การปรับปรุงวิธีการทำงานในแผนกการออกแบบท่อส่งก๊าซโดยเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ: กรณีศึกษาบริษัทท่อส่งก๊าซ

WORK PROCESS IMPROVEMENT IN GAS PIPING DESIGN BY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS TECHNIQUE: A CASE STUDY OF A PIPELINE COMPANY

สุภาพร แสนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การปรับปรุงวิธีการทำงานในแผนกการออกแบบท่อส่งก๊าซโดยเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ: กรณีศึกษาบริษัทท่อส่งก๊าซ

สุภาพร แสนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงวิธีการทำงานในแผนกการออกแบบท่อส่งก๊าซโดยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ : กรณีศึกษาบริษัทท่อส่งก๊าซ Work Process Improvement in Gas Piping Design Department by Failure Mode and Effect Analysis Technique : A Case Study of a Pipeline Company
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวสุภาพร แสนกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, D.Eng.)

..... กรรมการ
(อาจารย์เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ, D.Eng.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 15 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงวิธีการทำงานในแผนกการออกแบบท่อส่งก๊าซโดยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ : กรณีศึกษาบริษัททท่อส่งก๊าซ
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุภาพร แสนกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำแนกประเภทข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อส่งก๊าซและทำการปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการทำงานเริ่มด้วยทีมผู้เชี่ยวชาญระดมสมองร่วมกันเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการออกแบบท่อที่ก่อให้เกิดความไม่พอใจตอบกลับจากลูกค้าในด้านคุณภาพของการออกแบบท่อ จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดต่างๆ ประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำโดยประเมินจากระดับของความรุนแรง โอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับของข้อผิดพลาดในแต่ละประเภทในเบื้องต้นข้อผิดพลาดที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำ มากกว่า 100 มี 6 ข้อผิดพลาด โดยที่มี 5 ประเภทของข้อผิดพลาดมีค่ามากกว่า 200 ซึ่งถือว่าข้อผิดพลาดที่วิกฤต จึงถูกนำนำมาพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อหาแนวทางป้องกันและการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ why-why analysis วิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหา จัดทำใบตรวจสอบเข้ามาควบคุมการตรวจสอบการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนและจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ

จากผลการปรับปรุงวิธีการดำเนินงานและติดตามผลพบว่าอัตราผิดพลาดในการออกแบบท่อหลังการปรับปรุงลดลงจากเดิมร้อยละ 14.08 เป็นร้อยละ 3.55 ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 0.74 เป็น 1.18

คำหลัก: การปรับปรุงงาน การออกแบบท่อเทคนิค การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

Thesis Title	Work Process Improvement in Gas Piping Design Department by Failure Mode and Effect Analysis Technique: A Case Study of a Pipeline Company
Name-Surname	Miss Supaporn Sankul
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2015

ABSTRACT

This research aimed to study and identify the failure types occurring in each step of the gas piping design process, and to improve work methodfor the effective operation through the application of failure mode and effect analysis (FMEA) technique.

The research methodology included the following steps. First, the expert team held a brainstorm to identify the problems occurring in the piping design process particularly the quality of the design. Then the FMEA technique was applied to analyze and evaluate the risk priority number (RPN) of each failureoccurring on the basis of the three significance values of severity, probability and detection. Accordingly, six failure types with RPN score over 100 and five with the RPN score over 200 were found. The latter were considered critical failure and needed to be resolved. After that, the why-why analysis was used to analyze the root cause of each critical failure and a check sheet wasthen constructed to control each step of the operation process. Finally, the inspection standardswere established and implemented.

After the implementation, the follow-up results showed that the failure rate in the piping design process decreased from 14.08 % to 3.55 %. Consequently, the operation efficiency increased from 0.74 to 1.18.

Keywords: work improvement, piping design, failure mode and effect analysis (FMEA)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ ประธานและกรรมการในการสอบ และ ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตรปริญญามหาบัณฑิตที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และเสนอแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำระเบียบการจัดทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบริษัทตัวอย่างที่ให้ทุนและเวลาในการศึกษารวมถึงข้อมูลต่างๆในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้และทีมเพื่อนพี่พนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือปรึกษาหารือในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และจะไม่สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ถ้าปราศจากกำลังใจจากครอบครัว เพื่อนๆ ทุกคนในการวิจัยครั้งนี้ถึงแม้จะประสบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มากมายแต่ด้วยความช่วยเหลือของทุกท่านที่กล่าวมานี้ทั้งหมด เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุภาพร แสนกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (9)

สารบัญรูป..... (10)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... (12)

บทที่ 1 บทนำ..... 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 13

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 16

1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 16

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 17

1.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 17

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 17

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 18

2.1 การออกแบบระบบท่อส่งก๊าซ 18

2.2 โปรแกรม PDMS (Plant Design Management System)..... 20

2.3 โปรแกรม CAESAR II..... 21

2.4 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) 22

2.5 ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA..... 25

2.6 Why-Why Analysis 34

2.7 การวัดประสิทธิภาพ 36

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง..... 44

3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 47

3.3 จัดตั้งทีมและอบรมเทคนิค FMEA 48

3.4 ศึกษากระบวนการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ..... 49

3.5 การระดมสมองโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในขั้นตอนการออกแบบท่อ..... 67

3.6 วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบอย่างละเอียดโดยใช้เทคนิค FMEA.... 68

3.4 ติดตามผลหลังการปรับปรุง..... 104

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการดำเนินงานการวิจัย ข้อเสนอแนะ..... 104

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย..... 105

4.1 สรุปผลการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)... 105

4.2 สรุปผลการลดอัตราข้อผิดพลาดหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง..... 112

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงาน..... 114

4.4. การเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงาน..... 115

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 117

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 117

5.2 อภิปรายและข้อเสนอแนะ..... 118

บรรณานุกรม..... 120

ภาคผนวก..... 124

ภาคผนวก ก ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ GA(General Arrangement)..... 124

ภาคผนวก ข ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ Stress Analysis..... 126

ภาคผนวก ค ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ Plot Plan และ Key Plan..... 128

ภาคผนวก ง ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ Isometric Drawing..... 130

ภาคผนวก จ ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ MTO (Materials take off)..... 132

ภาคผนวก ฉ มาตรฐานสำหรับการตรวจเช็ค..... 134

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ญ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่..... 136

ประวัติผู้เขียน..... 154

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 อัตราข้อผิดพลาดของเอกสารในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อ..... 15
ตารางที่ 2.1 แบบฟอร์ม การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ..... 26
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ..... 28
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง..... 29
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ..... 31
ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพเวลาทำงานก่อนการปรับปรุง..... 47
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติสมาชิกทีม FMEA..... 49
ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการออกแบบท่อ..... 67
ตารางที่ 3.4 กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ..... 72
ตารางที่ 3.5 กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อผิดพลาด..... 73
ตารางที่ 3.6 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับข้อผิดพลาด..... 73
ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง..... 74
ตารางที่ 3.8 ค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 200 (RPN > 200)..... 81
ตารางที่ 3.9 ค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 (RPN > 100)..... 81
ตารางที่ 3.10 ตารางวิเคราะห์ Why-Why Analysis ของการออกแบบท่อ..... 82
ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง..... 106
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบหลังปรับปรุง..... 108
ตารางที่ 4.3 การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอัตราข้อผิดพลาดหลังการปรับปรุง..... 113
ตารางที่ 4.4 ผลต่างของการลดอัตราข้อผิดพลาดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 114
ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการทำงานหลังการปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบท่อ..... 115
ตารางที่ 5.1 ใบตรวจสอบที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน..... 117

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงงานของบริษัทตัวอย่าง..... 14
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างสายงานบริษัท..... 14
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเส้นทางการออกแบบท่อส่งก๊าซ..... 18
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโปรแกรม PDMS..... 20
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโปรแกรม CAESAR II 22
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ Why - Why Analysis..... 34
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 43
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างงานสร้างสถานีลดความดันก๊าซหลังจากการออกแบบท่อ..... 44
รูปที่ 3.3 กระบวนการไหลของข้อมูลในการออกแบบ..... 45
รูปที่ 3.4 การอบรมการใช้ FMEA ให้สมาชิกในทีม..... 48
รูปที่ 3.5 ทีม FMEA..... 48
รูปที่ 3.6 แผนผังการกำหนดกระบวนการไหลเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม..... 50
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการออกแบบและตรวจสอบระบบท่อก่อนส่งงาน..... 51
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์ 53
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบ..... 54
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการออกแบบการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์..... 56
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างมาตรฐานตัวรองรับ..... 57
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อ..... 58
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริก..... 59
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น 61
รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม..... 62
รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้น..... 63
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อ..... 65

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุ..... 66

รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร FMEA..... 69

รูปที่ 3.20 การวิเคราะห์จัดลำดับความเสี่ยงชี้นำ..... 80

รูปที่ 3.21 วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ (GA9)..... 84

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างรายการการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบ..... 85

รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการบันทึกสถานะการทำงาน..... 87

รูปที่ 3.24 ขั้นตอนการออกแบบการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์หลังการแก้ไข
ปรับปรุง..... 88

รูปที่ 3.25 บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา (GA5)..... 89

รูปที่ 3.26 ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง (GA10) 90

รูปที่ 3.27 พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ (GA7)..... 91

รูปที่ 3.28 ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ (SA21)..... 92

รูปที่ 3.29 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้นหลังการแก้ไขปรับปรุง..... 93

รูปที่ 3.30 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์หลังการแก้ไขปรับปรุง... 95

รูปที่ 3.31 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบหลังการแก้ไขปรับปรุง 96

รูปที่ 3.32 ขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อหลังการแก้ไขปรับปรุง..... 97

รูปที่ 3.33 ขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริกหลังการแก้ไขปรับปรุง..... 98

รูปที่ 3.34 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้นหลังการแก้ไขปรับปรุง.... 99

รูปที่ 3.35 ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดหลังการแก้ไขปรับปรุง.... 100

รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อหลังการแก้ไขปรับปรุง..... 101

รูปที่ 3.37 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุหลังการแก้ไขปรับปรุง..... 102

รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือ FMEA ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง 111

รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแผนกออกแบบท่อ..... 116

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
PFMEA	Process Failure Mode and Effect Analysis
DFMEA	Design Failure Mode and Effect Analysis
RPN	Risk Priority Number
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
PDMS	Plant Design Management System
P&ID	Process Instrument Diagram
PP	Plot Plan
KP	Key Plan
GA	General Arrangement
PS	Pipe Support Design
ISO	Isometric Drawing
MS	Materials Requisition/Specification
DS	Data Sheet
SA	Stress Analysis
PSS	Pipe Support Schedule
MTO	Materials take off
DWG.	Drawing
Sch.	Schedule

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

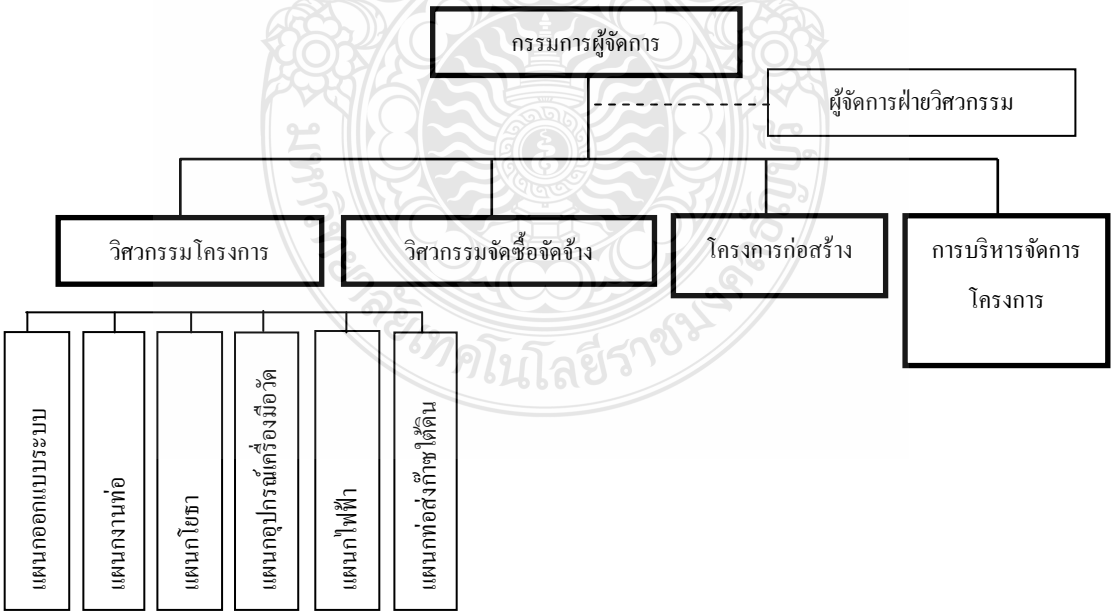
ในปัจจุบันการแข่งขันด้านการบริหารโครงการค่อนข้างสูง ซึ่งมีทั้งบริษัทคู่แข่งเก่า และเกิดบริษัทใหม่เกิดขึ้น การบริหารโครงการด้านการออกแบบวิศวกรรมจึงมีความสำคัญอย่างมาก ดังนั้นในการแข่งขันด้านการบริหารโครงการของการออบแบบวิศวกรรม ต้องอาศัยคุณภาพของการออกแบบเพื่อแข่งขันกับคู่แข่ง โครงการการออกแบบด้านวิศวกรรมนั้น บุคลากรในการออกแบบและตรวจสอบต้องอาศัยคนที่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบ และการออกแบบ เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดของงานน้อยที่สุด ซึ่งถ้าบุคลากรในองค์กรมีประสบการณ์ในการทำงานไม่เพียงพอ อาจจะทำให้เกิดการทำงานซ้ำ (Rework) ของงานนี้เอง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการ เพิ่มกำลังคน (Man hour) หรือเพิ่มเวลางาน (Manpower) การที่จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายและสร้างความเชื่อมั่นให้กับการบริหารโครงการจึงต้องมีการปรับปรุงเรื่องคุณภาพของการออกแบบงาน ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของงานที่ส่งมอบให้กับลูกค้า และสร้างความเชื่อถือให้กับลูกค้า การบริหารโครงการเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากการออกแบบหรือบริษัทผู้ออกแบบ ในการแก้ไขงานอาจจะส่งผลทำให้เพิ่มต้นทุนที่สูงมากยิ่งขึ้นกับบริษัทเอง และความน่าเชื่อถือจากลูกค้าลดลง

บริษัทตัวอย่างประกอบธุรกิจด้านการออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อ ซึ่งออกแบบตามเส้นทางท่อส่งก๊าซ ไปยังสถานีหรือ จังหวัดต่างๆตามที่ลูกค้ากำหนดซึ่ง ในระหว่างเส้นทางการเดินท่อส่งก๊าซก็จะมีสถานีที่เป็นท่อขึ้นจากดินเพื่อเป็นสถานีลดหรือสถานีขายก๊าซตามกฎหมายหรือตามลูกค้ากำหนดบริษัทจะทำการออกแบบวิศวกรรมงานท่อตามจุดนั้นๆ ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อนั้นต้องเชื่อมโยงข้อมูลกับหลากหลายที่ และหลายแผนกเพื่อให้การออกแบบนั้นตรงตามที่ลูกค้ากำหนดและตรงตามมาตรฐานของการออกแบบและการออกแบบระบบท่อเป็นกระบวนการที่เริ่มต้น เพื่อเป็นแนวทางให้ แผนกก่อสร้าง ไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่าง โดยในการทำวิจัยได้เลือกแผนกการออกแบบท่อ เพราะเป็นแผนกที่เริ่มต้นก่อนแผนกอื่นและเป็นแผนกหลักในการออกแบบท่อ การศึกษาข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อพบข้อผิดพลาด ซึ่งพบว่าลูกค้ามีการวิจารณ์ (Comment) ในเอกสารหลายฉบับของการออกแบบท่อ

เป้าหมายงานของบริษัทตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 3ส่วนหลักๆ ได้แก่ งานท่อส่งก๊าซ (Pipeline & Station) งานสร้างถังเก็บน้ำมัน (Storage Tank) และงานตรวจสอบท่อ (Integrity) โดยเป้าหมายหลักข้อมูลจากปี พศ. 2550-2557 ดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 แสดงงานของบริษัทตัวอย่าง

รูปที่ 1.1 เป้าหมายของงานท่อส่งก๊าซ (Pipeline & Station) มากสุดคิดเป็นร้อยละ 75 ของสัดส่วนงานในบริษัทตัวอย่าง โครงสร้างของบริษัทตัวอย่างแบ่งออกเป็น 4 สายงานหลักๆ ได้แก่ สายงานวิศวกรรมการออกแบบ สายงานจัดซื้อ สายงานก่อสร้าง และ สายงานการบริหารงาน ซึ่งในแต่ละสายงานหลักก็จะมี วิศวกรโครงการ(Project Engineering) ดูแลในสายงานโดยมีผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม (Engineering Manager) คอยให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหาอีกที และกรรมการผู้จัดการ (Manager Director) คอยให้คำปรึกษาด้วยเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างสายงานบริษัท

การศึกษาการบริหารโครงการจะเก็บข้อมูลความผิดพลาดจากโครงการที่จบไปแล้วเก็บข้อมูลเอกสารจากการวิจารณ์ (Comment) ตอบกลับจากลูกค้าซึ่งในเอกสารนั้นเป็นข้อผิดพลาดที่ทางวิศวกรรมออกแบบท่อต้องนำมาแก้ไขและส่งกลับเพื่อให้ลูกค้าตรวจสอบ เอกสารที่การวิจารณ์ (Comment) จากลูกค้านั้นได้จากการวิเคราะห์โดยวิศวกรรมหลายฝ่ายพิจารณาว่าข้อผิดพลาดนั้นส่งผลกระทบด้านงานในการออกแบบหรือเกิดผลกระทบกับฝ่ายอื่นๆ เอกสารการวิจารณ์ (Comment) จากลูกค้าในบางครั้งเป็นจุดที่เกิดจากการต้องการเพิ่มเติมจากที่ตกลงกันก่อนเริ่มโครงการจะไม่นับว่าเป็นข้อผิดพลาดในเอกสารฉบับนั้น จากการเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดของเอกสารทั้งหมด 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2558 -กันยายน 2558 ซึ่งข้อมูลในการเก็บหรือเอกสารที่ส่งกลับมาจากลูกค้า ในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อ ซึ่งมีทั้งหมด 10 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 อัตราข้อผิดพลาดของเอกสารในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อ

ขั้นตอน	จำนวนเอกสารในแต่ละขั้นตอน (แผ่น)	จำนวนเอกสารที่ผิดพลาดแต่ละขั้นตอน (แผ่น)	คิดเป็น %
1. Plot Plan	374	57	15.24%
2. Key Plan	297	22	7.41%
3. GA (General Arrangement)	588	137	23.30%
4. Pipe Support Design	245	42	17.14%
5. Isometric Drawing	2,018	443	21.95%
6. Materials Requisition / Specification	1,675	137	8.18%
7. Data sheet	1,310	91	6.95%
8. Stress Analysis	2,815	101	3.59%
9. Pipe Support Schedule	490	57	11.63%
10. MTO (Materials take off)	405	103	25.43%
รวม	**10,217**	**1,190**	**14.08%**

จากตารางที่ 1.1 แสดงถึงอัตราข้อผิดพลาดของเอกสารที่ส่งกลับมาจากเจ้าของงาน ซึ่งการนับเอกสารในแต่ละแผ่นจะนับตามข้อผิดพลาดหรือจุดที่ส่งผลกระทบกับส่วนอื่นๆมากสุดและข้อผิดพลาดนั้นส่งผลกระทบต่อทางด้านความปลอดภัยในการทำงาน การเก็บข้อมูลจะเก็บแยกเอกสารความผิดพลาดในแต่ละขั้นตอน ซึ่งพบว่าอัตราข้อผิดพลาดเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 14.08 โดยมีขั้นตอนที่มีอัตราข้อผิดพลาดสูงเกินค่าเฉลี่ย 5 ขั้นตอน ได้แก่ Material Take Off (25.43%) General Arrangement (23.30%) Isometric Drawing (21.95%) Pipe Support Design (17.14%) และขั้นตอน Plot Plan (15.24%) แผนกการออกแบบท่อจึงมีความต้องการลดความผิดพลาดในแผนกเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กรคือความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กร และสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า ด้วยเหตุนี้บริษัทจึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการลดข้อผิดพลาดของการทำงานในแผนกออกแบบท่อ โดยเครื่องมือที่นิยมใช้คือ การลดข้อบกพร่องและวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่จะส่งผลต่อการออกแบบท่อต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อจำแนกประเภทของความเสี่ยงในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA)

1.2.2เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสี่ยง และประเมินผลกระทบของความเสี่ยงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA)

1.2.3 เพื่อจัดทำเป็นมาตรฐานในตรวจเช็คและขั้นตอนการทำงาน ในแผนกวิศวกรรมการออกแบบงานท่อ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การประยุกต์ให้เทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) และใบตรวจสอบการออกแบบงานท่อสามารถลดข้อผิดพลาดในการทำงาน และลดขั้นตอนการทำงานซ้ำการตรวจสอบแบบในการออกแบบงานท่อ และสร้างความเชื่อมั่นให้ลูกค้า

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้เพื่อมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) มาประยุกต์ในการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ จัดทำใบตรวจสอบเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงานลดลง ซึ่งได้ผ่านการเห็นชอบจากหัวหน้าแผนกฝ่ายการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ

1.4.2 ช่วงของการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 4 เดือนคือ เดือนมิถุนายน 2558 - กันยายน 2558โดยเก็บข้อมูลเฉพาะ ขั้นตอนการออกแบบระบบท่อภายในแผนกวิศวกรรมงานท่อ และช่วงหลังการปรับปรุงตั้งแต่ เดือนธันวาคม 2558 - กุมภาพันธ์ 2559

1.5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.3 จัดตั้งทีมและอบรมเทคนิค FMEA

1.5.4 ศึกษากระบวนการออกแบบท่อ

1.5.5 การระดมสมองโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในขั้นตอนการออกแบบท่อ

1.5.6 วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบอย่างละเอียดโดยใช้เทคนิค FMEA

1.5.7ติดตามผลหลังการปรับปรุง

1.5.8 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.6.1 สามารถจำแนกประเภทของความเสี่ยงในกระบวนการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ

1.6.2 สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงในการออกแบบทางวิศวกรรมงานท่อได้ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ช่วยในกระบวนการออกแบบ

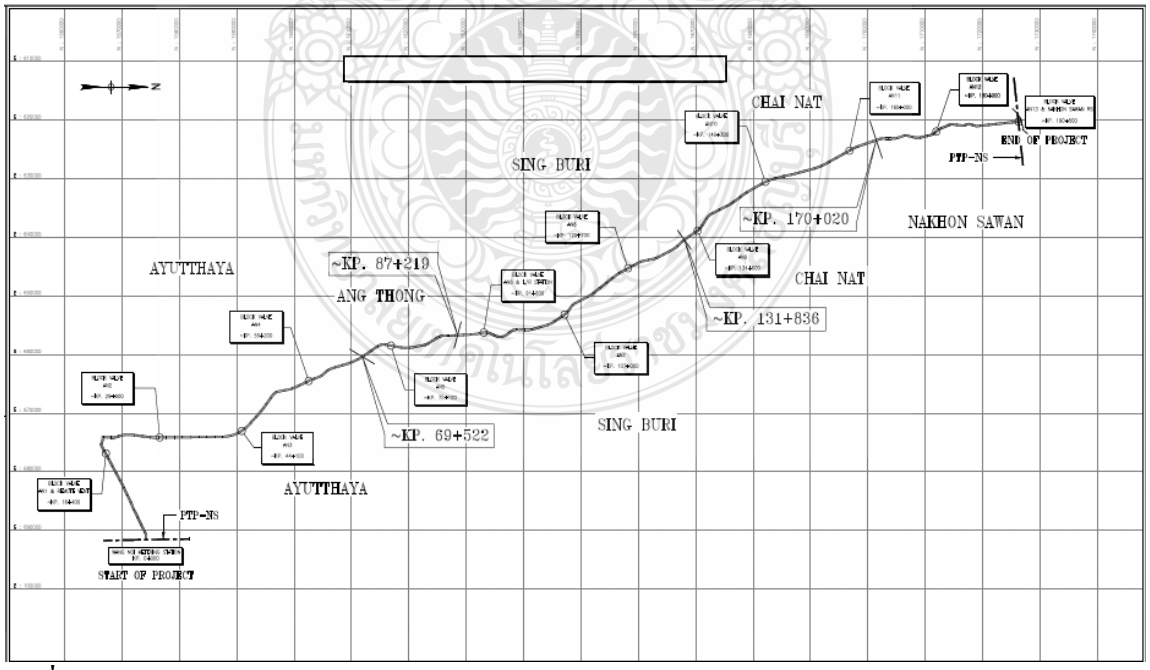
1.6.3 มีมาตรฐานในการตรวจเช็คและขั้นตอนการทำงานในแผนกวิศวกรรมการออกแบบงานท่อ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการออกแบบท่อส่งก๊าซ แนวทางการแก้ไข การดำเนินการของการเกิดข้อบกพร่องด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการ (FMEA) มาใช้วิเคราะห์เพื่อเลือกกระบวนการที่มีความเสี่ยงสูง (Risk Priority Number : RPN) และทฤษฎีที่เกี่ยงข้องในการดำเนินงานวิจัยนี้

2.1 การออกแบบระบบท่อส่งก๊าซ

การออกแบบท่อส่งก๊าซตามแนวเส้นทางที่ลูกค้ากำหนดนั้นต้องเกี่ยวข้องกับหลายข้อมูลผ่านจุดสำคัญของแต่ละสถานที่ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อชุมชนดังนั้นจึงเห็นความสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและสภาพชุมชนก่อนการออกแบบ จึงต้องมีทีสำรวจว่าแนวเส้นทางที่ท่อส่งก๊าซวิ่งผ่านนั้นเกี่ยวข้องกับชุมชนหรือสถานที่สำคัญ ท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้นมีความดันภายในท่อค่อนข้างสูง และการกัดกร่อนที่สูงวัสดุที่ใช้จึงเฉพาะในการออกแบบท่อ ตามเส้นทางของท่อจะมีสถานีต่างๆเพื่อลดความดันภายในท่อตามกฎหมายกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเส้นทางการออกแบบท่อส่งก๊าซ

2.1.1 มาตรฐานในการออกแบบท่อส่งก๊าซซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับมาตรฐานหลักๆดังนี้

1. Standard ASME B31.3 Process Piping (The American Society of Mechanical Engineers)คือมาตราฐานในการออกแบบกระบวนการของระบบท่อในงานงานปิโตเคมี โรงกลั่นน้ำมัน สารเคมี กระดาษสิ่งทอ งานท่อส่งก๊าซ จะบอกถึงมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อที่มีความดันสูงว่าจะใช้วัสดุที่เหมาะกับท่ออย่างไร ในมาตรฐานจะบอกถึงการเชื่อมการประกอบของท่อและอุปกรณ์ ว่าจะออกแบบ การต่อ ข้องอ (Elbow) แผ่นประกับ (Flange) การต่อก็มีหลายแบบทั้งใช้แบบเชื่อม แบบเกรียว แบบเซาะร่อง แล้วแต่ว่าขนาดของท่อหรือวัสดุที่ใช้ เพื่อให้ทนต่อความดันของสาร หรือก๊าซภายในท่อ มาตรฐานยังบอกถึงความเค้นที่จะเกิดในท่อที่ทำการออกแบบว่าควรจะออกแบบตัวรองรับ (Support) ต้องคำนึงถึง ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก และความดันภายใน เพื่อไม่ให้ท่อเกิดการแตกหักเสียหาย การออกแบบท่อยังมีมาตรฐานในแต่ล่ะอุปกรณ์ซึ่งใน ASME B31.3 จะบอกถึงมาตรฐานที่ใช้ควบคู่กับการออกแบบท่อ

2. Standard ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems (The American Society of Mechanical Engineers) คือมาตรฐานในการออกแบบท่อส่งก๊าซและการจัดจำหน่ายระบบท่อ เกี่ยวกับการออกแบบท่อส่งใต้ดินวัสดุที่ใช้การออกแบบซึ่งต้องมีความทนต่อแรงดันที่สูงมากภายในท่อและทนการกัดกร่อนเพราะท่อจะฝังอยู่ใต้ดิน มาตรฐานการออกแบบ จนถึงการออกแบบไปจนถึงการตรวจสอบท่อเพื่อให้แน่ใจว่าท่อสามารถใช้งานได้โดยไม่มีการรั่วภายในท่อใต้ดิน มาตรฐานท่อส่งก๊าซธรรมชาติกระบวนการกระกอบจะเกี่ยวข้อกับมาตรฐานอื่นๆ ในการประกอบด้วย การใช้ วาล์ว ข้อต่อ (Elbow) ในการออกแบบใต้ดินก็จะแตกต่างจากการออกแบบท่อในปิโตเคมี จึงให้ความสำคัญในการออกแบบเพื่อความปลอดภัย

2.1.2 สาเหตุที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุต่อระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

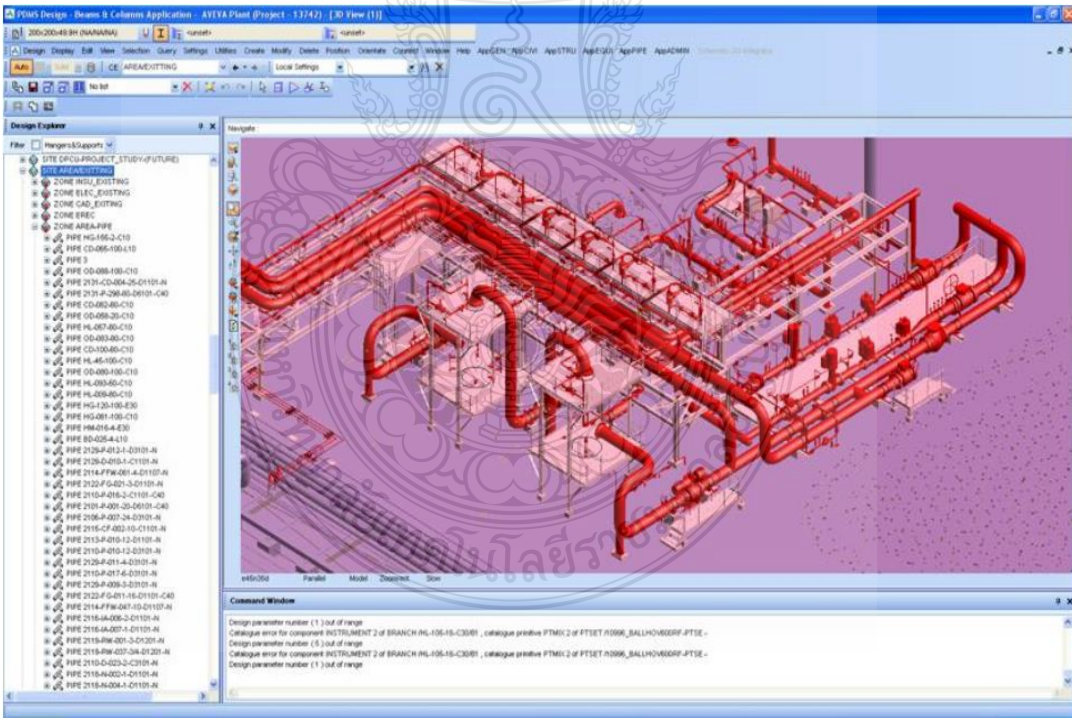
1. จากระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นกับท่อส่งก๊าซธรรมชาติเกิดได้จากปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดการผุกร่อนภายในโดยการลำเลียงสารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนปนมากับก๊าช (Sour Gas : Sulphur Dioxide) หรือเกิดจากการผุกร่อนภายนอกอาจมาจากวัสดุหุ้มท่อชำรุดและระบบป้องกันการผุกร่อนของท่อด้วยกระแสไฟฟ้าบกพร่องแต่ที่ผ่านมาระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยยังไม่เคยเกิดอุบัติเหตุจากสาเหตุนี้

2. จากการกระทำของบุคคลที่สามเช่นจากการตอกเสาเข็มหรือการใช้เครื่องจักรกลหนักเข้าไปขุดตอกเจาะตักดินในบริเวณที่มีท่อส่งก๊าซธรรมชาติฝังอยู่และไปกระทบต่อท่อส่งก๊าซธรรมชาติ

3. จากปรากฏการณ์ธรรมชาติเช่นแผ่นดินไหวอย่างรุนแรงการทรุดตัวของแผ่นดินอย่างรุนแรงจนทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติได้รับความเสียหา แต่ที่ผ่านมาระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยยังไม่เคยเกิดอุบัติเหตุจากสาเหตุนี้

2.2 โปรแกรม PDMS (Plant Design Management System)

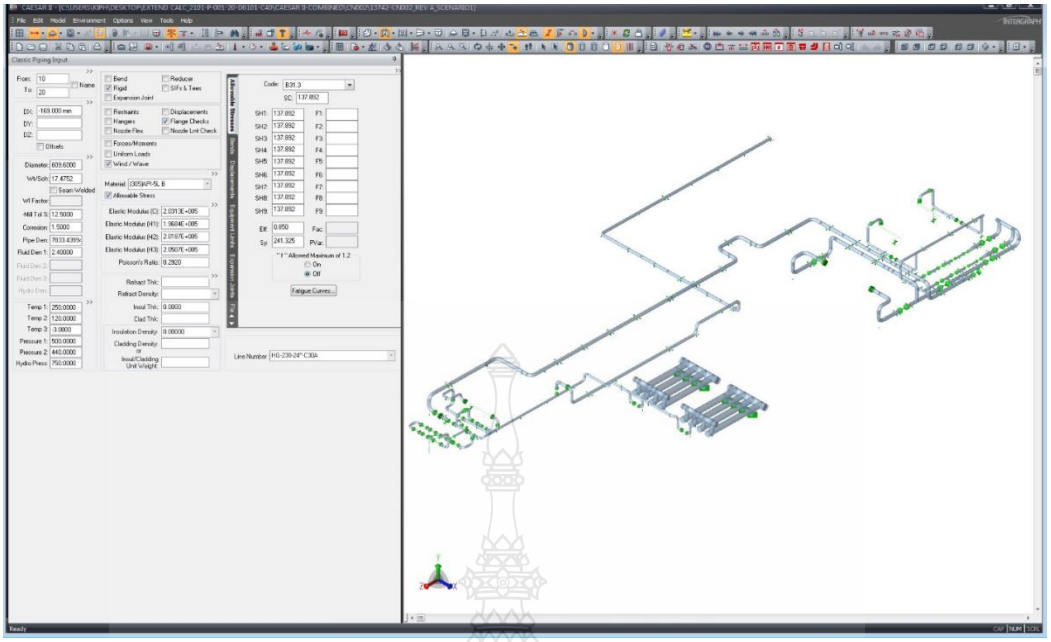
PDMS เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบระบบท่อ ที่สามารถมองเห็น แบบ 3 มิติ นิยมนำมาเพื่อช่วยในการออกแบบได้อย่าง มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เหมาะกับงานที่มีตั้งแต่สเกลเล็กไปจนถึง งานที่มีสเกลงานใหญ่ๆ ด้วยประสิทธิภาพของโปรแกรมสามารถออกแบบได้ทั้งระบบงานท่อ งานโยธา งานไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการออกแบบ ในส่วนของการออกแบบงานท่อ สามารถตัด Layout Drawing General Arrangement Drawing Isometric Drawing Material Take off สามารถตัดภาพตัดได้ชัดเจนโปรแกรมสามารถแปลงเป็น ไฟล์ 2 มิติ สามารถช่วยวิศวกรผู้ออกแบบให้เห็นภาพจำลองชัดเจนช่วยลดเวลางานทำงานได้เร็วขึ้นตัวอย่างโปรแกรมดังแสดงไรรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโปรแกรม PDMS

2.3 โปรแกรม CAESAR II

CAESAR II เป็นโปรแกรมพื้นฐานการวิเคราะห์ความเค้นในระบบท่อและประเมินค่าการตอบสนองต่อโครงสร้างและความเครียดในระบบท่อเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล นอกจากการประเมินการตอบสนองของระบบท่อที่มีต่ออุณหภูมิ น้ำหนักท่อและความดันภายในท่อแล้ว CAESAR II ยังสามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากแรงลม ตัวรองรับ แรงกระทบที่เกิดจากแผ่นดินไหวและคลื่นกระแทก รวมไปถึงการวิเคราะห์ผลที่เกิดจาก support lift off gap closure และ friction CAESAR II ยังสามารถแนะนำสปริงที่เหมาะสมสำหรับรองรับระบบท่อที่มีมุมหักเหในแนวดิ่งมากๆ ได้ ความสามารถในการวิเคราะห์เชิง dynamic จะประกอบไปด้วย modal harmonic response spectrum และ time history analysis โปรแกรม CAESAR II มีระบบตรวจสอบข้อผิดพลาดจากค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไปและตรวจสอบความสอดคล้องกันของทั้ง finite element และ piping มีรูปแบบรายงานผลมีความชัดเจน แม่นยำ เข้าใจง่ายและครอบคลุมข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ CAESAR II มีตารางแสดงข้อมูลวัสดุของท่อและองค์ประกอบต่างๆ เช่น expansion joints structural steel sections spring hanger material properties และ allowable stress ที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งนั้นมีความถูกต้อง นอกจากนี้CAESAR II ยังมาพร้อมกับข้อมูล International piping code อีกด้วยสามารถเชื่อมโยงกับ plant design และ engineering analysis ได้อย่างลงตัว ทำให้การออกแบบและการวิเคราะห์ไปด้วยกันได้โดยที่ไม่สูญเสียข้อมูลใดๆทั้งสิ้น อุตสาหกรรมที่นำมาใช้ไก้แก่ งานสถาปัตยกรรม อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเบียร์ อาคาร สำนักงาน อุตสาหกรรมเคมี, การออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมนอกชายฝั่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เวชภัณฑ์ งานระบบท่อ งานระบบไฟฟ้ากำลัง การออกแบบการผลิตและโรงงานอุตสาหกรรมการต่อเรือ โรงงานเหล็ก การบำบัดน้ำเสียตัวอย่างโปรแกรม
CAESAR II [22],[23] ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโปรแกรม CAESAR II

2.4 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

2.4.1 ความหมายของ FMEA

คือเทคนิคหรือเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ออกแบบข้อบกพร่องหรือความเสียหายของการออกแบบผลิตภัณฑ์ การบริการการผลิต โดยการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ความรุนแรง โอกาสที่จะเกิดและความสามารถในการตรวจพบปัญหาโดยการระดมสมองของทีมวิเคราะห์ปัญหาเพื่อให้พบสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่แท้จริง พร้อมทั้งระบุถึงแนวทางในการป้องกันของการที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่องและผลกระทบของปัญหา เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับองค์กร โดย FMEA แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1) PFMEA ด้านกระบวนการ คือกิจกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน และกระบวนการประกอบ ตลอดจนการควบคุมกระบวนการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าที่ผลิตอยู่ภายใต้ข้อกำหนด PFMEA จึงมีความสัมพันธ์กันระหว่างขั้นตอนในแต่ละกระบวนการและปัจจัยนำออกที่เราไม่ยอมรับของกระบวนการนั้นๆ โดยพิจารณาถึงสาเหตุของการที่เราไม่ยอมรับและการดำเนินการควบคุมหรือป้องกันสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว

2) DFMEA ด้านการออกแบบจะเป็นเทคนิคเชิงวิเคราะห์ที่ทีมออกแบบใช้ในการประเมินถึงลักษณะของลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้น รวมถึงสาเหตุหรือกลไกที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าว ด้วยการพิจารณาถึงสิ่งที่ทำการออกแบบในเชิงสัมพันธ์กับระบบที่

เกี่ยวข้อง ระบบย่อย ตลอดจนองค์ประกอบต่างๆ ดังนั้น FMEA สำหรับการออกแบบนี้ จึงเป็นบทสรุปของความคิดของคณะทำงานที่มีต่อองค์ประกอบต่างๆ ระบบย่อย ตลอดจนระบบที่ได้รับการออกแบบ [9]

DFMEA สำหรับการออกแบบนี้จะมีส่วนสำคัญต่อการลดความเสี่ยงจากข้อบกพร่อง (รวมถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่ตั้งใจ) ของระบบการออกแบบโดย

1. ช่วยประเมินผลในเชิงภาวะวิสัย (objective) ของแบบที่ได้ซึ่งรวมถึงความต้องการของหน้าที่ใช้งานและทางเลือกของแบบ

2. การประเมินผลถึงการออกแบบเพื่อการผลิตการประกอบ และการบริการเบื้องตน

3. การเพิ่มโอกาสที่จะตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องตลอดจนผลกระทบที่มีต่อระบบของการปฏิบัติการในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา

4. การให้สารสนเทศเพิ่มเติมที่ช่วยในการวางแผนอย่างทั่วถึง ตลอดจนโปรแกรมในการออกแบบการพัฒนา และการตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ที่มีประสิทธิผล

5. ช่วยในการพัฒนาถึงการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของลักษณะข้อบกพร่องตามผลกระทบที่มีต่อลูกค้า ซึ่งจะใช้เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดระบบสำหรับการปรับปรุงแบบ การพัฒนาแบบ ตลอดจนการวิเคราะห์และการทดสอบถึงความถูกต้อง

6. การทำให้ได้รับประเด็นสำคัญต่อการให้คำแนะนำและปฏิบัติการในการลดความเสี่ยง

7. การทำให้เกิดการเรียนรู้ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ถึงความบกพร่องที่เกิดในขณะใช้งานการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงแบบ

สำหรับการออกแบบนี้ ควรจะมีการทบทวนอยู่เสมอเพื่อให้ FMEA ที่มีการปรับเปลี่ยนให้ทันสมัยอยู่เสมอ จึงควรมี

1. การเริ่มต้นก่อนหรือมีขั้นตอนการสรุปถึงแนวความคิดของการออกแบบ (design concept)

2. มีการปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3. มีการทำให้เสร็จสินก่อนที่แบบ (drawing)

สำหรับการออกแบบ DFMEA เป็นเทคนิคเชิงวิเคราะห์ ที่ใช้วิศวกรหรือทีมงานที่รับผิดชอบด้านการออกแบบสำหรับวิธีการในการสร้างความมั่นใจ ว่าแนวโน้มข้อบกพร่องตลอดจนสาเหตุ ได้รับการพิจารณาระบุแล้วโดยการดำเนินการในขั้นตอนของการออกแบบ การประยุกต์ใช้ FMEA นี้จะให้ประโยชน์ด้วยกันหลายประการดังนี้

1. ช่วยในการประเมินผลของแบบที่ได้จากการออกแบบทั้งความต้องการด้านหน้าที่และทางเลือกในการออกแบบการประเมินการออกแบบเพื่อการผลิต (DFM) เบื้องต้น

2. ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความไว้วางใจ ตลอดจนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

3. ช่วยในการลดต้นทุนที่ซ่อนเร้นของกระบวนการผลิต ทำให้องค์กรสามารถเพิ่มอำนาจในการแข่งขันทางธุรกิจในระยะยาวได้ดี

