciute [20] ได้ศึกษาหาค่า SEC ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ที่ประเทศสวีเดน โดยได้ศึกษาในโรงงานตัวอย่าง 1 โรงงาน ได้ดำเนินการวิเคราะห์ หา SEC ในกระบวนการ ผสมยาง และกระบวนการ ฝ่าใบอบยาง พลังงานที่ใช้ในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น พลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า ผลการศึกษาได้พิจารณาว่า ส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียด้านพลังงาน คือ Waste และ Scrap ที่เกิดจากกระบวนการผลิต จึงได้เสนอวิธีการลด Scrap ที่เกิดขึ้น โดยการ

ปฏิบัติการหลัก PDCA นอกจากนี้ยังเสนอมาตรการในการลดพลังงานในส่วนอื่นๆ คือ ใช้ระบบการตรวจติดตามด้านพลังงาน

การวิเคราะห์การพลังงานในโรงงานผลิตยางรถยนต์ Moyer [21] ได้ทำการศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานผลิตยางรถยนต์ ดังเช่น โครงการที่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานของโรงงานผลิตยางรถยนต์ขนาดใหญ่ จำนวน 5 โครงการ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานและตัวชี้วัดด้านพลังงานของโรงงาน ได้แก่ 1. การติดตั้งหม้อ Mold 2. การติดตั้ง variable frequency drives ที่ circulating pumps 3. การลดความดันที่ Turbines 4. การนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ 5. การผลิตไฟฟ้าด้วย Gas Turbines โดยมีสองโครงการที่น่าสนใจ คือ โครงการที่ 1, 2 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิความร้อนสามารถประหยัดพลังงาน อยู่ในช่วง 908 kJ/s (3,079 Btu/hr) ถึง 989 kJ/s (3,374 Btu/hr) ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง \$ 13,390 และ \$ 14,591 สำหรับโครงการการติดตั้ง variable frequency drives ที่ circulating pumps ที่ 200 แรงม้า จะประหยัดพลังงานระหว่าง 74.6 kW (100 แรงม้า) และ 104.6 kW (140.2 แรงม้า) ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง \$ 41,646 และ \$ 58,384

บทที่ 3

ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่าง

3.1 ข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง

ปีที่ก่อตั้ง	:	2538
ผลิตภัณฑ์หลัก	:	ยางรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และรถบรรทุกขนาดเล็ก
กำลังการผลิต	:	1,105,406 เส้นต่อเดือน คิดเป็น 6,569 คันต่อเดือน (ข้อมูล ณ ธันวาคม 2558)
จำนวนพนักงาน	:	2,402 คน (ข้อมูล ณ ธันวาคม 2558)
ฝ่ายบริหาร	:	48 คน
เวลาทำงาน	:	24 ชั่วโมง/วัน
ส่งออก	:	70%
ขายภายใน	:	30%
มาตรฐาน	:	ISO9002 :2008 ,ISO/TS16949:2009 ,ISO14001:2004,OHSAS18001:2007, ISO50001:2011

3.2 ข้อมูลด้านพลังงานของโรงงานตัวอย่าง

จากการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ในโรงงานตัวอย่าง ได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานรวมในองค์กร ในช่วง 24 เดือน ตั้งแต่ปี 2556-2557 ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และ พลังงานความร้อน พบว่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 และ 62 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1

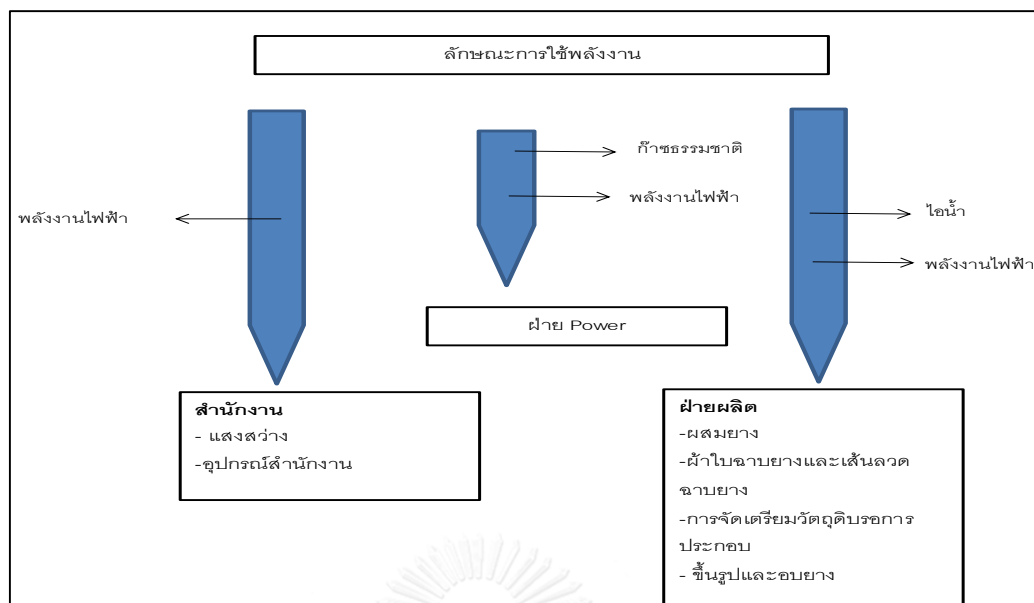
ตารางที่ 3.1 ปริมาณพลังงานในระดับองค์กรที่ใช้ในช่วง 24 เดือน ของโรงงานตัวอย่าง

ประเภทพลังงาน	ปริมาณพลังงานในรอบ 24 เดือน	ร้อยละ
พลังงานไฟฟ้า (kWh)	300,129,543	-
พลังงานไฟฟ้า (MJ)	1,080,466,355	38
พลังงานความร้อน (MJ)	1,733,124,320	62
พลังงานรวม (MJ)	2,813,590,675	100



รูปที่ 3.1 สัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานในโรงงานตัวอย่าง พบว่า มีการใช้พลังงานหลัก สองประเภท คือ พลังงานความร้อน โดยใช้ ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง และ พลังงานไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในกิจกรรมการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในองค์กร ดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการใช้พลังงานในองค์กร

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน

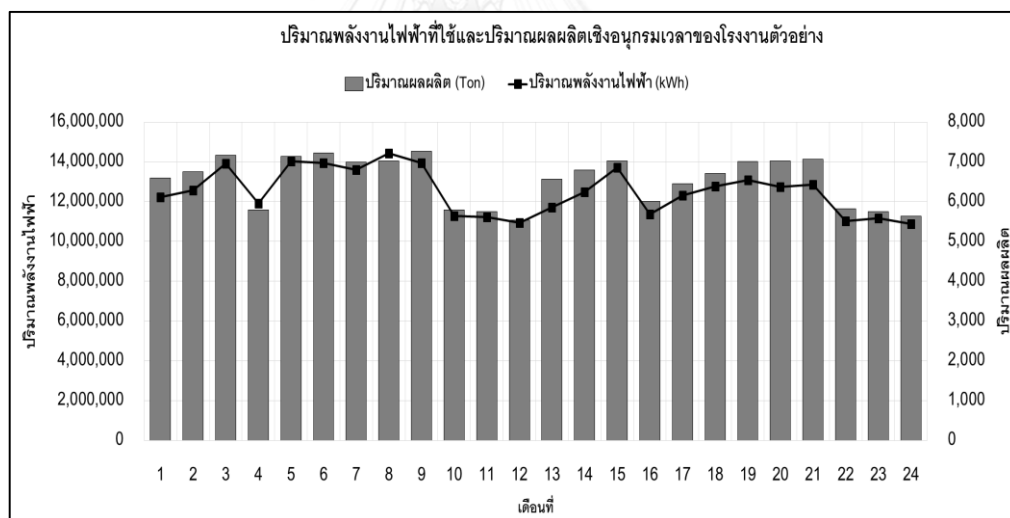
กิจกรรม	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 24 เดือน (kWh)	ร้อยละ
ผสมยาง	119,833,461	
ฉาบผ้าใบ	7,871,264	
ดันยาง	36,972,956	
ทำขอบลวด	2,709,505	
ประกอบยาง	15,423,580	
อบยาง	13,638,121	
ตรวจสอบยาง	13,876,244	
รวม (ฝ่ายผลิต)	210,325,131	70.08
ปรับอากาศสำนักงาน	15,819,386	5.27
แสงสว่าง	11,407,073	3.80
ทำความเย็น	2,585,224	0.86
อัดอากาศ	59,389,324	19.79
อื่น	603,405	0.20
รวม (ทั้งหมด)	300,129,543	100

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและการผลิตในระดับองค์กรของโรงงานตัวอย่าง

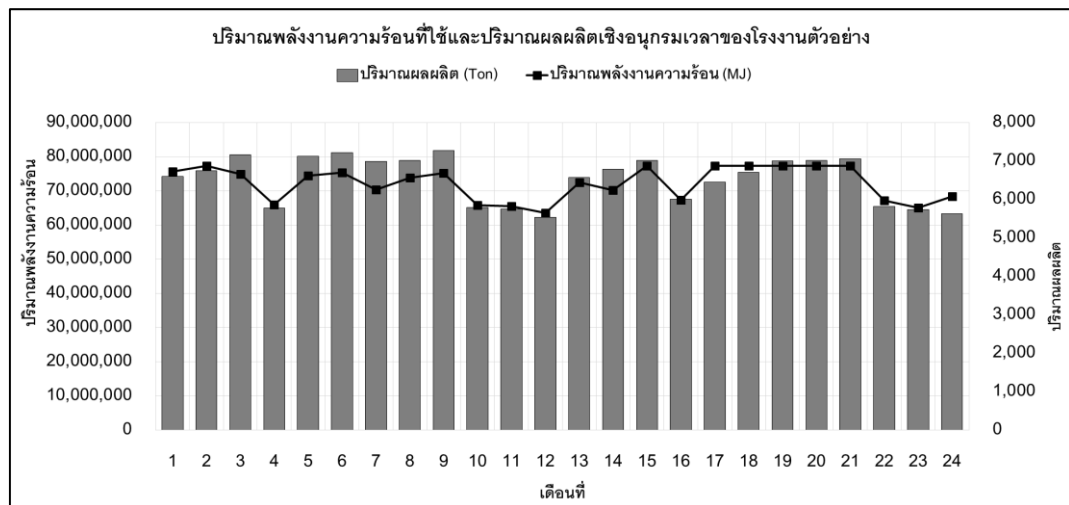
เพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่างเบื้องต้น ในบทนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงาน ในระดับองค์กร จำนวน 24 เดือน ช่วงปี 2556-2557 (ภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 ตารางที่ ข.2 และตารางที่ ข.3) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลา

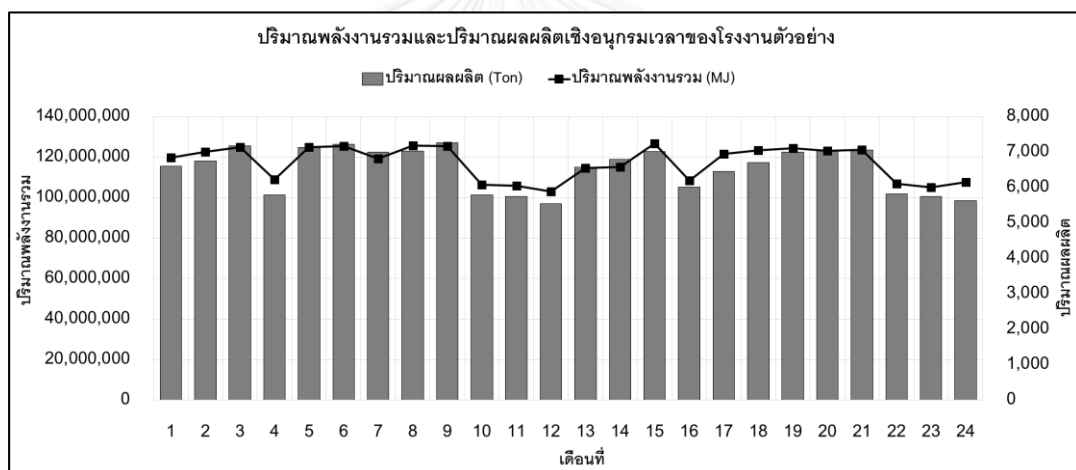
ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปนั้น มักเริ่มจากการแปลงข้อมูลแบบตารางเป็นกราฟเชิงอนุกรมเวลา เพื่อให้เห็นข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงแสดงข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน, พลังงานรวม และปริมาณการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.3, รูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 พบว่า กราฟอนุกรมเวลา แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานและผลผลิตที่มีพฤติกรรมแปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลา แต่กราฟอนุกรมเวลาก็กังไม่สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและการผลิตได้ และยังไม่สามารถระบุได้ว่า ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานเป็นอย่างไร



รูปที่ 3.3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 3.4 ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงานตัวอย่าง

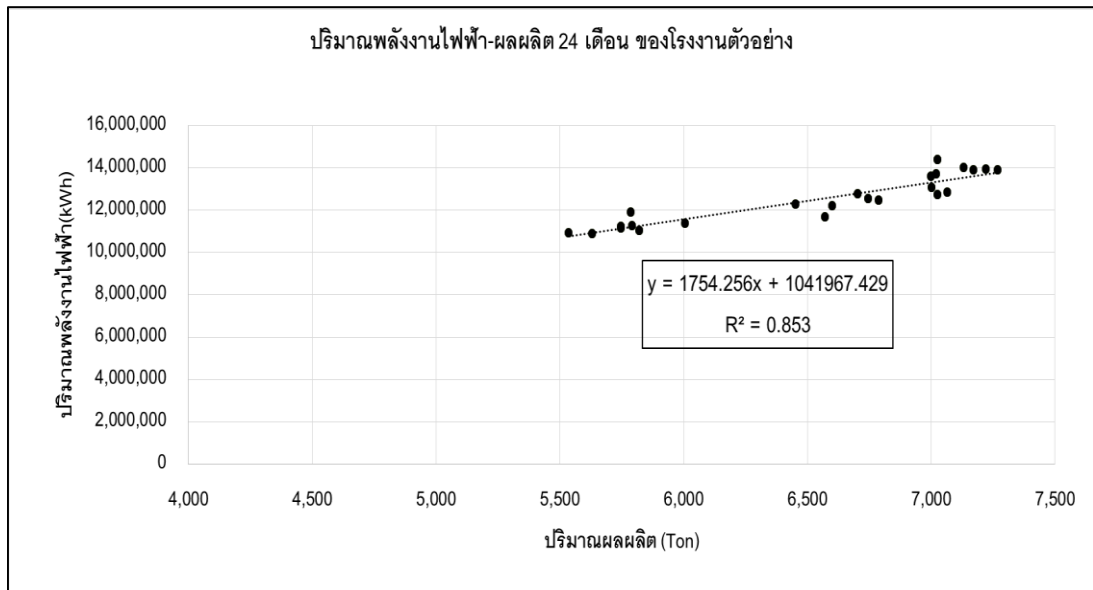


รูปที่ 3.5 ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของโรงงานตัวอย่าง

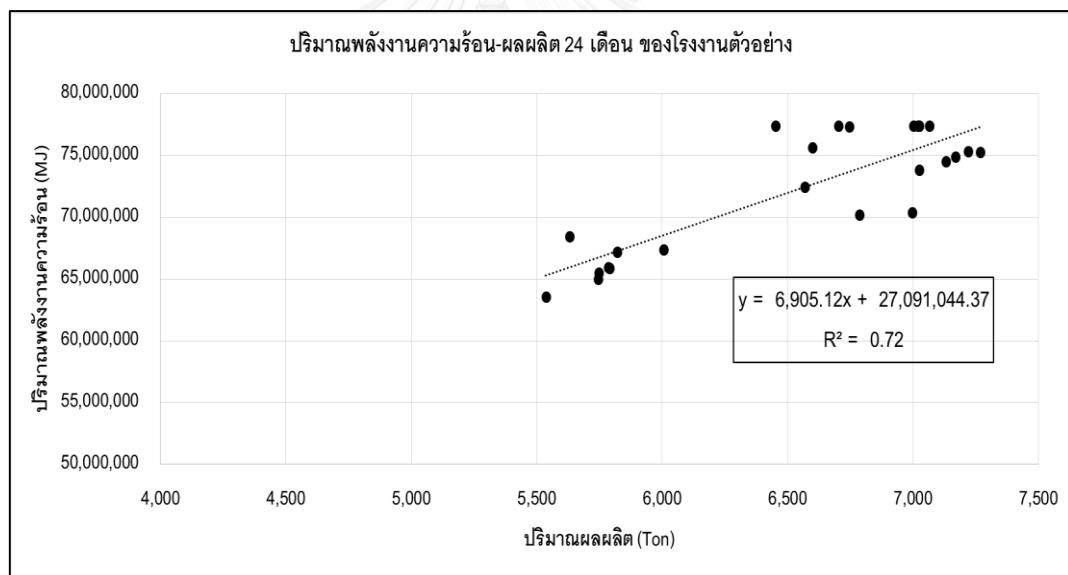
2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงาน

ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

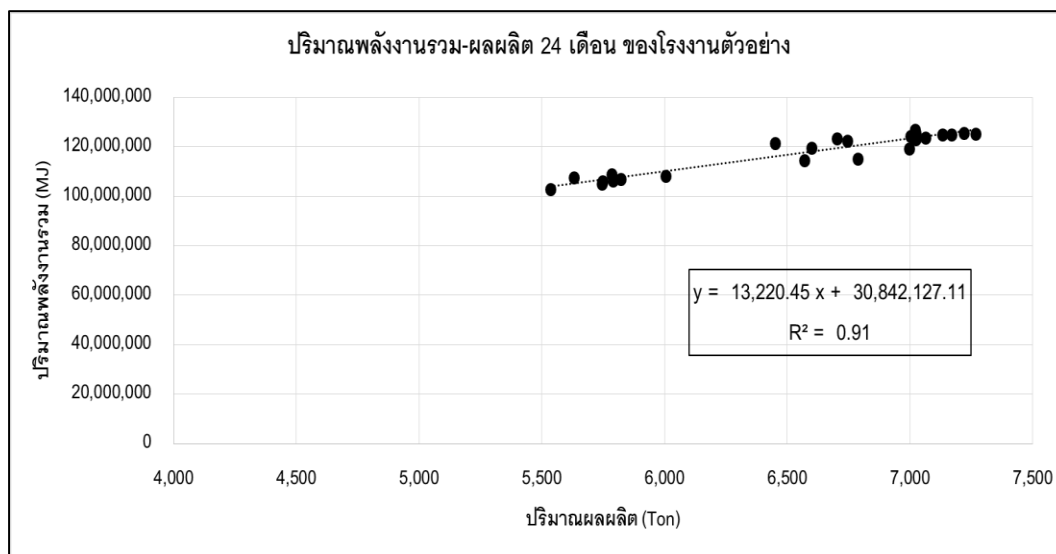
จากข้อมูลเชิงอนุกรมเวลา เมื่อสร้างแผนภาพการกระจาย ทำให้เห็นได้ชัดว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังรูปที่ 3.6, รูปที่ 3.7 รูปที่ 3.8 พบว่าค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้า-ผลผลิต, กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานความร้อน-ผลผลิต และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานรวม-ผลผลิต คือ 0.85, 0.72 และ 0.91 ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน



รูปที่ 3.7 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน

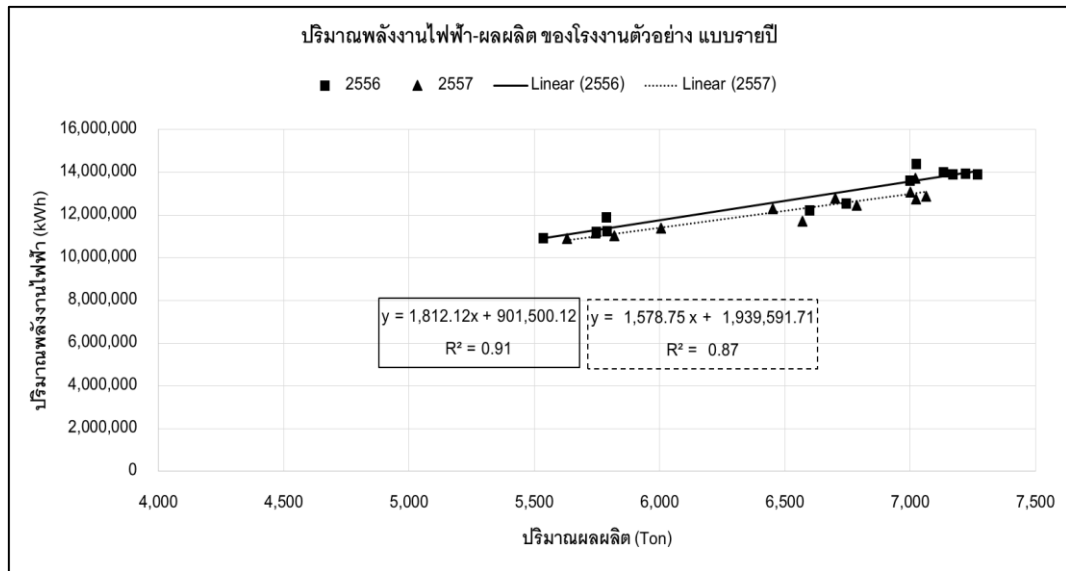


รูปที่ 3.8 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานรวมและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน

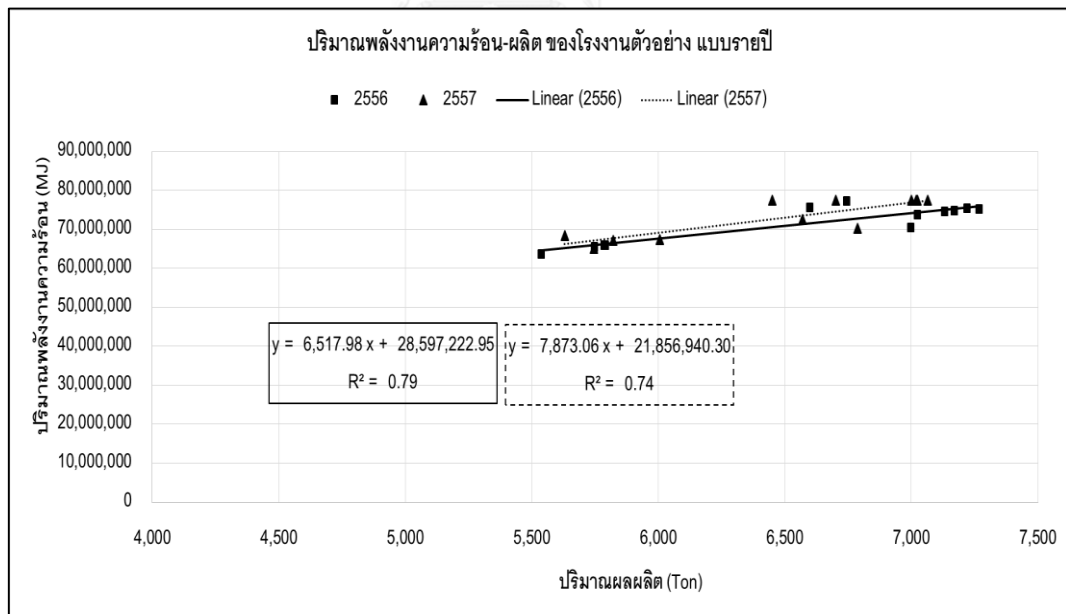
ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวม ในโรงงานตัวอย่าง ของปี 2556 และ 2557 มาสร้างกราฟการกระจาย เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานในแต่ละปี ของการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นหลักในการเปรียบเทียบ พบว่าการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2557 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากปี 2556 เมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m แสดงถึงปริมาณส่วนที่มีการผกผันตามผลผลิต (Variable energy) พบว่าลดลง ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันน้อยกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยลดลง ในขณะที่ค่าจุดตัดแกน Y หรือ ค่า c ในปี 2557 เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.9 สำหรับพลังงานความร้อนของโรงงานตัวอย่าง มีการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นในปี 2557 ลักษณะของเส้นกราฟพร้อมกับค่า m และค่า c ของเส้นกราฟรายปีที่สร้างจากข้อมูลจริงของโรงงานตัวอย่าง สังเกตได้ว่าในปี 2557 มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันมากกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าจุดตัดแกน Y หรือ ค่า c ลดลงในปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 3.10 สำหรับพลังงานรวมของโรงงานตัวอย่าง มีการใช้พลังงานรวมเพิ่มขึ้นในปี 2557 เมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นกราฟในปี 2557 มีความชันมากกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าจุดตัดแกน Y หรือ ค่า c ลดลงในปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 3.11 นอกจากนี้การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวมมีความสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 โดย

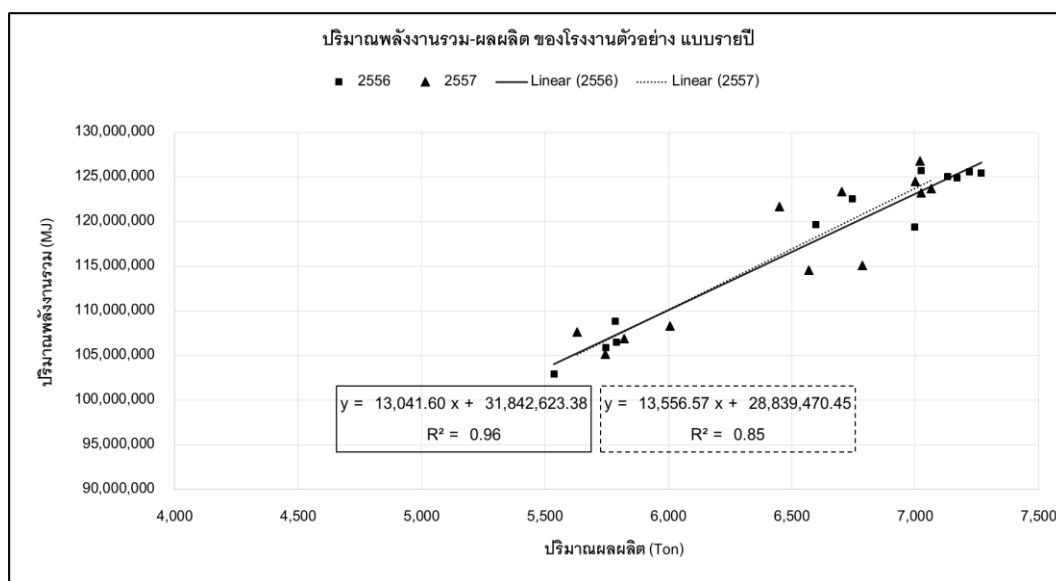
สามารถสรุปความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวม กับปริมาณผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3.3, 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.9 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี



รูปที่ 3.10 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตแบบรายปี



รูปที่ 3.11 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานรวมและปริมาณผลผลิตแบบรายปี

ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 24 เดือน ของโรงงานตัวอย่าง

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.85	1,754.25	1,041,967	12,505,398	3.6
ปี 2556	0.91	1,812.1	901,500	12,833,097	3.9
ปี 2557	0.87	1,578.7	1,939,591	12,177,699	3.9

ตารางที่ 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานความร้อนในรอบ 24 เดือน ของโรงงานตัวอย่าง

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานความร้อน เฉลี่ย (MJ)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.72	6,905.12	27,091,044	72,213,513	3.7
ปี 2556	0.79	6,517.98	28,597,222	71,513,850	3.10
ปี 2557	0.85	7,873.06	21,856,940	72,913,176	3.10

ตารางที่ 3.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานรวมในรอบ 24 เดือน ของโรงงานตัวอย่าง

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานรวมเฉลี่ย (MJ)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.91	13,220	30,842,127	117,232,944.77	3.8
ปี 2556	0.96	13,041	31,842,623	117,712,997.90	3.11
ปี 2557	0.75	13,556	28,839,470	116,752,891.60	3.11

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

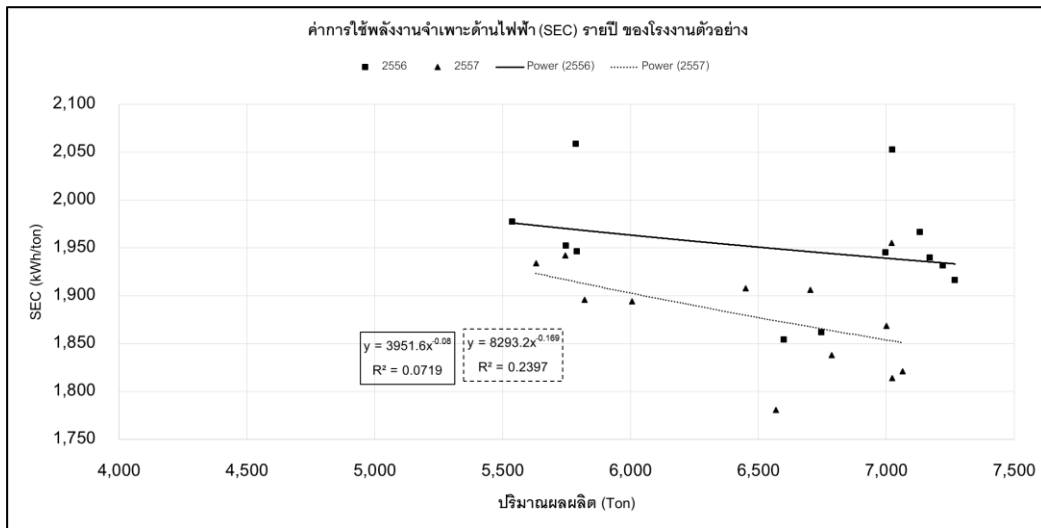
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวม ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ,3.4 และ 3.5

4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

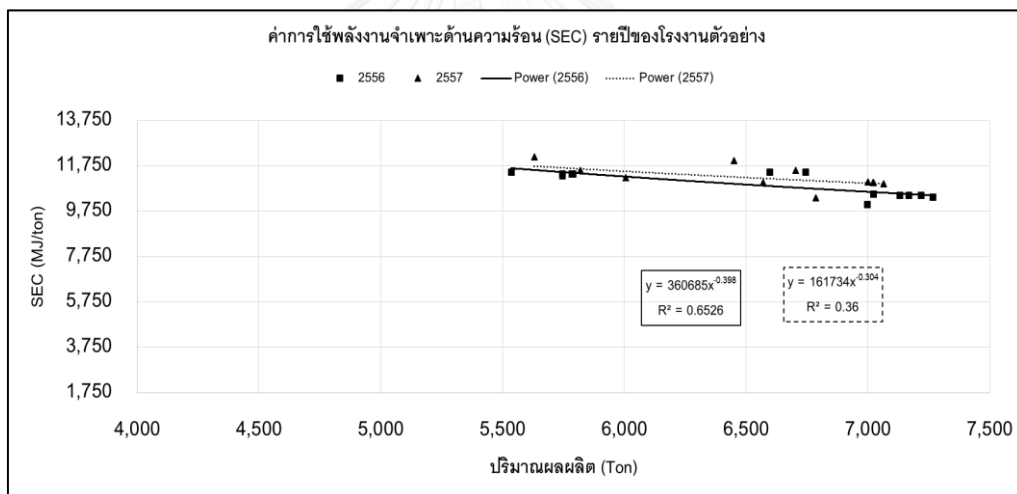
ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวม ของโรงงานตัวอย่าง ในรอบ 24 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า SEC แยกเปรียบเทียบตามรายปี ของโรงงานตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.12, 3.13 และ 3.14

ตารางที่ 3.6 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานตัวอย่าง

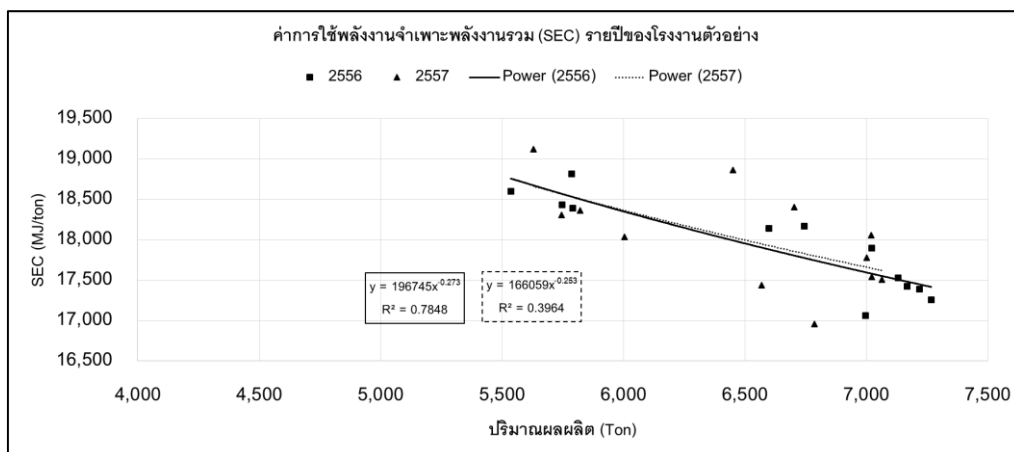
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต (Ton)			SEC		
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave
SEC ไฟฟ้า (kWh/ton)	5,536.10	7,268.00	6,534.64	1,780.85	2,059.01	1,915.23
SEC ความร้อน (MJ/ton)				10,056.20	12,157.75	11,085.35
SEC รวม (MJ/ton)				16,960.94	19,121.01	17,980.16



รูปที่ 3.12 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC_{ไฟฟ้า}) แยกตามรายปี ของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 3.13 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านความร้อน (SEC_{ความร้อน}) แยกตามรายปี ของโรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 3.14 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะพลังงานรวม (SEC_{รวม}) แยกตามรายปี ของโรงงานตัวอย่าง

จากรูปที่ 3.12 การวิเคราะห์ค่า SEC ของพลังงานไฟฟ้าในระดับองค์กร โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของพลังงานไฟฟ้าปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มข้อมูล SEC ของพลังงานไฟฟ้าปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าดีกว่าปี 2556 เกิดจากการดำเนินแผนการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงานตัวอย่างในช่วงปี 2557 โดยปี 2556 ค่า SEC เฉลี่ยอยู่ที่ 1,950.53 kWh/Ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 1,879.92 kWh/Ton

จากรูปที่ 3.13 การวิเคราะห์ค่า SEC ของพลังงานความร้อนในระดับองค์กร โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของพลังงานความร้อนปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่นอกกลุ่มข้อมูล SEC ปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนต่ำกว่าปี 2556 เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนของโรงงานตัวอย่างในช่วงปี 2557 โดยค่า SEC เฉลี่ยของปี 2556 มีค่า 10,904.38 MJ/Ton และ ค่า SEC เฉลี่ยของปี 2557 มีค่า 11,266.31 MJ/Ton

จากรูปที่ 3.14 การวิเคราะห์ค่า SEC ของพลังงานรวมในระดับองค์กร โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของพลังงานรวมปี 2557 และกลุ่มข้อมูล SEC ของพลังงานรวมปี 2556 มีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมใกล้เคียงกัน โดยค่า SEC เฉลี่ยของปี 2556 มีค่า 17,926.30 MJ/Ton และค่าเฉลี่ยของปี 2557 มีค่า 18,034.02 MJ/Ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และพลังงานรวม โดยใช้กราฟ CUSUM แสดงใน รูป 3.15, 3.16 และ 3.17 ตามลำดับ

จากรูปที่ 3.15 พฤติกรรมการใช้พลังงานงานไฟฟ้าในระดับองค์กรของโรงงานตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 4 ช่วง

