

## การลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

ชนะชล ทับวิชนี<sup>1</sup> และ ปณัฑพร เรืองเชิงชุม<sup>2\*</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ ตลอดจนเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความสูญเสีย รวมถึงเพื่อเสนอแนวทางการลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยศึกษาจากผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 20 คนที่โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่นเป็นกรณีศึกษา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิต แผนภูมิพาเรโต การประเมินความเสี่ยง เมตริกซ์เหตุและผล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ และผังแสดงความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะมาจากการหยุดผลิตของกิจกรรมเผาไหม้ขยะ เมื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ พบว่าเครื่องจักรประเภทเกจบาร์แบบเดินหน้าและถอยหลัง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสีย เมื่อนำผลไปวิเคราะห์หาทางลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ พบว่า แนวทางเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบระยะห่างของเกจบาร์ แนวทางติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิได้ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง และแนวทางตรวจสอบระบบการทำงานของพัดลมทำความสะอาดซีเมนต์ได้ห้องเผาไหม้ ทุก 2 ชั่วโมง เป็นแนวทางที่สามารถลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะจาก ร้อยละ 9.07 เหลือเพียงร้อยละ 0.54 หรือคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ถึง 19.08 ล้านบาท ผลจากการวิจัยนี้ จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

**คำสำคัญ:** การลดความสูญเสีย, การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ, กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ

รับพิจารณา: 23 กรกฎาคม 2561

แก้ไข: 6 ตุลาคม 2563

ตอบรับ: 21 ตุลาคม 2563

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษากิจการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>2</sup> อาจารย์ หลักสูตรบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษากิจการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. +669 0073 9539 อีเมล: rpanut@kku.ac.th



## Reducing Losses Through Defect and Impact Analysis in Waste Electrical Power Generation : Case Study of A Waste Electrical Power Plant, Khon Kaen Province

Chanachon Tupvichin<sup>1</sup> and Panutporn Ruangchoengchum<sup>2\*</sup>

### Abstract

This research aimed to study the loss in energy from waste process, analyze causes, and provide a guideline to reduce the loss by analyzing defects and effects. This study was based on 20 key informants from the waste electrical power plant in Khon Kaen, as a case study. The data were analyzed with Process Flow Chart, Pareto chart, Risk Assessment, Cause and Effect matrix, Defect and Impact Analysis (FMEA), and Relationship Diagrams. The results showed the loss in the energy from waste process came from the stoppage of waste incineration. The study found that the reverse and forward stepping grate machine was a cause of the loss. As a result of the analysis, the loss reduction by analyzing the defects and the impact, it suggested increasing frequency of monitoring the distance (GAP) of the Grate Bar, installation thermometer under the continuous combustion chamber, and checking cleaning fan system every two hours. These guidelines could reduce loss in the energy from waste process from 9.07% to only 0.54%, or equal to 19.08 million baht. Therefore, the result of this research can be used as a policy recommendation to provide a cost effective way to reduce the loss in the process of energy generating from waste efficiently

**Keywords:** Failure Mode Effects and Analysis (FMEA), losses reduction, the power generation process from waste energy

Received: July 23, 2018

Revised: October 6, 2020

Accepted: October 21, 2020

---

<sup>1</sup> Master Degree Student, Master of Business Administration, College of Graduate of Study in Management, Khon Kaen University

<sup>2</sup> Lecture, Master of Business Administration, College of Graduate Study in Management, Khon Kaen University

\* Corresponding Author Tel. +669 0073 9539 e-mail: rpanut@kku.ac.th

## 1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะเป็นวิธีหนึ่งซึ่งช่วยกำจัดขยะตกค้าง โดยการนำขยะตกค้างไปแปรรูปให้กลายเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าภายใต้การดำเนินการโดยโรงไฟฟ้าพลังงานขยะที่ต้องอาศัยกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่มีศักยภาพในการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ ดังนั้น รัฐบาลจึงได้ส่งเสริมให้แต่ละจังหวัดได้แก้ปัญหาขยะตกค้าง โดยเฉพาะในจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดขอนแก่นที่เป็นสามจังหวัดของประเทศไทยที่มีปัญหาขยะตกค้างในแต่ละปีมากถึง 1.2 ล้านตัน 1 ล้านตันและ 7 แสนตัน ตามลำดับ [1] นอกจากนี้ แผนยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดตั้งเช่นจังหวัดขอนแก่นได้กำหนดเป้าหมายให้เป็นจังหวัดที่มีศักยภาพด้านธุรกิจไมซ์ (Meetings, Incentive Travel, Conventions, Exhibitions: MICE) ทำให้มีจำนวนนักท่องเที่ยวและรายได้จากการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [2] จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณขยะเพิ่มขึ้นตามจำนวนนักท่องเที่ยว

