ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย

Risk Assessment and Analysis of Fire Protection Systems in an Engine Room on a Drilling Rig in the Gulf of Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวปุณณดา กนกรัตนโชติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทิยา หาญศุภลักษณ์, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(รองศาสตราจารย์พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย

Risk Assessment and Analysis of Fire Protection Systems in an Engine Room on a Drilling Rig in the Gulf of Thailand

โดย

นางสาวปุณณดา กนกรัตนโชติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปุณณดา กนกรัตนโชติ 2553: การประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทิยา หาญศุภลักษณ์, Ph.D. 117 หน้า

งานวิจัยนี้มุ่งประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยด้วยเทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายและออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (แบบความดันสูง) และหมอกน้ำดับเพลิงสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge - Tender ในอ่าวไทย เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ เพื่อให้การประเมินความเสี่ยงเป็นไปอย่างครอบคลุมจึงได้แบ่งพื้นที่ในห้องเครื่องเป็น 3 พื้นที่ ซึ่งผลการประเมินความเสี่ยงพบว่าห้องเครื่องมีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายทั้งสิ้น 40 เหตุการณ์ แบ่งเป็น 21 เหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 9 เหตุการณ์ต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย และ10 เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุอื่นๆ เช่น ทรัพย์สินเสียหาย หยุดการผลิต เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ที่มีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยมากที่สุดคือพื้นที่ 3 เพราะมีเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ ทั้งนี้พบว่าทุกเหตุการณ์ในห้องเครื่องนี้มีระดับความเสี่ยงปานกลางถึงต่ำเท่านั้น ทำให้สามารถดำเนินการได้ต่อไปตามปกติแต่ต้องเฝ้าระวังเพื่อควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น สำหรับเหตุการณ์ที่ระดับความเสี่ยงปานกลาง ต้องเพิ่มการทบทวนมาตรการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงให้ต่ำและต้องวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยก่อนเริ่มงานด้วย นอกจากนี้การที่ไม่พบเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยในระดับความเสี่ยงสูงบ่งบอกถึงมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันบนแท่นขุดเจาะฯเพียงพอในระดับหนึ่ง ระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดที่สนใจเปรียบเทียบนี้เป็นแบบวิธีฉีดท่วม ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความน่าเชื่อถือของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง คือ 0.213 และ 0.452 ตามลำดับ ค่าโอกาสในการเสียหาย คือ 0.787 และ 0.548 ตามลำดับ และอัตราการเสียหาย คือ 1.548 และ 0.795 Failures / year ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีค่าความน่าเชื่อถือที่ต่ำและมีค่าโอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายที่สูง เกิดจากจำนวนถังก๊าซที่ต้องติดตั้งมีค่าสูง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Punnada Kanokrattanachot 2010: Risk Assessment and Analysis of Fire Protection Systems in an Engine Room on a Drilling Rig in the Gulf of Thailand. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Nanthiya Hansupalak, Ph.D. 117 pages.

The purpose of this study was to perform a risk assessment of a fire occurring in an engine room on a Drilling Rig (Barge – Tender) in the Gulf of Thailand by using the What If Analysis technique. Also, the study analyzed the differences between the Carbon Dioxide (High Pressure) and Water-Mist Fire Extinguishing Systems in terms of Reliability, Failure Probability and Failure Rate by using the Fault Tree Analysis technique. The risk assessment was applied in 3 work areas to cover all areas in an engine room. The assessment results indicated a total of 40 hazardous conditions in the 3 work areas assessed, including: (1) 21 conditions leading to a fire, (2) 9 conditions resulting in personal injury or illness, and (3) 10 conditions associated with other types of risks. The highest number of hazardous conditions for fire was found in Area 3 due to the presence of a fuel tank. The results also indicated that the risk levels of those conditions in the engine room were at the Medium and Low– risk levels only. On a drilling rig, any work task at the Medium or Low risk level can proceed as usual but requires careful monitoring and adequate control. Additional requirements for tasks involving Medium risk are careful review, additional control measures, and completion of a Job Safety Analysis before starting the task. In addition, no High risk of fire conditions were found in these 3 work areas on the rig, confirming that the existing controls and safeguards that have already been established on the Rig are acceptable. Both Fire Extinguishing systems of interest involve Total Flooding system. Analysis results indicated that the Reliability of Carbon Dioxide and Water-Mist Fire Extinguishing Systems were 0.213 and 0.452, respectively. The Failure Probability of each system was 0.787 and 0.548, respectively and the Failure Rate for each was 1.548 and 0.795 failures / year, respectively. The reason that the former had lower reliability and higher failure probability and failure rates was the high quantity of cylinders that had to be installed.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทิยา หาญศุภลักษณ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าชี้แนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ ขอขอบพระคุณอาจารย์เมธินพัฐ บวรธรรมรัตน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปานจิต ดำรงกุลกำจรและอาจารย์ ดร. พิพัฒน์ พิเชษฐพงษ์ สำหรับคำชี้แนะให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณไชยวัฒน์ เยาวภาพงศ์ คุณวัฒนา วิเชียรรัตน์ คุณประพันธ์ เทพสง คุณ Brian Jones คุณ Barry Carlson และบริษัทเชฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิตสำหรับความอนุเคราะห์และสนับสนุนในด้านทุนการศึกษา รวมถึงเวลาในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ ขอบพระคุณคุณ Fergie McDonald คุณ Ben Edwards คุณ Matthew Winter และคุณชาญชัย ศาสนประดิษฐ สำหรับความช่วยเหลือทั้งทางด้านข้อมูลและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่โครงการวิศวกรรมความปลอดภัย เพื่อนร่วมงานบริษัทเชฟรอน รุ่นพี่และเพื่อนวิศวกรรมความปลอดภัยรุ่นที่ 8 ตลอดทั้งเพื่อนที่ไม่ได้เอ่ยนามสำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ ที่มีให้เสมอมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวของผู้วิจัย คุณพิชัย ธนไมตรีจิตต์และคุณวีระชัย ธนไมตรีจิตต์ ที่อบรม ให้ความสนับสนุนและเป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความดีหรือประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้ที่ให้การสนับสนุนตลอดมา

ปุณณดา กนกรัตนโชติ

กุมภาพันธ์ 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	47
ผล	47
วิจารณ์	70
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก ผลการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis	83
ภาคผนวก ข วิธีคำนวณการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง	110
ภาคผนวก ค ข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี	114
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	117

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มูลค่าความเสียหายโดยประมาณจากการสูญเสียรายได้เนื่องจากหยุดการขุดเจาะฯ สำหรับแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge - Tender	11
2	สรุปการเลือกใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย	12
3	เกณฑ์การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์	17
4	เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์	17
5	เกณฑ์การจัดระดับความเสี่ยงและความหมายของแต่ละระดับความเสี่ยง	19
6	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้	35
7	สมการทางคณิตศาสตร์ใช้หาค่าความน่าเชื่อถือของระบบ	37
8	สมการทางคณิตศาสตร์ใช้หาอัตราการเสียหายของระบบ	37
9	ค่าอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ต่อปี (Failures / year)	38
10	มูลค่าโดยประมาณของเครื่องจักรที่ติดตั้งในห้องเครื่องที่ศึกษา	44
11	ผลการประเมินความเสี่ยงแบ่งตามพื้นที่จากระดับความเสี่ยงสูงไประดับความเสี่ยงต่ำ	48
12	สรุปจำนวนเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยโดยแบ่งตามพื้นที่และระดับความเสี่ยง	54
13	รายละเอียดเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยแบ่งตามพื้นที่และระดับความเสี่ยง	55
14	ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง	56
15	ผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง	57
16	ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง	60
17	ผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง	60
18	ค่าอัตราความเสียหายต่อปี (Failures / year) และค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ ของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง	65
19	ค่าความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่งของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ค่าอัตราการเสียหายในแต่ละตำแหน่งของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง	66
21	ค่าอัตราความเสียหายต่อปี (Failures / year) และค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ ของระบบหมอกน้ำดับเพลิง	68
22	ค่าความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่งของระบบหมอกน้ำดับเพลิง	68
23	ค่าอัตราการเสียหายในแต่ละตำแหน่งของระบบหมอกน้ำดับเพลิง	69

ตารางผนวกที่

ก1	ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 1 บริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)	85
ก2	ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 2 บริเวณเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer)	96
ก3	ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 3 บริเวณเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด(Fresh Water Maker Generator) และถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank)	103

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แท่นขุดเจาะฯ ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ	7
2	แท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทยชนิด (ก) Jack Up แบบที่หย่งลงในพื้นทะเล (ข) Barge – Tender แบบที่ลอยตัวโดยใช้สมอยึดติดกับพื้นทะเล	9
3	ส่วนประกอบหลักของแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender	10
4	ป้ายคำเตือนที่จำเป็นสำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงที่ใช้ติดตั้งในแต่ละพื้นที่ (ก) ติดตั้งที่พื้นที่ที่ฉีดก๊าซ (ข) ติดตั้งทุกทางเข้าของพื้นที่ที่ฉีดก๊าซ (ค) ติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่หรือห้องที่อาจจะมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ง) ติดตั้งที่ด้านนอกทางเข้าห้องเก็บถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (จ) ติดตั้งในทุกพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์สั่งระบบทำงานด้วยมือ	25
5	การจัดวางเครื่องจักรในห้องเครื่องที่ศึกษาและการแบ่งพื้นที่เพื่อประเมินความเสี่ยงเป็น 3 ส่วน ซึ่งแสดงโดยตัวเลข 1 - 3 และเส้นประที่แสดงขอบเขตของแต่ละพื้นที่	44
6	ขั้นตอนการทำงานของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงตามมาตรฐานสากล	59
7	ขั้นตอนการทำงานของระบบหมอกน้ำดับเพลิงตามมาตรฐานสากล	62
8	แผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ทำให้ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด โดยที่ R แสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ต่างๆ	64
9	แผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ทำให้ระบบก๊าซหมอกน้ำดับเพลิงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด โดยที่ R แสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ต่างๆ	67
10	การเปรียบเทียบค่าความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราความเสียหายของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

IMO	=	International Maritime Organization
SOLAS	=	International Convention for the Safety of Life at Sea
FSS Code	=	International Code for Fire Safety Systems
MODU Code	=	Code for the Construction and Equipment for Mobile Offshore Drilling Units
NFPA	=	National Fire Protection Association
HAZOP	=	Hazard and Operability Study
FMEA	=	Failure Modes and Effects Analysis
ETA	=	Event Tree Analysis
FTA	=	Fault Tree Analysis
P&ID	=	Process and Instrument Diagram
R	=	Reliability หรือความน่าเชื่อถือ
F	=	Failure Probability หรือโอกาสในการเกิดความเสียหาย
μ	=	Failure Rate หรืออัตราความเสียหายของอุปกรณ์ต่อปี (Failures / year)
N	=	จำนวนถังของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการติดตั้ง (ถัง)
M	=	ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการดับเพลิง (kg)
w	=	ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุใน 1 ถัง (kg)
Hazard Volume	=	ปริมาตรของห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (m^3)
W	=	ความกว้างของพื้นป้องกัน (m)
L	=	ความยาวของพื้นป้องกัน (m)
H	=	ความสูงของพื้นป้องกัน (m)
Q_{Total}	=	อัตราการไหลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ (kg CO_2 / min)
Q_{Nozzle}	=	อัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 หัวฉีด (kg CO_2 / min)
A_{Room}	=	พื้นที่ห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (m^2)
$A_{Nozzle\ Coverage}$	=	พื้นที่ที่หัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ครอบคลุม (m^2)
$A_{Spray\ Coverage}$	=	พื้นที่ที่หัวฉีดครอบคลุมได้ต่อ 1 หัวฉีด (m^2)
t	=	ระยะเวลาความเสียหายที่สนใจ (ปี)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย

Risk Assessment and Analysis of Fire Protection Systems in an Engine Room on a Drilling Rig in the Gulf of Thailand

คำนำ

แท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและระดับความลึกของน้ำทะเล ในอ่าวไทยมักใช้แท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge - Tender ซึ่งเป็นแบบที่ลอยตัวโดยใช้สมอยึดติดกับพื้นทะเล (Floating Units) แท่นขุดเจาะฯ ชนิดนี้ประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่ใช้เป็นที่พักอาศัยและใช้ในการปฏิบัติงาน (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, 2552) เนื่องจากจำนวนผู้ปฏิบัติงานบนแท่นขุดเจาะฯ มักมีประมาณ 110-150 คนและการปฏิบัติงานที่เป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง (2 กะๆ ละ 12 ชั่วโมง) ทำให้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ซึ่งพบว่ามีสาเหตุจากการปฏิบัติงานโดยอุบัติที่เกิดขึ้นอาจทำให้บาดเจ็บ ทรัพย์สินเสียหาย หรือเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งอุบัติเหตุที่เกี่ยวกับการเกิดเพลิงไหม้ถือเป็นอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงและความเสียหายสูงมาก เนื่องจากลักษณะของแท่นขุดเจาะฯ ที่ต้องเทียบเข้ากับฐานสำหรับขุดเจาะ (Platform) เพื่อทำการปฏิบัติงาน อีกทั้งการปฏิบัติงานต่างๆ ที่อยู่นอกชายฝั่ง (Offshore) ทำให้การอพยพผู้ปฏิบัติงานออกจากพื้นที่เป็นไปได้ยาก ด้วยเหตุนี้มาตรการในการป้องกันอุบัติเหตุและความสูญเสียบนแท่นขุดเจาะฯ จึงมักเน้นไปที่การป้องกันการเกิดอัคคีภัยเป็นอันดับแรก ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดคือการป้องกันที่ต้นเหตุและปลายเหตุการเกิดอัคคีภัย โดยประกอบด้วยการกำหนดมาตรการต่างๆ สำหรับการปฏิบัติงานเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยและการออกแบบติดตั้งระบบดับเพลิงให้ได้มาตรฐานและเหมาะสม โดยต้องมีความน่าเชื่อถือที่สูงหรือมีโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ต่ำ รวมถึงมีอัตราการเสียหายของระบบที่ต่ำเพื่อให้สามารถควบคุมการลุกลามของไฟในระยะเริ่มต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคบนแท่นขุดเจาะฯ จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลจากห้องเครื่อง ซึ่งเป็นห้องที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องอัดอากาศ เครื่องไล่ความชื้นของอากาศ เครื่องทำน้ำจืด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืดและถังเก็บน้ำมันที่ผ่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การกรองแล้ว โดยเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้มีมูลค่ารวมกันมากกว่า 4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (Drilling Rig, 2009) การเกิดเพลิงไหม้ในห้องเครื่องจึงอาจส่งผลทำให้เครื่องจักรต่างๆ หยุด และเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดการขุดเจาะ ก่อให้เกิดการสูญเสียรายได้สูงถึง 113,900 เหรียญสหรัฐฯ ต่อ 1 วัน (Rigzone, 2009) ดังนั้นจึงจำเป็นมีการประเมินความเสี่ยงในห้องเครื่องเพื่อชี้บ่งอันตรายของกิจกรรมหรือเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัย โดยจัดระดับความเสี่ยงของเหตุการณ์เหล่านั้นและพิจารณาถึงมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่มีอยู่ในปัจจุบันว่าเพียงพอหรือต้องเพิ่มเติมซึ่งถือเป็นการป้องกันที่ต้นเหตุ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงทำได้โดยชี้บ่งอันตรายเพื่อประเมินระดับโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเพื่อจัดระดับความเสี่ยง เทคนิคที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของกิจกรรม ซึ่ง What If Analysis เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่ไม่ยุ่งยากและเหมาะสำหรับการชี้บ่งอันตรายของกิจกรรมที่ดำเนินงานในพื้นที่ที่สนใจโดยเป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการชี้บ่งอันตรายในระบบความปลอดภัยและขั้นตอนการปฏิบัติงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) และการป้องกันที่ปลายเหตุคือการระงับอัคคีภัยซึ่งระบบดับเพลิงที่ติดตั้งต้องมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมต่อชนิดของเชื้อเพลิง ระบบดับเพลิงที่นิยมติดตั้งในห้องเครื่องคือ ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง โดยระบบแรกนั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ดับเพลิงเป็นอันตรายต่อชีวิตเนื่องจากทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน (ในการใช้งาน ต้องให้ทุกคนอพยพออกไปจากพื้นที่ดังกล่าวก่อน) ในขณะที่ระบบหลังปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานแต่ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงกว่า ซึ่งถ้าเทียบกับมูลค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นทำให้ราคาในการติดตั้งที่สูงนั้นเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ถ้าระบบดับเพลิงนั้นมีความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าหรือมีโอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายที่ต่ำ

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender ในอ่าวไทย เพื่อออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงให้เป็นไปตามมาตรฐาน (1) International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) (2) International Code for Fire Safety Systems (FSS Code) และ (3) Code for the Construction and Equipment for Mobile Offshore Drilling Units (MODU Code) ซึ่งหลักการออกแบบและวิธีการคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากล National Fire Protection Association (NFPA) การออกแบบระบบดับเพลิงนี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเสียหายและอัตราการเสียหายของแต่ละระบบได้และในที่สุดสามารถเลือกระบบดับเพลิงที่เหมาะสมได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

การประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย กรณีศึกษาห้องเครื่องมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย

2. เพื่อออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย

3. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราความเสียหายของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้ติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย

ขอบเขต

งานวิจัยนี้มีแนวทางในการศึกษาเพื่อพิจารณาเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยและวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการเลือกติดตั้งระบบดับเพลิง เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย ภายใต้ขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ห้องเครื่องที่เลือกใช้เป็นตัวอย่างศึกษาอยู่บนแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender ซึ่งพบมากในอ่าวไทย ก่อสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2551 และหลังจากนั้น

2. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายของระบบ การออกแบบระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดในการศึกษาวิจัยนี้จึงครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้เท่านั้น

2.1 ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง ออกแบบเพื่อหาจำนวนถังบรรจุก๊าซที่ต้องติดตั้ง จำนวนหัวฉีดก๊าซที่ต้องติดตั้ง และขั้นตอนการทำงานของระบบที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ระบบหมอกน้ำดับเพลิง ออกแบบเพื่อหาจำนวนหัวฉีดหมอกน้ำที่ต้องติดตั้งและขั้นตอนการทำงานของระบบที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล

3. การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) เพื่อพิจารณาค่าที่สิ้นปีที่ 1 เท่านั้น

4. มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบดับเพลิงสำหรับแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Mobile Offshore Drilling Unit และวิธีการคำนวณ ประกอบด้วย (1) International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) (2) International Code for Fire Safety Systems (FSS Code) และ (3) Code for the Construction and Equipment for Mobile Offshore Drilling Units (MODU Code) ซึ่งหลักการออกแบบและวิธีการคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากล National Fire Protection Association (NFPA)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การชี้บ่งอันตรายและจัดระดับความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ สามารถทำให้ทราบถึงเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยต่างๆ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและกำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยง

2. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงนั้นเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานหรือกำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงสำหรับแท่นขุดเจาะฯ อื่น เนื่องจากแท่นขุดเจาะฯ มีขั้นตอนในการทำงานและกิจกรรมที่ใกล้เคียงกัน