4. ช่วยเพิ่มความมั่นใจและความพอใจให้แก่ลูกค้า

5. ช่วยในการลดต้นทุนและเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

6. ช่วยในกระบวนการป้องกันข้อบกพร่อง

7. ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (intrinsic technology) ให้แก่คณะทำงาน FMEA ในระหว่างการดำเนินการ ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์ใหม่

8. ช่วยในการกำหนดถึงลำดับสำคัญก่อนหลังของกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านตัวเลขวิเคราะห์ความเสี่ยง

9. ช่วยในการบ่งชี้ถึงความผิดพลาด (error) ที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ของการออกแบบและกระบวนการ และกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป

10. ช่วยในกระบวนการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาเพื่อดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขต่อไป โดยลักษณะดังกล่าวนี้จะมีความสำคัญมากในกระบวนการของ Six Sigma

11. ช่วยในการบ่งชี้ถึงวิธีการวินิจฉัยการออกแบบและกระบวนการ

โดยเหตุผลสำคัญที่สุดของการดำเนินการจัดทำ FMEA คือ ความต้องการต่อการปรับปรุงและความสมประโยชน์ข้างต้นของ FMEA นี้จะต้องได้รับการดำเนินการ FMEA ที่กลมกลืนไปกับวัฒนธรรมขององค์กรซึ่งหมายถึง การคิด การปฏิบัติตาม ความคิดเห็น และความเชื่อของบุคลากรในองค์กรแนวความคิดของ FMEAในการดำเนินการ FMEA ให้มีประสิทธิผลมากที่สุดนั้น จะต้องมีการดำเนินการตามแนวความคิดพื้นฐาน 3 ประการคือ

1. การดำเนินการโดยคณะทำงาน (team)

2. การดำเนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

3. การดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงไม่สิ้นสุด

2.5 ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA

การสร้าง FMEA เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ออกแบบข้อบกพร่องและผลกระทบที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น รวมถึงสาเหตุหรือกลไกของการที่จะทำให้เกิดผลกระทบ ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA ดังต่อไปนี้

2.5.1 กำหนดลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์

2.5.2 ศึกษาลำดับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ หรือ กระบวนการ

2.5.3 ระบุข้อบกพร่องที่มีโอกาศที่จะเกิดขึ้นทั้งหมดในการออกแบบ

2.5.4 ทบทวนหน้าที่หลักและข้อบกพร่องที่มีโอกาศเกิดขึ้น

2.5.5 ระบุผลกระทบที่เกิดขึ้นแต่ละข้อบกพร่อง

2.5.6 ระบุสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องที่มีโอกาศเกิดขึ้น

2.5.7 ระบุการป้องกันในปัจจุบัน

2.5.8 ให้คะแนนความรุนแรง โอกาสที่จะเกิด และความสามารถในการตรวจพบ

2.5.9 คำนวนค่าความเสี่ยงชี้นำ RPN (Risk Priority Number)

2.5.10 กำหนดค่า PRN ที่ต้องการแก้ไข

2.5.11 ระบุวิธีการแก้ไขและปรับปรุง

2.5.12 จัดทำแบบฟอร์มเพื่อทำ FAME ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แบบฟอร์ม การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	Severity (S)	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	Occurrence (O)	Current Design Control **8** Prevention	Current Design Control **8** Detection	Detection (D)	RPN	Recommended	Responsibility & Target Completions Date	Action / Results **14** Action Taken	S	O	D	RPN
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**			**9**	**10**	**11**	**12**	**13**				

จากตารางที่ 2.1 จะแสดงแบบฟอร์มการจัดทำ FMEA ในแต่ล่ะช่องของตารางจะแสดงความหมายในแต่ละช่องดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบ ในช่องที่ 1 เป็นการแยกข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นออกแบบซึ่งเราจะเห็นได้ชัดเจนในการวิเคราะห์ว่าความเสียหายจะเกิดขึ้นในขั้นตอนใดบ้าง

2. หัวข้อ/ความต้องการหรือสิ่งที่ต้องการ ให้ใส่ชื่อและสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องอื่น ๆ ของหัวข้อที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยให้ใช้ชื่อรวมถึงระดับของการออกแบบที่มีการระบุไว้ตามแบบ (Drawing) ทางวิศวกรรม จากนั้นให้ระบุถึงหน้าที่การใช้งานของหัวข้อดังกล่าว โดยหน้าที่การงานอาจจะแสดงในรูปของผลที่ได้ (output) หรือหน้าที่ทางกล ทั้งนี้อาจจะรวมถึงสารสนเทศ ตัววัด (metric/measurable) ที่มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่ระบบมีการ

3. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ในการประเมินลักษณะข้อบกพร่องของหัวข้อที่ทำการวิเคราะห์จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับหน้าที่ใช้งานที่ระบุ ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่า ลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นได้ แต่ก็ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเสมอไปและการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องควรเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ FMEA เดิมโดยผ่านการระดมสมองจากคณะทำงาน นอกจากนี้แล้วก็อาจจะพิจารณาจากลักษณะที่จะเกิดขึ้น ถ้าหน้าที่การใช้งานมิได้เป็นไปตามที่กำหนด

4. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ในช่องที่ 4 ของแบบฟอร์ม FMEA ให้แสดงถึงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่หมายถึง ผลจากข้อบกพร่องของหน้าที่ที่กระทบต่อลูกค้า โดยผลกระทบนี้จะเป็นสิ่งที่ลูกค้าสามารถสังเกตได้ง่าย และ “ลูกค้า” ที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึงกระบวนการถัดไปเรื่อยไปไปจนถึงลูกค้าที่เป็นผู้ใช้คนสุดท้าย

5. ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S) ในช่องนี้ของแบบฟอร์มการวิเคราะห์จะกำหนดถึงลำดับของความรุนแรงของผลกระทบที่กล่าวถึงในคอลัมน์ที่ผ่านมา โดยลำดับของความรุนแรงจะพิจารณาอยู่ภายใต้ขอบเขตของ FMEA แต่ละกรณีที่วิเคราะห์ และการลดความรุนแรงนี้จะกระทำได้ด้วยการเปลี่ยนแบบหรือการเปลี่ยนเงื่อนไขในการใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองนี้เท่านั้นคะแนนของความรุนแรงจะเป็นไปตามตัวอย่างในตารางที่ 2.2

6. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกลของข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของการวิเคราะห์จะระบุถึงแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องที่บ่งชี้ถึงจุดอ่อนของแบบที่ออกแบบไว้

ในการกำหนดแนวโน้มของสาเหตุของข้อบกพร่องจะต้องมีความสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบ และจะต้องกำหนดถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องให้กับแต่ละ

ลักษณะของข้อบกพร่อง โดยสาเหตุอาจจะมาจากหลายประการด้วยกัน แต่ควรให้ความสนใจต่อสาเหตุที่มีความสำคัญที่สุด (most significant causes)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ [9]

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือน	ระดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย,การทำงานของเครื่องจักร และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงโดยมีการเตือน	ระดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย,การทำงานของเครื่องจักรและ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยมีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ส่วนประกอบมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้,ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้งานได้, ลูกค้าไม่พอใจ	6
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งทำให้ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสะดวกสบายมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้ ลูกค้าไม่พอใจบ้าง	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความสอดคล้องด้านความพอดี, การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่สังเกตุได้ (มากกว่า 75%)	4
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดีลูกค้าส่วนน้อย(มากกว่า 50%)	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดีลูกค้าส่วนน้อย(ต่ำกว่า 50%)	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลใดๆ	1

การอธิบายถึงสาเหตุของข้อบกพร่องจะต้องแสดงถึงกลไกของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง เช่น ความไม่คงที่ของวัสดุ สึกหรอ กร่อน ฯลฯ หรืออธิบายด้วยลักษณะของสาเหตุ เช่น ความร้อนมากเกินไป กำหนดขนาดความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ไม่เหมาะสม

7. โอกาสเกิดขึ้น (Occurrence-O) หมายถึง ความเป็นไปได้ที่สาเหตุหรือกลไกหนึ่งๆ โดยความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้นของข้อบกพร่องนี้จะมีคะแนนแสดงอันดับในเชิงสัมพัทธ์มากกว่าเชิงสัมบูรณ์ ซึ่งการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุ/กลไกของลักษณะข้อบกพร่องผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบหรือการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบจะเป็นแนวทางเดียวเท่านั้นในการลดคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นนี้ ดังแสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ตามตารางที่ 2.3

ในการพิจารณาถึงคะแนนสำหรับโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุหรือกลไกนี้ วิศวกรออกแบบอาจจะพิจารณา ได้จากรายการคำถามต่อไปนี้

-กิจกรรมการทวนสอบการออกแบบ (design verification) มีความเพียงพออย่างไร?

-ชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่พิจารณามีการดำเนินการต่อจาแบบเดิมหรือไม่?

-มีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงไรที่ขั้นตอนก่อนหน้าของระบบ?

-ชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่พิจารณาเป็นเทคโนโลยีใหม่หรือไม่?

-อะไรคือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือการประยุกต์ใช้งาน?

-อะไรคือประวัติความบกพร่องในอดีตของชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่มีความคล้ายกัน

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง [9]

โอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (ppm/รายการ)	คะแนน
สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	มากกว่าเท่ากับ 100,000 หรือ 10%	10
	50,000หรือประมาณ 5%	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000หรือประมาณ 2%	8
	10,000หรือประมาณ 1%	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000หรือประมาณ 0.5%	6
	2,000หรือประมาณ 0.2%	5
	1,000หรือประมาณ 0.1%	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500หรือประมาณ 0.05%	3
	100หรือประมาณ 0.01%	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	น้อยกว่าเท่ากับ 10 หรือ 0.001%	1

8. การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน ในช่องนี้ให้ใส่รายการของการป้องกัน การทวนสอบ/ตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ (design validation/ verification – DV) หรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดความมั่นใจว่ามีการออกแบบอย่างเพียงพอ

การควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน เป็นตนว่า การทบทวนแบบ การทวนสอบความเป็นไปได้ การทดสอบต้นแบบ ฯลฯ จะเป็นกิจกรรมสำหรับการควบคุมการออกแบบที่เหมือนกันหรือมีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีการควบคุมการออกแบบอยู่ 2 ประการด้วยกัน คือ

การป้องกัน (prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือการลดลงของอัตราการเกิดขึ้น

การตรวจจับ (detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องทั้งโดยวิธีการวิเคราะห์และวิธีการศึกษาทางกายภาพ ก่อนที่จะถูกส่งต่อไป

ภายใต้แนวทางทั้งสองนี้ ถ้าเป็นไปได้ควรจะกำหนดจากการควบคุมโดยการป้องกัน โดยในระยะแรกของการให้คะแนนอาจจะให้การควบคุมโดยการป้องกันเป็นส่วนหนึ่งของแบบ

ในแบบฟอร์ม FMEA จะแสดงถึงคอลัมน์ที่แยกออกจากกันระหว่างการควบคุมการออกแบบโดยการป้องกัน และการควบคุมการออกแบบโดยการตรวจจับ เพื่อให้คณะทำงาน FMEA สามารถแยกการควบคุมทั้งสองประเภทออกจากกันได้โดยง่าย จึงแนะนำให้ใช้อักษร “P” หน้าข้อความที่แสดงถึงการควบคุมการออกแบบโดยการป้องกัน และใช้อักษร “D” หน้าข้อความที่แสดงถึงการควบคุมการออกแบบโดยการตรวจจับ

9. การตรวจจับ (Detection – D) ในช่องนี้จะใส่คะแนนตามลำดับของการควบคุมโดยการตรวจจับที่ดีที่สุดที่สรุปไว้ในช่วงการควบคุมการออกแบบในปัจจุบัน โดยคะแนนของการตรวจจับจะมีการจัดเชิงสัมพัทธ์ภายในขอบเขต FMEA ของแต่ละโครงการ และการทำให้คะแนนของการตรวจจับที่ได้นี้มีค่าต่ำลงนั้น จะต้องมีการปรับปรุงการควบคุมการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ (planned design control) เช่น กิจกรรมการทวนสอบหรือกิจกรรมการตรวจสอบความถูกต้อง ฯลฯ นอกจากนี้แล้วจะถือว่าเป็นสิ่งที่ดีที่สุดที่จะมีการควบคุมโดยการตรวจจับในช่วงแรก ๆ ของกระบวนการพัฒนาการออกแบบ และภายหลังจากการให้คะแนนการตรวจจับแล้ว คณะทำงาน FMEA ควรจะมีการทบทวนคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นอีกครั้งเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคะแนนสำหรับโอกาสการเกิดขึ้นนี้ยังมีความเหมาะสมอยู่โดยสามารถการให้คะแนนตรวจจับดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ [9]

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
แทบจะเป็นไปไม่ได้เลย	การควบคุมการออกแบบจะไม่และ/หรือ ไม่สามารถตรวจจับสาเหตุ/กลไก (หรืออาจกล่าวได้ว่า ไม่มีระบบการควบคุมการออกแบบเลย)	10
เป็นไปได้ยากมาก	มีโอกาสน้อยมาก ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	9
เป็นไปได้ยาก	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	8
ต่ำมาก	มีโอกาสต่ำมาก ๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	7
ต่ำ	มีโอกาสต่ำ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	4
สูง	มีโอกาสสูง ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมาก ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก	2
ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมสามารถตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	1

10. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ในช่องนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยง ซึ่งได้จากผลคูณของความรุนแรง (S) โอกาสการเกิด (O) และการตรวจจับ (D) ดังนั้น

$$RPN = S \times O \times D \quad \text{..... (2.1)}$$

โดยทั่วไปแล้วตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใด ๆ นอกจากการใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะของข้อบกพร่องจากการออกแบบเท่านั้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงแนะนำให้ผู้วิเคราะห์ FMEA นำคะแนน RPN ไปวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต ซึ่งหากมีการให้คะแนนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแล้ว จะพบว่าลักษณะของข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย ขณะที่ลักษณะของข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมากตามหลักการพาเรโต มิฉะนั้นก็ควรจะทบทวนเกณฑ์ให้คะแนนใหม่

11.วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในการประเมินผลทางวิศวกรรมเพื่อการปฏิบัติการป้องกันหรือแก้ไขควรจะดำเนินกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงที่สูงที่สุดก่อน แล้วจึงพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูง ๆ รวมถึงลักษณะข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่กำหนดโดยคณะทำงาน และโดยทั่วไปแล้วแนะนำให้ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขเพื่อการลดคะแนนอันดับตามลำดับดังนี้ คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้น และการตรวจจับ

โดยทั่วไปแล้ว ถ้าคะแนนความรุนแรงมีค่า 10 หรือ 9 จะต้องให้ความสนใจอย่างพิเศษเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าได้มีการพิจารณาค่าความเสี่ยงผ่านการแก้แบบการควบคุม หรือการปฏิบัติการแก้ไข / ป้องกัน โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับ RPN และในกรณีที่ลักษณะของข้อบกพร่องอาจมีอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายและก็ควรจะมีการปฏิบัติการแก้ไขหรือปฏิบัติการป้องกนโดยการกำจัดทิ้งซึ่งสาเหตุ หรือการทำให้สาเหตุมีความรุนแรงน้อยลง ตลอดจนการควบคุมสาเหตุดังกล่าว

ภายหลังจากการดำเนินการกับลักษณะของข้อบกพร่องที่มีคะแนน 10 หรือ 9 เสร็จเรียบร้อยแล้วคณะทำงาน FMEA ก็ควรจะมีการบ่งชี้ลักษณะข้อบกพร่องอื่น ๆ เพื่อการลดลำดับของคะแนนที่เกี่ยวกบความรุนแรง แล้วจึงพิจารณาโอกาสที่เกิดขึ้น และพิจารณาถึงการตรวจจับข้อบกพร่องเป็นประเด็นสุดท้าย การปฏิบัติการแก้ไขอาจจะประกอบด้วย

- การทบทวนเรขาคณิตของแบบ (design geometer) และหรือความคลาดเคลื่อนอนุโลม
- การทบทวนข้อกำหนดเฉพาะของวัสดุที่ใช้

- ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) โดยเฉพาะกรณีมีสาเหตุที่มีอิทธิพลร่วมกัน (interaction effect) ตลอดจนใช้เทคนิคการแก้ไขปัญหาอื่น ๆ

- การทบทวนแผนการทดสอบ

โดยจุดประสงค์หลักของวิธีการปฏิบัติการแก้ไขที่แนะนำนี้ คือ การลดความเสี่ยงและการเพิ่มความพึงพอใจแก่ลูกค้าโดยการปรับปรุงการออกแบบ

ในการลดลำดับคะแนนของความรุนแรง จะดำเนินการได้ด้วยการทบทวนการออกแบบเท่านั้น ในขณะที่การลดลำดับคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นจะสามารถดำเนินการได้ด้วยการกำจัดหรือควบคุมสาเหตุ หรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องโดยผ่านการทบทวนการออกแบบ ดับคะแนนของโอกาสการเกิดขึ้นจะสามารถดำเนินการได้ด้วยการกำจัดหรือควบคุมสาเหตุ หรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องโดยผ่านกาสำหรับการลดลำดับในการตรวจจับนั้นจะดำเนินการได้ด้วยการเพิ่มกิจกรรมของการทวนสอบหรือการตรวจสอบความถูกต้องเท่านั้น และการเพิ่มกิจกรรมของการทวนสอบหรือการตรวจสอบความถูกต้องเท่านั้น และการเพิ่มกิจกรรมของการทวนสอบหรือการตรวจสอบความถูกต้องนี้จะเป็นสิ่งที่ไม่น่าจะให้ความสนใจมากนัก เนื่องจากไม่มีผลต่อการลดความรุนแรงหรือลดโอกาสการเกิดขึ้นของลักษณะของข้อบกพร่อง

ในกรณีที่การประเมินผลทางวิศวกรรมนำไปสู่การไม่ต้องปฏิบัติการแก้ไขกับลักษณะของข้อบกพร่องที่กำหนดแล้ว ให้ใส่ข้อความว่า “ไม่มี” ลงในช่องที่ 11นี้

12. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น ในช่องนี้ให้ใส่ชื่อขององค์กรและบุคคลที่มีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติการแก้ไขนี้ รวมทั้งให้ระบุถึงวันที่กำหนดเสร็จสิ้นด้วย

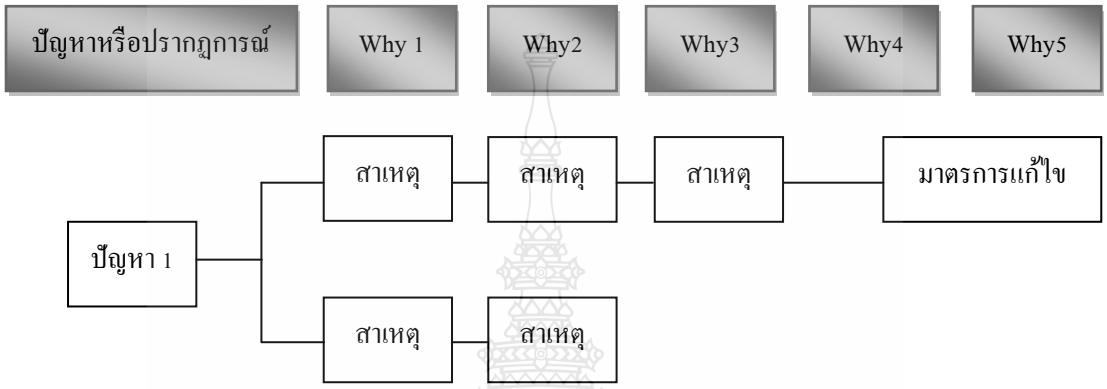
13. การแก้ไข ภายหลังจากการปฏิบัติการแก้ไขได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว ให้ทำการสรุปสั้นๆ ถึงการปฏิบัติการแก้ไขรวมถึงวันที่เสร็จสิ้นด้วย

14. ผลการแก้ไข ภายหลังจากการบ่งชี้มาตรการแก้ไข / ป้องกันแล้ว ให้ทำการประมาณค่าและบันทึกผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดและการตรวจจับ พร้อมคำนวณคะแนน RPN อีกครั้ง แต่ถ้าไม่มีการกำหนดมาตรการใด ๆ เลยให้ปล่อยคอลัมน์ 14นี้ว่างไว้

นอกจากนี้แล้ว ควรจะมีการทบทวนคะแนนประเมินผลอีกครั้ง และถ้าหากมีการปฏิบัติการแก้ไขใด ๆ เกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการวิเคราะห์อีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอนที่ 13 ถึง 14โดยการดำเนินการควรอยู่บนแนวความคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้ FMEA คือ เอกสารที่มีชีวิตตลอดไป [9]

2.6 Why - Why Analysis

Why - Why Analysis เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปัญหาอย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน โดยการถาม "ทำไม" จนกว่าจะค้นพบต้นตอสาเหตุของปัญหาทำให้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาและใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ Why - Why Analysis

2.6.1 หลักการพิจารณา Why - Why Analysis

1. การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็นหลังจากกำหนดแนวทางได้แล้ว จะตั้งคำถามว่า "ทำไม" ไปเรื่อยๆเพื่อค้นหาสาเหตุหรือปัจจัยออกมา

2. การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ ควรใช้ในกรณีที่มีปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจเกี่ยวข้องกับกลไลที่ค่อนข้างเข้าใจยากหรือมีต้นเหตุของปัญหาหลายสาเหตุ [24]

2.6.2 ข้อควรระวังสำหรับการใช้ Why - Why Analysis

1. ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง ปัญหาหรือปรากฏการณ์ และช่อง "ทำไม" ต้องสั้นและกระชับ

2. หลังจากการทำ Why-Why Analysis จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยาโดยอ่านย้อนจาก "ทำไม" ช่องสุดท้ายกลับมายังช่องปัญหา

3. ให้ถามว่า "ทำไม" ถามจนกว่าจะพบสาเหตุที่แท้จริงเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

4. ควรเขียนเฉพาะส่วนที่คิดว่ามีความเคลื่อนจากสภาพปกติ (ผิดปกติ) เท่านั้น

5. ควรหลีกเลี่ยงการค้นหาสาเหตุที่เนื่องมาจากสภาพจิตใจคน เช่น เหนื่อย หงุดหงิด ใจลอย เป็นต้น

6. ควรหลีกเลี่ยงคำว่า "ไม่ดี" ในประโยค [24]

2.6.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ Why - Why Analysis

1. จัดลำดับความสำคัญหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงผ่านพาเรโต (Pareto) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกสาเหตุใหญ่ๆมาปรับปรุง โดยเลือกปัญหาจาก KPI เพราะการปรับปรุงใดๆ หากไม่สอดคล้องกับกลยุทธหลักขององค์กรแล้วจะทำให้การเติบโตขององค์กรเป็นไปได้ช้า

2. เลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงหรือแก้ไขหลังจากได้สาเหตุหลักที่จะนำมาแก้ไขแล้ว ให้ทำการเขียนปัญหาที่มีความกระชับเข้าใจง่าย

3. จัดตั้งทีม นำผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงมาช่วยกันทำการวิเคราะห์หาสาเหตุรวมไปถึงพนักงานระดับหน้างานด้วย เพราะเป็นผู้เข้าใจสถานการณ์ดีที่สุด

4. สอบถามสภาพการณ์เบื้องต้น ในขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญมากในการตรวจหาความผิดปกติของสถานการณ์ "ห้องไม่เย็น (อุณหภูมิ มากกว่า 28 องศา ตลอดการใช้งาน)" หากเราทำการวิเคราะห์ทันที โดยไม่สอบถามสถานการณ์เลยทุกคนจะมุ่งไปที่เครื่องทำความเย็นทันที ทั้งๆที่เครื่องทำความเย็นอาจจะไม่ได้เสียก็ได้

5. การระดมสมอง จะเป็นการระดมความเห็นของทีมงาน ควรจะมีหัวหน้าทีมเพื่อไม่ให้การระดมสมองกลายเป็นการทะเลาะกัน และควบคุมการระดมสมองให้ไปในแนวทางการแก้ปัญหา

6. ตรวจสอบความถูกต้อง ให้พาทีมงานไปดูสถานการณ์จริง และวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความผิดปกติ โดยเทียบกับมาตรฐาน

7. จัดทำมาตรการโต้ตอบ หลังจากที่พบสาเหตุรากเหง้าแล้วให้เราหามาตรการโต้ตอบโดยเน้นให้อยู่ในรูปแบบ Visual Control ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้รับผิดชอบ ระยะเวลา การปรับปรุงควรใช้วิธีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำและมีประสิทธิภาพที่สูง

8. ตรวจสอบความสำเร็จ เมื่อทำการแก้ไขหรือปรับปรุง ไปแล้วให้ตรวจสอบว่าปัญหาดังกล่าวได้เกิดขึ้นซ้ำหรือไม่

9. จัดทำมาตรฐาน มาตรการนั้นได้ผลก็ให้จัดทำมาตรฐานขึ้นเพื่อรักษาไว้ซึ่งระดับคุณภาพต่อไป [25]

2.7 การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพของงานวิจัยมี 2 ด้านดังนี้

1. ด้านคุณภาพ หมายถึง คุณภาพของงานที่ออกแบบและความสอดคล้องในการดำเนินงานที่จะนำมาซึ่งความภาคภูมิใจแก่เจ้าของผลงาน การประหยัดที่สุด มีประโยชน์ในการใช้งานมากที่สุด และสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า โดยวัดจากจำนวนเอกสารที่มีข้อผิดพลาด ทำการวัดจำนวนเอกสารการออกแบบที่มีข้อผิดพลาด หลังการปรับปรุงแก้ไข

$$\text{คุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนเอกสารที่ผิดพลาด (แผ่น)}}{\text{จำนวนเอกสารทั้งหมด (แผ่น)}} x\ 100 \quad \text{.....(2.2)}$$

2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพและประสิทธิภาพการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นอัตราส่วนความก้าวหน้า (Progress) ของการออกแบบคิดเทียบเป็นจำนวนชั่วโมงที่วางแผนไว้ (Plan) ต่อจำนวนโมงการทำงานจริง (Actual) ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานที่วางแผนไว้}}{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานจริง}} \quad \text{.....(2.3)}$$

จากสมการที่ 2.2 ประสิทธิภาพการออกแบบจะดีหรือไม่ดีจะดูว่าค่าประสิทธิภาพ มากกว่า 1.0 หรือ น้อยกว่า 1.0 ถ้ามีข้อผิดพลาดในการออกแบบเกิดขึ้นต้องมีการแก้ไข (Rework) จะมีการใช้จำนวนชั่วโมงการทำงานจริงเพิ่มขึ้นแต่จำนวนชั่วโมงที่วางแผนไว้เท่าเดิม ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพมีค่าน้อยกว่า 1.0 นั่นแสดงว่าประสิทธิภาพและคุณภาพการออกแบบไม่ดี ส่วนการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ ค่าประสิทธิภาพการออกแบบต้องมีค่าเท่ากับ หรือมากกว่า 1.0 เสมอ [5]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการลดข้อบกพร่องและความเสียหาย ซึ่งไม่มีบริษัทใดต้องการให้เกิดเนื่องมาจาก นั้นหมายความว่าเป็นการเพิ่มต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามมา จึงมีการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA มาใช้ในหลายอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็น งานบริการ ออกแบบชิ้นส่วนรถยนต์ การบำรุงรักษาเครื่องจักร อุตสาหกรรมอาหาร การบริหาร อุตสาหกรรมการผลิตอาวุธ ซึ่งก็แล้วแต่ว่าอุตสาหกรรมใดจะประยุกต์ใช้แบ่งออกเป็น DFMEA เหมาะกับกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ หรืองานออกแบบและ PFMEA วิเคราะห์กระบวนการออกแบบเช่นงานประกอบ (Assembly)และ การผลิต (Manufacturing) สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบระบบท่อ จึงเลือกใช้เทคนิค DFMEA มาใช้ในการแก้ปัญหาในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยภายในประเทศมีการประยุกต์ใช้ การออกแบบเพื่อลดข้อบกพร่อง DFMEA มาใช้ในการประยุกต์ใช้ FMEAในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม [7] การลดข้อบกพร่องจากการผลิตอาหารกระป๋อง กรณีศึกษา : โรงงานตัวอย่างในเขตจังหวัดสงขลาโดยนำหลักการของ DMAIC (Define Measure Analysis Improve Control) หลังจากนั้นจึงใช้เทคนิค Why-Why Analysis มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหา [4] การวิเคราะห์การผิดปกติของเครื่องสีข้าวที่ทำให้เครื่องหยุดทำงานส่งผลกระทบต่อความเสียหายของเครื่องจักรโดยการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภูมิก้างปลาและประยุกต์ใช้ FMEA ส่งผลให้ทราบถึงข้อขัดข้องของเครื่องจักร [2] การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลการทบ เพื่อต้องการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบการผลิตและปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเพื่อลดการถี่ของการเสียของเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตด้วยการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) [3] จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นมีการดำเนินการที่คล้ายคลึงกันคือการศึกษาถึงปัญหาแล้วมาทำการวิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา วิเคราะห์ความรุนแรง โอกาสที่จะเกิดและความเป็นไปได้ในการตรวจพบ แล้วจึงมาทำแผนความคุมกระบวนการ หาแนวทางป้องกันทำให้การดำเนินการในการทำงานเป็นมาตรฐานมีประสิทธิภาพในการทำงานของทั้งคนและเครื่องจักร เช่นงานวิจัยการลดข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสีของโรงงานผลิตสีผง ได้นำเครื่องมือ FTA แขนงข้อบกพร่อง และวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบด้วย FMEA และวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงชี้นำ โดยการระดมสมองเพื่อให้ค่าระดับของความเสี่ยงผลของ

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบของกระบวนการปรับแต่งสีพบว่ามีสัดส่วนความบกพร่องหลังการปรับปรุงลดลงประมาณ 24% [1] งานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบพัฒนาแม่พิมพ์ได้ใช้เครื่องมือ FMEA โดยการนำหลักการ Why-Why Analysis เพื่อหาต้นตอของปัญหา และการใช้เทคนิค How-How Analysis มาช่วยวิเคราะห์ในการใช้ ในกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ [8] การประยุกต์ใช้ FMEA ในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อลดข้อผิดพลาดในการแก้ไขงานในการออกแบบโดยการเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดของความเสียหายมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดความเสียหาย โอกาส และความรุนแรงของปัญหา แล้วทำการปรับปรุงเพื่อหาแนวทางป้องกันเพื่อลดข้อผิดพลาด ซึ่งผลหลังจากการดำเนินการหลังการปรับปรุงพบอัตราข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมลดลงจากเดิม 4.73% เหลือเพียง 1.25% งานวิจัยที่กล่าวมาผู้วิจัยได้นำหลักการการออกแบบเทคนิค FMEA มาเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น [5] และการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA ในอุตสาหกรรมปิโตเคมี เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบงานท่อ เพื่อลดความล่าช้าในการส่งมอบงานลดข้อผิดพลาดของการออกแบบการทำงานซ้ำ (Rework) และค่าใช้จ่ายในการปรับแก้งาน (Reorder) ผลการวิจัยสามารถลดค่าใช้จ่ายได้จากเดิม 0.31% เหลือ 0.08% และได้มีการลดขั้นตอนการทำงานให้เป็นมาตรฐาน [6]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจากต่างประเทศที่เกี่ยวกับการออกแบบ DFMEA การดำเนินการจะคล้ายคลึงกับงานวิจัยในประเทศ เช่น การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของรถโดยการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนของรถ ATV มีการบกพร่องแตกต่างกันและวิเคราะห์รายละเอียดแต่ละขั้นตอน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงเป็น พาเรโต เพื่อดูว่าชิ้นส่วนไหนมีความเสี่ยงต่อการบกพร่องสูงสุด [10] การวิเคราะห์ความบกพร่องของเครื่องเชื่อมโดยการระบุถึงความสำคัญของการใช้ FMEA กับเครื่องเชื่อมก่อนมีการส่งมอบให้ลูกค้าก่อนการใช้งานจริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของสินค้า [14] การวิเคราะห์ความเสี่ยงวิธีการขององค์กรเพื่อให้องค์กรมีความน่าเชื่อถือโดยการประยุกต์ใช้ FMEA เป็นการปรับปรุงอย่างยั่งยืน[15] การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบกับการใช้แผนภูมิก้างปลา กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมการผลิตกึ่งตัวนำ บริษัทประสบปัญหาในกระบวนการเจาะ Panel โดยใช้แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหาผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงปัญหาของขั้นตอนในการเจาะว่าควรมีการ Warm เครื่องเจาะก่อนทำการเจาะและได้หาทางป้องกัน [11] การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบในบริษัทผลิตแผ่นชิ้นส่วน

โลหะ โดยการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนโดยการระดมสมองในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยผลการวิเคราะห์ได้จัดทำขั้นตอนการทำงานให้เป็นมาตรฐานและลดเวลาในการตั้งเครื่องให้น้อยลงเพื่อลดการสูญเสียเวลา [12] การใช้เครื่องมือ FMEA ช่วยในการลดชั่วโมงการหยุดงานของระบบย่อยสามารถลดชั่วโมงการสูญเสียในการผลิตในอุตสาหกรรมระหว่างการหยุดงาน [13] งานวิจัยการวิเคราะห์การออกแบบก่อนการดำเนินการทำงานการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และวิเคราะห์ผลกระทบ เพื่อเป็นการพัฒนาระบบกึ่งอัตโนมัติของลูกสูบเครื่องยนต์ เพื่อสร้างคุณภาพ ความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้าการใช้ FMEA เพื่อป้องกันโอกาสที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง [16] การใช้ FMEA เพื่อพัฒนาวิธีการพัฒนาองค์กรให้มีคุณภาพวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอนในองค์กรเพื่อควบคุมคุณภาพ สร้างความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า ป้องกันสาเหตุที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง การวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนสามารถแยกออกมา 12 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาคุณภาพ [17]

การวิเคราะห์กระบวนการ PFMEA ในงานวิจัยกรณีศึกษากระบวนการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบของการอุตสาหกรรมการผลิตลูกปืน เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพ มีเป้าหมายเพื่อต้องการขจัดโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตลูกปืน การวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดความบกพร่องในกระบวนการผลิต การประเมินกระบวนการผลิตย่อย พัฒนาความน่าเชื่อถือของสินค้า สามารถพัฒนากระบวนการผลิตกำหนดค่าความรุนแรงและโอกาสในการเกิด จำนวนการตรวจพบ ข้อบกพร่อง เพื่อลดความสูญเสียในอุตสาหกรรม ทั้งค่าใช้จ่าย และเวลา เพิ่มคุณภาพ เพื่อลดความวิกฤตในกระบวนการนั้นๆ [18] การวิเคราะห์กระบวนการความล้มเหลวและผลกระทบของการผลิตท่ออากาศเพื่อพัฒนาคุณภาพสินค้าซึ่งงานวิจัยได้กล่าวถึงข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิตท่ออากาศ บริษัทต้องการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาทั้ง DFMEA และ PFMEA เพื่อมาปรับใช้ในการดำเนินการเพื่อทำให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือเพื่อผู้สนใจต้องการศึกษา [20] การประยุกต์ใช้ PFMEA สำหรับการค้นพบความล้มเหลวในสายการผลิตการประกอบอัตโนมัติของตัวเก็บประจุ การควบคุมคุณภาพมีความสำคัญต่อกระบวนการประกอบการตรวจจับความบกพร่องในกระบวนการประกอบ การค้นพบความล้มเหลวโดยการประยุกต์ใช้ PFMEA การประเมิณความเสี่ยงของที่อาจจะเกิดความล้มเหลว เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของสินค้า [19] การประเมิณผลการดำเนินการในอุตสาหกรรมการหล่อล้อถ่วงน้ำหนักรถยนต์ โดยใช้เครื่องมือ PFMEA การวิเคราะห์กระบวนการหล่อเพื่อลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมทั้งลดค่าใช้จ่ายและเวลา

ในการทำงาน การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการหล่อ สามารถช่วยพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตการหล่อ [21]

การเปรียบเทียบการนำเครื่องมือ DFMEA และ PFMEAโดยการใช้การวิเคราะห์การออกแบบ DFMEA จะใช้สำหรับการวิเคราะห์สินค้า การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบนั้นก่อนการดำเนินการงานจริงเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดความรุนแรงของข้อบกพร่องขึ้น จะเน้นไปที่ข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นกับสินค้าผลิตภัณฑ์ และการออกแบบ การประยุกต์ใช้ DFMEA ยังสามารถใช้วิเคราะห์วิธีการการพัฒนาองค์กรให้มีคุณภาพสร้างความน่าเชื่อถือให้กับองค์กร ระบบย่อยขององค์กร และใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักรหรือชิ้นส่วน การวิเคราะห์การออกแบบเพื่อป้องกันข้อบพพร่องที่อาจจะเกิดขึ้น ในการวิจัยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตท่ออากาศเพื่อพัฒนาคุณภาพสินค้าได้กล่าวว่าความบกพร่องในการผลิต 8-9 % เกิดจากคนเช่นกันและได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง DFMEA และ PFMEA ส่วนการวิเคราะห์กระบวนการ PFMEAจะใช้ในการวิเคราะห์ กระบวนการผลิต (Manufacturing) และการประกอบ (Assembly) แสดงให้เห็นถึงปัญหาข้อบกพร่องของกระบวนการผลิต โอกาสที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Manufacturing) และการประกอบ (Assembly) การประเมินระบบย่อยในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์วัสดุ เครื่องมือ ที่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการผลิต (Manufacturing) และการประกอบ (Assembly) เพื่อการพัฒนาความน่าเชื่อถือให้กับสินค้า พัฒนากระบวนการผลิต ลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมทั้งค่าใช้จ่าย และเวลา เพิ่มปนะสิทธิภาพของ กระบวนการผลิต (Manufacturing) และการประกอบ (Assembly) [21]

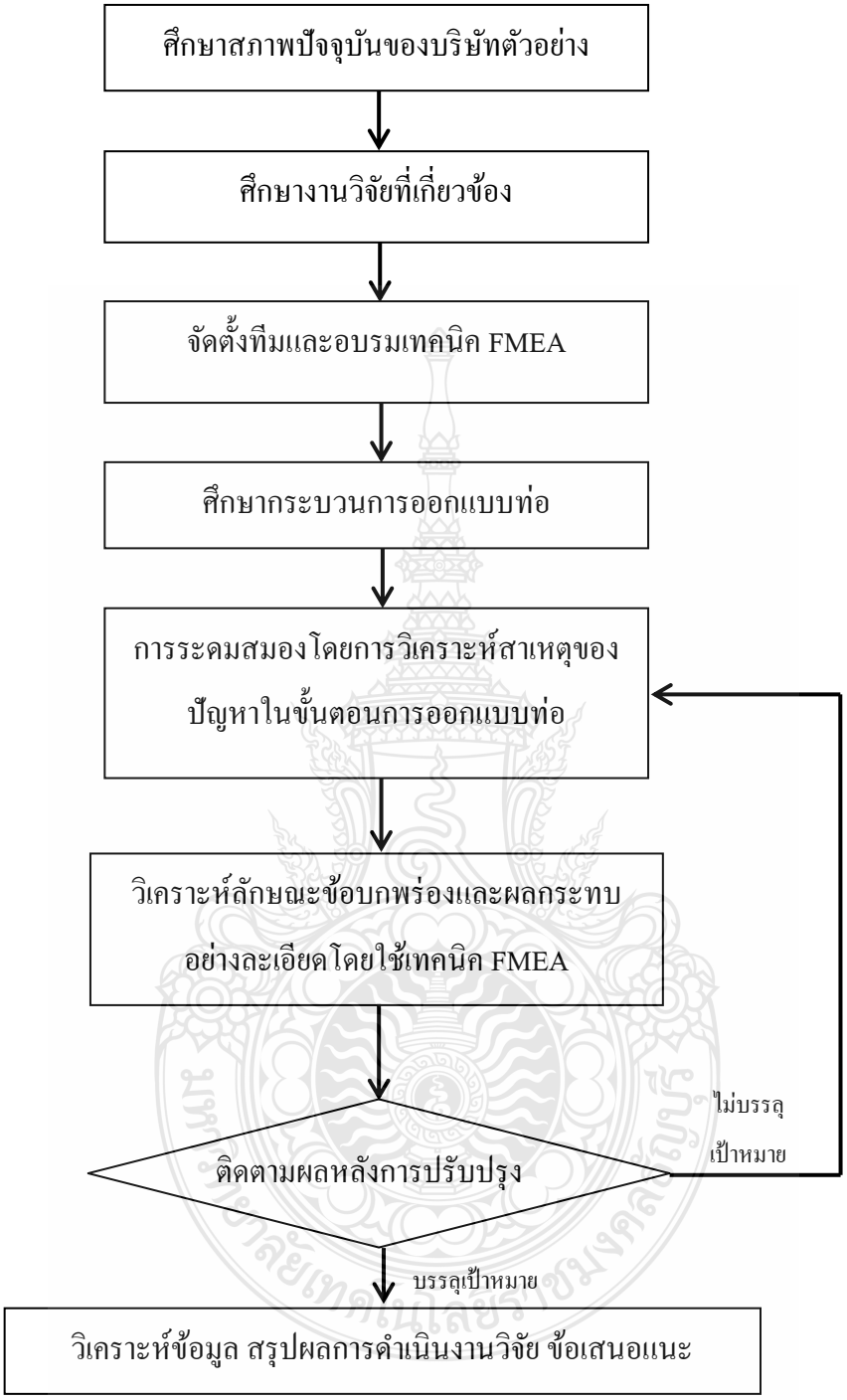
จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นทำให้ทราบว่า การประยุกต์ใช้ FMEA สามารถนำมาปรับใช้กับศึกษาโครงการการออกแบบระบบท่อส่งก๊าซ เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบต่อโครงการและยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับองค์กรได้ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA มาวิเคราะห์ความรุนแรงของข้อบกพร่อง โอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องในการออกแบบ ความรุนแรง โอกาสที่จะทำให้เกิดความบกพร่อง ความเสียหายต่อการออกแบบ หาแนวทางแก้ไขและป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลังจากนำ FMEA มาใช้ทำให้สร้างความน่าเชื่อให้กับองค์กร สร้างความเชื่อมั่นต่อลูกค้า เพิ่มประสิทธิภาพในวิธีการดำเนินงาน ซึ่งงานวิจัยส่วนมากจะกำหนดค่าความเสี่ยง