อย่างไรก็ตาม ในปี 2560 โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ โดยเฉพาะในจังหวัดขอนแก่น กลับได้เผชิญปัญหาความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะที่มีการหยุดเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าสูงถึง 678 ชั่วโมง ขณะที่สามารถเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าได้เพียง 7,750 ชั่วโมง ซึ่งไม่เป็นตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (8,428 ชั่วโมง) ส่งผลให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงถึง 20.47 ล้านบาท [3]

ถึงแม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ส่วนใหญ่ได้ศึกษาถึงความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะตั้งแต่ ประเด็นความเป็นไปได้ในการตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ [4] การผสมถ่านหินร่วมกับการเผาไหม้ขยะเพื่อลดมลพิษทางอากาศ [5], [6] รวมถึงการออกแบบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ขยะ [7], [8] นอกจากนี้ยังศึกษาถึงประเด็นการผลิตซีโอไลต์ (Zeolite) จากผลพลอยได้จากการเผาไหม้ขยะ [9] และการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการฝังกลบขยะกับการเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า [10] แต่ยังมีงานวิจัยส่วนน้อยที่ยังไม่ได้ศึกษาถึงการลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Modes and Effects Analysis: FMEA) ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ ทั้งที่

FMEA เป็นเทคนิคที่สำคัญต่อการประเมินข้อบกพร่องและผลกระทบที่สามารถนำไปใช้ในการลดความสูญเสีย [11] โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะจังหวัดขอนแก่น

2.2 เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

2.3 เพื่อเสนอและประยุกต์ใช้แนวทางลดความสูญเสียด้วย FMEA ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยกำหนดปัญหาการวิจัยลักษณะเฉพาะเจาะจงของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 การเก็บและรวบรวมข้อมูล

**ข้อมูลปฐมภูมิ** เก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) โดยใช้แบบสอบถามปลายเปิด (Open-ended question) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะรวมถึงการระดมความคิดเพื่อประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะและค้นหาสาเหตุของความสูญเสีย ตลอดจนหาข้อสรุปในการหาแนวทางลดความสูญเสียด้วย FMEA ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informants) จำนวน 20 คน ซึ่งความคิดเพื่อประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะและค้นหาสาเหตุของความสูญเสีย ตลอดจนหาข้อสรุปในการหาแนวทางลดความสูญเสียด้วย FMEA ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informants) จำนวน 20 คน ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการเลือกผู้ให้ข้อมูลหลักตั้งแต่เป็นพนักงานระดับหัวหน้า

งานและมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะมากกว่า 5 ปี

**ข้อมูลทฤษฎีภูมิ** รวบรวมข้อมูลจากสถิติการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น ระหว่างเดือนมกราคม 2560 ถึง ธันวาคม 2560 รวมถึงวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิตและแผนภูมิพาเรโตเพื่อจำแนกข้อมูลและแบ่งแยกประเภทการสูญเสียรวมถึงลำดับความสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเสียมากที่สุดตามกฎ 80/20 ของพาเรโต (Pareto) ซึ่งอธิบายผลลัพธ์ส่วนใหญ่กว่า ร้อยละ 80 เกิดจากตัวแปรเพียงร้อยละ 20 [11] นอกจากนี้ยังประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) โดยวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เวลาเฉลี่ยก่อนเครื่องจักรชำรุด (MTTF) เวลาเฉลี่ยในการซ่อมเครื่องจักร (MTTR) และร้อยละความน่าจะเป็นที่จะเกิดปัญหา (Probability) ตลอดจนร้อยละของผลกระทบ (Impact) ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเมตริกซ์เหตุและผล เพื่อหาการระดับคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและความสูญเสียโดยระดับคะแนนเท่ากับ (คะแนนประเมิน  $\times$  ค่าถ่วงน้ำหนัก กรณีผลิตกำลังผลิต) + (คะแนนประเมิน  $\times$  ค่าถ่วงน้ำหนักกรณีหยุดผลิตไฟฟ้า) ซึ่งระดับคะแนนประเมิน 0 หมายถึงสาเหตุไม่มีความสัมพันธ์กับความสูญเสีย คะแนนประเมิน 1 หมายถึงสาเหตุมีความสัมพันธ์