3. การมีระบบป้องกันอัคคีภัยที่มีความน่าเชื่อถือที่สูง โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายที่ต่ำจะทำให้สามารถป้องกันอัคคีภัยที่อาจเกิดขึ้นบนขุดเจาะฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกติดตั้งระบบดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. สามารถป้องกันและลดการสูญเสียจากการเกิดอัคคีภัยบนแท่นขุดเจาะฯ ซึ่งอาจนำไปสู่การหยุดการผลิตเนื่องจากเกิดเพลิงไหม้ในห้องเครื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

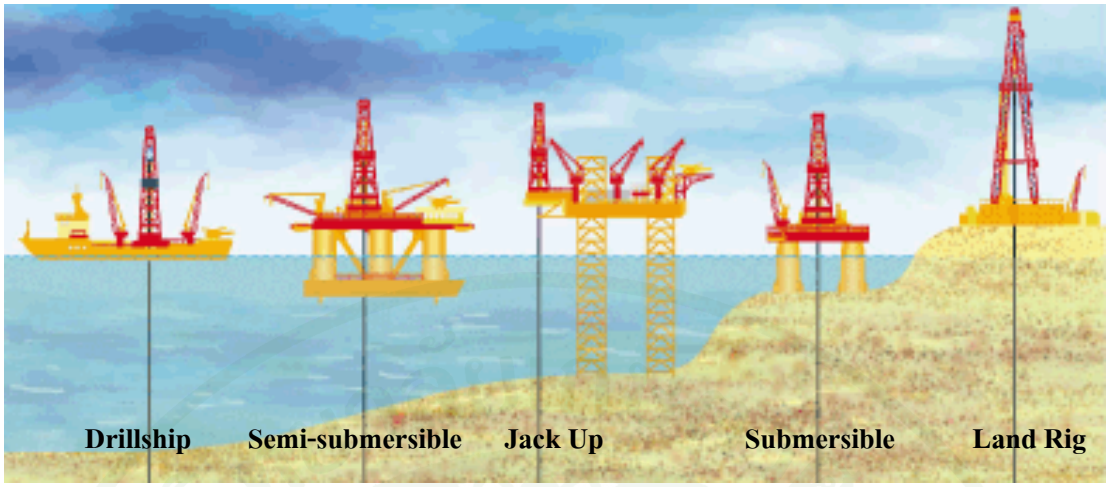
งานวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์ระบบป้องกันอัคคีภัยบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทย กรณีศึกษาห้องเครื่องประกอบด้วยแนวคิด ทฤษฎีและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวกับงานวิจัย 11 กลุ่ม ดังนี้

1. แท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ (Drilling Rig)

การขุดเจาะหลุมเพื่อสำรวจและผลิตปิโตรเลียมนั้นเป็นงานที่ท้าทายและมีความสำคัญมาก เนื่องจากต้องขุดไปที่ความลึกประมาณ 3 - 4 km ใต้พื้นทะเล ในอดีตการขุดเจาะหลุม 1 หลุมนั้น ต้องใช้เวลามากกว่า 60 วัน โดยใช้งบประมาณกว่า 5 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ต่อหลุม ซึ่งถือว่าเป็นการลงทุนที่สูงและมีความเสี่ยงมาก การลุงทุนอาจสูญเปล่าได้ถ้าขุดไปแล้วพบปริมาณน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่ไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ แต่ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาและทันสมัยมากยิ่งขึ้น ระยะเวลาในการขุดเจาะจึงลดลงเหลือเพียง 4-5 วันต่อ 1 หลุม และใช้งบประมาณน้อยลงกว่าเดิม ซึ่งการขุดเจาะฯ ในประเทศไทยต่อปีมีประมาณ 300 หลุมในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จำนวนจะเพิ่มมากขึ้นเพราะโครงสร้างของแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมในอ่าวไทยเป็นแหล่งเล็กและมีความสลับซับซ้อนและเพื่อจัดหาแหล่งพลังงานให้เพียงพอในการตอบสนองความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นของไทยในอนาคต (เชฟรอนประเทศไทย, 2009)

ภาพที่ 1 แสดงแท่นขุดเจาะฯ แบบต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แท่นขุดเจาะฯ ที่อยู่บนบก (Land) และแท่นขุดเจาะฯ ที่อยู่นอกชายฝั่ง (Offshore) การออกแบบของแท่นขุดเจาะฯ แต่ละประเภทนั้นถือเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแท่นขุดเจาะฯ ที่อยู่นอกชายฝั่ง (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 แท่นขุดเจาะฯ ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ

ที่มา: Schlumberger (2009)

1.1 แท่นขุดเจาะฯ บนบก (Land) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.1.1 Conventional Drilling Rig เป็นแท่นขุดเจาะฯ ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด อุปกรณ์และส่วนประกอบมีขนาดใหญ่ และสามารถเจาะได้ลึกมาก อาจถึง 35,000 ฟุต

1.1.2 Portable Rig เป็นแท่นขุดเจาะฯ ที่มีโครงสร้างหอคอย (Derrick) ติดอยู่บนรถบรรทุกขนาดใหญ่ สามารถเคลื่อนย้ายแท่นขุดเจาะฯ ได้โดยสะดวก เพราะโครงสร้างหอคอยพับให้เอนราบได้

1.1.3 Standard Rig เป็นแท่นขุดเจาะฯ แบบเก่าแก่ที่สุด โครงสร้างหอคอย (Derrick) จะถูกสร้างคร่อมปากบ่อบริเวณที่จะทำการเจาะ และเมื่อการขุดเจาะแล้วเสร็จ ก็อาจจะถอดแยกหอคอยออกเป็นชิ้นเพื่อนำไปประกอบยังตำแหน่งใหม่หรืออาจทิ้งไว้ในสภาพเดิมหลังจากเริ่มมีการผลิตปิโตรเลียม

1.2 แท่นขุดเจาะฯ นอกชายฝั่ง (Offshore) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด Platform เป็นแทนขุดเจาะฯ ที่อยู่กับที่ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ และ ชนิด Mobile Offshore Drilling Unit หรือ MODU (โมดู) เป็นแท่นขุดเจาะฯ ชนิดเคลื่อนย้ายได้ แท่นขุดเจาะฯ ที่ใช้เจาะหลุมน้ำมันดิบและก๊าซ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธรรมชาติในอ่าวไทยนั้น ถือว่าเป็นชนิด MODU ทั้งหมด ซึ่งเป็นแท่นขุดเจาะฯ ชนิดเคลื่อนย้ายได้ โดยเมื่อเจาะหลุมเสร็จแล้วก็จะเคลื่อนย้ายไปบริเวณอื่นเพื่อเจาะหลุมถัดไป แท่นขุดเจาะฯ ชนิด MODU นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่มีส่วนของแท่นขุดเจาะฯ หยั่งลงในพื้นทะเล (Bottom-Supported Units) และแบบที่ลอยตัวโดยยึดติดกับพื้นทะเลด้วยสมอ (Floating Units)

1.2.1 แท่นขุดเจาะฯ ชนิดหยั่งติดพื้นทะเล (Bottom-Supported Units) ได้แก่

ก. แท่นขุดเจาะฯ แบบ Jack Up ตัวแท่นประกอบด้วยขา 3-5 ขา แต่ละขายาวประมาณ 300-500 ฟุต ช่วยค้ำจุนตัวแท่นติดกับพื้นทะเล สามารถเจาะได้ในน้ำลึกตั้งแต่ 13-350 ฟุต ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก)

ข. แท่นขุดเจาะฯ แบบ Fixed Platform มี 2 แบบคือ แบบ Piled Steel มีโครงสร้างโลหะคล้ายหอคอยที่หยั่งติดพื้นทะเล และแบบ Gravity Structure สร้างด้วยคอนกรีตเป็นตัวถ่วงน้ำหนัก มีความ มั่นคง แท่นขุดเจาะฯ ทั้งสองแบบนี้มักสร้างเป็นแท่นถาวรตั้งอยู่กลางทะเล ใช้เป็นแท่นสำหรับการผลิตหลังจากเจาะหลุมเสร็จสิ้นแล้ว

1.2.2 แท่นขุดเจาะฯ ชนิดลอยตัวโดยใช้สมอยึดติดกับพื้นทะเล (Floating Units) ได้แก่

ก. แท่นขุดเจาะฯ แบบ Barge มีลักษณะเป็นเรือท้องแบน อุปกรณ์การเจาะติดตั้งอยู่บนตัวเรือ เดิมพัฒนาเพื่อใช้ในการขุดเจาะบริเวณชายฝั่ง น้ำตื้น และบริเวณทะเลสาบ โดยนำเรือเข้าไปยังตำแหน่งแล้วไขน้ำเข้าให้เต็มห้องอับเฉาเพื่อให้เรือจมลงจนท้องเรือติดกับพื้นน้ำ เมื่อเสร็จงานก็สูบน้ำออกเพื่อให้เรือลอยขึ้นและลากจูงไปยังที่อื่นๆ ต่อมาได้มีการพัฒนาและนำไปใช้เจาะนอกชายฝั่งที่ไกลออกไป โดยใช้ตัวเรือเป็นที่พักอาศัย และเก็บอุปกรณ์การเจาะ แต่ย้ายตัวหอคอยขึ้นไปไว้ยังแท่นขุดเจาะฯ กลางทะเล แบบนี้เรียกว่า Barge - Tender ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข)

ข. แท่นขุดเจาะฯ แบบ Semi-submersible ลักษณะตัวแท่นและส่วนที่พักอาศัยวางตัวอยู่บนทุ่น/ถังที่สามารถสูบน้ำเข้าออกได้เพื่อให้ตัวแท่นลอยหรือจมตัวลง ใช้เจาะได้ในบริเวณที่น้ำทะเลลึกตั้งแต่ 600 - 1,500 ฟุต เมื่อจะทำการเจาะก็จะลงสมอเพื่อโยงยึดไม่ให้แท่นเคลื่อนที่ การเคลื่อนย้ายจำเป็นต้องอาศัยเรือลากจูงไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. แท่นขุดเจาะฯ แบบ Drillship เป็นเรือเจาะที่มีอุปกรณ์ทุกอย่างอยู่บนตัวเรือ สามารถเคลื่อนที่ได้เอง การยึดตัวเรือให้อยู่กับที่ เดิมใช้สมอเรือ แต่ปัจจุบันได้ประยุกต์ใช้ใบพัดปรับระดับควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในการปรับตำแหน่ง ข้อเด่นของ Drillship คือ สามารถเจาะได้ในบริเวณที่น้ำทะเลลึก (อาจลึกมากกว่า 1,000 m)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 แท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทยชนิด (ก) Jack Up แบบที่หยั่งลงในพื้นทะเล (ข) Barge – Tender แบบที่ลอยตัวโดยใช้สมอยึดติดกับพื้นทะเล

ที่มา: เชฟรอนประเทศไทย (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติชนิด Barge - Tender

แท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือส่วนที่เป็นที่พักอาศัย และส่วนที่เป็นพื้นที่ทำงานทั่วไป ซึ่งชั้นบนสุดของส่วนที่เป็นที่พักอาศัยจะออกแบบให้เป็นลานจอดเฮลิคอปเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ส่วนประกอบหลักของแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender

ที่มา: เชฟรอนประเทศไทย (2009)

ในขณะปฏิบัติงานขุดเจาะ ฯ แท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender จะเข้าเทียบกับแท่นสำหรับขุดเจาะ (Platform) เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการขุดเจาะบนแท่นสำหรับเจาะ อุปกรณ์ที่ติดตั้งจะถูกถอดออกหลังจากที่การขุดเจาะเสร็จสิ้นแล้วทุกหลุม หลังจากนั้นแท่นขุดเจาะฯ จะถูกลากโดยเรือจำนวนอย่างน้อย 2 ลำ เพื่อย้ายไปยังแท่นสำหรับขุดเจาะแท่นอื่นเพื่อการขุดเจาะต่อไป ซึ่งแท่นขุดเจาะฯ ชนิดนี้ สามารถรองรับพนักงานได้ประมาณ 100 – 150 คน ขึ้นอยู่กับขนาดของแท่น โดยการปฏิบัติงานจะเป็นไปตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งเป็น 2 กะ กะละ 12 ชั่วโมง

การเกิดเพลิงไหม้บนแท่นขุดเจาะฯ ที่ส่งผลให้เครื่องจักรต่างๆ หยุด จนเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดการขุดเจาะฯ จะทำให้สูญเสียรายได้จากการขุดเจาะฯ โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องหยุดการขุดเจาะฯ เป็นดังแสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 มูลค่าความเสียหายโดยประมาณจากการสูญเสียรายได้เนื่องจากหยุดการขุดเจาะฯ สำหรับแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge - Tender

ระยะเวลาที่ต้องหยุดการขุดเจาะฯ	มูลค่าความเสียหายโดยประมาณ (เหรียญสหรัฐฯ)
7 วัน	797,300
24 ชม.	113,900
1 ชม.	4,746
30 นาที	2,373

ที่มา: Rigzone (2009)

3. ห้องเครื่อง (Engine Room)

ห้องเครื่อง คือ ห้องที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแหล่งผลิตและจ่ายพลังงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต่างๆ บนแท่นขุดเจาะฯ ห้องเครื่องโดยทั่วไปประกอบด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer) เครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator)

ตามคำจำกัดความของมาตรฐาน SOLAS ห้องเครื่องเป็นพื้นที่ที่เรียกว่า Machinary Space โดยหมายถึงพื้นที่ที่ประกอบด้วยเครื่องจักรที่ใช้ในการขับเคลื่อนพลังงาน หม้อไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งในห้องเครื่องถือเป็นเครื่องจักรหลักที่มีความสำคัญโดยเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภค การติดตั้งจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับขนาดและความสามารถในการเจาะของแท่นขุดเจาะฯ นั้น ถ้าต้องมีการขุดเจาะหลุมที่ลึกก็จะต้องมีการใช้พลังงานมาก ซึ่งหมายถึงต้องมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีจำนวนมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการปฏิบัติการขุดเจาะหลุมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

ห้องเครื่องมีกระบวนการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อผลิตและจ่ายพลังงานให้กับการปฏิบัติการขุดเจาะ กิจกรรมอื่นที่นอกเหนือจากการขุดเจาะและการสาธารณูปโภค หน่วยงานที่ทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน้าที่ในการควบคุมดูแลห้องเครื่องโดยทั่วไป ได้แก่ แผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งประกอบด้วย วิศวกรเครื่องกล วิศวกรไฟฟ้า ช่างกล ช่างไฟฟ้าและช่างเครื่อง

4. การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายตามกฎหมายนั้นจะต้องประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง โดยที่อันตราย (hazard) หมายถึง สิ่งคุกคามหรือเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยจากการทำงาน ความเสียหายต่อทรัพย์สิน สภาพแวดล้อม สาธารณชนหรือสิ่งต่างๆ เหล่านี้รวมกัน (เฉลิมชัย, 2547)

4.1 การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) หมายถึงการแจกแจงอันตรายต่างๆ ที่แอบแฝงอยู่ในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนตั้งแต่การจัดเก็บ การขนถ่ายหรือขนย้าย การใช้ การขนส่ง วัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี ผลิตภัณฑ์และวัตถุพลอยได้จากกระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติงาน เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและกิจกรรมหรือสภาพการณ์ต่างๆ ทั้งนี้หลักการชี้บ่งอันตรายนั้นพิจารณาจากความเหมาะสมของกระบวนการผลิตและลักษณะความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่กำหนดในกฎหมายของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 6 วิธี คือ (1) Hazard and Operability Study (HAZOP) (2) Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) (3) What If Analysis (4) Checklist (5) Event Tree Analysis (ETA) และ (6) Fault Tree Analysis (FTA) ทั้งนี้การเลือกวิธีการชี้บ่งอันตรายให้เหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์และกิจกรรมที่ต้องการ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้เสนอแนะไว้ 4 วิธีได้สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปการเลือกใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย

ระบบ/เครื่องจักร อุปกรณ์/ขั้นตอน	วิธีการชี้บ่งอันตราย			
	HAZOP	**FMEA**	**WHAT-IF**	**CHECKLIST**
อุปกรณ์ในการผลิต เช่น วาล์ว ท่อ ระบบท่อ ถังบรรจุ เป็นต้น	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสม	ใช้ได้หากได้มีการดำเนินการมาแล้วในอดีต
ท่อส่ง ท่อที่แยกออกจากอุปกรณ์ต่างๆ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสม	ไม่แนะนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ระบบ/เครื่องจักร อุปกรณ์/ขั้นตอน	วิธีการชี้บ่งอันตราย			
	HAZOP	**FMEA**	**WHAT-IF**	**CHECKLIST**
ระบบควบคุม ระบบสื่อสาร ระบบไฟฟ้า ไมโครเวฟ	ไม่แนะนำ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	ไม่แนะนำ
ระบบความปลอดภัย	ไม่แนะนำ	เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด	ไม่แนะนำ
ระบบสาธารณูปโภค	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสม	ไม่แนะนำ
บ่อน้ำมัน หลุม ก๊าซ	เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ไม่เหมาะสม	ไม่แนะนำ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม
โครงสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น	ไม่แนะนำ	เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545)

4.1.1 เทคนิค Hazard and Operability Study หรือ HAZOP คือ เทคนิคที่พัฒนาขึ้นจากอุตสาหกรรมเคมี เพื่อใช้ชี้บ่งอันตรายและประเมินความปลอดภัยของกระบวนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กับปัญหาของกระบวนการผลิต เช่น คุณภาพของสินค้า ผลิตผล (productivity) ต้นทุนการผลิต เป็นต้น หลักการทำ HAZOP นั้นจะต้องใช้ข้อมูลรายละเอียดการออกแบบ วิธีการปฏิบัติ และระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ในกระบวนการผลิตร่วมกัน โดยทำการวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน เพื่อพิจารณาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ไม่สมบูรณ์หรือไม่ตั้งใจด้วยการตั้งสมมติของภาวะต่างๆ ในกระบวนการผลิต เทคนิค HAZOP นี้เริ่มจากการใช้คำมาตรฐานสั้นๆ ที่เรียกว่า HAZOP guide words มาประกอบกับค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมของกระบวนการ (process parameter) เช่น ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ตัวอย่างเช่น คำมาตรฐานคำว่า “ไม่ (no)” และค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมของกระบวนการ คำว่า “การไหล (flow)” ผลที่ได้คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

deviation “ no flow” ซึ่งผู้วิเคราะห์จะต้องพิจารณาสาเหตุที่จะทำให้เกิด deviation นั้น เช่น พนักงานปิดปั๊มโดยไม่ตั้งใจ ผลที่ตามมา คือ ไม่มีการไหล อาจทำให้ตัวปั๊มร้อนขึ้นและเป็นเหตุให้ปั๊มเสียหายได้ วิธีการป้องกัน คือ การติดตั้งวาล์วนิรภัยทางด้านปล่อยออก (discharge) เป็นต้น