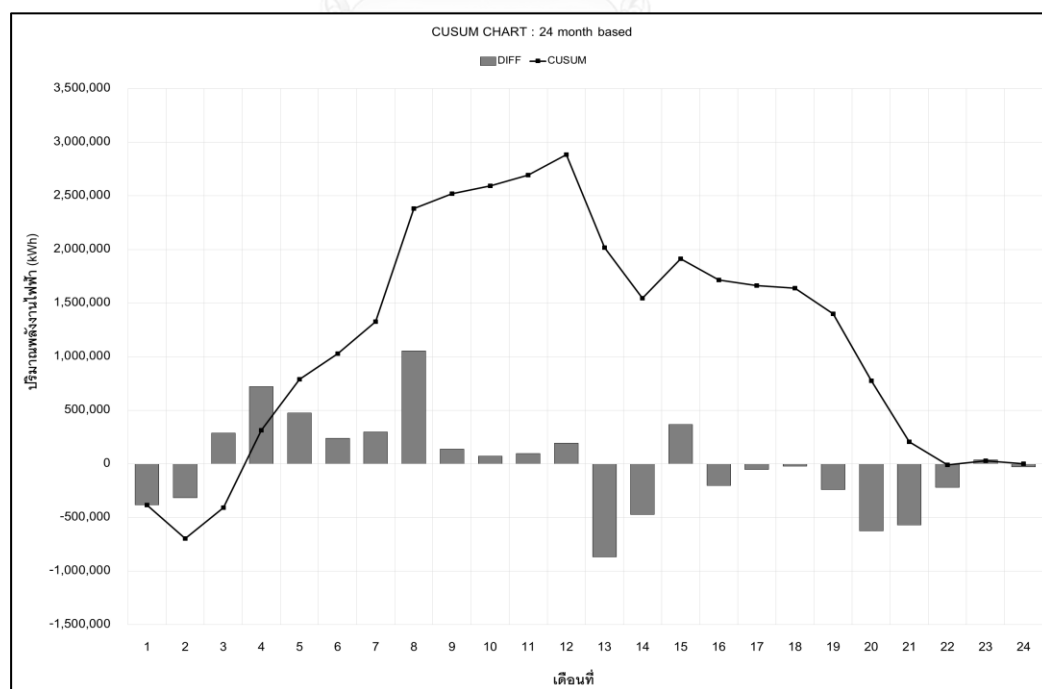
ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1-3) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชัน เป็น ศูนย์

ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 3-12) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก

ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 12-22) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ

ช่วงที่ 4 (เดือนที่ 22-24) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

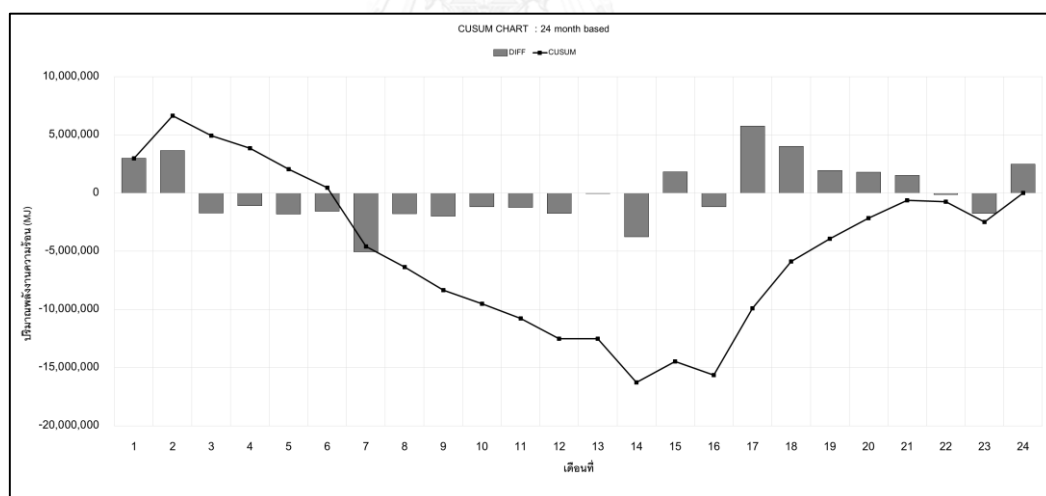
พบว่า พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วงเดือน 3-12 เนื่องจากกิจกรรมการสูญเสียพลังงานสะสมในส่วนของกระบวนการผลิต โดยจะอธิบายในบทที่ 4 ของปี 2556 และช่วงที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานจะอยู่ในช่วงเดือน 1-10 ของปี 2557 โดยโรงงานตัวอย่างได้มีการแก้ไขและทำมาตรการประหยัดพลังงานในช่วงเวลาดังกล่าว



รูปที่ 3.15 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

จากรูปที่ 3.16 พฤติกรรมการใช้พลังงานงานความร้อนระดับองค์กรของโรงงานตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ช่วงหลัก ดังนี้

ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 2-14) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ลบ
 ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 14-24) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก
 พบว่า พฤติกรรมการใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วงเดือน 3-12 ของปี 2557 เนื่องจากในกระบวนการของโรงงานตัวอย่าง จะมีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยจะส่งผ่านมายังท่อไปที่เครื่องอบยาง แต่เนื่องจากอายุการใช้งานของเครื่องจักรและท่อที่ใช้ส่งไอน้ำมีอายุการใช้งานที่มากกว่า 10 ปีขึ้นไป พบว่าเกิดการรั่วไหลของไอน้ำหลายจุด ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อน โรงงานตัวอย่างจึงควรจัดทำมาตรการป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำ นอกจากนี้ยังพบปัญหาจากเครื่องอบยาง เนื่องจากในกระบวนการนี้มีการใช้แม่พิมพ์ในการอบยาง ซึ่งแม่พิมพ์จะต้องถูกถอดออกเป็นประจำเพื่อให้สอดคล้องกับรุ่นยางที่อบ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนได้ ดังนั้นโรงงานตัวอย่างจึงควรจัดทำมาตรการเกี่ยวกับการหุ้มฉนวนแม่พิมพ์ดังกล่าว เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

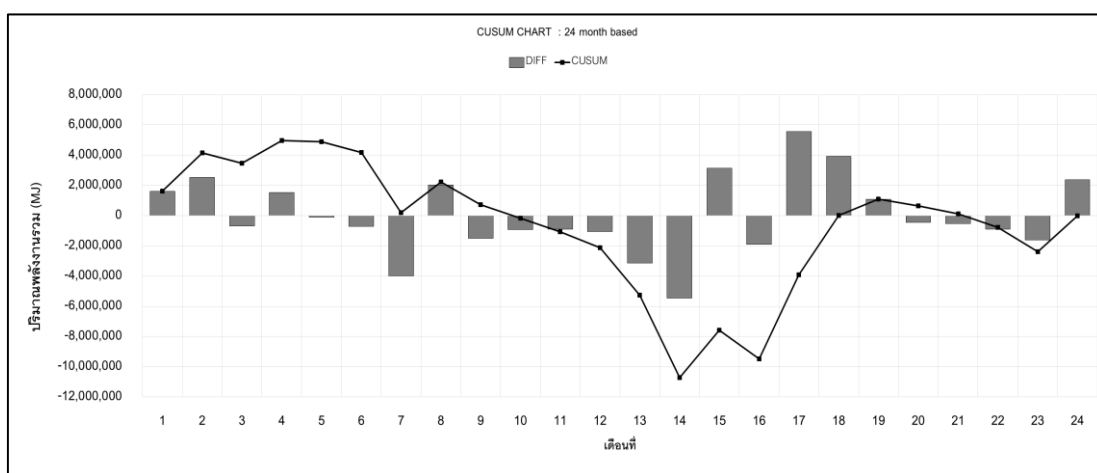


รูปที่ 3.16 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่างโดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

จากรูปที่ 3.17 พฤติกรรมการใช้พลังงานงานรวมระดับองค์กรของโรงงานตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1-6) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ศูนย์
 ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 6-14) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ลบ

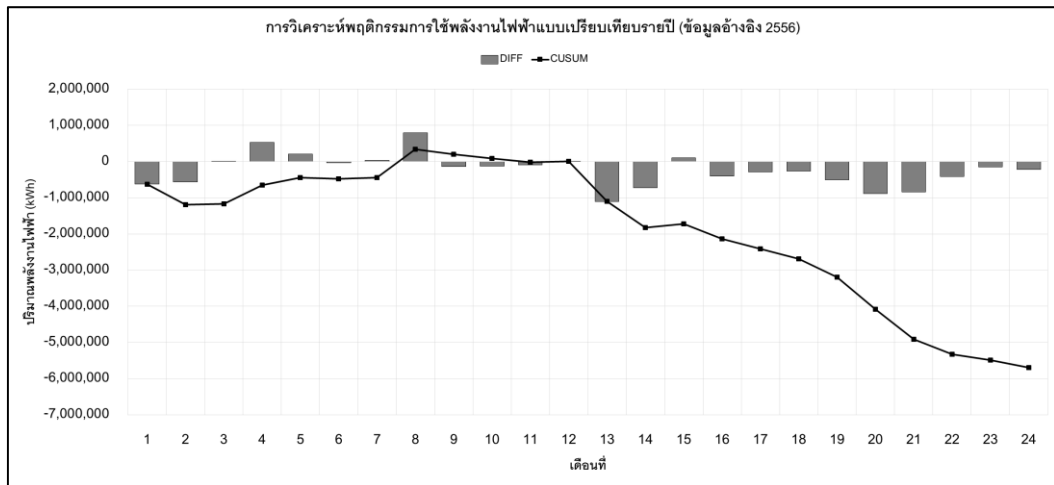
ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 14-19) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก
 ช่วงที่ 4 (เดือนที่ 19-24) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิงเส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ศูนย์
 พบว่า พฤติกรรมการใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วงเดือน 3-7 ของปี
 2557 เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนในช่วงปี 2557 จึงส่งผลกระทบต่อพลังงานรวมของโรงงาน
 ดังนั้นเพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานรวมขององค์กรได้ โรงงานตัวอย่างควรมีการ
 ติดตามการใช้พลังงานความร้อนอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้



รูปที่ 3.17 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานรวมและปริมาณการผลิต ของโรงงานตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

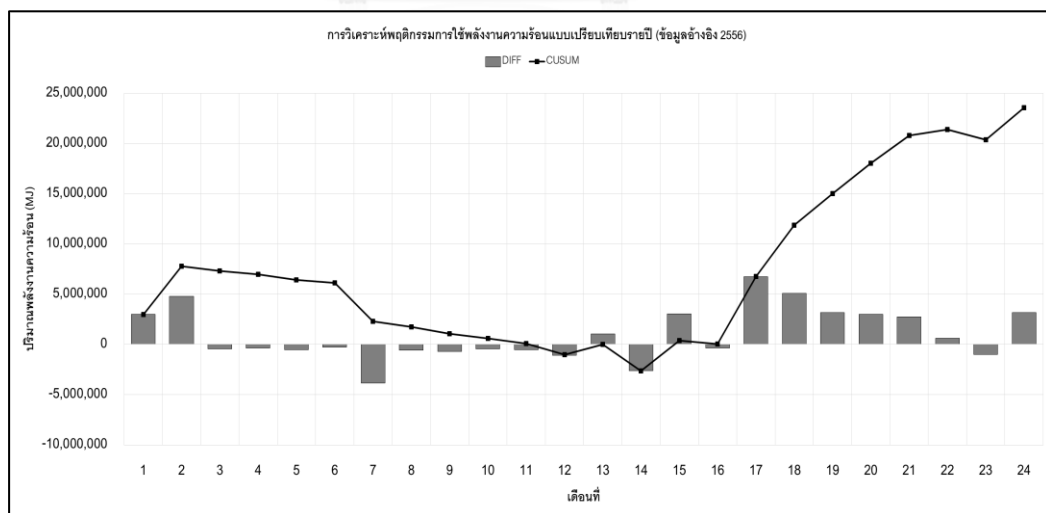
6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 3.18 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเป็นรายปี เมื่อใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ปี 2557 มีพฤติกรรมดีกว่า ปี 2556 เพราะลักษณะกราฟในปี 2557 เป็นลบจนถึง เดือน 12 โดยสามารถประหยัดพลังงานได้ จำนวน 5,700,426.81 kWh (1.89%) พบว่าโรงงานตัวอย่างได้มีการดำเนินแผนการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในปี 2557 ดีขึ้น



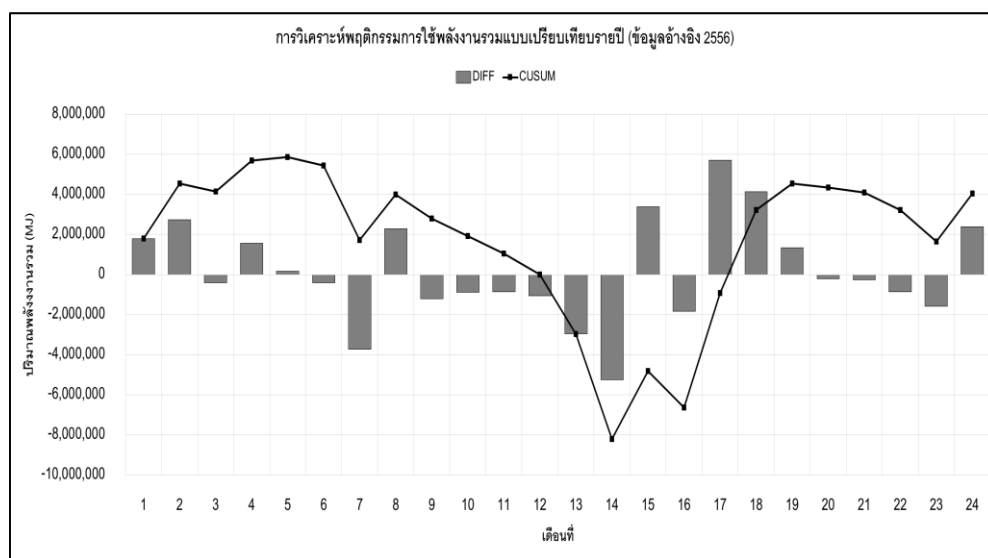
รูปที่ 3.18 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานความร้อนใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเป็นรายปี เมื่อใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง พบว่าการใช้พลังงานความร้อน ปี 2557 มีพฤติกรรมที่สูญเสียพลังงานกว่า ปี 2556 เพราะลักษณะกราฟในปี 2557 เป็นบวก โดยสูญเสียพลังงานไป จำนวน 24,591,796.71 MJ (1.42%) ซึ่งสูญเสียพลังงานมากกว่าปี 2556 เกิดจากปัญหาสภาพเครื่องจักร ของกระบวนการอบยาง ที่มีการใช้พลังงานความร้อนเป็นหลัก



รูปที่ 3.19 พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556)

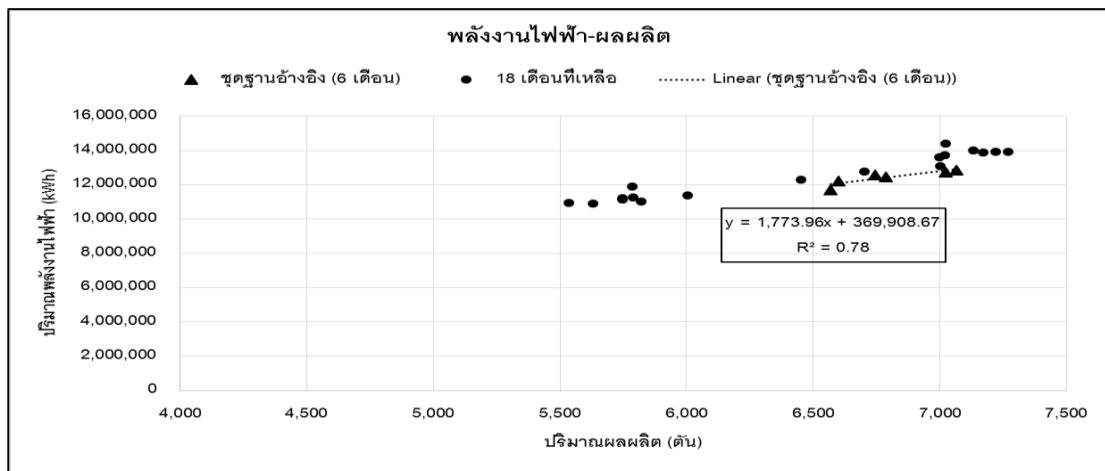
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานรวมใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 3.20 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมเป็นรายปี เมื่อใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง พบว่าการใช้พลังงานรวม ปี 2557 มีพฤติกรรมสูญเสียพลังงาน เพราะลักษณะกราฟในปี 2557 อยู่ในลักษณะบวก พฤติกรรมการใช้พลังงานรวมมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยสูญเสียพลังงานไป จำนวน 4,036,840 MJ (0.41%)



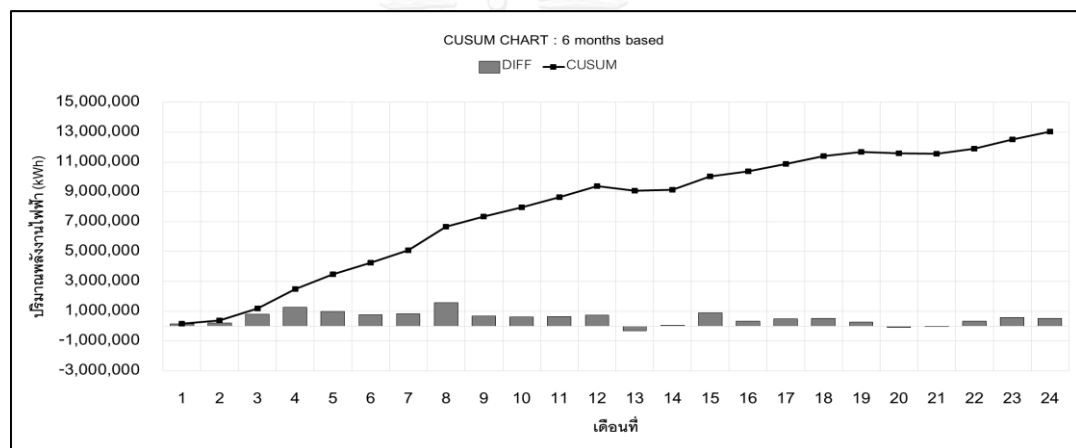
รูปที่ 3.20 พฤติกรรมการใช้พลังงานรวมเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556)

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.21 และรูปที่ 3.22 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า อย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 1-12 เกิดการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก จากนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานน้อยลง ในปี 2557 ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานไฟฟ้าที่จะประหยัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 หากมีการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม โรงงานจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 3,645,378.69 kWh (2.49%)

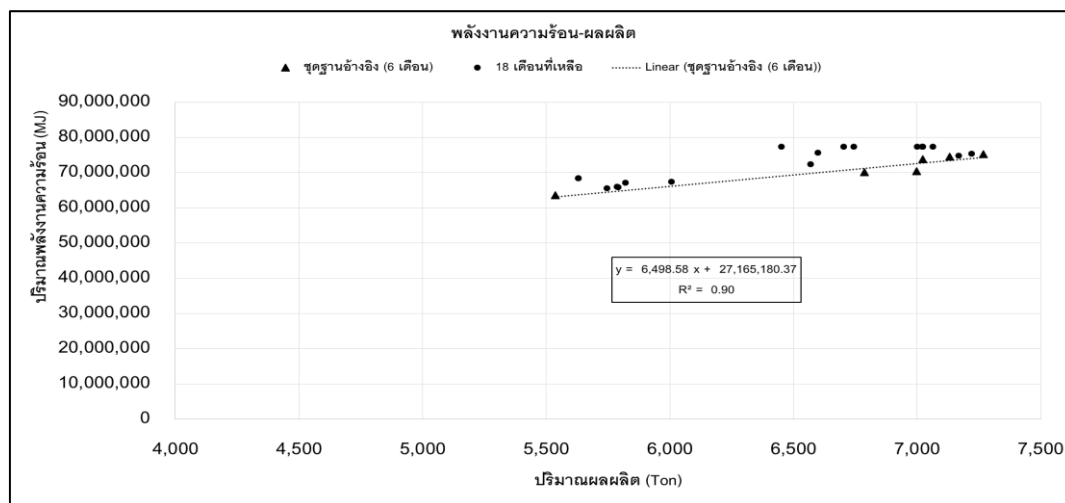


รูปที่ 3.21 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 13,20,21,14,1,2

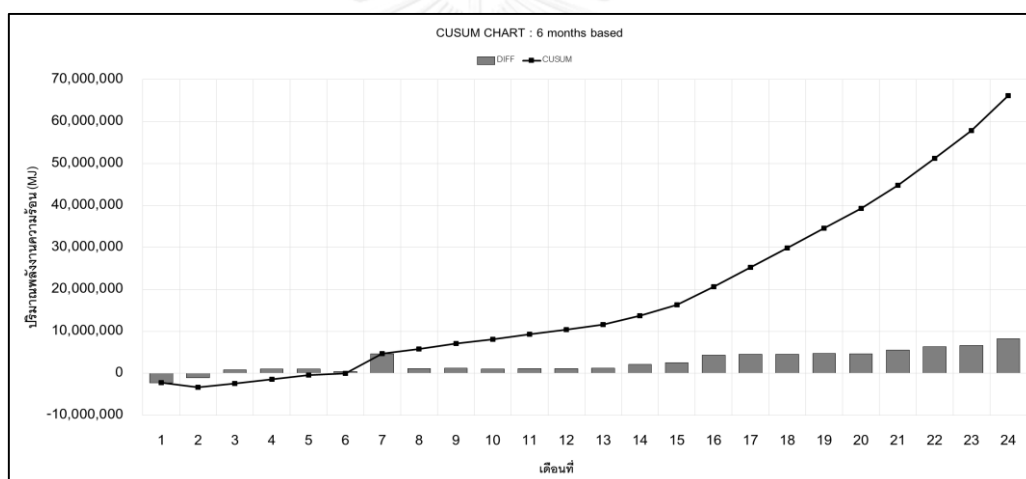


รูปที่ 3.22 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 13,20,21,14,1,2

จากข้อมูลการพลังงานความร้อน ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนที่ดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.23 และ รูปที่ 3.24 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเดือน 13-24 (ปี 2557) เกิดการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก ดังแสดงในรูปที่ 3.24 หากมีการจัดการใช้พลังงานความร้อนที่เหมาะสม ก็จะสามารถกำหนดเป็นเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานความร้อนในอนาคตได้ โดยโรงงานจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ ประมาณ 24,579,619.85 MJ (2.81%)

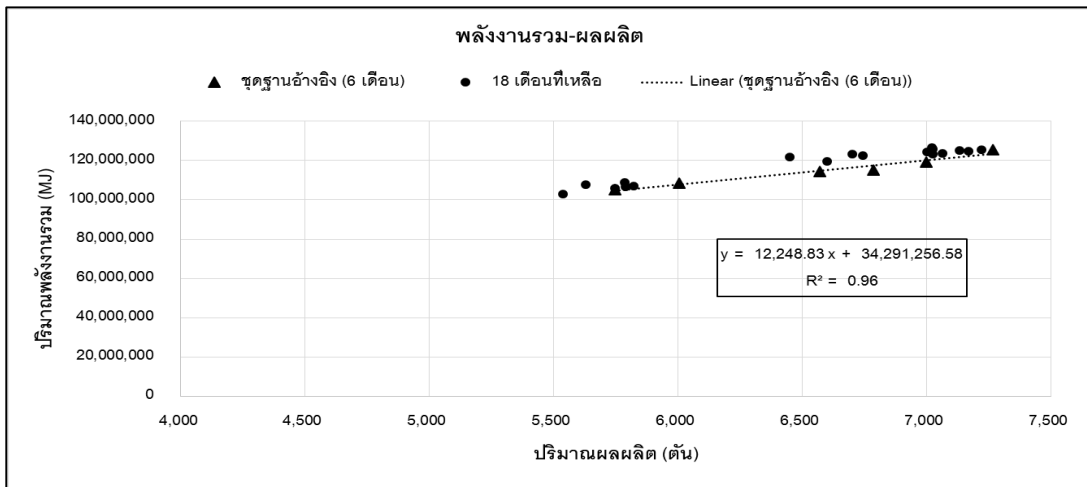


รูปที่ 3.23 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานความร้อนและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 7,14,9,5,8,12

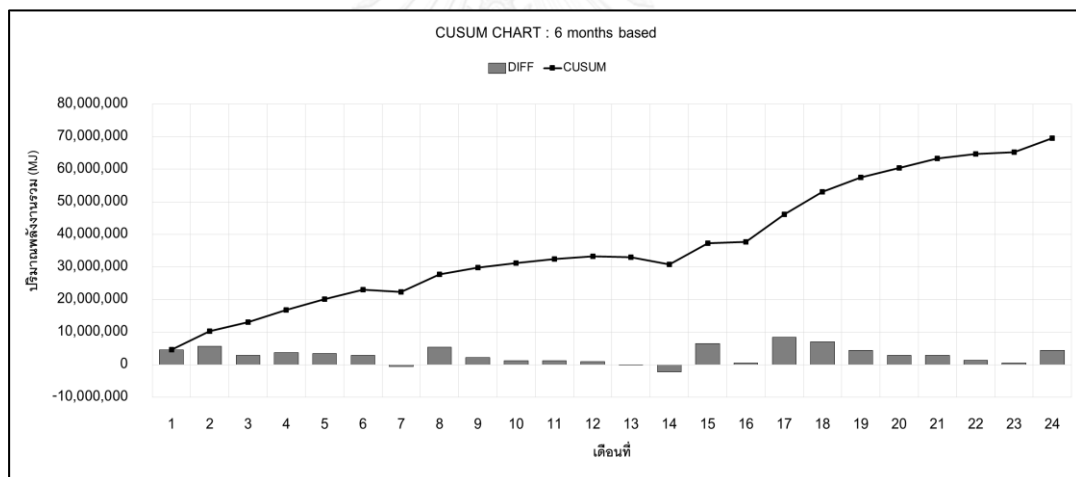


รูปที่ 3.24 CUSUM ของการใช้พลังงานความร้อน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 7,14,9,5,8,12

จากข้อมูลการใช้พลังงานรวม ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานรวมดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 3.25 และ 3.26 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานรวมดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานรวมอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเดือน 13-24 ดังรูปที่ 3.26 หากมีการจัดการ การใช้พลังงานรวมที่เหมาะสม ก็จะสามารถกำหนดเป็นเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานรวมในอนาคตได้ โดยโรงงานมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 36,345,787.67 MJ (2.59%)



รูปที่ 3.25 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานรวมและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,7,13,16,23,9



รูปที่ 3.26 CUSUM ของการใช้พลังงานรวม โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,7,13,16,23,9

บทที่ 4

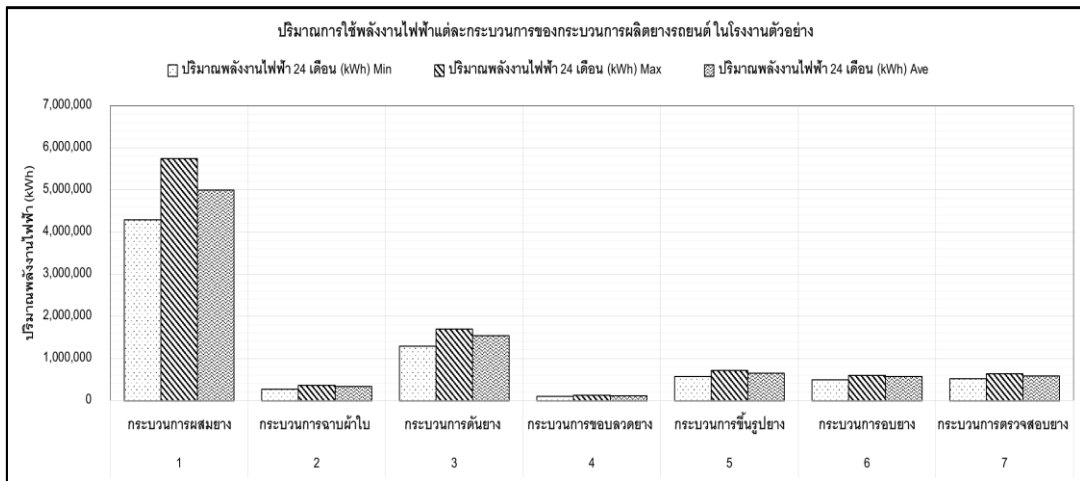
ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานผลิตยางรถยนต์ โดยได้มีการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต 8 กระบวนการ อันประกอบด้วย

- กระบวนการผสมยาง (Mixing Process)
- กระบวนการฉาบผ้าใบ (Calendering Process)
- กระบวนการดันยาง (Extruding Process)
- กระบวนการตัดผ้าใบฉาบยางและเส้นลวดฉาบยาง (Cutting Process)
- กระบวนการทำขอบลวด (Beading Process)
- กระบวนการประกอบยาง (Building Process)
- กระบวนการอบยาง (Vulcanizing Process)
- กระบวนการตรวจสอบคุณภาพยาง (Inspection Process)

จากการวิจัย ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ในโรงงานตัวอย่าง โดยมุ่งเน้นศึกษาในส่วนพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตนั้น ไม่สามารถเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้ เพราะข้อมูลพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นรวมได้เป็นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้รวมทั้งองค์กร อีกทั้งโรงงานตัวอย่างไม่มีเครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานความร้อนในแต่ละกระบวนการผลิต ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานความร้อนแยกแต่ละกระบวนการผลิตได้ ในส่วนของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในแต่ละกระบวนการผลิต ได้เก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 เดือน ในช่วงปี 2556 – 2557 โดยวิเคราะห์ใน 7 กระบวนการ ยกเว้นกระบวนการตัดผ้าใบฉาบยางและเข็มขัดรัดหน้ายาง เนื่องจากพบว่าข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าบางช่วงขาดหายไป ไม่ครบ 24 เดือน จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาศึกษาวิเคราะห์ได้

เมื่อพิจารณาที่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4.1 พบว่ากระบวนการผสมยาง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยในรอบ 24 เดือน เท่ากับ 4,993,060 kWh ต่อเดือน และกระบวนการที่มีการใช้ไฟฟ้ารองลงมาคือ กระบวนการดันยาง มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1,540,539 kWh ต่อเดือน



รูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง 24 เดือนของแต่ละกระบวนการผลิต

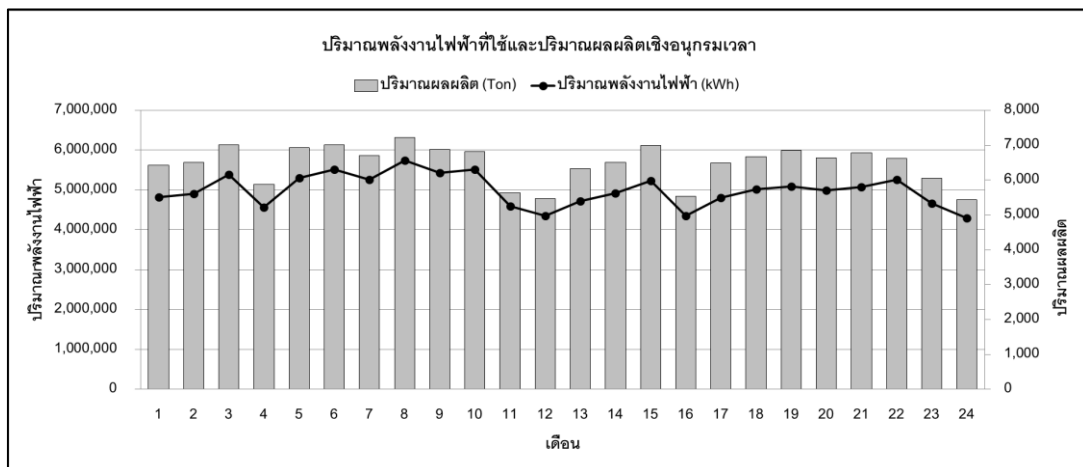
4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต

4.1.1 กระบวนการผสมยาง

เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 56.98 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อเนื่องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.2

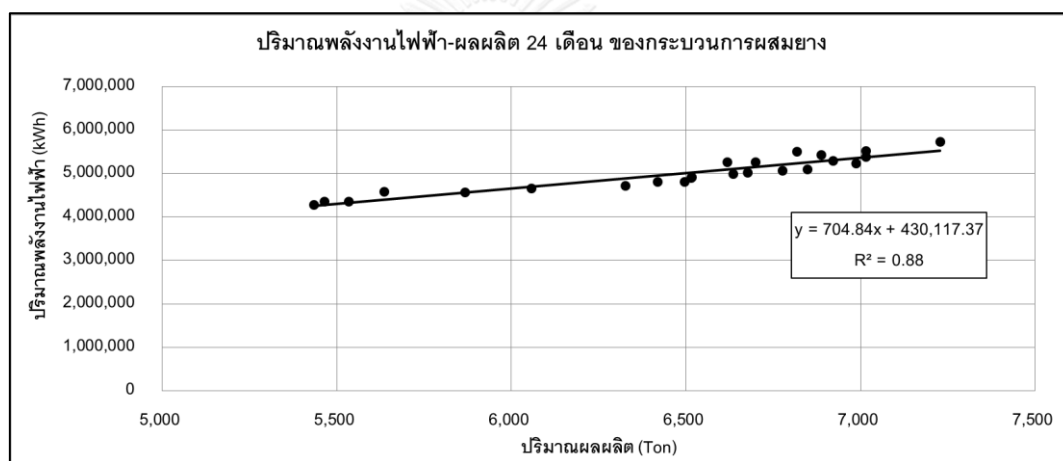


รูปที่ 4.2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการผสมยาง

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า

ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผสมยางพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิต จะได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.88 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีความสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ สามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผสมยางได้

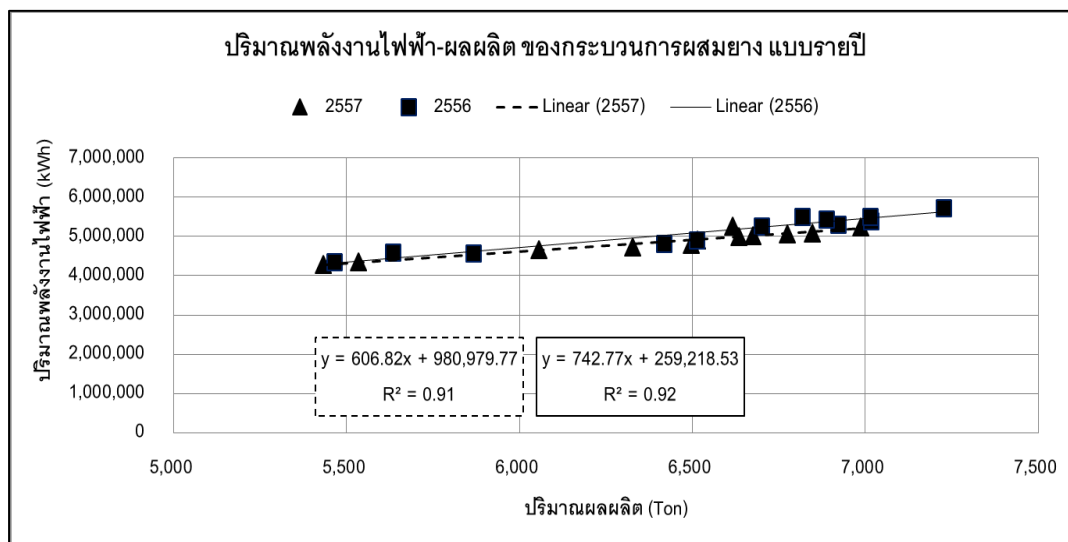


รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการผสมยาง ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพกระจายตัวของข้อมูลแบบรายปี เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2557 มีประสิทธิภาพดีกว่า ปี 2556 เมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m แสดงถึงปริมาณส่วนที่มีการผกผันตามผลผลิต (Variable energy) พบว่าลดลง ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันน้อยกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันลดลง ได้แก่ ประสิทธิภาพของเครื่องผสมยาง ซึ่งมีผลต่อ ปริมาณผลผลิต เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 มีค่ามากกว่า 0.7 นั้น แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีการใช้พลังงาน

สมมติเสมอตลอดคาบเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX+c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.4 การกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปีของกระบวนการผสมยาง

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า ของกระบวนการผสมยาง

ข้อมูล	R^2	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.88	704.84	430,117	4,993,060	4.3
ปี 2556	0.92	742.77	259,219	5,116,717	4.4
ปี 2557	0.91	606.82	980,980	4,869,404	4.4

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

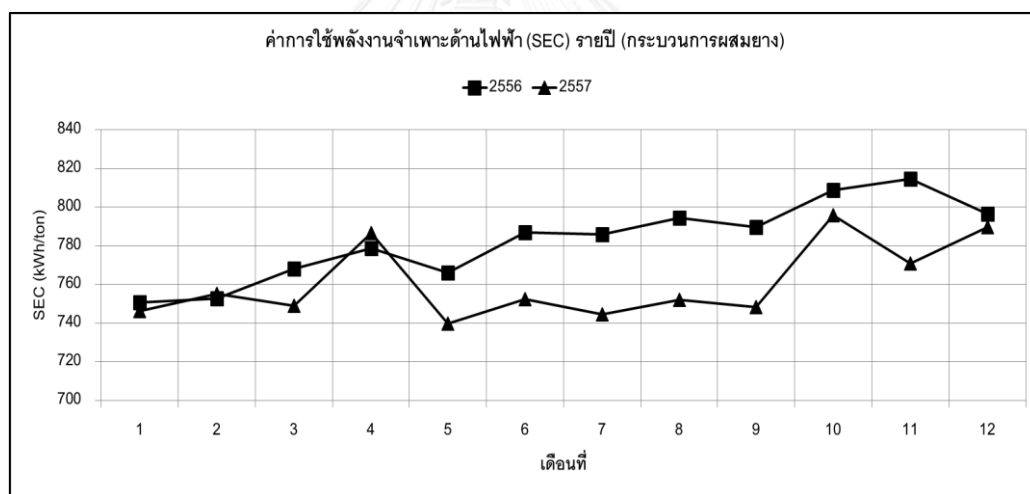
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

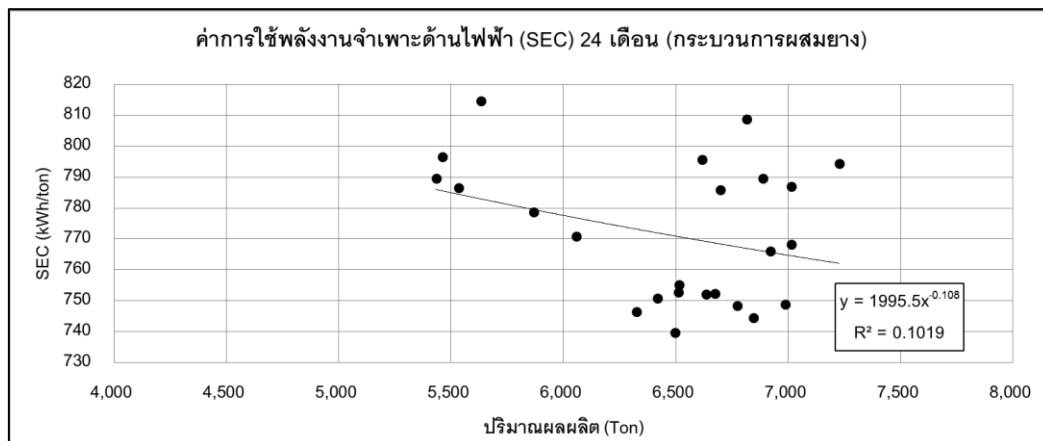
ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผสมยาง ในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการผสมยาง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของค่า SEC ในแต่ละปี และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า SEC กับผลผลิตในช่วง 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.2 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานในกระบวนการผสมยาง

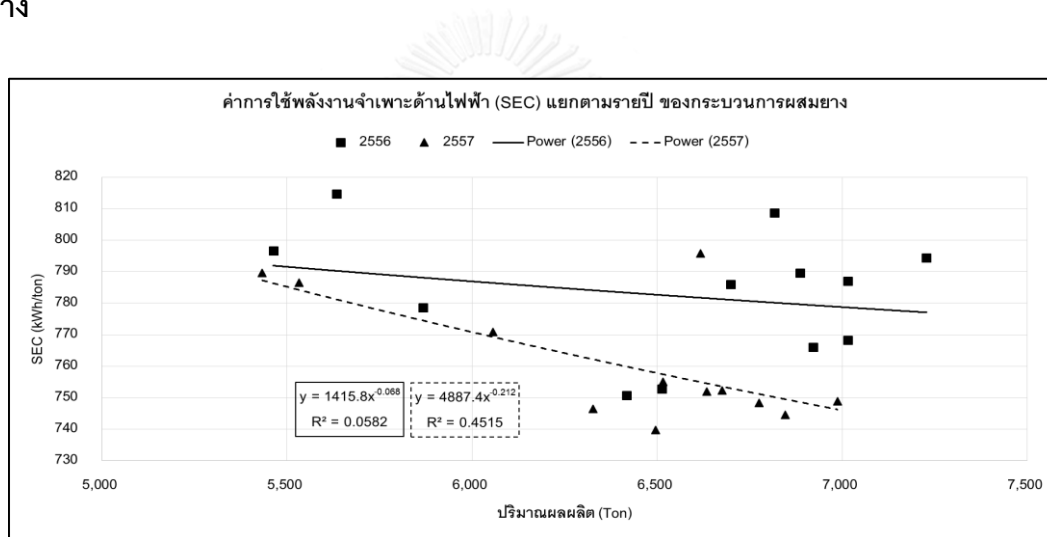
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต (Ton)			SEC (kWh/Ton)		
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave
24 เดือน	5,433.31	7,227.03	6,743.75	739.72	814.63	771.81



รูปที่ 4.5 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการผสมยาง



รูปที่ 4.6 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง



รูปที่ 4.7 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการผสมยาง

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อแสดงความสัมพันธ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว แต่การพิจารณาความสัมพันธ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลานั้น ไม่สามารถอธิบายได้ว่าประสิทธิภาพพลังงานนั้น เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงควรวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพการกระจายระหว่างปริมาณการผลิต และค่า SEC ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 จะพบว่า กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่ใต้กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่าปี 2556 แสดงให้เห็นว่าในปี 2557 ที่กระบวนการผสมยางมีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้พบว่าค่า SEC เฉลี่ย ของปี 2556 อยู่ที่ 782.79

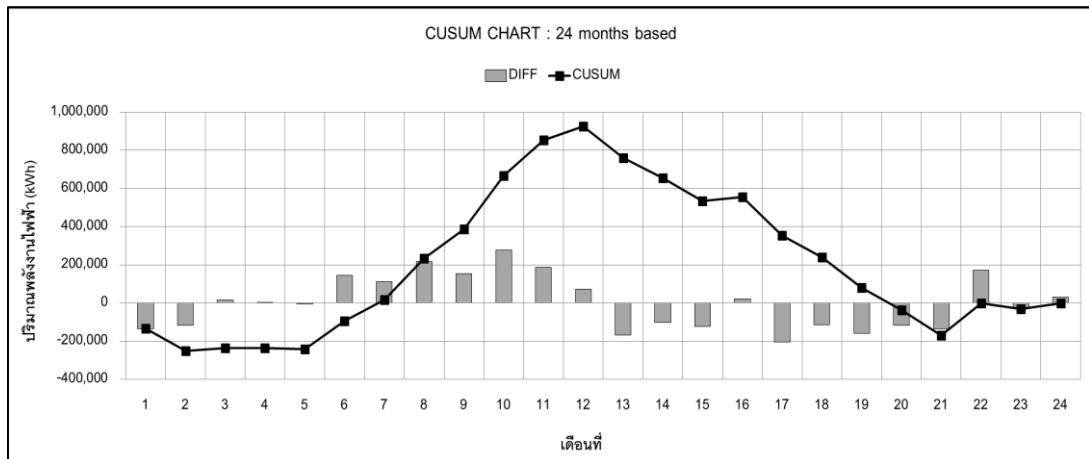
kWh/Ton และปี 2557 ค่า SEC เฉลี่ย อยู่ที่ 760.84 kWh/Ton และช่วงค่า SEC ของกระบวนการผสมยางในรอบ 24 เดือนอยู่ในช่วง 739 – 814 kWh/Ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานโดยใช้กราฟ CUSUM ดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่ากราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1-5) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์
 ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 5-12) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก
 ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 12-21) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ
 ช่วงที่ 4 (เดือนที่ 21-24) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

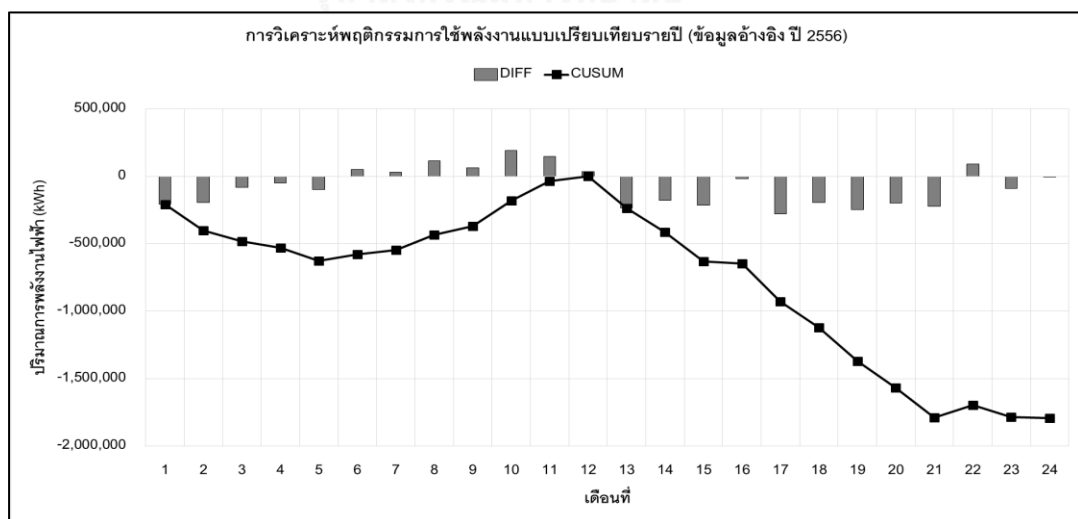
ในช่วงที่ 2 พบว่าเกิดการสูญเสียพลังงานสะสมมาตั้งแต่ช่วงเดือน 5-12 เนื่องจากปัญหาสภาพเครื่องผสมยาง (banbury machine) ซึ่งเป็นเครื่องจักรเก่า และชำรุดบ่อย เกิดความขัดข้องทำงานได้ไม่ต่อเนื่อง หลังจากที่เราพบปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรของโรงงานตัวอย่าง ในช่วงที่ 3 เดือน 12-21 (เดือน 9 ของปี 2557) จึงได้จัดทำมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน และทำการปรับปรุงเครื่องจักร โดยทำการติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในเครื่องจักรที่ต้องมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ส่งผลให้ประหยัดพลังงานได้ ในช่วงเดือนที่ 10 ของปี 2557 พบว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมที่ค่อนข้างสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการเร่งการผลิตตั้งแต่ช่วงเดือนที่ 5 ของปี 2557 เป็นต้นมา ทำให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง และชำรุด ทั้งนี้โรงงานควรมีการวางแผนการใช้เครื่องจักรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และควรจัดทำแผนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอยู่เสมอเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานที่อาจเกิดขึ้นอีก



รูปที่ 4.8 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

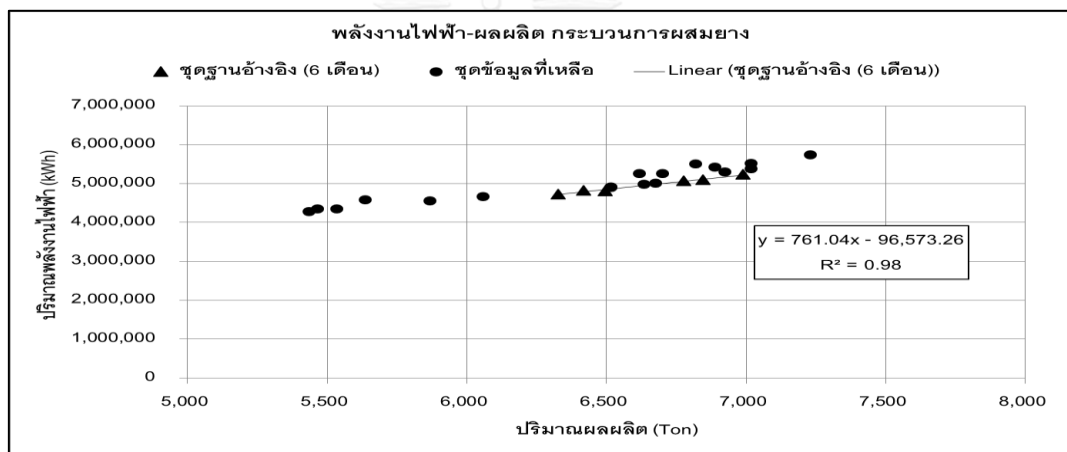
การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปีของกระบวนการผสมยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงาน ในปี 2557 มีพฤติกรรมดีกว่า ปี 2556 เพราะ ลักษณะกราฟในปี 2557 เป็นลบจนถึง ช่วงเดือน 9 เกิดจาก พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีกิจกรรมในการอนุรักษ์ การใช้พลังงาน ทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ ตั้งแต่ช่วงที่ เดือน 1- 9 ของปี 2557 โดย สามารถประหยัดพลังงานไป จำนวน 1,791,914 kWh (1.49%)



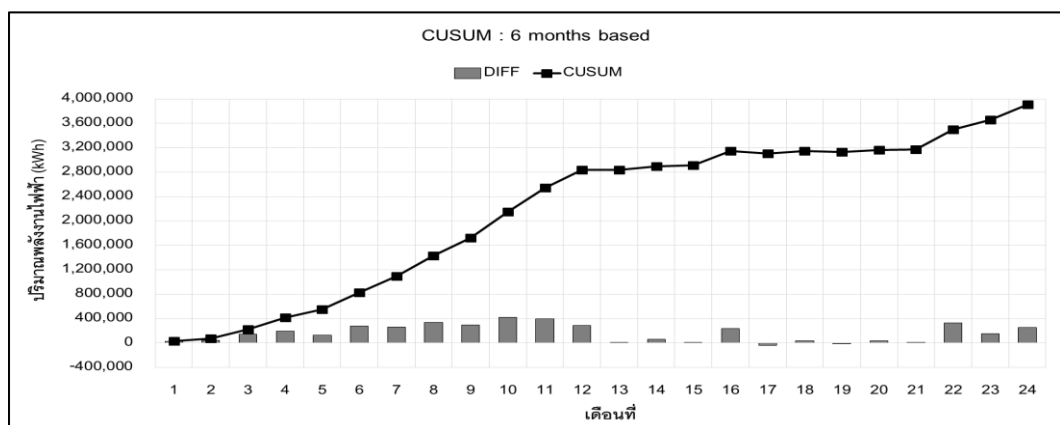
รูปที่ 4.9 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของ กระบวนการผสมยาง

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 จากรูปที่ 4.10 ใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือนที่ 1-12 เกิดการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก จากนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ดังนั้นโรงงานมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 1,072,426 kWh (1.84%) ซึ่งโรงงานตัวอย่างควรดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง ที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในปี 2557 เช่น การปรับปรุงสภาพเครื่องจักร และการจัดทำแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรอยู่เสมอ



รูปที่ 4.10 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 17,13,19,21,1,15



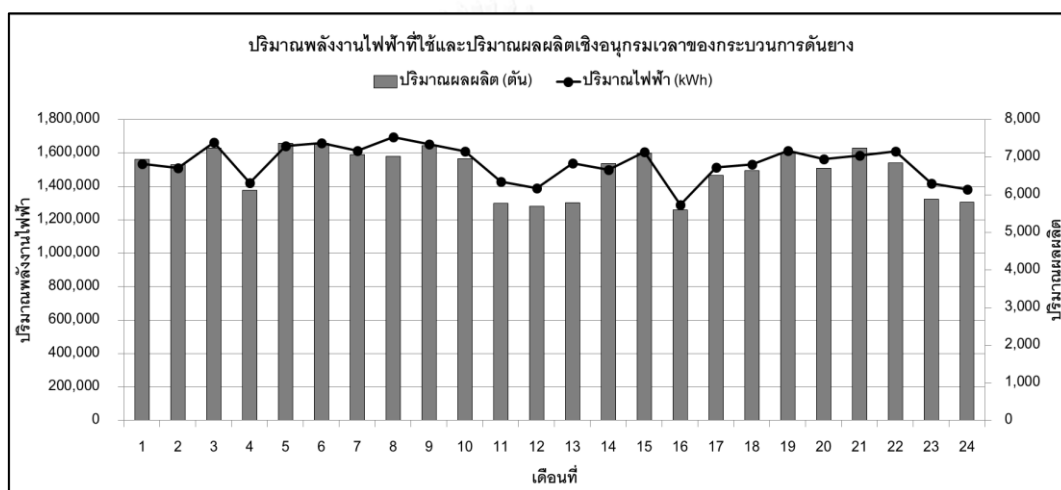
รูปที่ 4.11 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 17,13,19,21,1,15

4.1.2 กระบวนการดำเนินงาน

เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักเช่นเดียวกับกระบวนการผสมยาง พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ร้อยละ 17.58 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พลังงานออกมาได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

กราฟเชิงอนุกรมเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เพื่อให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมและความเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2)

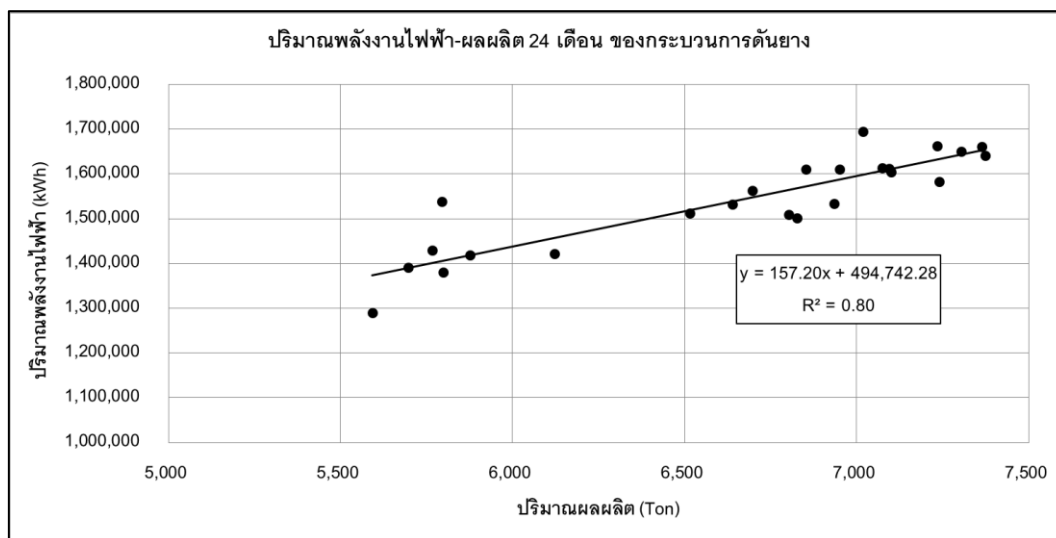


รูปที่ 4.12 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการดำเนินงาน

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณไฟฟ้า

ก) แผนภาพกระจาย 24 เดือน

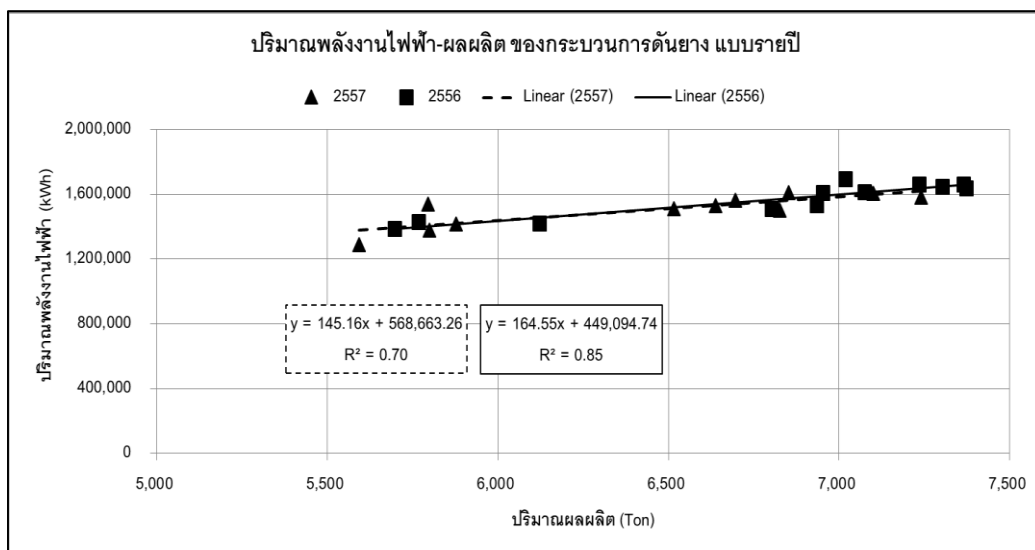
ผลการวิเคราะห์แผนการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.13 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการดำเนินงาน นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงเส้นแบบง่ายเพื่อหาความสัมพันธ์พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.80 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีความสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการดำเนินงานได้



รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการต้นยาง ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพกระจายแบบรายปี เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2557 นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าปี 2556 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าลดลง ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันน้อยกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยลดลง ได้แก่ ประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องต้นยางที่กระบวนการต้นยาง ซึ่งมีผลต่อปริมาณการผลิต เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 มีค่ามากกว่า 0.7 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต นอกจากนี้ยังใช้พลังงานสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.14 การกระจายตัวของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการต้นยาง

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.80	157.20	494,742	1,540,539	4.13
ปี 2556	0.85	164.55	449,095	1,568,569	4.14
ปี 2557	0.70	145.16	568,663	1,512,510	4.14

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.3

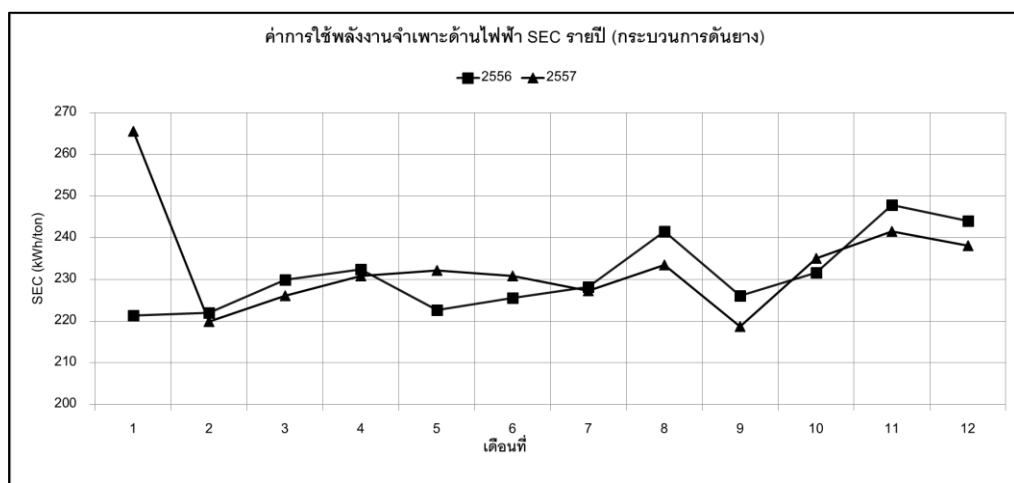
4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการต้นยาง ในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการต้นยาง ผลการวิเคราะห์

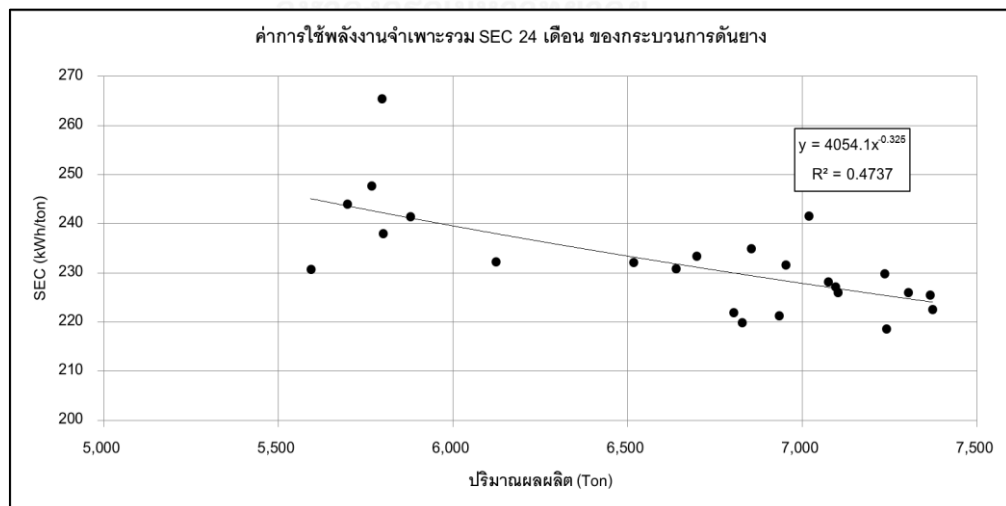
ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของค่า SEC ในแต่ละปี และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า SEC กับ ผลผลิตในช่วง 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.4 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานในกระบวนการต้นยาง

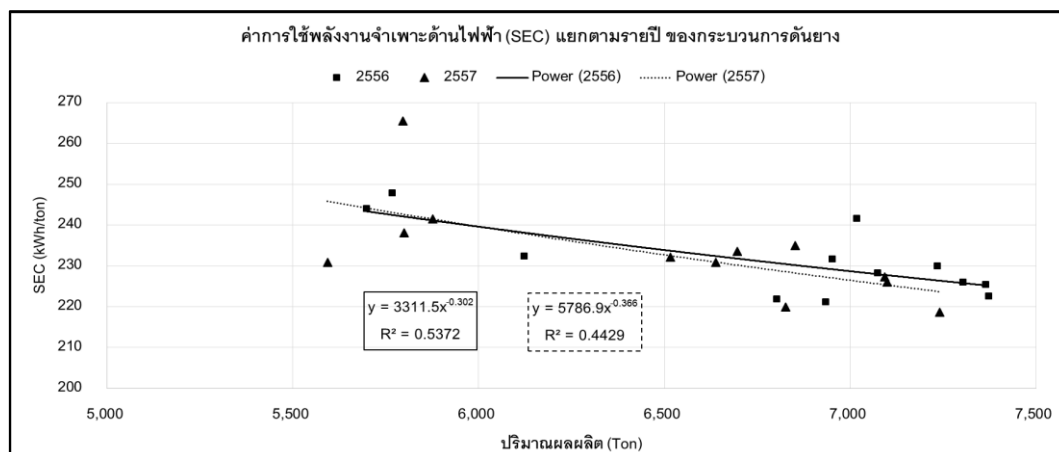
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต (Ton)			SEC (kWh/Ton)		
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave
24 เดือน	5,592.57	7,372.80	6,652.67	218.68	265.50	232.19



รูปที่ 4.15 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการต้นยาง



รูปที่ 4.16 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง



รูปที่ 4.17 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการต้นยาง

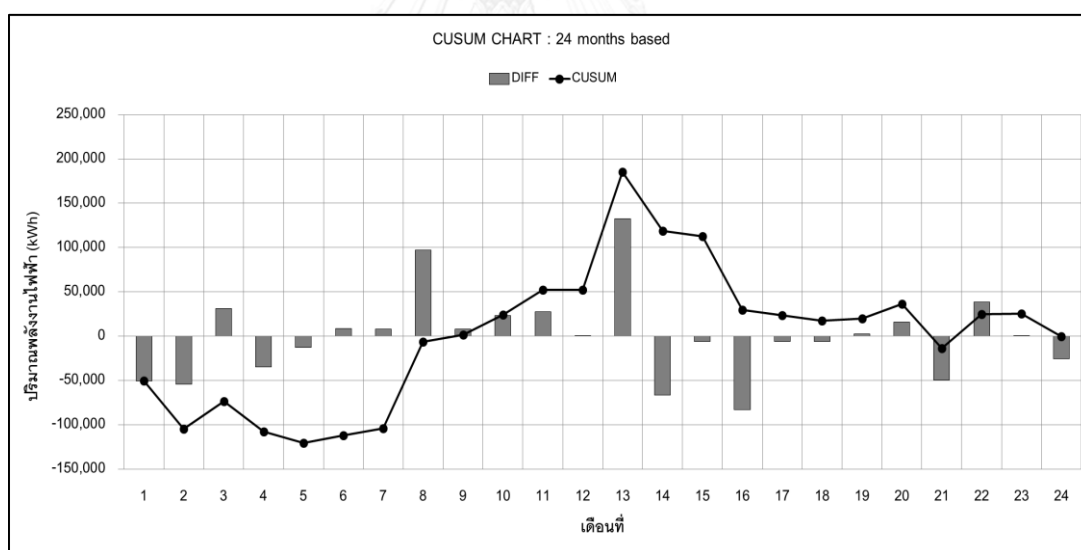
จากรูปที่ 4.15 จะเห็นว่าเมื่อแสดงความสัมพันธ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว แต่การพิจารณาความสัมพันธ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลานั้น ไม่สามารถอธิบายได้ว่าประสิทธิภาพพลังงานนั้น เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงควรวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพการกระจายระหว่างปริมาณการผลิต และค่า SEC ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17 พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 และกลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 มีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานใกล้เคียงกัน โดยค่า SEC ในช่วงปี 2556 เฉลี่ยอยู่ที่ 231.09 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 233.28 kWh/ton หากโรงงานตัวอย่างมีกิจกรรมการอนุรักษ์การใช้พลังงานในกระบวนการนี้ จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากขึ้นในช่วงปี 2557 และค่า SEC ในรอบ 24 เดือนของกระบวนการต้นยางอยู่ที่ 218 – 265 kWh/ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM แสดงใน รูปที่ 4.18 พบว่ากราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

- ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1-7) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์
- ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 7-13) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก
- ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 13-16) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ
- ช่วงที่ 4 (เดือนที่ 16-24) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

ในช่วงที่ 2 พบว่ามีการใช้พลังงานสะสมสูงกว่าค่าอ้างอิง แสดงให้เห็นว่าเกิดการสูญเสียพลังงานในช่วงเดือน 7-12 ของปี 2556 และเดือน 1 ของปี 2557 เมื่อพิจารณาถึงลักษณะพฤติกรรมการใช้พลังงานในกระบวนการต้นยางของโรงงานตัวอย่าง ที่เครื่องต้นยาง (extrude machine) ตรวจสอบพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเกิดการสูญเสียพลังงานจากปัญหา 2 สาเหตุสำคัญ ได้แก่ 1. ปัญหาการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องจักร ที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดปัญหาก่อนยางติดค้างอยู่ในเครื่องต้นยาง มีผลทำให้เครื่องต้นยางชำรุด และยังเกิดปัญหาของเสียจากการผลิตตามมา 2. สภาพเครื่องจักรมีอายุการใช้งานนาน ส่งผลกระทบต่อระบายความร้อนของเครื่องจักรที่ต้องทำงานหนักจนชำรุด เมื่อทราบถึงสาเหตุของปัญหา โรงงานตัวอย่างจึงได้ดำเนินการแก้ไขในช่วงปี 2557 ช่วงเดือนที่ 1 – 12 ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิต ในส่วนการป้อนวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันปัญหาวัตถุดิบติดเครื่องจักร และการจัดทำเครื่องควบคุมการระบายความร้อนของเครื่องจักร ผลที่ได้คือ พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง โดยโรงงานสามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ หากโรงงานตัวอย่างมีการดูแลเครื่องจักรอยู่เสมอ จะส่งผลให้สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างเต็มที่ และยังเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอีกด้วย

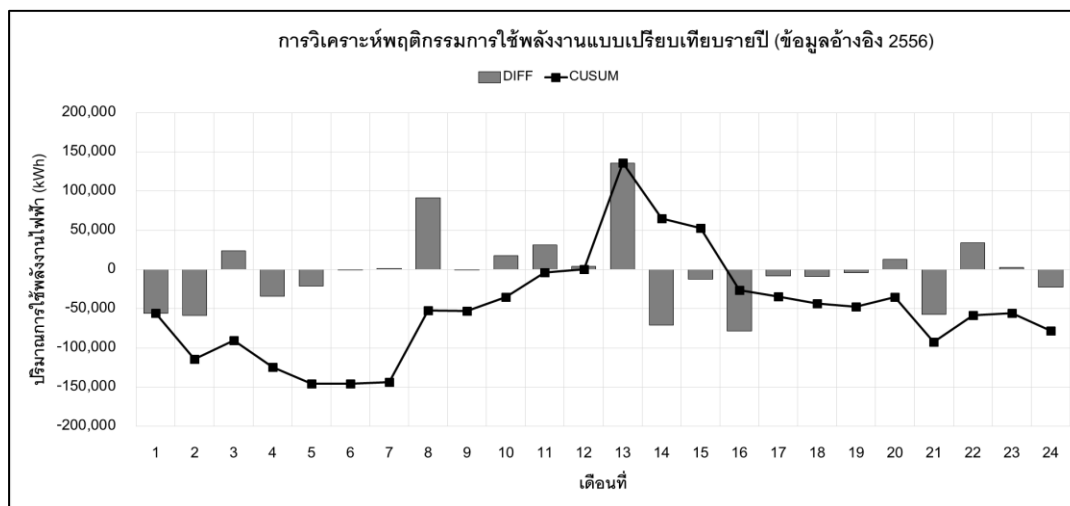


รูปที่ 4.18 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี แสดงในรูปที่ 4.19 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าการใช้พลังงาน ในปี 2557 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีกว่า ปี 2556 เนื่องจากมีการแก้ไขปัญหาการสูญเสียพลังงานในช่วงปี 2557 ส่งผล

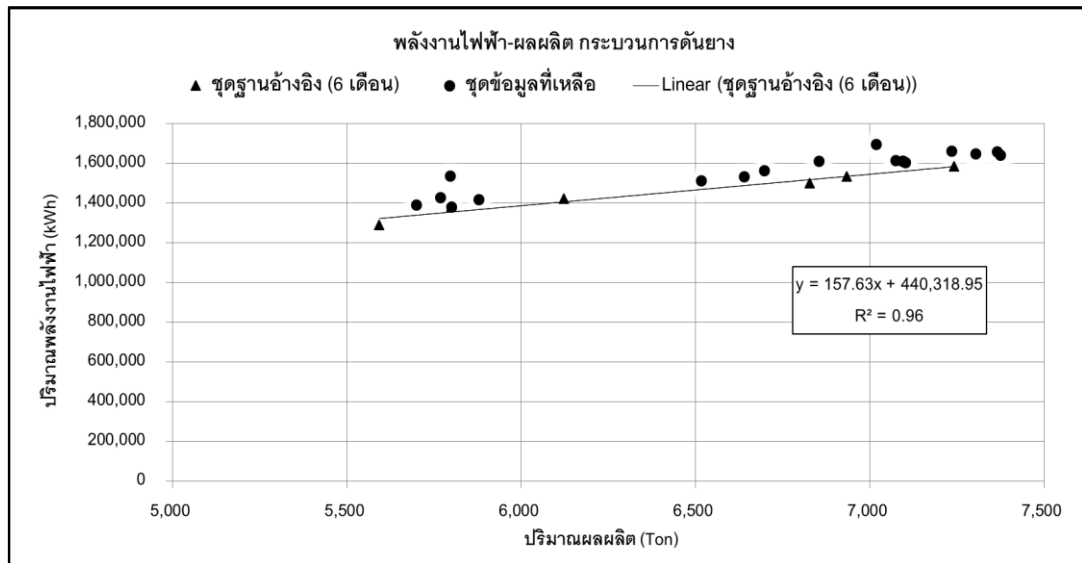
ให้แนวโน้มการใช้พลังงานสะสมที่ดีขึ้น โดยประหยัดพลังงานได้ จำนวน 78,044.22 kWh (0.41%) ทั้งนี้โรงงานควรดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานที่อาจเกิดขึ้น