น้อยมากกับความสูญเสีย คะแนนประเมิน 3 หมายถึงสาเหตุมีความสัมพันธ์ปานกลางกับความสูญเสีย คะแนนประเมิน 9 หมายถึงสาเหตุมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูญเสียและค่าถ่วงน้ำหนักกรณีผลิตกำลังผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 5 และค่าถ่วงน้ำหนักกรณีหยุดผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 10 รวมถึงวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ด้วยการวิเคราะห์ระดับคะแนน (RPN) โดยจะคัดเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงวิเคราะห์ค่า RPN ซึ่งวิเคราะห์จาก RPN เท่ากับ  $S \times O \times D$  โดย S หมายถึงระดับผลกระทบ (Severity) ของขั้นตอนที่มีความล้มเหลว O หมายถึงระดับโอกาส (Occurrence) ของความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น D หมายถึงระดับการตรวจสอบ (Detection) ความล้มเหลวนั้น ๆ ว่ามีความสามารถในการตรวจสอบพบความล้มเหลวมากน้อยเพียงใด [9] นอกจากนี้ยังกำหนดเกณฑ์การพิจารณาจากระดับผลกระทบ ระดับโอกาสและระดับการตรวจสอบความล้มเหลว [11] ตามตารางที่ 1 หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยผังแสดงความสัมพันธ์ เพื่อหาแนวทางการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะและการวัดผลเปรียบเทียบการลดความสูญเสียก่อนและหลังปรับปรุง โดยวัดค่าความแตกต่างทางสถิติ (P-Value) ร่วมกับกำหนดช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval: CI) เพื่อวัดค่าแตกต่างทางสถิติว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

**ตารางที่ 1** เกณฑ์การพิจารณาระดับผลกระทบ ระดับโอกาสและระดับการตรวจสอบความล้มเหลว

เกณฑ์การตัดสิน		ระดับคะแนน
<b>ระดับผลกระทบ</b>		
สูง	มีผลกระทบสูงโดยตรงต่อปัญหาการสูญเสีย ความผิดพลาดเป็นสาเหตุของปัญหาการสูญเสีย 100%	8
ปานกลาง	มีผลกระทบปานกลางต่อปัญหาการสูญเสีย ความผิดพลาดเป็นสาเหตุของความสูญเสีย 70%	4
น้อย	มีผลกระทบน้อยต่อปัญหาการสูญเสีย ความผิดพลาดเป็นสาเหตุของความสูญเสีย 20%	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบต่อปัญหาการสูญเสีย ความผิดพลาดไม่เป็นสาเหตุของความสูญเสีย	1
<b>ระดับโอกาส</b>		
สูง	พบความล้มเหลวในอัตราสูง (มากกว่า 10 ครั้งต่อเดือน)	8
ปานกลาง	พบความล้มเหลวในอัตราปานกลาง (ตั้งแต่ 5- 10 ครั้งต่อเดือน)	4
ต่ำ	พบความล้มเหลวในอัตราต่ำ (น้อยกว่า 5 ครั้งต่อเดือน)	2
<b>ระดับการตรวจสอบความล้มเหลว</b>		
ต่ำ	การตรวจสอบสามารถตรวจพบความล้มเหลวได้น้อยกว่า 50%	8
ปานกลาง	การตรวจสอบสามารถตรวจพบความล้มเหลวได้ในระดับ 50% - 80%	4
สูง	การตรวจสอบสามารถตรวจพบความล้มเหลวได้ในระดับ มากกว่า 80%	1

ที่มา: ดัดแปลงจาก [9]

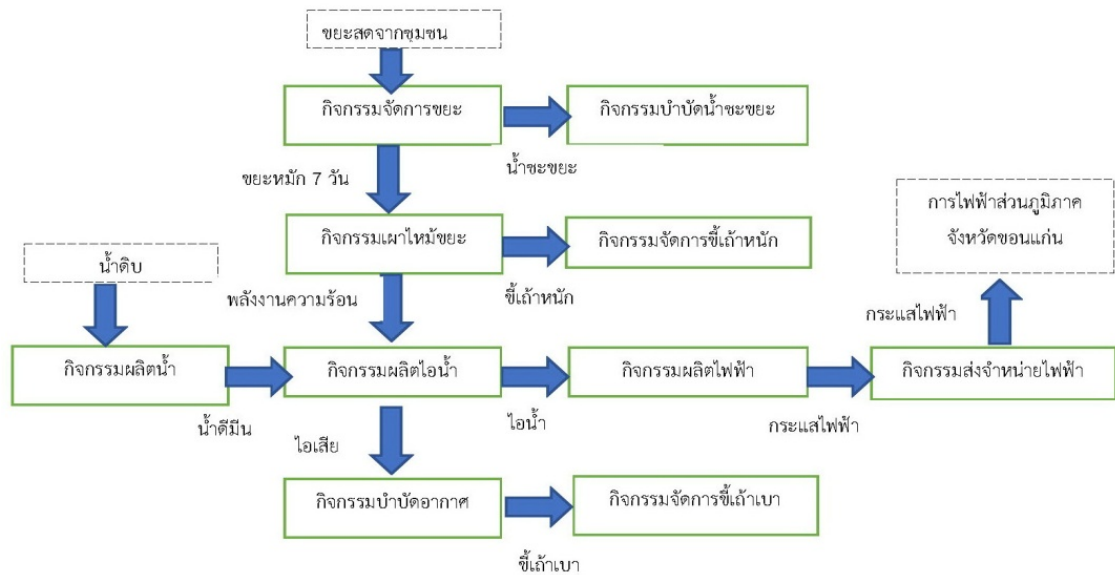
### 3.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้และความถูกต้องของข้อมูล