4.1.2 เทคนิค Failure Modes and Effects Analysis หรือ FMEA คือ เทคนิคการวิเคราะห์อันตรายจากความล้มเหลวของอุปกรณ์หรือระบบที่มีความถี่ในการเกิดสูง และประเมินผลที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาด ซึ่งความล้มเหลวของเครื่องมือสามารถเป็นจุดเริ่มต้นและเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ เช่น ถ้าอุปกรณ์ควบคุมแรงดันล้มเหลวเป็นจุดเริ่มต้นของอุบัติเหตุ วาล์วนิรภัยที่ล้มเหลวเป็นสาเหตุให้ถังบรรจุสารเคมีระเบิด เป็นต้น เทคนิค FMEA นี้มักใช้กับอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ความล้มเหลวอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุและนิยมใช้ในระหว่างและหลังการออกแบบ โดยใช้ข้อมูลจากการออกแบบ เช่น P&ID (Process and Instrument Diagram) เป็นต้น

4.1.3 เทคนิค What If Analysis คือ การรวบรวมรายการคำถามที่เกี่ยวข้องกับอันตรายที่เฉพาะเจาะจงจากสภาวะการณ์หรืออุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นจากกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ซึ่งอาจไม่มีรูปแบบของคำถามที่ชัดเจนและสามารถกำหนดขึ้นตามสภาวะต่างๆ ของกระบวนการผลิตได้ โดยไม่ได้ชี้เฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือหรือกระบวนการเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ผลจากการทำ What If Analysis คือ รายการคำถามและคำตอบซึ่งชี้บ่งอันตรายที่เกี่ยวข้อง โดยทีมจะกำหนดผู้รับผิดชอบในการนำไปประเมินผลลัพธ์ที่ตามมา มาตรการป้องกันที่มีอยู่ และมาตรการลดและควบคุมความเสี่ยง ถือได้ว่า What If Analysis เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบและการปรับปรุงแก้ไขระบบเก่า จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งเพราะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบต่างๆ ได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบ

4.1.4 เทคนิคการใช้แบบตรวจสอบ (Checklist Technique) คือ เทคนิคการชี้บ่งอันตรายโดยการใช้แบบตรวจสอบ (checklist) ในการค้นหาอันตราย ซึ่งแบบตรวจสอบจะประกอบด้วยหัวข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน เพื่อตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรฐานการออกแบบ วิธีการปฏิบัติงานที่กำหนดหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลจากการตรวจสอบมาทำการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง แบบตรวจสอบมี 2 ประเภท คือ แบบตรวจสอบทั่วไป (general checklist) หมายถึง แบบตรวจสอบที่ไม่ชี้เฉพาะเจาะจง เช่น แบบตรวจสอบตามกฎหมาย เป็นต้น และแบบตรวจสอบพิเศษ (special checklist) หมายถึง แบบตรวจสอบที่สร้างขึ้นเอง โดยผู้มีประสบการณ์เพื่อให้ครอบคลุมทุกประเด็นปัญหาความปลอดภัยที่มีอยู่ของสถานประกอบการนั้นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจสอบการปฏิบัติงานนั้นต้องตรวจการปฏิบัติของทุกหัวข้อคำถามที่กำหนดไว้ในแบบตรวจ จากนั้นจึงนำหัวข้อที่มิได้ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ครบถ้วนมาทำการชี้บ่งอันตราย โดยการระบุรายละเอียดว่า “จะเกิดอันตราย หรือมีผลที่เกิดขึ้นตามมาอะไรได้บ้าง ใครที่ได้รับผลกระทบจากอันตรายนั้น และเหตุการณ์สามารถลุกลามออกไปได้มากน้อยแค่ไหน” จากนั้นวิเคราะห์มาตรการควบคุมป้องกันที่มีอยู่หรือต้องการเพิ่มเติมมาตรการป้องกันอื่นๆ แล้วจึงประเมินความเสี่ยง

4.1.5 เทคนิค Event Tree Analysis หรือ ETA คือ เทคนิคการชี้บ่งอันตรายเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุการณ์แรกเกิดขึ้น โดยคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อวิเคราะห์หาผลสืบเนื่องที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เสียหายหรือพนักงานปฏิบัติงานผิดพลาด รวมทั้งยังเป็นการตรวจสอบระบบความปลอดภัยที่มีอยู่และประเมินอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ผิดพลาดหรือกระบวนการที่ผิดพลาดอีกด้วย

4.1.6 เทคนิคแผนภูมิต้นไม้ Fault Tree Analysis หรือ FTA เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการเขียนโครงร่างแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น (cause and effect) โดยกำหนดให้ส่วนบนสุดของโครงร่าง (top event) เป็นความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุที่สนใจและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุดเมื่อพบว่าเหตุการณ์ที่วิเคราะห์นั้นเป็นผลเนื่องมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรและอุปกรณ์หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน เป็นต้น

4.2 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์หาสาเหตุพื้นฐานที่เป็นตัวแทนของแต่ละสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ โดยผลการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของระดับความเสี่ยงซึ่งหาได้จากผลคูณของโอกาสและความรุนแรงของแต่ละสถานการณ์ ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงตามกฎหมายของประเทศไทย สามารถสรุปได้ว่าประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) วิเคราะห์หาสาเหตุพื้นฐานที่เป็นตัวแทนของแต่ละสถานการณ์ ซึ่งในที่นี้เรียกว่าสาเหตุพื้นฐานหลัก (2) ประเมินโอกาสของการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดจากสาเหตุพื้นฐานหลักนั้นๆ และ (3) คำนวนระดับความเสี่ยงของแต่ละสถานการณ์

งานวิจัยนี้ได้ประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิคการชี้บ่งอันตราย 2 เทคนิค คือ เทคนิค What If Analysis เพื่อชี้บ่งอันตรายต่อการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทยและเทคนิคแผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตราย

What If Analysis เป็นกระบวนการศึกษา วิเคราะห์เพื่อชี้บ่งอันตรายในการดำเนินงานจากการตั้งคำถาม “อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า” เทคนิคนี้เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่ง่ายอีกวิธีหนึ่งสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ทุกชนิดและกิจกรรมทุกประเภท เช่น ท่อและระบบท่อรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่บนท่อ ระบบควบคุมระบบสื่อสาร ระบบไฟฟ้า หรือกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ What If Analysis ยังสามารถใช้งานได้กับทุกขั้นตอนของการทำงาน (เกศินี, 2550)

ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยเทคนิค What If Analysis มีดังต่อไปนี้

1) ทบทวนการดำเนินงานเพื่อรวบรวมกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยกำหนดขอบเขตของการศึกษา แหล่งกำเนิดอันตราย พื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบเพื่อชี้บ่งอันตรายซึ่งคลอบคลุมทั้งในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ระเบิด สารเคมีหรือวัตถุอันตรายรั่วไหล บาดเจ็บ เจ็บป่วยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2) จัดทำคำถามในรูปแบบ “อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า” ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องให้เป็นระบบโดยครอบคลุมประเด็นดังนี้ ความล้มเหลวของเครื่องจักรอุปกรณ์ สภาพกระบวนการที่ผิดปกติ ความผิดพลาดของพนักงานที่ทำงาน การทำงานที่ไม่เป็นไปตามขั้นตอน อุบัติเหตุต่างๆ ในสถานที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง

3) พิจารณาอันตรายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากคำถามเหล่านั้น ซึ่งในที่นี้คืออันตรายที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บ การเจ็บป่วย สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สินเสียหาย รวมทั้งพิจารณามาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4) หาระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์และความรุนแรงของการเกิดเหตุการณ์เหล่านั้น โดยใช้หลักเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยโอกาสในการเกิดเหตุการณ์แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ โอกาสเกิดน้อยมาก น้อย ปานกลาง ค่อนข้างสูง และสูง ซึ่งความรุนแรงของการเกิดเหตุการณ์แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ เล็กน้อยมาก เล็กน้อย ปานกลาง สูง และสูงมาก ทั้งนี้ระดับความรุนแรงของการเกิดเหตุการณ์พิจารณาจากผลกระทบ 4 ด้าน คือการบาดเจ็บ เจ็บป่วย สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สินเสียหาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 เกณฑ์การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาสในการเกิดน้อยมาก โดยไม่เคยเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการขุดเจาะฯ
2	มีโอกาสในการเกิดน้อย โดยเคยเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการขุดเจาะฯ
3	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง โดยเคยเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานที่อยู่ภายใต้การควบคุมการทำงานของบริษัท
4	มีโอกาสในการเกิดค่อนข้างสูง โดยเกิดขึ้นมากกว่า 3 ครั้งใน 1 ปี ในการปฏิบัติงานที่อยู่ภายใต้การควบคุมการทำงานของบริษัท
5	มีโอกาสในการเกิดสูง โดยเกิดขึ้นหลายครั้งใน 1 ปี บนแท่นขุดเจาะฯ

ที่มา: Drilling Rig (2009)

ตารางที่ 4 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด			
		การบาดเจ็บ	การเจ็บป่วย	สิ่งแวดล้อม	ทรัพย์สินเสียหาย
1	เล็กน้อยมาก	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยแต่ไม่จำเป็นต้องปฐมพยาบาล	มีการเจ็บป่วยโดยส่งผลกระทบเล็กน้อยต่อสุขภาพ เช่น ปวดหัว	ไม่มีหรือมีผลกระทบเล็กน้อยต่อสิ่งแวดล้อม	ทรัพย์สินเสียหายน้อยกว่า 2,000 เหรียญสหรัฐฯ
2	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อย ต้องปฐมพยาบาล	มีการเจ็บป่วยโดยส่งผลกระทบค่อนข้างเล็กน้อยต่อสุขภาพ เช่น ผื่นแดงตามผิวหนัง	มีผลกระทบเล็กน้อย หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเฉพาะที่	ทรัพย์สินเสียหายระหว่าง 2,000 – 10,000 เหรียญสหรัฐฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด			
		การบาดเจ็บ	**การเจ็บป่วย**	**สิ่งแวดล้อม**	**ทรัพย์สินเสียหาย**
3	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ หรือทำงานได้ไม่เต็มความสามารถ	มีการเจ็บป่วยถึงขั้นต้องหยุดงาน โดยส่งผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพ หรือทุพพลภาพบางส่วน	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั่วไป	ทรัพย์สินเสียหายระหว่าง 10,000 – 50,000 เหรียญสหรัฐฯ
4	สูง	มีการบาดเจ็บที่ต้องหยุดการทำงาน หรือทุพพลภาพ	มีการเจ็บป่วยถึงขั้นต้องหยุดงาน โดยส่งผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพ หรือทุพพลภาพ	มีผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมทั่วไป	ทรัพย์สินเสียหายระหว่าง 50,000 – 500,000 เหรียญสหรัฐฯ
5	สูงมาก	เสียชีวิต	เสียชีวิตเนื่องจากการเจ็บป่วย	ส่งผลให้เกิดภัยพิบัติ หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง	ทรัพย์สินเสียหายมากกว่า 500,000 เหรียญสหรัฐฯ

ที่มา: Drilling Rig (2009)

5) จัดระดับความเสี่ยงโดยใช้ผลคูณของระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์กับระดับความรุนแรงของเหตุการณ์นั้น ร่วมกับเกณฑ์การจัดระดับความเสี่ยงดังแสดงในตารางที่ 5 โดยถ้าระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบของแต่ละด้ านมีค่าต่างกัน ให้เลือกระดับความรุนแรงของด้านที่มีค่าสูงที่สุดมาใช้หาระดับความเสี่ยง ซึ่งเกณฑ์การประเมินโอกาส ความรุนแรงและการจัดระดับความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสี่ยงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับบริษัทที่เป็นเจ้าของแท่นขุดเจาะฯ โดยเกณฑ์ในการจัดระดับความเสี่ยงแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับความเสี่ยงต่ำ ปานกลางและสูง

ตารางที่ 5 เกณฑ์การจัดระดับความเสี่ยงและความหมายของแต่ละระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	ผลลัพธ์	ความหมาย
ต่ำ	1-5	ความเสี่ยงเล็กน้อย ทำงานได้ตามปกติโดยมีการเฝ้าระวังเพื่อควบคุมความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น
ปานกลาง	5-12	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ทำงานได้ตามปกติโดยต้องมีการเฝ้าระวังอย่างรัดกุมและทบทวนมาตรการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะต่ำได้ในทางปฏิบัติ กำหนดให้ทำการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JSA) ก่อนเริ่มงาน
สูง	15-25	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องมีการ หยุดการดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที กำหนดให้ทำการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Qualitative Risk Assessement) ก่อนเริ่มงาน

หมายเหตุ ผลลัพธ์ 5 นั้นสามารถจัดเป็นระดับความเสี่ยงต่ำหรือระดับความเสี่ยงปานกลางขึ้นอยู่กับระดับโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์นั้น โดยถ้าระดับความรุนแรงเป็น 1 และระดับโอกาสเป็น 5 จัดเป็นระดับความเสี่ยงต่ำ ในขณะที่ถ้าระดับความรุนแรงเป็น 5 และระดับโอกาสเป็น 1 จัดเป็นระดับความเสี่ยงปานกลาง

ที่มา: Drilling Rig (2009)

6. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

การเกิดเพลิงไหม้ เป็นปฏิกิริยาทางเคมีของเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดซ์ในสภาพที่เป็นแก๊สเกิดขึ้นปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เมื่อเกิดแล้วก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ มากมายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน ปฏิกิริยาการเผาไหม้เกิดจากการเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซออกซิเจนก่อให้เกิดความร้อนและแสงสว่างเป็นปริมาณมาก ปฏิกิริยาการเผาไหม้ต้องการปัจจัย 3 อย่างที่จะทำให้เกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเผาไหม้สมบูรณ์ ได้แก่ เชื้อเพลิง พลังงานความร้อน ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เกิด การเผาไหม้อย่างต่อเนื่องโดยอาศัยปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นตัวเชื่อมต่อองค์ประกอบทั้งสามเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง สิ่งหนึ่งที่สำคัญของความรุนแรงในการลุกไหม้ ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจน ถ้าปริมาณของออกซิเจนต่ำกว่า 15 % จะไม่สามารถจุดติดไฟได้ แต่ถ้าปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ 26 % อัตราการเผาไหม้จะเพิ่มเป็น 2 เท่าของสภาพปกติ

การเกิดเพลิงไหม้ เริ่มจากการเกิดไฟไหม้ขนาดเล็ก ๆ จนกระทั่งไฟขยายตัวไปยังเชื้อเพลิงที่อยู่ใกล้ ๆ หรือลุกลามไปตามผิวหน้าของวัสดุในห้องนั้น ทำให้เกิดความเสียหายและเกิดแสงสว่างจากเปลวไฟสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ก๊าซร้อนและควันเริ่มมีปริมาณมากขึ้น ไฟและควันไหลลามไปตามช่องว่างและรอยแตกของอาคารและลุกลามไปเรื่อย ๆ ถ้าไม่มีการดับเพลิง เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ก่อให้เกิดความสูญเสียต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นต้องหยุดการลุกลามของไฟ โดยอาศัยทฤษฎีในการดับเพลิงเข้ามาช่วยในการหยุดการลุกไหม้ของไฟ การแบ่งประเภทของไฟโดยแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดไฟแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้ (Ladwig, 1991)

ประเภท A เกิดจากเชื้อเพลิงพื้นฐานทั่ว ๆ ไปจำพวก ไม้ กระดาษ เสื้อผ้า พลาสติก ซึ่งเมื่อติดไฟจะสามารถดับด้วยการทำให้เย็นลง (Cooling) หรือ การชุบน้ำ (Quenching) หรือสารเคมีแห้งชนิดต่าง ๆ ได้

ประเภท B เกิดจากของเหลวไวไฟ (Flammable and Combustible Liquid) จำพวกสารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) แอลกอฮอล์ สี สารทำละลาย น้ำมันชนิดต่าง ๆ สามารถดับไฟได้ด้วยการปกคลุม (Blanketing) ทำให้คุกรุ่น (Smoldering) หรือการใช้สารทำลายการเกิดปฏิกิริยา

ประเภท C เป็นไฟที่เกิดขึ้นและมีกระแสไฟฟ้ารวมอยู่ด้วย จึงต้องการสารดับเพลิงที่ไม่นำไฟฟ้ามาทำอันตรายกับผู้ทำการดับเพลิง สามารถดับเพลิงโดยการทำให้อุณหภูมิลดลง หรือการใช้สารทำลายการเกิดปฏิกิริยา

ประเภท D เกิดจากเชื้อเพลิงในกลุ่มโลหะเกิดการติดไฟ ซึ่งต้องการการดับเพลิงด้วยสารเคมีแห้งชนิดพิเศษที่สามารถปกคลุมและทนต่อความร้อนสูงที่เกิดจากเปลวเพลิงของเชื้อเพลิงในกลุ่มนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ทฤษฎีเกี่ยวกับการดับเพลิง

การดับเพลิง คือ การหยุดการสันดาปของเชื้อเพลิงโดยการตัดแยกองค์ประกอบต่างๆ ที่เกิดเพลิงไหม้เพื่อควบคุมการเผาไหม้หรือทำให้การเผาไหม้ไม่เป็นไปตามปฏิกิริยาลูกโซ่เพื่อหยุดการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง การเลือกใช้อุปกรณ์ดับเพลิงมีความสำคัญมากซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของเพลิงโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากการดับเพลิง ความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ทรัพย์สินที่อาจเกิดเพลิงไหม้ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

7.1 กลไกการดับเพลิง (Extinguishment Mechanisms) การระงับอัคคีภัยเน้นการตัดองค์ประกอบที่สามารถทำให้เกิดการลุกไหม้ของไฟทั้ง 4 องค์ประกอบ ดังนี้

7.1.1 การลดความร้อน (Heat Reduction) ทำได้โดยการฉีดสารดับเพลิงที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนออกไปจากแหล่งเพลิงไหม้และป้องกันเชื้อเพลิงที่อยู่ใกล้เคียงไม่ให้ติดไฟด้วย เช่น ระบบดับเพลิงหัวกระจายน้ำอัตโนมัติ (Sprinkler system) ระบบดับเพลิงแบบหมอกน้ำ (Water mist system) เป็นต้น

7.1.2 การแยกออกซิเจน (Oxygen Deprivation) ทำได้โดยการแทนที่ก๊าซออกซิเจนโดยสารอื่นที่ไม่ติดไฟ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารสะอาดดับเพลิงประเภทก๊าซเฉื่อย เป็นต้น โดยการฉีดก๊าซให้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ป้องกันทั้งหมด ซึ่งเรียกว่าวิธีฉีดท่วม (Total Flooding)

7.1.3 การตัดเชื้อเพลิงออก (Fuel Removal) ทำได้โดยการตัดเชื้อเพลิงออกมาจากเพลิงไหม้นั้น เช่น การปิดวาล์วของท่อก๊าซหรือท่อน้ำมันเพื่อตัดเชื้อเพลิงออกจากบริเวณไฟไหม้ การใช้กำแพงทนไฟเพื่อป้องกันการลามไฟ การทาสีทนไฟหรือน้ำยากันไฟลงบนวัตถุติดไฟ เช่น ผนังไม้ พื้นไม้ เสาไม้ และสายไฟฟ้า เป็นต้น