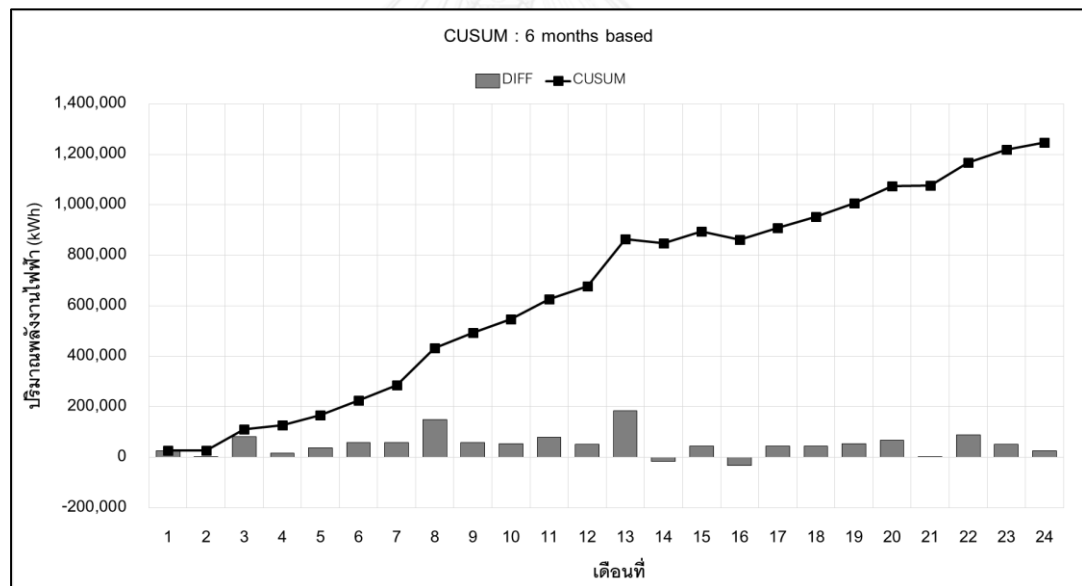
รูปที่ 4.19 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการต้นยาง

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.20, 4.21 จากรูปที่ 4.20 ใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 1-12 เกิดการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก จากนั้นพฤติกรรมการใช้พลังงานมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.22 โดยโรงงานมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 567,037.43 kWh (3.12%) ซึ่งโรงงานตัวอย่างควรดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง ที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในกระบวนการต้นยางในปี 2557 เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิต และการควบคุมการระบายความร้อนของเครื่องจักร



รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 16,14,2,1,21,4



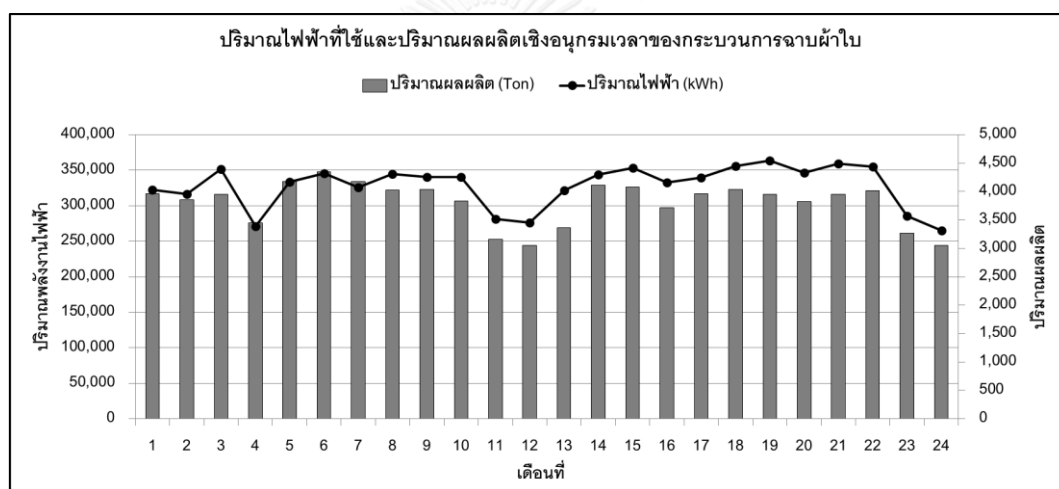
รูปที่ 4.21 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 16,14,2,1,21,4

4.1.3 กระบวนการฉาบผ้าใบ

เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 3.74 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

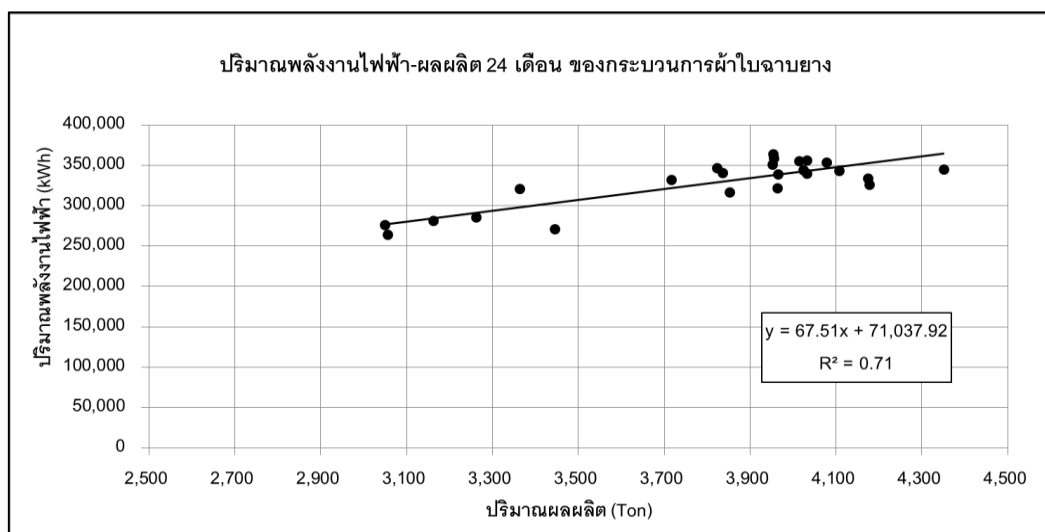
กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการฉาบผ้าใบ

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

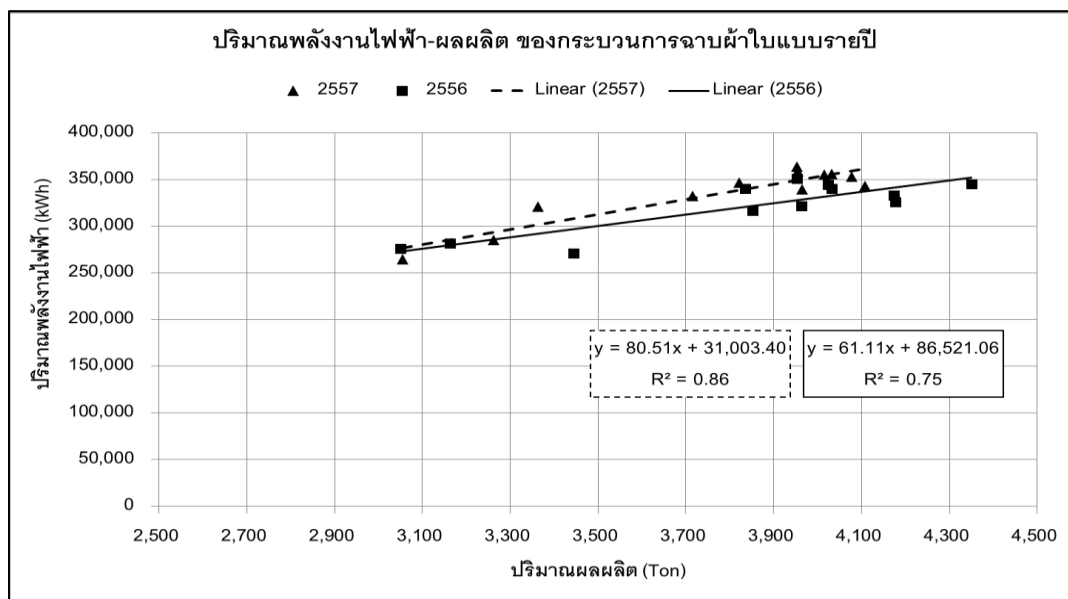
ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน ของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.23 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการฉาบผ้าใบ ซึ่งเป็นกระบวนการหลักในการผลิตยางรถยนต์พบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต จากการสร้างกราฟสมการเชิงเส้นแบบง่ายเพื่อหาความสัมพันธ์ พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.71 ($R^2 \geq 0.7$) นั้นแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีความสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ สามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการฉาบผ้าใบได้



รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของปริมาณพลังงานการใช้ไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการจายผ้าใบ

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการจายผ้าใบ ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี เพื่อให้แสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2556 นั้นมีการมีประสิทธิภาพดีกว่า ปี 2557 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่า ค่าความชัน m พบว่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันมากกว่าปี 2556 นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้พลังงานที่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 4.24 โดยสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.24 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปีของกระบวนการฉาบผ้าใบ

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการฉาบผ้าใบ

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.71	67.51	71,038	327,969	4.23
ปี 2556	0.75	61.10	86,521	320,859	4.24
ปี 2557	0.86	80.50	31,003	335,078	4.24

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.5

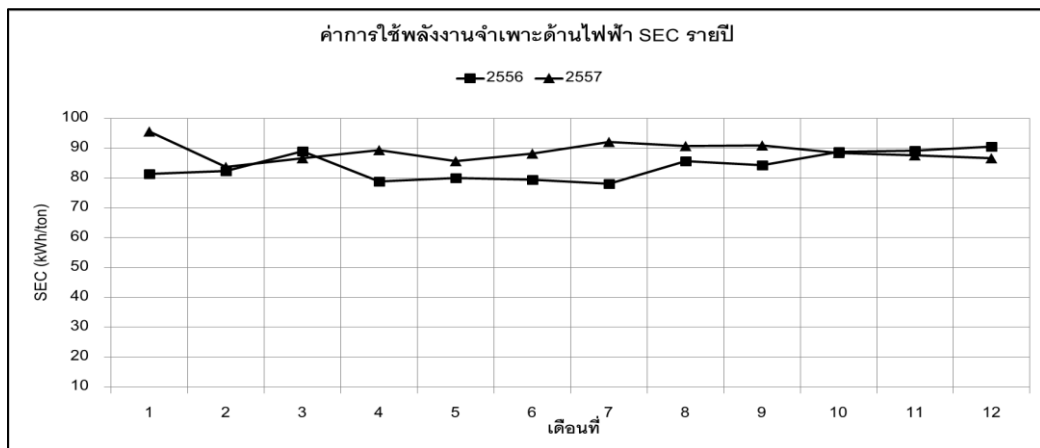
4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการฉาบผ้าใบในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.6 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการฉาบผ้าใบ ผลการวิเคราะห์

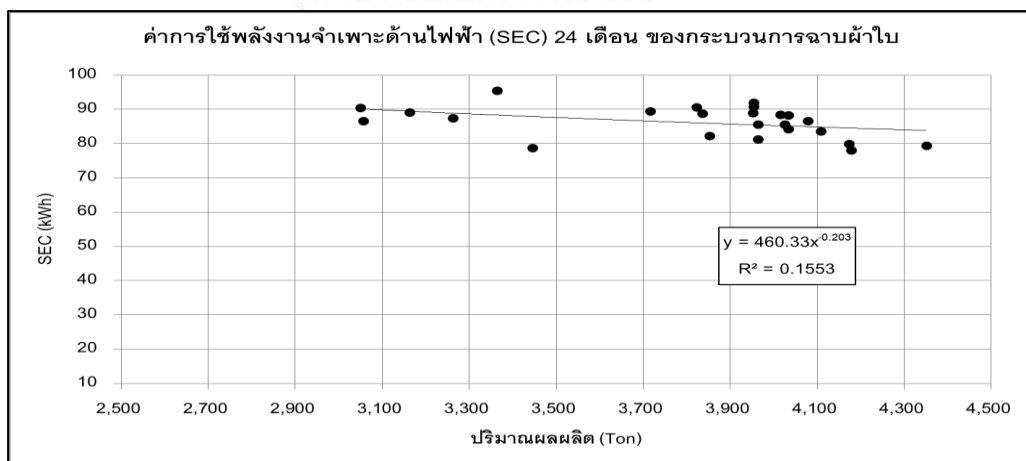
ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของค่า SEC ในแต่ละปี และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า SEC กับ ผลผลิตในช่วง 24 เดือน ของกระบวนการฉาบผ้าใบ ดังแสดงในรูปที่ 4.25 และ 4.26

ตารางที่ 4.6 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการฉาบผ้าใบ

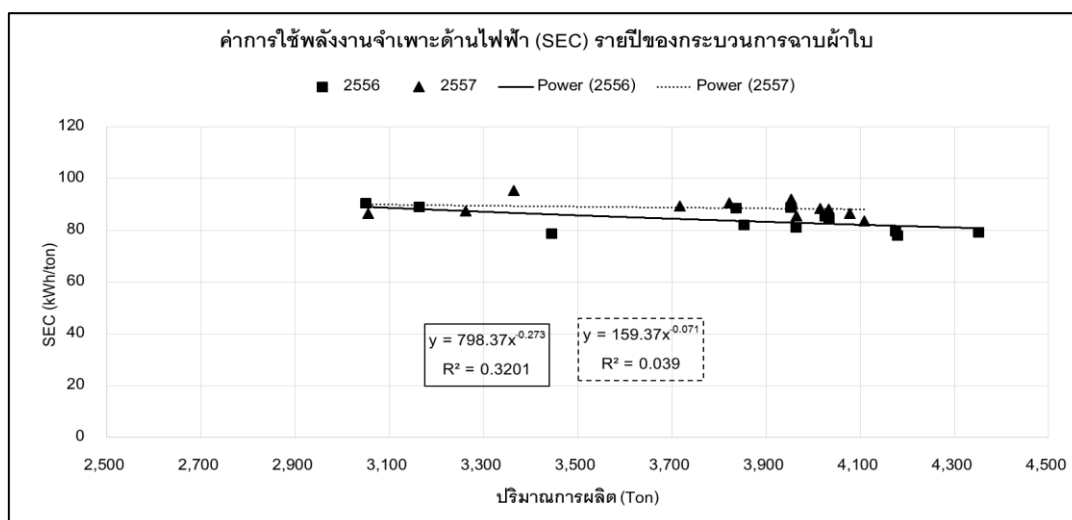
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต 24 เดือน (Ton)			SEC 24 เดือน (kWh/Ton)		
	Min	Max	ave	Min	Max	ave
24 เดือน	3,049.69	4,350.47	3,805.84	78.12	95.53	86.35



รูปที่ 4.25 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการฉาบผ้าใบ



รูปที่ 4.26 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า(SEC) 24 เดือน ของกระบวนการฉาบผ้าใบ



รูปที่ 4.27 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการฉาบผ้าใบ

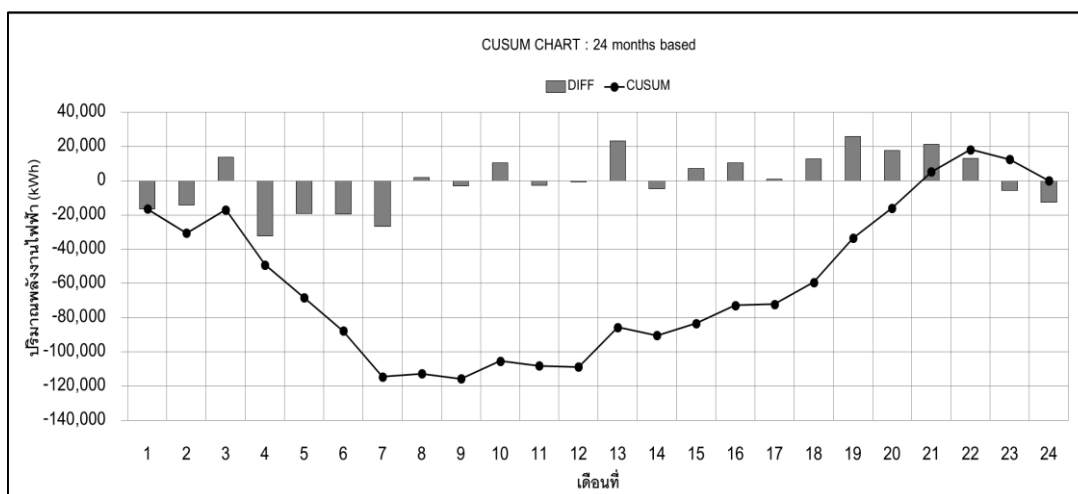
รูปที่ 4.26 แสดงค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการฉาบผ้าใบ และรูปที่ 4.27 เมื่อวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพการกระจายระหว่างปริมาณผลผลิต และค่า SEC พบว่า กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่เหนือกว่า กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 (ดูจากเส้นแสดงแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่าปี 2556 เนื่องจากในปี 2557 พบว่าเกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาพเครื่องจักร ทำให้สูญเสียพลังงาน โดยปี 2556 เฉลี่ยอยู่ที่ 83.93 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 88.78 kWh/ton ช่วงค่า SEC ในรอบ 24 เดือนของกระบวนการฉาบผ้าใบ อยู่ที่ 78 – 95 kWh/ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM โดยแสดงในรูปที่ 4.28 พบว่ากราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1-7) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ
 ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 7-12) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์
 ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 12-22) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก
 โดยจากรูปที่ 4.28 จะเห็นได้ว่า กราฟ CUSUM มีลักษณะเป็นรูป U ในปี 2556 ในช่วงเดือนที่ 1-7 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ประหยัดพลังงานในช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากไม่พบปัญหาสภาพเครื่องจักรชำรุด สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างเต็มที่ ไม่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน จากนั้นพฤติกรรมการใช้พลังงานมีแนวโน้ม

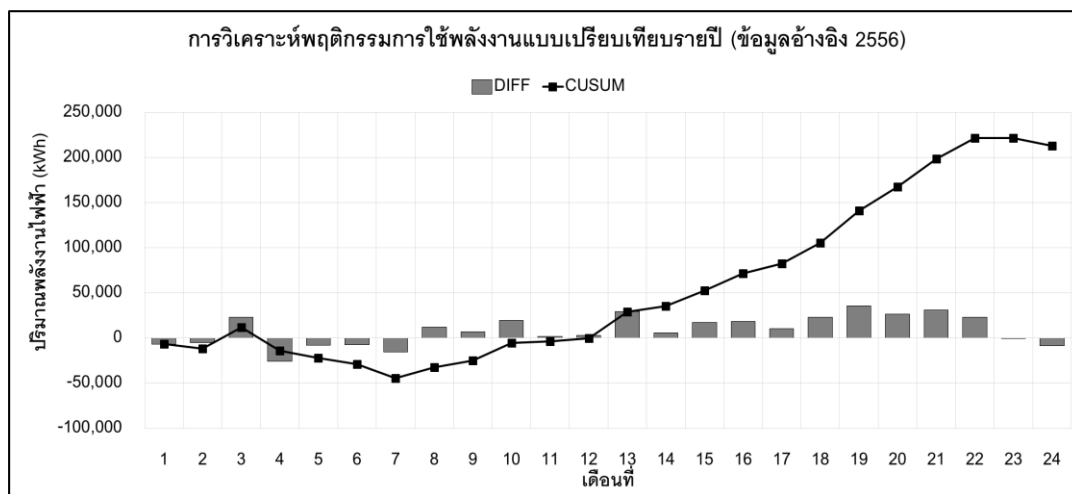
ค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่อง ในช่วงเดือนที่ 7-12 ของปี 2556 แต่ในช่วงเดือนที่ 12 ของ ปี 2556 ถึงเดือนที่ 10 ของปี 2557 พบว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมที่มีแนวโน้มสูงขึ้น เป็นผลให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีการเพิ่มยอดการผลิตเพื่อจัดส่งให้อีกโรงงาน ทำให้เกิดผลกระทบต่อเครื่องจักรเกี่ยวกับการรักษาอุณหภูมิของเครื่องฉาบผ้าใบ (Inner cooling machine) ทำให้เครื่องจักรชำรุด และไม่สามารถผลิตได้ตามยอดการผลิต ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและของเสียจากการผลิต เมื่อตรวจสอบพบว่าเกิดการสูญเสียพลังงาน โรงงานตัวอย่างจึงได้ดำเนินกิจกรรมเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ในช่วงเดือนที่ 22-24 พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง ทำให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้



รูปที่ 4.28 CUSUM ที่ใช้ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต ของกระบวนการฉาบผ้าใบ โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

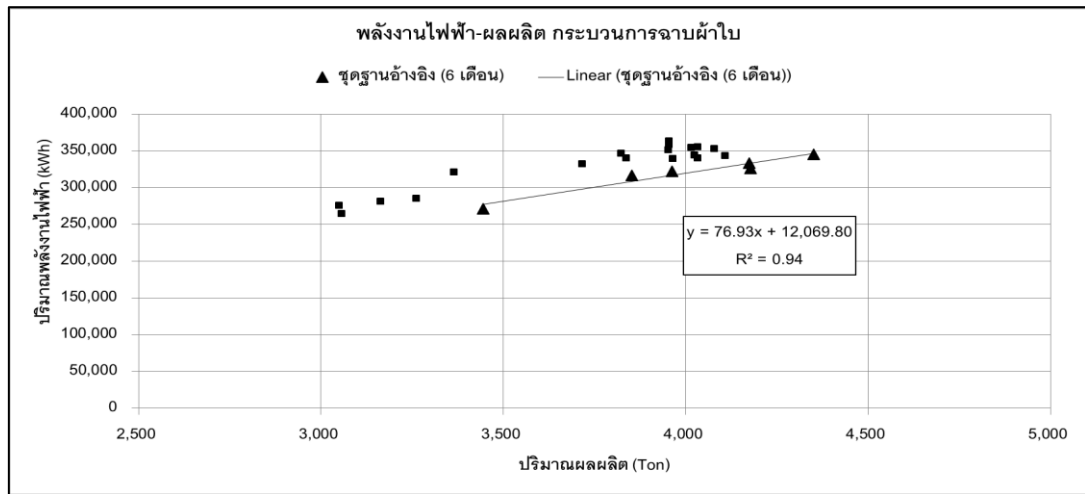
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 4.29 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าการใช้พลังงาน ในปี 2557 มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่า ปี 2556 เพราะลักษณะกราฟในปี 2557 มีลักษณะเป็นบวม แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มการใช้พลังงานสูงขึ้น ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานเมื่อเทียบกับปี 2556 ประมาณ 213,047.71 kWh (5.53%)



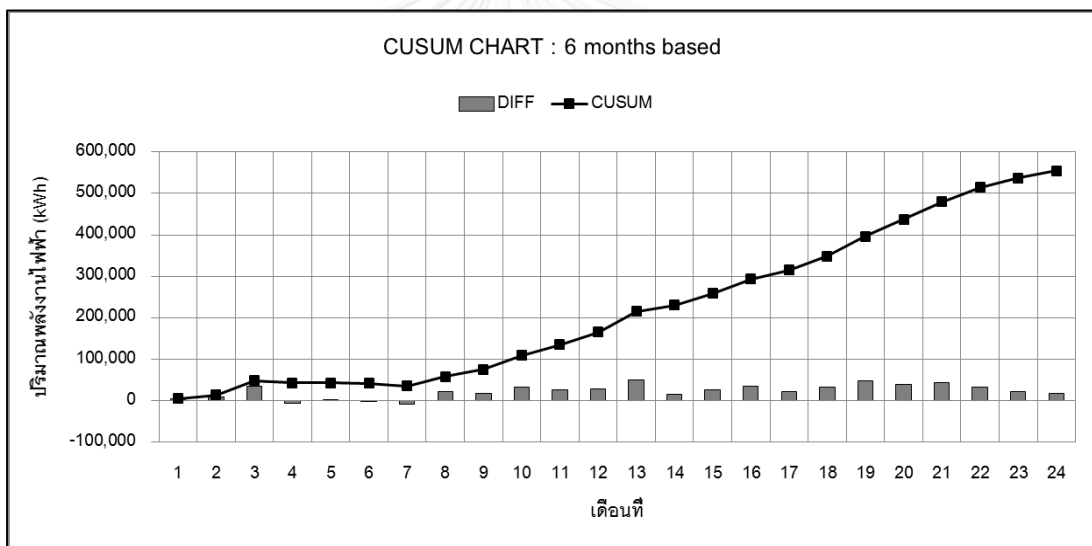
รูปที่ 4.29 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี2556) ของกระบวนการอบผ้าใบ

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.30,4.31 จากรูปที่ 4.30 ใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนที่ 8 เป็นต้นไป ดังแสดงในรูปที่ 4.31 ดังนั้นหากโรงงานมีการจัดการพลังงานที่ดีจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 389,257.59 kWh (9.68%) โดยในการวางแผนการอนุรักษ์นั้น ต้องทำการตรวจสอบปัญหาที่เกิดว่ามีสาเหตุจากอะไร ในกระบวนการอบผ้าใบพบว่า มีสาเหตุเกิดจากการใช้งานเครื่องจักรหนัก ประกอบกับอายุของเครื่องจักรมีระยะเวลาการใช้งานที่นาน และมีปัญหาเกี่ยวกับระบบระบายความร้อนของเครื่องจักร ทำให้มีการใช้พลังงานสูง โรงงานตัวอย่างจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานได้ดังนี้ 1. การวางแผนการผลิต ควรมีการวางแผนการผลิต มีระยะเวลาที่เหมาะสม หรือสลับเดินเครื่องจักรในการผลิต 2. การปรับปรุงสภาพเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรมีปัญหาที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ ซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่มีของเสียเกิดขึ้น และการใช้พลังงานที่มีสูงขึ้น จึงควรมีการติดตั้ง air condition ที่ชั้นตอการอบผ้าใบ เพื่อควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4.30 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือน 4,7,6,5,1,2



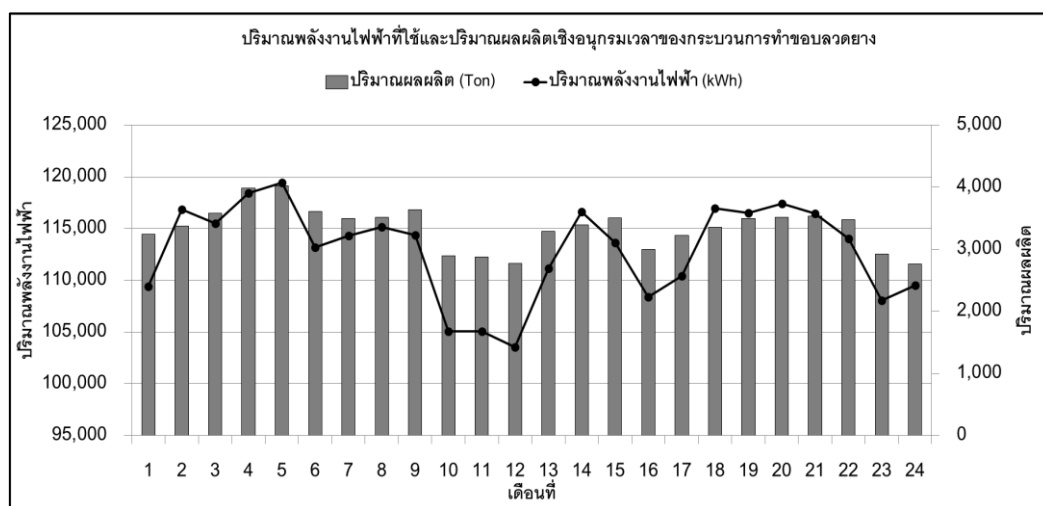
รูปที่ 4.31 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการฉาบผ้าใบ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,7,6,5,1,2

4.1.4 กระบวนการทำขอบลวด

กระบวนการทำขอบลวด โดยพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ร้อยละ 1.29 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

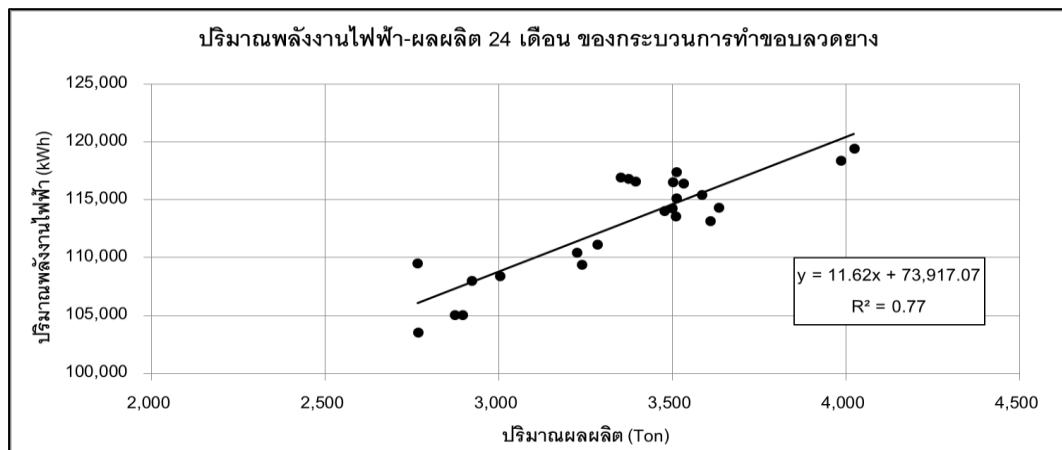
กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อเนื่องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการทำขอบลวด

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

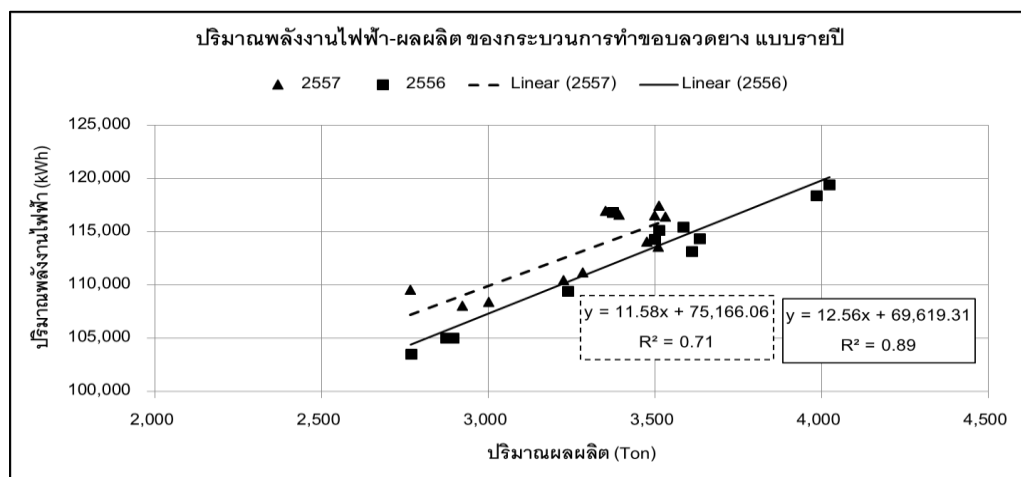
ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน ของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.33 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการทำขอบลวด มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงเส้นแบบง่ายเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิต พบว่ามีค่า R^2 เท่ากับ 0.77 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีความสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการทำขอบลวดได้



รูปที่ 4.33 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการทำขอบลวด

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการทำขอบลวด ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี เพื่อให้แสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2556 นั้นมีการมีประสิทธิภาพดีกว่าปี 2557 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันมากกว่าปี 2556 นอกจากนี้พบว่ามีการใช้พลังงานที่สม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 4.34 โดยสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.34 การกระจายของปริมาณการไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการทำขอบลวด

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการทำขบลด

ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.77	11.625	73,917	112,896	4.33
ปี 2556	0.89	12.558	69,619	112,520	4.34
ปี 2557	0.71	11.583	75,166	113,271	4.34

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

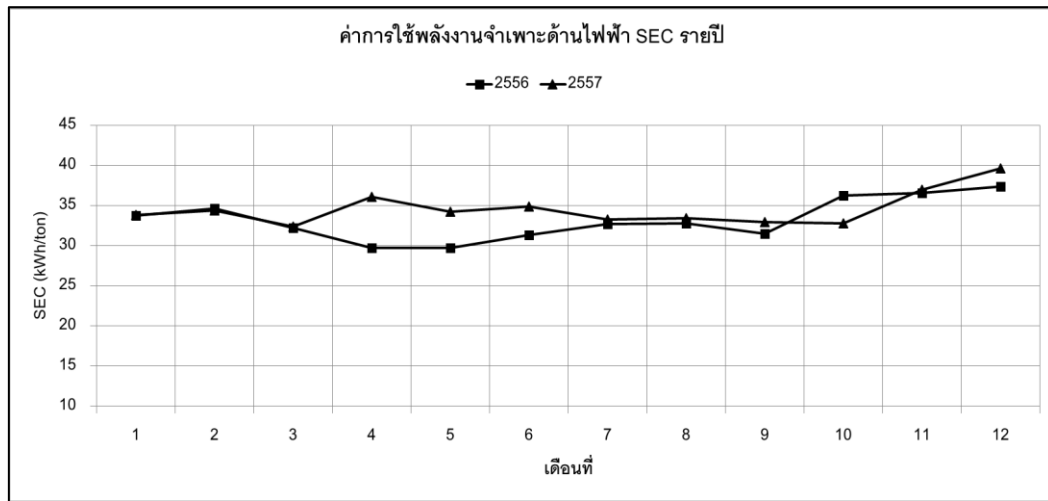
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.7

4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

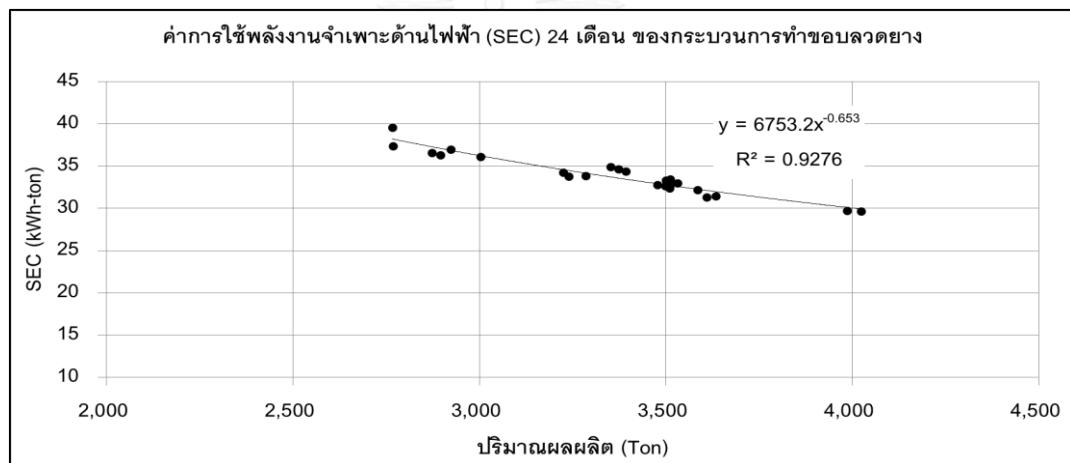
ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของกระบวนการทำขบลด ดังแสดงในตารางที่ 4.8 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการทำขบลด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของค่า SEC ในแต่ละปี และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า SEC กับผลผลิตในช่วง 24 เดือน ของกระบวนการทำขบลดอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.35 และ 4.36