ผู้วิจัยตรวจสอบความเชื่อถือได้และความถูกต้องของข้อมูลด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data triangulation) เพื่อตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อมูลตั้งแต่ด้านเวลา สถานที่และผู้ใช้ข้อมูลหลัก รวมถึงการตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการ (Methodological triangulation) ทั้งการสังเกตและการสัมภาษณ์รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อยืนยันในข้อมูลที่ได้รับว่ามีความถูกต้องหรือสอดคล้องกัน ทั้งหมด 10 กิจกรรมหลัก

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการศึกษาความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

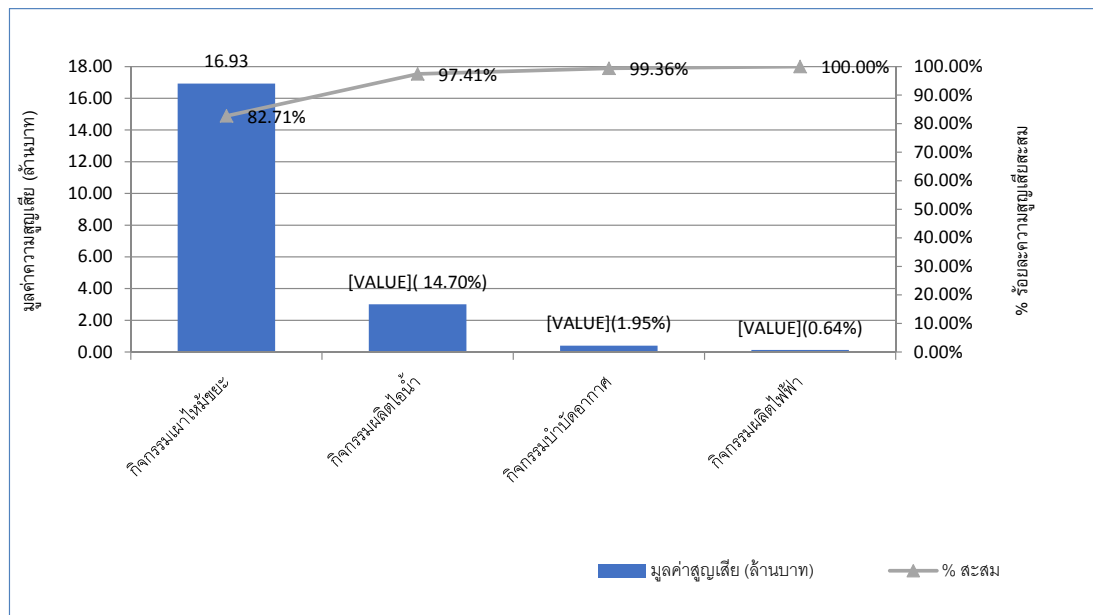
เมื่อวิเคราะห์ภาพรวมของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิต พบว่ามีกิจกรรมทั้งหมด 10 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมจัดการขยะ กิจกรรมเผาไหม้ขยะ กิจกรรมผลิตไอน้ำ กิจกรรมบำบัดอากาศ กิจกรรมผลิตน้ำ กิจกรรมบำบัดน้ำชะขยะ กิจกรรมจัดการซีเมนต์ กิจกรรมผลิตไฟฟ้า กิจกรรมส่งจำหน่ายไฟฟ้า และกิจกรรมจัดการซีเมนต์ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ พบว่ามี 4 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมเผาไหม้ขยะ กิจกรรมผลิตไอน้ำ กิจกรรมบำบัดอากาศ และกิจกรรมผลิตไฟฟ้า ที่มีความสูญเสียสูงถึงร้อยละ 82.71 ร้อยละ 14.70 ร้อยละ 1.95 และร้อยละ 0.64 หรือคิดเป็นมูลค่า 16.93 ล้านบาท 3.01 ล้านบาท 0.40 ล้านบาทและ 0.13 ล้านบาท ตามลำดับ ตามรูปที่ 2 โดยเมื่อเรียงลำดับตามลำดับของความสูญเสียด้วยแผนภูมิพาเรโต พบว่ากิจกรรมเผาไหม้ขยะเป็นกิจกรรมที่เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจาก

พลังงานขยะ ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องแก้ไขเร่งด่วนมากที่สุด นอกจากนี้เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงเพื่อจัดลำดับความเสี่ยงที่มีผลกระทบ พบว่า MTTF เป็น 91.25 วัน MTTR เป็น 72 ชั่วโมงและความน่าจะเป็นที่ปัญหา (Probability) เป็นร้อยละ 75 ตลอดจนผลกระทบ (Impact) ที่เกิดในกิจกรรมเผาไหม้ขยะพบมากที่สุดถึงร้อยละ 60 ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการเรียงลำดับตามลำดับความสำคัญตามความสูญเสียด้วยแผนภูมิพาเรโต ที่จำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน



รูปที่ 2 การเรียงลำดับตามความสำคัญของความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะด้วยแผนภูมิพาราไดซ์

ตารางที่ 2 ตารางประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

item	กิจกรรม	ความน่าจะเป็น (Probability)					ผลกระทบ (Impact)					%Risk								
		MTTF (days)	%Prob.	Level	1	2	3	4	5	MTTR (hrs)	%OF Repair		%Impact	Level	Value(MB)*	1	2	3	4	5
1	กิจกรรมจัดการขยะ	365.00	0.00	1	X					24	50.00	10.00	1	0.362	X					0.00
2	กิจกรรมเผาไหม้ขยะ	91.25	75.00	4				X		72	0.00	60.00	4	2.171			X		45.00	
3	กิจกรรมผลิตไอน้ำ	152.08	58.33	3			X			48	0.00	40.00	3	1.447			X		23.33	
4	กิจกรรมผลิตไฟฟ้า	243.33	33.33	2		X				48	0.00	40.00	3	1.447			X		13.33	
5	กิจกรรมบำบัดอากาศ	243.33	33.33	2		X				24	0.00	20.00	2	0.724		X			6.67	
6	กิจกรรมผลิตน้ำ	365.0	0.00	1	X					12	50.00	5.00	1	0.181	X				0.00	
7	กิจกรรมบำบัดน้ำขยะ	304.2	16.67	1	X					12	100.00	0.00	1	0.000	X				0.00	
8	กิจกรรมส่งการขึ้นค่าแก๊ส	365.0	0.00	1	X					12	50.00	5.00	1	0.181	X				0.00	
9	กิจกรรมส่งจำหน่ายไฟฟ้า	365.0	0.00	1	X					12	0.00	10.00	1	0.362	X				0.00	
10	กิจกรรมจัดการขึ้นค่าแก๊ส	365.0	0.00	1	X					12	0.00	10.00	1	0.362	X				0.00	

หมายเหตุ \* คำนวณจากปริมาณขายไฟฟ้า 4,500 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ราคาขายไฟฟ้า 6.70 บาทต่อหน่วย

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียของกิจกรรมเผาไหม้ขยะในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ พบว่า กิจกรรมเผาไหม้ขยะประกอบด้วย 3 กิจกรรมย่อยตั้งแต่ 1) ป้อนขยะเข้าห้องเผาไหม้ 2) ควบคุมการเผาไหม้ขยะและ 3) ระบายซีเมนต์ออกจากห้องเผาไหม้ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเมตริกซ์เหตุและผลเพื่อเชื่อมโยงสาเหตุของ

ความสูญเสีย พบว่า สาเหตุหลักส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมควบคุมการเผาไหม้ขยะ โดยพบว่าอุปกรณ์และเครื่องจักรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหยุดเดินเครื่อง ซึ่งอยู่ในระดับคะแนนที่สูงถึง 135 คะแนน ในทางตรงข้ามสาเหตุส่วนน้อยมาจากกิจกรรมระบายซีเมนต์ออกจากห้องเผาไหม้ โดยพบว่าวัตถุดิบและความชำนาญของพนักงานเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหยุดเดินเครื่องที่อยู่ในระดับคะแนนต่ำเพียง 15 คะแนน ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เมตริกซ์เหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ของกิจกรรมเผาไหม้ขยะ

กิจกรรมย่อย	สาเหตุ	น้ำหนักผลกระทบ		
		ลดกำลังผลิต	หยุดผลิต	หน้ากระดาษ
1. ป้อนขยะเข้าห้องเผาไหม้	1.1 วัสดุดิบ	9	3	79
	1.2 อุปกรณ์และเครื่องจักร	3	3	45
	1.3 ความรู้ความชำนาญของพนักงาน	3	3	45
2. ควบคุมการเผาไหม้ขยะ	2.1 วัสดุดิบ	3	3	45
	2.2 อุปกรณ์และเครื่องจักร	9	9	135
	2.3 ความรู้ความชำนาญของพนักงาน	3	3	45
3. ระบายซี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้	3.1 วัสดุดิบ	1	1	15
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องจักร	3	1	25
	3.3 ความรู้ความชำนาญของพนักงาน	1	1	15