7.1.4 การตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Breaking of Combustion Chain) เป็นการดับไฟโดยอาศัยสารเคมีประเภทต่างๆ เข้าไปยับยั้งการเกิดปฏิกริยาระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจน เช่น สารดับเพลิงประเภทฮาลอน สารสะอาดดับเพลิงประเภทฮาโลคาร์บอน และ ผงเคมีแห้ง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 การเลือกสารเคมีในการดับเพลิง ต้องพิจารณาถึง 7 ปัจจัย ดังต่อไปนี้ (1) ประเภทของเชื้อเพลิงและไฟที่เกิดขึ้น (2) มูลค่าของทรัพย์สินที่ต้องการป้องกัน (3) ลักษณะของพื้นที่ที่ป้องกันนั้น ๆ (4) ความสามารถในการดับเพลิงของสารดับเพลิงแต่ละประเภท (5) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการใช้สารดับเพลิงนั้น (6) ความต่อเนื่องในการทำงานภายหลังการดับเพลิง และ (7) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายหลังการดับเพลิง

8. การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง เหมาะสำหรับการดับเพลิงในพื้นที่ป้องกันที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือทรัพย์สินที่มีมูลค่าสูงและมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ โดยระบบนี้จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับทรัพย์สิน ซึ่งปกติพื้นที่ป้องกันนั้นจะต้องไม่มีคนปฏิบัติงาน (คณะอนุกรรมการมาตรฐานป้องกันอัคคีภัย, 2551)

คุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ไม่มีสีไม่มีกลิ่น ไม่นำไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นก๊าซที่เหมาะสมกับการดับเพลิง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ 1.5 เท่า โดยหลักการดับเพลิงคือการทำให้ปริมาณของก๊าซออกซิเจนหรือปริมาณไอของเชื้อเพลิงในอากาศลดลงจนถึงจุดที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงสามารถดับไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงประเภท B และ C ได้

8.1 ประเภทของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

8.1.1 ระบบความดันต่ำ (Low Pressure System) เป็นระบบที่มีการบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังบรรจุภายใต้ความดัน 2,068 กิโลปาสคาล (300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โดยมีการรักษาอุณหภูมิไว้ที่ -18 ^{o}C (0^{o}F) ตลอดเวลา

8.1.2 ระบบความดันสูง (High Pressure System) ระบบนี้จะมีการบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในถังบรรจุภายใต้ความดัน 5,860 กิโลปาสคาล (850 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ที่อุณหภูมิ 21^{o}C (70^{o}F)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.2 วิธีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งระบบความดันต่ำและความดันสูง จะมีวิธีการฉีดทั้งหมด 4 วิธี ดังนี้

8.2.1 การฉีดเฉพาะ (Local Application) เป็นการฉีดก๊าซผ่านท่อก๊าซ ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซอย่างถาวรไปยังจุดหรือตำแหน่งที่เกิดเหตุเท่านั้น

8.2.2 การฉีดท่วม (Total Flooding) ลักษณะของการฉีดก๊าซแบบนี้นั้น จะมีการติดตั้งท่อจ่ายก๊าซเชื่อมต่อกับถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซอย่างถาวร โดยจะฉีดปริมาณก๊าซที่มีอยู่ทั้งหมดเข้าไปในพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้ พื้นที่ที่จะใช้กับการฉีดแบบนี้จะต้องเป็นพื้นที่ปิดล้อม ในกรณีถ้ามีช่องเปิดว่างที่อยู่ภายในห้องนั้น จะต้องมีการคำนวณหาปริมาณก๊าซชดเชยในส่วนที่กระจายผ่านช่องเปิดออกไปยังนอกพื้นที่ด้วย

8.2.3 การฉีดโดยใช้สายฉีด (Hand-Held Hose Lines) เป็นการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านสายฉีดก๊าซ ทั้งที่เป็นสายฉีดแบบพับและสายฉีดแบบม้วน ซึ่งมีการติดตั้งท่อจ่ายก๊าซต่อเชื่อมระหว่างถังบรรจุก๊าซและสายฉีดเป็นการถาวร ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต้องเพียงพอที่จะฉีดได้อย่างน้อย 1 นาที

8.2.4 ระบบท่อยืนและถังบรรจุก๊าซเคลื่อนที่ (Standpipe Systems and Mobile Supply) ท่อจ่ายก๊าซจะถูกต่อเข้ากับระบบท่อยืน เพื่อต่อเข้าไปเชื่อมกับหัวฉีดก๊าซทั้งที่เป็นแบบการฉีดเฉพาะที่ การฉีดแบบท่วม และการฉีดด้วยสายฉีด แต่ท่อจะต่อเข้ากับถังบรรจุก๊าซจะถูกปล่อยไว้เมื่อมีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นจึงจะนำถังบรรจุก๊าซแบบเคลื่อนที่เข้ามาต่อที่ปลายท่อเพื่อจ่ายก๊าซเข้าไปในระบบต่อไป

8.3 ข้อพิจารณาในการใช้งานระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีดังต่อไปนี้

8.3.1 ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีข้อได้เปรียบในการใช้งาน คือ เมื่อคำนึงถึงการดับเพลิงที่เกิดกับเชื้อเพลิงประเภท C ซึ่งไม่ต้องการให้เกิดการนำไฟฟ้าเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าขณะทำการดับเพลิง และเมื่อคำนึงถึงการทำความสะอาดสถานที่ภายหลังการฉีดก๊าซแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.3.2 ประเภทของอันตรายและอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการดับเพลิงที่เกิดขึ้น คือ ของเหลวไวไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สะพานไฟฟ้า อุปกรณ์ตัดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนและเชื้อเพลิงเหลวชนิดอื่นๆ เชื้อเพลิงทั่วไป เช่น กระดาษ ไม้ และเส้นใยผ้า และของแข็งติดไฟ

8.3.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถใช้ดับเพลิงที่เกิดจากวัสดุต่างๆ ดังต่อไปนี้ สารเคมีที่มีความสามารถผลิตออกซิเจนได้เองเมื่อติดไฟ เช่น Cellulose nitrate โลหะติดไฟ เช่น Sodium, Potassium, Magnesium, Titanium และ Zircromium และวัสดุประเภท Metal Hydrides

8.4 ความปลอดภัยต่อชีวิต (Personnel Safety) การฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการดับเพลิงนั้น ต้องคำนึงเรื่องความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในขณะฉีดก๊าซ ซึ่งจะมีอันตรายต่อชีวิต เนื่องจากการขาดออกซิเจนในการหายใจและหมอกที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ยากต่อการมองเห็นด้วย ห้องหรือพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะต้องอยู่ใกล้และอยู่ภายนอกพื้นที่ที่ทำการป้องกัน ข้อพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อชีวิต ดังนี้

8.4.1 ป้ายคำเตือน (Warning Sign) แผ่นป้ายคำเตือนควรจะต้องมีข้อความและติดตั้งใน 5 พื้นที่เป็นดังแสดงในภาพที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ก)

คำเตือน
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
เมื่อสัญญาณเตือนภัยดังขึ้นให้ออกจากพื้นที่โดยเร็ว

(ข)

คำเตือน
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
เมื่อสัญญาณเตือนภัยดังขึ้น อย่าเข้าไปภายในห้อง

(ค)

คำเตือน
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ฉีดในพื้นที่ใกล้เคียงสามารถสะสมในนี้ได้
เมื่อสัญญาณเตือนภัยดังขึ้น ให้อพยพออกโดยเร็ว

(ง)

คำเตือน
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ระบายอากาศในพื้นที่ก่อนเข้า
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงในพื้นที่นี้
อาจทำให้ขาดอากาศหายใจ

(จ)

คำเตือน
อุปกรณ์นี้ทำงานจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ฉีด
ก่อนการใช้อุปกรณ์นี้ จะต้องไม่มีคนอยู่ในพื้นที่นี้

ภาพที่ 4 ป้ายคำเตือนที่จำเป็นสำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงที่ใช้ติดตั้งในแต่ละพื้นที่ (ก) ติดตั้งที่พื้นที่ที่ฉีดก๊าซ (ข) ติดตั้งทุกทางเข้าของพื้นที่ที่ฉีดก๊าซ (ค) ติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่หรือห้องที่อาจจะมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ง) ติดตั้งที่ด้านนอกทางเข้าห้องเก็บถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (จ) ติดตั้งในทุกพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์สั่งระบบทำงานด้วยมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.4.2 ระบบสัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้า (Pre-Discharge Alarm) สัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าจะมีการฉีดหน่วงเวลาให้พอเพียงต่อการอพยพคนในพื้นที่ก่อนที่จะมีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ป้องกัน สัญญาณเตือนภัยแบบใช้เสียงและแบบใช้สายตาจะต้องทำงานเมื่อสัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าดังขึ้น ยกเว้นในกรณีที่มีการสั่งให้ระบบทำงานด้วยอุปกรณ์มือฉุกเฉิน สัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าจะต้องมีเสียงดังมากกว่า 15 เดซิเบลของระบบเสียงรบกวนรอบข้างพื้นที่ หรือมากว่าอย่างน้อย 5 เดซิเบล ของระบบเสียงรอบข้างที่ดังที่สุด โดยกำหนดให้เลือกใช้ค่าของระดับเสียงดังที่สุด ซึ่งจะต้องทำการวัดระดับเสียงที่ระดับสูงจากพื้น 1.50 m ภายในพื้นที่ทำงาน สัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าจะต้องมีระดับเสียงไม่เกิน 120 เดซิเบล ที่ตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดในการได้ยินเสียง และจะต้องมีระดับเสียงไม่น้อยกว่า 90 เดซิเบล ที่ระยะห่าง 3 m

8.5 การตรวจจับ การสั่งงาน และการควบคุม (Detection Actuation Control)

8.5.1 การตรวจจับ (Detection) การตรวจจับสามารถที่จะเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) และอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ (Flame Detector) เป็นต้น โดยที่อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องได้รับการรับรองมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากสถาบันที่เชื่อถือได้

8.5.2 ประเภทของการสั่งงาน (Actuation Type) อุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติที่ใช้ในระบบจะต้องได้รับใบรับรองจากสถาบันทดสอบที่น่าเชื่อถือได้ โดยอุปกรณ์ตรวจจับเหล่านี้อาจใช้วิธีการตรวจจับต่าง ๆ เช่น ความร้อน ควันไฟ เปลวไฟ ไอเผาไหม้ หรืออุปกรณ์ตรวจจับสิ่งผิดปกติอื่น ๆ ระบบจะจัดแบ่งประเภทเป็นอัตโนมัติและแบบมือปกติ ตามวิธีการสั่งงานดังต่อไปนี้

ก. การทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic) เป็นการทำงานของระบบโดยไม่ต้องใช้คนควบคุม

ข. การทำงานแบบมือปกติ (Normal Manual) เป็นการทำงานแบบนี้จะใช้มือในการสั่งงานผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการป้องกัน เมื่อกระตุ้นอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานจะสั่งงานระบบทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. การทำงานแบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) การทำงานโดยใช้มือเปิดกลไกที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน เพื่อสั่งงานให้ระบบทำงาน เช่น อุปกรณ์เปิดหัวถังฉุกเฉิน เป็นต้น

8.5.3 อุปกรณ์สั่งงาน (Operating Devices) อุปกรณ์สั่งงานรวมทั้งอุปกรณ์ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือวาล์ว อุปกรณ์ควบคุมการฉีด และอุปกรณ์ปิดระบบ ต้องได้รับใบรับรองการทดสอบจากสถาบันที่เชื่อถือได้ อุปกรณ์ทำงานด้วยมือสามารถดึงได้ด้วยแรงไม่เกิน 178 นิวตัน และติดตั้งสูงจากพื้นไม่เกิน 1.20 m จะต้องมีการติดป้ายแสดงวิธีการใช้และบอกหน้าที่ของอุปกรณ์ทำงานด้วยมือ อุปกรณ์เตือนภัยจะมีหน้าที่เตือนบุคคลไม่ให้เข้าในพื้นที่อันตราย

8.5.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Sources) แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักที่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบการควบคุมและการทำงานของระบบจะต้องมีกำลังพอและมีความน่าเชื่อถือได้ จะต้องมีการจัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับระบบ โดยที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองจะต้องจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 30 วินาที ภายหลังจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักเสีย หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักจ่ายไฟฟ้าต่ำกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณไฟฟ้าที่ระบบต้องการ อีกทั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองจะต้องมีประสิทธิภาพในการจ่ายกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดภายในระบบที่ทำงาน ภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และต้องสามารถจ่ายกำลังฟ้าให้กับอุปกรณ์จ่ายก๊าซตลอดระยะเวลาการทำงาน ต้องจัดให้มีอุปกรณ์เตือนด้วยเสียงและอุปกรณ์แสดงผลสำหรับแสดงการทำงานของระบบและสถานะความต้องการการประจุแบตเตอรี่ อีกทั้งอุปกรณ์เตือนด้วยเสียงจะต้องดังเมื่อมีสัญญาณการสั่งงานอัตโนมัติกับระบบ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว

8.6 การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบและรักษาระบบให้มีความพร้อมในการใช้งานได้ตลอดเวลา โดยทำการตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบด้วยตาเปล่าทุกๆ 30 วัน และอย่างน้อยทุกๆ 1 ปี ต้องมีการตรวจสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ประกอบทั้งหมด สำหรับถังบรรจุก๊าซในระบบความดันสูงจะต้องมีการตรวจสอบน้ำหนักบรรจุภายในถังทุกๆ 6 เดือน และถ้าถังบรรจุก๊าซนั้นๆ มีน้ำหนักลดลงมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักก๊าซสุทธิที่ได้ออกแบบไว้ จะต้องทำการเติมก๊าซใหม่หรือเปลี่ยนใช้ถังสำรองทันที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับพื้นที่ที่จำกัด เช่นห้องเครื่องแท่นขุดเจาะฯ ต้องออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงให้เป็นระบบความดันสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบให้เป็นแบบระบบความดันสูงและมุ่งเน้นที่การป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดภายในห้องเครื่องโดยออกแบบวิธีฉีดก๊าซให้เป็นแบบฉีดท่วม (Total Flooding) สำหรับดับเพลิงภายในห้องเครื่องเนื่องจากมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับพื้นที่ใช้งานและประเภทของเชื้อเพลิงมากที่สุด ค่าที่ใช้ในการออกแบบระบบดับเพลิงเป็นไปตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS สำหรับการติดตั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems ข้อกำหนดที่ 2.2 Cabon Dioxide Systems หลักการออกแบบและวิธีการคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากลสำหรับการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems (2008) ซึ่งวิธีการคำนวณเพื่อหาจำนวนถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือโอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบ ดังนี้

1) คำนวณหาจำนวนถังของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง (N, ถัง)

$$N = M / w \quad (1)$$

เมื่อ M แทนปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการดับเพลิง (kg) และ w แทนปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุใน 1 ถัง (kg)

2) คำนวณหาปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการดับเพลิง (M, kg)

$$M = \frac{\text{Hazard Volume} \times \text{Design Concentration}}{\text{Specific } CO_2 \text{ Volume}} \quad (2)$$

เมื่อ Hazard Volume แทนปริมาตรของห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (m^3); Design Concentration (% V / V) และ Specific CO_2 Volume ($m^3/kg\ CO_2$) แทนค่าพารามิเตอร์ของความเข้มข้นขั้นต่ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเพียงพอต่อการดับเพลิงตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของความเข้มข้นขั้นต่ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเพียงพอต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดับเพลิงแบบวิธีฉีดท่วมสำหรับดับเพลิงภายในห้องเครื่องตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) สำหรับการติดตั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems ข้อกำหนดที่ 2.2 Carbon Dioxide Systems ข้อกำหนดย่อยที่ 2.2.1.2 และ 2.2.1.4 ดังนี้

$$\text{Design Concentration} = 35\ \%\ V / V$$

$$\text{Specific } CO_2 \text{ Volume} = 0.56\ m^3 / kg\ CO_2$$

3) คำนวณหาปริมาตรของห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (Hazard Volume, m^3)

$$\text{Hazard Volume} = W \times L \times H \qquad (3)$$

เมื่อ W แทนความกว้างของพื้นป้องกัน (m); L แทนความยาวของพื้นป้องกัน (m) และ H แทนความสูงของพื้นป้องกัน (m)

การกำหนดปริมาตรอาจสามารถลดขนาดได้ ถ้าภายในห้องมีปริมาตรของวัตถุอื่นอยู่ โดยสิ่งที่สามารถหักลดปริมาตรของขอบเขตที่จะป้องกัน คือ ปริมาตรของสิ่งที่สารดับเพลิงไม่สามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ เช่น เสาค้ำ ท่อหรือช่องที่ไม่ได้เปิดออกสู่บริเวณที่ป้องกัน ยกเว้นสิ่งที่ที่สามารถถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากบริเวณพื้นที่ป้องกันได้

4) คำนวณการเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องชดเชยเนื่องจากการปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องตามหลักการออกแบบมาตรฐานสากล NFPA 12 ซึ่งกำหนดว่าถ้าอุณหภูมิของพื้นที่ที่ออกแบบมีค่าสูงกว่า 200º F (93 ºC) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต้องเพิ่มขึ้น 1% ทุกๆ 5 ºF (2.8 ºC) ที่เพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิของพื้นที่ที่ออกแบบมีค่าต่ำกว่า 0 ºF (-18 ºC) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต้องเพิ่มขึ้น 1% ทุกๆ 1 ºF ที่ลดลง

5) คำนวณหาจำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง โดยต้องคำนวณ 2 แบบ คือคำนวณโดยใช้อัตราส่วนของอัตราการไหลของหัวฉีด (สมการที่ 4) และใช้อัตราส่วนของพื้นที่ที่หัวฉีดครอบคลุม (สมการที่ 5) เพื่อให้มีอัตราการไหลเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดและครอบคลุมทุกพื้นที่ ซึ่งในบางกรณีอัตราการไหลของหัวฉีดอาจครอบคลุมอัตราการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไหลของระบบแล้ว แต่อาจไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ซึ่งจะทำให้ฉีดไม่ทั่วถึง ดังนั้นในการคำนวณหาจำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงต้องคำนวณ 2 แบบโดยจะเลือกแบบที่มีจำนวนหัวฉีดสูงกว่า

$$\text{จำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์} = Q_{Total} / Q_{Nozzle} \quad (4)$$

เมื่อ Q_{Total} แทนอัตราการไหลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ (kg CO_2 / min) และ Q_{Nozzle} แทนอัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 หัวฉีด (kg CO_2 / min)

$$\text{จำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์} = A_{Room} / A_{Nozzle\ Coverage} \quad (5)$$

เมื่อ A_{Room} แทนพื้นที่ห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (m^2) และ $A_{Nozzle\ Coverage}$ แทนพื้นที่ที่หัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ครอบคลุม (m^2)

โดย Q_{Total} นี้เป็นอัตราการไหลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาตรฐานกำหนดสำหรับห้องเครื่องตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) สำหรับการติดตั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems ข้อกำหนดที่ 2.2 Carbon Dioxide Systems กำหนดให้ 85% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 ต้องถูกปล่อยไปในพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้ภายในระยะเวลา 2 นาที ทำให้ได้ว่า

$$Q_{Total} = \frac{M \times 0.85}{2} \quad (6)$$

9. การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

ระบบน้ำดับเพลิงแบบหมอกน้ำ เป็นระบบป้องกันอัคคีภัยที่มีการใช้การฉีดน้ำที่เป็นละอองฝอยละเอียดมาก ความละเอียดของละอองฝอยของหยดน้ำปริมาณมากทำให้เกิดเป็นสภาพเหมือนหมอก โดยมีคุณสมบัติในการควบคุมและการดับเพลิงได้ด้วยการลดความร้อนของเปลวไฟ การสกัดกั้นออกซิเจนโดยฝอยน้ำที่ระเหยเป็นไอ และกั้นรังสีความร้อน ระบบหมอกน้ำดับเพลิงถูกใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานอย่างกว้างขวางกับวัตถุประสงค์ในการป้องกันอัคคีภัยแบบต่างๆ ดังนี้ การดับเพลิง การหยุดยั้งเพลิงไหม้ การควบคุมเพลิงไหม้ การควบคุมอุณหภูมิ และการป้องกันพื้นที่โดยรอบ (คณะอนุกรรมการมาตรฐานป้องกันอัคคีภัย, 2551) ซึ่งระบบหมอกน้ำดับเพลิงสามารถดับไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงประเภท A B และ C ได้