(RPN) ที่ 100 แต่มีงานวิจัยการวิเคราะห์การออกแบบของรถ ATV โดยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบรถ ATVกำหนดค่าความเสี่ยง (RPN) ที่ 250 โดยมองว่าเป็นความวิกฤตที่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในการทำงาน [10] และงานวิจัยการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวิธีการในองค์กร โดยใช้ FMEA กำหนดค่าความเสี่ยง (RPN) ที่ 200 นำค่าความเสี่ยงที่มากกว่า 200 มาวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขเป็นอันดับแรกซึ่งมองว่าเป็นผลกระทบและความเสี่ยงกับด้านความปลอดภัยในองค์กรมากที่สุด [15]โดยการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงที่สูงกว่างานวิจัยอื่นๆ ได้มองว่าการวิเคราะห์ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S) ของปัญหา ที่มีค่าระดับ 9 กับ 10 ถือว่าสำคัญ และวิกฤตมากควรมีการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดความเสียหาย ต่อการออกแบบหรือกระบวนการ และอาจส่งผลต่อความปลอดภัย อุบัติเหตุภายในองค์กร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือและความมั่นคงให้กับองค์กรเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของบริษัทตัวอย่างจึงได้นำ FMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิผลดังกล่าวต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยจะศึกษาสภาพปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาทางแก้ไข ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นแนวทางในการดำเนินการจัดตั้งและอบรมทีมเพื่อเป็นการระดมสมองหาข้อผิดพลาดและผลกระทบนำมา วิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหาโดยใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาข้อผิดพลาดเพื่อนำไปปรับปรุง ลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1



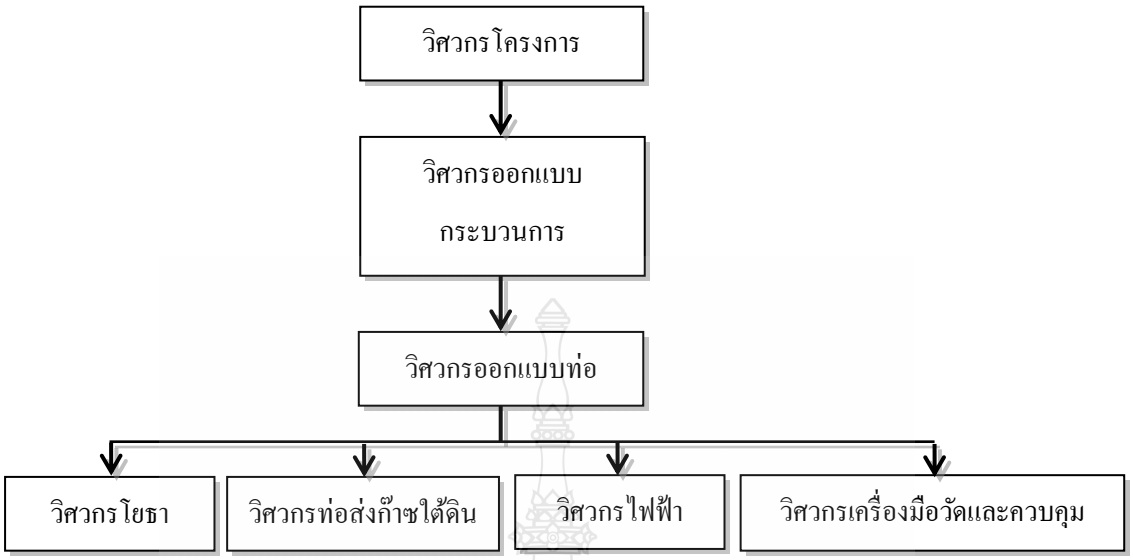
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของบริษัทตัวอย่าง

ปัจจุบันในธุรกิจท่อส่งก๊าซมีการแข่งขันด้านการบริหารโครงการค่อนข้างสูงผลมาจากราคาน้ำมันที่ผันผวนทั้งคู่แข่งเก่าและผู้ประกอบการรายใหม่ การบริหารโครงการจึงต้องอาศัยการควบคุมคุณภาพของงาน เพื่อสร้างความพึ่งพอใจให้กับลูกค้าและเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ บริษัทตัวอย่างประกอบธุรกิจด้านท่อส่งก๊าซ บริหารโครงการที่มีมูลค่างานมากกว่า 100ล้านบาท รวมถึงการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์เครื่องจักร การรับเหมาก่อสร้าง ระบบสาธารณูปโภค การอกแบบท่อส่งก๊าซมีการสำรวจเส้นทางหลายสายเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้ก๊าซทั้งทางโรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า ตัวอย่างการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างงานสร้างสถานีลดความดันก๊าซหลังจากการออกแบบท่อ

การที่จะดำเนินการบริหารโครงการของท่อส่งก๊าซจำเป็นต้องอาศัยวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายตามที่ลูกค้านั้นกำหนด การเชื่อมโยงข้อมูลของการบริหารโครงการจะเป็นไปตามกระบวนการไหลของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการไหลของข้อมูลในการออกแบบ

จากรูปที่ 3.3 แสดงการไหลของข้อมูลไปยังส่วนต่างๆซึ่งเชื่อมโยงข้อมูลของการบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลการบริหารโครงการ การออกแบบท่อจะเชื่อมโยงทั้งหมดด้วยกัน 7 ส่วนดังนี้

1. วิศวกรโครงการ (Project Engineer)

วิศวกรโครงการ การบริหารโครงการในส่วนนี้จะเป็นผู้ที่ติดต่อประสานงานกับทางลูกค้า การเชื่อมโยงข้อมูลกับลูกค้าตั้งแต่เริ่มต้นการบริหารโครงการ ไปจนการส่งมอบโครงการรวมถึงการแก้ปัญหา ด้านวิศวกรรมทุกแผนก การบริหารจัดการเวลา การควบคุมค่าใช้จ่ายด้านการบริหารโครงการ การดูแลตรวจสอบเอกกสารขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งมอบลูกค้า

2. วิศวกรออกแบบกระบวนการ (Process Engineer)

การออกแบบกระบวนเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องมือวัดตามจุดที่ต้องการควบคุมความดัน การเปิด ปิดอุปกรณ์ โดยการออกแบบการเรียงลำดับตาม ต้นน้ำ (Up Stream) และ ปลายน้ำ (Down Stream)โดยมีการศึกษาการออกแบบกระบวนการผ่านการคำนวนในการวางอุปกรณ์

3. วิศวกรออกแบบท่อ(Piping Engineer)

วิศวกรออกแบบท่อเป็นส่วนงานหลักของการบริหารโครงการเพื่อขนส่งก๊าซจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านท่อส่งก๊าซและเป็นส่วนที่เชื่อมโยงข้อมูลการบริหารโครงการกับหลายส่วนงาน เช่นส่วนของท่อต้ดิน และส่วนงานโยธาเป็นต้น

4. วิศวกรโยธา (Civil Engineer)

วิศวกรโยธาเป็นส่วนงานที่ดำเนินการหลังจากวิศวกรรมงานท่อ ได้วางทิศทางของแนวท่อ การวางอุปกรณ์ การกำหนดจุดที่ต้องทำการรองรับ โดยผ่านวิศวกรโยธาในการวางรากฐาน การออกแบบอาคาร การออกแบบคำนวนน้ำหนักเพื่อวางเสาเข็มแต่ละจุดเป็นต้น

5. วิศวกรท่อส่งก๊าซใต้ดิน (Pipeline Engineer)

เป็นส่วนงานที่ต้องสำรวจในการวางท่อลงใต้ดินซึ่งจะผ่านจุดสำคัญและมีมาตรฐานในการออกแบบการวาง การขุดท่อผ่านจุดสำคัญ โดยมีการเชื่อมต่อข้อมูลกับ วิศวกรออกแบบท่อในการเชื่อมต่อท่อขึ้นบนดินเพื่อเป็นสถานีส่งขาย หรือลดความดันเป็นต้น

6. วิศวกรไฟฟ้า (Electrical Engineer)

วิศวกรไฟฟ้าเป็นส่วนงานที่อำนวยความสะดวกในการใช้พลังงานในจุดต่างๆ เช่นอุปกรณ์ เครื่องมือวัดที่ทางวิศวกรรมการออกแบบท่อได้กำหนดจุดที่ตั้ง วิศวกรไฟฟ้าจึงต้องดูแลในจุดนี้ และดูแลในเรื่องพื้นที่เสี่ยงอันตรายที่ทางวิศวกรไฟฟ้ากำหนด รวมถึงการอำนวยความสะดวกในส่วนอาคารพื้นที่ เป็นต้น

7. วิศวกรเครื่องมือวัดและควบคุม (Instrument Engineer)

วิศวกรเครื่องมือวัดและควบคุม เครื่องมือและอุปกรณ์ที่วิศวกรออกแบบท่อกำหนดตำแหน่งไว้ในส่วน วิศวกรเครื่องมือวัดและควบคุมจะทำการควบคุมดูแลเรื่องของพารามิเตอร์ ค่าต่างๆในการในการกำหนดการวัดและควบคุมในการวัด ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล เป็นต้น

บริษัทตัวอย่างประสบปัญหาการออกแบบงานท่อที่เกิดข้อผิดพลาดในการออกแบบ โดยเฉลี่ยร้อยละ 14.08 ซึ่งค่อนข้างสูงบริษัทตัวอย่างต้องการลดข้อผิดพลาดในการออกแบบระบบท่อจึงได้นำเครื่องมือ FMEA เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบการเก็บข้อมูลเวลาในการทำงานซึ่งเวลาในการทำงานได้ถูกกำหนดเวลาของโครงการโดยลูกค้ากำหนดมาจากการทำโครงร่างก่อนการเริ่มต้นของโครงการการเก็บข้อมูลเวลาทำงานก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือน

มิถุนายน 2558 -กันยายน 2558 พบว่าประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 0.69 0.72 0.79 0.74 ตามลำดับ ซึ่งคำนวนจากสมการที่ (2.3)โดยเฉลี่ยเป็น 0.74 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพเวลาทำงานก่อนการปรับปรุง

ขั้นตอน	มิถุนายน 2558		กรกฎาคม 2558		สิงหาคม 2558		กันยายน 2558	
	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)
1.Plot Plan	312	450	340	510	260	390	596	745
2.Key Plan	222	280	225	300	240	360	204	727
3.GA	882	1150	780	985	870	1088	996	1328
4.Pipe Support	320	380	325	390	325	390	255	332
5.Isometric DWG.	3528	4400	3395	4600	3710	4240	3493	3743
6.Material/Spec.	1672	2450	1560	2340	1680	2100	1788	2460
7.Data Sheet	490	850	468	624	489	652	518	863
8.Stress Analysis	1055	2150	1043	1412	1068	1780	1058	1763
9.Pipe Support Sch.	488	750	500	750	500	625	472	650
10.MTO.	303	505	330	550	306	408	276	415
รวมเวลาทำงาน	**9272**	**13365**	**8966**	**12461**	**9448**	**12033**	**9656**	**13026**
ประสิทธิภาพ	**0.69**		**0.72**		**0.79**		**0.74**	
ประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ย 0.74								

3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

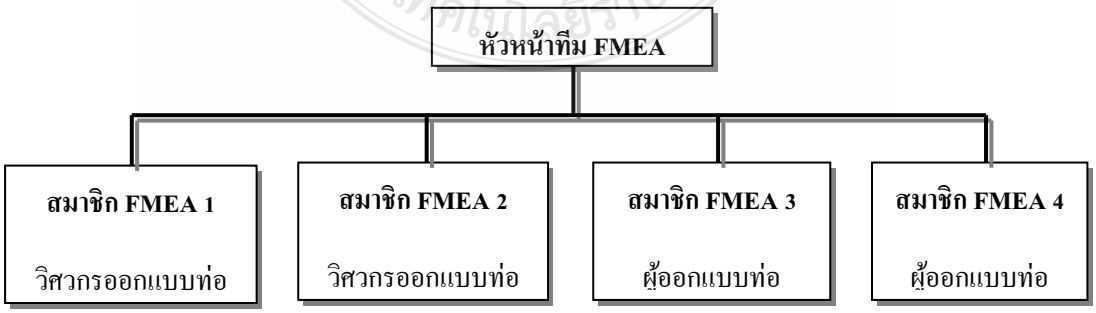
ในขั้นตอนการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้จัยได้กล่าวถึงและได้ศึกษาไว้แล้วในบทที่ 2 โดยจะศึกษาถึงขั้นตอนและรายละเอียดในการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode Effect Analysis) อย่างละเอียดและได้นำมาปรับใช้กับงานวิจัยในครั้งนี้

3.3 จัดตั้งทีมและอบรมเทคนิค FMEA

การดำเนินการ FMEA ได้มีการส่งสมาชิกไปอบรมหลักสูตร Failure Mode and Effect Analysis : FMEA (4th Edition) ที่ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นระยะเวลา 2 วัน เพื่อให้รู้หลักการดำเนินการและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบนำมาปรับใช้ในการทำงาน แล้วดำเนินการถ่ายทอดให้กับสมาชิกในทีม เพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกันและหาแนวทางปรับแก้ไขให้ตรงจุด ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แสดงการอบรมให้สมาชิกในทีม

รูปที่ 3.4 การอบรมการใช้ FMEA ให้สมาชิกในทีม

จากรูปที่ 3.3 การจัดตั้งทีมระดมสมอง ได้พิจารณาบุคคลที่มีประสบการณ์ในด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อ และผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบงานท่อทั้งหมด 5 คนซึ่งจะมีความรู้ด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อ และ ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบท่อ ซึ่งรู้ปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ การจัดตั้งทีมดังแสดงในรูปที่ 3.5 และคุณสมบัติสมาชิกทีมดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.5 ทีม FMEA

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติสมาชิกทีม FMEA

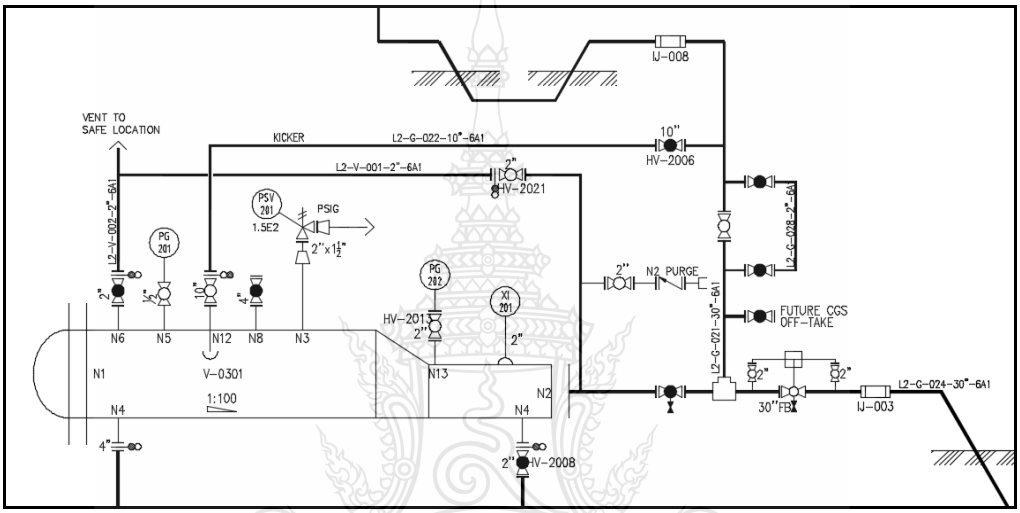
สมาชิกทีม	**ประวัติการทำงาน /คุณสมบัติ**
หัวหน้าทีม FMEA	ผ่านการอบรม หลักสูตร Failure Mode and Effect Analysis : FMEA, มีประสบการณ์ด้านงานออกแบบท่อมากกว่า 10 ปี ทั้งงานโรงกลั่นน้ำมัน , งานท่อส่งก๊าซ
สมาชิก FMEA 1	วิศวกรอาวุโส มีความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานท่อ มากกว่า 20 ปี ประสบการณ์ทั้งโรงไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน งานท่อส่งก๊าซ
สมาชิก FMEA 2	วิศวกร มีความเชี่ยวชาญประสบการณ์ด้านงานวิศวกรรมงานท่อมากกว่า 10 ปี สามารถวิเคราะห์ความเค้นของท่อได้ ประสบการณ์ด้านงานปิโตเคมี งานก่อสร้าง โรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้า และงานท่อส่งก๊าซ
สมาชิก FMEA 3	ผู้ออกแบบระบบท่อ มีประสบการณ์ในด้านงานท่อ 10 ปี
สมาชิก FMEA 4	ผู้ออกแบบระบบท่อ มีประสบการณ์ในด้านงานท่อ 8 ปี

จากตารางที่ 3.2 การจัดตั้งทีม FMEA เมื่อได้ทีมที่มีความรู้และประสบการณ์ด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการการออกแบบ ได้ให้ข้อมูลในการใช้เครื่องมือ FMEA ให้กับทีม เพื่อนำมาปรับใช้ในกระบวนการออกแบบท่อ เพื่อลดปัญหาข้อบกพร่องและความเสียหายในการออกแบบ โดยทีม FMEA ได้ทำความเข้าใจในการนำเครื่องมือวิธีการขั้นตอนในการทำ เพื่อวิเคราะห์ ความเสี่ยงเพื่อนำเป็นทางแก้ไขและปรับปรุงการดำเนินการออกแบบ การอบรมให้ความรู้กับทีมก่อน เพื่อให้สมาชิกในทีม FMEA เข้าใจในและมีวัตถุประสงค์และเป้าหมายไปในทิศทางเดียวกัน

3.4 ศึกษากระบวนการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ

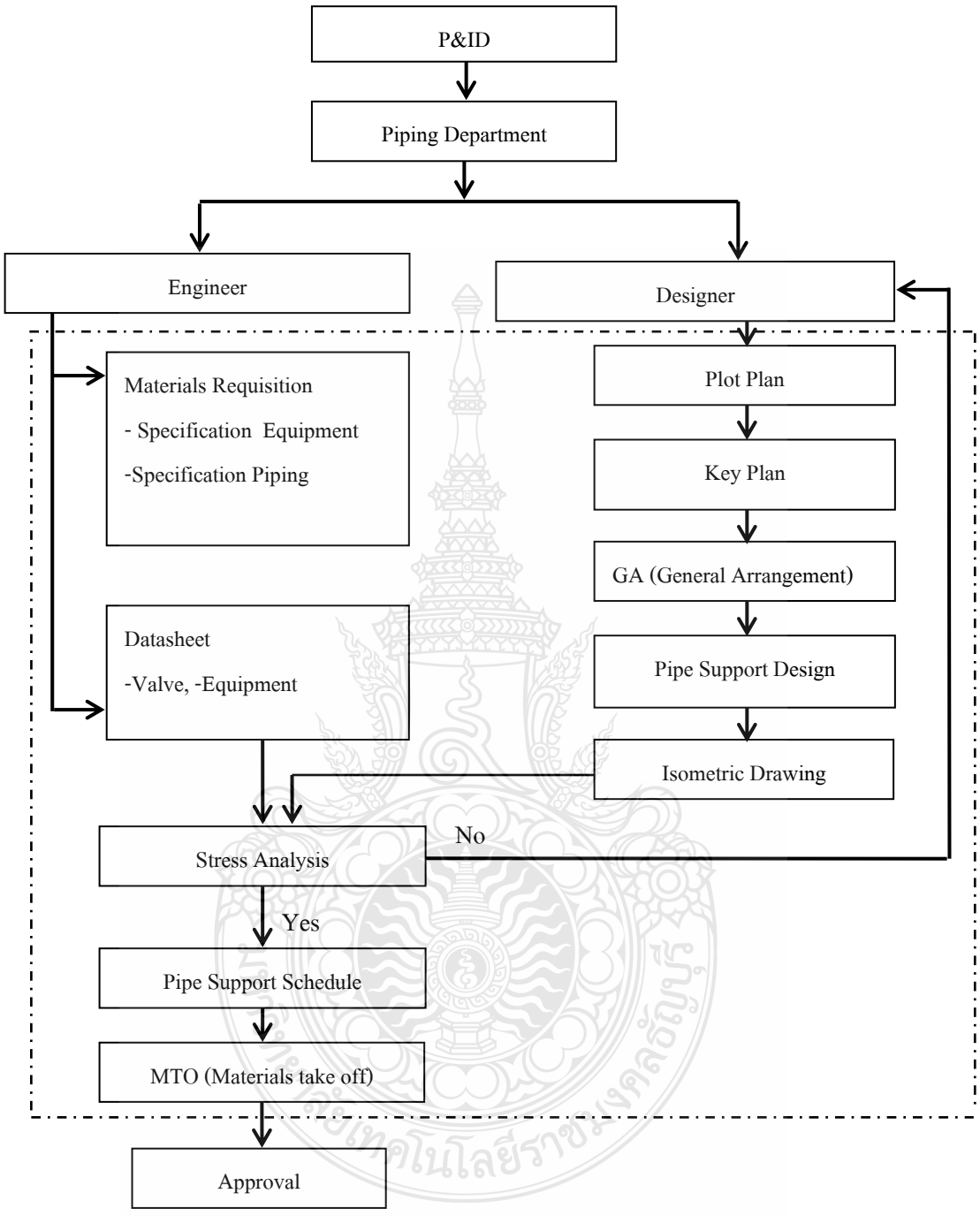
การศึกษากระบวนการวิศวกรรมการออกแบบท่อ หลังจากข้อ 3.3 การจัดตั้งทีม และอบรมทีม FMEA เข้าใจถึงการใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ จากนั้นจะทำการระดมสมอง เกี่ยวกับการดำเนินการออกแบบท่อในแต่ละขั้นตอนเอกสารหรือ แบบงาน (Drawing) ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนรวมไปถึงขั้นตอนในการตรวจสอบแบบงานว่าเกิดความบกพร่องและผลกระทบใดบ้างการดำเนินการออกแบบวิศวกรรมงานท่อในกรณีศึกษาบริษัทตัวอย่างโดยการศึกษาลักษณะการทำงานในปัจจุบัน เพื่อให้เข้าใจระบบกระบวนของงานที่ทำตั้งแต่รับงานมาจากลูกค้า การศึกษากระบวนการออกแบบ และตรวจสอบงานท่ออย่างละเอียด ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและ

ผลกระทบ โดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ การรับงานมาจากวิศวกรโครงการ ข้อจำกัดของงาน และสิ่งที่ลูกค้าต้องการจากโครงการ การออกแบบวิศวกรรมงานท่อต้องผ่านการ ออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆเพราะเกี่ยวข้องกับความดัน และข้อจำกัดของการทำงานบางอย่างดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบ โดยวิศวกรรมออกแบบกระบวนการของระบบและอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Process) หรือแผนภูมิการไหลจากนั้นแผนกวิศวกรรมงานท่อ จึงดำเนินการออกแบบเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังการกำหนดกระบวนการไหลเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุม

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึงการออกแบบกระบวนการที่มาจากวิศวกรออกแบบกระบวนการ (Process Engineer) ในการกำหนดการไหลของอุปกรณ์ผ่านการคำนวนและการวิเคราะห์การออกแบบควบคุมเครื่องมือวัดต่างๆ จนออกมาเป็นแบบกระบวนการไหนอุปกรณ์ (Process Instrument Diagram: P&ID) หรือที่เรียกกันคือ P&ID โดยแผนกวิศวกรรมการออกแบบท่อจะให้แบบ P&ID ไปใช้ในการกำหนดกิจกรรมการออกแบบในการทำงานแต่ละขั้นตอนของแผนกวิศวกรรมท่อ จะเริ่มทำการออกแบบแนวทางการเดินท่อให้เป็นไปตามลูกค้าต้องการภายใต้การกำหนดอุปกรณ์การไหล และเครื่องมือวัด ซึ่งในกระบวนการออกแบบเขียนแบบจะมีแบบงานที่ต้องส่งให้ลูกค้าที่แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเขียนแบบและการวางแผนงานออกแบบระบบท่อ

จากรูปที่ 3.7 เป็นขั้นตอนการออกแบบท่อในส่วนงานวิศวกรรมการออกแบบท่อจะเกี่ยวข้องกับส่วนในด้านเทคนิคและการออกแบบซึ่งจะทำงานของทั้งส่วนนี้สัมพันธ์กันในการเชื่อมข้อมูลของทั้ง 2 ส่วนโดยมี กระบวนการไหล (P&ID) เป็นตัวกำหนดเริ่มต้นด้านเทคนิคและในส่วนของการออกแบบซึ่งขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.7 สามารถเริ่มงานไปพร้อมๆกันทั้ง 2ส่วนในที่นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในส่วนออกแบบท่อก่อนตามลำดับดังนี้

1. การออกแบบวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์ (Plot Plan: PP)

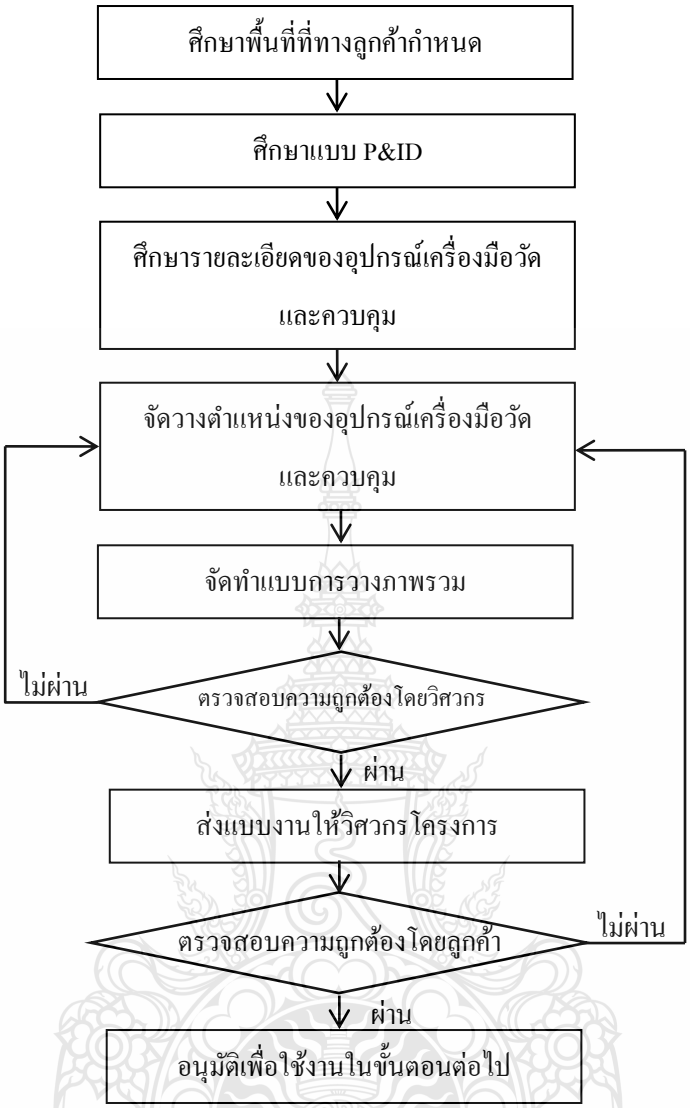
การออกแบบวางแผนภาพรวมของการวางตำแหน่งของเครื่องมืออุปกรณ์วัดและควบคุมรวมถึงระบบสาธารณูปโภคต่างๆ เป็นแบบงานเริ่มต้นของการออกแบบในงานท่อ ลักษณะการไหลหรือแนวทางทิศออกการออกแบบท่อรวมไปถึงจุดที่จะวางอุปกรณ์ต่างๆในแบบ โดยจะทราบถึงตำแหน่ง ขนาดระยะห่างอุปกรณ์ไปในทิศต่างๆ หรือแม้แต่ค่าพิกัดต่างๆ การออกแบบ PP จะเห็นภาพรวมของอุปกรณ์ทั้งหมดของโครางการตามพื้นที่นั้นๆ โดยออกแบบตามมาตรฐานในการออกแบบท่อ ASMEB31.3 และ ASMEB31.8 ซึ่งคำนึงถึงความปลอดภัยอื่นๆ และตามที่ลูกค้าต้องการในการออกแบบวางแผนภาพรวมต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง จากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับ (Comment) เป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในการออกแบบ PP การบอกค่า Coordinate ของแบบและทิศทางของแบบสำคัญต่อการมองดังนั้นจึงควรมีการทวนตรวจสอบ

2. การกำหนดขนาดของตำแหน่งต่างต่างๆของอุปกรณ์ก์สำคัญถ้ามีการบอกผิดอาจจะทำให้ขนาดคลาดเคลื่อน

3. ในส่วนของแบบ PP ผู้ออกแบบจะรู้ชื่ออุปกรณ์ดังนั้นส่วนของชื่ออุปกรณ์จึงไม่ควรผิดพลาด

ในขั้นตอนการออกแบบวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ PP แสดงดังในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์

2. การวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบ (Key Plan: KP)

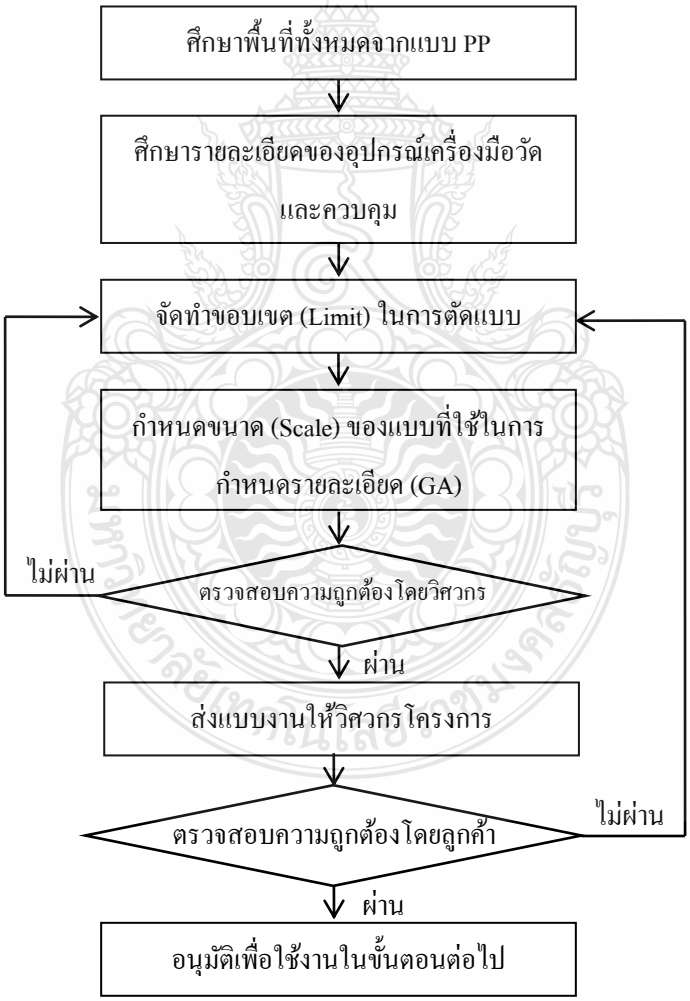
การออกแบบขอบเขตของแบบจะทำหลังจากการรู้ข้อมูลการออกแบบภาพรวมทั้งหมดจาก PP เพื่อที่เราจะรู้ว่าขอบเขตงานที่เราจะตัดโชว์ในแต่ละแบบนั้นของแบบ (Drawing) ที่จะจำกัดในแบบ KP ที่เราทำการออกแบบ เพื่อการทำงานจริงจะได้เข้าใจตรงกันในการทำงานทุกแผนกออกมาเป็น GA นั้นมีทั้งหมดกี่แผน แล้วขนาด (Scale) ที่เราจะให้ในแบบเป็นเท่าใด เช่น 1:50 1:751:100 การตัด KP ทำให้ผู้ออกแบบ หรือวิศวกรทราบว่าจะให้เวลาในการทำงานหรือคน จำนวนมากน้อยแค่ไหน

จาก KP ที่เราแสดงในแบบ ซึ่งต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. การออกแบบ KP เป็นการกำหนดข้อจำกัด ขอบเขตของแบบเพื่อใช้ในการออกแบบ GA ดังนั้นถ้าขอบเขตผิดพลาด

2. กำหนดค่าพิกัด (Coordinate) ลงในแบบ KP ก็ต้องควรระมัดระวังมีการตรวจสอบเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด

ในขั้นตอนการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ KP แสดงดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบ

3. แบบแสดงการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์ (General Arrangement: GA)

การดำเนินการในการกำหนดรายละเอียดในแบบ GA ขอบเขตของแบบจะกำหนดมาจาก KP ในส่วนของ GA นั้นมีการกำหนดรายละเอียดของแบบมากกว่า PP และ KP คือมีการบอกรายละเอียดชื่ออุปกรณ์และข้อจำกัด ชื่อแนวของท่อแต่ละเส้นรายละเอียด (Specification) ของท่อในแบบงาน ถ้าในบางแผ่นหรือแบบมีความจำเป็นต้องตัดด้วนข้างเพื่อแสดงให้เห็นระดับความสูงอย่างชัดเจนว่าชนกันหรือห่างกันในแนวตั้งมากน้อยเพียงใดก็ต้องตัดแบบ หรือทำภาพตัด (Section) เพื่อความชัดเจน ในแบบของ GA ยังแสดงชื่อตัวรองรับท่อ (Support) เพื่อแสดงว่ามีมีตัวแล้วห่างกันเท่าไหร่ หรือมีระยะห่างจากตัวอุปกรณ์เพียงพอต่อการเข้าไปซ่อมบำรุงได้หรือไม่ การออกแบบการติดตั้งวาล์ว สามารถทำได้สูงมากพอที่จะทำพื้น หรือฐาน (Platform) เพื่อที่จะทำการเข้าไปซ่อมบำรุงอย่างไรบ้างพื้นที่พอสำหรับคนเดินผ่าน นอกจากนั้นยังต้องศึกษาข้อจำกัดหรือสิ่งที่ลูกค้าต้องการเพิ่มเติมขั้นตอนGAผู้ออกแบบควรมีพื้นฐานเรื่องงานท่อในการทำงานค่อนข้างสูงเพราะข้อมูลที่เชื่อมโยงกับส่วนอื่นๆค่อนข้างมากซึ่งต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. การออกแบบ GA ควรระมัดระวังในการวางตำแหน่งของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ให้ถูกต้องตามแบบ P&ID

2. ในการออกแบบ GA ต้องมีการออกแบบตัวรองรับท่อต้องเชื่อมโยงกับแผนกโยธาทั้งข้อมูลตำแหน่งหรือจุดที่วางอาจจะไม่ตรงกัน

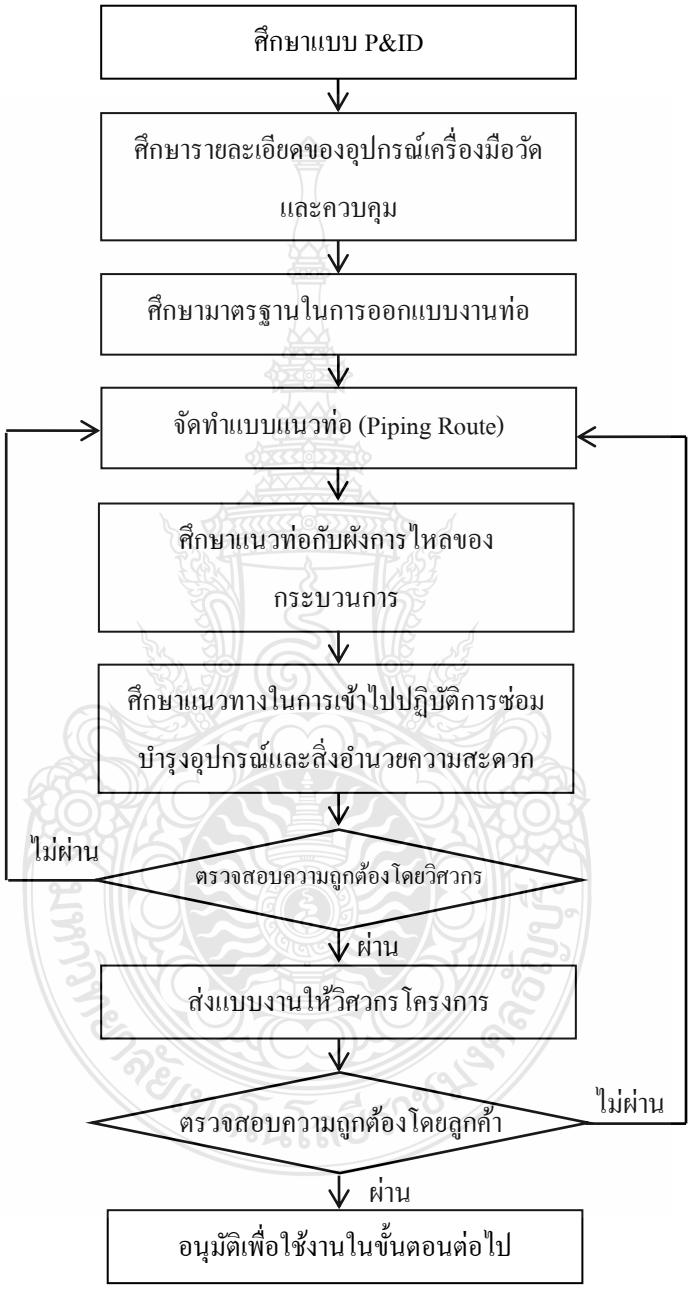
3. แบบ GA มีการดึง (Extract) มาจากโปรแกรม 3 มิติ จึงควรระมัดระวังแบบ อาจจะไม่ได้อัพเดตตามโปรแกรม 3 มิติ

4. การออกแบบพื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในแบบควรมีพื้นที่ที่เหมาะสม รวบไปถึงระดับของการขึ้นไปซ่อมบำรุงว่าควรมีพื้น หรือฐานยกสูงหรือเปล่า

5. การออกแบบอุปกรณ์และเครื่องมือวัดควรมีการตรวจสอบขนาดของอุปกรณ์ถ้าขนาดไม่ตรงตามมาตรฐานอาจทำให้ขนาดท่อความยาวไม่เป็นจริง

6. ในแบบ GA สิ่งที่ต้องระวังเพิ่มเติมคือตัวรองรับกับแนวเชื่อมอาจจะชนกันซึ่งความเสียหายในข้อนี้ค่อนข้างสูง

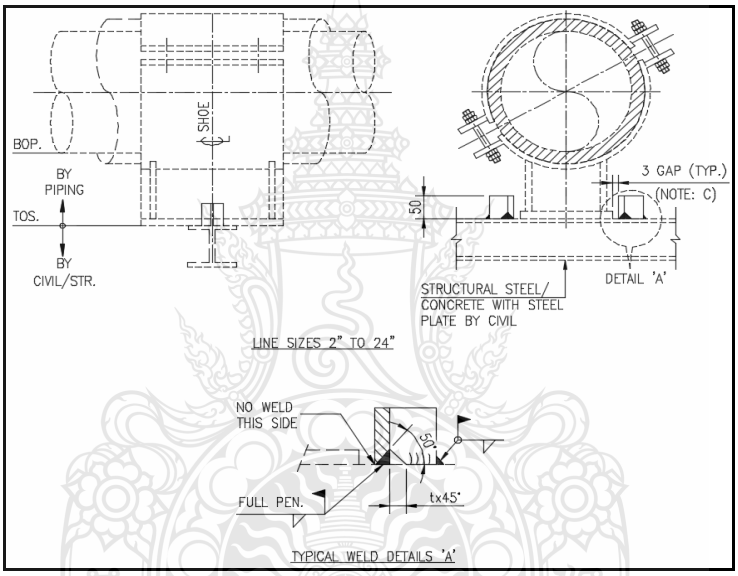
ในขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์ ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ GA แสดงดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการออกแบบการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์

4. การออกแบบตัวรองรับท่อ (Pipe Support Design: PS)

การออกแบบตัวรองรับท่อหลังจากการออกแบบGAผู้ออกแบบจะทำการออกแบบตัวรองรับท่อตามมาตรฐาน (Pipe Support Standard) ของตัวรองรับท่อต้องดูลักษณะการวางขนาดของท่อเพื่อให้ตัวรองรับท่อนั้นสามารถรองรับได้จริงไม่พัง การเลือกขนาดระยะจะเลือกตาม มาตรฐานของตัวรองรับที่เราได้จัดทำเพื่อใช้ในแต่ละโครางการ การออกแบบจะทำควบคู่กับการทำ GA และการวิเคราะห์ความเค้น (Stress Analysis) การวิเคราะห์ความเค้นท่อร่วมด้วยเพื่อให้มั่นใจว่าท่อนั้นจะไม่พังยุบตัวเมื่อเราออกแบบตัวรองรับตามมาตรฐานตัวอย่างมาตรฐานตัวรองรับดังแสดงในรูปที่ 3.11



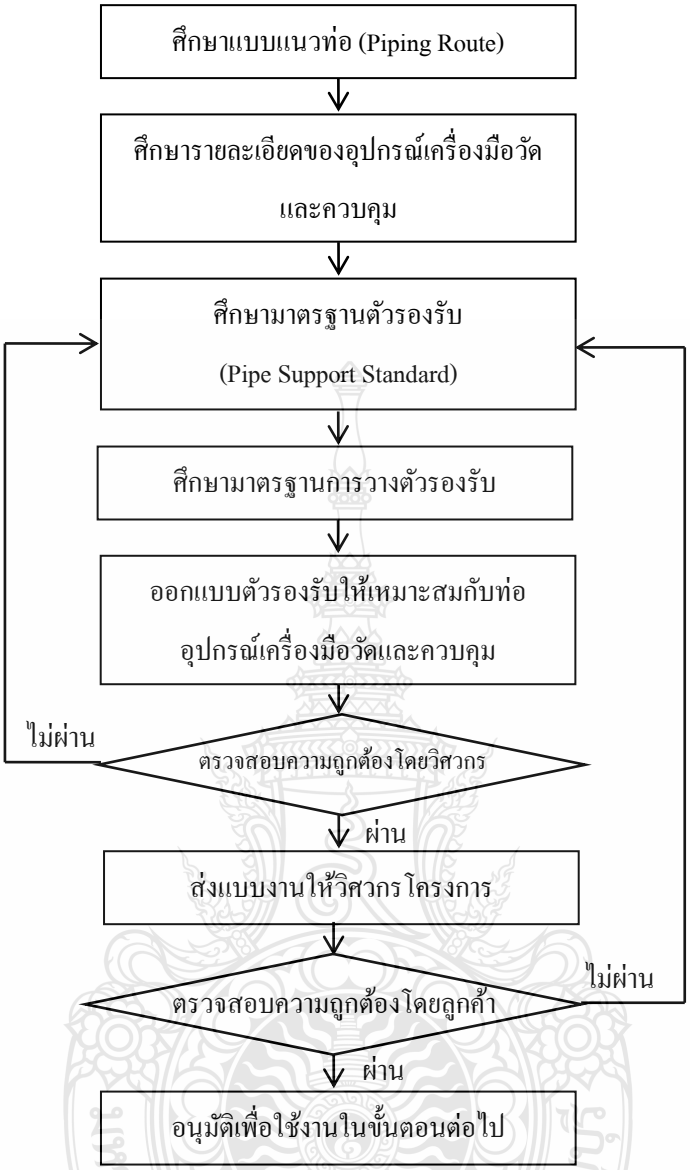
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างมาตรฐานตัวรองรับ

ในการออกแบบตัวรองรับต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในแบบของ PS ผู้ออกแบบต้องเลือกใช้ตัวรองรับชนิดของตัวรองรับให้เหมาะสมกับขนาดของท่อ และระยะห่างตามมาตรฐาน

2. ขนาดระยะของตัวรองรับก็ควรระมัดระวังข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

ในขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อ ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ PS แสดงดังในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อ