#### 4.3 แนวทางลดความสูญเสียด้วย FMEA ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงศึกษารายละเอียดเครื่องจักรในกิจกรรมการเผาไหม้ขยะ พบว่า อุปกรณ์และเครื่องจักรจำนวน 4 รายการ ได้แก่ ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Unit) เกจบาร์แบบเคลื่อนที่ถอยหลัง (Reverse Stepping Grate) เกจบาร์แบบเคลื่อนที่เดินหน้า (Forward Stepping Grate) และพัดลมช่วยในการเผาไหม้ (Primary Air Fan) ที่หากมีการชำรุดเสียหายจะส่งผลกระทบต่อการทำงานเครื่องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหาแนวทางลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ FMEA ในกระบวนการผลิต

ไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยทำการวิเคราะห์และประเมินค่าระดับคะแนน (RPN) ในกิจกรรมเผาไหม้ขยะ ซึ่งวิเคราะห์ตั้งแต่ ความเสียหายต่อหน้าที่ โหมตการเสียและผลกระทบ เพื่อจัดลำดับความเร่งด่วนในการกำหนดแนวทางในการลดความสูญเสีย ซึ่งพบว่าค่า RPN มากกว่า 100 พบในส่วนอุปกรณ์และเครื่องจักร ได้แก่ เกจบาร์แบบเคลื่อนที่ถอยหลังและเกจบาร์แบบเคลื่อนที่เดินหน้า ซึ่งอุปกรณ์และเครื่องจักรเหล่านี้มีผลกระทบต่อกระบวนการเผาไหม้ขยะมากที่สุด ตามตารางที่ 4 จึงจำเป็นต้องหาแนวทางการลดความสูญเสียด้วยการปรับปรุงแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างเร่งด่วน

ตารางที่ 4 ประเมินค่าระดับคะแนน (RPN) ในกิจกรรมเผาไหม้ขยะ

เครื่องจักร	หน้าที่	ความเสียหายต่อหน้าที่	โหมตการเสีย	ผลกระทบ	S	O	D	RPN
1. เกจบาร์แบบเคลื่อนที่ถอยหลัง	ลำเลียงขยะให้เคลื่อนที่ในห้องเผาไหม้	ขยะในห้องไหม้ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	เกจบาร์ขัดตัว	หยุดการเผาไหม้ขยะและการผลิตไฟฟ้า	8	2	8	128
2. เกจบาร์แบบเคลื่อนที่เดินหน้า	ลำเลียงซี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้	ซี้เถ้าไม่สามารถลำเลียงออกจากห้องเผาไหม้	เกจบาร์ขัดตัว	หยุดการเผาไหม้และการผลิตไฟฟ้า	8	2	8	128

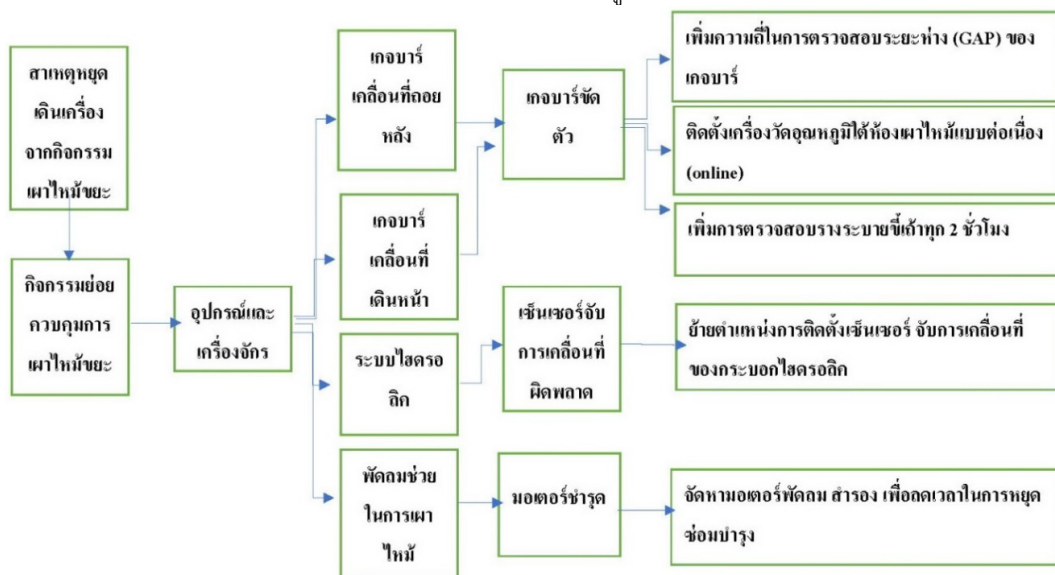


ตารางที่ 4 ประเมินค่าระดับคะแนน (RPN) ในกิจกรรมเผาไหม้ขยะ (ต่อ)