ตารางที่ 4.8 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการทำขบลด

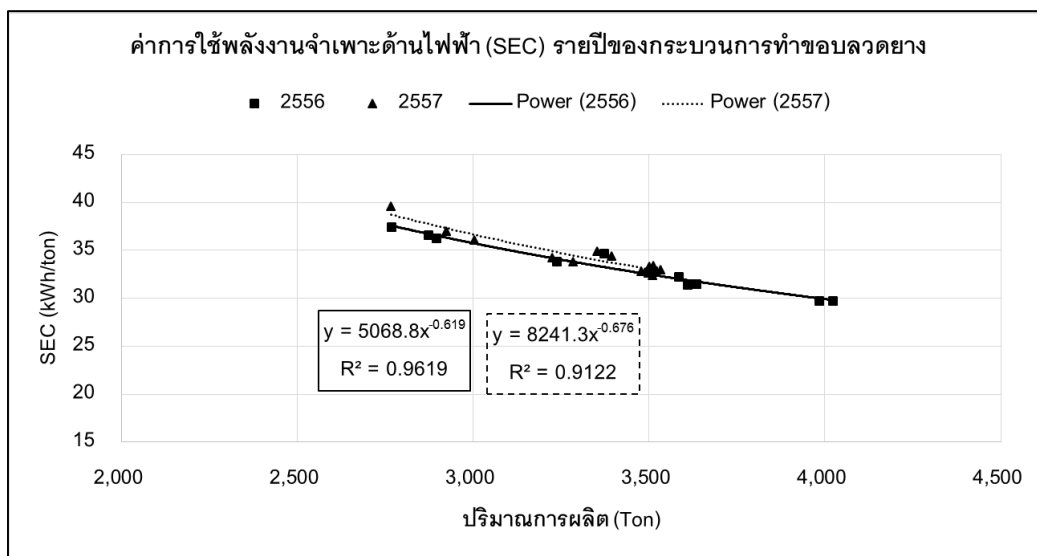
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต (Ton)			SEC (kWh/Ton)		
	Min	Max	ave	Min	Max	ave
24 เดือน	2,766.48	4,023.56	3353.05	29.69	39.59	33.8



รูปที่ 4.35 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการทำขบลด



รูปที่ 4.36 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการทำขบลดยาง



รูปที่ 4.37 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการทำขอบลวด

จากรูปที่ 4.36 แสดงค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือนของกระบวนการทำขอบลวด จะเห็นได้ชัดจากความสัมพันธ์ข้อมูลแบบกระจายตัวดังรูปที่ 4.37 พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่เหนือกลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงทำให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่าปี 2556 เนื่องจากในปี 2557 กระบวนการทำขอบลวดยางเกิดการสูญเสียพลังงาน เกิดจากพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยปี 2556 ค่า SEC เฉลี่ยอยู่ที่ 33.21 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 34.57 kWh/ton ซึ่งช่วงค่า SEC ของกระบวนการทำขอบลวด อยู่ที่ 29 – 39 kWh/ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้กราฟ CUSUM แสดงใน รูปที่ 4.38 พบว่ากราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

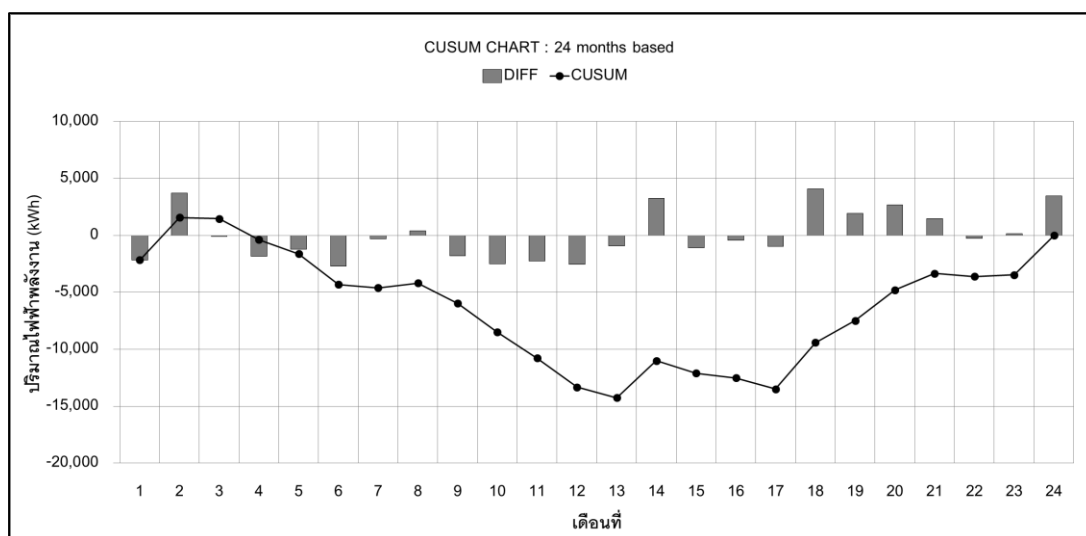
ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 2-13) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ

ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 13-17) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 17-24) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก

ในช่วงเดือนที่ 2-12 ของปี 2556 จนถึงเดือนที่ 1 ของปี 2557 พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมของกระบวนการทำขอบลวดมีแนวโน้มลดลง ทำให้สามารถประหยัดพลังงาน เนื่องจากมี

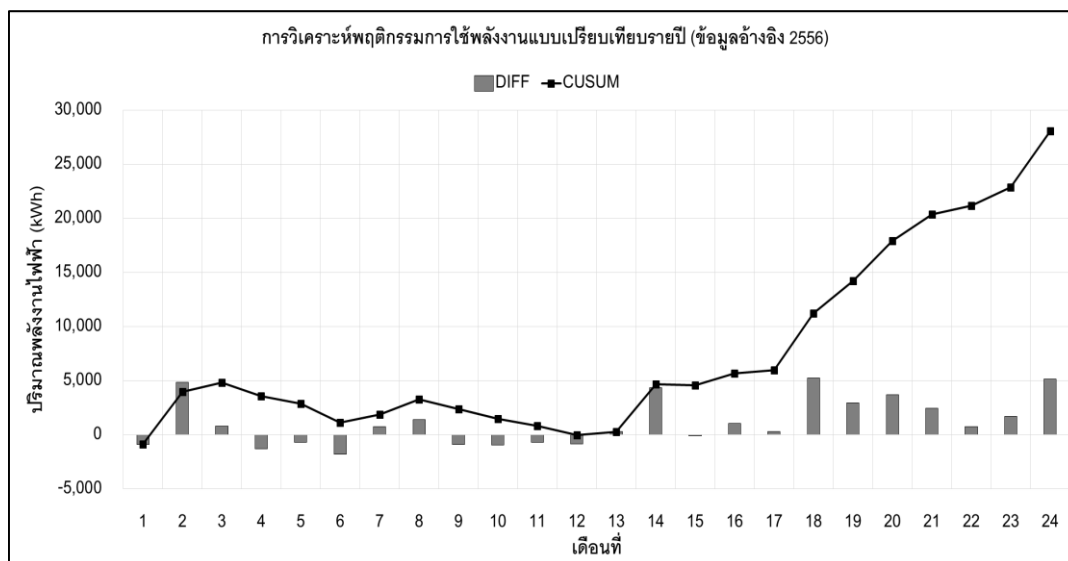
การดูแลเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ แต่ในช่วงเดือนที่ 18-24 พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ทำให้สูญเสียพลังงาน เนื่องจากปัญหาการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า ขณะที่ไม่ได้ทำการผลิต และการพบลมรั่วในบางจุดของเครื่องจักร โดยได้มีกิจกรรมเพื่อช่วยลดการสูญเสียพลังงาน ที่กระบวนการนี้ คือ การปรับปรุงสภาพเครื่องจักร และกิจกรรมที่ส่งเสริมให้พนักงานมีส่วนร่วมในการสำรวจจุดที่อาจก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 4.38 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการทำขอบลวด โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

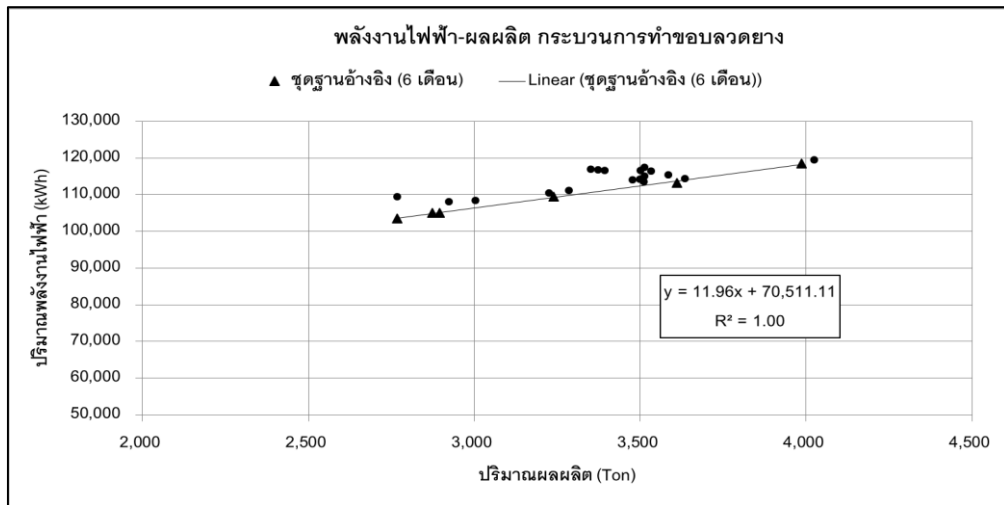
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี แสดงในรูปที่ 4.39 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ พบว่าการใช้พลังงาน ในปี 2556 มีพฤติกรรมดีกว่าปี 2557 เพราะลักษณะกราฟในปี 2557 มีลักษณะเป็นบวก การใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น ช่วงตั้งแต่เดือนที่ 2 เป็นต้นไป เนื่องจากอยู่ในระหว่างการปรับปรุงเครื่องจักร ทำให้สูญเสียพลังงาน เมื่อเทียบกับปี 2556 ประมาณ 28,068 kWh (2.08%)



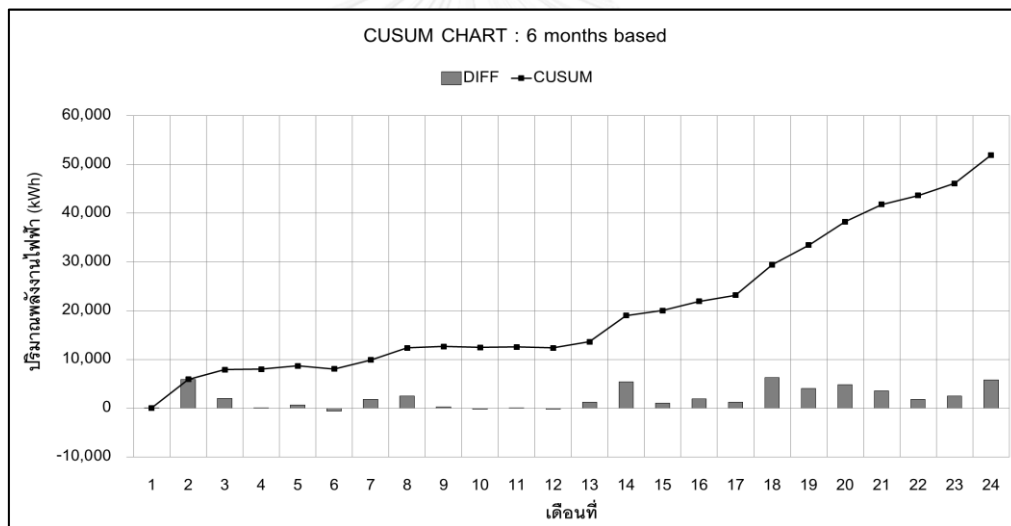
รูปที่ 4.39 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการทำขอบลวด

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.40, 4.41 จากรูปที่ 4.40 ใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดีเป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 1-12 ของปี 2557 เกิดการสูญเสียพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.41 ดังนั้นหากโรงงานมีการจัดการพลังงานที่ดีจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 39,595.47 kWh (2.91%) ซึ่งโรงงานตัวอย่างควรเพิ่มมาตรการอนุรักษ์ที่กระบวนการทำขอบลวดอย่างรวดเร็ว เพื่อแก้ไขปัญหาการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 4.40 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือน 6,12,10,11,1,4



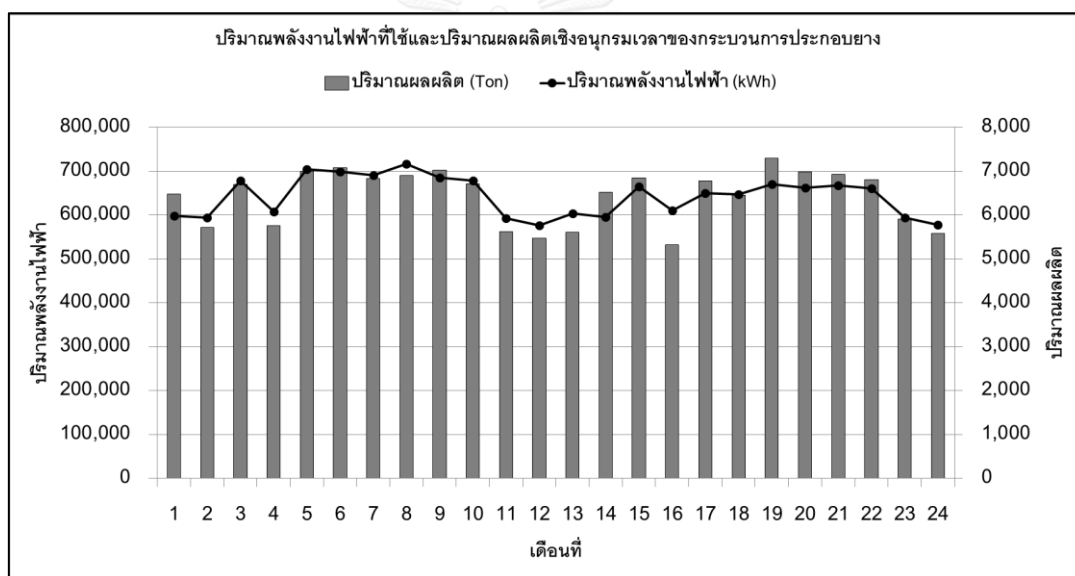
รูปที่ 4.41 CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการทำขอบลวดยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 6,12,10,11,1,4

4.1.5 กระบวนการประกอบยาง

เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ ร้อยละ 7.33 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อเนื่องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.42



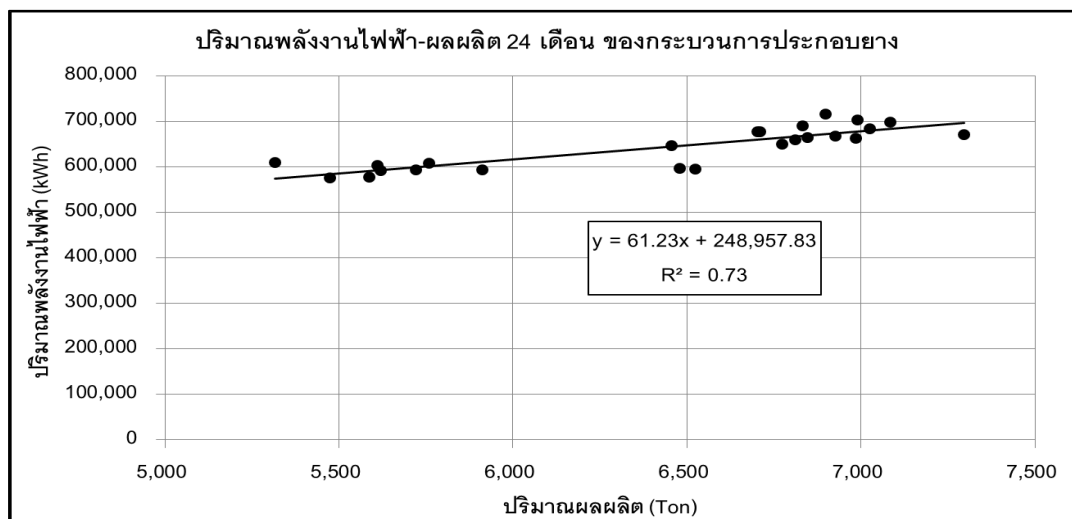
รูปที่ 4.42 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการประกอบยาง

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า

ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.43 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการประกอบยาง มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงเส้นแบบง่าย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิต พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.73 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตและมีความ

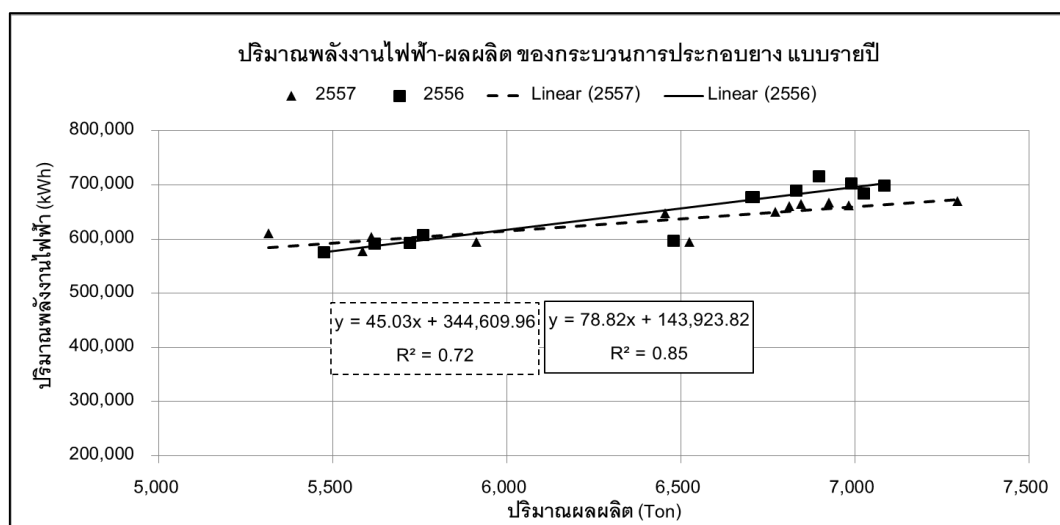
สม้าเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการประกอบยางได้



รูปที่ 4.43 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการประกอบยาง ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลแบบรายปี เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2557 นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า ปี 2556 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าลดลง ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันน้อยกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยลดลง นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานที่สม้าเสมอตลอดช่วงเวลาดังกล่าว เมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 4.44 โดยสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.44 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปีของกระบวนการประกอบยาง

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง

ข้อมูล	R^2	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.7268	61.227	248,958	642,649	4.43
ปี 2556	0.8494	78.824	143,924	651,589	4.44
ปี 2557	0.7197	45.034	344,610	633,709	4.44

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.9

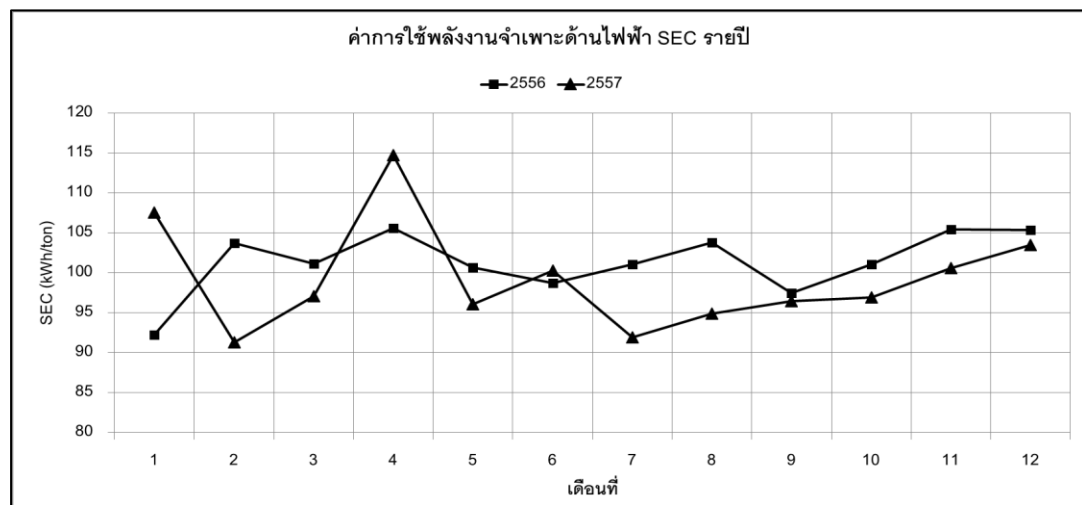
4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการประกอบยาง ในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.10 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการประกอบยาง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลาของค่า SEC ในแต่ละปี และผลการวิเคราะห์

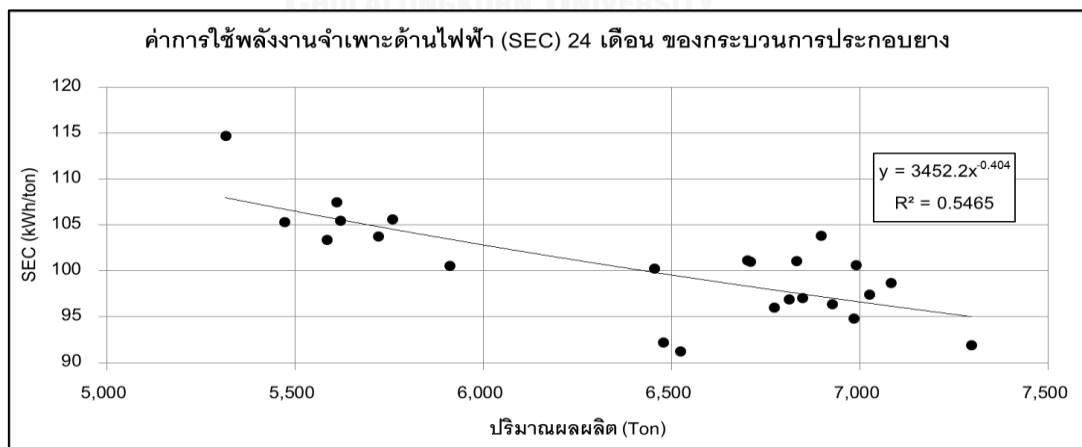
ความสัมพันธ์ของค่า SEC กับผลผลิตในช่วง 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.45 และ 4.46

ตารางที่ 4.10 สรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของกระบวนการประกอบยาง

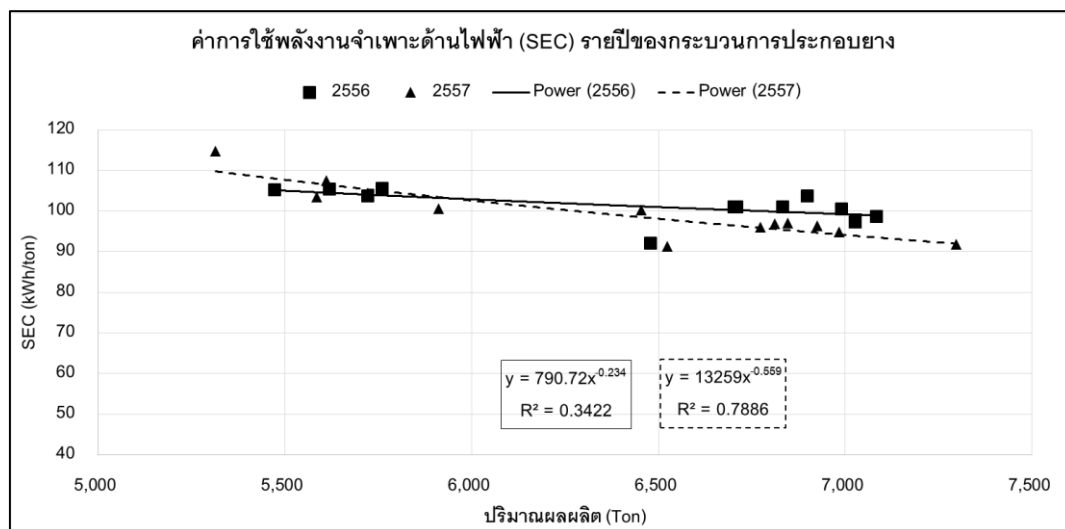
ข้อมูล	ปริมาณผลผลิต (Ton)			SEC (kWh/Ton)		
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave
24 เดือน	5,315.40	7,296.14	6,430.07	91.27	114.76	100.32



รูปที่ 4.45 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) รายปี ของกระบวนการประกอบยาง



รูปที่ 4.46 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง



รูปที่ 4.47 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะรวม (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการประกอบยาง

รูปที่ 4.46 แสดงค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากความสัมพันธ์ข้อมูลแบบกระจายตัวดังรูปที่ 4.47 พบว่า กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 มีการกระจายตัวของข้อมูลอยู่ใต้กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่าปี 2556 เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในช่วงปี 2557 โดยในช่วงปี 2556 เฉลี่ยอยู่ที่ 101.37 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 99.26 kWh/ton ช่วงค่า SEC ในรอบ 24 เดือนของกระบวนการประกอบยาง อยู่ในช่วง 91 – 114 kWh/ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมโดยใช้กราฟ CUSUM ดังแสดงในรูปที่ 4.48 พบว่ากราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

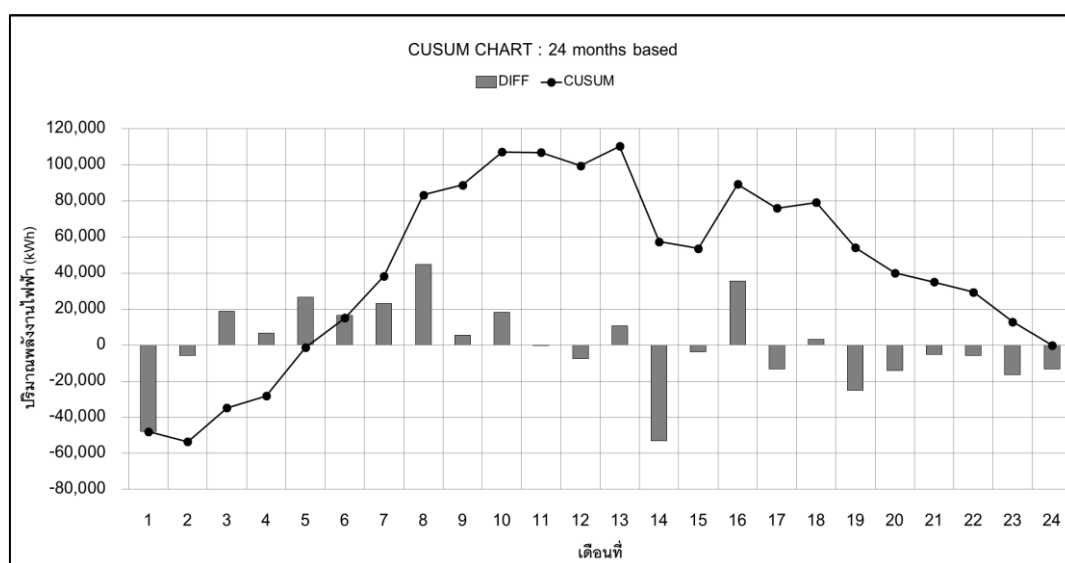
ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 2-10) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก

ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 10-13) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 13-24) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ

ช่วงเดือนที่ 2-10 ของปี 2556 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่มีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึง เดือนที่ 1 ของปี 2557 ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากเครื่องประกอบยาง มีอายุการใช้งานที่นาน ทำให้เกิดปัญหาการระบายความร้อนของเครื่องจักร ส่งผล

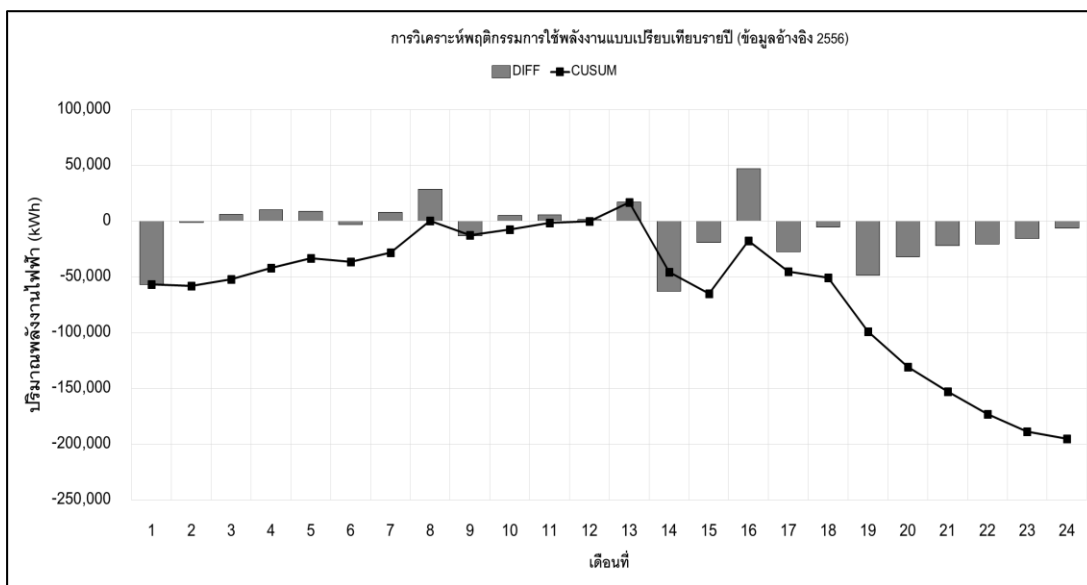
ให้เครื่องจักรทำงานต้องทำงานหนักมากขึ้น และการตรวจพบลมรั่วได้บางจุดของเครื่องจักร จากนั้นในช่วงเดือน 1-12 ของปี 2557 ได้มีการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การปรับปรุงเครื่องจักร โดยการติดตั้งระบบเซนเซอร์ที่พัดลมระบายอากาศของเครื่องประกอบยาง และการแก้ไขปัญหาลมรั่วของเครื่องจักร ส่งผลให้พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการดำเนินกิจกรรมเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 4.48 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการประกอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

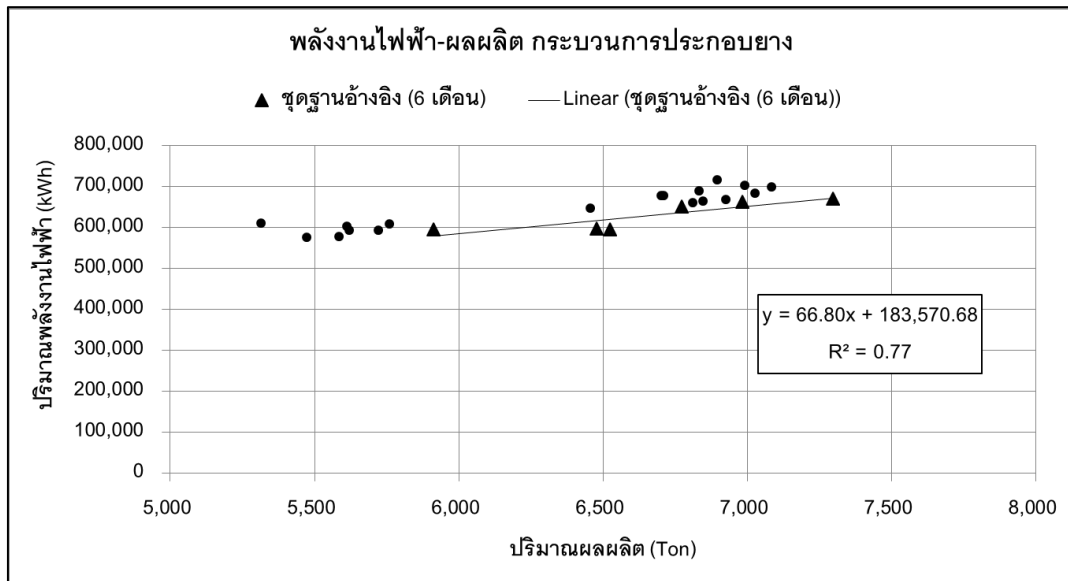
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี แสดงในรูปที่ 4.49 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ พบว่าการใช้พลังงานในกระบวนการประกอบยาง ตั้งแต่ช่วงเดือน 1-12 ปี 2557 มีลักษณะกราฟที่เป็นลบอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง จากการแก้ไขปัญหาลมรั่วของเครื่องจักรในปี 2557 เพื่อแก้ไขปัญหาลมรั่วที่เกิดขึ้นในปี 2556 ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากกว่าปี 2556 จำนวน 194,850.97 kWh (2.49%)



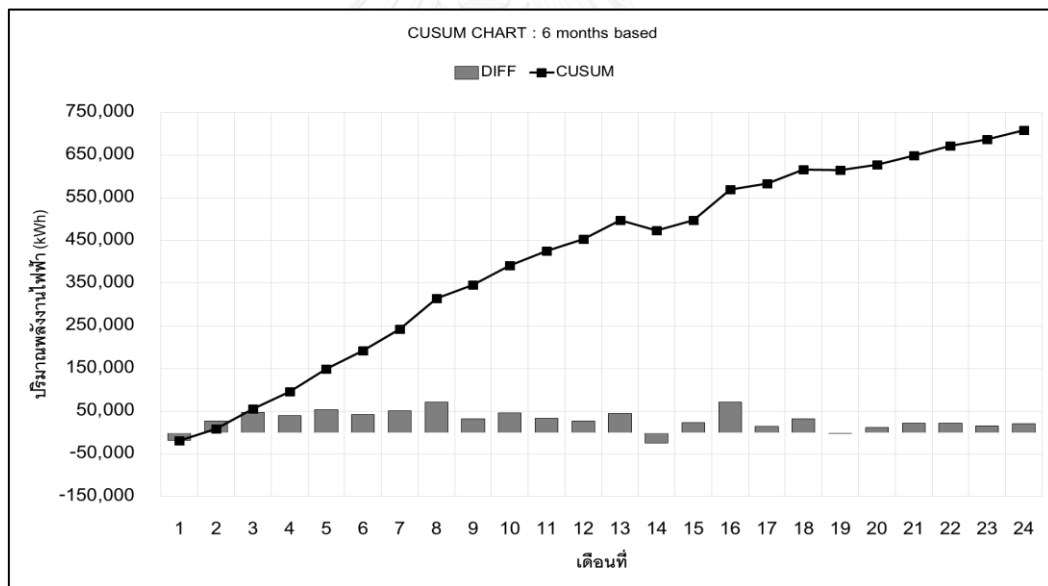
รูปที่ 4.49 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการประกอบยาง

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุดเมื่อเขียนแผนภาพการกระจาย และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.50 และ 4.51 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิงเทียบกับ 18 เดือนที่เหลือ พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 1-12 ของปี 2557 เกิดการสูญเสียพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.51 ดังนั้นหากโรงงานมีการจัดการพลังงานที่ดีจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 255,384.07 kWh (3.36%) ดังนั้นจึงควรมีการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 4.50 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการประกอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,1,19,20,17,23