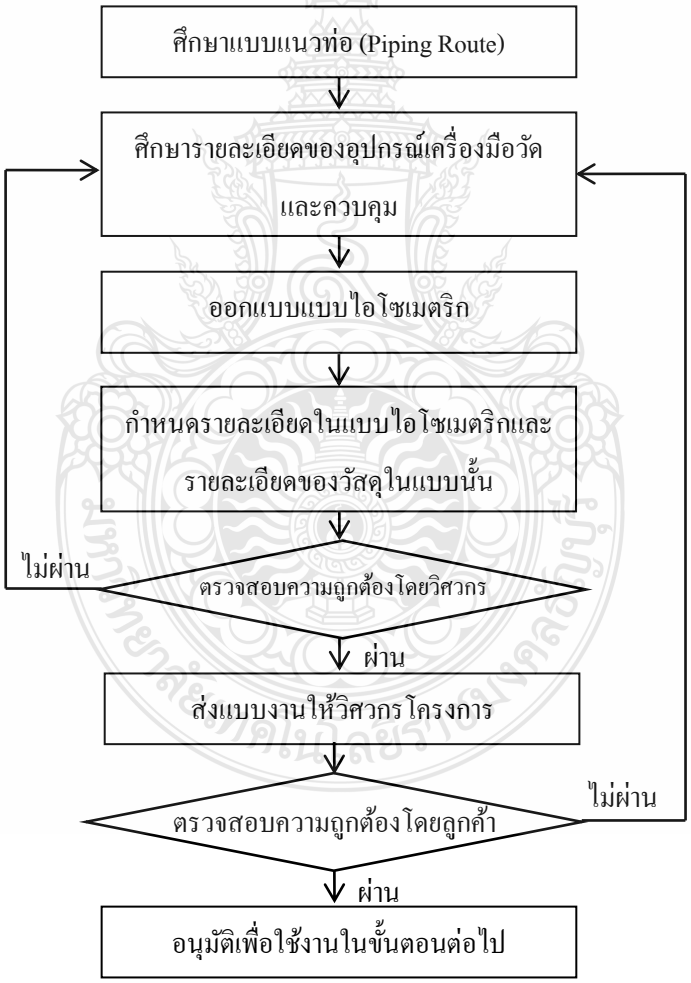
5. แบบไอโซเมตริก (Isometric Drawing: ISO)

แบบไอโซเมตริกหรือที่รู้จักกันในแบบ 3มิติการออกแบบถอดมาจาก GA แต่ในส่วนของ ISO จะเห็นทั้งสามแนวแกนของท่อ ที่สำคัญการกำหนดทิศทางของแบบต้องไม่ผิดและไปในแนวทางเดียวกันกับทั้ง 3 ขั้นตอนแรกที่กล่าวมาคือแบบ PP KP และ GA ให้เห็นแนวเส้นท่อของแต่ละชื่อ (Line no.) ของท่อในแบบจะบอกอุปกรณ์สัญลักษณ์ชนิดของวาล์ว ตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัด การต่อเนื่องของแบบ ในการดำเนินการออกแบบจะมีทั้งเส้นทางท่อที่เดิน ชื่อตัวรองรับท่อเหมือนกับ GA

ทิศทางการไหลของก๊าซ ระดับของท่อว่าสูงเกินกว่าที่คนจะเอื้อมถึง และรายการวัสดุที่แสดงทั้งหมดในแบบท่อที่เราแสดง จำนวน รายละเอียด ตัวต่อท่อ ข้องอท่อประเก็นท่อ และในการออกแบบตัวรองรับต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในแบบ ISO ขนาดของท่อระยะอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ให้เป็นไปตามมาตรฐาน
2. การบอกรายการ ขนาดวัสดุอุปกรณ์ ในแบบ ISO ก็ควรระมัดระวังการเกิดเช่นกัน
3. ในแบบ ISO ทิศทางของก้านวาล์ว มือหมุนควรระบุให้ชัดเจนและถูกต้อง
4. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับจุดหัวฉีด (Nozzle) อาจมีการผิดพลาด มาตรงตามแบบ DS

ในขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริก ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ ISO แสดงดังในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริก

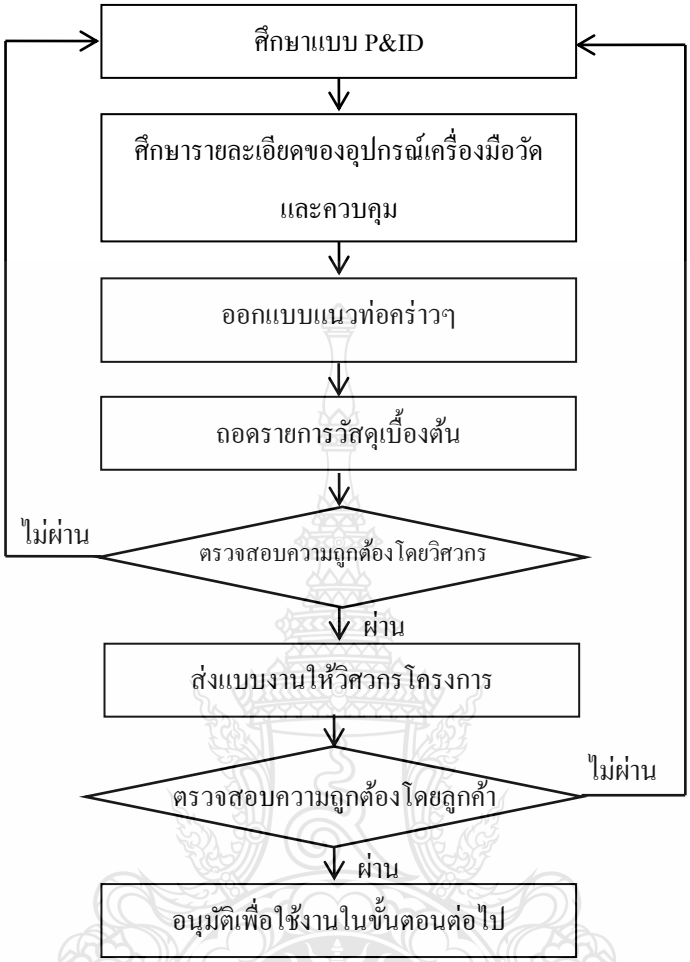
6. การกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น (Materials Requisition / Specification: MS)

การกำหนดความต้องการวัสดุเบื้องต้น (Materials Requisition) เป็นการวางแผนความต้องการวัตถุดิบหรือวัสดุเริ่มต้นจากการดำเนินงานขั้นตอนนี้สามารถเริ่มต้นการประเมินวัสดุพร้อมๆ กับขั้นตอนของการออกแบบ KP ซึ่งสามารถดูเครื่องมือวัดและอุปกรณ์อย่างคร่าวๆได้จาก P&ID ขั้นตอนนี้ทางฝ่ายวิศวกรจะศึกษาว่าอุปกรณ์เครื่องมือวัดชนิดไหนมีการรอการส่งของนาน (Long lead) เช่นวาล์วบางตัวที่มีขนาดใหญ่ๆจะใช้เวลาในการสั่งนานถึง 6 เดือนซึ่งวิศวกรต้องระวังถึงอุปกรณ์ตัวนั้นค่อนข้างสูง

การกำหนดรายละเอียด (Specification) คือการกำหนดมาตรฐานของผนังความหนาท่อ (Pipe Wall Thickness) ขนาดท่อตาม ASME B31.10 มาตรฐานของหน้าแปลน มาตรฐานวาล์ว มาตรฐานของข้อต่อขนาดต่างๆที่ใช้ในงานท่อ รวมไปถึงการกำหนดมาตรฐานหรือคุณสมบัติของเครื่องมือวัด อุปกรณ์ในการออกแบบโครงการนั้นๆในขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น ต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมากดังนี้

1. การบอกรายละเอียดของวัสดุที่อาจมีความผิดพลาดในการออกแบบ หรือการตรวจเช็ค
2. การบอกความหนาท่อ (Thickness) ของท่อและตัวประกบอาจมีการผิดพลาด

ในขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ MS แสดงดังในรูปที่ 3.14



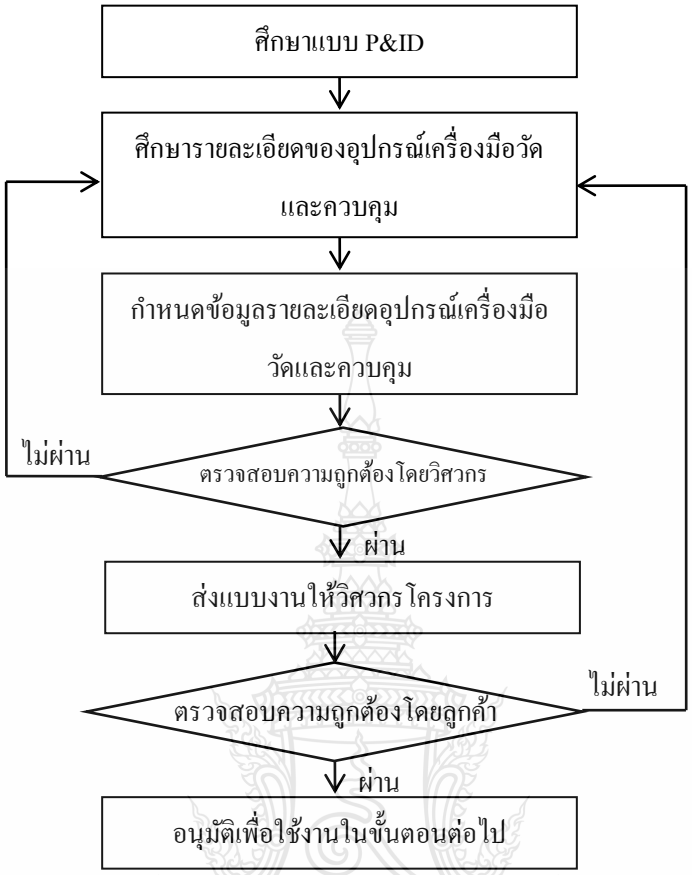
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น

7. การกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม (Data sheet: DS)

การกำหนดรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์รวมไปถึงแบบขนาดของอุปกรณ์ต้องตรวจสอบว่ามีขนาดตรงตามที่เราต้องการ ไหมตรวจสอบชื่อของอุปกรณ์ในขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม ต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับ (Comment) เป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในแบบ DS ควรระวังขนาดของเครื่องมือวัด อุปกรณ์อาจมีขนาดไม่สัมพันธ์กันในแบบเกิดการผิดพลาดได้

ในขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม ได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ DS แสดงดังในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม

8. การวิเคราะห์ความเค้น (Stress Analysis: SA)

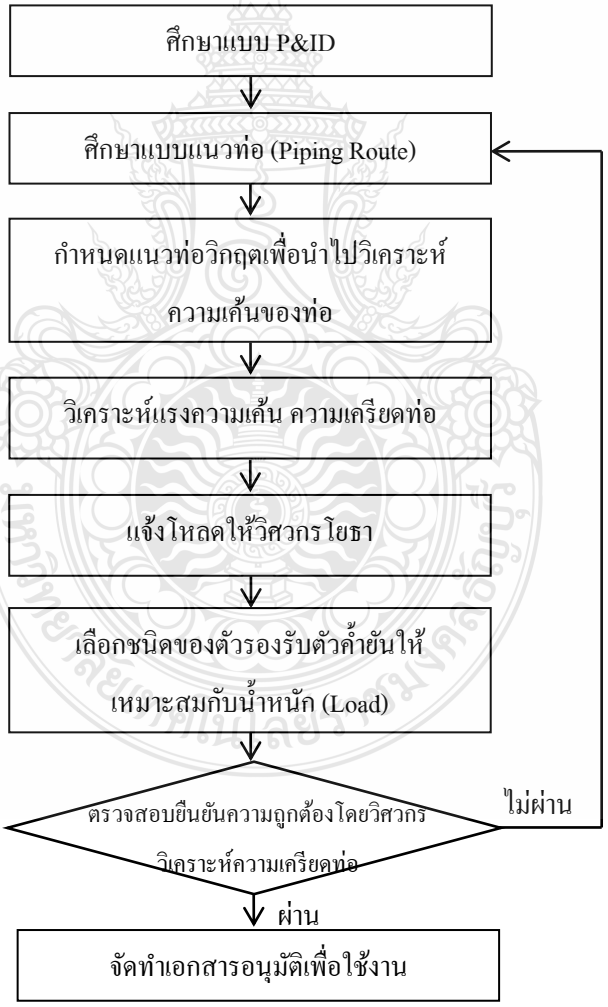
การวิเคราะห์ความเค้นในการออกแบบระบบท่อให้มีความยืดหยุ่น (Flexibility)โดยใช้จำนวนข้อต่อ (Fitting) ให้น้อยที่สุดเพื่อความประหยัดและลดความดันให้น้อยลง(Pressure drop)ที่เกิดขึ้นให้น้อยที่สุดระบบท่อที่ร้อนจะเกิดการยืดขยายตัวส่วนระบบท่อที่เย็นจะเกิดการหดตัวทั้งสองระบบนั้นจะทำให้เกิดปัญหาความเค้น (Stress) ในท่อได้ทั้งนั้นถ้าความเค้นอยู่ในขอบเขตจำกัดของความแข็งแรงวัสดุระบบท่อก็จะไม่พังเสียหายแต่แค่นี้ยังไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ปัญหาความเค้นจะวิเคราะห์หลายๆอย่างและสามารถควบคุมระบบท่อให้เป็นไปตามที่เราต้องการอีกด้วยเช่นควบคุมการขยายตัวของท่อไม่ให้มากเกินไปการควบคุมแรงโมเมนต์การคำนวณหาแรงและโมเมนต์เราจะพิจารณาเฉพาะส่วนสำคัญๆเช่นจุดที่ท่อยึดติด(Anchor Point)ในที่นี้ได้แก่จุดของท่อที่ไม่ให้เคลื่อนไหวหยุดการเคลื่อนไหว (Line stop) หรือว่าจะเป็นที่ปลายกระบอกฉีด (Nozzle) ของอุปกรณ์ (Equipment) เรานำค่าแรงและโมเมนต์ที่ได้นี้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับ (Allowable Forces) และ

โมเมนต์โดยที่ค่าแรงและโมเมนต์ที่เราคำนวณได้นั้นจะต้องไม่เกินค่าที่ยอมรับ (Allowable) ไม่เช่นนั้นจะทำให้อุปกรณ์พังเสียหายได้โดยเราสามารถทราบค่าน้ำหนักถ่วงที่ยอมรับ (Allowable Load)ได้จากโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆในขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้น ต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ใน Stress Analysis เป็นการวิเคราะห์น้ำหนักท่อ และส่วนประกอบอื่นๆที่มีผลต่อแรงน้ำหนัก ดังนั้นควรระมัดระวังการเลือกตัวรองรับท่อกับแรงน้ำหนัก (Load)

2. การเดินท่อหรือทิศทางไม่เป็นไปตามแนวของ Isometric Drawing และ GA ทำให้ต้องออกแบบใหม่ หรือเลือกตัวรองรับท่อผิดพลาด

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้นได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ SA แสดงดังในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้น

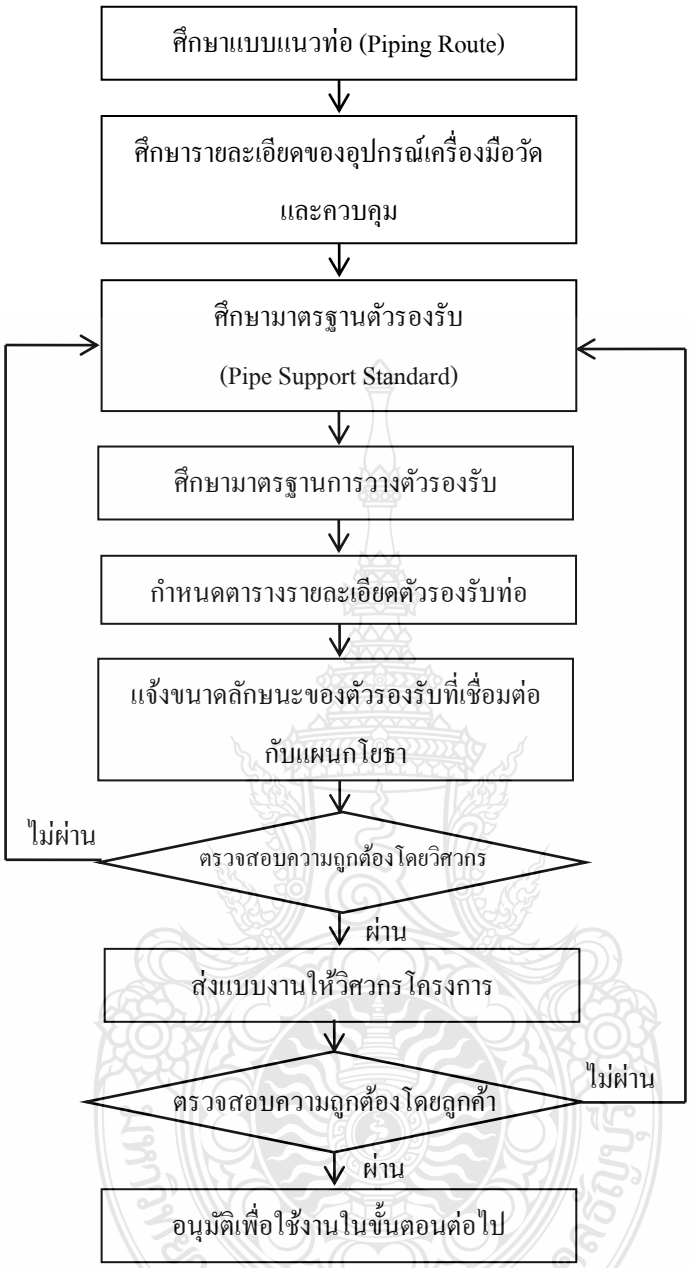
9. การกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อ (Pipe Support Schedule: PSS)

ขั้นตอนของการบอกรายละเอียดของตัวรองรับท่อรายละเอียดชนิดของตัวรองท่อความยาม ความสูงของตัวรองรับข้อมูลมาจากส่วนของ GA ชื่อของท่อแต่ละเส้น ชื่อบอกตัวรองรับเลือกจาก มาตราฐานตัวรองรับตามที่โครงการได้ออกแบบไว้ซึ่งมาตราฐานตัวรองรับจะเชื่อมโยงกับงานแผนก โยธาในขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อ ต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในเอกสาร PSS จะประกอบด้วยขนาดรายละเอียดเกี่ยวกับตัวรองรับโดยตรง สิ่งที่ควร ระวังควรเป็นระยะของตัวรองรับท่อเพราะจะเกี่ยวกับแผนกโยธา

2. การเลือกชนิดหรือบอกชนิดของตัวรองรับไม่ตรงตามมาตรฐาน (Standard)

ในขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของ แบบ PSS แสดงดังในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อ

10. การถอดรายการวัสดุ (Materials take off: MTO)

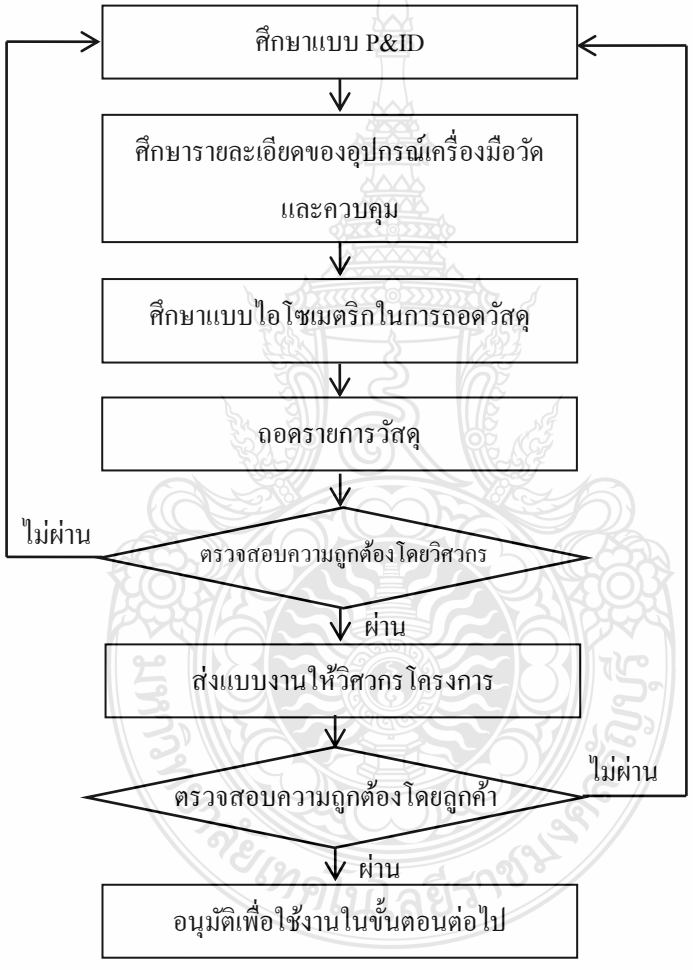
ขั้นตอนการดำเนินการถอดวัสดุในงานออกแบบระบบท่อทั้งหมดทั้งอุปกรณ์ สกรู น๊อต วาล์ว ทั้งระบบงานท่อ เพื่อให้ได้จำนวนทั้งหมดที่แท้จริงทั้งส่วนรายละเอียด วัสดุท่อ วัสดุอุปกรณ์ชนิดข้อต่อแผ่นประเก็น และอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบท่อขนาดจำนวนดพื่อรวบรวมไปสั่งของใน

ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุต้องคำนึงถึงจุดต่างๆ เป็นจุดที่ต้องระวัง ซึ่งจากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับเป็นส่วนมาก ดังนี้

1. ในเอกสาร MTO ควรระวังการถอดรายการวัสดุ จำนวนไม่ตรงกับที่เป็นจริง

2. การบอกรายละเอียดของวัสดุ เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ผิดพลาด

ในขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อได้แสดงถึงวิธีการซึ่งการได้มาของแบบ MTO แสดงดังในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุ

3.5 การระดมสมองโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในขั้นตอนการออกแบบท่อ

การระดมสมอง (Brainstorming) ของทีมเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการออกแบบท่อ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับทั้งผู้ออกแบบ เขียนแบบ วิศวกร และวิศวกรอาวุโส โดยวิเคราะห์จากประสบการณ์การทำงาน การออกแบบงานท่อที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงในการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ความผิดพลาดในการออกแบบท่อในแต่ละขั้นตอนจะเป็นการแชร์ สิ่งที่ในแต่ละหน้าที่ของการทำงานของแต่ละคนได้เจอมาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือมากที่สุด การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการออกแบบท่อ

ลำดับ	กระบวนการ	ข้อผิดพลาด
1	Pot Plan	PP1 :กำหนดค่า Coordinate (E, N) ไม่ตรงตามลูกค้ากำหนด
		PP2 : บอกตำแหน่งอุปกรณ์ผิด
		PP3 :บอกชื่ออุปกรณ์ตัววัดผิด
2	Key Plan	KP4 :กำหนดขอบเขตของแบบผิด
3	GA (General Arrangement)	GA5 :บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา
		GA6 :วางอุปกรณ์ไม่ตรงตามแบบโปรแกรม 3 มิติ
		GA7 :พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ
		GA8 :ขนาดของอุปกรณ์ผิดไม่ตรงตามมาตรฐาน
		GA9 :วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ
		GA10 :ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง
4	Pipe Support Design	PS11 :เลือกตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ
		PS12 :บอกขนาดของตัวรองรับ (Support) ผิด
5	Isometric Drawing	ISO13 :การออกแบบระดับไม่อัพเดตตามโปรแกรม 3 มิติ
		ISO14 :บอกขนาดของท่อระดับความสูงและอุปกรณ์ผิด
		ISO15 :บอกทิศทางของก้านวาล์วผิด
		ISO16 :บอกจำนวนขนาดวัสดุไม่ตรงตามแบบ
6	Materials /Specification	MS17 :บอกรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ผิด
		MS18 :บอก Thickness ของท่อผิด

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการออกแบบท่อ (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	ข้อผิดพลาด
7	Data Sheet	DS19 :จำนวนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือวัดผิด
		DS20 :กำหนดทิศทางมือหมุนวาล์วผิด
8	Stress Analysis	SA21 :ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ
		SA22 :ออกแบบตัวรองรับไม่ตรงกับแบบท่ออุปกรณ์
9	Pipe support Schedule	PSS23 :ระยะของตัวรองรับท่อผิด
		PSS24 :บอกชนิดของตัวรองรับผิด
		PSS25 :บอกรายละเอียดของตัวรองรับไม่ตรงตามมาตรฐาน
10	Materials Take Off	MTO26 :บอกจำนวนวัสดุผิดจากจำนวนจริง
		MTO27 :บอกรายละเอียดของวัสดุผิด

3.6 วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบอย่างละเอียดโดยใช้เทคนิค FMEA

หลังจากข้อ 3.5 การระดมสมองโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในขั้นตอนการออกแบบท่อจึงได้นำสาเหตุมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและวิเคราะห์ผลกระทบดังแสดงในรูปที่ 3.19 เพื่อวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนจากตารางที่ 3.3

รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร FMEA

3.6.1 วิเคราะห์หน้าที่การใช้งานของโครงการ

การดำเนินการวิเคราะห์หน้าที่ของโครงการหรือความต้องการในกระบวนออกแบบนั้นตามที่โครงการกำหนด โดยทำการระดมสมองของทีมงานที่จัดตั้งวิเคราะห์ผลประโยชน์หรือสิ่งที่ต้องการในกรออกแบบของขั้นตอนนั้นๆ อาศัยจากประสบการณ์และความชำนาญของผู้วิเคราะห์ในกระบวนการออกแบบระบบท่อ

3.6.2 วิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของโครงการ

การดำเนินการวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่องของโครงการนั้น การวิเคราะห์หลังจากการกำหนดความต้องการหรือประโยชน์ที่คาดหวังจากการวิเคราะห์หน้าที่ของโครงการความน่าจะเป็นหากเกิดความผิดพลาดไม่เป็นอย่างที่คาดหวัง ลักษณะแนวโน้มข้อผิดพลาดของการออกแบบงานท่อที่จะส่งผลกระทบนั้นขั้นตอนการออกแบบนั้นๆ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อแผนกอื่นๆ หรืออาจะส่งผลในการก่อสร้างก็อาจเป็นไปได้โดยระบุในช่องตารางที่กำหนดในตาราง

3.6.3 วิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบข้อบกพร่องของโครางการ

การดำเนินการวิเคราะห์แนวโน้มผลกระทบข้อบกพร่องของโครงการการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ เนื่องจากขั้นตอนวิเคราะห์แนวโน้มลักษณะข้อบกพร่อง จากนั้นจะวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้หรือมีโอกาส ความรุนแรงที่อาจจะเกิดก็สามารถวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ได้ เช่น ผลกระทบอาจจะทำให้ท่อเกิดการรั่ว ตัวรองรับทรุดตัว หรือท่อบิดงอจากตัวรองรับก็อาจจะนำมาวิเคราะห์ผลกระทบด้วยเช่นกัน

3.6.4 วิเคราะห์แนวโน้มสาเหตุข้อบกพร่องของโครงการ

การวิเคราะห์ถึงสาเหตุข้อบกพร่องของโครงการ เมื่อเราทราบถึงลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของโครงการ การดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุนั้นจะระดมสมองจากทีมงานที่มีประสบการณ์โดยตรงผู้ที่ออกแบบวิศวกรรมงานท่อว่าสาเหตุที่แท้จริงนั้นเกิดจากอะไร อาจจะด้วยการจำลองจากโปรแกรมสำเร็จรูป เช่นสาเหตุที่ทำให้ตัวรองรับทรุดตัวน้ำหนักท่อกับตัวรองรับไม่สามารถทำได้ทำให้ตัวรองรับพังได้

3.6.5 วิเคราะห์การควบคุมการออกแบบโครงการ

การดำเนินการวิเคราะห์การควบคุมสาเหตุของข้อบกพร่องของโครงการออกแบบวิศวกรรมงานท่อนั้นต้องมีการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเช็คแบบงานท่อเป็นการหา

แนวทางป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นซึ่งถ้ามีการควบคุมการป้องกันที่ดีจะทำให้การออกแบบท่อ สามารถลดข้อบกพร่องในการทำงานลดค่าใช้จ่ายส่งงานตรงตามกำหนด แล้วยังสามารถสร้างความเชื่อมั่นและประสิทธิภาพการทำงานให้กับองค์กร

3.6.6 กำหนดค่าความเสี่ยงชี้นำ (S,O,D)

การดำเนินการกำหนดค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จะกำหนดระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Severity-S) ลงในช่อง ในตาราง การวิเคราะห์โอกาศที่จะเกิดข้อบกพร่องและผลกระทบ (Occurrence-O) และความเป็นไปได้ในการตรวจจับ (Detection – D) ใส่ลงในตารางที่ 3.7 ซึ่งการให้คะแนนในแต่ละค่าจะมีการระดมสมองจากทีมงานที่จัดตั้งและอบรม ที่มีประสบการณ์ด้านการออกแบบระบบท่อ เพื่อนำระดับค่าความเสี่ยงในแต่ละช่องนำไปคำนวนหาค่าความเสี่ยงเพื่อทำการวิเคราะห์ปรับปรุง

3.6.7 คำนวนค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN)

การคำนวนค่าความเสี่ยงชี้นนำเป็นการนำตัวเลขที่ผู้วิจัยและทีมวิเคราะห์ค่าความเสียงมาคูณกันเพื่อจะได้กำหนดค่าความเสี่ยงและนำไปปรับปรุงแก้ไขป้องกันในการออกแบบระบบท่อโดยคำนวนจากสมการที่ (2.1)

$$RPN = S \times O \times D$$

การกำหนดค่าความเสี่ยงชี้นำจะทำการระดมสมองจากทีมจัดตั้งเพื่อให้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสามารถนำไปแก้ปัญหา ในการออกแบบงานท่อได้จริง การแสดงการวิเคราะห์ทั้ง 7 ขั้นตอน การดำเนินการให้ค่าแนนค่าความเสี่ยงชี้นำ กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (S) จะแสดงดังตารางที่ 3.4 ในด้านโอกาสที่จะส่งผลให้เกิดข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาด มีกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง จะแสดงในตารางที่ 3.5 และ ค่าความเสี่ยงในการประเมินเกณฑ์ในการตรวจจับข้อผิดพลาดจะแสดงดังตารางที่ 3.6 การดำเนินการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ก่อนการปรับจะแสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.4 กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบด้านความปลอดภัย เช่นท่อก๊าซระเบิดในสถานีส่งก๊าซ โดยไม่มีสัญญานแจ้งเตือนล่วงหน้า	10
อันตรายร้ายแรงโดยมีการเตือน	มีผลกระทบในด้านความปลอดภัย เช่นท่อก๊าซระเบิด เกิดการทรุดตัว มีผลกระทบต่อท่อส่งความดันสูง	9
ผลกระทบสูงมาก สูงมาก	การดำเนินการติดตั้ง ซ่อมบำรุงไม่สามารถดำเนินการได้ เกิดจากอุปกรณ์ เครื่องมือวัดควบคุมไม่เป็นไปตามที่กำหนด	8
ผลกระทบ สูง	การดำเนินการติดตั้งไม่สามรถทำได้ แต่ได้มีการปรับปรุงจนสามารถดำเนินการได้	7
ผลกระทบ ปานกลาง	การดำเนินการติดตั้งไม่ค่อยสะดวก และการปฏิบัติการซ่อมบำรุงดำเนินการค่อนข้างยากลำบาก	6
ผลกระทบต่ำ	การดำเนินการติดตั้งสามารถดำเนินการได้ แต่การปฏิบัติการซ่อมมบำรุงทำได้แต่ความสะดวกสบายในการปฏิบัติการลดลง	5
ผลกระทบเกิดขึ้นต่ำมาก	การดำเนินการติดตั้ง ซ่อมบำรุง สามารถดำเนินการได้ แต่การดำเนินการทำงานนั้นไม่สะดวกสบายซึ่งผู้ดำเนินการรู้สึกได้ (มากกว่า 50 % แต่ไม่เกิน 75 %)	4
ผลกระทบเกิดขึ้นเล็กน้อย	การดำเนินการติดตั้ง ซ่อมบำรุง สามารถดำเนินการได้ แต่การดำเนินการทำงานนั้นไม่สะดวกสบายซึ่งผู้ดำเนินการรู้สึกได้ (มากกว่า 25%)	3
เกือบไม่มีผลกระทบเกิดขึ้น	การดำเนินการติดตั้ง ซ่อมบำรุง สามารถดำเนินการได้ แต่การดำเนินการทำงานนั้นไม่สะดวกสบายซึ่งผู้ดำเนินการรู้สึกได้ (น้อยกว่า25%)	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สามารถสังเกตเห็นได้	1

ตารางที่ 3.5 กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อผิดพลาด

โอกาสการเกิดข้อผิดพลาด	อัตราข้อผิดพลาดที่อาจเป็นไปได้	คะแนน
สูงมาก	1 ใน 5 - 9	10
(โอกาศเกิดข้อผิดพลาดเป็นประจำ)	1 ใน 10 - 29	9
สูง	1 ใน 30 - 49	8
(โอกาสเกิดข้อผิดพลาดบ่อย)	1 ใน 50 - 99	7
ปานกลาง	1 ใน 100 - 149	6
(โอกาสเกิดข้อผิดพลาดบ้างเป็นครั้งคราว)	1 ใน 150 - 199	5
	1 ใน 200 - 299	4
ต่ำ	1 ใน 300 - 399	3
(โอกาสข้อผิดพลาดเกินค่อนข้างน้อย)	1 ในช่วง 400 - 999	2
ห่าง (เกือบไม่มีโอกาศเกิดข้อผิดพลาด)	1 ใน 1000 หรือมากกว่า	1

ตารางที่ 3.6 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับข้อผิดพลาด

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีการตรวจจับใดๆได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	4
สูง	มีระบบควบคุมมีโอกาสสูงมากที่จะตรวจจับข้อผิดพลาดได้	3
สูงมาก	มีระบบควบคุมเกือบมั่นใจว่าสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	2
ค่อนข้างแน่นอน	มีระบบควบคุมและมั่นใจว่าสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้	1

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	Severity (S)	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	Occurrence (O)	Current Design Control		Detection (D)	RPN
							Prevention	Detection		
Pot Plan	กำหนดภาพรวมและตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ	PP1 :กำหนดค่า Coordinate (E, N) ไม่ตรงตามลูกค้ากำหนด	ทำให้ค่าในการสำรวจไม่ตรงกับโยธา	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คจึงมีโอกาสเกิดปานกลาง	**5**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**140**
		PP2 :บอกตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	แผนกอื่นเกิดความสับสน	**5**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**4**	**60**
		PP3 :บอกชื่ออุปกรณ์ตัววัดผิด	แผนกอื่นเกิดความสับสน	**5**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**3**	**45**
Key Plan	บอกขอบเขตของการออกแบบ	KP4 :กำหนดขอบเขตของแบบผิด	ทำให้แบบ GA ผิดได้	**4**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คและการออกแบบ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**4**	**64**
GA (General Arrangement)	บอกภาพรวมรายละเอียดของแบบทั้งหมด อุปกรณ์ ตำแหน่ง พื้นที่ทำงาน ตัวรองรับ	GA5 :บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา	ทำให้จุดรองรับท่อไม่ตรงตามแบบ	**9**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คและการออกแบบ	**7**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**5**	**315**

ตารางที่ 3.7การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง(ต่อ)

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	**Severity (S)**	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	**Occurrence**	Current Design Control		**Detection (D)**	**RPN**
							Prevention	Detection		
GA (General Arrangement)	บอกภาพรวม รายละเอียดของแบบทั้งหมด อุปกรณ์ ตำแหน่ง พื้นที่ทำงาน ตัวรองรับ	GA6 :วางอุปกรณ์ไม่ตรงตามแบบโปรแกรม 3 มิติ	ทำให้มีปัญหาในการติดตั้งทำงานไม่ได้	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คและการออกแบบ	**5**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**4**	**140**
		GA7 :พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	ทำให้ไม่สะดวกในการเข้าถึง	**9**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**6**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**5**	**270**
		GA8 :ขนาดของอุปกรณ์ผิดไม่ตรงตามมาตรฐาน	ทำให้ไม่สามารถติดตั้งได้จริง	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**6**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**168**
		GA9 :วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ	มีผลต่อการรับแรงของท่อ รั่ว แตก	**9**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**6**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**6**	**324**
		GA10 :ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง	ทำให้ไม่สามารถเอื้อมถึงอุปกรณ์	**9**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**7**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**5**	**315**

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง(ต่อ)

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	**Severity (S)**	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	**Occurrence**	Current Design Control		**Detection (D)**	**RPN**
							Prevention	Detection		
Pipe Support Design	บอกรายละเอียดของตัวรองรับสามารถเลือกได้เหมาะสมกับท่อ	PS11 :เลือกตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ	ตัวรองรับเกิดการชำรุด	**5**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คและการออกแบบ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**3**	**60**
		PS12 :บอกขนาดของตัวรองรับ (Support)ผิดพลาด	แผนกโยธาออกแบบผิดได้	**4**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็คและการออกแบบ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**4**	**64**
Isometric Drawing	บอกรายระเอียดขนาดความยาวท่อ อุปกรณ์เครื่องมือวัดอย่างละเอียด	ISO13 :การออกแบบระดับ ไม่อัพเดตตามโปรแกรม 3 มิติ	ขนาดวัสดุไม่เป็นจริง	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**5**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**140**
		ISO14 :บอกขนาดของท่อ ระดับความสูงและอุปกรณ์ผิด	ขาดความยาวจริงกับขนาดวัสดุผิด	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**3**	**54**
		ISO15 :บอกทิศทางของก้านวาล์วผิด	การติดตั้งวาล์วอาจผิดได้	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยโปรแกรม 3 มิติ	**3**	**72**

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง(ต่อ)

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	**Severity (S)**	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	**Occurrence**	Current Design Control		**Detection (D)**	**RPN**
							Prevention	Detection		
Isometric Drawing	บอกรายระเอียดขนาด ความยาวท่ออุปกรณ์ เครื่องมือวัดอย่างละเอียด	ISO16 :บอกจำนวนขนาด,วัสดุไม่ตรงตามแบบ	จำนวนรวมตอนสั่งซื้อผิด	**5**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**60**
Materials /Specification	บอกความต้องการวัสดุ และคุณสมบัติของอุปกรณ์	MS17 :บอกรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ผิด	เกิดความสับสนในการสั่งซื้อของ	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**3**	**54**
		MS18 :บอก Thickness ของท่อผิด	ท่อทนความดันไม่ได้	**6**	ขาดความชำนาญ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**96**
Data Sheet	บอกรายละเอียดของอุปกรณ์ ชื่ออุปกร์ ขนาด	DS19 :จำนวนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือวัดผิด	จำนวนที่สั่งของผิด	**5**	ขาดความชำนาญ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**4**	**80**
		DS20 :กำหนดทิศทางการหมุนวาล์วผิด	ติดตั้งไม่ได้มีปัญหา	**5**	ขาดความชำนาญ	**3**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**4**	**60**

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง(ต่อ)

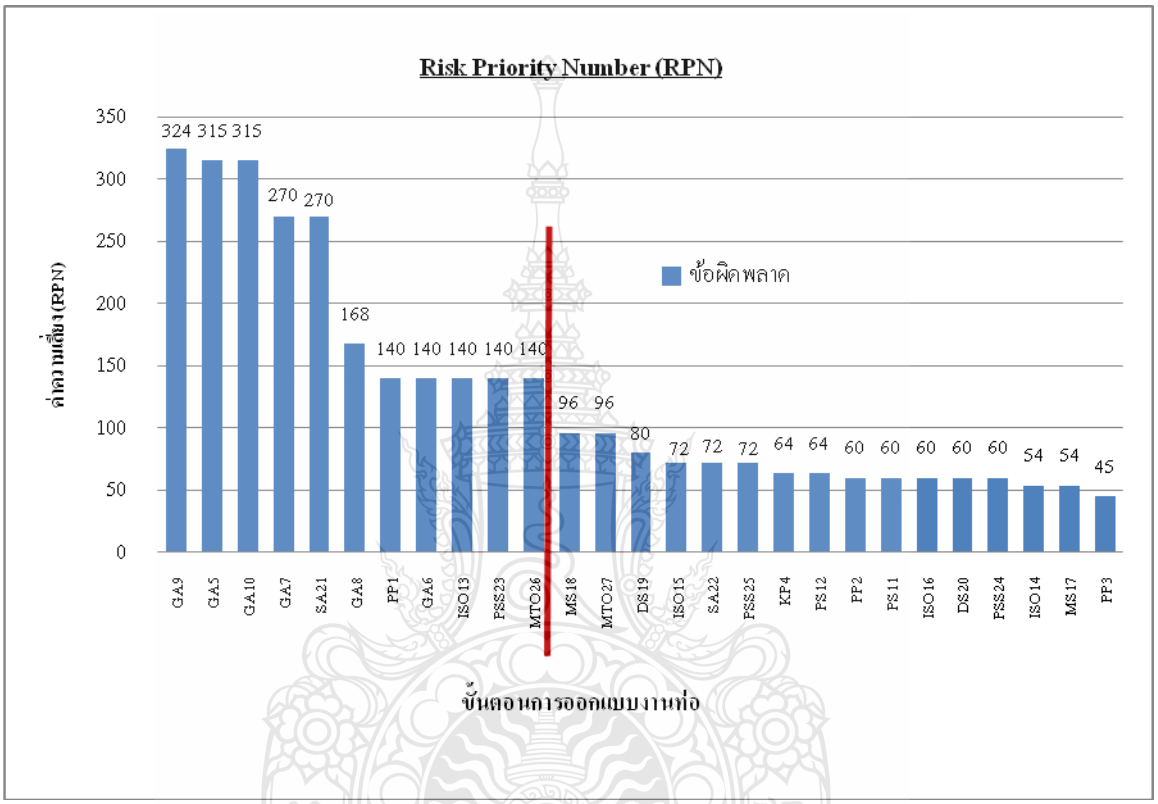
Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	**Severity (S)**	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	**Occurrence**	Current Design Control		**Detection (D)**	**RPN**
							Prevention	Detection		
Stress Analysis	คำนวนความเค้นการออกแบบตัวรองรับท่อที่เหมาะสม	SA21 :ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ	ท่อหรืออุปกรณ์อาจเกิดการชำรุดเสียหาย	**9**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**6**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**5**	**270**
		SA22 :ออกแบบตัวรองรับไม่ตรงกับแบบท่อ อุปกรณ์	ท่อ หรือตัวรองรับเกิดการชำรุด	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**3**	**72**
Pipe Support Schedule	บอกรายละเอียดขนาดของตัวรองรับตามแนวท่อ	PSS23 :ระยะของตัวรองรับท่อผิด	ระยะไม่ตรงตามแผนกโยธาต้องมีการปรับแก้	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**5**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**140**
		PSS24 :บอกชนิดของตัวรองรับผิด	ท่อเกิดความเสียหาย	**5**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**4**	ตรวจสอบก่อนส่ง	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**3**	**60**
		PSS25 :บอกรายละเอียดของตัวรองรับไม่ตรงตามที่เลือก	แบบไม่ตรงตามแบบโยธา	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค	**4**	ตรวจสอบก่อนส่ง	ตรวจสอบโดยวิศวกร	**3**	**72**