เครื่องจักร	หน้าที่	ความเสียหายต่อหน้าที่	โหมดการเสีย	ผลกระทบ	S	O	D	RPN
3. พัฒมช่วยในการเผาไหม้	บ่อนอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้ขยะ	ไม่สามารถบ่อนอากาศช่วยห้องเผาไหม้ขยะ	มอเตอร์ชำรุด	ไม่สามารถบ่อนอากาศช่วยเผาไหม้ทำให้หยุดผลิตไฟฟ้า	8	2	4	64
4. ระบบไฮดรอลิก	ส่งกำลังเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของขยะในห้องเผาไหม้	ไม่สามารถควบคุมการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้	เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนที่ผิดพลาด	ขยับเกจบาร์ไม่ได้ หยุดการเผาขยะและการผลิตไฟฟ้า	8	2	4	64

ผลจากการวิเคราะห์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ระดมความคิดร่วมกับผู้ให้ข้อมูลหลักที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยใช้ผังแสดงความสัมพันธ์ พบว่า มีทั้งหมด 6 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบระยะห่าง (GAP) ของเกจบาร์ แนวทางที่ 2 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิได้ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง (Online) แนวทางที่ 3 ตรวจสอบระบบการทำงานของพัฒมทำความสะอาดซีเถ้าทุก 2 ชั่วโมง และแนวทางที่แก้ปัญหามอเตอร์ชำรุด (RPN น้อยกว่า 100) ได้แก่ แนวทางที่ 4 ย้ายตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวของกระบอกลิโตรลิก แนวทางที่ 5 จัดเตรียมมอเตอร์สำรองเพื่อลด

เวลาในการหยุดซ่อมบำรุง โดยแนวทางเพื่อแก้ปัญหา ระยะเร่งด่วน (RPN มากกว่า 100) ได้แก่ แนวทางที่ 1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบระยะห่าง (GAP) ของเกจบาร์ แนวทางที่ 2 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิได้ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง (Online) แนวทางที่ 3 ตรวจสอบระบบการทำงานของพัฒมทำความสะอาดซีเถ้าทุก 2 ชั่วโมง และแนวทางที่แก้ปัญหามอเตอร์ชำรุด (RPN น้อยกว่า 100) ได้แก่ แนวทางที่ 4 ย้ายตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวของกระบอกลิโตรลิก แนวทางที่ 5 จัดเตรียมมอเตอร์สำรองเพื่อลดเวลาในการหยุดซ่อมบำรุงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังแสดงความสัมพันธ์ในการกำหนดแนวทางการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น





ผลจากการกำหนดแนวทางข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงตามสาเหตุที่มีค่า RPN มากกว่า 100 ทั้ง 3 แนวทาง และดำเนินการติดตามผลการดำเนินการหลังปรับปรุงระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2561 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะในปี 2560 และปี 2561 พบว่าความสูญเสียได้ลดลงจากร้อยละ 9.07 ในปี 2560 เหลือ

เพียงร้อยละ 0.54 ในปี 2561 หรือคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงถึง 19.08 ล้านบาทต่อปี ตามตารางที่ 5 หลังการปรับปรุงทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.59 ล้านบาทต่อเดือน จากการลดความสูญเสีย ผลการเปรียบเทียบรายได้ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่า รายได้หลังปรับปรุงแตกต่างจากรายได้ก่อนปรับปรุงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.102$ , 95% CI : -0.373 - 3.546)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลดำเนินการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ (ก่อนและหลังปรับปรุง)

หน่วย : ล้านบาท

	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		ผลต่าง		
	ผลดำเนินการปี 2560		ผลดำเนินการปี 2561				
	รวม	เฉลี่ย	รวม	เฉลี่ย	ต่อเดือน	ต่อปี	P-Value
รายได้ (เป้า)	246	20.50	250	20.79			
รายได้ (จริง)	225	18.80	245	20.38	1.58	20	0.102
<b>สูญเสีย</b>					(95% CI : -0.373 - 3.546)		
ล้านบาท	20.40	1.70	1.32	0.11	1.59	19.08	
ร้อยละ	9.07	9.04	0.54	0.54	8.50	8.50	