9.1 การป้องกันอันตรายต่อบุคคล อุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่อบุคคลทั้งหมดจะต้องมีการจัดเตรียมพร้อมอยู่เสมอเพื่อให้สามารถใช้งานได้ในกรณีที่มีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการอพยพคนที่ติดอยู่ในจุดอับอย่างรวดเร็ว การป้องกันไม่ให้คนเข้ามาพื้นที่อันตราย และการเตรียมการช่วยเหลือฉุกเฉินสำหรับคนที่ติดอยู่ในจุดอับ

9.2 วิธีการฉีดหมอกน้ำดับเพลิงมีทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

9.2.1 การฉีดเฉพาะ (Local Application) เป็นการฉีดหมอกน้ำผ่านท่อน้ำ ซึ่งมีการเชื่อมต่อหัวฉีดหมอกน้ำอย่างถาวรไปยังจุดหรือตำแหน่งที่เกิดเหตุเท่านั้น

9.2.2 การฉีดท่วม (Total Flooding) ลักษณะของการฉีดหมอกน้ำแบบนี้จะมีการติดตั้งท่อจ่ายน้ำและหัวฉีดหมอกน้ำอย่างถาวร โดยจะฉีดหมอกน้ำเข้าไปในพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้ทั้งหมด

9.2.3 การฉีดแบบแบ่งโซน (Zone Flooding) ลักษณะการฉีดหมอกน้ำแบบนี้จะคล้ายกับการฉีดท่วม แต่ว่าการออกแบบมีแบ่งพื้นที่ให้เป็นโซน โดยจะฉีดหมอกน้ำเข้าไปในพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้แต่ละโซน

9.3 ส่วนประกอบของระบบ (System Components) ดังนี้

9.3.1 ระบบท่อ (Piping and Fitting) ท่อและข้อต่อที่ใช้ในระบบหมอกน้ำดับเพลิงนี้จะต้องสามารถทนต่อความดันของการใช้งานสำหรับประเภทของความดันระบบแต่ละแบบได้เป็นอย่างดี ท่อและข้อต่อจะต้องสามารถทนต่อความดันใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 12.1 บาร์ (175 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อนขึ้นกับท่อและข้อต่อ การป้องกันการกัดกร่อน เช่น การใช้วัสดุทนทานต่อการกัดกร่อนหรือการทาสีทนทานการกัดกร่อนจะต้องถูกพิจารณาใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.3.2 หัวฉีด (Discharge Nozzle) หัวฉีดสำหรับระบบหมอกน้ำดับเพลิง จะต้องผ่านการทดสอบและได้รับมาตรฐานรับรองจากสถาบันที่เชื่อถือได้ โดยที่หัวฉีดจะต้องมีการบ่งบอกรายละเอียดต่างๆ ลงบนหัวฉีดอย่างถาวร เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ รุ่น ขนาดของช่องฉีด (Orifice) เป็นต้น การเก็บสำรองหัวฉีดตามอุณหภูมิและแบบ จะต้องกระทำดังต่อไปนี้ กรณีระบบมีหัวฉีดติดตั้งน้อยกว่า 50 หัวฉีด จะต้องสำรองไม่น้อยกว่า 3 หัวฉีด กรณีระบบมีหัวฉีดติดตั้งเท่ากับ 50 หัวฉีด ถึง 300 หัวฉีด จะต้องสำรองไม่น้อยกว่า 6 หัวฉีด กรณีระบบมีหัวฉีดติดตั้งเท่ากับ 301 หัวฉีด ถึง 1,000 หัวฉีด จะต้องสำรองไม่น้อยกว่า 12 หัวฉีด และกรณีระบบมีหัวฉีดติดตั้งมากกว่า 1,000 หัวฉีด จะต้องสำรองไม่น้อยกว่า 24 หัวฉีด

9.3.3 วาล์ว (Valve) วาล์วที่ใช้ในระบบจะต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล และจะต้องเป็นวาล์วที่ออกแบบมาเพื่อใช้ได้กับการทำงานในระบบหมอกน้ำดับเพลิงเท่านั้น และจะต้องสามารถทนความดันใช้งานได้สูงสุดตามที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละประเภทความดันระบบ แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 12.1 บาร์ (175 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

9.3.4 ถังบรรจุน้ำและก๊าซ (Gas & Water Container) ถังบรรจุน้ำและก๊าซจะต้องผลิตทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวถังให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASME หรือ US-DOT (US-Department of Transportation) หรือสถาบันที่น่าเชื่อถืออื่นๆ ถังบรรจุความดันทุกถังจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยเพื่อระบายความดันส่วนที่เกินออกไป อุปกรณ์วัดระดับน้ำที่อยู่ด้านนอกตัวถังบรรจุน้ำจะต้องมีการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้จากความเสียหายทางกล เช่น การกระแทก หรือการชน เป็นต้น ถังบรรจุน้ำหรือแหล่งจ่ายน้ำจะต้องสามารถจ่ายน้ำเพื่อใช้ในระบบหมอกน้ำดับเพลิงได้ไม่น้อยกว่า 30 นาที

9.3.5 ระบบเครื่องสูบน้ำ (Water Pump Systems) การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในระบบหมอกน้ำดับเพลิงจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ โดยที่ประเภทของเครื่องสูบน้ำ ความดัน และอัตราการไหลของเครื่องสูบจะต้องถูกต้องตรงตามการใช้งานของระบบหมอกน้ำดับเพลิง การทำงานของเครื่องสูบน้ำจะต้องเป็นไปโดยอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณสั่งงานมาจากระบบควบคุมสั่งให้เครื่องสูบทำงานและต้องสามารถสั่งงานได้ด้วยมือ (Manual) ในกรณีที่ระบบควบคุมขัดข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.3.6 ระบบเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องอัดอากาศเพื่อใช้ในระบบหมอกน้ำดับเพลิงจะต้องถูกออกแบบและผลิตเพื่อใช้กับระบบดับเพลิงเท่านั้น โดยขนาดการอัดอากาศจะต้องมีขนาดเพียงพอต่อความต้องการของระบบหมอกน้ำดับเพลิง

9.3.7 ระบบตรวจจับและควบคุม (Detection & Control System) อุปกรณ์ตรวจจับและควบคุม จะต้องได้รับรองจากสถาบันที่เชื่อถือได้ การติดตั้งระบบตรวจจับและควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเกี่ยวกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบการควบคุมจะต้องมีทั้งที่เป็นแบบทำงานอัตโนมัติ แบบทำงานด้วยมือ และแบบทำงานด้วยมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) โดยเฉพาะแบบทำงานด้วยมือฉุกเฉินจะต้องเป็นการทำงานแบบจังหวะเดียวเพื่อสั่งงานให้ระบบทำงานทันที

9.4 การทดสอบระบบ (System Operational Test) โดยการให้ระบบทำงานจริงนั้นจะถูกพิจารณาให้กระทำเมื่อติดตั้งระบบเสร็จสิ้นโดยการทดสอบจริง เพื่อทำการตรวจสอบรูปแบบการฉีดของหัวฉีด การรั่วของระบบท่อและอุปกรณ์ประกอบ การอุดตันในหัวฉีดและภายในท่อ การทำงานของระบบโดยมีความสัมพันธ์กับอุปกรณ์หรือระบบอื่นๆ และการพิจารณาระบบที่ออกแบบกับสมรรถนะการทำงานของระบบจริง ในการทดสอบระบบจะต้องมีการทดสอบหน้าที่ (Functioning Test) การทำงานของอุปกรณ์ในระบบทุกตัว เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ทุกส่วนทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง

การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดภายในห้องเครื่องโดยออกแบบวิธีฉีดก๊าซให้เป็นแบบฉีดท่วม (Total Flooding) สำหรับดับเพลิงภายในห้องเครื่องเนื่องจากมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับพื้นที่ใช้งานและประเภทของเชื้อเพลิงมากที่สุด การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems , FSS Code (2007) ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS สำหรับการติดตั้งหมอกน้ำดับเพลิง ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 7 ที่มีชื่อว่า Fixed Pressure Water-Spraying and Water-Mist Fire-Extinguishing Systems หลักการออกแบบและวิธีการคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากลสำหรับการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems (2006) ซึ่งวิธีการคำนวณเพื่อหาหัวฉีดหมอกน้ำที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบหมอกน้ำดับเพลิงเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบเป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิง = $A_{Room} / A_{Spray\ Coverage}$ (7)

เมื่อ A_{Room} แทนพื้นที่ห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิง (m^2) และ $A_{Spray\ Coverage}$ แทนพื้นที่ที่หัวฉีดครอบคลุมได้ต่อ 1 หัวฉีด (m^2)

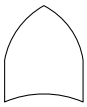
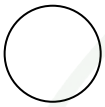
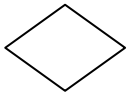
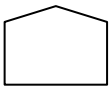
10. การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)

ความน่าเชื่อถือ (Reliability, R) หมายถึง ค่าที่ใช้แสดงว่าอุปกรณ์หรือระบบนั้นมีโอกาสที่จะทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 – 1 โดยค่าความน่าเชื่อถือที่สูงแสดงว่าอุปกรณ์หรือระบบนั้นมีโอกาสที่จะทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด ค่านี้ถือเป็นตัวแปรที่สำคัญในทุกระบบเนื่องจากในทางอุดมคติแล้วระบบต่างๆ จะต้องทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่มีความผิดพลาด (Failure) โดยโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Failure Probability, F) หมายถึง ค่าที่ใช้แสดงถึงโอกาสที่อุปกรณ์หรือระบบนั้นจะเกิดความเสียหายในช่วงเวลาที่กำหนด (ทวิช, 2548) ซึ่งอัตราการเสียหาย (Failure Rate, μ) หมายถึง ค่าความถี่ที่อุปกรณ์หรือระบบจะเกิดความเสียหายในช่วงเวลาที่กำหนด (Crowl and Louvar, 2002) ซึ่งค่า R F และ μ เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับเวลา ดังนั้นถ้ากล่าวว่า ระบบนี้มีค่า R เท่ากับ 0.95 จะเป็นคำกล่าวที่ไม่มีความหมาย เพราะไม่ได้มีการกำหนดช่วงเวลาในการทำงานของระบบนี้ คำกล่าวที่ถูกต้องคือ ระบบนี้มีค่า R เท่ากับ 0.95 ในช่วงเวลาการทำงานที่ 100 ชั่วโมง (ทวิช, 2548)

การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ใช้หลักการเขียนโครงร่างแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น (cause and effect) โดยกำหนดให้ส่วนบนสุดของโครงร่าง (Top Event) เป็นความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุที่สนใจและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นไปจนสิ้นสุดเมื่อพบว่าเหตุการณ์ที่วิเคราะห์นั้นเป็นผลเนื่องมาจากความบกพร่องของเครื่องจักร อุปกรณ์หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน การวิเคราะห์แบบนี้ทำให้ทราบถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับพีชคณิตบูลเลียน (Boolean Algebra) และข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเสียหายของอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ มาเป็นพื้นฐานสำคัญในการคำนวณ โดยสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิต้นไม้เป็นดังแสดงในตารางที่ 6 และขั้นตอนการทำแผนภูมิต้นไม้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate: สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยทุกตัว
	Or Gate: สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อย
	Basic Event: สาเหตุพื้นฐาน	เหตุการณ์ย่อยเกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งหมายถึงสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Fault Tree Event: เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event: เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event: เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

1) กำหนดส่วนบนสุดของโครงร่าง (Top event) โดยพิจารณากำหนดหัวข้อในการวิเคราะห์จะเป็นเหตุการณ์ที่เป็นอันตรายสูงสุดหรือไม่พึงปรารถนามากที่สุดเรียกว่า ส่วนบนสุดของโครงร่าง ซึ่งเขียนในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2) ประมวลหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดส่วนบนสุดของโครงร่างซึ่งเรียกว่าเหตุการณ์ย่อย (Event) โดยพิจารณาในลักษณะหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ ซึ่งสาเหตุเหล่านั้นสามารถแบ่งเป็น 3 กรณีคือ (1) สาเหตุที่เป็นเหตุการณ์ย่อยโดยเป็นเหตุการณ์ที่สามารถวิเคราะห์ต่อได้อีกแทนด้วยสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม (Fault Tree Event) (2) สาเหตุที่เป็นเหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้เป็นเหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุนแทนด้วยสัญญลักษณ์สี่เหลี่ยมรูปเพชร (Undevelop Event) และ (3) สาเหตุที่เป็นเหตุการณ์ภายนอกโดยเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ (External Event) ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยเหล่านี้อยู่ในลักษณะของแอนด์เกท (And Gate) หรือออร์เกท (Or Gate) ซึ่งหมายถึงเหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยทุกตัวหรือเหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อยตามลำดับ

3) การวิเคราะห์สิ้นสุดลงเมื่อพบเหตุการณ์ย่อยที่เป็นสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) ซึ่งเป็นเหตุการณ์ย่อยเกิดขึ้นได้ตามปกติและเป็นสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไปแทนด้วยสัญญลักษณ์วงกลม

เมื่อทำการวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดส่วนบนสุดของโครงร่างซึ่งถือเป็นเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาหรือเหตุการณ์ที่สนใจศึกษาด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้เสร็จสิ้นแล้ว จึงต้องมีการคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของเหตุการณ์นั้นโดยเริ่มต้นคำนวณจากด้านล่างสุดของโครงร่างแผนภูมิต้นไม้ซึ่งถือเป็นสาเหตุพื้นฐานขึ้นไปจนถึงส่วนบนสุดของโครงร่างซึ่งถือเป็นเหตุการณ์ที่สนใจ ซึ่งในการศึกษานี้หมายถึงเหตุการณ์ที่ระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดไม่ทำงาน โดยการคำนวณหาค่าความน่าเชื่อของแต่ละเหตุการณ์หามาจากสมการที่ 8 เมื่อ R แทนค่าความน่าเชื่อถือในช่วงเวลาที่กำหนด; μ แทนอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ต่อปี (Failures / year) และ t แทนระยะเวลาความเสียหายที่สนใจ (ปี) ซึ่งแต่ละเหตุการณ์จะมีความสัมพันธ์กันแบบ And Gate หรือ Or Gate โดยค่าความน่าเชื่อถือและอัตราการเสียหายหาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8 ซึ่งอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ต่อปี (Failures / year) เป็นค่าคงที่ดังแสดงในตารางที่ 9

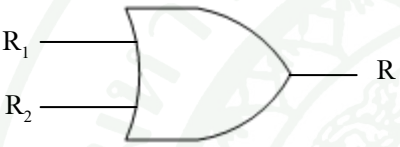
$$R = e^{-\mu t} \quad (8)$$

โอกาสในการเกิดความเสียหายสามารถหาได้จากสมการที่ 9 เมื่อ F แทนโอกาสในการเกิดความเสียหาย และ R แทนค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์หรือระบบนั้น

$$F = 1 - R \quad (9)$$

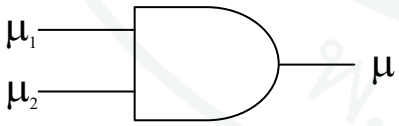
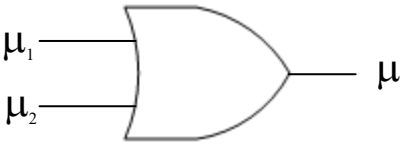
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 สมการทางคณิตศาสตร์ใช้หาค่าความน่าเชื่อถือของระบบ

ประเภทความสัมพันธ์ของเหตุการณ์	ค่าความน่าเชื่อถือ	
And Gate	$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$	(10)
	$R = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i)$	(11)
Or Gate		
	$R = R_1 \times R_2$	(12)
	$R = \prod_{i=1}^{n} R_i$	(13)

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ตารางที่ 8 สมการทางคณิตศาสตร์ใช้หาอัตราการเสียหายของระบบ

ประเภทความสัมพันธ์ของเหตุการณ์	อัตราการเสียหาย	
And Gate	$\mu = (-\ln R) / t$	(14)
		
Or Gate		
	$\mu = \mu_1 + \mu_2$	(15)
	$\mu = \sum_{i=1}^{n} \mu_i$	(16)

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่าอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ต่อปี (Failures / year)

รายการอุปกรณ์	Failures / year
Controller	0.29
Control valve	0.60
Flow Measurement (fluids)	1.14
Flow Measurement (solids)	3.75
Flow Switch	1.12
Gas-liquid Chromatograph	30.60
Hand Valve	0.13
Indicator lamp	0.044
Level Measurement (liquids)	1.70
Level Measurement (solids)	6.86
Oxygen Analysis	5.65
PH Meter	5.88
Pressure Measurement	1.41
Pressure Relief Valve	0.022
Pressure Switch	0.14
Solenoid Valve	0.42
Stepper Motor	0.044
Strip Chart Recorder	0.22
Thermocouple Measurement	0.52
Thermometer Measurement	0.027
Valve Positioner	0.44
Pump Failure	0.026
Valve Failure	0.026
Motor – operated	0.36
Solenoid	0.36
Air – operated	0.036
Check , failure to open	0.036

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	Failures / year
Relief , failure to open	0.0036
Electrical Hardware	**Failures / year**
Motor Failure	0.0086
Transformer , open / short	0.0086
Relay Failure to Energize	0.011
Circuit Breakers , Failure to Transfer	0.36
Limit Switch Failure	0.036
Torque Switch , Failure to Operate	0.036
Pressure Switch , Failure to Operate	0.036
Manual Switch , Failure to Operate	0.011
Battery Power Supply Failure	0.0026
Solid State Device failure	0.0086
Diesels , Failure to Start	10.8
Diesels , Failure to Run	8.6
Instrument , Failure to Operate	0.0086
Orifices	0.0044
Fire detector	0.09

ที่มา: Crowl and Louvar (2002); Bentley (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงเป็นไปตามมาตรฐานของ International Maritime Organization (IMO) ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล หลักการออกแบบและวิธีการคำนวณเป็นไปตามมาตรฐาน National Fire Protection Association (NFPA) มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยมาตรฐานดังนี้

11.1 International Maritime Organization (IMO) มาตรฐานสากลเกี่ยวกับการเดินเรือในทะเล โดยมุ่งเน้นเกี่ยวกับความปลอดภัยทางทะเล ซึ่งมีการจัดทำ แก้ไขปรับปรุงข้อกำหนดต่างๆ และบังคับใช้ในสากล ประกอบด้วยมาตรฐานย่อย 3 มาตรฐานคือ