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบก่อนปรับปรุง(ต่อ)

Step Design	Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	**Severity (S)**	Potential Cause (S) Mechanism (S) Of Failure	**Occurrence (O)**	Current Design Control		**Detection (D)**	**RPN**
							Prevention	Detection		
Materials Take Off	บอกรายการ และจำนวนวัสดุทั้งหมด	MTO26 :บอกจำนวนวัสดุผิดจากจำนวนจริง	ทำให้เกิดวัสดุคงคลัง หรืออาจต้องรอนาน	**7**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**5**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**140**
		MTO27 :บอกรายละเอียดของวัสดุผิดพลาด	คุณสมบัติ ท่อ และอุปกรณ์ผิด	**6**	ไม่มีมาตรฐานการตรวจเช็ค ขาดความชำนาญ	**4**	ตรวจสอบก่อนส่งงาน	ตรวจสอบโดยวิศวกรอาวุโส	**4**	**96**

3.6.8 การจัดลำดับความเสี่ยงชี้นำ (RPN)

การดำเนินการจัดลำดับค่าความเสี่ยงชี้นำเพื่อนำค่าความเสี่ยงชี้นำที่ไปทำการปรับปรุงเพื่อหาแนวทางป้องกันแก้ไขเพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบโดยการกำหนดค่าความเสี่ยงชี้นำจะมาจากผู้เชี่ยวชาญของทีมเพื่อให้ได้ถึงลักษณะข้อบกพร่องที่ควรนำมาปรับปรุงแท้จริง ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การวิเคราะห์จัดลำดับความเสี่ยงชี้นำ

จากรูปที่ 3.20 แสดงค่าความผิดพลาดทั้งหมด 27 รายการซึ่งมีค่าความเสี่ยง(RPN)ที่มีค่าเกิน 100ทั้งหมด 11 รายการ โดยแบ่งรายการออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มที่ค่าความเสี่ยง(RPN)เกิน 200 จะแสดงในตารางที่ 3.8 และ 2.กลุ่มที่ค่าความเสี่ยง (RPN) เกิน 100 จะแสดงในตารางที่ 3.9

การพิจารณาจากทีมระดมสมองอ้างอิงจากงานวิจัยการออกแบบรถ ATV กำหนดค่าความเสี่ยงที่มากว่า 250 เพื่อกำหนดข้อบกพร่องของชิ้นส่วนในแต่ละชิ้นของรถ ATV ซึ่งมองว่าเป็นส่วนที่มีผลกระทบด้านความปลอดภัยในแต่ละชิ้นส่วนของเพื่อนำไปปรับปรุง [10] และงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของวิธีการขององค์กร โดยใช้เทคนิค FMEA กำหนดค่าความเสี่ยงที่มากกว่า 200

ซึ่งมองว่าข้อบกพร่องดังกล่าวเกี่ยวกับวิธีการกับองค์กรควรได้รับการแก้ไขก่อนเพราะมีผลกระทบด้านความปลอดภัยภายในองค์กร [10]

การวิจัยจึงได้นำข้อผิดพลาดที่มีค่าความเสี่ยงในกลุ่ม 1 กลุ่มที่ค่าความเสี่ยงเกิน 200 ซึ่งมี 5 รายการมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางป้องกัน เนื่องจากการปรึกษาในการระดมสมองแล้วเห็นว่าค่าความรุนแรงของผลกระทบระดับ 9 และ 10 เป็นระดับวิกฤตและสำคัญที่มีผลกระทบในด้านความปลอดภัยมากที่สุดควรได้รับการพิจารณาหาแนวทางป้องกันให้การออกแบบระบบท่อมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะแสดงรายละเอียดลักษณะข้อบกพร่องทั้ง 5 รายการดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 200 (RPN > 200)

ขั้นตอนการออกแบบ	ลักษณะข้อบกพร่อง	Risk Priority Number
1. GA9	วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ	324
2. GA5	บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา	315
3. GA10	ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง	315
4. GA7	พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	270
5. SA21	ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ	270

ตารางที่ 3.9 ค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 (RPN >100)

ขั้นตอนการออกแบบ	ลักษณะข้อบกพร่อง	Risk Priority Number
1. GA8	ขนาดของอุปกรณ์ผิดไม่ตรงตามมาตรฐาน	168
2. PP1	กำหนดค่า Coordinate (E, N) ไม่ตรงตามลูกค้ากำหนด	140
3. GA6	วางอุปกรณ์ไม่ตรงตามแบบโปรแกรม 3 มิติ	140
4. ISO13	การออกแบบระดับ ไม่อัพเดตตามโปรแกรม มิติ 3	140
5. PSS23	ระยะของตัวรองรับท่อผิด	140
6. MTO26	บอกจำนวนวัสดุผิดจากจำนวนจริง	140

3.6.9 วิเคราะห์สาเหตุข้อบกพร่องที่ค่าความเสี่ยง (RPN) มากกว่า 200

การวิเคราะห์สาเหตุข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยง (RPN) มากกว่า 200 ซึ่งมีทั้งหมด 5 รายการดังตารางที่ 3.8 ที่วิกฤตและมีผลกระทบในด้านความปลอดภัยมากที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุต้นตอหรือรากเหง้าของปัญหาข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อหาแนวทางในการป้องกันโดย

การประยุกต์ใช้ เทคนิค Why-Why Analysis มาช่วยในการหารากเหง้าของปัญหาอย่างแท้จริงโดยในการวิเคราะห์จากการระดมสมองของทีม ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบท่อ และประสบกับปัญหาข้อบกพร่องมาใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาแนวทางในการป้องกัน จากสาเหตุหลัก 5รายการ โดยผลการวิเคราะห์ Why-Why Analysis จะแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตารางวิเคราะห์ Why-Why Analysis ของการออกแบบท่อ

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	**Why 1**	**Why 2**	**Why 3**	**Why 4**	**Why 5**
บอกตำแหน่งของตัวรองรับไม่ตรงกับแผนกโยธา	ไม่ได้อัพเดตตัวรองรับกับแผนกโยธา	แผนกโยธาส่งแบบให้ลูกค้าก่อนการส่งแบบท่อ	แผนกโยธาไม่รู้ว่าแบบของแผนกท่อมีการเปลี่ยนแปลง	จัดทำเอกสารเพื่อเป็นการแจ้งเตือนหรือตรวจเช็ค	
	โปรแกรม ที่ใช้เขียนแบบมีการความผิดพลาด	ระบบการเชื่อมต่อข้อมูลกลางขัดข้อง	ไฟฟ้าในตึกดับกระทันหัน	ติดตั้งอุปกรณ์สำรองไฟฟ้า	
พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	ทิศทางวาล์วหรืออุปกรณ์ที่สั่งไม่ตรงกับที่ออกแบบ	ผู้ออกแบบไม่ได้ตรวจเช็คเทียบกับแบบวาล์ว อุปกรณ์	ผู้ออกแบบไม่ทราบว่าต้องตรวจเช็คข้อมูลเทียบกับเอกสารใดบ้าง	อบรมขั้นตอนก่อนเริ่มงานโครงการ	จัดทำเอกสารแจ้งเตือนทั้งผู้ออกแบบและผู้ตรวจเช็ค
	ผู้ออกแบบไม่ได้เช็คเอกสารล่าสุด	เอกสารที่ผู้ออกแบบมีอยู่คนละตัวกับวิศวกรตรวจเช็ค	วิศวกรผู้รับข้อมูลไม่ได้ส่งเอกสารให้ผู้ออกแบบ	ไม่มีการจัดการข้อมูลล่าสุดกับข้อมูลเก่าในแฟ้ม	จัดทำเอกสารเพื่อการแจ้งเตือนและทำการประทับตราในเอกการล่าสุด

ตารางที่ 3.10 ตารางวิเคราะห์ Why-Why Analysis ของการออกแบบท่อ (ต่อ)

แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	**Why 1**	**Why 2**	**Why 3**	**Why 4**	**Why 5**
วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมท่อ	ไม่ได้อัพเดตตัวรองรับกับแผนกโยธา	แผนกโยธาส่งแบบให้ลูกค้าก่อนการส่งแบบท่อ	แผนกโยธาไม่รู้ว่าแบบของแผนกท่อมีการเปลี่ยนแปลง	แผนกท่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากเจ้าของงาน	จัดทำเอกสารเพื่อการแจ้งเตือนและจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์
	ขนาดของตัวรองรับที่ออกแบบไม่ตรงตามมาตรฐาน	ผู้ออกแบบตัวรองรับและออกแบบท่อไม่ได้ระวัง	ผู้ตรวจสอบไม่ได้ระมัดระวังตรงจุดนี้	ขาดประสบการณ์ในการออกแบบและตรวจสอบ	ประชุมอบรมขอบเขตงานก่อนเริ่มโครงการ
ระดับของการเข้าไปซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะสามารถทำได้	ขนาดของอุปกรณ์เครื่องมือวัดไม่ตรงตามที่ออกแบบ	ขาดการประสานงานกับแผนกอุปกรณ์เครื่องมือวัด	ผู้ออกแบบขาดประสบการณ์ในการออกแบบ	จัดอบรมขั้นตอนในการทำงานก่อนเริ่มโครงการ	
	ผู้ออกแบบไม่ได้ระวังเรื่องการเข้าไปซ่อมบำรุง	การขาดประสบการณ์ของผู้ออกแบบท่อ	แนะการทำงานด้านเทคนิคของงานออกแบบท่อก่อนเริ่มโครงการ		
ออกแบบตัวรองรับ (Support) ไม่เหมาะสมกับน้ำหนักท่อและอุปกรณ์	ไม่ได้ใส่น้ำหนักวาล์วและอุปกรณ์และเครื่องมือวัด	ผู้ออกแบบไม่ได้ตรวจเช็คน้ำหนักของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์	ผู้ออกแบบความเค้นท่อมีประสบการณ์น้อยในด้านการออกแบบท่อ	จัดทำเครื่องมือช่วยในการตรวจเช็ค	
	การวางวาล์วและอุปกรณ์เครื่องมือวัดไม่ตรงตามแบบ ISO	แบบของ Isometric Drawing มีการเปลี่ยนแปลง	แบบของกระบวนการอุปกรณ์ (P&ID) มีการเปลี่ยนแปลง	จัดทำเอกสารเพื่อการแจ้งเตือน	

จากตารางที่ 3.10 การวิเคราะห์ Why-Why Analysis จะแสดงให้เห็นถึงรากเหง้าของปัญหา เพื่อให้ทีมระดมสมองหาแนวทางในการป้องกันเพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบท่อ ในความเสี่ยงที่มีค่ามากว่า 200 ให้มีค่าลดลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบท่อ และเพื่อสร้างความมั่นคงให้กับองค์กรบริษัทตัวอย่างต่อไป

3.6.10กำหนดแนวทางการแก้ไข ป้องกันข้อบกพร่อง

การดำเนินการแก้ไขและป้องกันจะพิจารณาจากข้อบกพร่องและผลกระทบที่มีค่า RPN มากกว่า 200 มาทำการหาทางแก้ไขตามลำดับ โดยการระดมสมองจากทีมงานในการลดค่าความเสี่ยงชี้นำเพื่อหาแนวทางลดค่าความรุนแรง โอกาส และความสามรถในการตรวจพบ ทำการแก้ไขและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. ลักษณะข้อผิดพลาดคือวางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ (GA9)

ลักษณะการวางตัวรองรับตรงแนวเชื่อมแนวต่อท่อ เนื่องจากการออกแบบตำแหน่งผิดพลาด ซึ่งอาจจะส่งผลถึงแรงในตัวรองรับท่ออาจจะทำให้การรองรับท่อไม่เต็มที่ส่งผลให้ ท่อเกิดการแตกร้าว หรือรั่วได้อาจจะส่งผลถึงชีวิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ (GA9)

การปรับปรุงแก้ไข

จากการวิเคราะห์ Why-Why Analysis เนื่องจากข้อผิดพลาดมีความรุนแรงสูง โดยการระดมสมองจึงเห็นว่า ควรมุ้งเน้นในการลดโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาด โดยการเพิ่มการตรวจเช็คในเรื่องของการวางตำแหน่งของตัวรองรับลงในขั้นตอนของการทำ GA (General Arrangement) ซึ่งลักษณะข้อผิดพลาดเกิดจากการไม่อัพเดตขนาดของอุปกรณ์ที่แท้จริงจากข้อมูล เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่เรื่อยๆ ทำให้ในการวางตัวรองรับของท่อเกิดการชนกัน ทับกันเกิดขึ้น ในส่วนนี้ก็มีการปรับค่าใช้จ่าย และเสียเวลาในการแก้การออกแบบใหม่ จึงมุงเน้นที่จะลดโอกาสโดยจัดทำเครื่องมือใบ

ตรวจสอบเพื่อให้มีการตรวจสอบจุดนี้ลดการเกิดซ้ำ ตามในภาคผนวก กและได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้มีใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานการจัดทำได้มีวิศวกรผู้อาวุโสในการตรวจเช็คขนาดให้ถูกต้องตามรูปที่ 3.22

AutoCAD layers, Standard piping component and drawing template set-up project						
Piping Department						
Item	Description	Activities	Originator	Checker	Start Date	Finished Date (Plan)
1	To set-up AutoCAD Layers	1.1 Observe existing style	PP	Ar/KC	2-Nov-15	6-Nov-15
		1.2 Develop to meet Piping Drawing Requirement				
		1.3 Check				
		1.4 Correct comment (if any)				
		1.5 Store in Department Directory				
2	To set-up Piping Plot Plan,Piping GA Templates	2.1 Observe existing style	AKK	Ar/KC	3-Nov-15	20-Nov-15
		2.2 Develop to meet Piping Drawing Requirement				
		2.3 Create standard blocks				
		2.4 Check				
		2.5 Correct comment (if any)				
		2.6 Store in Department Directory				
3	To set-up Piping Isometric Templates	3.1 Observe existing style	SPS	Ar/KC	6-Nov-15	13-Nov-15
		3.2 Develop to meet Piping Drawing Requirement				
		3.3 Create standard blocks				
		3.4 Check				
		3.5 Correct comment (if any)				
		3.6 Store in Department Directory				
4	To prepare 2D of Piping Standardflanges, fittings and Valves (size 1/2" to 24" class 150#RF, 300#RF, 600#RF and 900#RF)single line for 1/2" to 10", double line for all sizes	4.1 Gethering Standard for Reference	AR	Ar/KC	4-Nov-15	5-Nov-15
		4.2 Create 2D of Standard socket weld fittings (1/2" to 2" class 3000#)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.3 Create 2D of Standard socket weld fittings (1/2" to 2" class 6000#)	PP	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.4 Create 2D of Standard thread fittings (1/2" to 2" class 3000#)	NU	Ar/KC	16-Nov-15	31-Dec-15
		4.5 Create 2D of Standard thread fittings (1/2" to 2" class 6000#)	Polchit	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.6 Create 2D of Standard butt weld fittings (1/2" to 24")	AR	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.7 Create 2D of Standard socket weld flanges (1/2" to 2" class 150#RF)	AR	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.8 Create 2D of Standard socket weld flanges (1/2" to 2" class 300#RF)	AR	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.9 Create 2D of Standard slip on flanges (1/2" to 24" class 150#RF)	NU	Ar/KC	16-Nov-15	31-Dec-15
		4.10 Create 2D of Standard slip on flanges (1/2" to 24" class 300#RF)	NU	Ar/KC	16-Nov-15	31-Dec-15
		4.11 Create 2D of Standard thread flanges (1/2" to 2" class 150#RF)	AR	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.12 Create 2D of Standard weldneck flanges (1/2" to 24" class 150#RF)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.13 Create 2D of Standard weldneck flanges (1/2" to 24" class 300#RF)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.14 Create 2D of Standard weldneck flanges (1/2" to 24" class 600#RF)	PP	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.15 Create 2D of Standard weldneck flanges (1/2" to 24" class 900#RF)	PP	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.16 Create 2D of Standard blind flanges (1/2" to 24" class 150#RF)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.17 Create 2D of Standard blind flanges (1/2" to 24" class 300#RF)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.18 Create 2D of Standard blind flanges (1/2" to 24" class 600#RF)	PP	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.19 Create 2D of Standard blind flanges (1/2" to 24" class 900#RF)	PP	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.20 Create 2D of Standard socket weld valve (1/2" to 2" class 800# : Gate, Globe, Ball, Check)	AR	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15
		4.21 Create 2D of Standard thread valve (1/2" to 2" class 800# : Gate, Globe, Ball, Check)	NU	Ar/KC	16-Nov-15	31-Dec-15
		4.22 Create 2D of Standard valve flanged (1/2" to 24" class 150#RF : Gate, Globe, Ball, Check, Butterfly)	NU	Ar/KC	16-Nov-15	31-Dec-15
		4.23 Create 2D of Standard valved flanged (1/2" to 24" class 300#RF : Gate, Globe, Ball, Check, Butterfly)	SPS	Ar/KC	4-Nov-15	31-Dec-15

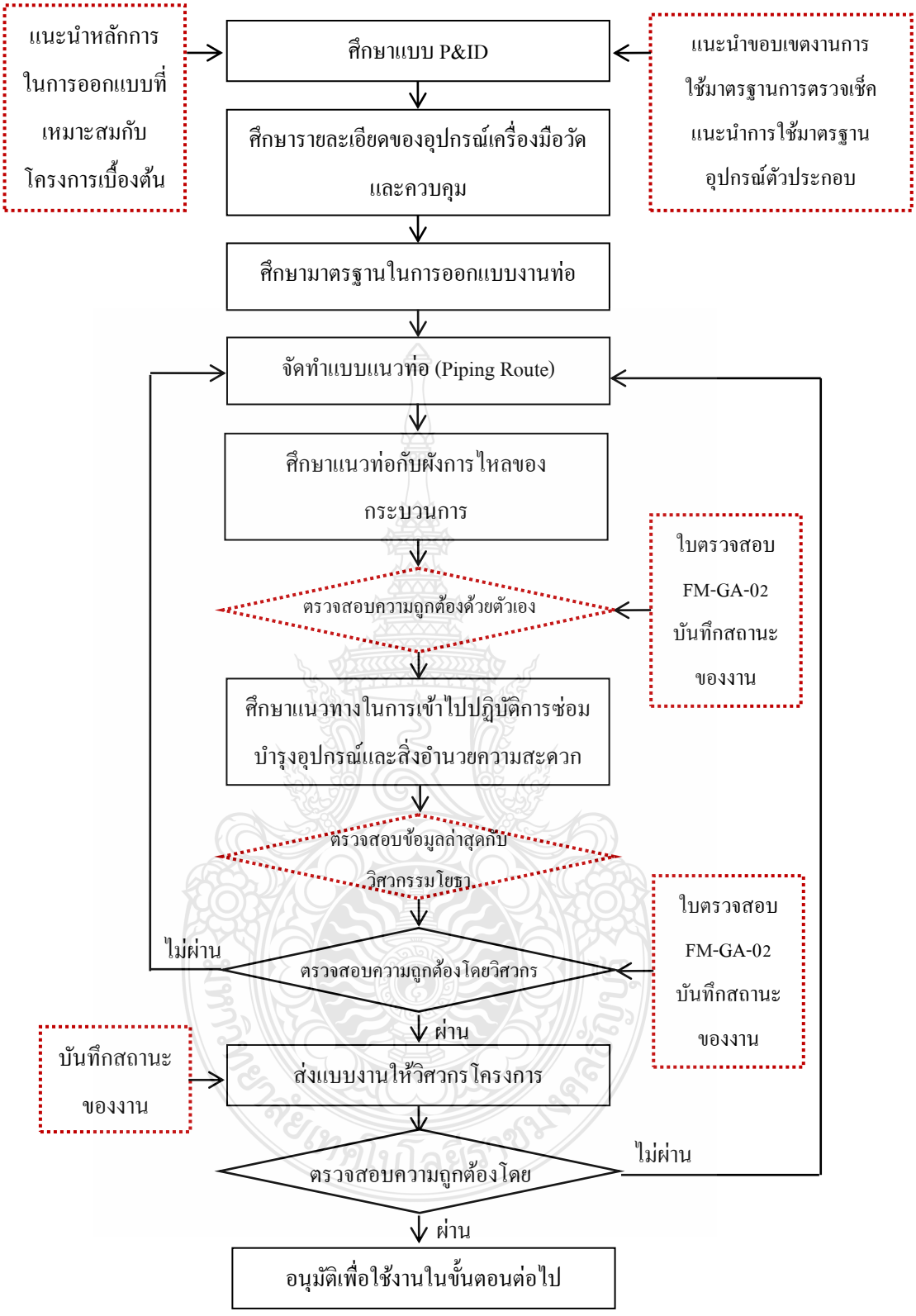
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างรายการการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบ

การดำเนินการทำงานในขั้นตอน GA นั้นจะเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23 เพื่อการควบคุมไม่ให้แบบหรืองานนขั้นตอนล่าช้า แต่ถ้าล่าช้าจะทำให้ทราบว่าเกิดจากเหตุผลได้ และทราบถึงเปอร์เซ็นรวมของการทำงานในขั้นตอนนั้น

การดำเนินการเพื่อการแก้ไขปรับปรุงวิธีการขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนการออกแบบเพื่อลดข้อผิดพลาดโดยความเห็นชอบจากทีมเบื้องต้น FMEA ดังแสดงในรูปที่ 3.24 และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ ในมาตรฐานในการตรวจเช็คจะเกี่ยวกับการใช้สีต่างๆในการตรวจสอบการตรวจสอบ เพื่อให้ในกรณีที่มีการเพิ่มข้อมูล หรือมีการแก้ไขตรงจุดใดจุดหนึ่งในแบบ ทั้งผู้ออกแบบ และผู้ตรวจสอบสามรถดำเนินการไปในทิศทางเดียวกัน ลดการสูญเสียเวลาในการแก้ไขงานด้วยเช่นกัน

Status Control					Design & Draft					SDC Lead Engineer					Back Draft	Back Check	Back Check	Back Check	
Item	Dwg No.		Description	By	D1	D2	D3	D4	D5	S1	S2	S3	S4	S5	BD1	BC1	BC2	BC3	%
1	P1-1		PLOT PLAN T	PP															
2	P1-1		PLOT PLAN G	Akkhawat															
3	P1-1		PLOT PLAN G	SS															
4	P1-1		PLOT PLAN 5	SS															
5	P1-1		PLOT PLAN M	SS															
6	P1-1		PLOT PLAN E	SS															
7	P1-1		PLOT PLAN W	PP															
8	P1-1		PLOT PLAN R	Akkhawat															
9	P1-1	SHT.1 OF 2	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
10	P1-1	SHT.2 OF 2	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
11	P1-1	SHT.1 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
12	P1-1	SHT.2 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
13	P1-1	SHT.3 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
14	P1-1	SHT.4 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
15	P1-1	SHT.5 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
16	P1-1	SHT.6 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
17	P1-1	SHT.7 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
18	P1-1	SHT.8 OF 8	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
19	P1-1	SHT.1 OF 5	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
20	P1-1	SHT.2 OF 5	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
21	P1-1	SHT.3 OF 5	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
22	P1-1	SHT.4 OF 5	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
23	P1-1	SHT.5 OF 5	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
24	P1-1	SHT.1 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
25	P1-1	SHT.2 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
26	P1-1	SHT.3 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
27	P1-1	SHT.4 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
28	P1-1	SHT.5 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
29	P1-1	SHT.6 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
30	P1-1	SHT.7 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
31	P1-1	SHT.8 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
32	P1-1	SHT.9 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
33	P1-1	SHT.10 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
34	P1-1	SHT.11 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
35	P1-1	SHT.1 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
36	P1-1	SHT.2 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
37	P1-1	SHT.3 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
38	P1-1	SHT.4 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
39	P1-1	SHT.5 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
40	P1-1	SHT.6 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
41	P1-1	SHT.7 OF 7	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
42	P1-1	SHT.1 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
43	P1-1	SHT.2 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
44	P1-1	SHT.3 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	SS															
45	P1-1	SHT.1 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
46	P1-1	SHT.2 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
47	P1-1	SHT.3 OF 3	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	PP															
48	P1-1	SHT.1 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
49	P1-1	SHT.2 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
50	P1-1	SHT.3 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
51	P1-1	SHT.4 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
52	P1-1	SHT.5 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
53	P1-1	SHT.6 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
54	P1-1	SHT.7 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															
55	P1-1	SHT.8 OF 11	PIPING GENERAL ARRANGEMENT DRAWING	AKK															

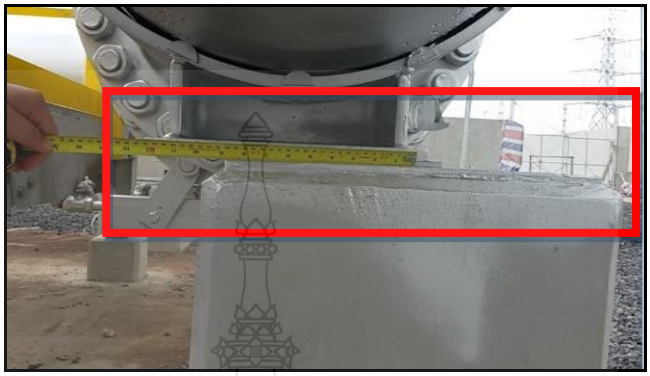
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการบันทึกสถานะการทำงาน



รูปที่ 3.24 ขั้นตอนการออกแบบการกำหนดรายละเอียดของท่อและอุปกรณ์หลังการแก้ไขปรับปรุง

2. ลักษณะข้อผิดพลาดคือ บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา (GA5)

ลักษณะการวางตัวรองรับท่อไม่ตรงจุดศูนย์กลางของท่อ ผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผลต่อการรับแรงของตัวรองรับไม่เต็มที่ หรือตัวรองรับเกิดการทรุดตัว ท่อบิดงอ แตกร้าวได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา (GA5)

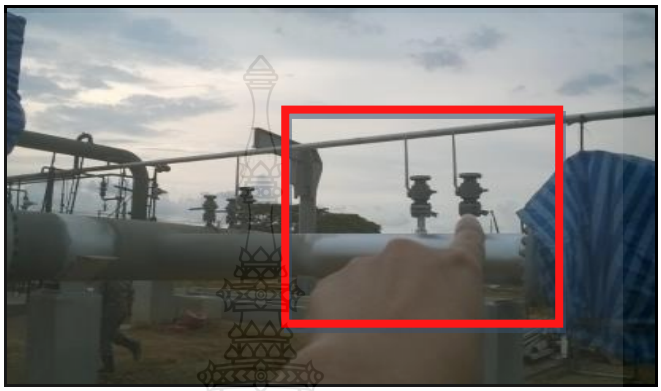
การปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์ Why-Why Analysis เบื้องต้นเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงแล้วนั้นเกิดจากข้อมูลทั้ง 2 แผนกไม่มีการการอัฟเดตร่วมกัน ทำให้ข้อมูลของตำแหน่งตัวรองรับของทั้ง 2 แผนกอาจจะเกิดการคลาดเคลื่อนกัน ลักษณะข้อบกพร่องนี้ทำให้การก่อสร้างมีการปรับแบบของงานที่ก่อสร้างไปแล้ว สูญเสียเวลาและความน่าเชื่อถือ ข้อผิดพลาดมีความรุนแรงมาก การแก้ไขจึงต้องการมุ่งเน้นโอกาสที่จะเกิด และความสามารถในการตรวจเช็คโดยวิศวกรการออกแบบท่อ จึงได้จัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบ เพิ่มการตรวจเช็คในจุดของการติดต่อกับแผนกที่เกี่ยวข้อ เพื่อให้เพิ่มความระวังไม่ให้เกิดโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดนี้ ตามในภาคผนวก กและ ได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้มีใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานการจัดทำได้มีวิศวกรผู้อาวุโสในการตรวจเช็คขนาดให้ถูกต้องตามรูปที่ 3.22 การดำเนินการทำงานในขั้นตอน GA นั้นจะเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอนดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23

การดำเนินการเพื่อการแก้ไขปรับปรุงวิธีการขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนการออกแบบเพื่อลดข้อผิดพลาดโดยความเห็นชอบจากทีม FMEA ดังแสดงในรูปที่ 3.24 และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ

3. ลักษณะข้อผิดพลาดคือ ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง (GA10)

ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดสูงเกิดกว่าจะปฏิบัติงานหรือการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ การเข้าไปตรวจเช็คหรือซ่อมบำรุงทำได้ยากอาจจะทำให้เกิดอันตราย โดยผู้ออกแบบไม่ได้คำนึงถึงตรงจุดนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง (GA10)

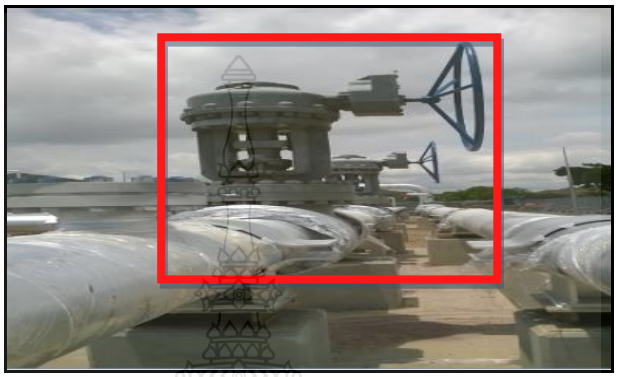
การปรับปรุงแก้ไข

ในการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ นั้นผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์ในการทำงานจำเป็นต้องทราบ และควรระวังในการที่จะเข้า หรือความสามารถซ่อมบำรุง จากการวิเคราะห์ Why-Why Analysis เกิดจากผู้ออกแบบเองมีประสบการณ์ทำงานที่น้อย และไม่ได้ระวังในจุดนี้ การแก้ไขเบื้องต้นได้ออกแบบแท่นมีระดับสูงขึ้นมาเพื่อให้สามารถเข้าไปซ่อมบำรุง หรือในการเปิด-ปิดอุปกรณ์ ทีมระดมสองโดยวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญจึงได้จัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยในการออกแบบและการตรวจเช็คของวิศวกรเอง โดยใช้เครื่องมือใบตรวจสอบในภาคผนวก ก และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ และได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้มีใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานการจัดทำได้มีวิศวกรผู้อาวุโสในการตรวจเช็คขนาดให้ถูกต้องตามรูปที่ 3.22 การดำเนินการทำงานในขั้นตอน GA นั้นจะเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอนดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23

การดำเนินการเพื่อการแก้ไขปรับปรุงวิธีการขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนการออกแบบเพื่อลดข้อผิดพลาดโดยความเห็นชอบจากทีม FMEA ดังแสดงในรูปที่ 3.24

4. ลักษณะข้อผิดพลาดคือ พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ (GA7)

ลักษณะข้อผิดพลาดการออกแบบพื้นที่เข้าเพื่อซ่อมบำรุงไม่สามารถเข้าไปเปิด ปิดอุปกรณ์และเครื่องมือวัดได้ซึ่งเกิดจากการออกแบบทิศทางผิด ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ (GA7)

การปรับปรุงแก้ไข

จาก Why-Why Analysis การที่ผู้ออกแบบเองมีประสบการณ์ทำงานยังน้อยอยู่ไม่ได้ระวังถึงการที่จะเข้าไปซ่อมบำรุงหรือเปิด-ปิด อุปกรณ์นั้น ประสบการณ์น้อยเรื่องการออกแบบงานท่ออาจจะส่งผลให้ไม่ได้อัฟเดตข้อมูลขนาดของอุปกรณ์ หรือแม้แต่ผู้ที่มีประสบการณ์จากการทำงานในระดับหนึ่งก็อาจจะส่งผลให้ ไม่ได้ทำการอัฟเดตข้อมูล ซึ่งในการแก้ปัญหาเบื้องต้นทางผู้รับเหมาเองจะดูว่าอุปกรณ์ นั้นๆสามารถที่จะปรับทิศทางมือหมุนได้เลย แต่ในบางอุปกรณ์ ไม่สามารถที่จะปรับแก้ไขหน้างานได้ จึงอาจจะทำให้เกิดการรอการสั่งอุปกรณ์ และการเพิ่มค่าใช้จ่าย และลูกค้าเกิดความไม่เชื่อถือ ทีมระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการออกแบบท่อ จึงได้มองเห็นความสำคัญในจุดนี้โดยการจัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบ หรือผู้ตรวจสอบระวังตรงจุดนี้และลดโดอกาสการเกิดซ้ำ ซึ่งใช้เครื่องมือใบตรวจสอบตามในภาคผนวก ก และได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้ใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานการจัดทำได้มีวิศวกรผู้อาวุโสในการตรวจเช็คขนาดให้ถูกต้องตามรูปที่ 3.22 การดำเนินการทำงานในขั้นตอน GA นั้นจะเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอนดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23

การดำเนินการเพื่อการแก้ไขปรับปรุงวิธีการขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนการออกแบบเพื่อลดข้อผิดพลาดโดยความเห็นชอบจากทีม FMEA ดังแสดงในรูปที่ 3.24 และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ

5. ลักษณะข้อผิดพลาดคือออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ (SA21)

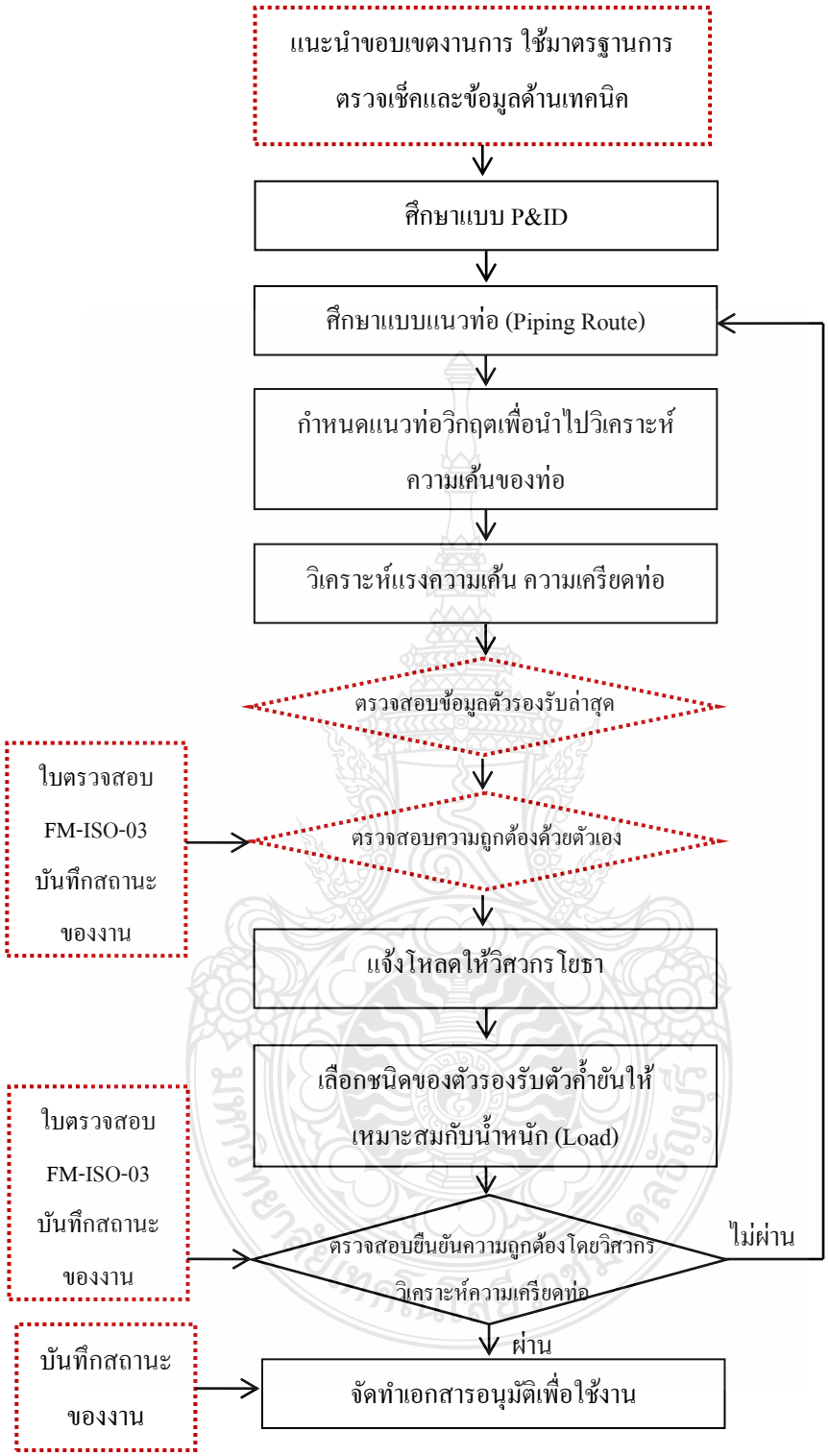
การออกแบบตัวรองรับที่ติดกับอุปกรณ์และเครื่องมือวัดควรต้องมีการคำนึงถึงเพราะมีน้ำหนักมาก 7-8 ตัน นำหนังหรือแรงที่ลงมาอาจจะมากเกินไปทำให้ท่อ หรืออุปรณ์พังเสียหายได้ดังแสดงในรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ (SA21)

การปรับปรุงแก้ไข

จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้มีการวิเคราะห์ต่อโดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis พบว่าผู้ตรวจเช็คและผู้ออกแบบไม่ได้ตรวจว่าอุปกรณ์ที่ลูกค้าส่งมาให้มีน้ำหนักมา จำเป็นต้องมีตัวรองรับ ซึ่งจากลักษณะของอุปกรณ์ มีการทำตัวรองรับเสริมมาแล้วด้วย ผู้ตววจสอบเองก็ไม่ได้ระวังตรงจุดนี้ การแก้ไขกับผู้รับเหมาคือต้องขุด เจาะเพื่อทำการวางตัวรองรับของอุปกรณ์ในจุดนี้เพิ่ม ซึ่งเป็นการเพิ่มเวลา การเพิ่มค่าใช้จ่ายการป้องกันคือลดโอกาสการ ความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องเมื่อเกิดข้อผิดพลาดนี้ขึ้น โดยการวิเคราะห์ใช้เครื่องมือใบตรวจสอบมาช่วยในการตรวจเช็กการออกแบบจากผู้เชี่ยวชาญตามภาคผนวก ข และได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้ใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานการจัดทำได้มีวิศวกรผู้อาวุโสในการตรวจเช็คขนาดให้ถูกต้องตามรูปที่ 3.22 การดำเนินการทำงานในขั้นตอน SA นั้นจะเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอนดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23 และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ

การดำเนินการเพื่อการแก้ไขปรับปรุงวิธีการขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนการออกแบบเพื่อลดข้อผิดพลาดโดยความเห็นชอบจากทีม FMEA ดังแสดงในรูปที่ 3.29



หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.29 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเค้นหลังการแก้ไขปรับปรุง

จากขั้นตอนการออกแบบที่ได้วิเคราะห์ข้อผิดพลาด ทั้งหมด 10 ขั้นตอนของการออกแบบท่อผู้มีประสบการณ์ด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อ ได้มีความคิดเห็นว่าการป้องกันข้อผิดพลาดของการออกแบบท่อควรจะต้องจัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยให้งานการออกแบบลดความผิดพลาดครบทุกกระบวนการ โดยการระดมสมองจึงได้จัดทำใบตรวจสอบในขั้นตอนการ ของ Plot Plan และ Key Plan ในภาคผนวก ค ขั้นตอน Isometric Drawing จัดทำใบตรวจสอบในภาคผนวก ง และ ขั้นตอน MTO (Materials take off) ในภาคผนวก จ การตรวจเช็คและการออกแบบในแต่ล่ะขั้นตอนผู้ออกแบบต้องทำความเข้าใจตรงกันในการใช้สีในการแก้แบบ การเพิ่มข้อมูลตามมาตรฐานตรวจเช็คในภาคผนวก ฉและได้มีการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบให้ใช้เป็นขนาดตามมาตรฐานตามตัวอย่างในรูปที่ 3.22 การดำเนินการเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานควบคู่ขั้นตอนดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.23 การปรับปรุงวิธีการทำงานในขั้นตอนของการออกแบบท่อนอกเหนือจาก ขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้ดำเนินการจัดทำดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์(Plot Plan: PP) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.30

2. ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบ (Key Plan: KP) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.31

3. ขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อ (Pipe Support Design: PS) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.32

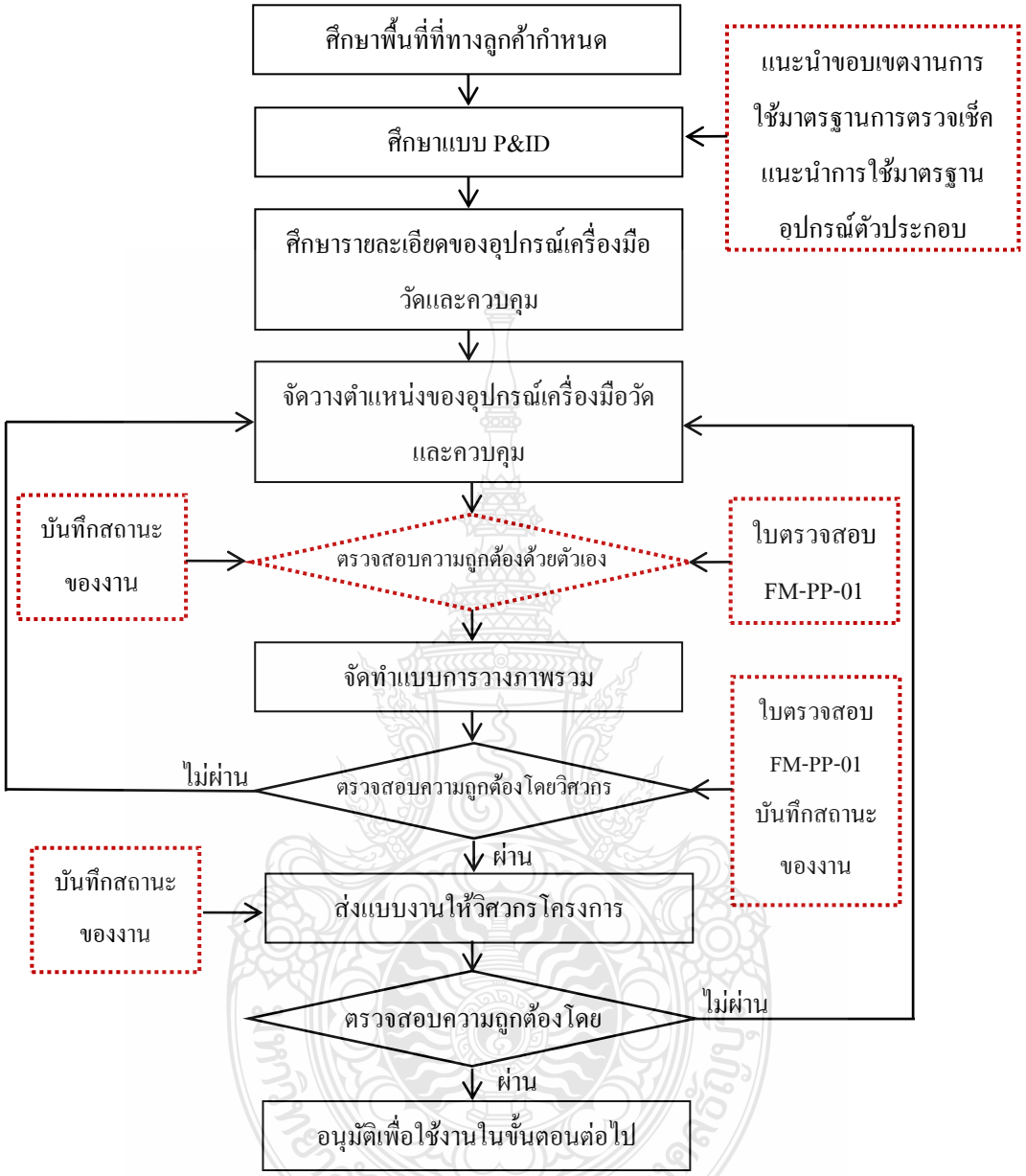
4. ขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริก (Isometric Drawing: ISO) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.33

5. ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้น (Material Requisition / Specification: MS) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.34

6. ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุม (Data Sheet: DS) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.35

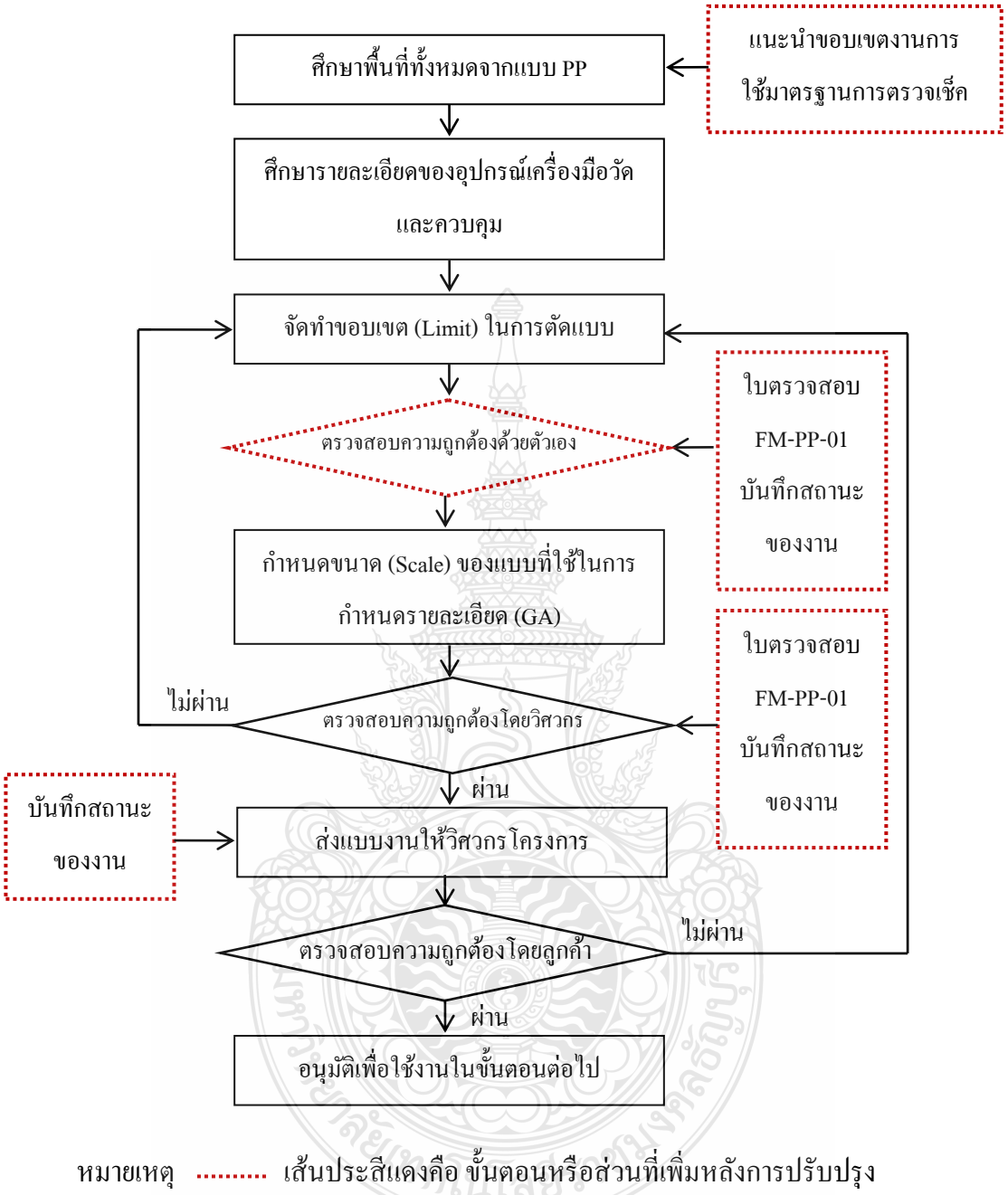
7. ขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อ (Pipe Support Schedule: PSS) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.36

8 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุ (Material Take Off: MTO) ได้แสดงขั้นตอนวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 3.37

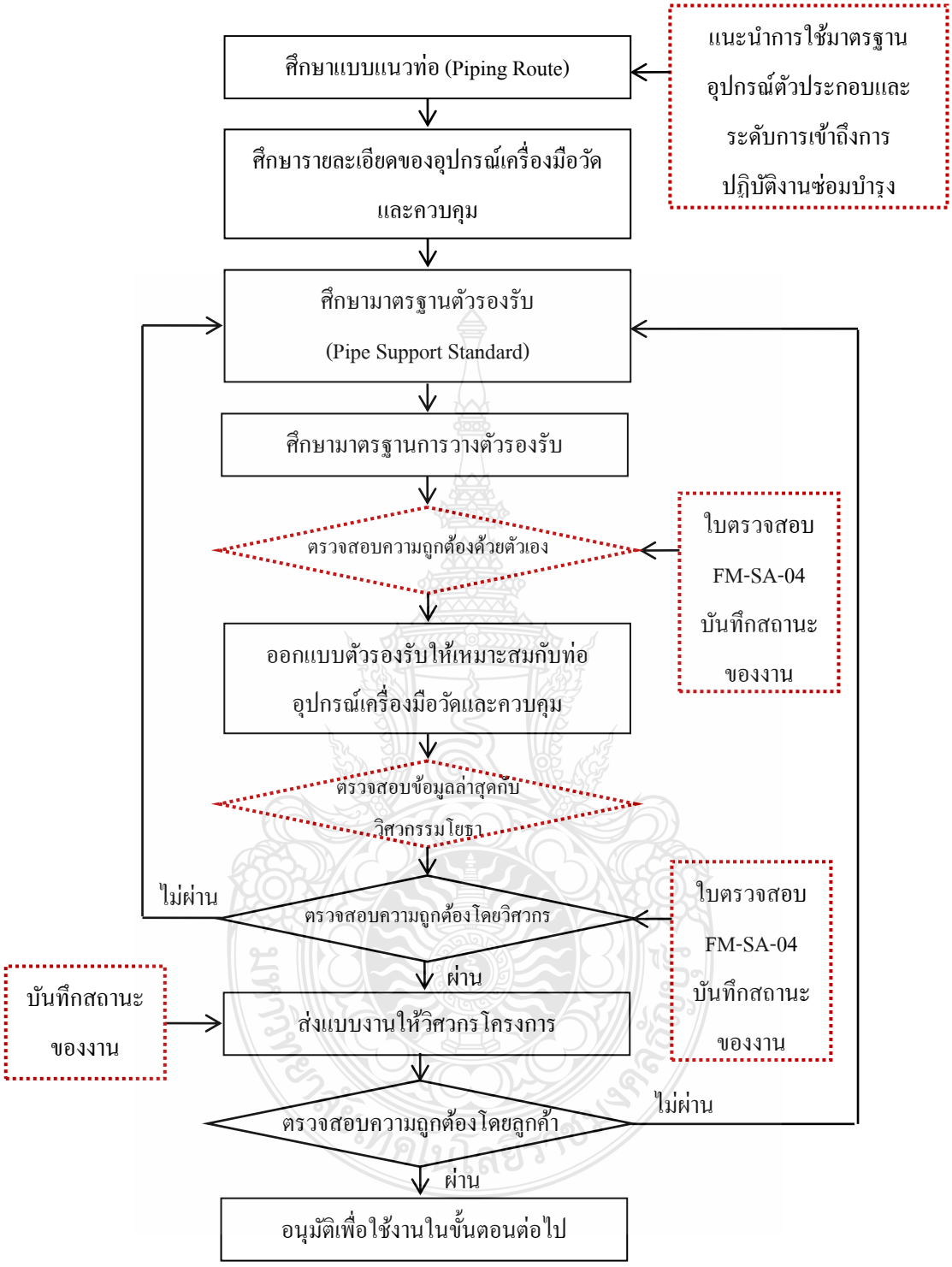


หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.30 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนภาพรวมตำแหน่งอุปกรณ์หลังการแก้ไขปรับปรุง

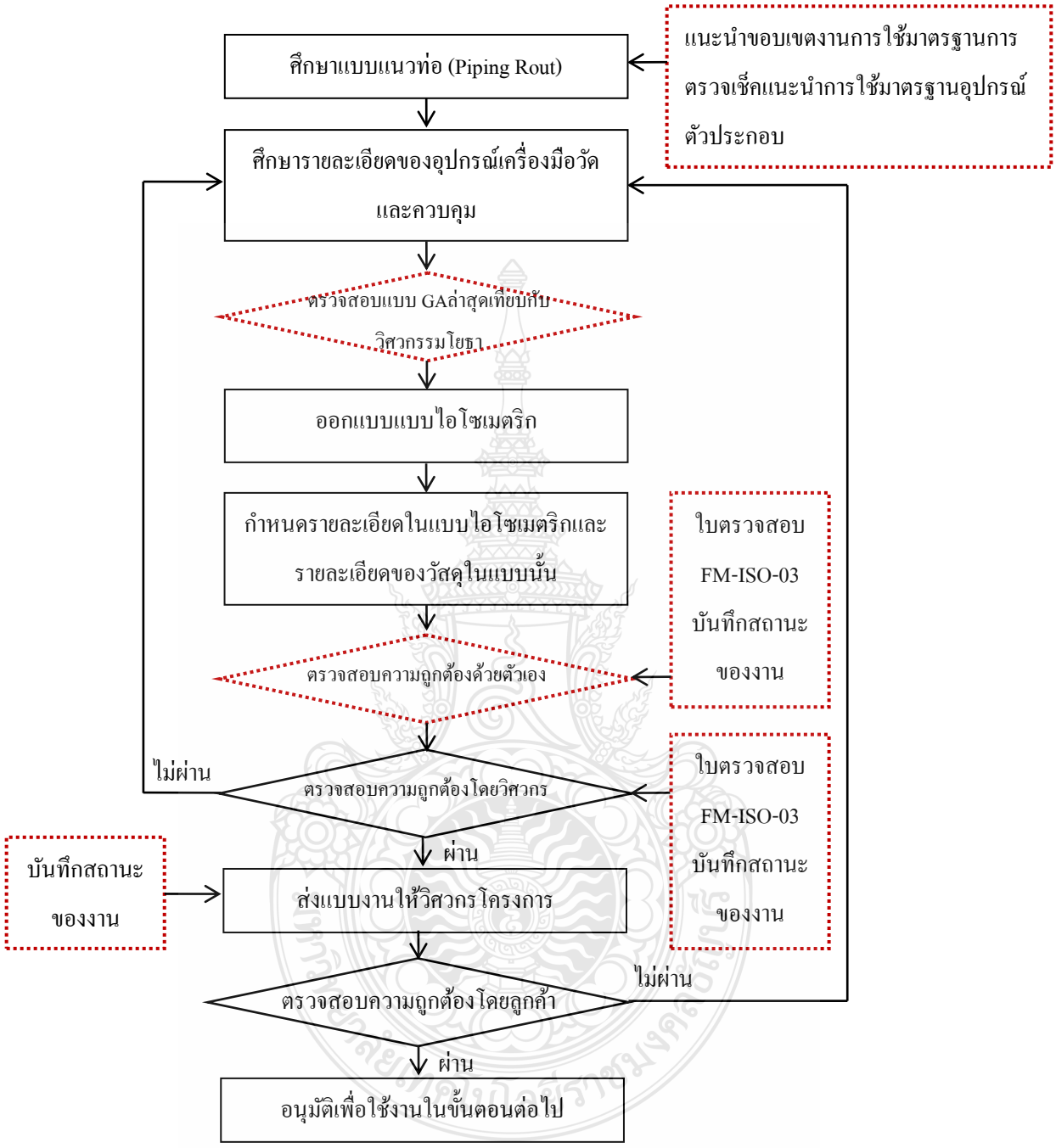


รูปที่ 3.31 ขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการกำหนดขอบเขตของแบบหลังการแก้ไขปรับปรุง

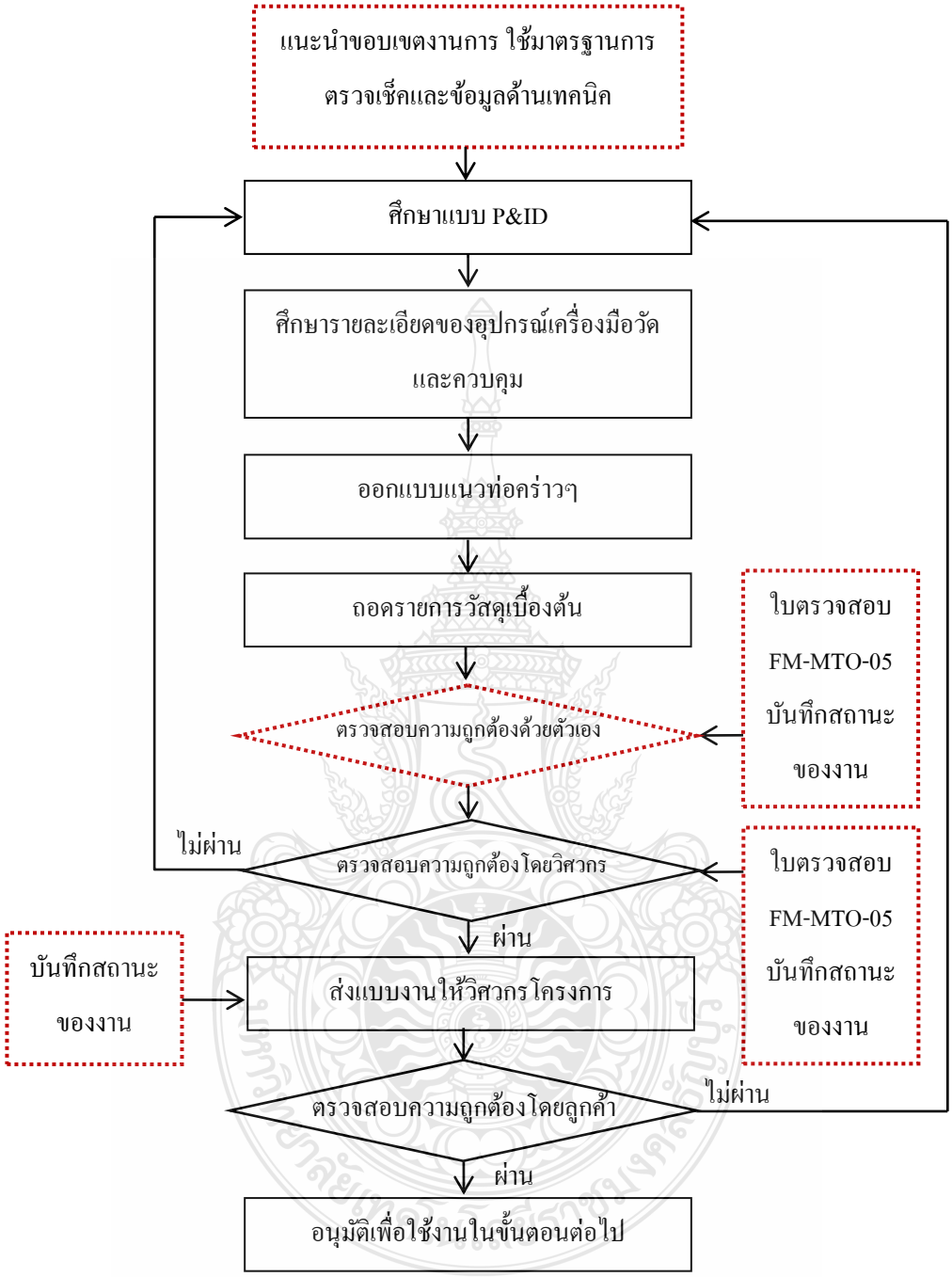


หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.32 ขั้นตอนการออกแบบตัวรองรับท่อหลังการแก้ไขปรับปรุง

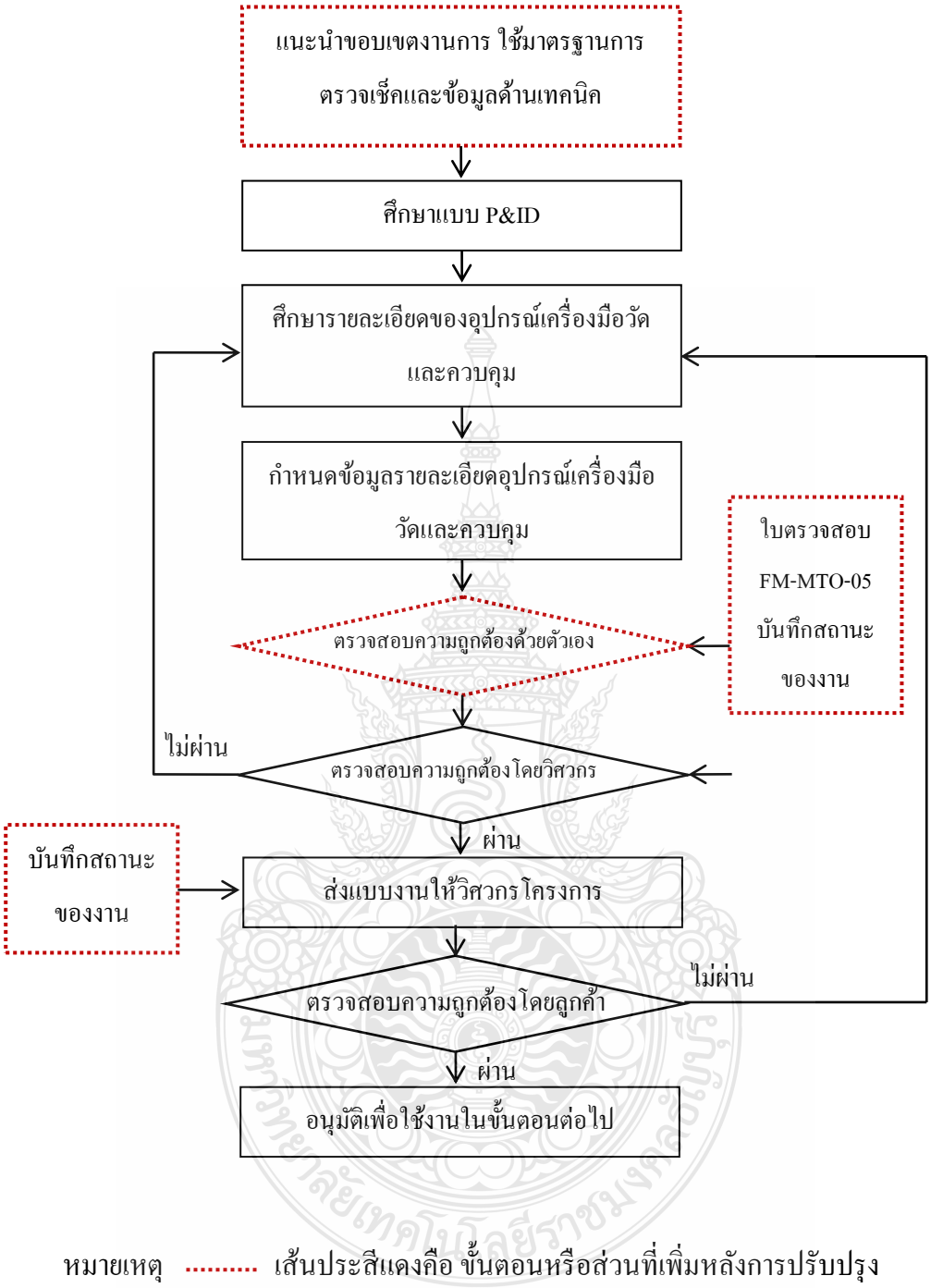


รูปที่ 3.33 ขั้นตอนการออกแบบไอโซเมตริกหลังการแก้ไขปรับปรุง

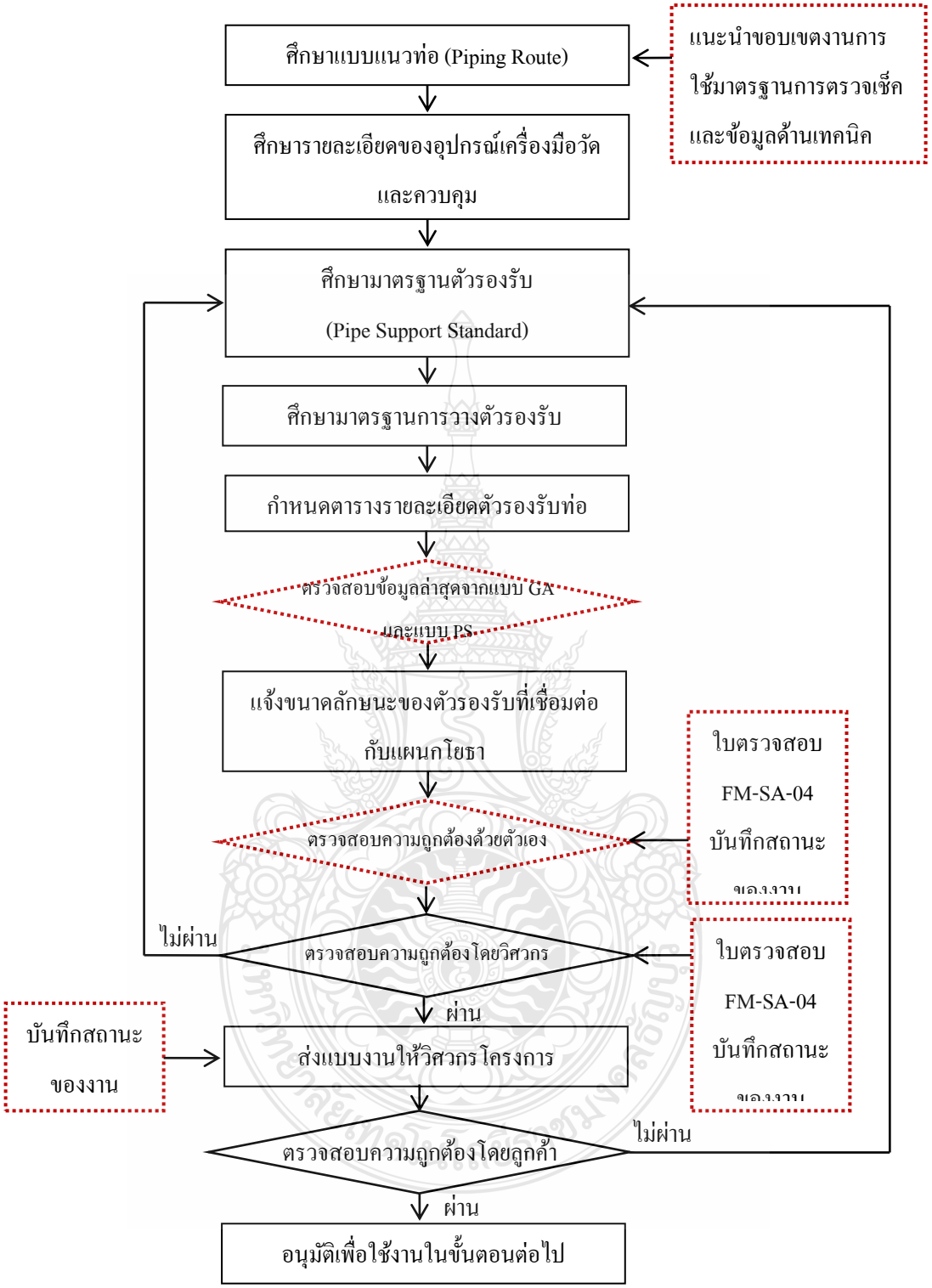


หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.34 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดความต้องการวัสดุเบื้องต้นหลังการแก้ไขปรับปรุง

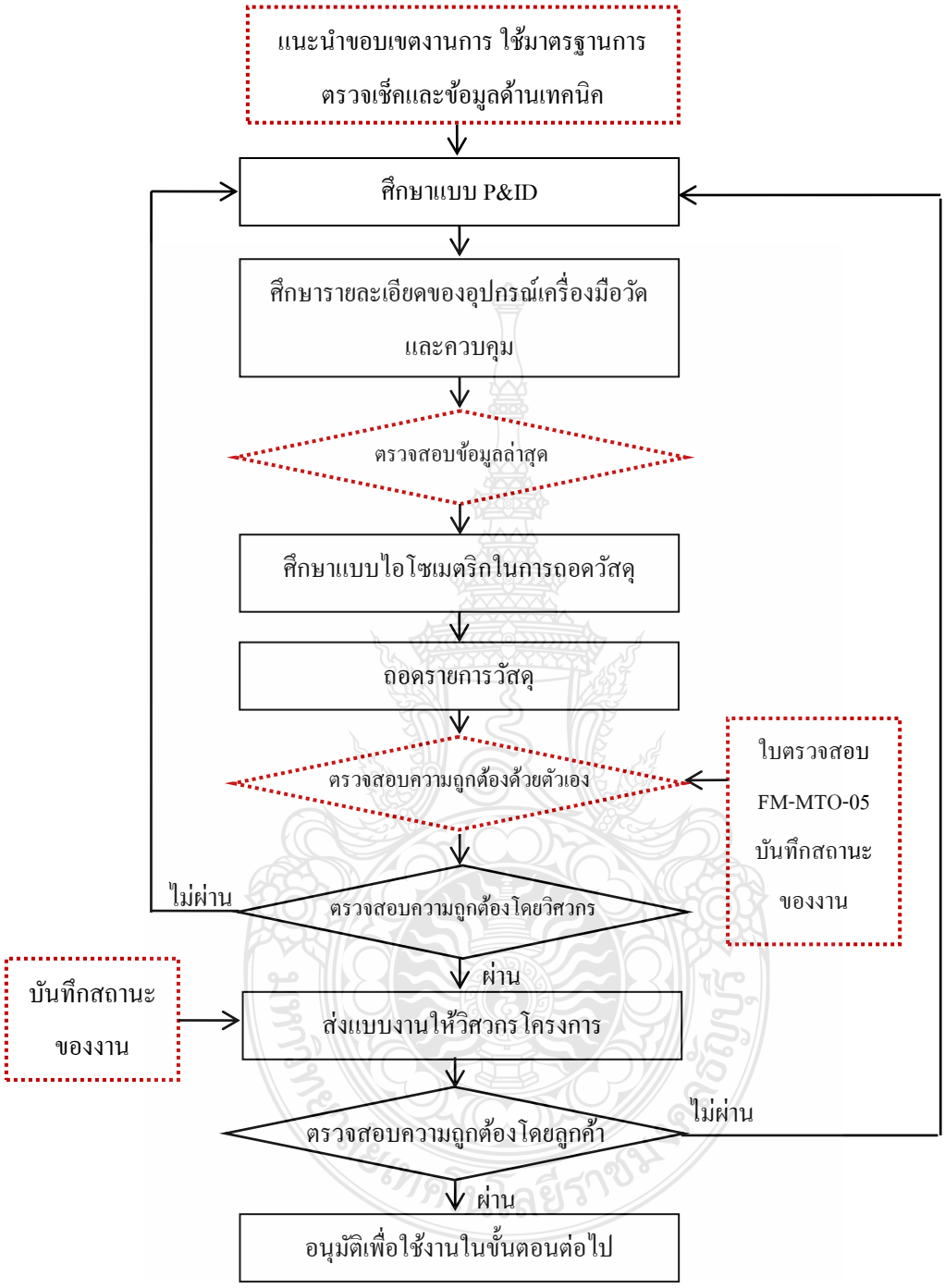


รูปที่ 3.35 ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องมือวัดหลังการแก้ไขปรับปรุง



หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการกำหนดตารางรายละเอียดตัวรองรับท่อหลังการแก้ไขปรับปรุง



หมายเหตุ ..... เส้นประสีแดงคือ ขั้นตอนหรือส่วนที่เพิ่มหลังการปรับปรุง

รูปที่ 3.37 ขั้นตอนการถอดรายการวัสดุหลังการแก้ไขปรับปรุง

จากรูปที่ 3.30 ถึง รูปที่ 3.37 เป็นการแสดงขั้นตอนวิธีการหลังการปรับปรุงแก้ไขหลังการระดมสมองจากทีม FMEA ของขั้นตอนการออกแบบท่อ เพิ่มเติมเพื่อให้การใช้เครื่องมือและมาตรฐานที่สร้างขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน โดยขั้นตอนวิธีการหลังปรับปรุงจะช่วยให้ลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทำงานในแผนกออกแบบท่อ ในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อจะสังเกตุได้ว่าในทุกขั้นตอนจะเพิ่มการตรวจสอบแบบหรืองานด้วยตนเองและใช้ควบคู่กับใบตรวจสอบที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นการทบทวนงานก่อนส่งด้วยตัวเองอีกรอบ การเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานดังรูปที่ 3.23 จะช่วยใช้แผนกออกแบบงานท่อทราบความก้าวหน้า (Progress) ของโครงการนั้นๆ ถ้าล่าช้าตรงจุดไหน วิศวกรหรือผู้ออกแบบจะทราบว่าเกิดปัญหาอย่างไร ส่วนรายการการจัดทำมาตรฐานอุปกรณ์และตัวประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.22 จะช่วยลดข้อผิดพลาดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานและง่ายต่อการใช้ในโครงการในอนาคตต่อไป

3.6.11 ดำเนินการตามที่กำหนดการแก้ไขป้องกัน

การดำเนินการแก้ไขป้องกันหลังจากการวิเคราะห์เพื่อป้องกันข้อบกพร่องจากข้อ 3.6.10 โดยการระดมสมองจากทีมงาน ที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบท่อจนได้แนวทางเพื่อป้องกันข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น แล้วดำเนินการแก้ไขตามแผนที่ได้วิเคราะห์เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบตามเครื่องมือและมาตรฐานที่ได้กำหนดในแต่ละขั้นตอน

3.6.12 ดำเนินการทบทวนค่า RPN ใหม่

การดำเนินการทบทวนค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ใหม่อีกครั้งหลังจากการวิเคราะห์หาแนวทางป้องกัน และดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กำหนดในแผนเพื่อการป้องกันข้อบกพร่องและผลกระทบ ค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เพื่อคำนวนค่าที่ได้ใหม่ การจัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานการตรวจเช็คนั้น เบื้องต้นจากการระดมสมองจากผู้มีประสบการณ์ วิเคราะห์ข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มากกว่า 200 เพื่อพิจารณาแก้ไขก่อนทำการวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานการตรวจเช็ค ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของแต่ละขั้นตอนการออกแบบงานท่อ

3.7 ติดตามผลหลังการปรับปรุง

การติดตามผลหลังจากการปรับปรุงเป็นการดำเนินการหลังจากการประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของการออกแบบท่อ การเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดจาก เดือน มิถุนายน 2558 - กันยายน 2558 จากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับ (Comment) หลังจากได้ข้อบกพร่องที่มีความสำคัญหรือรายการที่วิกฤต มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางป้องกันและแก้ไขโดยใช้เครื่องมือใบตรวจสอบ การติดตามผลหลังการปรับปรุง หลังจากการใช้เครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานในการตรวจเช็ค ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2558 – กุมภาพันธ์ 2559 ของแผนกออกแบบงานท่อ ทราบถึงผลการดำเนินการทั้งก่อน และหลังการปรับปรุง เปรียบเทียบผล ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป

3.8 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการดำเนินการวิจัย ข้อเสนอแนะ

การสรุปผลและข้อเสนอแนะหลังการดำเนินการวิจัย โดยการสรุปผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ที่กำหนดไว้ในบทที่ 1 รวมถึงเสนอแนะการดำเนินการ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำงานวิจัยแก่บุคคลที่สนใจศึกษาต่อไป การนำเสนอและสรุปผลการดำเนินการต่อบริษัทตัวอย่างที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการดำเนินการ การสรุปผลถึงปัญหาข้อบกพร่องและผลกระทบในการออกแบบ แนวทางป้องกัน และนำไปปรับใช้ในส่วนต่างๆขององค์กร เพื่อพัฒนาองค์กรให้มีประสิทธิภาพและความมั่นคงให้กับบริษัทตัวอย่างต่อไป รายละเอียดของการสรุปผลและข้อเสนอแนะจะกล่าวในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในการลดข้อผิดพลาด โดยการประยุกต์ใช้ FMEA มาช่วยในการลดอัตราข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อ ในอุตสาหกรรมท่อส่งก๊าซซึ่งวิเคราะห์ข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อแต่ละขั้นตอนการเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดจาก เดือนมิถุนายน 2558 - กันยายน 2558 จากเอกสารที่ลูกค้าตอบกลับ (Comment) สูงถึงร้อยละ 14.08 ของแผนกออกแบบท่อ ด้วยเหตุนี้ จึงมีการแก้ไขปรับปรุงเพื่อลดข้อผิดพลาด การดำเนินการวิจัยจากบทที่ 3 และเก็บข้อมูลหลังปรับปรุงใช้เครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานการตรวจเช็คแบบ ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2558 – กุมภาพันธ์ 2559 จากเอกสารลูกค้าตอบกลับของแผนกออกแบบงานท่อ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กร และสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าซึ่งมีรายล่ะเอียดดังนี้

4.1 สรุปผลการประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

4.1.1 ผลการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง

หลังการปรับปรุงแสดงผลค่าความเสี่ยงชี้นำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 200 (RPN > 200) และ กลุ่มที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 (RPN >100) ผลการวิเคราะห์ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง ที่ RPN > 200 ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงที่วิกฤตก่อน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุของข้อบกพร่อง	การแก้ไขเบื้องต้น	สิ่งที่ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง
1. GA9 RPN= 324		การออกแบบขนาดของอุปกรณ์ของข้อต่อ วาล์ว อุปกรณ์ เครื่องมือวัดไม่ตรงตามขนาดมาตรฐาน	เนื่องจากได้มีการก่อสร้างเรียบร้อย การปรับปรุงจึงได้มีการตัดตัวรองรับท่อที่โดยรอยเชื่อมออก เพื่อไม่ให้เกิดการรองรับน้ำหนักตรงจุดเชื่อมมากเกินไป	แนวทางการปรับปรุงมุ่งเน้นในการลดโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดโดยการใช้ใบตรวจสอบข้อมูลป้องกันการเกิดซ้ำตามในภาคผนวก ก
2.GA5 RPN = 315		ไม่อัฟเดตขนาดของอุปกรณ์ที่แท้จริง จากข้อมูลจริงอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่เรื่อยๆ ขนาดที่สร้างจริงจึงเกิดการผิดพลาด	การก่อสร้างมีการปรับแบบของงานที่ก่อสร้างไปแล้ว สูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายความน่าเชื่อถือ	มีการจัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบเพื่อลดโอกาสในการเกิด กรณีที่เกี่ยวข้องกับแผนกอื่น ตามในภาคผนวก ก
3. GA10 RPN =315		การออกแบบขนาดของเครื่องมือวัดไม่ตรงตามมาตรฐานด้วยประสบการณ์ของผู้ออกแบบ ที่ไม่ได้ระวังตรงจุดนี้	ออกแบบแท่นมีระดับสูงขึ้นมาเพื่อให้สามารถเข้าไปซ่อมบำรุงหรือในการเปิด-ปิด อุปกรณ์	มีการจัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบในภาคผนวก ก และมาตรฐานในการตรวจเช็คมาช่วยตรวจสอบเบื้องต้นตามภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุของข้อบกพร่อง	การแก้ไขเบื้องต้น	สิ่งที่ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง
4.GA7 RPN =270		ผู้ออกแบบเองมีประสบการณ์ทำงานยังน้อยอยู่ ไม่ได้ระวังถึงการที่จะเข้าไปซ่อมบำรุงหรือ เปิด-ปิด	ทางผู้รับเหมาเองจะดูว่าอุปกรณ์นั้นๆสามารถที่จะปรับทิศทางมือหมุนได้เลย แต่ในบางอุปกรณ์ ไม่สามารถที่จะปรับแก้ไขหน้างานได้ จึงอาจจะทำให้เกิดการรอการสั่งอุปกรณ์	จัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบ หรือผู้ตรวจสอบระวังตรงจุดนี้และลดโอกาสการเกิดซ้ำ ซึ่งใช้เช็คลีสต์เป็นเครื่องมือเช็คลีสต์ตามในภาคผนวก ก
5.SA21 RPN =270		ผู้ออกแบบและผู้ตรวจสอบเองมีประสบการณ์ทำงานยังน้อยจึงไม่ได้ระวังถึงน้ำหนักที่อาจจะเกิดขึ้นในอุปกรณ์	การแก้ไขกับผู้รับเหมาคือต้องขุด เจาะเพื่อทำการวางตัวรองรับของอุปกรณ์	เครื่องมือใบตรวจสอบ มาช่วยในการตรวจเช็กการออกแบบจากผู้เชี่ยวชาญตามภาคผนวก ข

4.1.2 ผลการดำเนินการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยง (RPN) ใหม่

จากการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด ของแผนกออกแบบท่อโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ FMEA การระดมสมองในการวิเคราะห์ความรุนแรง โอกาส และความสามารถในการตรวจพบของลักษณะข้อผิดพลาดเพื่อหาค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ดำเนินการปรึกษาเพื่อแก้ไขและปรับปรุงของผู้เชี่ยวชาญในวิศวกรรมการออกแบบท่อ ซึ่งได้วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงเปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือ FMEA ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบหลังปรับปรุง

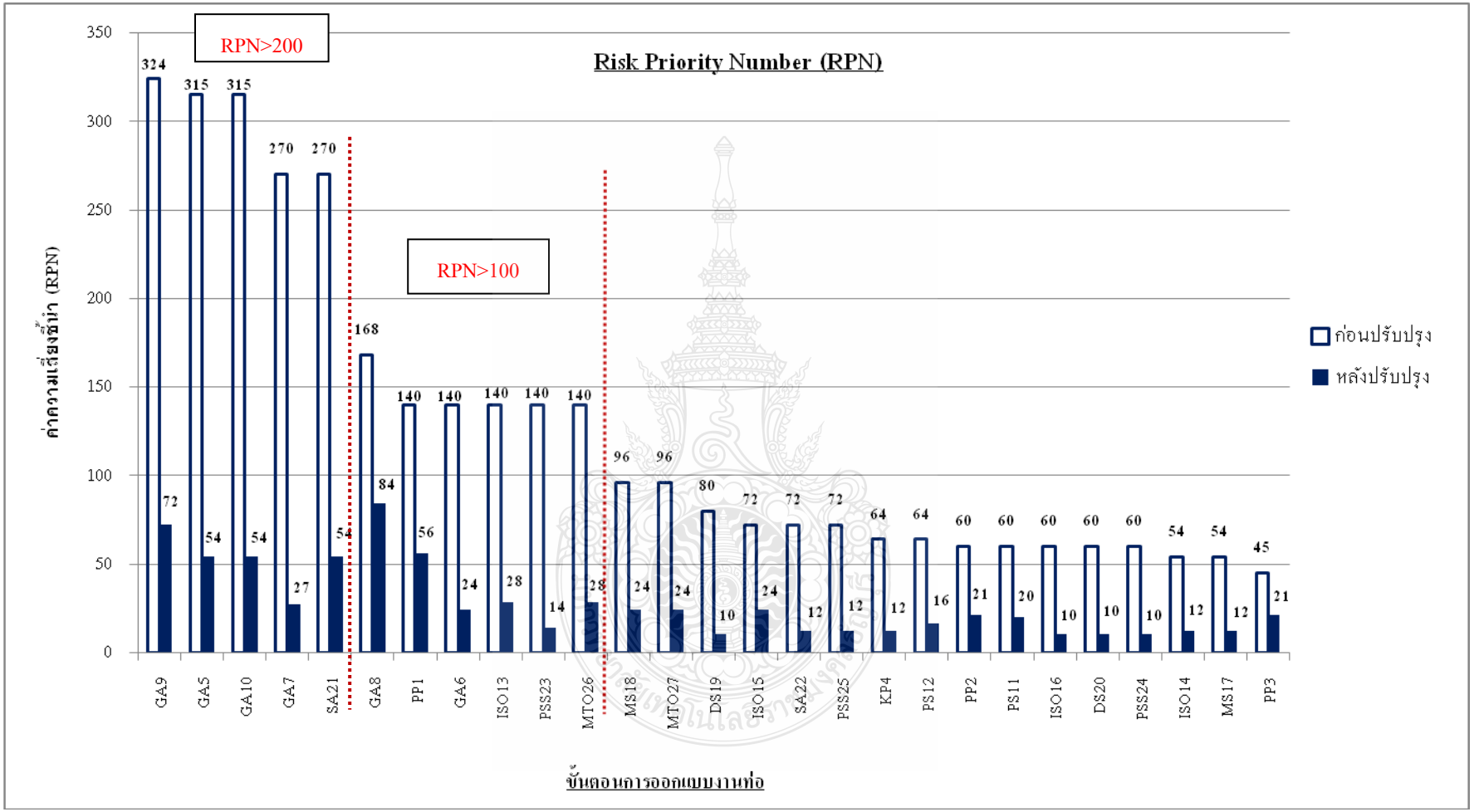
Step Design	Potential Failure Mode	Action Taken	Action / Results			
			S	O	D	RPN
Plot Plan	PP1 :กำหนดค่า Coordinate (E, N) ไม่ตรงตามลูกค้ากำหนด	ใบตรวจสอบ FM-PP-01โดยผู้ออกแบบและวิศวกรตรวจสอบและเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	7	4	2	56
	PP2 :บอกตำแหน่งอุปกรณ์ผิด	แนะนำการทำงานเบื้องต้น เพิ่มใบตรวจสอบ FM-PP-01ควบคุมสถานะ	5	1	3	21
	PP3 :บอกชื่ออุปกรณ์ตัววัดผิด	แนะนำการทำงานเบื้องต้น เพิ่มใบตรวจสอบ FM-PP-01ควบคุมสถานะ	5	1	3	21
Key Plan	KP4 :กำหนด ขอบเขตของแบบผิด	แนะนำการทำงานเบื้องต้น เพิ่มใบตรวจสอบ FM-PP-01ควบคุมสถานะ	4	1	3	12
GA (General Arrangement)	GA5 :บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	9	3	2	54
	GA6 :วางอุปกรณ์ไม่ตรงตามแบบโปรแกรม 3 มิติ	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	7	2	2	24
	GA7 :พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	9	3	1	27
	GA8 :ขนาดของอุปกรณ์ผิดไม่ตรงตามมาตรฐาน	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	7	4	3	84
	GA9 :วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	9	4	2	72
	GA10 :ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกินกว่าที่จะซ่อมบำรุง	แนะนำหลักการออกแบบและมาตรฐานเบื้องต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเองใบตรวจสอบ FM-GA-02 และเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงาน	9	3	2	54