## 5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมเผาไหม้ขยะ เป็นสาเหตุสำคัญของความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ โดยต้องแก้ไขจากอุปกรณ์และเครื่องจักรในกิจกรรมย่อย ในการควบคุมการเผาไหม้ขยะ ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางการลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ FMEA ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุพัฒตรา [12] และสุพัฒ [13] ซึ่งได้ศึกษาการลดความสูญเสีย โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ FMEA เมื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ พบว่าแนวทางที่ 1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบระยะห่าง (GAP) ของเกจบาร์ (Grate Bar) แนวทางที่ 2 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิใต้ห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง (Online) และแนวทางที่ 3 ตรวจสอบระบบการทำงานของพัดลมทำความสะอาดซีเฝ้า (Cleaning Fan) ทุก 2 ชั่วโมง สามารถลดความสูญเสียได้สอดคล้องกับการวิจัยของ Ying - Chu Chen และ Fang - Wen Wu [14] โดยผลจากการกำหนดแนวทางการลดความสูญเสียจากพลังงานขยะ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ จังหวัดขอนแก่น พบว่าสามารถลดความ

สูญเสียจากร้อยละ 9.07 เหลือเพียงร้อยละ 0.54 หรือคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงจาก 20.40 ล้านบาทต่อปี เหลือเพียง 1.32 ล้านบาทต่อปี ซึ่งสามารถลดได้ถึง 19.08 ล้านบาทต่อปี

## 6. ข้อเสนอแนะ

6.1 หลังจากปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเผาไหม้ขยะ และการประเมินผลการปรับปรุงตามแผนงานที่กำหนดแล้ว ผู้บริหารควรมีการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA เพื่อหาแนวทางลดความสูญเสียให้ครอบคลุมเครื่องจักรทั้งหมดในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ ของโรงไฟฟ้าขยะจังหวัดขอนแก่น

6.2 ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาการประยุกต์ใช้แนวทางลดความสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ FMEA ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในธุรกิจโรงไฟฟ้าทั้งโรงไฟฟ้าขยะที่จะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นในอนาคต และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนอื่น ๆ ในประเทศ



## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Pollution Control, "Status of garbage remaining in 2016 - 2017," [http://infofile.pcd.go.th/waste/wst haz\\_annual59.pdf](http://infofile.pcd.go.th/waste/wst haz_annual59.pdf), Thailand, 2017. (in Thai)
- [2] N. Sripui and P. Ruangchoengchum, "Guideline to improve the Efficiency of Organizing Hotel Business Conferences for Mice City in Amphoe Mueang Khon Kean Province," *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology Nort Bangkok*, vol. 7 , no. 2, pp. 102-111, 2016. (in Thai)
- [3] Alliance Clean Power Company Limited, "Annual Report 2017," Thailand, 2018. (in Thai)
- [4] T. T. Wen and C. K. Kuan, "An analysis of power generation from municipal solid waste," *Energy*, vol. 35, no. 12, pp. 4824-4830, 2010.
- [5] C. Hefa, Z. Yanguo and L. Qinghai, "Municipal Solid Waste Fueled Power Generation in China: A Case Study," *Environmental Science and Technology*, vol. 41, no. 21, pp. 7509-7515, 2007.
- [6] J. Yan and T. Chen, "Evaluation of PCDD/F emission from fluidized bed incinerators co-firing MSW with coal in China," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 135, no. 1, pp. 47-51, 2006.
- [7] E. Jannelli and M. Minutillo, "Simulation of the flue gas cleaning system of and RDF incineration power plant," *Waste Management*, vol. 27, no. 5, pp. 684-690, 2007.
- [8] L. Morselli and M. Bartoli, "Tool for evaluation of impact associated with MSW incineration: LCA and integrated environmental monitoring system," *Waste Management*, vol. 25, no. 2, pp. 191-196, 2005.
- [9] F. Yun, Z. Fu-Shen, Z. Jianxin and L. Zhengang, "Effective utilization of waste ash from MSW and coal co-combustion power plant - Zeolite synthesis," *Journal of Hazardous Material*, vol. 153, no. 2, pp. 382-388, 2008.
- [10] A. Bernadette and L. Yuri, "The environmental comparison of landfilling vs. incineration of MSW accounting for waste diversion," *Waste Management*, vol. 32, no. 5, pp. 1019-1030, 2012.
- [11] K. Phoipanitjajurn, Failure Mode and Effects Analysis: FMEA, Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand - Japan), 2013. (in Thai)
- [12] S. Ketsarapong, "AN APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR ANALYSIS AND DEFECT REDUTION IN AUTOMOTIVE BODY STEEL PRESS PARTS," Sripatum University, Bangkean Campus, Thailand, 2550. (in Thai)
- [13] S. Wongjirattkarn, "Improvement of Preventive Maintenance Planning of an Automobile," *The Journal of KMUTNB*, vol. 23, no. 3, pp. 643-653, 2013. (in Thai)
- [14] Y.-C. Chen and W.-F. Wu, "Constructing an effective prevention mechanism for MSW lifecycle using failure mode and effects analysis," *Waste Management*, vol. 46, no. 1, pp. 646-652, 2015.