11.1.1 International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS (2004) เป็นข้อกำหนดว่าด้วยความปลอดภัยต่อชีวิตในทะเล โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการทำสนธิสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับความปลอดภัยของเรือขนส่งสินค้าต่างๆ ฉบับแรกได้มีการนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1914 หลังจากเหตุการณ์โศกนาฏกรรมไททานิค และมีการแก้ไขปรับปรุงเรื่อยๆ ในปี ค.ศ. 1974 ได้มีการบังคับใช้อย่างจริงจัง โดยมาตรฐานนี้จะครอบคลุมถึงเรื่องความปลอดภัยและข้อกำหนดต่างๆ เกี่ยวกับความปลอดภัยทั้งหมดเกี่ยวกับเรือ ซึ่งรวมถึงแท่นขุดเจาะฯ การออกแบบระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิด สอดคล้องตามข้อกำหนดในส่วน Chapter II Part C ที่มีชื่อเรียกว่า Suppression of Fire โดยอยู่ในส่วน Regulation 10 ที่มีชื่อเรียกว่า Fire Fighting

11.1.2 International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) เป็นมาตรฐานย่อยของ SOLAS โดยกำหนดระบบความปลอดภัยต่อการป้องกันเพลิงไหม้และกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของการออกแบบระบบดับเพลิง การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงสอดคล้องตาม FSS Code ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อเรียกว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems และระบบหมอกน้ำดับเพลิงสอดคล้องตาม FSS Code ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 7 ที่มีชื่อเรียกว่า Fixed Pressure Water-Spraying and Water-Mist Fire-Extinguishing Systems

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11.1.3 Code for the Construction and Equipment for Mobile Offshore Drilling Units, MODU Code (2004) เป็นข้อกำหนดว่าด้วยการสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Mobile Offshore Drilling Units ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดของ SOLAS

11.2 National Fire Protection Association (NFPA) เป็นมาตรฐานสากลที่ว่าด้วยระบบดับเพลิงและความปลอดภัยที่นิยมใช้กันมากที่สุด ซึ่งมาตรฐาน NFPA จะครอบคลุมไปทุกเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบดับเพลิงและความปลอดภัย โดยจะแจกแจงไปตามหมายเลขรหัสของ NFPA (NFPA Code Number) ซึ่งมาตรฐาน NFPA ที่อ้างอิงในการออกแบบระบบดับเพลิงในการศึกษาวิจัยนี้ คือ NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems (2008) เป็นมาตรฐานที่ว่าด้วยการออกแบบระบบคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง และ NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems (2006) เป็นมาตรฐานที่ว่าด้วยการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศินี (2550) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What If และวิเคราะห์ผลกระทบกรณีการระเบิดของสารโทลูอีนในพื้นที่จัดเก็บแบบเปิดโล่งเพื่อวิเคราะห์ถึงความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการระเบิดรวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการสืบค้นหาแผนที่จังหวัดนครปฐมจากโปรแกรม Point Asia เพื่อนำมาแสดงแผนที่ของโรงงานและชุมชนใกล้เคียงที่ได้รับความเสียหายจากความดันที่เกิดเนื่องจากการระเบิดของโทลูอีนที่ระยะต่าง ๆ จากจุดเกิดเหตุ

อุเทน (2550) ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์ความเหมาะสมระบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับติดตั้งในห้องอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าแรงสูง 22 เควี โดยการออกแบบระบบดับเพลิง 3 ระบบ คือ ระบบดับเพลิงฮาโลคาร์บอนชนิดสาร HFC-125 ระบบดับเพลิงก๊าซเฉื่อยชนิดสาร IG – 541 และระบบดับเพลิงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้มาตรฐาน NFPA ในการออกแบบและประเมินความเสี่ยงของระบบดับเพลิงในแง่ความบกพร่องโดยวิธีแผนภูมิต้นไม้

วิภารัตน์ (2548) ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของระบบป้องกันอัคคีภัย ในการพิจารณาเลือกระบบดับเพลิงสำหรับติดตั้งห้องควบคุมระบบไฟฟ้า โดยการออกแบบระบบดับเพลิงสามระบบ คือ ระบบดับเพลิงฮาโลคาร์บอนชนิดสาร HFC-227ea ระบบดับเพลิงก๊าซเฉื่อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดสาร IG-541 และระบบดับเพลิงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้มาตรฐาน NFPA ในการออกแบบ และประเมินความเสี่ยงของระบบดับเพลิงในแง่ความบกพร่องโดยวิธีแผนภูมิต้นไม้

ชาญชัย (2548) ได้ทำการออกแบบและเปรียบเทียบระบบป้องกันอัคคีภัย สำหรับติดตั้งในห้องเก็บเอกสาร โดยการออกแบบระบบดับเพลิงสามระบบ คือ ระบบดับเพลิงแบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ระบบดับเพลิงสารสะอาดดับเพลิงประเภทก๊าซเฉื่อยชนิดสาร IG-541 และระบบดับเพลิงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้มาตรฐาน NFPA ในการออกแบบ และพัฒนาการใช้ Spreadsheet ช่วยในการออกแบบระบบดับเพลิงทั้งสามระบบ และพิจารณาเลือกระบบดับเพลิงโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดับเพลิงในเชิงเวลาของระบบดับเพลิง และเชิงค่าใช้จ่ายของการติดตั้งระบบดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลทั่วไปของแท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติและห้องเครื่องที่ศึกษา

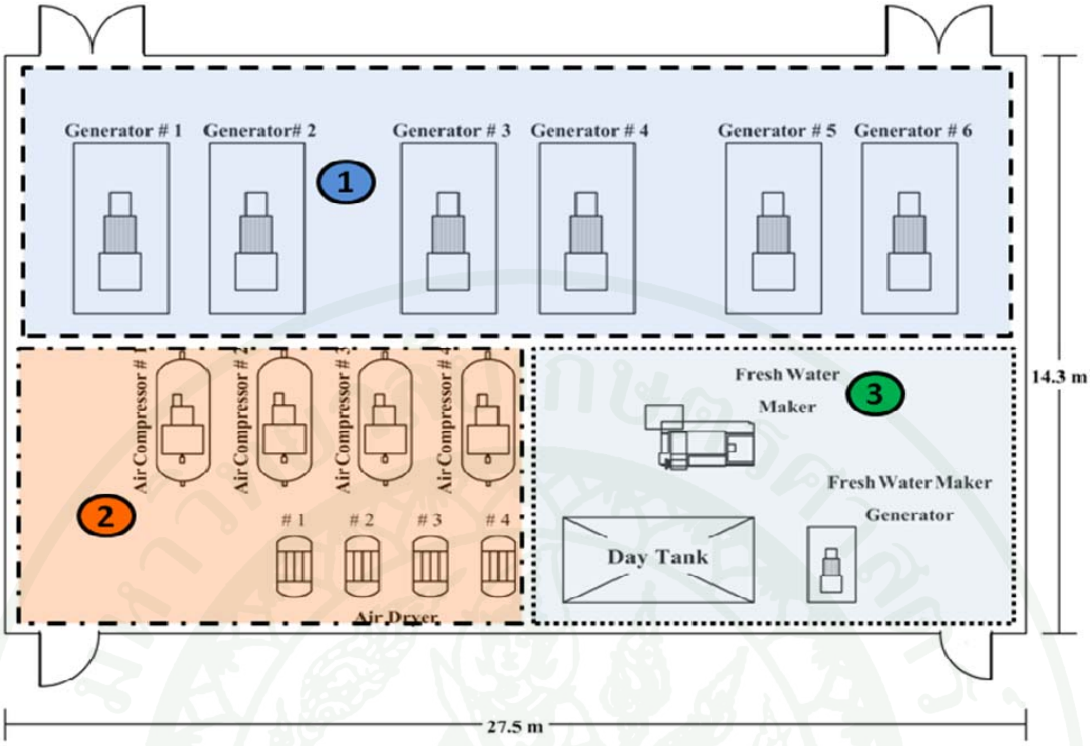
แท่นขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ

แท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทยที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นชนิด Barge – Tender โดยมีความกว้าง 27.4 m และยาว 97.5 m ซึ่งสามารถรองรับผู้ปฏิบัติงานได้สูงสุด 150 คน แท่นขุดเจาะฯ นี้มีความสามารถในการขุดเจาะที่ระดับความลึกของน้ำทะเลตั้งแต่ 9 m ถึง 250 m ซึ่งระดับความลึกในอ่าวไทยโดยเฉลี่ยคือ 90 m

ห้องเครื่อง

ห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge - Tender ในอ่าวไทยที่ได้ทำการศึกษามีขนาดกว้าง 14.3 m ยาว 27.5 m สูง 3.7 m โดยมีพื้นที่ขนาด 393.25 m^2 และปริมาตร 1,455.03 m^3 ซึ่งอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในห้องคือ 45.00 ºC โดยอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ติดตั้งในห้องเครื่องนี้คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) จำนวน 6 เครื่อง เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) จำนวน 4 เครื่อง เครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer) จำนวน 4 เครื่อง ถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank) จำนวน 1 ถัง เครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator) จำนวน 1 เครื่อง การจัดวางเครื่องจักรในห้องเครื่องที่ทำการศึกษาและการแบ่งพื้นที่เพื่อประเมินความเสี่ยงดังแสดงในภาพที่ 5 โดยมูลค่าโดยประมาณของเครื่องจักรที่ติดตั้งในห้องเครื่องเป็นดังแสดงในตารางที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การจัดวางเครื่องจักรในห้องเครื่องที่ศึกษาและการแบ่งพื้นที่เพื่อประเมินความเสี่ยงเป็น 3 ส่วน ซึ่งแสดงโดยตัวเลข 1 - 3 โดยเส้นประแสดงขอบเขตของแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 10 มูลค่าโดยประมาณของเครื่องจักรที่ติดตั้งในห้องเครื่องที่ศึกษา

เครื่องจักร	จำนวน	ราคาโดยประมาณ (เหรียญสหรัฐฯ)
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	6	3,317,610
เครื่องอัดอากาศ	4	272,000
เครื่องไล่ความชื้นของอากาศ	4	52,000
เครื่องทำน้ำจืดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด	1	397,075
ถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank)	1	1,000

ที่มา: Drilling Rig (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

การประเมินความเสี่ยงนี้ใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยในห้องเครื่อง เช่น การจัดการสารไวไฟ การทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อให้การประเมินความเสี่ยงของการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ที่ศึกษาเป็นไปอย่างครอบคลุมจึงแบ่งพื้นที่ในห้องเครื่องออกเป็น 3 พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งพื้นที่ 1 ครอบคลุมบริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) พื้นที่ 2 ครอบคลุมบริเวณเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer) และพื้นที่ 3 ครอบคลุมบริเวณเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator) และถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank)

การจัดระดับความเสี่ยงพิจารณาจากผลคูณของระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์กับระดับความรุนแรงของเหตุการณ์นั้นที่มีอาจมีผลกระทบต่อการบาดเจ็บ เจ็บป่วย สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สินเสียหาย เกณฑ์ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ และการจัดระดับความเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการจัดระดับความเสี่ยงตาม Risk Assessment Procedures (2009) สำหรับแท่นขุดเจาะฯ ในอ่าวไทยที่ได้ทำการศึกษาปัจจุบัน

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงและขั้นตอนการทำงานของระบบเป็นไปตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบความดันสูง วิธีการฉีดแบบฉีดท่วมสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องโดยตามมาตรฐานเป็นพื้นที่ที่เรียกว่า Machinery Space ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อเรียกว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems เป็นหลัก สำหรับหลักการออกแบบและวิธีคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากลคือ NFPA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงและขั้นตอนการทำงานของระบบเป็นไปตามมาตรฐาน International Code for Fire Safety Systems, FSS Code (2007) ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบความดันสูง วิธีการฉีดแบบฉีดท่วมสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องโดยตามมาตรฐานเป็นพื้นที่ที่เรียกว่า Machinery Space ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 7 ที่มีชื่อเรียกว่า Fixed Pressure Water-Spraying and Water-Mist Fire-Extinguishing Systems เป็นหลักสำหรับหลักการออกแบบและวิธีคำนวณเป็นไปตามมาตรฐานสากลคือ NFPA

การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability, R) และค่าโอกาสในการเกิดความเสียหาย (Failure Probability, F) มีค่าระหว่าง 0 – 1 ซึ่งค่า R ที่สูงบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของระบบดับเพลิงที่ดี ในขณะที่ค่า F ที่ต่ำบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดความเสียหายของระบบดับเพลิงที่ต่ำและอัตราการเสียหายของระบบ (Failure Rate, μ) พิจารณาจากจำนวนครั้งที่จะเสียหายใน 1 ปี ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดโดยใช้เทคนิคแผนภูมิต้นไม้ สำหรับค่า R ของแต่ละอุปกรณ์หาได้จากสมการที่ 8 ค่า R และค่า μ ของระบบดับเพลิงแต่ละชนิดหาได้จากสมการที่ 10 ถึง 13 และ สมการที่ 14 ถึง 16 ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยซึ่งเป็นแบบ And Gate หรือ Or Gate โดยที่ค่า F ของระบบดับเพลิงหาได้จากสมการที่ 9 ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยนี้พิจารณาค่า R F และ μ ของระบบที่สิ้นปีที่ 1 เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ คือ (1) ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องด้วยเทคนิค What If Analysis (2) ผลการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง และ (3) ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ระบบด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ ดังนี้

1. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตราย

จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายพบว่ามีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 40 เหตุการณ์ แบ่งเป็น 21 เหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 9 เหตุการณ์ต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย และ 10 เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดให้อุบัติเหตุอื่นๆ เช่น ทรัพย์สินเสียหาย หยุดการผลิต เป็นต้น ซึ่งเป็นเหตุการณ์ในพื้นที่ 1 บริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) จำนวน 17 เหตุการณ์ พื้นที่ 2 บริเวณเครื่งอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer) จำนวน 11 เหตุการณ์ และพื้นที่ 3 บริเวณเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator) และถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank) จำนวน 12 เหตุการณ์ ผลการประเมินความเสี่ยงแบ่งตามพื้นที่จากระดับความเสี่ยงสูงไประดับความเสี่ยงต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 11 สำหรับมาตรการป้องกันควบคุมอันตรายและข้อเสนอแนะเป็นไปตามภาพผนวก ก ตารางที่ ก1 ถึง ก3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลการประเมินความเสี่ยงแบ่งตามพื้นที่จากระดับความเสี่ยงสูงไประดับความเสี่ยงต่ำ

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
พื้นที่ 1				
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานนำสารไวไฟ เช่น กระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ไปทำงานในห้องเครื่อง [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา	3	4	ปานกลาง
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่องไม่เหมาะสม เช่น ไม่เก็บกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์หลังจากใช้งานเสร็จ [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา และกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ที่ถูกวางทิ้งไว้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อการสะดุดได้	3	4	ปานกลาง
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรต่างๆ เกิดการรั่วไหล [1]	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามีการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้น หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	3	4	ปานกลาง
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการทำงาน Hot Work ใกล้เคียงกับบริเวณเครื่องจักรที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ [1]	ประกายไฟที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าเครื่องจักรหรือพื้นที่บริเวณนั้นมีคราบน้ำมันติดอยู่	3	4	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
5. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มทำงานเองในขณะที่มีการซ่อมบำรุง	พนักงานที่ทำการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจได้รับอันตราย	3	4	ปานกลาง
6. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าน้ำมันเครื่องที่มีความร้อนหกใส่พนักงานขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บจากน้ำมันที่ร้อนทำให้เกิดการระคายเคืองหรือผิวหนังไหม้ได้	3	4	ปานกลาง
7. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังดับเพลิงที่ติดตั้งในห้องเครื่องไม่ทำงานตามปกติ [1]	เกิดความล่าช้าในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เพลิงลุกลามเกินกว่าควบคุม	2	4	ปานกลาง
8. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องจักรเกิดลัดวงจร [1]	อาจมีประกายไฟเกิดขึ้นทำให้เกิดการช็อตของเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2	4	ปานกลาง
9. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงเกินกำหนด	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ชำรุด เสียหาย ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	2	4	ปานกลาง
10. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าความดันน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำกว่ากำหนด	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ชำรุด เสียหาย ทำให้การปฏิบัติงานและการ	2	4	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
	สาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก			
11. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเกินพิกัด (อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงเกินกำหนดหรือความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่ากำหนด) โดยที่กริ่งสัญญาณเตือนไม่ทำงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	2	4	ปานกลาง
12. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าบริเวณข้อต่อท่อปล่อยไอเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารั่ว	ช่างเครื่องอาจสัมผัสกับไอเสียที่รั่วไหลออกมาซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรือได้รับบาดเจ็บจากการหมดสติ ถ้าทำงานอยู่บริเวณนั้น	3	2	ปานกลาง
13. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานเติมสารที่มีความเป็นกรดเพื่อทำความสะอาดระบบหล่อเย็นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	สารที่มีความเป็นกรดเป็นอันตรายต่อสุขภาพพนักงาน ทำให้ระคายเคืองต่อดวงตา ระบบทางเดินหายใจและทางเดินอาหาร หากสัมผัสทางผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคืองหรืออาจทำให้ผิวหนังไหม้ (CHEMWATCH, 2009)	2	3	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
14. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันของเครื่องจักรและบริเวณที่มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล [1]	น้ำมันที่ค้างตามถาดรองน้ำมันและที่กั้นป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิงติดไฟได้	1	4	ต่ำ
15. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานปีนหรือยืนบนส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อถอดประกอบชิ้นส่วนที่อยู่ด้านบนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บจากการพลัดตกลงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากเสียการทรงตัวหรืออุปกรณ์ไม่สามารถรองรับน้ำหนักได้ อาจทำให้อุปกรณ์เสียหายหรือชำรุด	2	2	ต่ำ
16. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ากริ่งสัญญาณเตือนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานแต่ไม่มีช่างเครื่องมาปิดสัญญาณและจัดการเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	3	1	ต่ำ
17. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจาก Supply Boat โดยตรงไปยังถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข 6 ซึ่งใช้เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการกรองแล้ว ไม่มีสิ่งเจือปนที่ล้นจาก Day Tank	น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการกรองแล้วในถังหมายเลข 6 ปนเปื้อนกับน้ำมันที่มีสิ่งเจือปนจาก Supply Boat ซึ่งถ้านำไปใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจ	1	3	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
	ก่อให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ			
พื้นที่ 2				
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องอัดอากาศที่มีความร้อนในขณะที่ซ่อมบำรุงบริเวณท่อส่งน้ำมันเข้าเครื่องอัดอากาศ	พนักงานสัมผัสกับน้ำมันหรือท่อส่งน้ำมันทำให้ผิวหนังไหม้หรือได้รับบาดเจ็บ	3	2	ปานกลาง
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานต้องสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องอัดอากาศอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานในขณะที่ซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศ	ผิวหนังของพนักงานอาจระคายเคืองหรือแพ้เนื่องจากการสัมผัส	3	2	ปานกลาง
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการไล่ลมออกจากท่อของเครื่องไล่ความชื้นของอากาศให้หมดก่อนซ่อมบำรุง	แรงดันลมที่ค้างสะสมในท่อ อาจทำให้เกิดการดันหรือระเบิดออก	1	4	ต่ำ
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าสายลมหลุดและสะบัดขณะใช้ปืนแรงดันลมทำความสะอาดตัวกรองของเครื่องอัดอากาศ	พนักงานได้รับบาดเจ็บจากสายลมที่หลุดและสะบัดใส่	3	1	ต่ำ
พื้นที่ 3				
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วเกิดการรั่วไหล	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามีการทำงานที่ก่อให้เกิด	2	4	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
	ประกายไฟอยู่บริเวณนั้น หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม			
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานต้องใช้ปืนแรงดันลมทำความสะอาดภายในเครื่องทำน้ำจืด	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บบริเวณดวงตาหรือใบหน้า ถ้ามีวัสดุหรือฝุ่นละอองต่างๆ ปลิวเข้า และอาจได้รับบาดเจ็บจากสายลมที่หลุดและสะบัดใส่	2	3	ปานกลาง
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าระดับน้ำทะเลในถังของเครื่องทำน้ำจืด สูงกว่าระดับที่กำหนด	น้ำทะเลอาจล้นออกจากเครื่องทำน้ำจืด ทำให้เครื่องต้องหยุดการทำงานระบบของเครื่องทำน้ำจืดเกิดความเสียหาย	1	4	ต่ำ
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการทำความสะอาดที่กั้นป้องกันการรั่วไหลบริเวณรอบถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว	น้ำมันที่ค้างบริเวณที่กั้นป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ติดไฟได้	1	4	ต่ำ
5. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงในถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วล้นหรือมีระดับสูงกว่าที่กำหนด ในกรณีที่มีการปฏิบัติงาน Logging	การรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามีการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้นหรืออาจส่งผล	1	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	การประเมินความเสี่ยง		
		โอกาส	ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
	กระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม			