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบหลังปรับปรุง (ต่อ)

Step Design	Potential Failure Mode	Action Taken	Action / Results			
			S	O	D	RPN
Pipe Support Design	PS11 :เลือกตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ	แนะนำมาตรฐานการออกแบบเบื้องต้น เพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04	5	2	2	20
	PS12 :บอกขนาดของตัวรองรับ (Support)ผิด	แนะนำมาตรฐานการออกแบบเบื้องต้น เพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04	4	2	2	16
Isometric Drawing	ISO13 :การออกแบบระดับ ไม่อัพเดตตามโปรแกรม 3 มิติ	แนะนำมาตรฐาน การออกแบบเบื้อต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเอง ใบตรวจสอบ FM-ISO-03 บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด	7	2	2	28
	ISO14 :บอกขนาดของท่อ ระดับความสูงและอุปกรณ์ผิด	แนะนำมาตรฐาน การออกแบบเบื้อต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเอง ใบตรวจสอบ FM-ISO-03 บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด	6	1	2	12
	ISO15 :บอกทิศทางของก้านวาล์วผิด	แนะนำมาตรฐาน การออกแบบเบื้อต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเอง ใบตรวจสอบ FM-ISO-03 บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด	6	2	2	24
	ISO16 :บอกจำนวนขนาด,วัสดุไม่ตรงตามแบบ	แนะนำมาตรฐาน การออกแบบเบื้อต้น เพิ่มการตรวจสอบด้วยตัวเอง ใบตรวจสอบ FM-ISO-03 บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด	5	1	2	10
Materials /Specification	MS17 :บอกรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ผิด	แนะนำการใช้มาตรฐานการตรวจเช็ค บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05	6	1	2	12
	MS18 :บอก Thickness ของท่อผิด	แนะนำการใช้มาตรฐานการตรวจเช็ค บันทึกสถานะการทำงาน เช็คข้อมูลล่าสุด เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05	6	2	2	24
Data Sheet	DS19 :จำนวนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือวัดผิด	แนะนำการใช้มาตรฐานการตรวจเช็ค บันทึกสถานะการทำงาน เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05	5	2	1	10
	DS20 :กำหนดทิศทางการหมุนวาล์วผิด	นะนำการใช้มาตรฐานการตรวจเช็ค บันทึกสถานะการทำงาน เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05	5	2	1	10

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบหลังปรับปรุง (ต่อ)

Step Design	Potential Failure Mode	Action Taken	Action / Results			
			S	O	D	RPN
Stress Analysis	SA21 :ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับการออกแบบท่อ	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิค เพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04 บันทึกสถานะการทำงาน	9	3	2	54
	SA22 :ออกแบบตัวรองรับไม่ตรงกับแบบท่ออุปกรณ์	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิค เพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04 บันทึกสถานะการทำงาน	6	2	1	12
Pipe Support Schedule	PSS23 :ระยะของตัวรองรับท่อผิด	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิคและเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานเพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04	7	2	1	14
	PSS24 :บอกชนิดของตัวรองรับผิด	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิคและเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานเพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04	5	1	2	10
	PSS25 :บอกรายละเอียดของตัวรองรับไม่ตรงตามที่เลือก	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิคและเพิ่มการบันทึกสถานะการทำงานเพิ่มใบตรวจสอบ FM-SA-04	6	2	1	12
Materials Take Off	MTO26 :บอกจำนวนวัสดุผิดจากจำนวนจริง	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิค เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05บันทึกสถานะการทำงาน	7	2	2	28
	MTO27 :บอกรายละเอียดของวัสดุผิดพลาด	แนะนำมาตรฐานการทำงานเบื้องต้น ข้อมูลด้านเทคนิค เพิ่มใบตรวจสอบ FM-MTO-05บันทึกสถานะการทำงาน	6	2	2	24



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือ FMEA ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

4.2 สรุปผลการลดอัตราข้อผิดพลาดหลังการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง

การประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA ในการออกแบบท่อ พบอัตราข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการออกแบบ มีการระดมสอมงเพื่อแก้ไข ป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบ โดยให้เครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานการตรวจเช็คแบบ หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงใช้เครื่องมือตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 – กุมภาพันธ์ 2559 เป็นเวลา 3 เดือน ผลของการเก็บข้อมูลโดยคำนวนจากสมการที่ (2.2) แสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 การเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอัตราข้อผิดพลาดหลังการปรับปรุง

ขั้นตอน	เดือนธันวาคม 2558			เดือนมกราคม 2559			เดือนกุมภาพันธ์ 2559		
	เอกสารทั้งหมด (แผ่น)	เอกเสารที่ผิดพลาด (แผ่น)	% ผิดพลาด	เอกสารทั้งหมด (แผ่น)	เอกเสารที่ผิดพลาด (แผ่น)	% ผิดพลาด	เอกสารทั้งหมด (แผ่น)	เอกเสารที่ผิดพลาด (แผ่น)	% ผิดพลาด
1.Plot Plan	121	8	6.61 %	98	5	5.10 %	88	2	2.27%
2.Key Plan	81	2	2.47 %	75	0	0.00 %	60	0	0.00%
3. GA (General Arrangement)	189	5	2.65 %	175	8	8.57 %	153	8	5.23%
4.Pipe Support Design	75	8	10.67 %	65	6	9.23 %	56	4	7.14%
5.Isometric Drawing	578	9	1.56 %	415	10	2.41 %	450	9	2.00%
6.Materials/Specification	558	9	1.61 %	315	8	2.54 %	215	8	3.72%
7.Data sheet	436	8	1.83 %	485	8	1.65 %	345	5	1.45%
8.Stress Analysis	983	7	0.71 %	843	9	1.07 %	545	4	0.73%
9.Pipe Support Schedule	158	10	6.33 %	142	6	4.23 %	132	3	0.10%
10.MTO (Materials take off)	125	9	7.20 %	135	7	5.19 %	98	4	4.08%
รวม	334	75	41.64%	2748	67	35.98%	2142	47	28.90%
เฉลี่ย % ข้อผิดพลาดแต่ล่ะเดือน			**4.16 %**			**3.60 %**			**2.89 %**
			เฉลี่ย % ข้อผิดพลาดรวม 3.55%						

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขปรับปรุงในการออกแบบงานท่อจะเห็นได้ว่าข้อผิดพลาดของการออกแบบแต่ละขั้นตอนลดลง การเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดในช่วงเดือนธันวาคม 2558 – เดือนกุมภาพันธ์ 2559 ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 4.16 3.60 และร้อยละ 2.89 ตามลำดับโดยใช้เครื่องมือใบตรวจสอบ และมาตรฐานการตรวจสอบจะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนธันวาคม 2558 มีเปอร์เซ็นข้อผิดพลาดที่สูงกว่า เดือนมากราคม และเดือนกุมภาพันธ์ 2559 อาจจะเนื่องมาจากการปรับตัวในการใช้เครื่องมือยังไม่คุ้นเคย หลังจากเริ่มคุ้นเคยกับเครื่องมือ มีผลทำให้ เปอร์เซ็นลดลงเรื่อยๆ ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยรวมของข้อผิดพลาด ช่วงเดือนธันวาคม 2558 – เดือนกุมภาพันธ์ 2559 อยู่ที่ร้อยละ 3.55 ลดลงจากเดิมร้อยละ 14.08 ดังตารางที่ 4.4 แสดงผลต่างของการลดอัตราข้อผิดพลาด ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่องค์กรตั้งเป้าไว้ที่ร้อยละ 5 ของข้อผิดพลาด โดยการระดมสมองเป็นผลที่น่าพอใจ และยังสร้างความเชื่อมั่นในแผนกออกแบบท่อเองด้วยแล้วยังส่งผลให้องค์กรมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.4 ผลต่างของการลดอัตราข้อผิดพลาดก่อนและหลังการปรับปรุง

	อัตราข้อผิดพลาดก่อนปรับปรุง	**อัตราข้อผิดพลาดหลังปรับปรุง**
ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ	14.08	3.55
ผลต่างอัตราข้อผิดพลาดร้อยละ	**74.78**	

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงาน

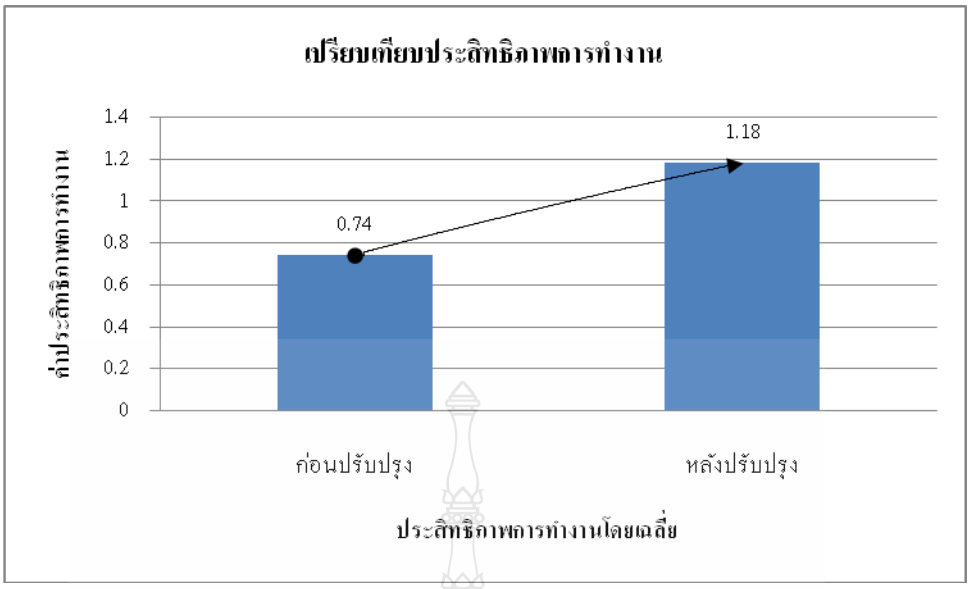
การเก็บข้อมูลเวลาการทำงานหลังการแก้ไขปรับปรุงตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 – กุมภาพันธ์ 2559 พบว่าประสิทธิภาพการทำงานเป็น 1.16 1.22 1.14 ตามลำดับ โดยคำนวนจากสมการที่ (2.3) ซึ่งมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยรวมเป็น 1.18 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการทำงานหลังการปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบท่อ

ขั้นตอน	ธันวาคม 2558		มกราคม 2559		กุมภาพันธ์ 2559	
	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)	เวลาที่วางแผน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้จริง (ชั่วโมง)
1.Plot Plan	484	387	392	294	352	280
2.Key Plan	243	200	225	190	180	120
3.GA	1134	1000	1050	895	918	765
4.Pipe Support	375	350	325	270	280	252
5.Isometric DWG.	4046	3615	2905	2510	3150	2925
6.Material / Spec.	2232	1953	1260	1008	860	700
7.Data Sheet	645	556	727	550	518	414
8.Stress Analysis	1475	1180	1264	1000	818	760
9.Pipe Support Sch.	632	500	568	450	528	462
10.MTO.	375	320	405	337	294	245
รวมเวลาทำงาน	**11641**	**10061**	**9121**	**7504**	**7898**	**6923**
ประสิทธิภาพ	**1.16**		**1.22**		**1.14**	
ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 1.18						

4.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงาน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำงานในแผนกออกแบบท่อ การเก็บข้อมูลเวลาทำงานก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2558 -กันยายน 2558 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ในบทที่ 3 และการศึกษาประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4.4 และการเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแผนกออกแบบท่อ

จากรูปที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพเวลาในการทำงานของการออกแบบท่อ โดยวัดจากเวลาที่วางแผนไว้ กับเวลาที่ทำงานจริง ซึ่งเวลาที่วางแผนเป็นเวลาที่ลูกค้ากำหนดจากโครงการฉบับร่างจะเห็นได้ว่าหลังจากการปรับปรุงแก้ไขและใช้เครื่องมือเข้ามาช่วยในขั้นตอนในการออกแบบท่อปรากฏว่ามีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น 1.18 จากเดิมที่ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.45 ซึ่งสอดคล้องกับตรงตามความต้องการของลูกค้าและสร้างความพึงพอใจทั้งคุณภาพของการออกแบบท่อลดข้อผิดพลาดในการออกแบบและการประเมินประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของการทำงานทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่าย ในกรณีโดนปรับเนื่องจากส่งงานไม่ตรงตามลูกค้ากำหนด และการปรับแก้งาน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลจากการจำแนกประเภทของความเสี่ยงในกระบวนการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในธุรกิจท่อส่งก๊าซ แผนกวิศวกรรมการออกแบบท่อนั้น สามารถจำแนกประเภทความเสี่ยงของข้อผิดพลาด ข้อผิดพลาดที่วิกฤติ ที่ส่งผลถึงความรุนแรงมากที่สุดและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด จนนำไปสู่การปรับปรุงเพื่อหาแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาด ผลจากการประยุกต์ให้ FMEA ในขั้นตอนการออกแบบงานท่อ ส่งผลให้อัตราข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการออแบบลดลงจากร้อยละ 14.08 เป็นร้อยละ 3.55 ซึ่งแสดงว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขทำให้อัตราข้อผิดพลาดลดลงร้อยละ 74.78

5.1.2 ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสี่ยงและการประเมินผลกระทบ

การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA โดยการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญถึงผลกระทบของความเสี่ยงในแต่ละประเภททำให้ทราบถึงความรุนแรง ผลจากการวิเคราะห์มีค่าความเสี่ยง (RPN) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ค่าความเสี่ยง (RPN) มากกว่า 100 และกลุ่มที่ค่าความเสี่ยง (RPN) มากกว่า 200 ซึ่งได้วิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขกลุ่มที่ค่าความเสี่ยง (RPN) มากกว่า 200 มาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Why- Why Analysis ซึ่งผลจกการวิเคราะห์จึงได้จัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานในการตรวเช็คในแต่ละขั้นตอนของการทำงานในแผนกออกแบบงานท่อ

5.1.3 ผลจากการจัดทำมาตรฐานและใช้เครื่องมือใบตรวจสอบในการทำงาน

จากการวิเคราะห์เพื่อจัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบเพื่อลดอัตราข้อผิดพลาดของการออกแบบในแผนกงานท่อแต่ละขั้นตอนผลการจัดทำดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ใบตรวจสอบที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอน	เครื่องมือใบตรวจสอบ	หมายเหตุ
Plot Plan	FM-PP-01	ดังแสดงในภาคผนวก ค
Key Plan	FM-PP-01	ดังแสดงในภาคผนวก ค
GA (General Arrangement)	FM-GA-02	ดังแสดงในภาคผนวก ก
Stress Analysis, Pipe Support Design, Pipe Support Schedule	FM-SA-04	ดังแสดงในภาคผนวก ข
Isometric Drawing	FM-ISO-03	ดังแสดงในภาคผนวก ง
Materials take off, Material Requisition/Specification, Data Sheet	FM-MTO-05	ดังแสดงในภาคผนวก จ

จากตารางที่ 5.1 การใช้เครื่องมือใบตรวจสอบในขั้นตอนการออกแบบท่อ และการจัดทำมาตรฐานในการตรวจเช็ค ดังแสดงในภาคผนวก ฉ ซึ่งนอกจากทำให้อัตราข้อผิดพลาดลดลงแล้วยังทำให้ประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการทำงานของแผนกออกแบบงานท่อดีขึ้น เนื่องจากการแก้ไขงานการทำงานซ้ำ (Rework) น้อยลง โดยก่อนการปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพ (Efficiency) แผนกออกแบบงานท่อมีค่าเฉลี่ย 0.74 หลังจากการใช้เทคนิค FMEA และการวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปรับปรุง ผลของการประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency) แผนกออกแบบงานท่อมีค่าเฉลี่ย 1.18 ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.45

5.2 อภิปรายและข้อเสนอแนะ

จากการประยุกต์ใช้ FMEA โดยวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มากกว่า 200 ซึ่งมองว่ามีผลกระทบในด้านความปลอดภัยในการทำงาน ดังงานวิจัยการออกแบบชิ้นส่วนของรถโดยวิเคราะห์ทุกชิ้นของรถวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ผลทางด้านความปลอดภัยมากที่สุด [10] นอกจากนั้นการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงที่มากกว่า 200 ยังนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีการองค์กรที่ส่งผลในด้านความปลอดภัยขององค์กรทำให้สร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า [15] การดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงโดยการใช้เทคนิค Why-Why Analysis เพื่อหาแนวแก้ไขผลจากการวิเคราะห์จึงได้สร้างเครื่องมือใบตรวจสอบและมาตรฐานในการตรวจสอบมาใช้ในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของอาหารบรรจุกระป๋องซึ่งใช้เทคนิค Why-Why Analysis เพื่อหาต้นตอข้อบกพร่องจนสามารถลดข้อบกพร่องได้ในการผลิตอาหารบรรจุกระป๋อง [15] การประยุกต์ใช้ FMEA ในการลดอัตราผิดพลาดของการออกแบบท่อสามารถลดอัตราผิดพลาดลงร้อยละ 74.78 นอกจากนั้นการวัดประสิทธิภาพของการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.45 เช่นเดียวกับงานวิจัยการลดข้อผิดพลาดในการออกแบบท่อ ซึ่งสามารถลดข้อผิดพลาดและการแก้ไขงานลดลดลง โดยการใช้เครื่องมือใบตรวจสอบในขั้นตอนการทำงานการออกแบบท่อ และลดความล่าช้าของงานในการส่งมอบงานในการบริหารโครงการการออกแบบท่อ [5], [6]

ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบท่อส่งก๊าซ แผนกออกแบบท่อนั้น การบริหารโครงการนั้นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอย่างมากเนื่องจากความดันของท่อส่งก๊าซ การดัดกร่อนของท่อ และเส้นทางของท่อส่งก๊าซต้องผ่านสถานที่สำคัญ ชุมชน จึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัย มาตรฐานในการออกแบบเป็นอย่างมาก ดังนั้นในการประเมินคะแนนด้านความรุนแรงจึงค่อนข้างสูง โดยเกณฑ์การประเมินที่ทีม FMEA ได้จัดทำขึ้นสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบวิศวกรรมงานท่อ

จากผลการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในวิศวกรรมการออกแบบงานท่อนั้น สามารถลดอัตราข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนได้ แต่เนื่องจากเกณฑ์ในการประเมินด้านความรุนแรงไม่สามารถลดลงเนื่องจากเกี่ยวข้องกับเรื่องความปลอดภัย จึงได้พิจารณาลดค่าความเสี่ยงทางด้านโอกาศที่จะเกิดปัญหา และความสารถในการตรวจพบของปัญหาแทน การศึกษาการบริหารโครงการในบริษัทตัวอย่างเป็นกรณีศึกษา ผู้ที่สนใจศึกษาวิจัยในการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการบริหารงานธุรกิจด้านวิศวกรรมการออกแบบแผนกอื่นๆ เป็นกรณีศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการลดอัตราข้อผิดพลาดของแต่ละขั้นตอนได้ศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

[1] อัจฉรี วังวิเศษ และ จิตรา รู้กิจการพานิช. (2554). **การลดข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสีของโรงงานผลิตสีผง,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ฉบับที่ 2 มี.ค. 2554 หน้า 1-16

[2] อนุพล จินวรรณ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์. (2554). **การประยุกต์การวิเคราะห์อาการที่ผิดปกติและผลกระทบของความเสียหายเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในโรงสีข้าว,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หมาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554. หน้า 1649-1654

[3] สุพัฒน์ วงศ์จิรัฐติกาล และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2556). **การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของโรงงานผลิตเพลารถยนต์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลการทบ,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 ก.ย-ธ.ค. 2556. หน้า 643-653

[4] เกรียงศักดิ์ ชูแสง รัญชนา สินธวาลัย และ นภิสพร มีมงคล. (2554). **การลดข้อบกพร่องจากการผลิตอาหารกระป๋อง กรณีศึกษา : โรงงานตัวอย่างในเขตจังหวัดสงขลา,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2554. หน้า 872-881

[5] ศิวัช แก้ววงศา และ เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ. (2555). **การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานออกแบบทางวิศวกรรม ของการบริหารโครงการ,** สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555. หน้า 879-885

[6] สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด และ ณฐา คุปตัษเฐียร. (2555). **การบริหารความเสี่ยงของการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดเล็ก,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสหการ ประจำปี พ.ศ. 2555. หน้า 787-795

[7] เอกราช คงสรรค์เสถียร และ ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล. **การประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หม่ของอุตสาหกรรมชิ้นสาวนรถยนต์ขนาดกลาง และขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น,** คณะบริหารธุระกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[8] วิชาญทอง ไพรวรรณและณฐาคุปตัษเฐียร.(2553). **การประยุกต์ใช้ FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร,** การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม, 7 พฤษภาคม 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[9] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA),** รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[10] Sidhartha Pattnaik. (2015). **Design Failure Modes And Effects Analysis (DFMEA) Of An All-Terrain Vehicle**, International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET) Volume: 04 June 2015. Page. 339-345

[11] Siew-Hong Ding, NurAmalina Muhammad, Noor Hanisah Zulkurnaini, Amanina Nadia Khaider and Shahrul Kamaruddin.(2012) **Application of Integrated FMEA and Fish Bone Analysis A Case Study in Semiconductor Industry,** International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, July 3 – 6, 2012. Page.1233-1238

[12] R.S.M hetre and R.J.Dhak. (2012) **Using Failure Mode Effect Analysis in a Precision Sheet Metal Parts Manufacturing Company**, Journal of Applied Sciences and Engineering Research,Vol. 1, No. 2, 2012. Page. 302-311

[13] Rakesh.R, BobinCherian Jos and George Mathew. (2013). **FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry**, International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)Volume 2, Issue 2, March 2013.Page. 218-225

[14] Aravinth .P, Muthu Kumar .T, Arun Dakshinamoorthy and Arun Kumar .N.**A. (2012) Criticality Study By Design Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Procedure In Lincoln V350 Pro Welding Machine**, International Journal of Advances in Engineering & Technology, July 2012. Page. 611-617

บรรณานุกรม (ต่อ)

[15] Lefayet Sultan Lipol and Jahirul Haq. (2011). **Risk Analysis Method: FMEA/FMECA in the Organizations**, International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS No: 05. Page. 49-57

[16] Pravin Gudale and Dr.Vinayak Naik. (2014). **Use of FMEA Methodology For Development Of Semiautomatic Averaging Fixture For Engine Cylinder Block**, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Vol. 3, Issue 5, May 2014. Page. 12452-12462

[17] Dudek Burlikowska. (2011). **Application of FMEA method in enterprise focused on quality**, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol.45, 2011. Page. 89-102

[18] Riddhish Thakore, Rajat Dave and TejasParsana. (2015). **A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Bearing Manufacturing Industry**, Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET) Sch. J. Eng. Tech., 2015. Page. 413-418

[19] Todor Neshkov, AleksandarStefanov and VladislavIvanov. (2013).**Application of PFMEA for Identification of Self-Recovering Failures in Production Lines for Automatic Assembly of Capacitors**, Journal of Mechanics Engineering and Automation 3, 2013, Page. 173-178

[20] Parikshit K patel, Prof. Vidya Nair and Ashish Patel. (2013). **PFMEA (Product Failure Mode Effect Analysis) of Air-Duct Manufacturing Process to Improve Product Quality**, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Certified Journal, Volume 3, Issue 5, 2013, Page. 645-653

[21] Arun Chauhan, Raj Kamal Malik, Gaurav Sharma and Mukesh Verma. (2011). **Performance Evaluation of Casting Industry by FMEA 'A Case Study',** International Journal of Mechanical Engineering Applications Research Volume 02, Issue 02; August-December 2011, Page. 113-121

บรรณานุกรม (ต่อ)

[22] บริษัท Neon Infotech, รายละเอียดซอฟต์แวร์ CAESAR II
http://www.neoninfotech.com/index.php/en/%22index.php?option=com_content&view

[23] ปิยะ กิตตธเนศวร, Basic Piping Stress และ การใช้โปรแกรม CAESAR II, ปี 2008
http://www.pipingengineer.com/28/pipingstress/pdf/ch1-basicstress.pdf

[24] ฮิโตชิ โอกุระวิเชียร เบญจวัฒนาผล และสมชัย อัครทิวา, Why-Why Analysis เทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545, http://92project.com/mtools/th/whywhy.html

[25] เจาะลึกระบบการผลิตแบบ Lead Manufacturing, การแก้ไขปัญหาหน้างานอย่างมีประสิทธิภาพด้วย Why-Why Analysis + 5 Gen ปี 2552
http://leanmanufacturing-tawatchai.blogspot.com/2009/12/why-why-analysis-5-gen.html

ภาคผนวก ก

ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ GA(General Arrangement)

FM-GA-02

PIPING GA CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION			Remark Ref. DWG.
		Y	N	N/A	
1	BORDER INFORMATION COMPLETE AND CORRECT.				
2	P&ID YELLOWED OFF BY DESIGNER.				
3	COMMENTS ON P&ID MARKED UP.				
4	SP ITEMS TAGGED AND CHECKED.				
5	CHECK VALVE LOCATION - HORIZ OR VERT , FLOW DIRECTION.				
6	LOCATION CO-ORDINATES.				
7	FLOW ARROW IS SHOWN.				
8	INSTRUMENTS TAGGED AND CHECKED AGAINST FLOWSHEET.				
9	FLOW INSTRUMENT STRAIGHT LENGTHS CHECKED.				
10	VENT, DRAIN AND INST SUBASSEMBLIES CORRECT.				
11	ALL PIPE SUPPORTS IDENTIFIED & DIMENSIONED.				
12	SPECIAL PIPE SUPPORTS CHECKED.				
13	DEFINE ALL HOLDS.				
14	ENSURE THAT REVISION LETTER AND DESCRIPTION OF REVISION HAS BEEN INDICATED.				
15	ENSURE CORRECT REFERNCE DRAWING HAVE BEEN INDICATED.				
16	CHECK THAT CONTINUATION INFORMATION IS CORRECT INCLUDING;LINE NO. & SHEET NO.				
17	CHECK THAT BRANCH REINFORCEMENT HAS BEEN CALLED UP ON THE ISOMETRIC WHERE THE CLASS DICTATES.				
18	CHECK THE ISOMETRIC AGAINST THE FLOWSHEET WITH RESPECT TO;PIPE SIZE, LINE NUMBER, PIPING MATERIAL SPECIFICATION , SLOPE WHERE REQUIRED, NO POCKETS, SYMMETRICAL PIPING WHERE REQUIRED , TWO PHASE FLOW WHERE REQUIRED ETC.				
19	CHECK THAT ALL NOTES HAVE BEEN ACTIONED.				
20	CHECK THAT SPEC BREAKS HAVE BEEN CORRECTLY LOCATED.				
21	CHECK PRESSURES & TEMPERATUREE AGAINST LINE SPECIFICATION LIST.				
22	ENSURE CORRECT INSULATION TYPE AND THICKNESS HAS BEEN INDICATED				
23	CHECK VALVE TAG NUMBERS AGAINST PIPING MATERIAL SPECIFICATION.				
24	CHECK THAT THE HAZADOUS SERVICE VALVE HAS BEEN SELECTED WHERE INDICATED ON THE PEF.				
25	CHECK THAT OUT OF SPEC COMPONENTS HAVE BEEN ADEQUATELY TAGGED.				
26	CONTROL VALVE FLANGE SIZE, RATING, FACE-FACE DIMENSION AND VALVE ACTUATOR IS CORRECT OR ELSE INDICATE HOLD IF INFORMATION IS NOT AVAILABLE.				
27	CHECK THE FACE-FACE DIMENSION OF IN-LINE FLOWMETERS.				
28	CHECK THAT ORIFICE TAPPINGS ORIENTATION AND NUMBER ARE INDICATED CORRECTLY.				
29	CHECK EQUIPMENT INCLUDING NOZZLE FLANGE RATINGS,EQUIPMENT ITEM NUMBERS, CENTRE LINE COORDINATES, NOZZLE ELEVATIONS AND NOZZLE STANDOUTS.				
30	CHECK PUMP PIPING ARRANGEMENTS; HORIZONTAL REDUCERS TOP FLAT ONLY - NO POCKETS IN SUCTION LINES.				
31	CHECK THAT SUFFICIENT CLEARANCE FOR DRAIN VALVES ABOVE GRADE/ PLATFORMS HAVE BEEN ALLOWED.				
32	CHECK THAT PERMANENT STRAINER BASKET WITHDRAWAL AREA HAS BEEN ALLOWED FOR.				
33	CHECK THAT HYROTEST VENTS AND DRAIN HAVE BEEN ADDED AT ALL HIGH POINTS AND LOW POINT.				
34	CHECK THAT BOLTS WITHDRAWAL AREA HAS BEEN ALLOWED FOR.				

CHECKERS INITIALS	DATE :

PIPE STRESS CHECK	
1. NOT APPROVED SEE COMMENT	
2.APPROVED SUBJECT TO COMMENTS BEING INCORPORATED	
3.APPROVED	
METHOD OF ANALYSIS	
V.VISUAL	
A.CHART/APPROXIMATE	
C.COMPUTER	

SIGNED	DATE :

ภาคผนวก ข

ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบStress Analysis

FM-SA-04

PIPING STRESS ANALYSIS CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION			Remark Ref. DWG.
		Y	N	N/A	
1	DOES THE PIPE DATA COMPLY WITH LATEST P&ID INFORMATION?				
2	DOES THE TUOTING COMPLY WITH LATEST DESIGN?				
3	DOES THE PIPE DATA COPPLY WITH THE LATEST PIPING MATERIAL SPECIFICATION?				
4	IS THS FOLLOWING SYSTEM INFORMATION THE LASTEST SPECIFIED?				
	DESIGN TEMPERATURE?				
	DESIGN PRESSURE?				
	UPSET TEMPERATURE?				
	SG OR DENSITIES OF THE FLOWING MEDIUM?				
	STEAM OUT?				
	STEART-UP CONDITION?				
	SLUGGING?				
	PRESURE SURGE?				
	VIBRATION?				
	CYCLIC CONDITIONS?				
	OPERATING AND MAINTENANCE PROCEDURE?				
5	ARE THE CASES ESTABLISHED FOR ANALYSIS THE "WORST" CASE?				
6	HAVE SPRINGS BEEN SPECIFIED USING CORRECT LOADS?				
	OPERATING LOAD?				
	PRESET LOAD?				
	DEFLECTION OF PIPE?				
	INSTALLED HEIGHT OF SPRING ASSEMBLY?				
7	ARE THE ALLOWABLE STRESSES IN ACCORDANCE WITH ANSI B31.3?				
8	HAS SETTLEMENT OR FROST HAVE BEEN CONSIDERED?				
9	HAS EARTHQUAKE BEEN CONSIDERED?				
10	HAS WIND BEEN CONSIDERED?				
11	HAS THE FOLLOWING EQUIPMENT INFORMATION BEEN CONSIDERED?				
	NOZZLE DISPLACEMENTS?				
	FIXED END/ SUPPORT POSITIONS?				
	ALLOWABLE LOADING INFORMATION AVAILABLE?				
12	HAS PIPE SUPPORT LOCATION ,TYPE AND LOADING BEEN SPECIFIED?				
13	HAS FRICTION BEEN CONSIDERED?				
14	HAS MAJOR SUPPORT LOADING INFORMATION BEEN TRANSMITTED TO THE CIVIL GROUP FOR INCLUSION IN THEIR DESIGN?				
15	HAVE ALL ASSUMPTIONS BEEN NOTED IN THE ANALYSIS?				
16	ARE MAXIMUM STRESSES AND SUPPORT SUPPORT REACTIONS EQUAL TO OR LESS THAN THE STATE ALLOWABLES?				
17	HAS ANY ADDITIONAL BRANCH REINFORCEMENT REQUIRED FOR THERMAL STRESS REDUTION BEEN SHOWN ON STRESS SKETCH AND STRESS COMMENT ISOMETRIC?				
18	HAS THE COMPLETED STRESS SKETCH AND/ OR STRESS COMMENT ISOMETRIC BEEN ISSUED TO THE PIPING DESIGNER OR ISOMETRIC CONTROLLER?				
19	HAS BRANCH REINFORCEMENT FOR PRESSURE DESIGN BEEN CHECKED AGAINST THE PIPING MATERIAL SPECIFICATION?				
20	OFF-PLOT INTERFACE WITH SUPPLIERS/ CLIENTS?				

SIGNED	DATE :

ภาคผนวก ค

ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ Plot Plan และ Key Plan

FM-PP-01

PIPING DESIGN CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION			Remark Ref. DWG.
		Y	N	N/A	
1	LOCATION CO-ORDINATES.				
2	CHECK CIVIL DIMENSIONS WITH PIPING				
3	CHECK EGUIPMENT LOCATION WITH CIVIL				
4	CHECK THE SPEC BRAKES HAVE BEEN CORRECTLY LOCATED.				
5	CHECK PLANT NORTH & TRUE NORTH ARROW				
6	CHECK THAT THE HAZARDOUS SERVICE AREA				
7	ENSURE CORRECT REFERANCE DRAWING				
8	CHECK VALVE LOCATION -HORIZ OR VERT, FLOW DIRECTION AND OPERATION.				
9	INSTRUMENT TAGGED AND CHECK AGAINST FOLWSHEET.				
10	CHECK BORDER INFORMATION ARE COMPLETE AND CORRECT.				
11	CHECK THE BAR SCALE AND SCALE ON DRAWING				
12	PIPE ROUTING WITH P&ID				
13	CHECK THATY ALL NOTE EFD REQUIRMENT HAVE BEEN ACTIONED.				
14	CHECK GROUND HIGH POINT GARDE, MSL ELEVATION				
15	FLOW INSTRUMRNT STRAIGHT LENGHTHS CHECKED.				
16	VENT, DRAIN, AND INST SUBASSEMBLIES CORRECT.				
17	CHECK AGAINST THE NO.OF BOLT AND DIMENSIONS OF STUB CORRECTLY.				
18	CHECK THE ORIFICE TAPPING ORIENTATION.				
19	CHECK TYPE OF HOT TAP VALVE HAVE TO INDICATED FULL BORE.				
20	FOR LARGE BORE LINE THAT GREATER THAN 24" HAS TO BE CHECKED CAREFULLY AND CORRECTLY (FLANGE TYPE A OR B, BOLT LENGTH)				
21	MINIMUM PIPE LENGTH FOR SLURRY LINE BETWEEN ELBOW SHALL BE 15 NOMINAL PIPE DIAMETERS.				
22	CHECK PIPE SUPPORT HAVE IDENTIFY DIMENSION AND REINFORCING PAD REQUIRMEMT.				
23	SLOPED PROCESS AND UTILITY LINE WITHIN PROCESS AREA UNIT SHALL BE MEDIUM SLOPE 1:500 WITH NO POCKET.				
24	CHECK VALVE WELD FOR PUP PIRCE DIMENSION				
25	CHECK PUMP PIPING ARRANGEMENT HORIZONTAL ECCENTRIC REDUCER TOP FLAT ONLY.				
26	CHECK THAT PERMANENT STRAINER BASKET WITHDRAWAL AREA HAS BEEN ALLOWED FOR.				

SIGNED	DATE :

ภาคผนวก ง

ใบตรวจสอบการตรวจสอบแบบ Isometric Drawing

FM-ISO-03

PIPING ISOMETRIC DWG CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION Y	ACTION N	ACTION N/A	Remark Ref. DWG.
1	BORDER INFORMATION COMPLETE AND CORRECT.				
2	P&ID YELLOWED OFF BY CHECKER.				
3	PIPE SPECIALITIES TAGS, SIZE, RATING				
4	SP ITEMS TAGGED AND CHECKED.				
5	CHECK VALVE LOCATION-HORIZ OR VERT, FLOW DIRECTION AND OPERATION				
6	LOCATION CO-ORDINATES.				
7	FLOW ARROW IS SHOWN.				
8	INSTRUMENTS TAGGED AND CHECKED AGAINST FLOWSHEET.				
9	FLOW INSTRUMENT STRAIGHT LENGTHS CHECKED.				
10	VENT, DRAIN AND INST SUBASSEMBLIES CORRECT.				
11	ALL PIPE SUPPORTS IDENTIFIED & DIMENSIONED.				
12	SPECIAL PIPE SUPPORTS CHECKED.				
13	DEFINE ALL HOLDS.				
14	ENSURE THAT REVISION LETTER AND DESCRIPTION OF REVISION HAS BEEN INDICATED.				
15	ENSURE CORRECT REFERNCE DRAWING HAVE BEEN INDICATED.				
16	CHECK THAT CONTINUATION INFORMATION IS CORRECT INCLUDING;LINE NO. & SHEET NO.				
17	CHECK THAT BRANCH REINFORCEMENT HAS BEEN CALLED UP ON THE ISOMETRIC WHERE THE CLASS DICTATES.				
18	CHECK THE ISOMETRIC AGAINST THE FLOWSHEET WITH RESPECT TO;PIPE SIZE, LINE NUMBER, PIPING MATERIAL SPECIFICATION , SLOPE WHERE REQUIRED, NO POCKETS, SYMMETRICAL PIPING WHERE REQUIRED , TWO PHASE FLOW WHERE REQUIRED ETC.				
19	CHECK THAT ALL NOTES HAVE BEEN ACTIONED.				
20	CHECK THAT SPEC BREAKS HAVE BEEN CORRECTLY LOCATED.				
21	CHECK PRESSURES & TEMPERATUREE AGAINST LINE SPECIFICATION LIST.				
22	ENSURE CORRECT INSULATION TYPE AND THICKNESS HAS BEEN INDICATED, CHECK INSULATION TYPE BRAKES HAVE BEEN CORRECTLY LOCATED.				
23	FOR PERSONEL PROTECTION INSULATION, THE LINE LOCATION THAT NEED TO BE INSULATED IS INDICATED CORRECTLY.				
24	CHECK VALVE TAG NUMBERS AGAINST PIPING MATERIAL SPECIFICATION.				
25	CHECK THAT THE HAZADOUS SERVICE VALVE HAS BEEN SELECTED WHERE INDICATED ON THE PEF.				
26	CHECK THAT OUT OF SPEC COMPONENTS HAVE BEEN ADEQUATELY TAGGED.				
27	CONTROL VALVE FLANGE SIZE, RATING, FACE-FACE DIMENSION AND VALVE ACTUATOR IS CORRECT OR ELSE INDICATE HOLD IF INFORMATION IS NOT AVAILABLE, CHECK AREA FOR OPERATION AND MAINTENANCE.				
28	NORTH ARROW				
29	LINE SIZE				
30	CHECK EQUIPMENT INCLUDING NOZZLE FLANGE RATINGS,EQUIPMENT ITEM NUMBERS, CENTRE LINE COORDINATES, NOZZLE ELEVATIONS AND NOZZLE STANDOUTS.				
31	CONTINUATION REFERANCE				
32	CHECK THAT SUFFICIENT CLEARANCE FOR DRAIN VALVES ABOVE GRADE/ PLATFORMS HAVE BEEN ALLOWED.				
33	CHECK THAT PERMANENT STRAINER BASKET WITHDRAWAL AREA HAS BEEN ALLOWED FOR.				
34	PIPE ELEVATIONS				
35	CHECK DEGREE OF INCLINED VALVE HANDWHEEL HAS TO BE CHECKED AGAINST THE NO.OF BOLT CORRECTLY.				
36	CHECK MTO AGAINST P&ID AND PIPING MATERIAL SPECIFICATION CORRECTLY.				
37	FOR LARGE BORE LINE THAT GREATER THAN 24" HAS TO BE CHECKED CAREFULLY AND CORRECTLY.(EX FLANGE TYPE, BOLT LENGTH, SHORT PIPE, ETC.				
38	CHECK DESIGN PRESSURE/TEMP. TEST PRESSURE, TEST MEDIUM, STRESS ANALYSED, NDT REQUIREMENTS				
39	CHECK THAT WELD SYMBOLS FOR SW, FW,AND FFW HAVE BEEN INDICATED CORRECTLY.				