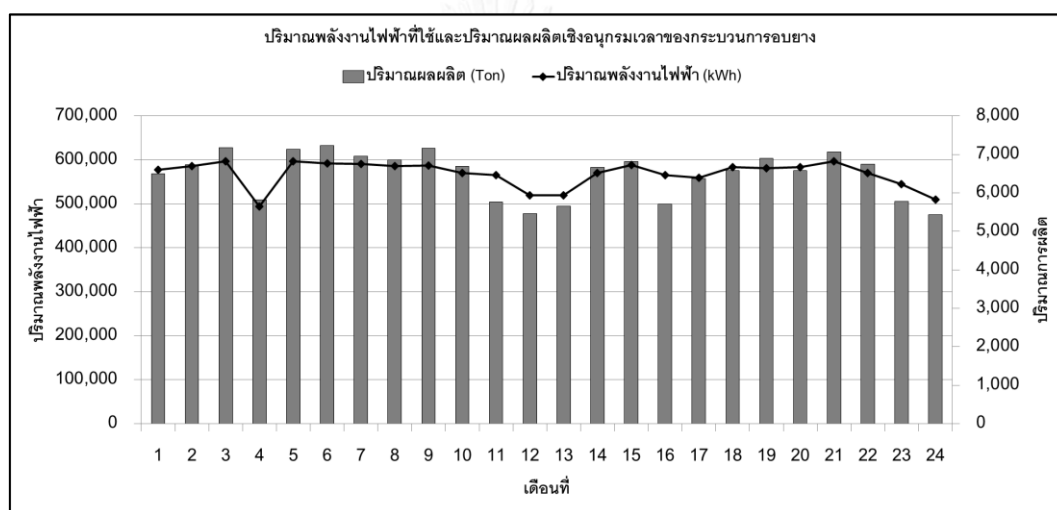
รูปที่ 4.51 CUSUM ของการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการประกอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 14,1,19,20,17,23

4.1.6 กระบวนการอบยาง

กระบวนการอบยาง พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ร้อยละ 6.48 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อเนื่องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.6) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.52

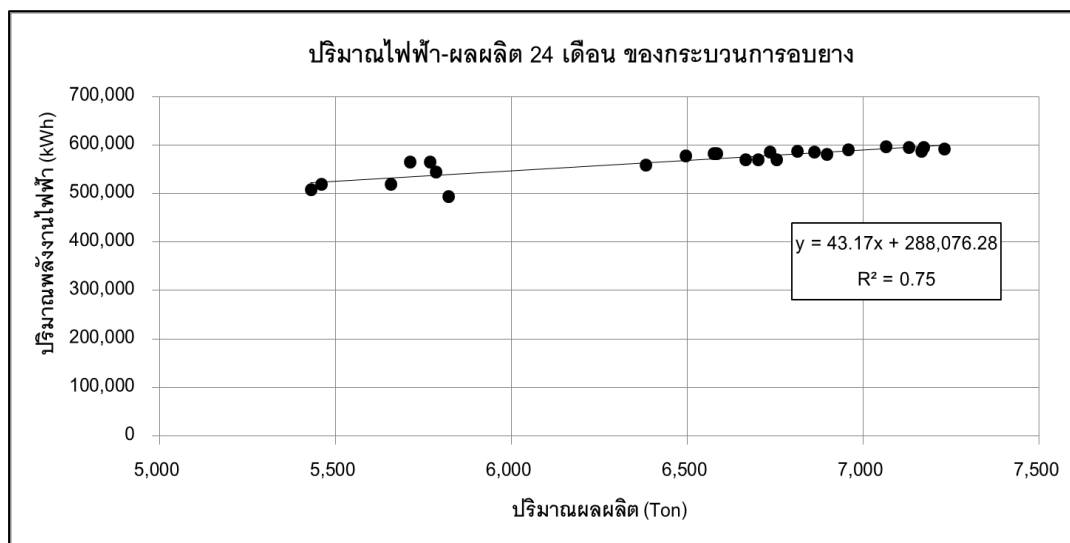


รูปที่ 4.52 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการอบยาง

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า

ก) แผนภาพการกระจาย 24 เดือน

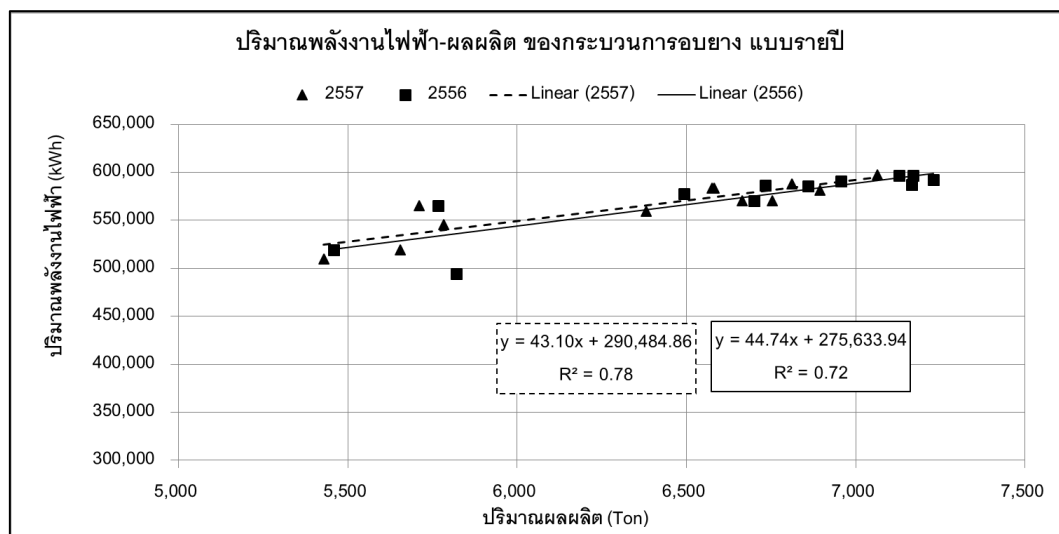
ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.53 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการอบยาง มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงแบบง่าย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิต พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.75 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตและมีความสม่ำเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการอบยางได้



รูปที่ 4.53 การกระจายของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการอบยาง

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบยาง ของปี 2556 และ ปี 2557 มาแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2556 นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า ปี 2557 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m พบว่าลดลง ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันน้อยกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยลดลง นอกจากนี้พบว่ายังมีการใช้พลังงานที่สม่ำเสมอเมื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 4.54 โดยสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.54 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปีของกระบวนการทำอบยาง

ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการอบยาง

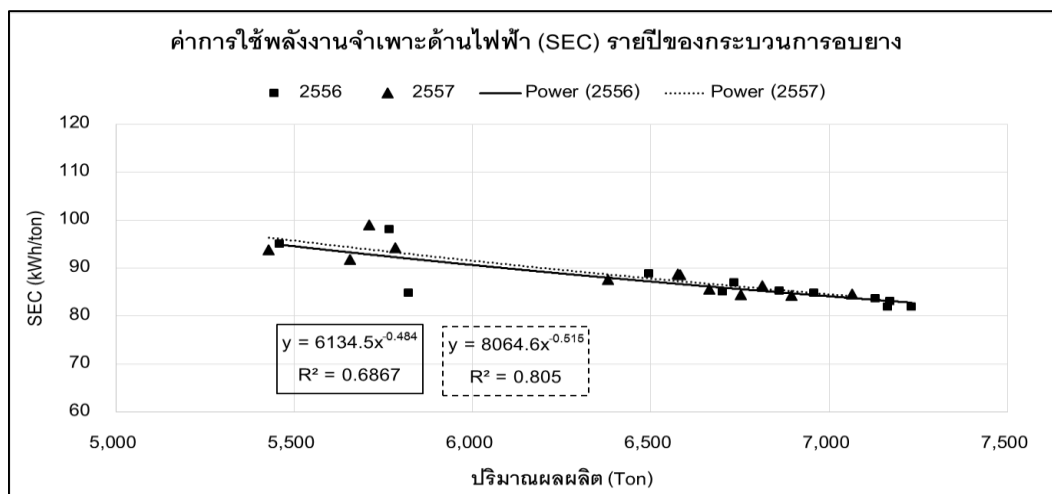
ข้อมูล	R ²	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.75	43.166	288,076	568,255	4.53
ปี 2556	0.72	44.744	275,634	571,983	4.54
ปี 2557	0.78	43.100	290,485	564,526	4.54

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.11

4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนของกระบวนการอบยาง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการอบยาง ผลการวิเคราะห์



รูปที่ 4.57 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะรวม (SEC) แยกตามรายปีของกระบวนการอบยาง

จากรูปที่ 4.56 แสดงค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการอบยาง เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ข้อมูลแบบกระจายตัวดังรูปที่ 4.57 พบว่ากลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 และกลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 มีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานใกล้เคียงกัน โดยค่า SEC ในช่วงปี 2556 เฉลี่ยอยู่ที่ 86.72 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 89.13 kWh/ton ช่วงค่า SEC ในรอบ 24 เดือนของกระบวนการอบยาง อยู่ในช่วง 81 – 99 kWh/ton

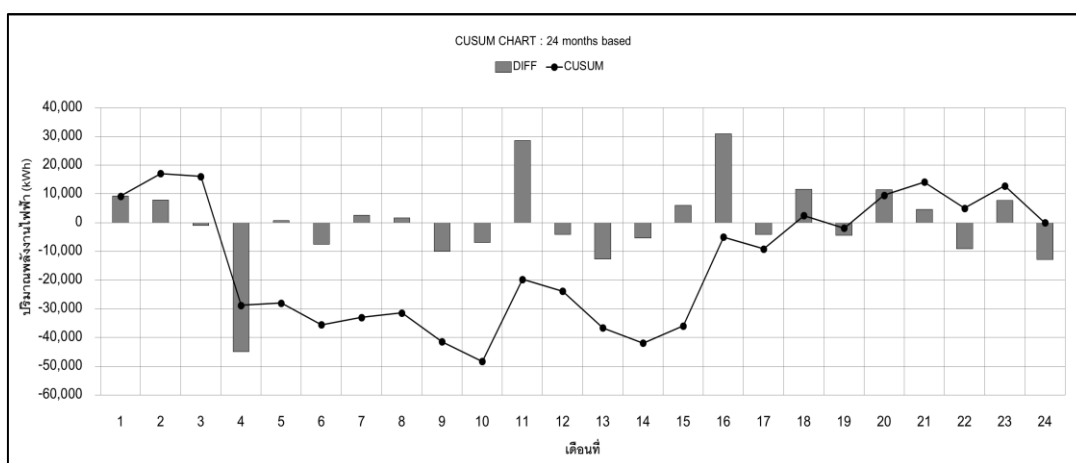
5) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM ดังแสดงในรูปที่ 4.58 พบว่า กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1(เดือนที่ 1-3) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์
 ช่วงที่ 2(เดือนที่ 3-10) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ
 ช่วงที่ 3(เดือนที่ 10-16) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก
 ช่วงที่ 4 (เดือนที่ 16-24) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์

จะเห็นได้ว่า ช่วงเดือนที่ 4 -10 ของปี 2556 การใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน ไม่พบปัญหาเครื่องจักรชำรุด ดำเนินการผลิตได้อย่างเต็มที่ แต่ต่อมาในช่วงที่ 3 (เดือนที่ 10 ของปี 2556 จนถึงเดือนที่ 4 ของปี 2557) พฤติกรรมใช้การพลังงานไฟฟ้าสะสมแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงระยะเวลาดังกล่าวที่กระบวนการอบยาง นอกจากจะสูญเสียพลังงาน

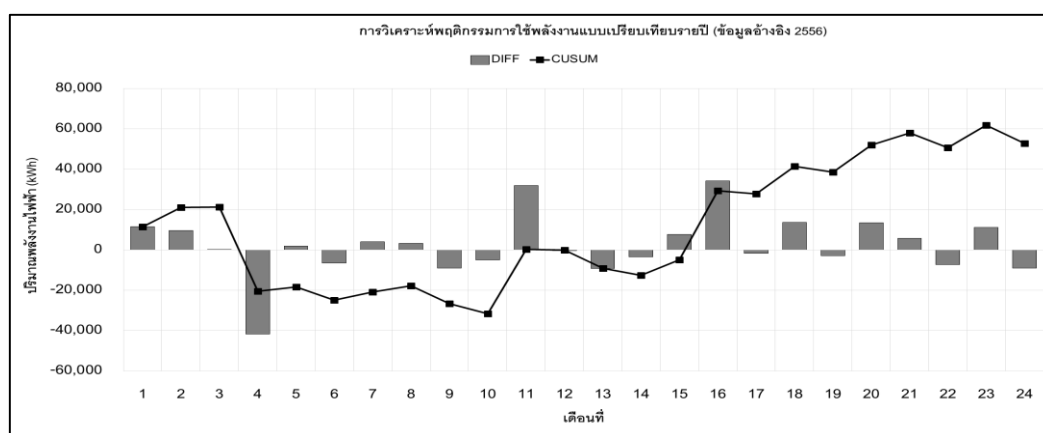
ความร้อนจากรอยรั่วของเครื่องจักรและท่อต่างๆ ยังพบว่กิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อพลังงานไฟฟ้า คือ กิจกรรมจากการทำงานของเครื่อง PCI เป็นเครื่องที่ใช้ในการรักษาคุณภาพหลังจากที่อบยางเสร็จแล้ว พบว่ามีปัญหาหลวมรั่ว ในหลายจุด ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในช่วงปี 2557



รูปที่ 4.58 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

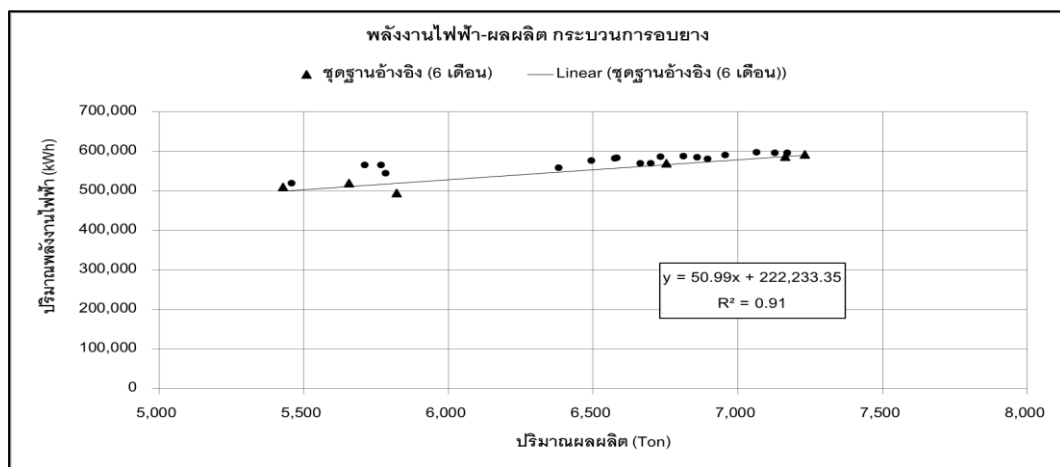
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 4.59 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากปัญหาหลวมรั่วของเครื่องจักร ในปี 2557 ส่งผลให้ สูญเสียพลังงานมากกว่า ปี 2556 จำนวน 52,775.98 kWh (0.76%)



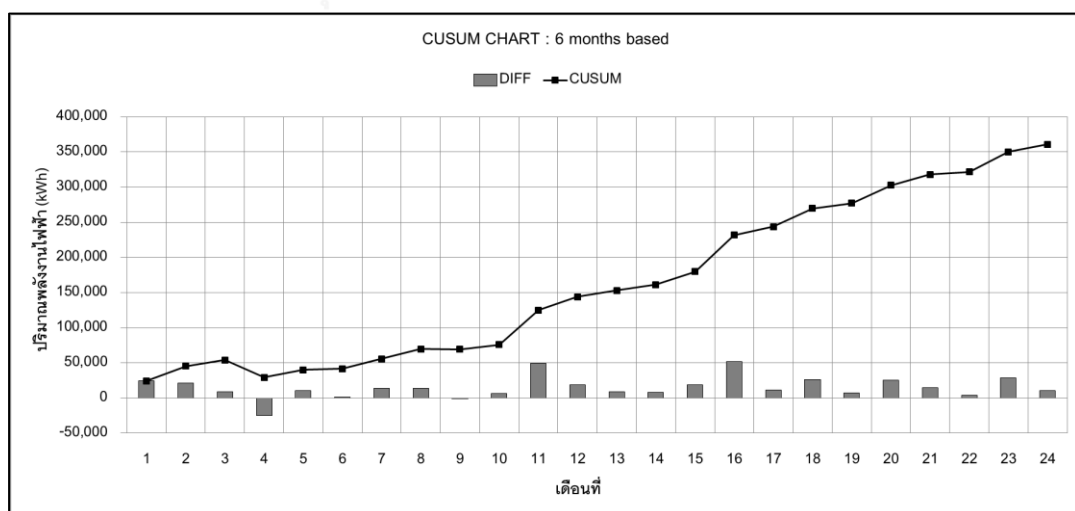
รูปที่ 4.59 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการอบยาง

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุด เมื่อเขียนแผนภาพการกระจาย และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.60 และ 4.61 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือนที่เหลือ พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 4-12 ของปี 2557 เกิดการสูญเสียพลังงานสูงกว่าปี 2556 ดังแสดงในรูปที่ 4.61 ดังนั้นหากโรงงานมีการจัดการพลังงานที่ดีจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ในปี 2557 ได้ประมาณ 216,704.23 kWh (3.20%)



รูปที่ 4.60 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,24,13,9,22,6



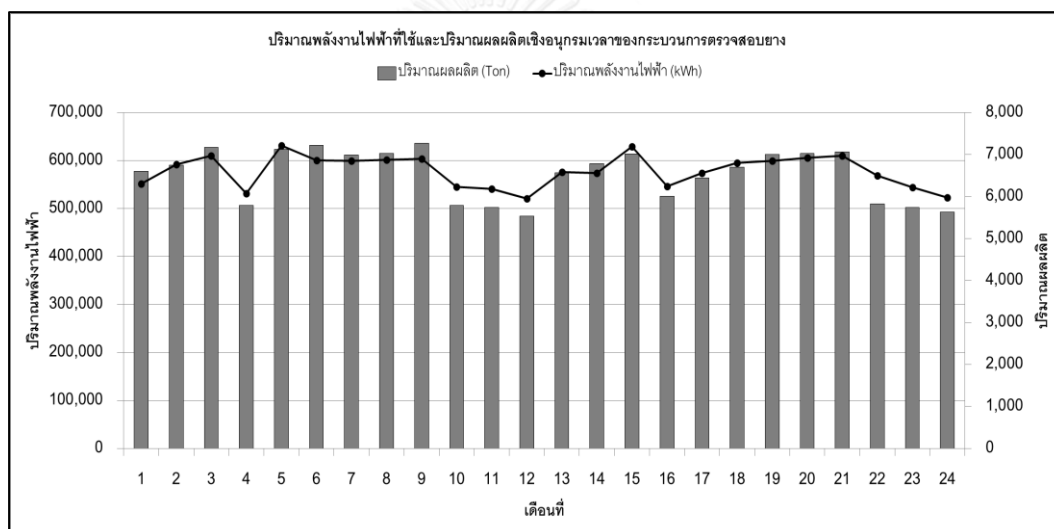
รูปที่ 4.61 CUSUM ของการปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 4,24,13,9,22,6

4.1.7 กระบวนการตรวจสอบยาง

กระบวนการตรวจสอบยาง เป็นกระบวนการสุดท้ายของการผลิตยางรถยนต์ พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ร้อยละ 6.60 ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พลังงานได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา

กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตในแต่ละช่วงเวลาต่อเนื่องกันตลอด 24 เดือน (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.7) ทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ในตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.62



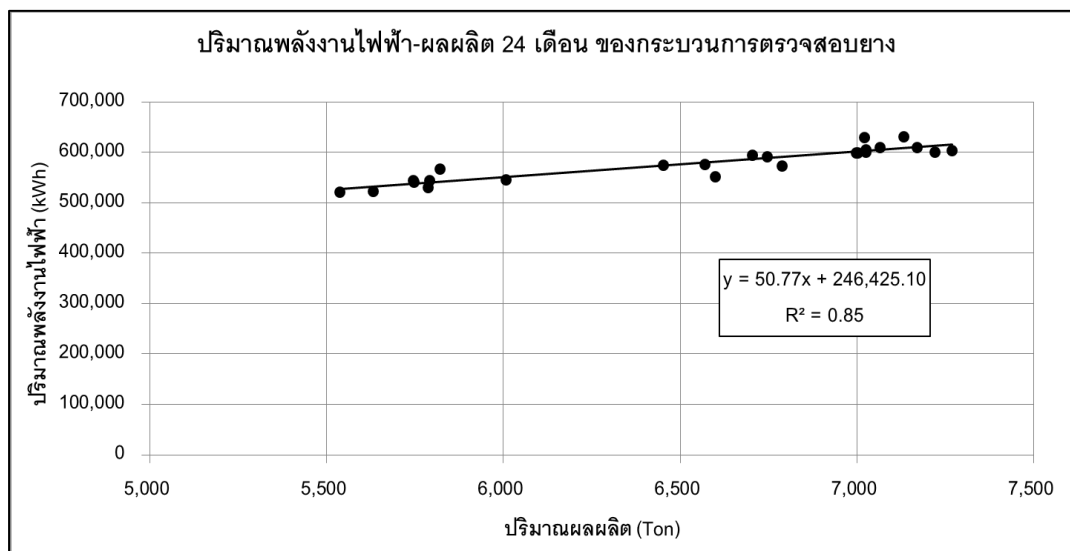
รูปที่ 4.62 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณผลผลิตเชิงอนุกรมเวลาของกระบวนการตรวจสอบยาง

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณพลังงานไฟฟ้า

ก) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน

ผลการวิเคราะห์แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูล 24 เดือน ของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในช่วง 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.63 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการตรวจสอบยาง มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยจากการสร้างกราฟสมการเชิงแบบง่าย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.85 ($R^2 \geq 0.7$) แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต และมีความ

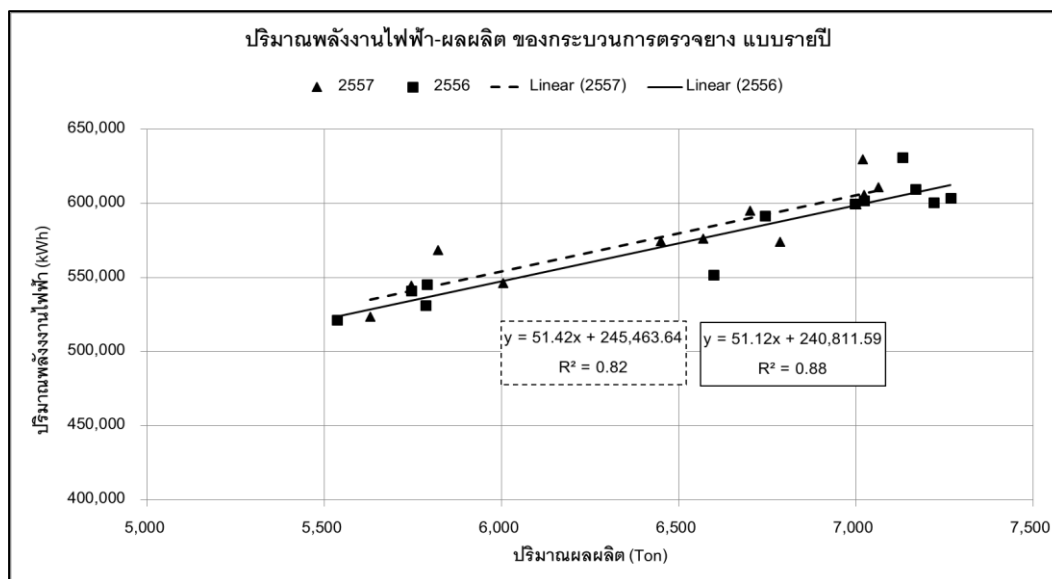
สม่าเสมอตลอดคาบเวลา ดังนั้นสมการเส้นตรงนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการตรวจสอบยางได้



รูปที่ 4.63 การกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง

ข) แผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำข้อมูลการผลิตและปริมาณการใช้ไฟฟ้า ในกระบวนการตรวจสอบยาง ของปี 2556 และ ปี 2557 มาสร้างแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลรายปี เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน โดยให้ปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ พบว่าในปี 2556 นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า ปี 2557 โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าความชัน m เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ในปี 2557 มีความชันมากกว่าปี 2556 แสดงว่ามีการใช้พลังงานแปรผันต่อหน่วยลดลง นอกจากนี้พบว่ายังมีการใช้พลังงานที่สม่าเสมอ เพื่อพิจารณาที่ค่า R^2 ของทั้งปี 2556 และ ปี 2557 ดังแสดงในรูปที่ 4.64 โดยสามารถแสดงในรูปของสมการเชิงเส้น $Y = mX + c$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ m ค่าคงที่ c และ ค่า R^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.13



รูปที่ 4.64 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตแบบรายปี ของกระบวนการตรวจสอบยาง

ตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง

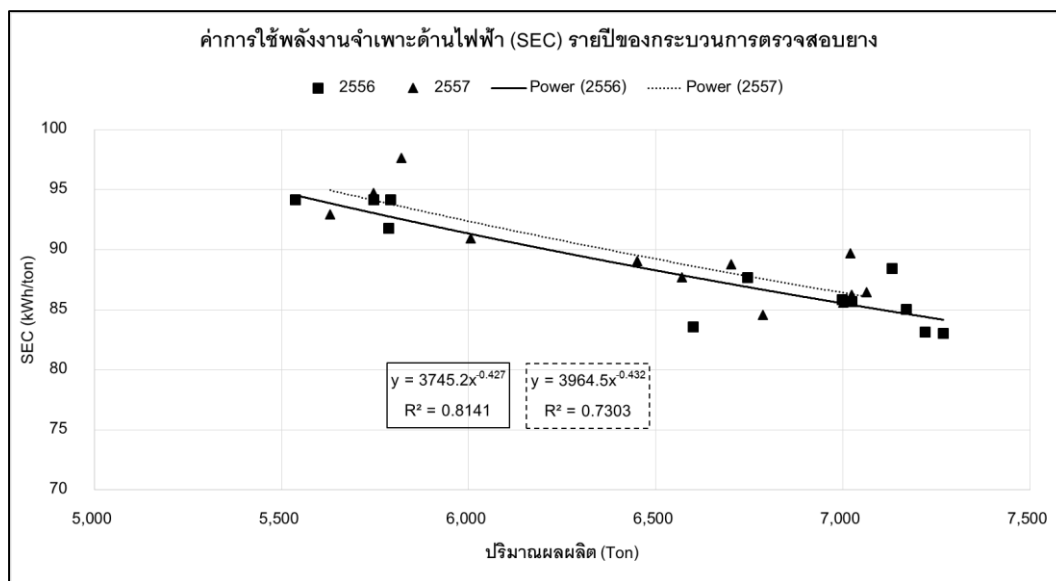
ข้อมูล	R^2	สมการตัวแทน		พลังงานเฉลี่ย (kWh)	รูปที่
		m	c		
24 เดือน	0.85	50.768	246,425	578,176.85	4.63
ปี 2556	0.88	51.124	240,812	577,426.96	4.64
ปี 2557	0.82	51.421	245,464	578,926.74	4.64

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นที่ผ่านมา ทำให้ได้สมการตัวแทนของการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.13

4) การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ผลการคำนวณค่า SEC ของการใช้พลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการตรวจสอบยาง ในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.14 สามารถสรุปค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุด (SEC_{min}) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเดือนที่มากที่สุด (SEC_{max}) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย (SEC_{ave}) ในช่วงการผลิตของกระบวนการตรวจสอบ



รูปที่ 4.67 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) แยกตามรายปี ของกระบวนการทำตรวจสอบยาง

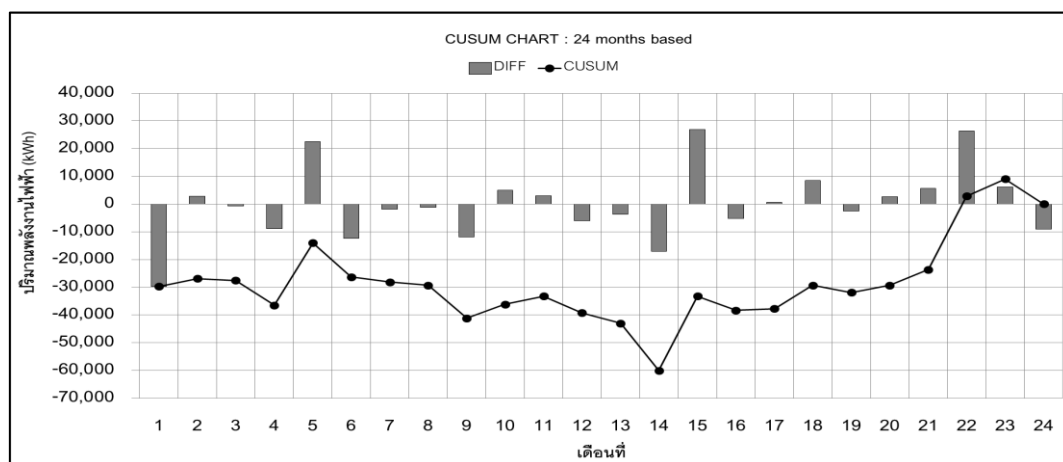
รูปที่ 4.66 แสดงค่าการใช้พลังงานจำเพาะด้านไฟฟ้า (SEC) 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากความสัมพันธ์ข้อมูลแบบกระจายตัวดังรูปที่ 4.67 พบว่า กลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2557 มีการกระจายตัวอยู่เหนือกลุ่มข้อมูล SEC ของปี 2556 (ดูจากเส้นแนวโน้ม) จึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่าปี 2556 เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานในช่วงปี 2557 โดยค่า SEC ในช่วงปี 2556 เฉลี่ยอยู่ที่ 88.08 kWh/ton และปี 2557 เฉลี่ยอยู่ที่ 89.53 kWh/ton และช่วงค่า SEC ในรอบ 24 เดือน อยู่ที่ 83 – 97 kWh/ton

5) การวิเคราะห์พฤติกรรมกรการใช้พลังงาน

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM โดยแสดงใน รูปที่ 4.68 พบว่า กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1(เดือนที่ 1-8) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ศูนย์
 ช่วงที่ 2(เดือนที่ 8-14) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น ลบ
 ช่วงที่ 3(เดือนที่ 14-22) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็น บวก
 พบว่าพฤติกรรมกรการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนที่ 8 ของปี 2556 จนถึงเดือนที่ 2 ของปี 2557 ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการดำเนินกิจกรรมการปรับปรุงระบบแสงสว่างในจุดที่มีการตรวจสอบยาง และแก้ไขปัญหาของเครื่องตรวจสอบสมดุลยางเกี่ยวกับระบบหัวฉีดลมเป่า เพื่อทำความเข้าใจก่อนส่งให้ลูกค้า

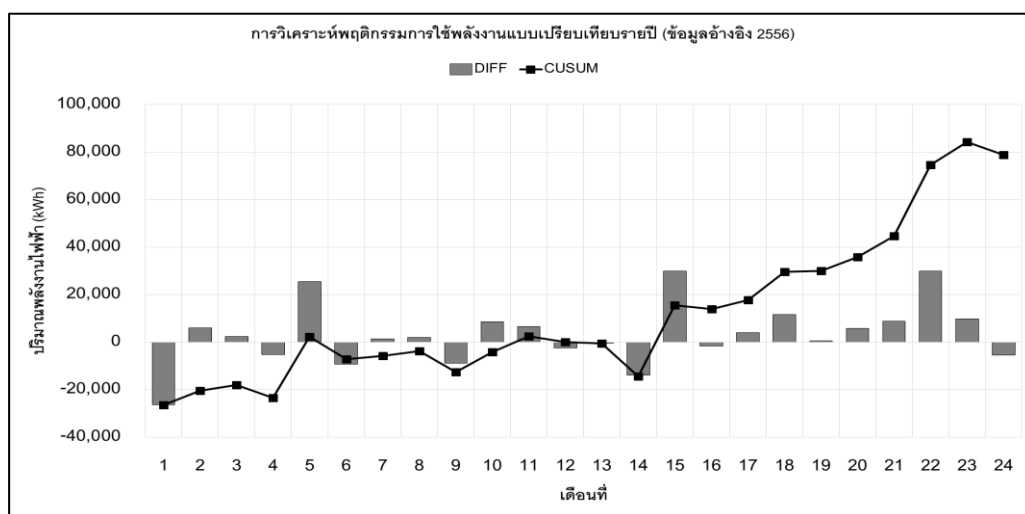
ต่อมาพบว่าเกิดเหตุการณ์การใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น ในช่วงเดือนที่ 2-10 ของปี 2557 ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานจากระบบดูดอากาศ จากการขัดหน้ายาง โรงงานตัวอย่างได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว พบว่าในเดือนที่ 11-12 ของปี 2557 เหตุการณ์การใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 4.68 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

6) การวิเคราะห์เหตุการณ์การใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี

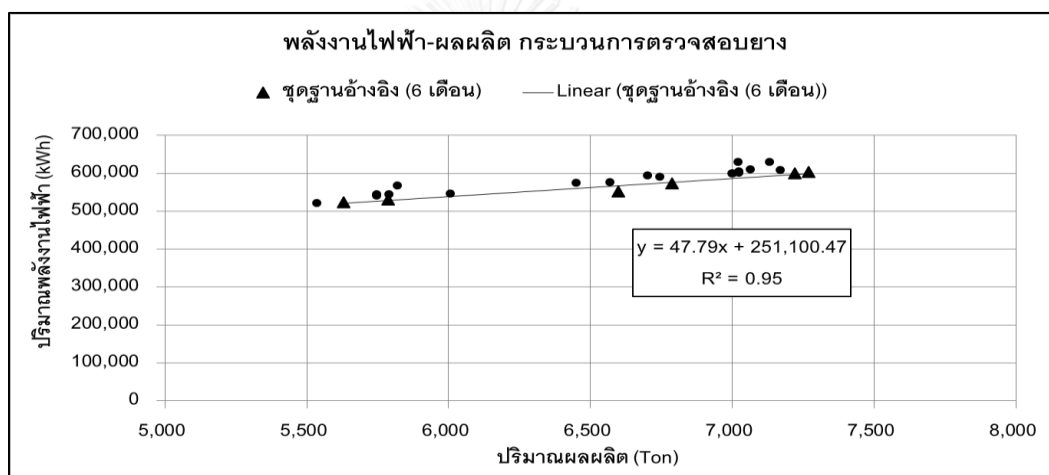
การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี แสดงในรูปที่ 4.69 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ พบว่าการใช้พลังงานในกระบวนการตรวจสอบยาง ปี 2557 สูญเสียพลังงานมากกว่า ปี 2556 จำนวน 78,913.81kWh (1.14%)



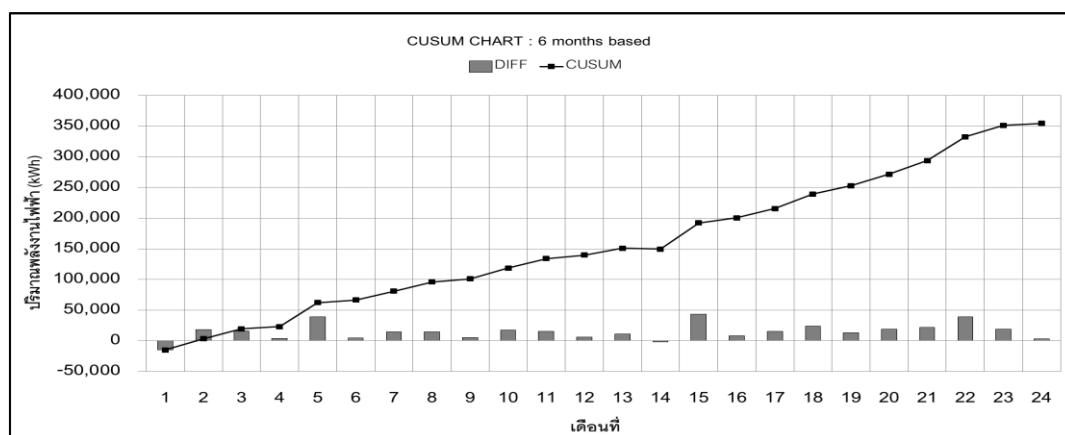
รูปที่ 4.69 เหตุการณ์การใช้พลังงานเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการตรวจสอบยาง

7) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 5) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุด เมื่อเขียนแผนภาพการกระจาย และกราฟ CUSUM ได้ดังรูปที่ 4.70 และรูปที่ 4.71 โดยใช้ข้อมูล 6 เดือนที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 18 เดือนที่เหลือ พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเดือน 1-12 ของปี 2557 เกิดการสูญเสียพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.71 หากโรงงานมีการจัดการพลังงานที่ดีจะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 ได้ประมาณ 214,709.08 kWh (3.09%) ทางโรงงานตัวอย่างสามารถดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงาน เช่น การปรับปรุงด้านแสงสว่าง และระบบระบายอากาศที่กระบวนการตรวจสอบยาง



รูปที่ 4.70 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 1,14,6,9,24,4



รูปที่ 4.71 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการตรวจสอบยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเดือนที่ 1,14,6,9,24,4

4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบรายสัปดาห์

เนื่องจากกระบวนการผสมยาง และกระบวนการดันยาง เป็นกระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับที่สูงมากกว่ากระบวนการผลิตอื่น จึงมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในส่วนของผลิตทั้งในกรณีที่เกิดการสูญเสียพลังงาน และประหยัดพลังงาน ดังนั้นจึงควรติดตามพฤติกรรมกรการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างละเอียดในรายสัปดาห์ของทั้งสองกระบวนการผลิต เพื่อที่จะทำให้โรงงานสามารถวางแผนการจัดการพลังงานและแก้ไขปัญหา ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานได้อย่างทันที โดยสามารถทำการวิเคราะห์ได้ตามหัวข้อดังนี้

4.2.1 กระบวนการผสมยาง

1) การวิเคราะห์พฤติกรรมกรการใช้พลังงาน โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมกรของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM ดังแสดงในรูปที่ 4.72 พบว่า กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 5 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-12) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ลบ

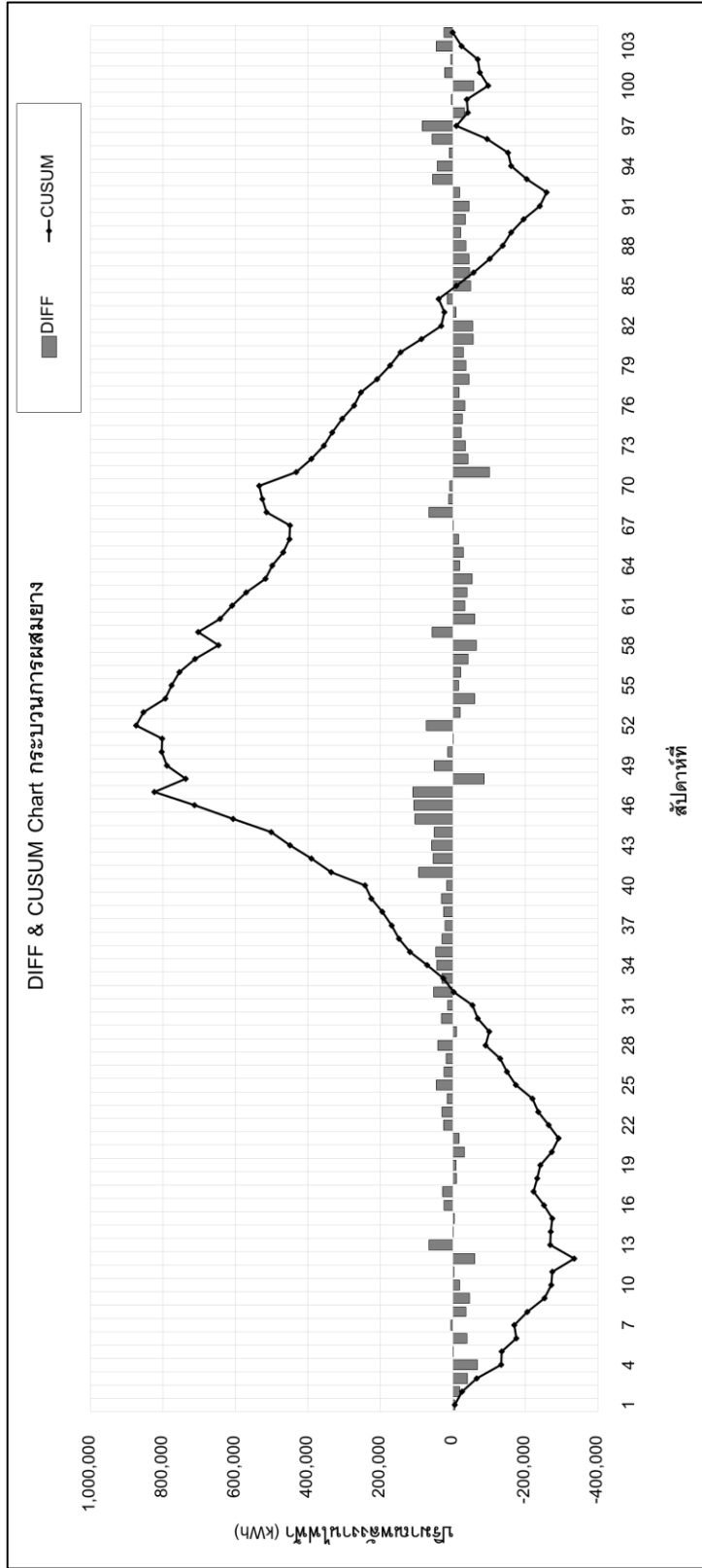
ช่วงที่ 2 (สัปดาห์ที่ 12-21) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟ CUSUM ความชันเป็นศูนย์

ช่วงที่ 3 (สัปดาห์ที่ 21-52) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก

ช่วงที่ 4 (สัปดาห์ที่ 52-92) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ลบ

ช่วงที่ 5 (สัปดาห์ที่ 92-104) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก

พบว่าพฤติกรรมกรการใช้พลังงาน กราฟ CUSUM มีลักษณะเป็นรูปตัว A โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 21 ช่วงแรกมีพฤติกรรมกรการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน และช่วงสัปดาห์ที่ 21-52 พฤติกรรมกรการใช้พลังงานสะสมที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากในช่วงนี้เกิดปัญหาสภาพเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานนานชำรุด และแก้ไขปัญหาดังกล่าวในช่วงสัปดาห์ที่ 52-92 พฤติกรรมกรการใช้พลังงานสะสมจึงมีแนวโน้มลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.72 จะพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 92-104 นั้นมีลักษณะแตกต่างจากกราฟรายเดือน ซึ่งกราฟรายสัปดาห์จะเห็นพฤติกรรมกรการใช้พลังงานได้ชัดเจนมากกว่า โดยพบว่าในช่วงดังกล่าวเกิดการสูญเสียพลังงานจากเครื่อง heat exhaust ที่มีสภาพการใช้งานที่นาน ชำรุดบ่อย และสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นโรงงานตัวอย่างควรดำเนินการแก้ไขปัญหาย่างเร่งด่วนเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน

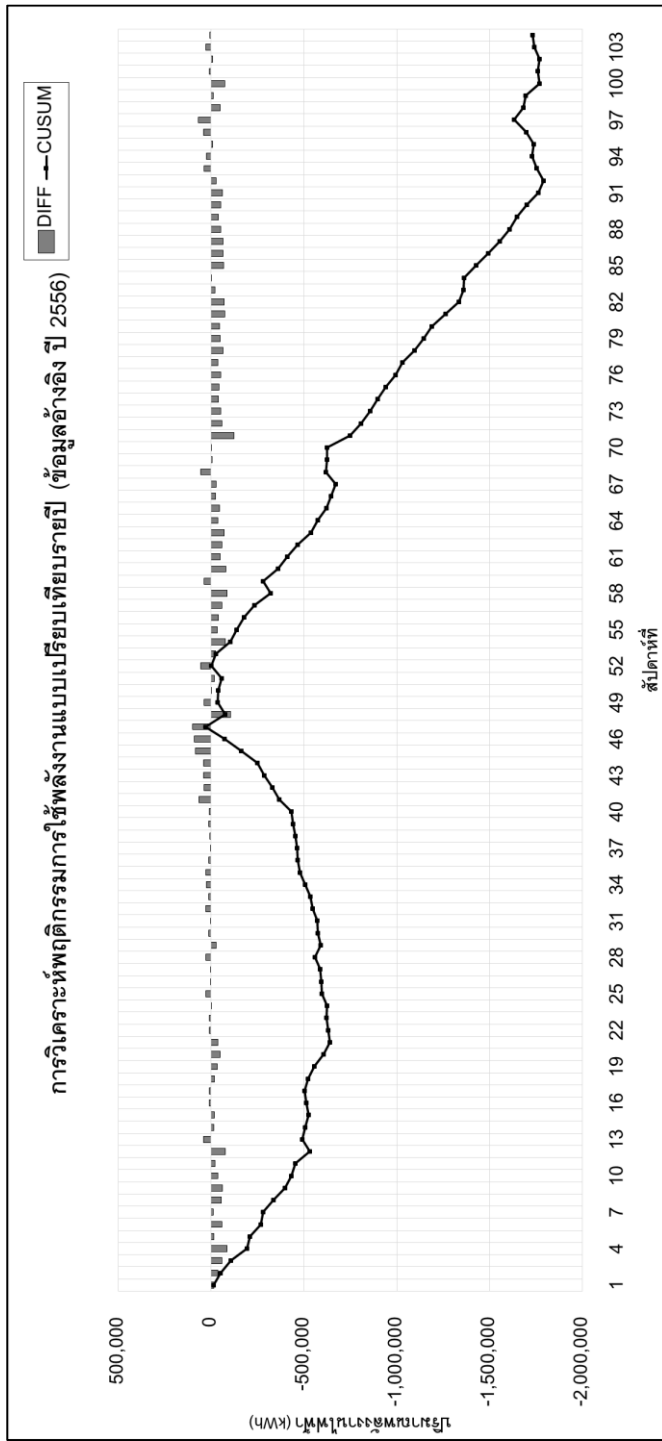


รูปที่ 4.72 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ เป็นข้อมูลอ้างอิง

2) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี ใช้ข้อมูลรายสัปดาห์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 4.73 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงาน ในปี 2557 มีพฤติกรรมดีกว่า ปี 2556 เพราะ ลักษณะกราฟในปี 2557 เป็นลบ เกิดจากการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมประหยัดพลังงาน การแก้ไขปัญหาสภาพเครื่องจักร ในช่วงสัปดาห์ที่ 53 - 100 แสดงให้เห็นว่าเกิดการประหยัดพลังงาน ในช่วงดังกล่าว โดยสามารถประหยัดพลังงานไป จำนวน 1,732,079.02 kWh (1.44%)

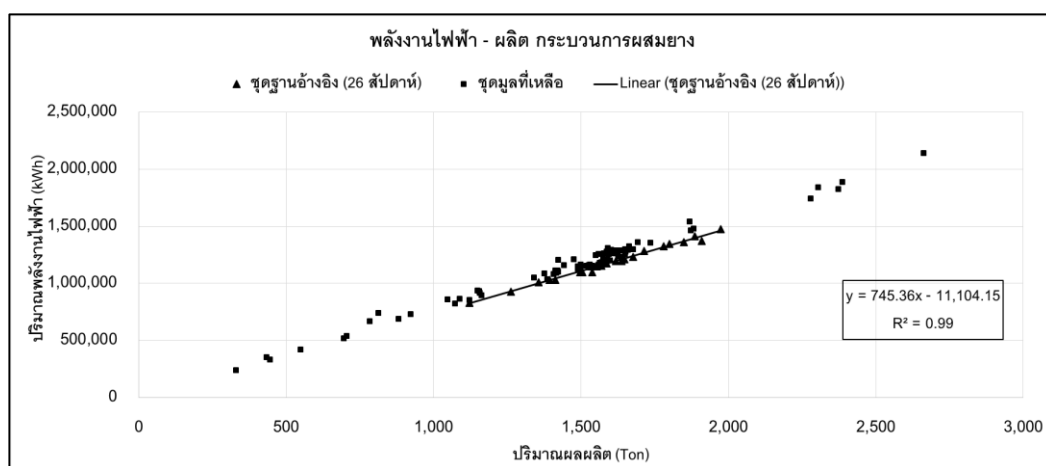




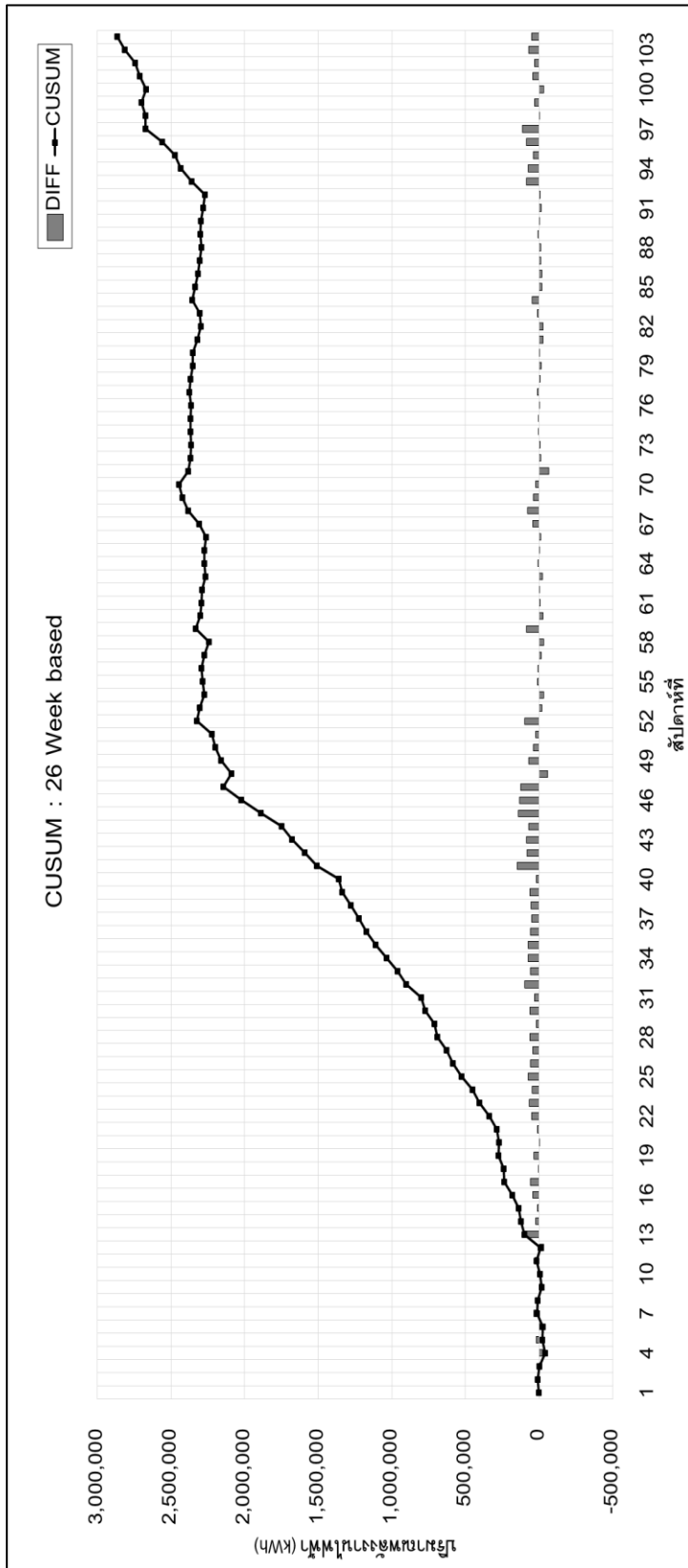
รูปที่ 4. 72 พฤติกรรมการใช้พลังงานเปรียบเทียบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการผสมยาง

3) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 1) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือน (26 สัปดาห์) ที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุด เมื่อเขียนแผนภาพการกระจาย และกราฟ CUSUM ได้แสดงในดังรูปที่ 4.74 และรูปที่ 4.75 โดยใช้ข้อมูล 26 สัปดาห์ที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 78 สัปดาห์ที่เหลือ พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า อย่างต่อเนื่อง โดยช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 52 เกิดการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก จากนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานน้อยลง ช่วงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 53 เป็นต้นมาโดยจากรูปที่ 4.75 นั้นโรงงานมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 542,003 kWh (0.92%)



รูปที่ 4.73 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 104 สัปดาห์ ของกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์



รูปที่ 4.74 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผสมยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์

4.2.2 กระบวนการดำเนินงาน

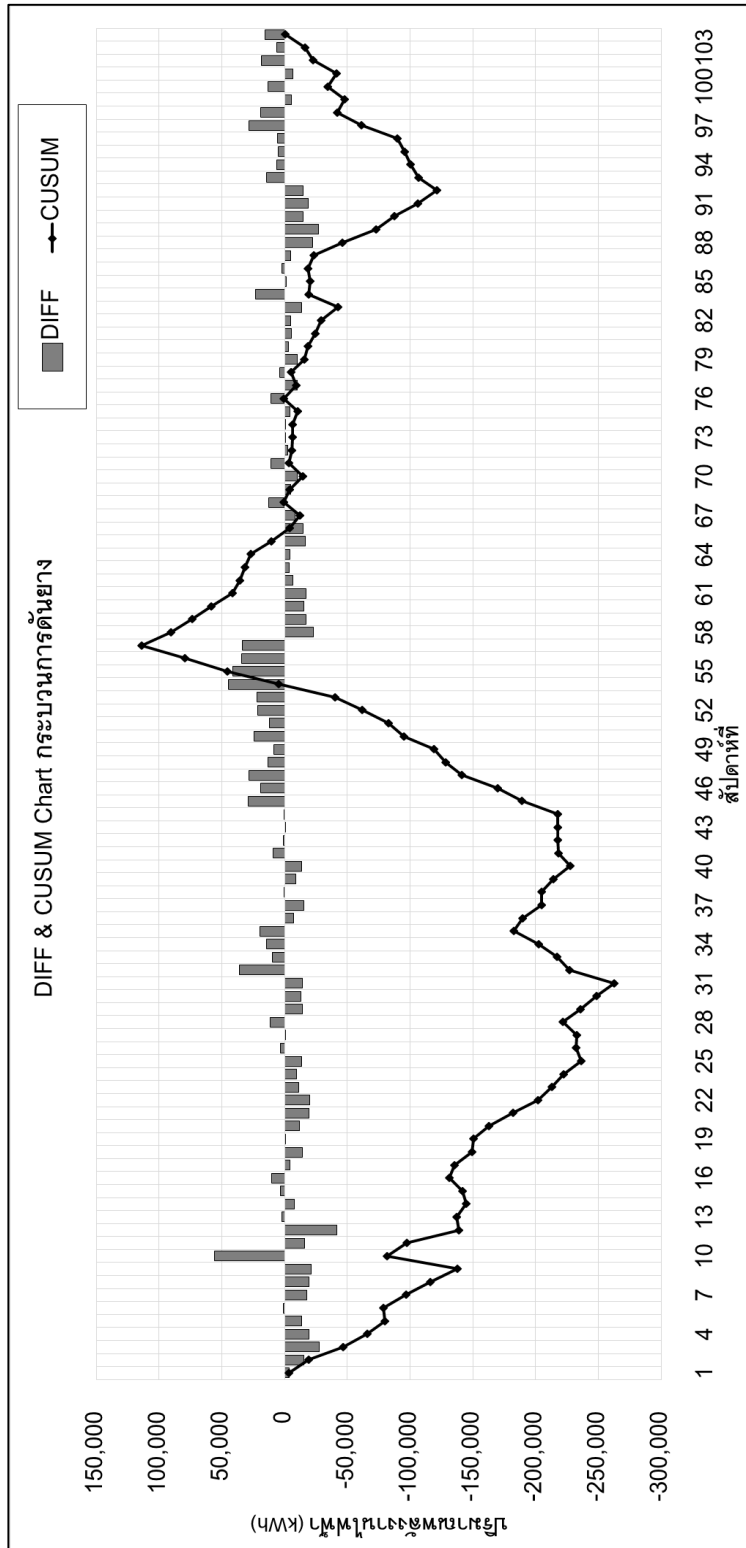
1) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูลโดยใช้กราฟ CUSUM โดยแสดงใน รูปที่ 4.76 พบว่า กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 5 ช่วง คือ

- ช่วงที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-31) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น ลบ
- ช่วงที่ 2 (สัปดาห์ที่ 31-44) ใช้พลังงานใกล้เคียงค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUM ความชันเป็น ศูนย์
- ช่วงที่ 3 (สัปดาห์ที่ 44-58) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก
- ช่วงที่ 4 (สัปดาห์ที่ 58-66) ใช้พลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUM ความชันเป็น ลบ
- ช่วงที่ 5 (สัปดาห์ที่ 67-104) ใช้พลังงานสูงกว่าค่าอ้างอิง เส้นกราฟCUSUMความชันเป็น บวก

ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-31 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมลดลง ทำให้ประหยัดพลังงานเมื่อพิจารณาที่กิจกรรมการผลิตในส่วนของ การปรับปรุงระบบระบายอากาศของเครื่องต้นยาง ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างต่อเนื่อง จนถึงช่วงสัปดาห์ที่ 44 – 58 พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากปัญหาวัตถุดิบติดเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรชำรุดและเกิดลมรั่วในเครื่องบางตัว โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 58-66 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากในช่วงสัปดาห์ดังกล่าวโรงงานตัวอย่างได้แก้ไขปัญหา โดยการปรับปรุงเครื่องจักร และการปรับปรุงกระบวนการผลิตในส่วนขั้นตอนการบ้อนวัตถุดิบ จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ แต่อย่างไรก็ดีจะพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 67-104 พฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้น เกิดจากการสูญเสียพลังงานจากปัญหาเครื่องต้นยางที่มีอายุการใช้งานนาน โดยชำรุดในส่วนการฉีดยาเพื่อให้รักษาสภาพของยางหลังจากที่ผ่านการดันให้เรียบ โรงงานตัวอย่างจึงซ่อมแซมและปรับปรุงอัตราการไหลของน้ำ เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน

การเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานแบบรายสัปดาห์เห็นชัดเจน มากกว่าในแบบรายเดือน รูปที่ 4.18 ซึ่งการติดตามข้อมูลแบบรายสัปดาห์ จะทำให้โรงงานทราบพฤติกรรมการใช้พลังงาน และสามารถทราบถึงสภาพปัญหา แก้ไขปัญหาได้ทันที



รูปที่ 4. 75 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผลิต โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ เป็นข้อมูลอ้างอิง

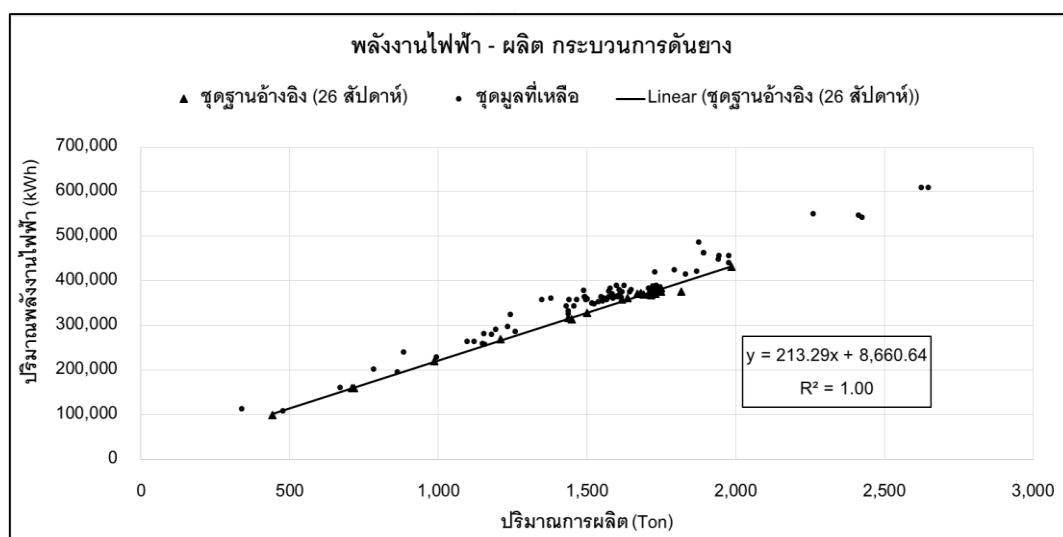
2) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณพลังงานที่ใช้แบบรายปี ดังแสดงในรูปที่ 4.77 โดยใช้ข้อมูลปี 2556 ในการเปรียบเทียบ แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเป็นรายปี พบว่าการใช้พลังงาน ในปี 2557 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมลดลงกว่า ปี 2556 เล็กน้อย เพราะ ลักษณะกราฟในปี 2557 ช่วงสัปดาห์ที่ 57-91 มีลักษณะเป็นลบ แสดงให้เห็นถึงการประหยัดพลังงาน จากนั้นลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นบวกในช่วงสัปดาห์ที่ 92-104 เนื่องจากพฤติกรรมการใช้พลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยสูญเสียพลังงานไป จำนวน 94,596 kWh (0.25%)

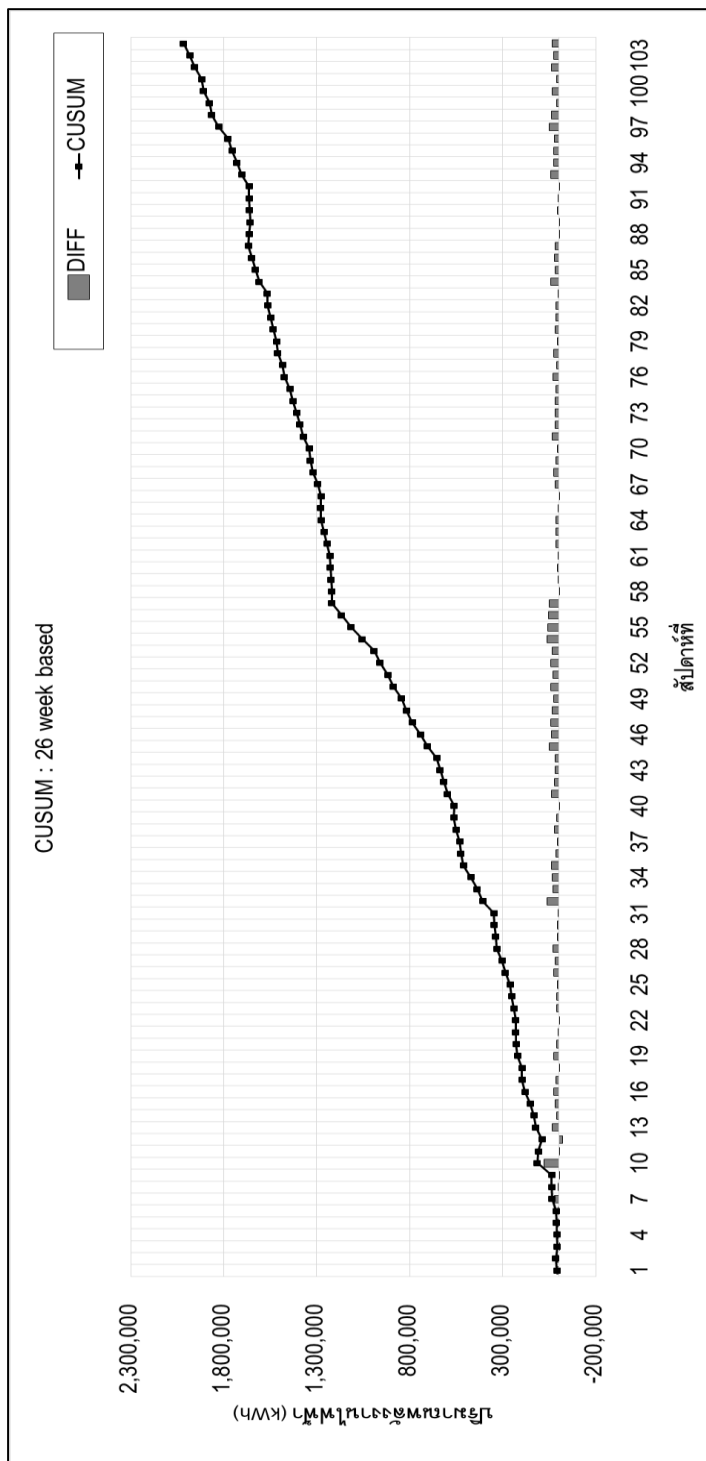


3) การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อ 1) เลือกใช้ข้อมูลฐานอ้างอิง 6 เดือน (26 สัปดาห์) ที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานดีที่สุด เมื่อเขียนแผนภาพการกระจาย และกราฟ CUSUM ดังแสดงในรูปที่ 4.78 และรูปที่ 4.79 โดยใช้ข้อมูล 26 สัปดาห์ที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่ดี เป็นฐานอ้างอิง เทียบกับ 78 สัปดาห์ที่เหลือ พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โดยช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 52 เกิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ต่อเนื่องไปจนถึงช่วงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 53 เป็นมีลักษณะคงที่ในช่วงหลัง ดังแสดงในรูปที่ 4.79 โรงงานมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 1,057,655 kWh (5.8%)



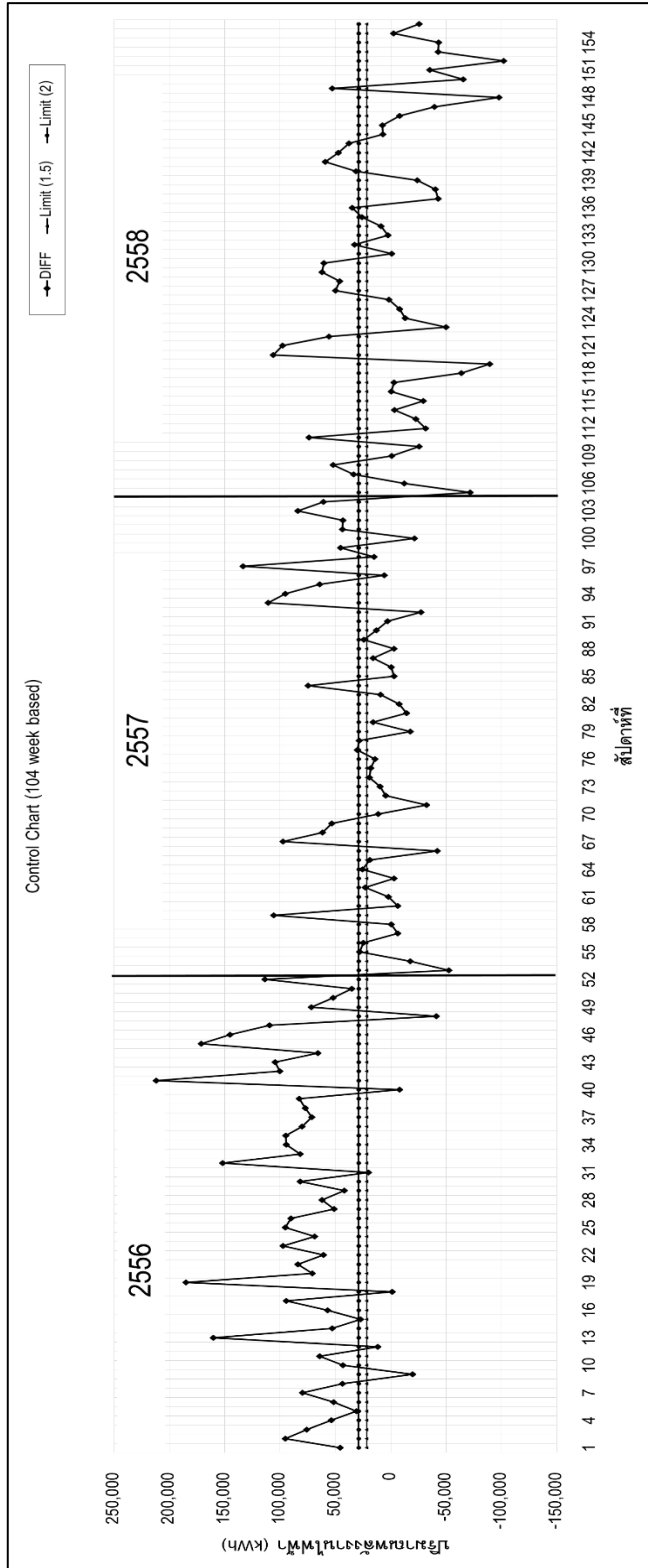
รูปที่ 4.77 การกระจายตัวของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตในรอบ 104 สัปดาห์ ของกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์



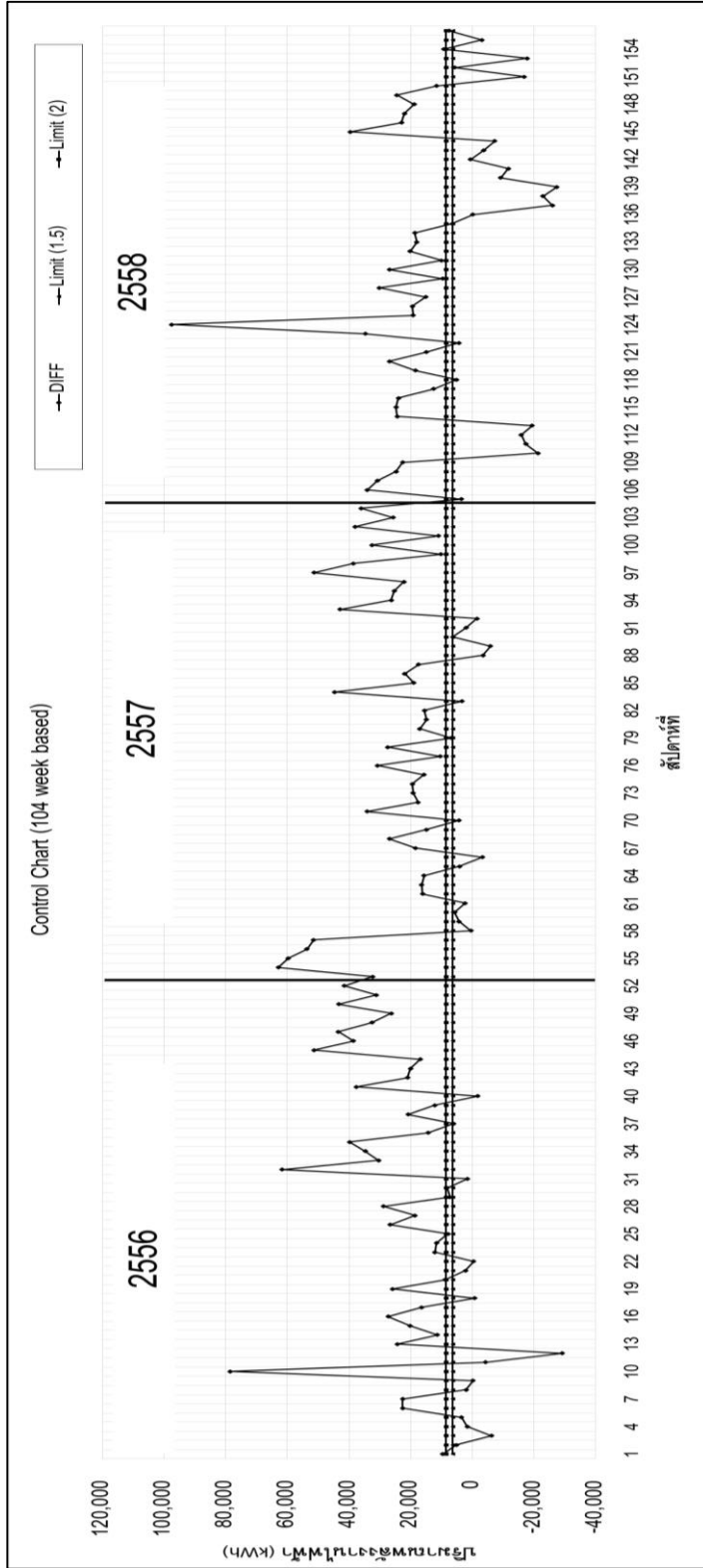
รูปที่ 4.78 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการต้นยาง โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 26 สัปดาห์