[1]เป็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในทุกพื้นที่

การศึกษานี้สนใจเฉพาะเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยเท่านั้น ซึ่งพบว่าเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับความเสี่ยงปานกลาง 16 เหตุการณ์และระดับต่ำ 5 เหตุการณ์ โดยสรุปจำนวนเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยแบ่งตามพื้นที่และระดับความเสี่ยงเป็นดังแสดงในตารางที่ 12 เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจชัดเจนยิ่งขึ้น ผลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis ในการชี้บ่งอันตรายจากการตั้งคำถามในตารางที่ 11 สามารถสรุปเป็นรายละเอียดของเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยดังแสดงในตารางที่ 13 ซึ่งพบว่ามีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยจำนวน 6 เหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกพื้นที่ของห้องเครื่อง

ตารางที่ 12 สรุปจำนวนเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยโดยแบ่งตามพื้นที่และระดับความเสี่ยง

พื้นที่	เหตุการณ์ทั้งหมด [1]	เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัย	
		ปานกลาง	ต่ำ
1	17	5	1
2	11	5	1
3	12	6	3
รวม	**40**	**16**	**5**

[1]เหตุการณ์ทั้งหมด หมายถึง จำนวนเหตุการณ์ที่ได้รวมทั้งเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัย และที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 รายละเอียดเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยแบ่งตามพื้นที่และระดับความเสี่ยง

พื้นที่	ระดับความเสี่ยง	เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัย
1	ปานกลาง	1. พนักงานนำสารไวไฟ เช่น กระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ไปทำงานในห้องเครื่อง [1]
		2. การจัดการสารไวไฟในห้องเครื่องไม่เหมาะสม เช่น ไม่เก็บกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์หลังจากใช้งานเสร็จ [1]
		3. น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรต่างๆ เกิดการรั่วไหล [1]
		4. มีการทำงาน Hot Work ใกล้เคียงกับบริเวณเครื่องจักรที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ [1]
		5. เครื่องจักรเกิดลัดวงจร[1]
	ต่ำ	1. ไม่มีการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันของเครื่องจักรและบริเวณที่มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล [1]
3	ปานกลาง	1. ถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank) เกิดการรั่วไหล
	ต่ำ	1. ไม่มีการทำความสะอาดที่กั้นป้องกันการรั่วไหลบริเวณรอบถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว
		2. น้ำมันเชื้อเพลิงในถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วล้นหรือมีระดับสูงกว่าที่กำหนด ในกรณีที่มีการปฏิบัติงาน Logging

[1] เป็นเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยที่เกิดขึ้นได้ในทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในห้องเครื่องจัดเป็นเชื้อเพลิงประเภท B และ C ซึ่งเป็นเพลิงไหม้ที่เกิดจากของเหลวไวไฟและเพลิงไหม้ที่มีกระแสไฟฟ้ารวมอยู่ด้วยตามลำดับ ทำให้ต้องการสารดับเพลิงที่มีคุณสมบัติที่สามารถดับเพลิงที่เกิดจากของเหลวไวไฟ รวมถึงไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า การศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงเพราะระบบดับเพลิงทั้ง 2 ระบบนี้จะไม่ทำให้อุปกรณ์และทรัพย์สินได้รับความเสียหายหลังจากที่ดับเพลิง

2.1 การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

เนื่องจากแท่นขุดเจาะฯ มีพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งทำให้ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงที่ออกแบบต้องเป็นแบบความดันสูงโดยมีการติดตั้งถังก๊าซที่เป็นถังทรงกระบอกขนาดเล็ก โดยการเลือกหัวฉีดสำหรับระบบความดันสูงในการวิจัยนี้ เป็นชนิดหัวฉีดแบบ Radial ขนาด ½” เกลียวชนิด NPT ใช้สำหรับการดับเพลิงแบบวิธีฉีดท่วมเพื่อให้สามารถป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดภายในห้องเครื่อง ซึ่งหัวฉีดชนิดนี้มีอัตราการไหล 45.4 kg CO_2 / min และสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ 37.21 m^2 (6.1 m × 6.1 m) (Fike, 2000) การออกแบบนั้งเป็นไปตามมาตรฐาน FSS Code และ NFPA ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบและผลการคำนวณเป็นดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 ตามลำดับ โดยที่วิธีการคำนวณเป็นดังแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 14 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ	
ขนาดของห้องเครื่อง (กว้าง × ยาว × สูง)	14.3 m × 27.5 m × 3.7 m
อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเครื่อง	45.00 ºC
ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุใน 1 ถัง	45.4 kg
อัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 หัวฉีดที่มีขนาด ½”	45.4 kg CO_2 / min
พื้นที่ที่หัวฉีดครอบคลุมได้ต่อ 1 หัวฉีดที่มีขนาด ½”	37.21 m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ผลการคำนวณ	
ปริมาตรของห้องเครื่อง (Hazard Volume)	1,455.03 m^3
พื้นที่ของห้องเครื่อง (A_{Room})	393.25 m^2
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการ (M)	910 kg
จำนวนถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบความดันสูง (N)	21 ถัง
การเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากการปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องตามมาตรฐานสากล	ไม่ต้องเพิ่มปริมาณ CO2
อัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องฉีดเข้าพื้นที่ตามมาตรฐานกำหนด (Q_{Total})	386.75 kg CO_2 / min
จำนวนหัวฉีดที่ต้องติดตั้งให้ครอบคลุมอัตราการไหล	9 หัว
จำนวนหัวฉีดที่ต้องติดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่	12 หัว

จากผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงสำหรับระบบความดันสูงโดยวิธีการฉีดท่วมสรุปได้ว่า ห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ที่ทำการศึกษาต้องติดตั้งถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บรรจุใน 1 ถัง จำนวน 45.4 kg รวมทั้งสิ้น 21 ถัง ซึ่งเป็นขนาดบรรจุที่เป็นไปตามมาตรฐานขายในเชิงพาณิชย์และนิยมติดตั้งบนแท่นขุดเจาะฯ เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 85% ของปริมาณก๊าซทั้งหมดถูกฉีดเข้าพื้นที่ป้องกันภายในระยะเวลา 2 นาทีตามที่มาตรฐานกำหนดและเพื่อให้การฉีดก๊าซเป็นไปอย่างครอบคลุมทุกพื้นที่ ทำให้ต้องติดตั้งหัวฉีดก๊าซแบบ Radial ขนาด ½” เกลียวชนิด NPT ในห้องเครื่องทั้งหมดจำนวน 12 หัว

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงต้องคำนึงเรื่องความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในขณะฉีดก๊าซ ซึ่งอาจมีอันตรายต่อชีวิตเนื่องจากการขาดออกซิเจนในการหายใจและหมอกที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ยากต่อการมองเห็น (คณะอนุกรรมการมาตรฐานป้องกันอัคคีภัย, 2551) งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน FSS Code ซึ่งขั้นตอนการทำงานของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงของแท่นขุดเจาะฯ ที่ศึกษาเป็นดังแสดงในภาพที่ 6 การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำงานแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบอัตโนมัติ (Automatic) และแบบมือ (Manual) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

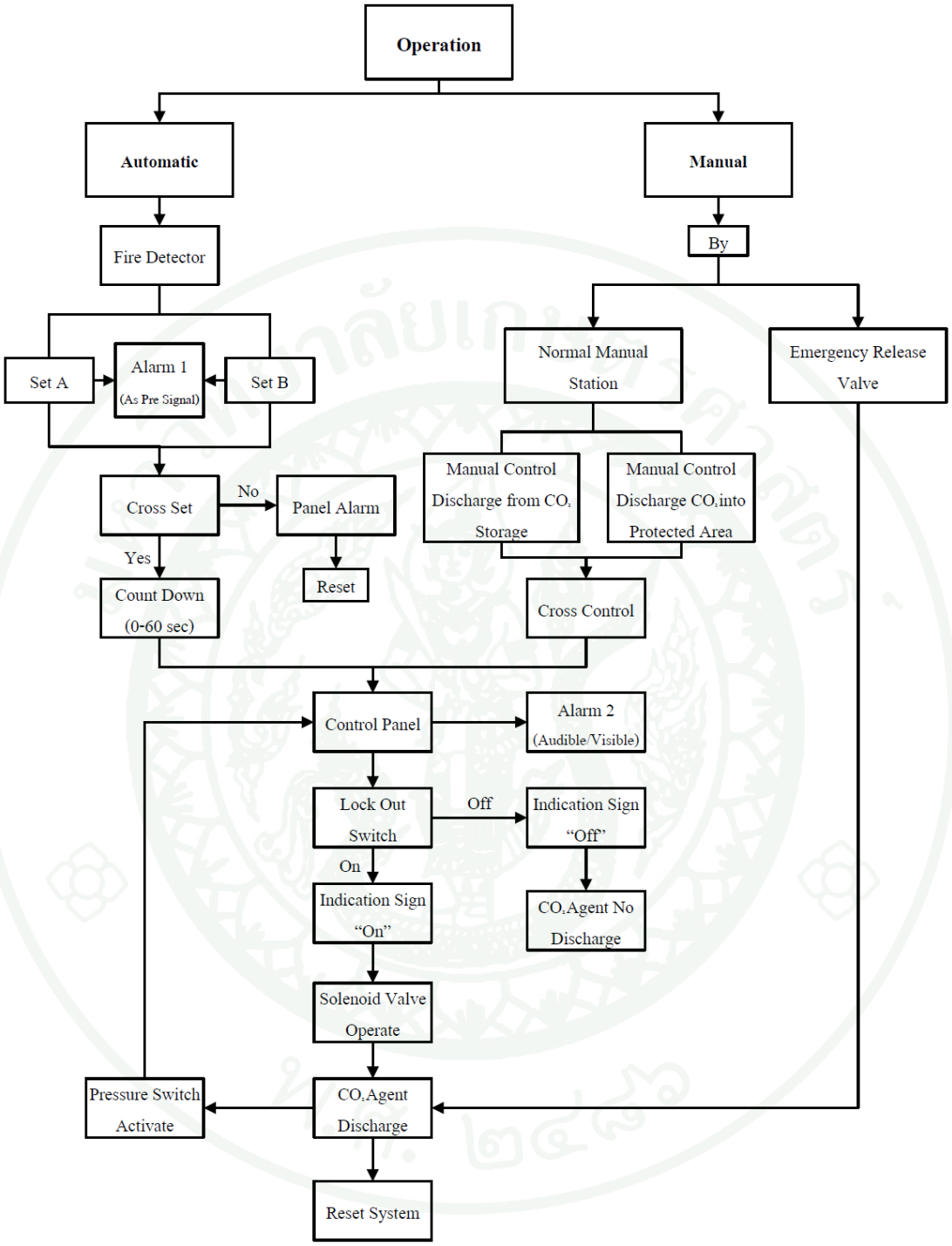
การทำงานแบบอัตโนมัติคือการทำงานที่ใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) ซึ่งอาจเป็นชนิดตรวจจับควันไฟ เปลวไฟ หรือความร้อนที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้มี 2 ชุด คือ ชุด A และชุด B โดยติดตั้งสลับกันไปในทุกๆ พื้นที่เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการตรวจจับ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชุดใดชุดหนึ่งทำงานจะส่งสัญญาณไปที่ Alarm 1 ให้ทำงานเพื่อเป็นการเตือนว่าอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงาน และเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทั้งสองชุดทำงานพร้อมกัน ระบบสั่งงานจะเริ่มนับเวลาถอยหลังจนถึง 60 วินาที[1] ขณะเดียวกัน Alarm 2 จะเริ่มทำงานเพื่อเตือนว่าระบบกำลังจะทำการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าพื้นที่ โดยถ้า Lock Out Switch[2] อยู่ในตำแหน่งเปิด (Indication Sign “On”) ระบบจะทำการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทันที แต่ในกรณีที่ Lock Out Switch อยู่ในตำแหน่งปิด (Indication Sign “Off”) ระบบจะไม่สามารถฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่พื้นที่ได้และต้องใช้การสั่งการแบบมือปกติหรือแบบมือเพื่อให้ระบบทำงาน

การทำงานแบบมือสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบ คือแบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) และแบบมือปกติ (Normal Manual) โดยการทำงานแบบมือฉุกเฉินใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉินและในกรณีที่ระบบอัตโนมัติหรือระบบมือปกติไม่ทำงาน ซึ่งระบบนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องกดสวิทซ์ที่ตัวควบคุมโดยตรง จากนั้นสัญญาณกระดิ่งจะดังและไฟกระพริบจะทำงานทันทีพร้อมกับที่ระบบสั่งฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ ส่วนการทำงานแบบมือปกติแบ่งหน้าที่ควบคุมการสั่งงานเป็น 2 แบบ คือสั่งให้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากถังบรรจุและสั่งให้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ป้องกัน ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกสั่งงานแบบใดก่อนก็ได้ โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะยังไม่ถูกปล่อยเข้าพื้นที่ป้องกัน แต่เมื่อสั่งการครบทั้ง 2 แบบแล้วก๊าซจะสามารถเข้าไปยังพื้นที่ป้องกันได้ โดยช่วงระยะเวลาระหว่างการสั่งงานแบบที่ 1 กับ 2 ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้อพยพพนักงานออกจากพื้นที่ป้องกันนั้น

[1] เวลาในการนับถอยหลังสามารถเปลี่ยนแปลงได้เพื่อความเหมาะสมของการอพยพคนออกนอกพื้นที่ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อโดยปกติกำหนดได้ไม่เกิน 90 วินาที

[2] Lock Out Switch ใช้สำหรับล็อคระบบหรืออุปกรณ์เพื่อหยุดการทำงานและตัดพลังงานโดยป้องกันให้อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานซึ่งรวมทั้งพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้าหยุดทำงานเพื่อเป็นการควบคุมอันตรายขณะที่ต้องปฏิบัติงานกับแหล่งกำเนิดพลังงานดังกล่าว Lock Out Switch จะอยู่ในตำแหน่งปิดเมื่อต้องการตัดพลังงานออกจากระบบ เพื่อให้มีการทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดพลังงานเหล่านั้นได้อย่างปลอดภัย และ Lock Out Switch จะอยู่ในตำแหน่งเปิดเมื่อระบบนั้นทำงานตามปกติโดยไม่มีการตัดพลังงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงตามมาตรฐานสากล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

เนื่องจากห้องเครื่องนี้สูง 5 m ทำให้หัวฉีดที่เหมาะสมเป็นชนิดหัวฉีดหมอกน้ำ HI-FOG® รหัส 4S 1 MC 8MB 1000 สำหรับการติดตั้งที่ความสูงของเพดานไม่เกิน 5 m โดยหัวฉีดชนิดนี้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ 16 m^2 (4 m × 4 m) (GDAŃSK, 2009) โดยออกแบบให้ใช้สำหรับการดับเพลิงแบบวิธีฉีดท่วมเพื่อให้สามารถป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดภายในห้องเครื่อง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณและผลการคำนวณเป็นดังแสดงในตารางที่ 16 และ 17 โดยที่วิธีการคำนวณเป็นดังแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 16 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ	
ขนาดของห้องเครื่อง (กว้าง × ยาว × สูง)	14.3 m × 27.5 m × 3.7 m
หัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงชนิด HI-FOG® สำหรับเพดานสูงไม่เกิน 5 m	4S 1 MC 8MB 1000
พื้นที่ที่หัวฉีดหมอกน้ำครอบคลุมได้ต่อ 1 หัวฉีด	16 m^2

ตารางที่ 17 ผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

ผลการคำนวณ	
พื้นที่ของห้องเครื่อง (A_{Room})	393.25 m^2
จำนวนหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงที่ต้องติดตั้ง	25 หัว

จากผลการคำนวณเพื่อออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงสำหรับระบบความดันสูง โดยวิธีการฉีดท่วมสรุปได้ว่า ห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ที่ทำการศึกษาต้องติดตั้งหัวฉีดหมอกน้ำชนิด HI-FOG® รหัส 4S 1 MC 8MB 1000 ซึ่งเป็นชนิดที่เหมาะสมต่อระดับความสูงของเพดานห้องเครื่องทั้งหมดจำนวน 25 หัว เพื่อให้การฉีดหมอกน้ำเป็นไปอย่างครอบคลุมทุกพื้นที่

ระบบหมอกน้ำดับเพลิงไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม สามารถทำงานได้ทันทีที่ตรวจสอบพบเพลิงไหม้โดยไม่จำเป็นต้องอพยพผู้ปฏิบัติงานออกนอกพื้นที่ (Marioff, 2009) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบหมอกน้ำดับเพลิงตาม