CHECKERS INITIALS	DATE :

PIPE STRESS CHECK	
1. NOT APPROVED SEE COMMENT	
2.APPROVED SUBJECT TO COMMENTS BEING INCORPORATED	
3.APPROVED	
METHOD OF ANALYSIS	
V.VISUAL	
A.CHART/APPROXIMATE	
C.COMPUTER	

SIGNED	DATE :

ภาคผนวก จ

ใบตรวจสอบการตรวจสอบ MTO (Materials take off)

FM-MTO-05

PIPING MTO CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION			Remark Ref. DWG.
		Y	N	N/A	
1	MTO QUESTIONAIR				
2	TRUNNION MATERIAL				
3	STEAM TRACING MATERIAL				
4	SPECIAL PIPING ITEMS ARE INCLUDED.				
5	PEFS'S (PROCESS & UTILITIES) :-CHECK THAT ALL PEFS'S HAVE BEEN TAKEN OFF AND HIGHLIGHTED, AND MATERIAL ALLOCATED.CLEARLY LIST EXCEPTIONS AS AN ATTACHMENT TO THIS CHECKLIST.				
6	LINE LIST PER PEFS.				
7	CHECK PIPE LENGTH & ELBOW AGAINST LAYOUT STUDIES / MODEL / ISOMETRICS.				
8	TEST VENT & DRAIN				
9	SAMPLE CONNECTION				
10	VESSEL TRIM				
11	CORRECT VALVE SYMBOL				
12	SIZE, CONNECTION 7 RATING OF EQUIPMENT NOZZLES				
13	SIZE, CONNECTION 7 RATING OF INSTRUMENTS.				
14	CONNECTION TO U/G PIPE WORK / INSULATION GASKET.				
15	JACKET PIPE				
16	HOT TRAP REQUIRMENTS				
17	BREAK FLANGE (I.E. LINED PIPE)				
18	CHAIN WHEEL VALVE				
19	GEAR OPERATE VALVE				
20	CORRECT SCHEDULE OF BW VALVE				
21	BOLTING FOR LINED PIPING				
22	BOLTING FOR WAFER TYPE VALVES				
23	EXTENSION BOLT				
24	DOUBLE CHECK FOR LARGE BORE LINES AND SPECIAL MATERIAL.				
25	PAD REQUIRMENT				

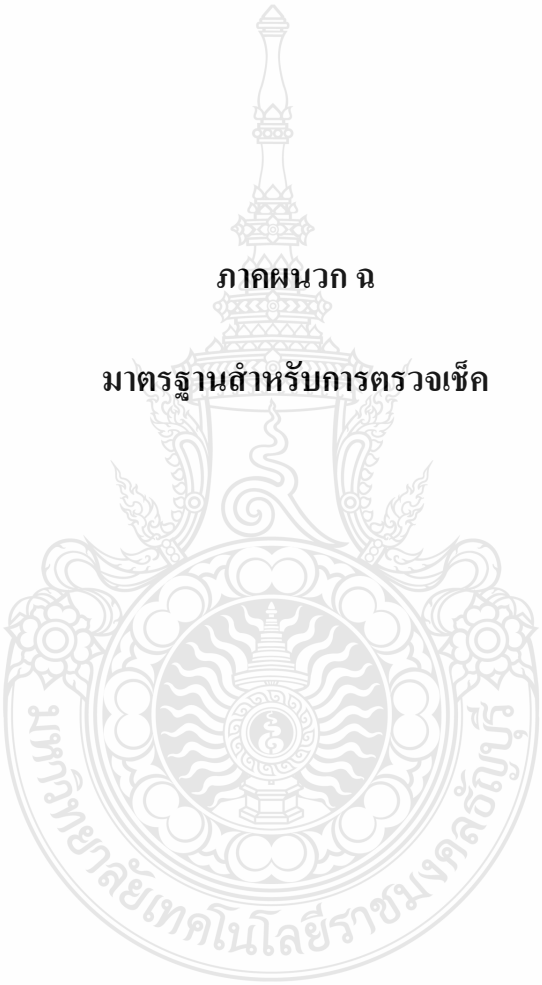
CHECKERS INITIALS	DATE :

PIPE STRESS CHECK

PAD REQUIRMENT	
TRUNNION MATERIAL	
METHOD OF ANALYSIS	
N/A	
SIGNED	DATE :

ภาคผนวก ฉ

มาตรฐานสำหรับการตรวจเช็ค



มาตรฐานการใช้สีในแผนกวิศวกรรมออกแบบท่อ

การเตือนความจำ

การตัดสินใจ
SDC/IDC
ความคิดเห็น
ผู้ตรวจสอบ

- ความคิดเห็นควรมีการพูดคุยไม่ละเลยและยอมรับความคิดเห็นจากผู้เริ่มควรมีการกำกับความคิดเห็น จากผู้เริ่มควรมีการกำกับความคิดเห็น
- จุดหรือความคิดใดที่ส่งถึงวิศวกรโครงการถ้าไม่ยอมรับจุดนั้นควรมีการพูดคุยเพื่อไกล่เกลี่ย
- ก่อนที่จะมีการเซ็นลงชื่อกำกับควรมีการตรวจสอบก่อนที่จะส่งให้วิศวกรโครงการทุกครั้ง เกี่ยวกับ SDC/IDC/MASTER ของการทำไฮไลท์ในความคิดเห็นที่เกี่ยวข้อง กับความคิดเห็นของส่วนอื่นด้วยเช่นกัน

การใช้สีในการตรวจเช็ค

DELETE	- ไฮไลท์สีฟ้าใช้เน้นในส่วนที่ต้องการตัดทิ้ง (ต้องแน่ใจว่าเน้นตรงจุดนั้นแล้ว) - ใช้สำหรับส่วนที่ต้องการลบออกหรือตัดทิ้งไป
INFORMATION	- ไฮไลท์ หรือปากกาสีเขียวใช้เมื่อมีความคิดเห็นเพิ่มเติมจากส่วนอื่น - ใช้เมื่อบางส่วนที่ไฮไลท์ผิดหรือต้องการยกเลิก หรือเมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลจากฝ่ายอื่น
ADDITION	- ไฮไลท์สีแดงหรือปากกาสีแดงใช้เมื่อต้องการวาดภาพปรับปรุง การเพิ่มเติม - ใช้เมื่อต้องการเพิ่มรายละเอียดใหม่ ข้อความ รูปภาพ CLOUD
CHECK	- ไฮไลท์สีเหลืองงวนใช้ในการตรวจสอบหรือการเช็คความถูกต้อง โดยไม่มีการแก้ไขใดๆเกิดขึ้นตรงจุดนั้น

- การไฮไลท์จะใช้กับมาสเตอร์ แบบเช็คปริ้นซ์ ของแบบงานเท่านั้น
- ควรมีการเซ็นชื่อ และวันที่กำกับในแบบงานนั้น
- การเขียนความคิดเห็น การแสดงข้อมูล ทุกๆข้อความต้องถูกต้อง และควรเขียนอย่างชัดเจน
- เมื่อมีการเขียนอธิบายประกอบควรตรวจสอบคำอธิบายว่าเหมาะสมไหม
- หมายเหตุ : ก่อนส่งงานถึงผู้ออกแบบต้องมีการตรวจสอบ ดังนี้
  -- การอัฟเดตข้อมูลล่าสุด
  -- วัตถุประสงค์ของการพิมพ์เช็คปริ้นซ์ ชัดเจนสำหรับการส่งงาน
  -- ขนาดของแบบงาน
  -- การพิมพ์ พิมพ์สี หรือ ขาวดำ

SIGNED	DATE :

ภาคผนวก ช

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

นวัตกรรมอุตสาหกรรมไทยก้าวไกลสู่ประชาคมโลก
PROCEEDINGS
IE Network 2016
Conference
Local Industrial Innovations
for Global Community
July 7-8, 2016
Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand

สาขาวิชาในการประชุม

- Operations Research
- Production and Operation Management
- Work Study, Plant Layout, Ergonomic, Safety Management
- Quality Engineering
- Energy Management
- Green and Sustainability in Industrial Engineering
- Materials and Manufacturing Engineering
- Supply Chain and Logistics
- Innovation Management, Industrial Technology Transfer
- Engineering Management
- Maintenance and Reliability Engineering
- Others Related to Industrial Engineering and Innovation

คณะกรรมการดำเนินงาน

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย	อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์	รองคณบดีฝ่ายวิจัย บัณฑิตศึกษา และอุตสาหกรรมสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน พีรพัฒนา	หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คมสฤช ปิติฤกษ์	รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร. อภิชาติ บุญมา	รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กรรมการ

ศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย ปทุมนากุล	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ ขอชจายเกียรติ	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เศรษฐนันท์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. ชาญณรงค์ สายแก้ว	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. ศิขรินทร์ สุขโต	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขอังคณา แถลงกัณฑ์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาพจน์ เจริญอภิบาล	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัฒน์ เหล่านภากุล	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ หอมดี	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ปนิพัคน์ สุรียธนาภาส	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ศิรวดี อรัญนารถ	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ฐนวรรธน์ นิยะโมสถ	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ อ.พีระพงศ์ ท้าวเพชร	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ อ.ทวี นาครัชตะอมร	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กรรมการและเลขานุการ

อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์	โปรแกรมวิชาช่างกลโรงงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางกรรณิการ์ เรืองศรีวิรัตน์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นางสาวธิตารัตน์ บุตรราช	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นางสาวณัฏฐา ศักดิ์ศิลาพร	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ศิริสุภานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนัญญา วสุศรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี เปรมานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ เจริญวิไลศิริ
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี เปรมานนท์
อาจารย์ สุทธิพงษ์ โสภา

รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ แก้วดาทิพย์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ ชุติมา
รองศาสตราจารย์ สันติรัฐ นันสะอาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยนุชา วัฒนาภา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล มณฑาทิพย์กุล
อาจารย์ ดร.ปรัชญา เพียสุระ
อาจารย์ แบ็งค์ งามอรุณโชติ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ก้องกิติ พูลวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานดานันทะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุพิทักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรธิภา องค์คุณารักษ์
อาจารย์ ดร.วรวุฒิ หวังวัชรกุล
อาจารย์ ดร.ไอลดา ดีรัตน์ตระกูล
อาจารย์ ดร.ศักดิ์ดา คำจันทร์
อาจารย์ ดร.พัชรา ศรีพระบุ
อาจารย์ ดร.วรญา เนื่องมัจฉา
อาจารย์ ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ

รองศาสตราจารย์.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑา พิชิตสำเนียญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน
อาจารย์ ดร.พัชรี โตแก้ว ทองรัตนะ
อาจารย์ ดร.เชฏฐา ชำนาญหล่อ
อาจารย์ ดร.วิเรขา คำจันทร์
อาจารย์ ดร.ชาตินักรบ แสงสว่าง
อาจารย์ สุวิวัฒน์ สืบสานกุล
อาจารย์ ปริญญา พัฒนวสันต์พร

มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.ชะอรสิน สุขศิริวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย นาทะพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บันลือ เอมะรุจิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รณชัย ศิโรเวฐนกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัญ ราษฎร์ศิริ

รองศาสตราจารย์ ดร.สัมชาย ปฐมศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงยศ สุกีกิดย์
อาจารย์ ดร.จิรพรรณ เลี่ยงโรคาพาธ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร เก่งพล
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บันเทิงจิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยชัช เผือกสามัญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์

รองศาสตราจารย์ รัตนา ยัดภูมิสุวรรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนารี สุขเสิกสรร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิพิธนนท์ พูลสวัสดิ์
อาจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สินไชยธรรม

มหาวิทยาลัยบูรพา

รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทร์ทา นาควชิรตระกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ
อาจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสิา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชาต โสภาแดง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย อัครทินวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งฉัตร ชมภูยินไหว

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนนาถ กฤตวรกาญจน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพยาวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ เสรีรัตน์

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.เสมอจิตร หอมรสสุคนธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันศักย์ ธรรมนิวิฐ์
รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์ ภาระราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ ตันติไพบูลย์วุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย
อาจารย์ ดร.พิศิษฏ์ จารุมณีโรจน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร
อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์
อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สิวาสดี์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทร์เพ็ญ ยนุรัตนานนท์
อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล
รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
อาจารย์ สุริยา จิรสถิตสิน
รองศาสตราจารย์ วนิดา รัตนมณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สงวน ตั้งโพธิธรรม
อาจารย์ ภาคภูมิ ธีรสันติกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ ศิริสุรภานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล มณฑาพิพย์กุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปภัศร ชัยวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร. ธนัญญา วสุศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำพล การุณสุนทรวงษ์
อาจารย์ ดร.วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร. กวิน สินธิเพิ่มพูน
อาจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
อาจารย์ วิสาข์ เจ่าสกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิบบิดิ สืนธุเขาวน์
อาจารย์ ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์
อาจารย์ ดร.พิษณุ มนัสปิติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สินี สุขกรมโส มอเย่อร์
อาจารย์ ศิลปชัย วัฒนเสย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ วรรณศรี
อาจารย์ ดร.อธิวัฒน์ บุญมี
อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ
ว่าที่ร้อยตรีจตุพล ตะออ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิลวรรณ จุ่มฤทธิ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.โรจนี หยมชาลี

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
อาจารย์อรอุมา กอสินาน

มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ชาณิตา พิทยานนท์

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย รัตนวงษ์
อาจารย์ ดร.ธรณินทร์ สัจจวิริยทรัพย์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.ทศพร แจ่มใส
อาจารย์ปิยะณัฐ โคย่อน

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
อาจารย์อำนาจ อมฤก

มหาวิทยาลัยทักษิณ
อาจารย์ ดร.กฤษฎา พัชรสิทธิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวดล กัญญาคำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.ชีรินทร์ คงพันธุ์
อาจารย์ สถิตเทพ สังข์ทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จักรนรินทร์ ฉัตรทอง
อาจารย์ สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ พงษ์ศักดิ์ เกิดถาวี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย จันทร์มณี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถาพร จันทวี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จักรนรินทร์ อัดรทอง

บริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด
ดร.ปรีชา พันธุมสินชัย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย ปทุมนากุล
รองศาสตราจารย์ ดร.สมจิตร อาจอินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร. ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร. ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนา ราษฎร์ภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขอังคณา แดงกนัยท์
อาจารย์ ดร. สมศักดิ์ หอมดี
อาจารย์ ดร. ยภิชาติ บุญมา
อาจารย์ ดร.ปนิทัศน์ สุวียธนาภาส
อาจารย์ ดร.ศิรวดี อรัญนารถ
อาจารย์ โกวิทย์ พลหาญ
รองศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ ขอขจายเกียรติ
รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เศรษฐนันท์
รองศาสตราจารย์ ดร. ศิรินทร์ สุขโต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปณิชาน พีรพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาพจน์ เจริญอภิบาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คมกฤช ปิติฤกษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรวัฒน์ เหล่านภากุล
อาจารย์ ดร.ฐนวรรธน์ นิยะโมสถ
อาจารย์ ดร.อาทิตย์ อภิโชติธนกุล
อาจารย์ พวี นาครัชตะยมร

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2559
(IE Network Conference 2016)
ระหว่างวันที่ 6-8 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 ณ โรงแรมโลซะ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

วันพุธที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

15.00 น.	18.00 น.	ลงทะเบียน
15.30 น.	17.00 น.	ประชุมสำมัญหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
18.00 น.	20.00 น.	งานเลี้ยงต้อนรับ (Welcome Party)
10:45 น.	11:00 น.	*รับประทานอาหารว่าง*

วันพฤหัสบดีที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

08.00 น.	09.00 น.	ลงทะเบียน
09.00 น.	09.45 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559 - กล่าวต้อนรับ และรายงานการจัดประชุมวิชาการฯ โดย ผศ.ดร.ปณิธาน พืชพัฒน์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ - กล่าวเปิดการประชุมวิชาการฯ โดย ศ.ดร.ยกิรัฐ ศิริธราธิวัช คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
09.45 น.	10.45 น.	การบรรยายพิเศษ โดย คุณวนัส แต้ไพโรจน์ ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)
10.45 น.	11.00 น.	*รับประทานอาหารว่าง*
11.00 น.	12.00 น.	การบรรยายพิเศษ โดย คุณโสภณ สุขสิงห์ ผู้ช่วยกรรมการผู้อำนวยการใหญ่ บริษัท ไทยเบฟเวอเรจ จำกัด (มหาชน)
12.00 น.	13.00 น.	*รับประทานอาหารกลางวัน*

Parallel Session 1

Room		ห้องกรีนA	ห้องกรีนB	มรกฎพลา	มรกฎบัวทิพย์	มรกฎแก้ว	มรกฎใส	มรกฎทอง	มรกฎนาก
Topic		Materials and Manufacturing Engineering	Materials and Manufacturing Engineering	Operations Research	Quality Engineering	Work Study, Plant Layout, Ergonomics, Safety Management	Supply Chain and Logistics	Engineering Management	Engineering Management + Other Related
13:00 น.	13:15 น.	15	165	14	18	6	9	8	4
13:15 น.	13:30 น.	16	173	53	43	57	11	25	157
13:30 น.	13:45 น.	22	178	83	45	72	63	70	168
13:45 น.	14:00 น.	24	182	85	48	75	97	95	210
14:00 น.	14:15 น.	26	192	87	105	234	130	101	235
14:15 น.	14:30 น.	28	207	127	107	324	246	245	372
14:30 น.	14:45 น.	96	212	206	155	430	302	407	64
14:45 น.	15:00 น.	374	298	422	348	439	404	425	412
15:00 น.	15:15 น.	*รับประทานอาหารว่าง*							

สารบัญ

Topic:	Supply Chain and Logistics (ต่อ)	หน้า
ID_441	การคัดเลือกผู้จัดส่งวัตถุดิบโดยใช้วิธีการ TOPSIS ร่วมกับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้วยวิธี ROC กรณีศึกษาอุตสาหกรรมร้านอาหาร	1651
ID_453	การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งและการปรับปรุงรูปแบบการกระจายสินค้า	1661
Topic:	**Innovation Management, Industrial Technology Transfer**	
ID_247	การสร้างสรรค์องค์กรนวัตกรรมในภาคอุตสาหกรรมการผลิต	1668
ID_349	การพัฒนานวัตกรรมเครื่องฟอกย้อมเส้นด้ายและผ้าผืนแบบแขวนอัตโนมัติ	1673
Topic:	**Engineering Management**	
ID_008	รูปแบบการลดต้นทุนสำหรับการให้บริการสอบเทียบอุปกรณ์ทางการแพทย์	1683
ID_025	ความต้องการและความพึงพอใจในการบริการของโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา	1689
ID_064	การพยากรณ์ความต้องการสารเคมีของโรงงานผลิตน้ำบางเขน	1696
ID_070	การประยุกต์หลักการการบริหารการเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับเปลี่ยนระบบบริหารคุณภาพ	1701
ID_095	การพยากรณ์ความต้องการของผลิตภัณฑ์นมผงสำเร็จรูปเพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง	1708
ID_101	การลดอัตราผิดพลาดในการออกแบบท่อส่งก๊าซโดยเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ กรณีศึกษา	1714
ID_103	การประยุกต์ใช้ AHP ในการค้นหาปัจจัยเพื่อใช้การคัดเลือกผู้ออกแบบ (Designer) งานคอนโดมิเนียม	1720
ID_106	การพัฒนาระบบวัดผลการดำเนินงานที่สำคัญของคณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	1726
ID_111	การลดความสูญเปล่าของกระบวนการดำเนินงานในกลุ่มธุรกิจอสังหาริมทรัพย์	1732
ID_196	การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนผลิตน้ำลูกยอ กรณีศึกษา กลุ่มแม่บ้านในจังหวัดนครราชสีมา	1741
ID_205	การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อลดอัตราสายหลุดของการให้บริการโทรศัพท์มือถือโครงข่าย 3G ในพื้นที่บริเวณด่านพรมแดนด่านศุลกากรแม่สาย	1749
ID_245	การออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับจัดเตรียมทรัพยากรในการจัดการภัยพิบัติ กรณีศึกษา อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์	1755
ID_249	ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรถฟอร์คลิฟท์ บริษัท ทีพีเค ฟอร์คลิฟท์ จำกัด	1761
ID_263	ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเรียนรู้โปรแกรมแมเบิ้ลโลจิกคอนโทรลเลอร์โดยโปรแกรม CLIPS	1768
ID_280	การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนการสั่งซื้อหลังคาเหล็กที่เหมาะสม	1778
ID_301	การศึกษาความเป็นไปได้ในโครงการลงทุนน้ำดื่ม กรณีศึกษา มจพ.ปราจีนบุรี	1784
ID_350	การเลือกทำเลที่ตั้งห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น	1793
ID_393	การพยากรณ์ความต้องการผลิตภัณฑ์ในคลังเลือด กรณีศึกษา โรงพยาบาลประจำอำเภอจังหวัดอุบลราชธานี	1799
ID_397	การวิเคราะห์ระดับความก้าวหน้าของการดำเนินงานแบบลีน	1805
ID_407	การปรับปรุงกระบวนการตัดส่วนทางของเฟล็กเซอร์ของแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	1813
ID_412	การเลือกเทคโนโลยีของระบบอัตโนมัติสำหรับการเพิ่มผลิตภาพ ในกระบวนการทำความสะอาดโรงเรือนเลี้ยงไก่	1817

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทร. 08-5025-8979

วันที่ 2 มิถุนายน 2559

เรื่อง ผลการพิจารณาบทความฉบับสมบูรณ์
เรียน เจ้าของบทความหมายเลข 101

ตามที่ ท่านได้ส่งบทความวิชาการเข้าร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559 (IE Network Conference 2016) ระหว่างวันที่ 7-8 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมโฆษะ ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ในการนี้ทางคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการ IE Network 2016 ขอแจ้งผลการพิจารณาบทความฉบับสมบูรณ์ ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการของท่าน ดังนี้

หมายเลข	ชื่อเรื่อง	ผู้เขียนบทความ	ผลการพิจารณา
101	Failure Rate Reduction in Gas Piping Design by Failure Mode Effect Analysis Technique: A Case Study	Supaporn Sankul and Rapee Kanchana	ตอบรับให้ตีพิมพ์และนำเสนอบทความ

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน พีรพัฒนา)
ประธานข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559

การลดอัตราผิดพลาดในการออกแบบท่อส่งก๊าซโดย เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ: กรณีศึกษา

Failure Rate Reduction in Gas Piping Design by Failure Mode Effect Analysis Technique: A Case Study

สุภาพร แสนกุล[1*] และ ระพี กาญจนะ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: supaporn_mam@hotmail.com*

Supaporn Sankul[1*] and Rapee Kanchana[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
E-mail: supaporn_mam@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำแนกประเภทข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อส่งก๊าซและทำการลดอัตราผิดพลาดในการดำเนินงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis: FMEA) เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพงานวิจัยนี้เลือกศึกษากระบวนการออกแบบท่อเพราะเป็นขั้นตอนเริ่มต้น หากการออกแบบผิดพลาดจะส่งกระทบต่อทุกขั้นตอนงานที่เกี่ยวข้องต่อไป อาจจะให้งานล่าช้าหรือเกิดความเสียหาย ขั้นตอนการทำงานเริ่มด้วยทีมผู้เชี่ยวชาญระดมสมองร่วมกันเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการออกแบบท่อที่ก่อให้เกิดความไม่พอใจตอบกลับ (Comment) จากลูกค้าในด้านคุณภาพของการออกแบบท่อ และระดมสมองศึกษาความสัมพันธ์ของปัญหาข้อผิดพลาด จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดต่างๆ ประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) โดยประเมินจากระดับของความรุนแรง โอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับของข้อผิดพลาดในแต่ละประเภท ในเบื้องต้นข้อผิดพลาดที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มากกว่า 100 มี 6 ข้อผิดพลาด โดยที่มี 5 ประเภทของข้อผิดพลาดมีค่ามากกว่า 200 ซึ่งถือว่าข้อผิดพลาดที่วิกฤต (Critical) จึงถูกนำนำมาพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อหาแนวทางป้องกันและการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ why-why analysis วิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหา จัดทำใบตรวจสอบเข้ามาควบคุมการตรวจสอบการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนและจัดทำมาตรฐานในการตรวจสอบ จากผลการปรับปรุงวิธีการดำเนินงานและติดตามผลพบว่าอัตราผิดพลาดในการออกแบบท่อหลังการปรับปรุงลดลงจากเดิมร้อยละ 14.08เป็นร้อยละ 3.58 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กรที่กำหนดอัตราการลดข้อผิดพลาดไว้ที่ร้อยละ 5 ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 0.75 เป็น 1.17

คำหลัก การลดข้อผิดพลาด การออกแบบท่อเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

Abstract

This research aims to study and identify the failure types occurring in each step of gas piping design

processand also to reduce the failure rate with the application of failure mode effect analysis (FMEA)techniquein order to be effective operation. The piping design process is chosen to study since it is the first process and very critical with high impact to the other following processes which would cause project delay and damage. The research methodologiesbegin with brainstorming by the expert team to identify the problems occurring in piping design process which unsatisfied the customers particularly in terms of design quality and to find the relationship of each problem. The failure mode effect analysis (FMEA) technique is then applied to analyze and evaluate the risk priority number (RPN) of each failureoccurringby multiplying the three significance value of severity, probability and detection.Initially, there are six failure types with RPN score over 100. However, the only five failure types with the RPN score over 200 are considered as critical failure and must be resolved. The why-why analysisis used to analyze the root cause of each critical failure and the check sheet is consequentlyconstructed for operation control and inevery sectionof work. Then the inspection standard is also established and implemented. After implementation, the results show that failure rate in piping design process decreased from 14.08% to 3.58% which achieved the company target at 5%. Furthermore, the operation efficiency increased from 0.75 to 1.17.

Keywords:failure reduction, piping design, failure mode effect analysis (FMEA)

1. บทนำ

ปัจจุบันในธุรกิจท่อส่งก๊าซมีการแข่งขันด้านการบริหารโครงการค่อนข้างสูงผลมาจากราคาน้ำมันที่ผันผวนทั้งคู่แข่งเก่าและผู้ประกอบการรายใหม่ การบริหารโครงการจึงต้องอาศัยการควบคุมคุณภาพของงาน เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ บริษัทตัวอย่างประกอบธุรกิจด้านท่อส่งก๊าซ บริหารโครงการที่มีมูลค่างานมากกว่า 100 ล้านบาทการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์เครื่องจักร การรับเหมาก่อสร้าง ระบบสาธารณูปโภค รวมถึงงานวิศวกรรมด้านการออกแบบ ในปัจจุบันบริษัทประสบปัญหาการแก้ไขงานการทำงานซ้ำ (Rework)ค่อนข้างบ่อย ส่งผลถึงค่าใช้จ่าย ระยะเวลาส่งมอบงานล่าช้า เนื่องจากอัตราข้อผิดพลาดในการออกแบบงานท่อซึ่งเป็นงานที่ต้องเริ่มต้นก่อนงานในส่วนอื่นของโครงการ ข้อผิดพลาดของการออกแบบอันเนื่องมาจากประสบการณ์ความเชี่ยวชาญ ระบบขั้นตอนของงานด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อเพิ่มคุณภาพในการแข่งขันด้านการออกแบบโดยอาศัยเครื่องมือด้านคุณภาพทางการบริหารด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จึงเป็นสิ่งจำเป็นในวิศวกรรมการออกแบบโครงการท่อส่งก๊าซในปัจจุบัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบท่อส่งก๊าซ

การบริหารโครงการท่อส่งก๊าซ จะเริ่มต้นจากความความต้องการลูกค้าตามเส้นทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนำมาสู่การออกแบบแนวเส้นทางของท่อ ระหว่างทางมีสถานีเพื่อลดความดันท่อจะออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือวัด การออกแบบแนวท่อขนาดวัสดุและข้อจำกัดต่างๆ โดยคำนึงถึงด้านความปลอดภัยตามความต้องการลูกค้าที่กำหนดข้างต้นจึงจะสามารถส่งมอบงานโครงการและก่อสร้างตามแบบ

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis: FMEA) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขปรับปรุง จากการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) โดยการพิจารณาประเมินค่าความรุนแรงของปัญหา (Severity)

โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดหรือปัญหา(Occurrence) และความสามารถในการตรวจพบสาเหตุของปัญหา (Detection) มีการกำหนดคะแนนหาค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN)เพื่อจัดลำดับความสำคัญนำไปแก้ไขปรับปรุง โดยการคำนวนจากสมการที่ 1

$$RPN = S\ x\ O\ x\ D \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ RPN คือตัวเลขแสดงลำดับค่าความเสี่ยง
S คือ คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ (Severity)
O คือ คะแนนโอกาสในการเกิด (Occurrence)
D คือ การตรวจจับ (Detection)

จำนวนเต็มสำหรับการให้คะแนนตั้งแต่ 1-10 การแสดงตัวเลขเพื่อลำดับความสำคัญของข้อผิดพลาดโดยเกณฑ์จะพิจารณาค่า RPN ≥100[1], [2]

2.3 การวิเคราะห์ Why-Why Analysis

Why-Why Analysisเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปัจจัยต้นเหตุที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ อธิบายวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุของต้นตอ อย่างงานวิจัยการลดข้อบกพร่องการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋องนำเทคนิค Why-WhyAnalysis หาแนวทางแก้ไขปัญหาปรับปรุงกระบวนการเพื่อข้อบกพร่องและสามารถระดับการเกิดข้อบกพร่องลง 9.12 เปอร์เซ็นต์ [3]

2.4 การวัดประสิทธิภาพหลังการปรับปรุง

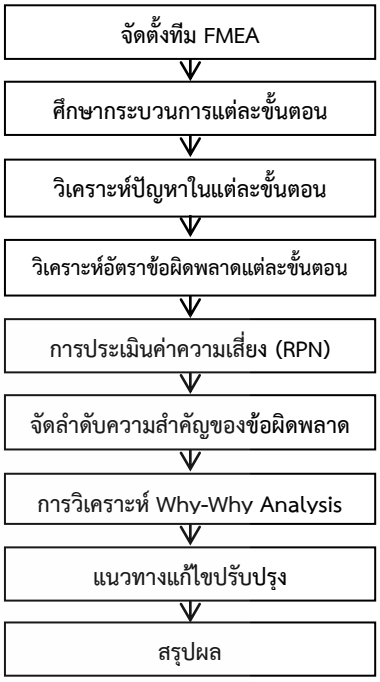
การวัดประสิทธิภาพเป็นตัวบงชี้ถึงคุณภาพของการออกแบบทางวิศวกรรม การออกแบบคิดเทียบเป็นชั่วโมงที่วางแผนไว้ต่อชั่งโมงการทำงานจริงดังสมการที่ 2

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานที่วางแผนไว้}}{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานจริง}} \quad (2)$$

ค่าประสิทธิภาพการออกแบบจะดูว่ามีค่ามากกว่า 1.0 หรือน้อยกว่า 1.0 ถ้ามีข้อผิดพลาดที่ต้องแก้ไข ส่งผลให้เวลาการทำงานจริงมากกว่าเวลาที่วางแผน ประสิทธิภาพในการออกแบบต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 เสมอ[4]

3. การดำเนินการวิจัย

การออกแบบท่อเพื่อลดข้อผิดพลาดในวิศวกรรมการออกแบบโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1



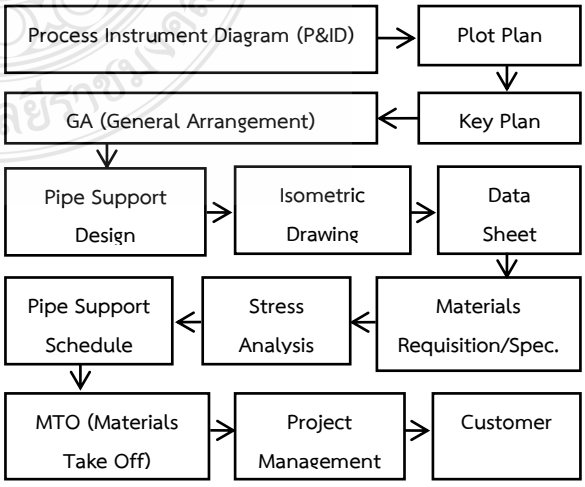
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 จัดตั้งทีมและอบรมเทคนิค FMEA

การดำเนินการจัดตั้งทีมเพื่อระดมสมอง [5] ในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของการออกแบบท่อแต่ละขั้นตอน ประกอบด้วย หัวหน้าทีม FMEA ที่ปรึกษาและสมาชิก 3 คน รวมทั้งหมด 5 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญและประสบการณ์ในวิศวกรรมการออกแบบ

3.2 ศึกษากระบวนแต่ละขั้นตอน

ดำเนินการศึกษาขั้นตอนกระบวนการอกแบบท่อโดยผู้มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบท่อ

3.3 การวิเคราะห์ปัญหาในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อ

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดโดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญในทีมวิเคราะห์ปัญหาในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีทั้งหมด 27 ข้อผิดพลาด ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อผิดพลาดการออกแบบในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	ลักษณะข้อผิดพลาด
Plot Plan	PP1: กำหนดค่า Coordinate ผิด PP2: บอกตำแหน่งอุปกรณ์ผิด PP3: บอกชื่ออุปกรณ์เครื่องมือวัดผิด
Key Plan	KP4: กำหนดขอบเขตของแบบผิด
GA (General Arrangement)	GA5: บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับแบบโยธา GA6: วางอุปกรณ์ไม่ตรงตามแบบ 3มิติ GA7: พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ GA8: ขนาดของอุปกรณ์ผิดไม่ตรงตามมาตรฐาน GA9: วางตัวรองรับตรงกับแนวเชื่อมของท่อ GA10: ระดับของการซ่อมบำรุงสูงเกิดกว่าการเข้าถึง
Pipe Support	PS11: เลือกตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ PS12: บอกขนาดของตัวรองรับผิด
Isometric Drawing	ISO13: การออกแบบระดับไม่ปรับปรุงเวอร์ชั่นตามโปรแกรม3มิติ ISO14: บอกขนาดระดับความสูงของท่อและอุปกรณ์ผิด ISO15: บอกทิศทางของก้านวาล์วผิด ISO16: บอกจำนวนขนาดวัสดุไม่ตรงตามแบบ
Materials/ Specification	MS17: บอกรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ผิด MS18: บอก Thickness ของท่อผิด
Data Sheet	DS19: จำนวนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือวัดผิด DS20: กำหนดทิศทางมือหมุนวาล์วผิด
Stress Analysis	SA21: ออกแบบตัวรองรับไม่เหมาะสมกับขนาดท่อ SA22: ออกแบบตัวรองรับไม่ตรงกับแบบท่ออุปกรณ์
Pipe Support Schedule	PSS23: ระยะของตัวรองรับท่อผิด PSS24: บอกชนิดของตัวรองรับผิด PSS25: บอกรายละเอียดของตัวรองรับไม่ตรงตามมาตรฐาน
Materials Take Off	MTO26: บอกจำนวนวัสดุผิดจากจำนวนจริง MTO27: บอกรายละเอียดของวัสดุผิด

3.4 วิเคราะห์อัตราข้อผิดพลาดแต่ละขั้นตอน

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดแต่ละขั้นตอน จากนั้นเก็บข้อมูลจากข้อผิดพลาดจากเอกสารที่ตอบกลับจากลูกค้าคิดเป็นอัตราข้อผิดพลาดภายใน 4 เดือน คือ มิถุนายน 2558-กันยายน 2558 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราข้อผิดพลาดในขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอน	เอกสารทั้งหมด (แผ่น)	เอกสารที่ผิดพลาด (แผ่น)	ผิดพลาด (%)
1.Plot Plan	374	57	15.24 %
2.Key Plan	297	22	7.41 %
3.GA	588	137	23.30 %
4.Pipe Support Design	245	42	17.14 %
5.Isometric Drawing	2018	443	21.95 %
6.Material/Specification	1675	137	8.18 %
7.Data Sheet	1310	91	6.95 %
8.Stress Analysis	2815	101	3.59 %
9.Pipe Support Schedule	490	57	11.63 %
10.MTO (Material Take Off)	405	103	25.43 %
รวม	10,217	1,190	11.64%
% ข้อผิดพลาดเฉลี่ย			**14.08%**

3.5 การประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN)

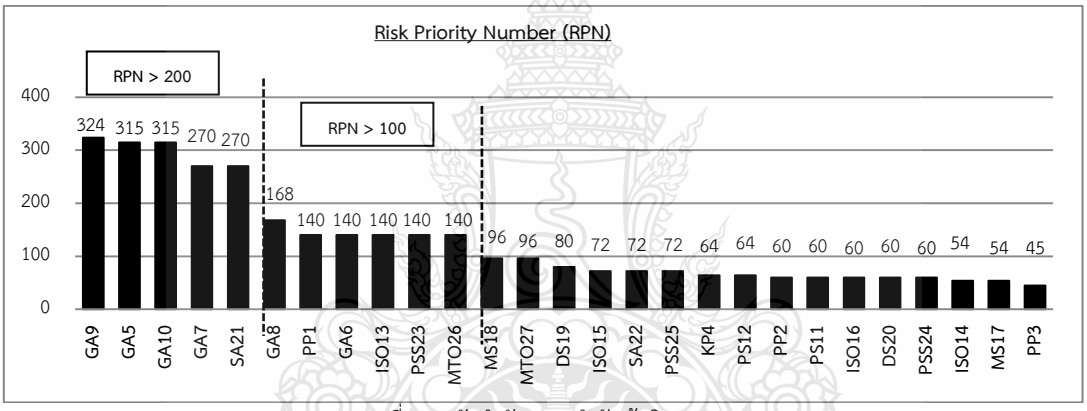
การประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ เป็นการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบปัญหาของข้อผิดพลาดโดยการระดมสมองของทีม FMEA ที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อ ในการประเมินค่าความเสี่ยงดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3

ตารางที่ 3ตัวอย่างการประเมินค่าความเสี่ยง (RPN)

สาเหตุ	ผลกระทบ	มาตรการป้องปัน		ประเมินค่า			RPN
		ป้องกัน	ตรวจสอบ	S	O	D	
GA5:บอกตำแหน่งตัวรองรับไม่ตรงกับโยธา	ตัวรองรับกับแบบที่ก่อสร้างคลาดเคลื่อน	ไม่มี	วิศวกรออกแบบงานท่อ	9	7	5	315
GA7:พื้นที่ในการเข้าไปซ่อมบำรุงไม่เพียงพอ	ไม่สามารถเข้าไปซ่อมบำรุงอุปกรณ์	ไม่มี	วิศวกรออกแบบงานท่อ	9	6	5	270

3.6 การจัดลำดับความสำคัญของข้อผิดพลาด

การจำลำดับข้อผิดพลาดหลังจากการประเมิณโดยผู้มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญทางวิศวกรรมการออกแบบท่อ ซึ่งค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีค่ามากกว่า 200 มี 5 ข้อผิดพลาด คือ GA5, GA7, GA9, GA10 และ SA21 เป็นกลุ่มที่มีความวิกฤตของปัญหามากที่สุด และกลุ่มมากกว่า 100 มี 6 ข้อผิดพลาด คือ GA8, PP1, GA6, ISO13, PSS23 และMTO26 การวิเคราะห์แนวทางเพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงโดยทีมจะทำการวิเคราะห์ปัญหาที่มีความวิกฤตมาก [6], [7] อันดับแรกเพื่อลดความรุนแรงโอกาสที่จะเกิดปัญหา และความสามารถในการตรวจพบของปัญหาต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3การจัดลำดับความสำคัญข้อผิดพลาด

3.8. แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

การวิเคราะห์โดยเทคนิค Why-Why Analysis พบว่าแนวทางการแก้ไขควรมีการจัดอบรมระบบขั้นตอนก่อนเริ่มงาน เนื่องจากบริษัทตัวอย่างไม่มีเครื่องมือช่วยในการตรวจเช็คแบบงาน จึงจัดทำเครื่องมือใบตรวจสอบเพื่อช่วยในการตรวจเช็คความถูกต้องในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5

Company

PIPING GA CHECKLIST

ITEM NO.	ITEM DESCRIPTION	ACTION Y/N/NA		
1	BORDER INFORMATION COMPLETE AND CORRECT.			
2	P&ID YELLOWED OFF BY DESIGNER.			
3	COMMENTS ON P&ID MARKED UP.			
4	SP ITEMS TAGGED AND CHECKED.			
5	CHECK VALVE LOCATION - HORIZ OR VERT , FLOW DIRECTION.			
6	CORRECT LOCATION OF BRAKE FLANGES AND UNIONS.			
7	FLOW ARROW IS SHOWN.			
8	INSTRUMENTS TAGGED AND CHECKED AGAINST FLOWSHEET.			
9	FLOW INSTRUMENT STRAIGHT LENGTHS CHECKED.			
10	VENT, DRAIN AND INST SUBASSEMBLIES CORRECT.			
11	ALL PIPE SUPPORTS IDENTIFIED & DIMENSIONED.			

รูปที่ 5 ตัวอย่างใบตรวจสอบขั้นตอน GA

3.7 การวิเคราะห์Why-Why Analysis

การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดโดยนำเทคนิค Why-Why Analysis มาวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขโดยการระดมสมองดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4

ปัญหา	Why 1	Why 2	Why 3
บอกตัวรองรับไม่ตรงกับโยธา (GA5)	ไม่ได้ปรับให้เป็นปัจจุบันกับแผนกโยธา	แผนกโยธาส่งแบบให้ลูกค้าก่อนแจ้งแผนกท่อ	จัดอบรม (Training) ระบบขั้นตอนในการทำงานก่อนเริ่มงาน

รูปที่ 4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ Why-Why Analysis ของปัญหา GA5

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ผลจากการดำเนินการปรับปรุงข้อผิดพลาด

โดยการเก็บข้อมูลข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนการออกแบบท่อเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2558- เดือน กุมภาพันธ์ 2559 โดยการใช้ใบตรวจสอบในทุกขั้นตอนการออกแบบและมาตรฐานการตรวจเช็ค พบว่าอัตราข้อผิดพลาดลดลงจากเดิม 14.08 % เหลือ 3.58 % ดังแสดงในตารางที่ 4

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

การวัดประสิทธิภาพก่อน (มิถุนายน 2558- สิงหาคม 2558) และหลังปรับปรุง (ธันวาคม 2558-กุมภาพันธ์ 2559) ของการทำงานของแผนกการออกแบบท่อจากสมการที่ 2 ผลการวัดประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 อัตราข้อผิดพลาดในขั้นตอนการออกแบบหลังปรับปรุง

ขั้นตอน	เอกสารทั้งหมด (แผ่น)	เอกสารที่ผิดพลาด (แผ่น)	ผิดพลาด (%)
1.Plot Plan	307	15	4.89%
2.Key Plan	216	2	0.93%
3.GA	517	21	4.06%
4.Pipe Support Design	196	18	9.18%
5.Isometric Drawing	1443	28	1.94%
6.Material/Specification	1088	25	2.30%
7.Data Sheet	1266	21	1.66%
8.Stress Analysis	2371	20	0.84%
9.Pipe Support Schedule	432	19	4.40%
10.MTO (Material Take Off)	358	20	5.59%
รวม	8,194	189	2.30%
% ข้อผิดพลาดเฉลี่ย			**3.58 %**

ตารางที่ 5ประสิทธิภาพการทำงานในแผนกออกแบบท่อ

ประสิทธิภาพ	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	**เฉลี่ย**
ก่อนปรับปรุง	0.72	0.79	0.74	**0.75**
หลังปรับปรุง	1.16	1.22	1.14	**1.17**

5. สรุปผล

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในวิศวกรรมการออกแบบท่อนั้น สามารถวิเคราะห์จัดลำดับข้อผิดพลาดแต่ละขั้นตอนการออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปรับปรุง พบว่าอัตราข้อผิดพลาดลดลงเหลือร้อยละ 5 ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการขององค์กรมีสัดส่วนที่ลดลง 74.57 %และผลจากการวัดประสิทธิภาพของเวลาในการทำงานแผนกออกแบบท่อมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น จาก 0.75 เป็น 1.17 ดังแสดงในตารางที่ 5 เป็นผลทำให้ลูกค้าพึ่งพอใจในคุณภาพของการออกแบบและช่วยเพิ่มความเชื่อถือให้กับองค์กร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และบริษัทตัวอย่างกรณีศึกษาทุนสนับสนุนเวลาในการศึกษาและทีมทำงานจนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1]สุภางค์ ครั่นคร้ามผิด และ ณฐา คุปตัษเฐียร, การบริหารความเสี่ยงของการออกแบบท่อในอุตสาหกรรมปิโตเคมีขนาดเล็ก, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 หน้า 787-795

[2] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2551

[3]เกรียงศักดิ์ ชูแสง รัญชนา สินธวาลัย และ นภิสพร มีมงคล, การลดข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง กรณีศึกษา: โรงงานตัวอย่างในเขตสงขลา, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2554 หน้า 872-881

[4]ศิวัช แก้ววงศา และเพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ, การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดข้อผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมของการบริหารโครงการ, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555 หน้า 879-885

[5] Siew Hong Ding, Application of Integrated FMEA and Fish Bone Analysis-A Case Study in Semiconductor Industry, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul Turkey, June 3-6 2012,Page 1233-1238

[6]Lefayet Sultan Lipol and JahirulHaq, Risk AnalysisMethod:FMEA/FMECA in the Oranizations, International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 11 No: 05 2011, Page 49-57

[7] SidharthaPattnaik, Design Failure Modes and Effects Analysis (DFMEA) of AN ALL-Terrain Vehicle, International Journal of Research in Engineering and Technology (Volume: 4 Issued 06 June-2015), Page 339-345

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุภาพร แสนกุล
วัน เดือน ปีเกิด	11 มิถุนายน 2525
ที่อยู่	38/2 หมู่13 ตำบลม่วงหวาน อำเภอ น้ำพอง จังหวัด ขอนแก่น 40310
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ประสบการณ์ทำงาน	พนักงานออกแบบระบบท่อ บริษัทเบทเทล อินเตอร์เนชั่นเนลอิ้ง (ปี พศ. 2546-2549) บริษัทตัวอย่าง (บริษัทท่อส่งก๊าซ) พศ. 2551 ถึง ปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	086-5797443
อีเมล์	supaporn_mam@hotmail.com