4.3 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2558

เนื่องจากกลุ่มกระบวนการผสมยาง และกระบวนการดันยางเป็น กระบวนการที่มีการใช้ไฟฟ้าที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตอื่น การควบคุมการใช้พลังงานจึงควรนำมาพิจารณา เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบรายสัปดาห์ของปี 2556-2557 ทำให้เราทราบข้อมูลการใช้พลังงาน และปริมาณการผลิต สามารถนำข้อมูลปริมาณค่าเฉลี่ยของผลต่างที่ดีที่สุดของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จริง และปริมาณไฟฟ้าอ้างอิงจำนวน 26 สัปดาห์ มาใช้ในการทำเส้นควบคุมการใช้พลังงานได้ ซึ่งกำหนดเส้นควบคุมการใช้พลังงานอยู่ที่ 1.5 เท่า หรือ 2.0 เท่า โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลรายสัปดาห์ของปี 2558 ใช้ติดตามตรวจสอบการใช้พลังงาน และควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นก็สามารถตรวจสอบวิเคราะห์หาสาเหตุผิดปกติได้อย่างรวดเร็วแก้ไขปัญหาได้ทันเหตุการณ์



รูปที่ 4.79 กราฟเชิงเส้นของค่า DIFF และค่า Limit เมื่อใช้ข้อมูลอ้างอิง 104 สัปดาห์ (ของทั้ง 2 ปี) ของกระบวนการผสมยาง



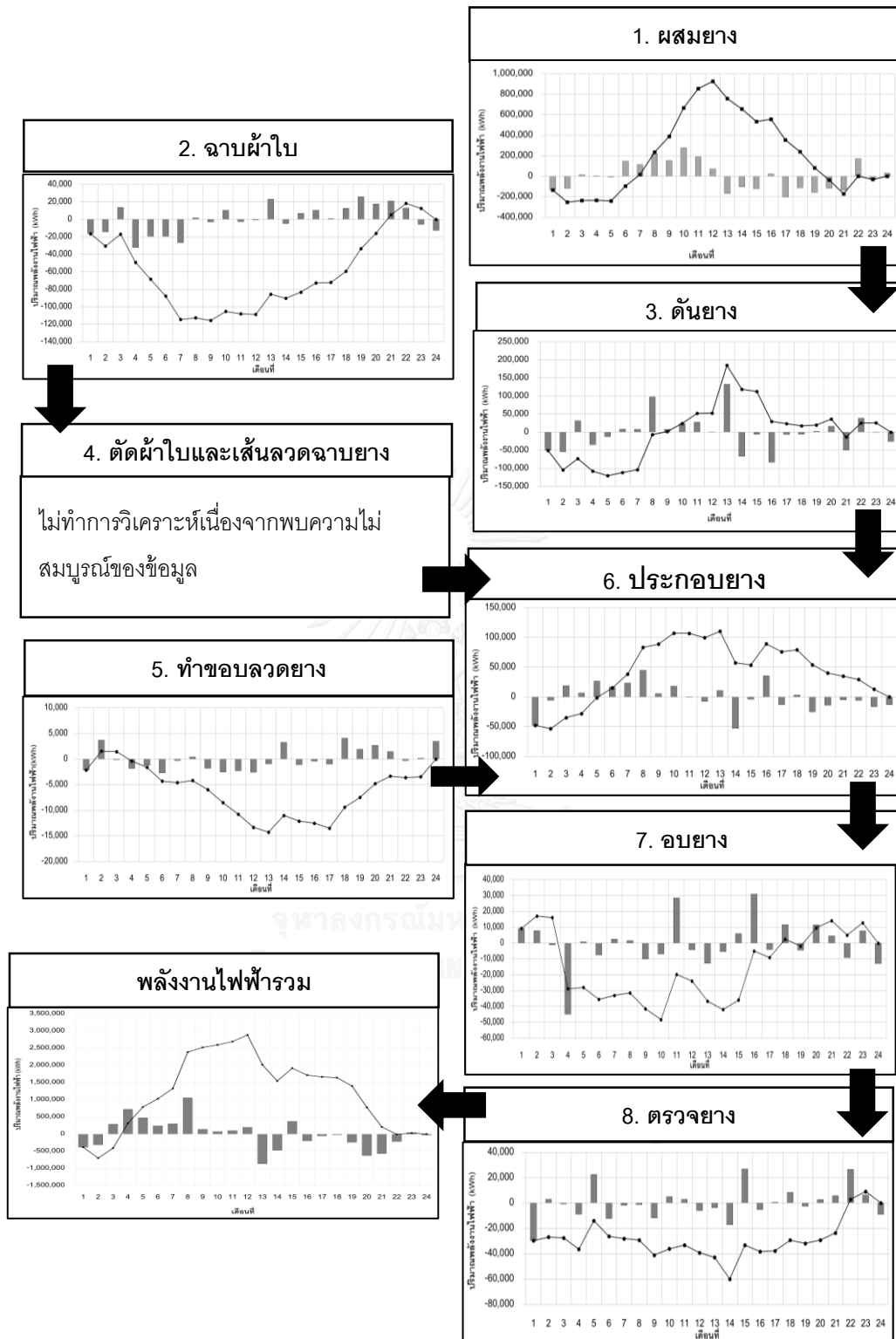
รูปที่ 4.80 กราฟเชิงเส้นของค่า DIFF และค่า Limit เมื่อใช้ข้อมูลข้างถึง 104 สัปดาห์ (ของทั้ง 2 ปี) ของกระบวนการด้านยาง

จากรูปที่ 4.80 การใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี 2558 ของกระบวนการต้นยาง นั้น จะพบว่า เกินเส้นควบคุมพลังงานทั้ง 1.5 และ 2.0 ไปทั้งหมด 13 สัปดาห์ โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือน 4,6 และเดือน 9 เกิดเหตุการณ์ที่ทำให้สูญเสียพลังงาน

จากรูปที่ 4.81 การใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี 2558 ของกระบวนการต้นยาง นั้น จะพบว่า เกินเส้นควบคุมพลังงานทั้ง 1.5 และ 2.0 ไปทั้งหมด 28 สัปดาห์ ในช่วงเดือน 1,3-7 และ เดือน 10 เกิดเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานพลังงาน

การสร้างเส้นควบคุมการใช้พลังงานจะมีประโยชน์อย่างมากในการติดตามการใช้พลังงานกรณีพบว่าปริมาณการใช้พลังงานเกินจากค่าที่ได้กำหนดไว้ โรงงานตัวอย่างควรหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นและเร่งแก้ไข เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานในปริมาณมาก

จากการผลการดำเนินวิจัยในบทที่ 4 พบว่าลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต มีลักษณะที่แตกต่างกันไป โดยได้ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูล 24 เดือนเป็นข้อมูลอ้างอิง และใช้ข้อมูลอ้างอิง 6 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.82 และ 4.83 ในส่วนของการเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบบรายปี โดยใช้ข้อมูลปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง ในกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.84



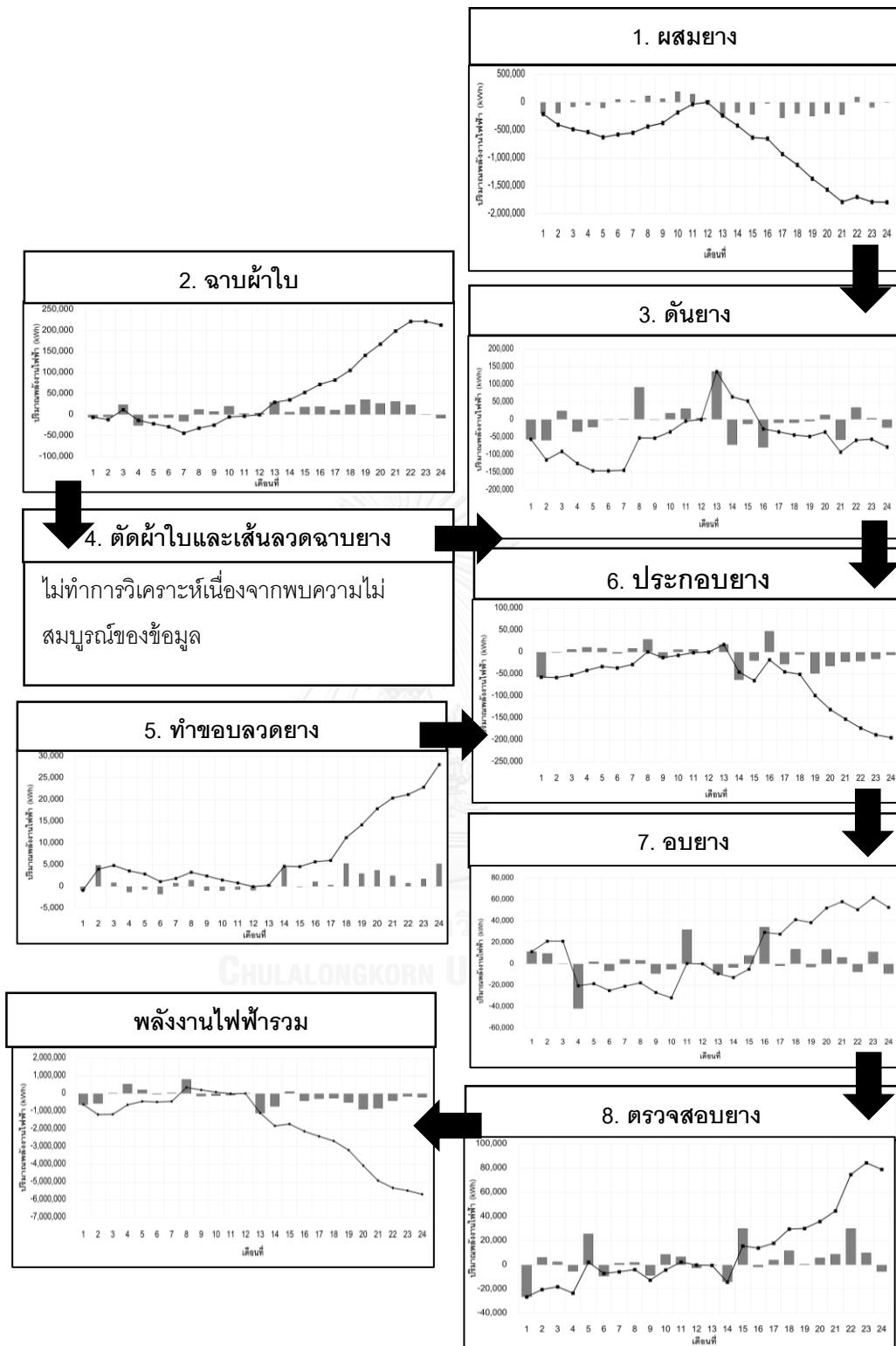
รูปที่ 4.81 CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ของกระบวนการผลิต โดยใช้ข้อมูล 24 เดือน เป็นข้อมูลอ้างอิง

ตารางที่ 4.15 การประหยัดและการสูญเสียพลังงานแบบเปรียบเทียบรายปี (ใช้ข้อมูล
อ้างอิงปี 2556 เป็นข้อมูลอ้างอิง)

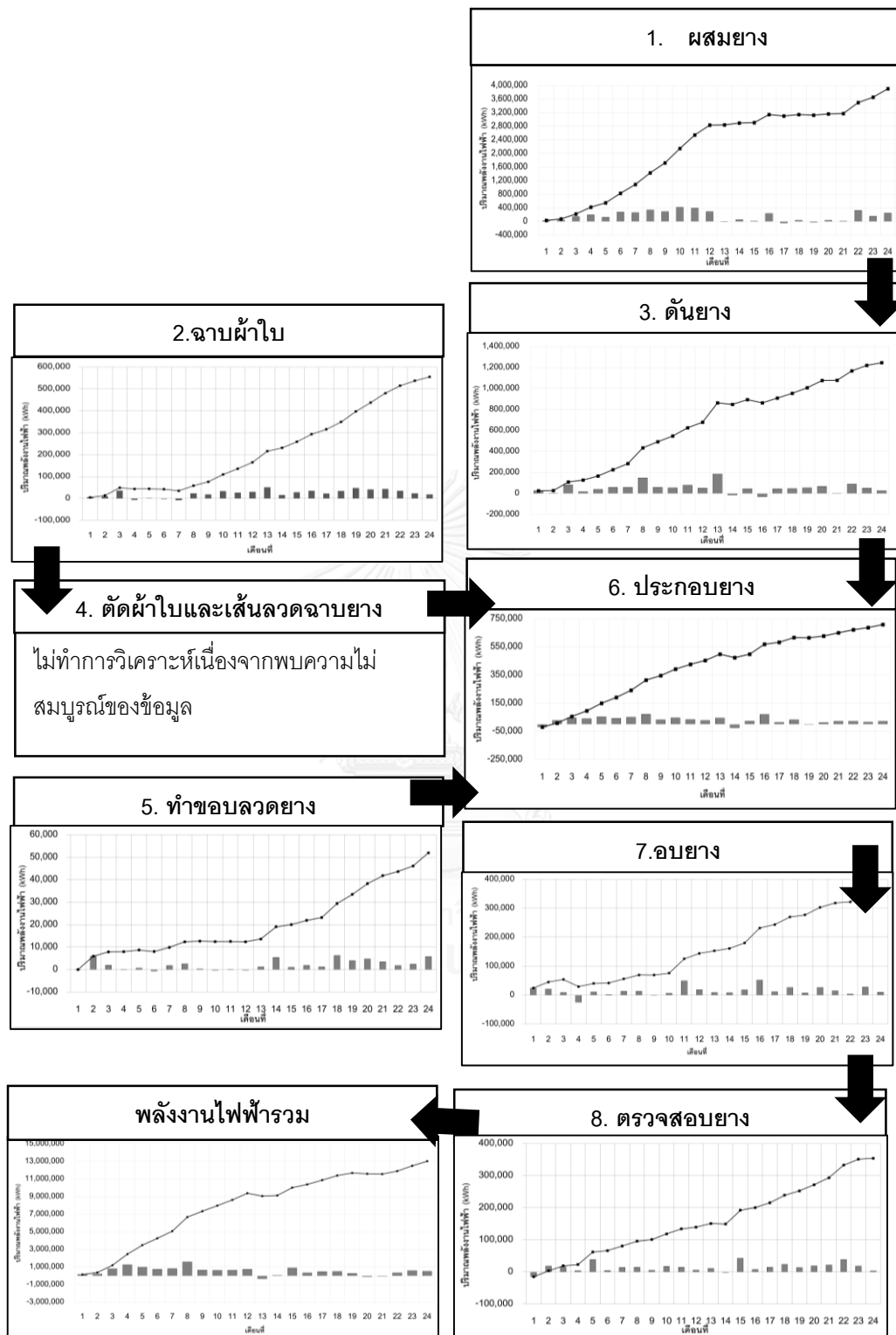
กระบวนการผลิต	รูปที่	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)
1.ผสมยาง	4.9	-1,791,914
2.ฉาบผ้าใบ	4.19	+213,048
3.ดันยาง	4.29	-78,044
4.ตัดผ้าใบและเส้นลวดฉาบ ยาง	-	0
5.ทำขอบลวดยาง	4.39	+28,068
6.ประกอบยาง	4.49	-194,851
7.อบยาง	4.59	+52,776
8.ตรวจสอบยาง	4.69	+78,914
รวม		-1,692,003 (29.7%)
การวิเคราะห์ทั้งองค์กร		-5,700,427 (100.0%)

หมายเหตุ : - คือ ประหยัดพลังงาน
+ คือ สูญเสียพลังงาน

จากตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.83 จะพบว่าโรงงานตัวอย่างมีผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในปี 2557 เกิดจากการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีมาตรการการอนุรักษ์พลังงานดังนี้ 1. การปรับปรุงแก้ไขด้านเครื่องจักรและกระบวนการผลิต ได้แก่ การปรับปรุงเครื่องจักร โดยทำการติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในเครื่องจักรที่ต้องมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานนาน การปรับเปลี่ยนระบบการระบายความร้อนที่เครื่องจักร และการปรับปรุงกระบวนการผลิตในบางขั้นตอนเพื่อลดปัญหาวัตถุติดเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรชำรุด เป็นต้น 2. การปรับปรุงในด้านอื่นๆ โดยการปรับปรุงด้านแสงสว่างของพื้นที่ทำงาน ทั้งในกระบวนการผลิตและสำนักงาน การแก้ไขปัญหาระบบ Utility เช่นการติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ปั้มน้ำที่ใช้ทำน้ำหล่อเย็น และที่ระบบ chiller



รูปที่ 4.82 CUSUM วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบแบบรายปี (ข้อมูลอ้างอิงปี 2556) ของกระบวนการผลิตต่าง ๆ



รูปที่ 4.83 CUSUM ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 6 เดือน ในการเปรียบเทียบ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและข้อมูลปริมาณการผลิตในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางรถยนต์ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และตีความข้อมูลด้วยรูปแบบกราฟที่เหมาะสมและการอธิบายวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้จากข้อมูลมากยิ่งขึ้น

ผลจากการรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณพลังงานและปริมาณการผลิต ในช่วงปี 2556-2557 ทำให้ได้ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งไม่รวม กระบวนการตัดผ้าใบและเส้นลวดขาบายางและ ไม่รวมการวิเคราะห์พลังงานความร้อนในแต่ละกระบวนการผลิตที่ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล จึงทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าใน 7 กระบวนการหลัก โดยทำการวิเคราะห์หาสมการตัวแทนจากกราฟการกระจายตัวของข้อมูลระหว่างการใช้พลังงาน และปริมาณการผลิตของแต่ละกระบวนการผลิต ในรอบ 24 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สมการตัวแทนการใช้พลังงานในรอบ 24 เดือน ของกระบวนการผลิตยางรถยนต์

ลำดับ ที่	กระบวนการ	สมการตัวแทน 24 เดือน			พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ยต่อเดือน (kWh)
		R ²	m	c	
1	ผสมยาง	0.88	704.84	430,117	4,993,060
2	ดันยาง	0.80	157.20	494,742	1,540,540
3	ฉาบผ้าใบ	0.71	67.51	71,038	327,969
4	ทำขอบลวดยาง	0.77	11.63	73,917	112,896
5	ประกอบยาง	0.73	61.23	248,958	642,649
6	อบยาง	0.75	43.17	288,076	568,255
7	ตรวจจสอบยาง	0.85	50.77	246,425	578,177

จากตารางที่ 5.1 จะพบว่า ค่า R² ของแต่ละกระบวนการผลิตนั้นอยู่ระหว่าง 0.71-0.88 (R² > 0.7) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิตมีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้สมการตัวแทนนั้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิตได้ จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจะพบว่า กระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น ได้แก่ กระบวนการผสมยาง และกระบวนการดันยาง

เมื่อวิเคราะห์ค่า SEC ในแต่ละกระบวนการผลิตยางรถยนต์นั้น แสดงช่วงของค่า SEC แยกตามกระบวนการผลิต สำหรับค่า SEC เฉลี่ย ในแต่ละกระบวนการผลิต ตารางที่ 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 4.10, 4.12 และ 4.14 จากบทที่ 4 จะแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า SEC ตามช่วงเวลาและค่า SEC แยกตามรายปี ในแต่ละกระบวนการ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ค่า SEC แบบข้อมูลเชิงอนุกรมเวลานั้นไม่สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงและการเพิ่มหรือลดของค่า SEC ได้ ดังนั้นจึงควรอธิบายด้วยกราฟการกระจายตัวข้อมูลจะทำให้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น เมื่อพิจารณาช่วงค่า SEC ของแต่ละกระบวนการผลิต ปัจจัยที่ส่งผลได้แก่ ปริมาณผลผลิต และอิทธิพลอื่น เช่น ประสิทธิภาพเครื่องจักร ประเภทของกระบวนการผลิต เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ช่วงค่า SEC ของพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิตยางรถยนต์

กระบวนการผลิตยางรถยนต์	ช่วงค่า SEC (kWh/Ton)
1. กระบวนการผสมยาง	739 - 814
2. กระบวนการดันยาง	218 - 265
3. กระบวนการฉาบผ้าใบ	78 - 95
4. กระบวนการขอบลวดยาง	29 - 39
5. กระบวนการประกอบยาง	91 - 114
6. กระบวนการอบยาง	81 - 99
7. กระบวนการตรวจสอบยาง	83 - 97

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยใช้ CUSUM ในการวิเคราะห์ ดังแสดงในบทที่ 3 และ 4 พบว่า พฤติกรรมการใช้พลังงานมีลักษณะที่แตกต่างกันไป เมื่อพิจารณาที่ระดับองค์การจะไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าเกิดการสูญเสียพลังงานที่ส่วนใดของกระบวนการผลิต ถ้าพิจารณารายละเอียดในแต่ละกระบวนการผลิต จะทำให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานได้ดีขึ้น พบว่าจากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิตนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. การประหยัดพลังงาน เกิดจากพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มลดลง อันเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน 2. การสูญเสียพลังงาน จากพฤติกรรมการใช้พลังงานสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น อันเนื่องมาจากปัญหาสภาพเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานนาน ชำรุดบ่อย ทำให้ไม่สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ปัญหาลมรั่ว และปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่นในกระบวนการดันยาง เมื่อโรงงานตัวอย่างทราบถึงพฤติกรรมการใช้พลังงาน ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตที่จะประหยัดได้ โดยใช้ข้อมูลผลต่างที่ดีที่สุดของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณไฟฟ้าที่อ้างอิง จำนวน 6 เดือน มาวิเคราะห์ในรูปกราฟการกระจายตัว เมื่อได้สมการเส้นฐาน และวิเคราะห์ด้วย CUSUM จะได้สมการที่ใช้ในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 5.3 แสดงศักยภาพการประหยัดพลังงานในปี 2557 และผลประหยัด โรงงานตัวอย่างสามารถนำมามาตรการหรือพฤติกรรมในช่วงที่ประหยัดพลังงานของแต่ละกระบวนการผลิต มาพิจารณาในการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

หากวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงระดับรายสัปดาห์ จากบทที่ 4 จะเห็นว่า ทำให้ทราบพฤติกรรมการใช้พลังงานได้ละเอียดมากกว่ารายเดือน นอกจากนี้บางช่วงของพฤติกรรมการใช้พลังงานแบบรายสัปดาห์จะสามารถระบุพฤติกรรมได้ชัดเจนมากกว่าแบบรายเดือน ซึ่งทำให้สามารถตรวจติดตามพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า และหากเกิดปัญหา ก็สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ทันที

ตารางที่ 5.3 ศักยภาพในการประหยัดพลังงานในปี 2557 และผลประหยัดโดยใช้ข้อมูลอ้างอิง 6 เดือน

กระบวนการผลิต	สมการชุดฐานอ้างอิง 6 เดือน	พลังงานไฟฟ้ารวม (18 เดือน)	ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน (kWh)	ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน (%)
ผสมยาง	$Y = 761.04x - 96,573$	86,253,550	1,072,426.04	1.84
ดันยาง	$Y = 157.63x + 440,319$	26,887,025	567,037.43	3.12
ฉาบผ้าใบ	$Y = 76.933x + 12,070$	5,400,981	213,047.71	5.53
ขอบลวดยาง	$Y = 11.955x + 70,511$	2,002,123	39,595.47	2.91
ประกอบยาง	$Y = 66.804x + 183,571$	10,943,809	255,384.07	3.36
อบยาง	$Y = 50.994x + 222,233$	10,003,577	216,704.23	3.20
ตรวจสอบยาง	$Y = 47.793x + 251,100$	9,935,749	214,709.08	3.09

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หลังจากที่โรงงานตัวอย่างได้ดำเนินงานตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ตามที่ได้มีการกำหนดเป้าหมายไว้ การควบคุมการใช้พลังงานเป็นเรื่องที่สำคัญ เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ กรณีที่เกินเส้นควบคุม โรงงานจะต้องเร่งดำเนินการแก้ไขทันที เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน ทั้งนี้การสร้างเส้นควบคุมการใช้พลังงานควรทำในรายสัปดาห์ เพื่อให้สามารถติดตามการใช้พลังงานได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน และพฤติกรรมการใช้พลังงาน ควรมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และมีความถูกต้อง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

2. การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน ควรทำในระดับรายสัปดาห์ เพื่อให้สามารถตรวจติดตามการใช้พลังงานได้ดียิ่งขึ้น หากเกิดความผิดปกติก็จะสามารถแก้ไขได้ในทันที

3. การควบคุมการใช้พลังงานในปัจจุบัน สามารถใช้ข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต เพื่อกำหนดเกณฑ์การใช้พลังงาน ทำให้สามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ หากโรงงานสามารถนำไปใช้ได้ ก็จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น



รายการอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dede.go.th/download/state_58/sit_57_58/Economic.pdf.
2. ชนิชา หมอยาดี. มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
3. พัชรมาศ นุ่มดี. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม TSIC 31, 32,34 และ 35 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553
4. กระทรวงพาณิชย์. สินค้าส่งออก 10 อันดับแรก ประจำปี 2557 [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://www2.ops3.moc.go.th/>.
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง [อินเทอร์เน็ต]. 2550 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/factory/rubber/rubberThai.pdf>.
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม [อินเทอร์เน็ต]. 2552 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/km_berc/menu4.html.
7. Patterson M.G., what is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. Energy Policy. 1996; Vol. 24(5):377-390.
8. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) อุตสาหกรรมกระดาษ [อินเทอร์เน็ต]. 2549 [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/km_berc/menu4.html.
9. ไชยะ แซ่มซ้อย. การใช้เทคนิค SPC กับงานการจัดการพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554.

10. Armitage P and Berry G. Statistical Methods in Medical Research [Internet]. 2015 [cited 8 September 2015]. Available from: <http://www.bmj.com/collections/ststsbk/11.html>.
11. เป็นธิดา มณีโชติ. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม : TSIC 33,36,37 และ 38 [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553.
12. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Output of Seminar on Energy Conservation in Rubber Industry, in the Seminar on Energy Conservation; Hanoi, Viet Nam: Japan; 1998.
13. วิชชากร จารุศิริ. การพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานระดับจังหวัด, ในการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3; 23-25 พฤษภาคม 2550; กรุงเทพมหานคร 2550.
14. กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก [อินเทอร์เน็ต]. 2547[เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2558] . เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/km_berc/menu4.html.
15. สุภาพงษ์ ลาธุลี. มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
16. ณัฐวุฒิ เพิ่มขุนทด. มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมแก้วและกระจก [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
17. เอกสิทธิ์ สุวรรณศรี. การปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต].ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;2543.
18. Wua, L., Chenb, B. and Borc, Y., Structure model of energy efficiency indicators and applications. Energy Policy. 2007;35(2007):3768-3777.
19. สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทผลิตภัณฑ์ยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม; 2548

20. Stankeviciute L., Energy Use and Energy Management in tyre manufacturing: The Trelleborg 1 Case. [A Thesis for the Master of Science]: Lund University International Master's Program in Environmental Science; 2000.
21. Moyer J.W., Energy efficiency improvements for a large tire manufacturing plant [A Thesis for the Master of Science]: Department of Mechanical Engineering and Energy Process the Graduate School Southern Illinois University Carbondale; 2010





ตารางที่ ก.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผสมยาง
(รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	6,418	4,819,068
	2	6,513	4,903,658
	3	7,015	5,389,322
	4	5,867	4,568,090
	5	6,921	5,301,454
	6	7,015	5,520,607
	7	6,699	5,265,025
	8	7,227	5,741,492
	9	6,887	5,437,260
	10	6,817	5,512,795
	11	5,634	4,589,871
	12	5,463	4,351,969
2557	13	6,327	4,722,235
	14	6,515	4,919,476
	15	6,987	5,232,789
	16	5,533	4,351,969
	17	6,496	4,805,500
	18	6,675	5,021,861
	19	6,846	5,097,219
	20	6,634	4,988,678
	21	6,775	5,070,137
	22	6,617	5,265,025
	23	6,056	4,668,090
	24	5,433	4,289,871
รวม		155,370	119,833,461
เฉลี่ย		5,433	4,993,061

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการต้นยาง (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	6,934	1,534,247
	2	6,802	1,509,784
	3	7,234	1,663,422
	4	6,122	1,422,554
	5	7,373	1,641,257
	6	7,364	1,660,877
	7	7,073	1,614,455
	8	7,018	1,695,337
	9	7,303	1,650,696
	10	6,951	1,610,460
	11	5,767	1,429,034
	12	5,697	1,390,708
2557	13	5,795	1,538,597
	14	6,827	1,501,222
	15	7,100	1,605,081
	16	5,593	1,290,708
	17	6,515	1,512,666
	18	6,638	1,532,419
	19	7,094	1,612,241
	20	6,696	1,563,659
	21	7,240	1,583,330
	22	6,852	1,610,460
	23	5,877	1,419,034
	24	5,799	1,380,708
รวม		159,664	36,972,956
เฉลี่ย		6,653	1,540,540

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการฉาบผ้าใบ (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	3,963	322,162
	2	3,852	316,925
	3	3,952	351,436
	4	3,444	271,411
	5	4,173	333,550
	6	4,350	345,361
	7	4,178	326,364
	8	4,024	344,465
	9	4,033	340,305
	10	3,836	340,394
	11	3,162	281,729
	12	3,050	276,216
2557	13	3,363	321,297
	14	4,108	343,571
	15	4,078	353,395
	16	3,716	332,385
	17	3,964	339,432
	18	4,033	355,940
	19	3,954	363,797
	20	3,822	346,653
	21	3,954	359,179
	22	4,015	355,108
	23	3,262	285,466
	24	3,055	264,723
รวม		91,340	7,871,264
เฉลี่ย		3,806	327,969

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการทำขอบลวด (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	3,239	109,415
	2	3,372	116,845
	3	3,585	115,474
	4	3,985	118,410
	5	4,024	119,457
	6	3,610	113,186
	7	3,499	114,302
	8	3,512	115,147
	9	3,634	114,376
	10	2,895	105,053
	11	2,873	105,044
	12	2,768	103,537
2557	13	3,285	111,176
	14	3,393	116,612
	15	3,510	113,619
	16	3,003	108,410
	17	3,225	110,444
	18	3,351	116,960
	19	3,501	116,532
	20	3,512	117,438
	21	3,532	116,436
	22	3,477	114,053
	23	2,923	108,044
	24	2,766	109,537
รวม		80,473	2,709,505
เฉลี่ย		3,353	112,896

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการประกอบยาง (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	6,478	597,693
	2	5,721	593,511
	3	6,701	678,020
	4	5,759	608,272
	5	6,990	703,654
	6	7,083	699,174
	7	6,831	690,500
	8	6,897	716,093
	9	7,025	684,711
	10	6,709	678,023
	11	5,620	592,753
	12	5,473	576,664
2557	13	5,611	603,344
	14	6,524	595,390
	15	6,846	664,397
	16	5,315	609,972
	17	6,772	650,419
	18	6,455	647,277
	19	7,296	670,577
	20	6,983	662,550
	21	6,925	667,859
	22	6,811	660,321
	23	5,911	594,567
	24	5,586	577,839
รวม		154,322	15,423,580
เฉลี่ย		6,430	642,649

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบยาง (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	6,493	577,652
	2	6,733	586,556
	3	7,170	596,556
	4	5,821	494,450
	5	7,128	596,547
	6	7,230	592,636
	7	6,956	590,870
	8	6,860	585,777
	9	7,164	587,228
	10	6,699	570,416
	11	5,767	565,563
	12	5,458	519,546
2557	13	5,655	519,475
	14	6,664	570,401
	15	6,812	588,135
	16	5,710	565,450
	17	6,380	559,389
	18	6,581	583,771
	19	6,894	581,286
	20	6,575	583,368
	21	7,063	597,563
	22	6,752	570,416
	23	5,784	545,523
	24	5,429	509,546
รวม		155,778	13,638,121
เฉลี่ย		6,491	568,255

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการตรวจสอบยาง (รายเดือน)

ปี	เดือนที่	ปริมาณผลผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
2556	1	6,599	551,680
	2	6,745	591,696
	3	7,169	609,696
	4	5,786	531,284
	5	7,132	630,948
	6	7,220	600,664
	7	6,997	599,870
	8	7,024	601,823
	9	7,268	603,572
	10	5,790	545,345
	11	5,746	541,137
	12	5,536	521,410
2557	13	6,569	576,225
	14	6,786	573,899
	15	7,020	629,664
	16	6,005	546,137
	17	6,451	574,511
	18	6,702	595,129
	19	7,001	599,253
	20	7,024	605,664
	21	7,064	610,737
	22	5,821	568,345
	23	5,745	544,321
	24	5,630	523,237
รวม		156,831	13,876,244
เฉลี่ย		6,535	578,177



ตารางที่ ข.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับองค์กร

ปีที่	เดือน	ปริมาณการผลิต (Ton)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
2556	1	6,599	12,234,894
	2	6,745	12,559,844
	3	7,169	13,907,944
	4	5,786	11,913,034
	5	7,132	14,027,439
	6	7,220	13,948,329
	7	6,997	13,614,345
	8	7,024	14,419,528
	9	7,268	13,930,085
	10	5,790	11,272,963
	11	5,746	11,221,496
	12	5,536	10,947,256
2557	13	6,569	11,698,935
	14	6,786	12,474,637
	15	7,020	13,724,666
	16	6,005	11,377,299
	17	6,451	12,306,071
	18	6,702	12,778,024
	19	7,001	13,083,040
	20	7,024	12,740,001
	21	7,064	12,865,514
	22	5,821	11,035,671
	23	5,745	11,158,215
	24	5,630	10,890,313
รวม		156.831	300,129.543
เฉลี่ย		6.535	12,505.398

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนในระดับองค์กร

ปีที่	เดือน	ปริมาณการผลิต (Ton)	พลังงานความร้อน (MJ)
2556	1	6,599	75,649,130
	2	6,745	77,330,100
	3	7,169	74,868,075
	4	5,786	65,963,670
	5	7,132	74,526,255
	6	7,220	75,366,035
	7	6,997	70,367,305
	8	7,024	73,819,965
	9	7,268	75,283,885
	10	5,790	65,898,110
	11	5,746	65,521,260
	12	5,536	63,572,415
2557	13	6,569	72,443,685
	14	6,786	70,196,535
	15	7,020	77,378,975
	16	6,005	67,380,030
	17	6,451	77,381,085
	18	6,702	77,382,140
	19	7,001	77,383,195
	20	7,024	77,384,250
	21	7,064	77,385,305
	22	5,821	67,169,030
	23	5,745	65,022,320
	24	5,630	68,451,565
รวม		156.831	1,733,124.320
เฉลี่ย		6.535	72,213.513

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานรวมในระดับองค์กร

ปีที่	เดือน	ปริมาณการผลิต (Ton)	พลังงานรวม (MJ)
2556	1	6,599	119,694,749
	2	6,745	122,545,539
	3	7,169	124,936,675
	4	5,786	108,850,593
	5	7,132	125,025,036
	6	7,220	125,580,021
	7	6,997	119,378,947
	8	7,024	125,730,266
	9	7,268	125,432,191
	10	5,790	106,480,777
	11	5,746	105,918,645
	12	5,536	102,982,535
2557	13	6,569	114,559,849
	14	6,786	115,105,230
	15	7,020	126,787,772
	16	6,005	108,338,306
	17	6,451	121,682,939
	18	6,702	123,383,026
	19	7,001	124,482,139
	20	7,024	123,248,254
	21	7,064	123,701,155
	22	5,821	106,897,446
	23	5,745	105,191,893
	24	5,630	107,656,691
รวม		156,831	2,813,590,675
เฉลี่ย		6,535	117,232,945

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิราพร อัดตะสาระ เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2532 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมจากโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และระดับปริญญาตรีจากภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2554 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