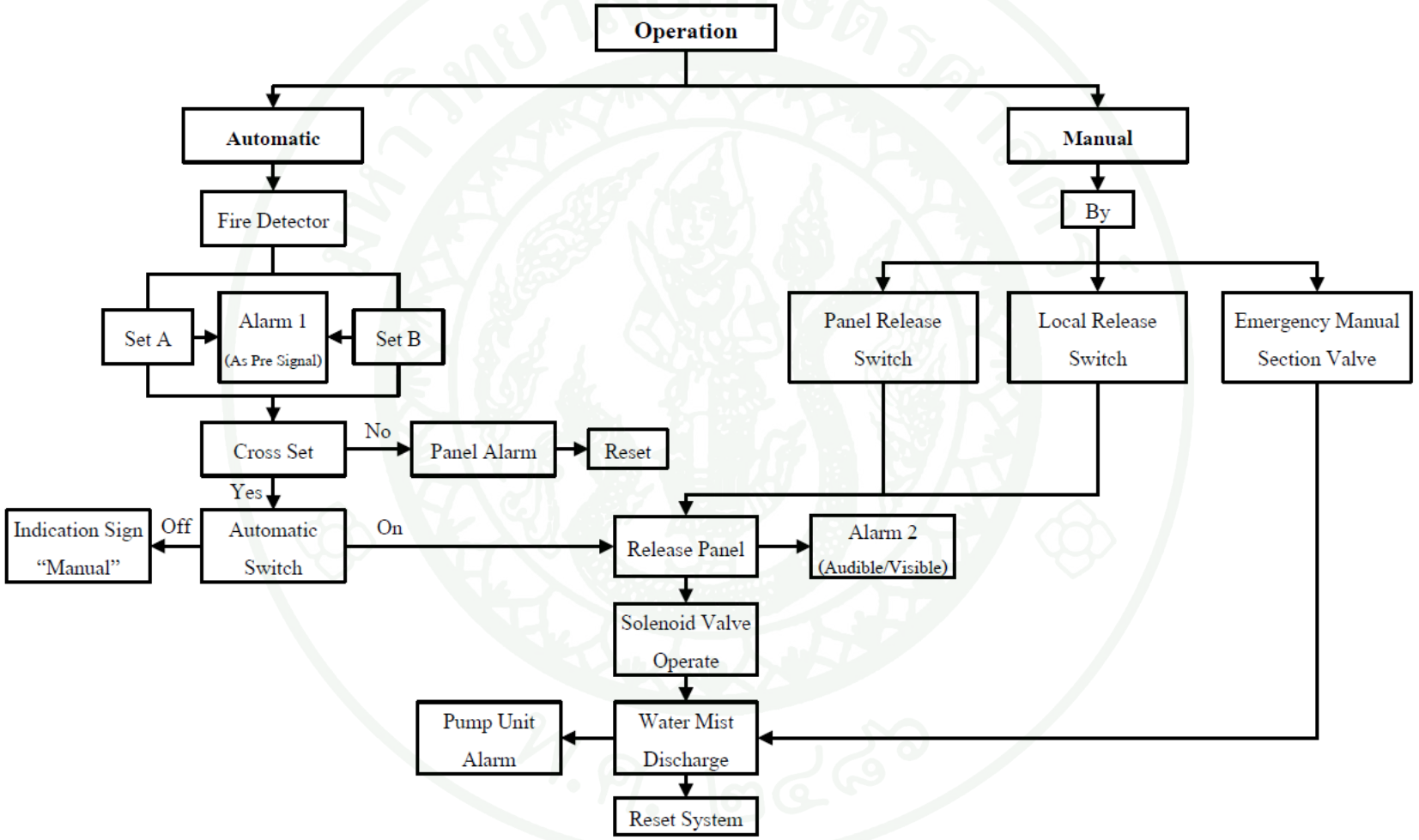
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาตรฐาน FSS Code ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยแบ่งการทำงานของระบบเป็น 2 ประเภท คือ แบบอัตโนมัติ (Automatic) และแบบมือ (Manual) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทำงานแบบอัตโนมัติคือการทำงานที่ใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) ซึ่งอาจเป็นชนิดตรวจจับควันไฟ เปลวไฟ หรือความร้อนที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้มี 2 ชุด เช่นเดียวกับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลง คือ ชุด A และชุด B โดยติดตั้งสลับกันไปในทุกๆ พื้นที่เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการตรวจจับ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชุดใดชุดหนึ่งทำงานจะส่งสัญญาณไปที่ Alarm 1 ให้ทำงานเพื่อเป็นการเตือนว่าอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงาน และเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทั้งสองชุดทำงานพร้อมกัน Alarm 2 จะเริ่มทำงานเพื่อเตือนว่าระบบกำลังจะทำการฉีดหมอกน้ำเข้าพื้นที่หลังจากได้รับสัญญาณจาก Release Panel เพื่อให้ Solenoid Valve ทำงานโดยฉีดหมอกน้ำดับเพลิงเข้าสู่พื้นที่ทันที ถ้า Automatic Switch อยู่ในตำแหน่งเปิด แต่ในกรณีที่ Automatic Switch อยู่ในตำแหน่งปิด ระบบจะแสดงสัญญาณให้สั่งการทำงานแบบมือ (Indication Sign “Manual”) เพื่อฉีดหมอกน้ำดับเพลิงแทน

การทำงานแบบมือสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบ คือ แบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) และแบบมือปกติ (Normal Manual) โดยการทำงานแบบมือฉุกเฉินใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉินและในกรณีที่ระบบอัตโนมัติหรือระบบมือปกติไม่ทำงาน ระบบจะทำงานโดยการเปิด Section Valve เพื่อฉีดหมอกน้ำดับเพลิงเข้าไปในพื้นที่ ซึ่งการทำงานแบบนี้กระดิ่งสัญญาณเตือนจะดังที่เครื่องสูบน้ำ สำหรับการทำงานแบบมือปกตินั้น ผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งการได้โดยผ่าน Release สวิทซ์ โดยสวิทซ์หนึ่งติดตั้งไว้ที่ตู้สั่งการและที่บริเวณพื้นที่โดยเฉพาะ เมื่อสวิทซ์ทำงานระบบจะส่งสัญญาณไปที่ Release Panel เพื่อฉีดหมอกน้ำดับเพลิงเข้าพื้นที่ป้องกันทำงานเช่นเดียวกับขั้นตอนการทำงานแบบอัตโนมัติที่อธิบายไว้เบื้องต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของระบบหมอกน้ำดับเพลิงตามมาตรฐานสากล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

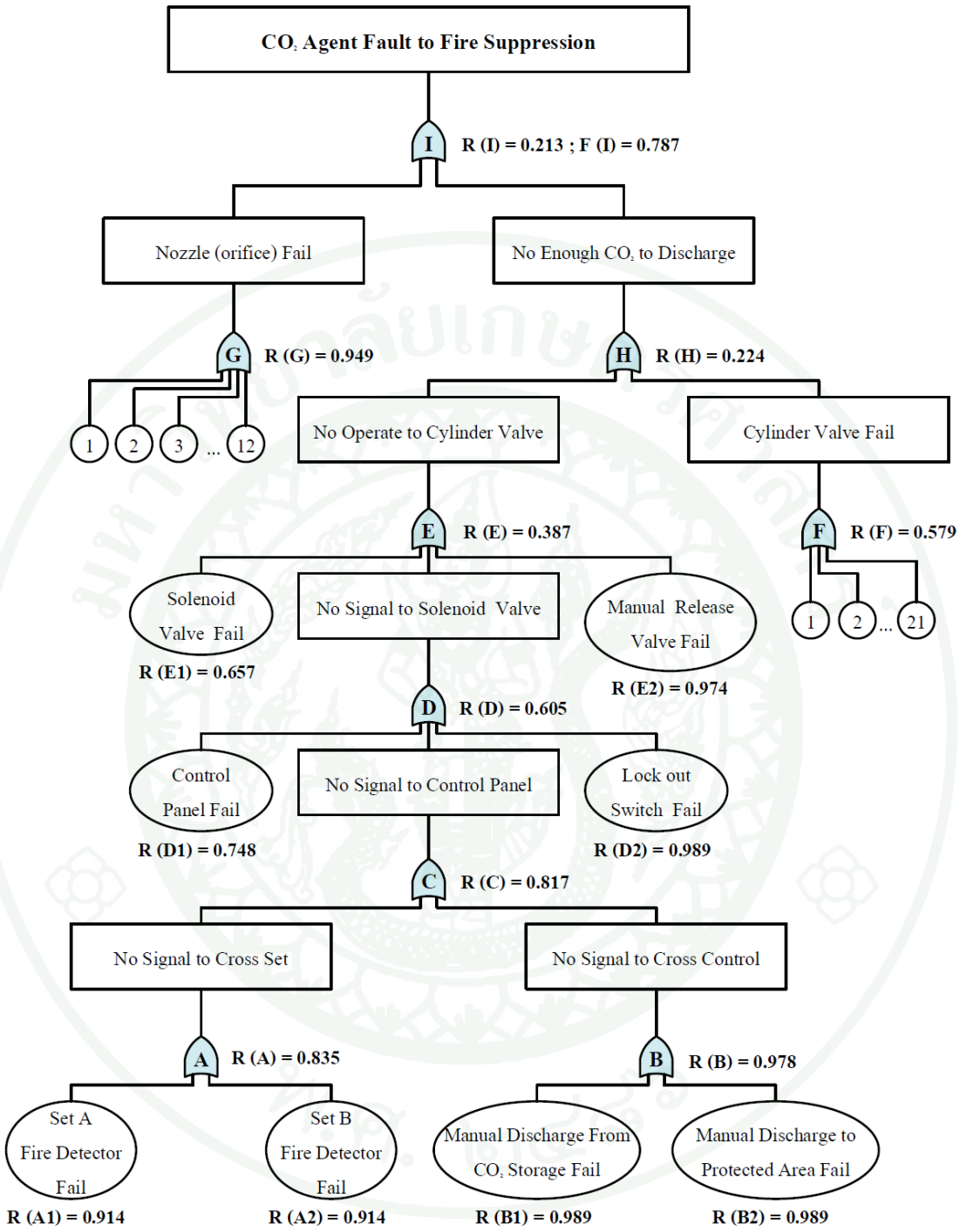
3. ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราความเสียหายของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้

แผนภูมิต้นไม้ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาความน่าเชื่อถือ (R) โอกาสในการเกิดความเสียหาย (F) และอัตราความเสียหาย (μ) สร้างจากข้อมูลที่ได้จากการออกแบบ (จำนวนถังและจำนวนหัวฉีดที่ต้องใช้ในการติดตั้ง) และขั้นตอนการทำงานที่ออกแบบตามมาตรฐาน FSS Code และ NFPA ซึ่งแผนภูมิต้นไม้สำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงเป็นดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งการหาค่า R F และ μ ของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ระบบเป็นดังต่อไปนี้ โดยพิจารณาในกรณีที่ระบบดับเพลิงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาดช่วงเวลาที่สิ้นปีที่ 1

3.1 ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ตารางที่ 18 แสดงค่า μ และ R ของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง โดยที่ตารางที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยที่เป็นแบบ Or Gate ทั้งสิ้นและแสดงค่า R ของความสัมพันธ์เหล่านั้นด้วย โดยที่ค่า R ที่ตำแหน่ง I (ดูตารางที่ 19) เป็นค่าความน่าเชื่อถือของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง มีค่าเป็น 0.213 ที่ให้ค่า F เป็น 0.787 ในตารางที่ 20 แสดงค่า μ ที่ตำแหน่ง I (ดูตารางที่ 20) เป็นค่าอัตราการเสียหายของระบบซึ่งมีค่า 1.548 ครั้ง / ปี หรืออีกนัยหนึ่งคือ ใน 1 ปี ระบบดับเพลิงนี้มีโอกาสที่จะเสียหาย 1.548 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 แผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ทำให้ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด โดยที่ R แสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าอัตราความเสียหายต่อปี (Failures / year) และค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ ของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

เหตุการณ์ย่อย	อัตราความเสียหายต่อปี หรือ μ (Failures / year) [1]	ค่าความน่าเชื่อถือ หรือ R [2]
A1	0.09	0.914
A2	0.09	0.914
B1	0.011	0.989
B2	0.011	0.989
D1	0.29	0.748
D2	0.011	0.989
E1	0.42	0.657
E2	0.026	0.974
F1 – F21	0.026	0.579
G1 – G12	0.0044	0.949

[1] ดูตารางที่ 9 ค่าอัตราความเสียหายของแต่ละอุปกรณ์

[2] คำนวณค่า R ของแต่ละอุปกรณ์โดยใช้สมการที่ 8

ตารางที่ 19 ค่าความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่งของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ตำแหน่ง	ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย	ค่าความน่าเชื่อถือ หรือ R [1]
A	R (A1) × R (A2)	0.835
B	R (B1) × R (B2)	0.978
C	R (A) × R (B)	0.817
D	R (D1) × R (D2) × R (C)	0.605
E	R (E1) × R (E2) × R(D)	0.387
F	R (F1) × R (F2) × … × R (F21)	0.579
G	R (G1) × R (G2) × … × R (G12)	0.949

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ตำแหน่ง	ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย	ค่าความน่าเชื่อถือ หรือ R [1]
H	**R (E) × R (F)**	**0.224**
I	**R (G) × R (H)**	**0.213**

[1] คำนวณค่า R ของความสัมพันธ์แบบ Or Gate ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่ง โดยใช้สมการที่ 12 และ 13

ตารางที่ 20 ค่าอัตราการเสียหายในแต่ละตำแหน่งของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ตำแหน่ง	ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย	อัตราความเสียหายต่อปี หรือ μ (Failures / year) [1]
A	μ (A1) + μ (A2)	0.180
B	μ (B1) + μ (B2)	0.022
C	μ (A) + μ (B)	0.202
D	μ (D1) + R (D2) + μ (C)	0.503
E	μ (E1) + μ (E2) + μ (D)	0.949
F	μ (F1) + μ (F2) + … + μ (F21)	0.546
G	μ (G1) + μ (G2) + … + μ (G12)	0.053
H	μ (E) + μ (F)	1.495
I	μ (G) + μ (H)	1.548

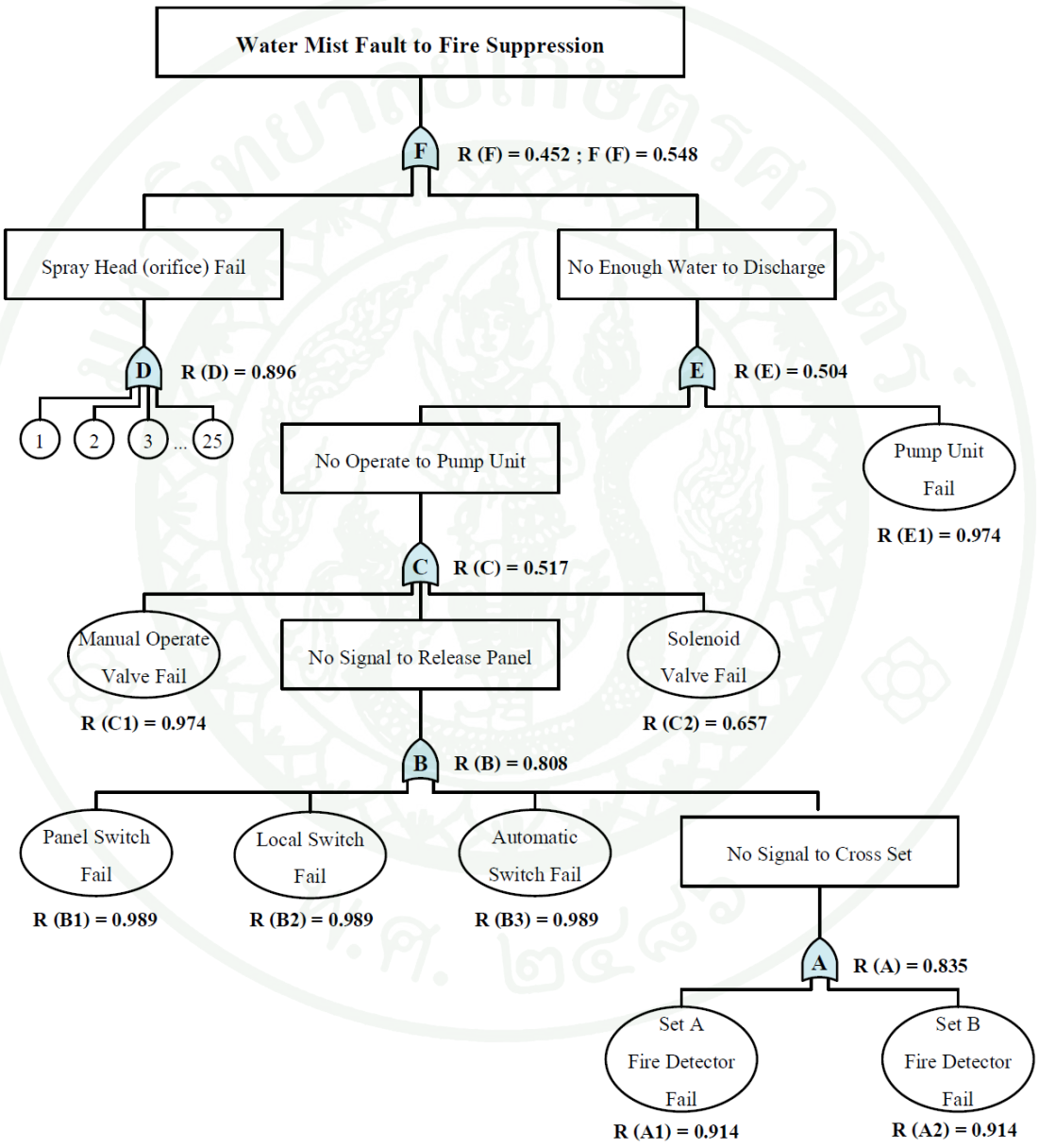
[1] คำนวณค่า μ ของความสัมพันธ์แบบ Or Gate ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่ง โดยใช้สมการที่ 15 และ 16

3.2 ระบบหมอกน้ำดับเพลิง

ตารางที่ 21 แสดงค่า μ และ R ของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง โดยที่ตารางที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยที่เป็นแบบ Or Gate ทั้งสิ้นและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสดงค่า R ของความสัมพันธ์เหล่านั้นด้วย โดยที่ค่า R ที่ตำแหน่ง F (ดูตารางที่ 22) เป็นค่าความน่าเชื่อถือของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง มีค่าเป็น 0.452 ที่ให้ค่า F เป็น 0.548 ในตารางที่ 23 แสดงค่า μ ที่ตำแหน่ง F (ดูตารางที่ 23) เป็นค่าอัตราการเสียหายของระบบซึ่งมีค่า 0.795 ครั้ง / ปี หรืออีกนัยหนึ่งคือ ใน 1 ปี ระบบดับเพลิงนี้มีโอกาสที่จะเสียหาย 0.795 ครั้ง



ภาพที่ 9 แผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่ทำให้ระบบหมอกน้ำดับเพลิงไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด โดยที่ R แสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ค่าอัตราความเสียหายต่อปี (Failures / year) และค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ ของระบบหมอกน้ำดับเพลิง

เหตุการณ์ย่อย	อัตราความเสียหายต่อปี หรือ μ (Failures / year) [1]	ค่าความน่าเชื่อถือ หรือ R^2
A1	0.09	0.914
A2	0.09	0.914
B1	0.011	0.989
B2	0.011	0.989
B3	0.011	0.989
C1	0.026	0.974
C2	0.42	0.657
E1	0.026	0.974
D1 – D25	0.0044	0.896

[1] ดูตารางที่ 9 ค่าอัตราความเสียหายของแต่ละอุปกรณ์

[2] คำนวณค่า R ของแต่ละอุปกรณ์โดยใช้สมการที่ 8

ตารางที่ 22 ค่าความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่งของระบบหมอกน้ำดับเพลิง

ตำแหน่ง	ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย	ค่าความน่าเชื่อถือ หรือ R^1
A	R (A1) × R (A2)	0.835
B	R (B1) × R (B2) × R (B3) × R (A)	0.808
C	R (C1) × R (C2) × R (B)	0.517
D	R (D1) × R (D2) × … × R (D25)	0.912
E	R (E1) × R (C)	0.504
F	R (D) × R (E)	0.452

[1] คำนวณค่า R ของความสัมพันธ์แบบ Or Gate ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่ง โดยใช้สมการที่ 12 และ 13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ค่าอัตราการเสียหายในแต่ละตำแหน่งของระบบหมอกน้ำดับเพลิง

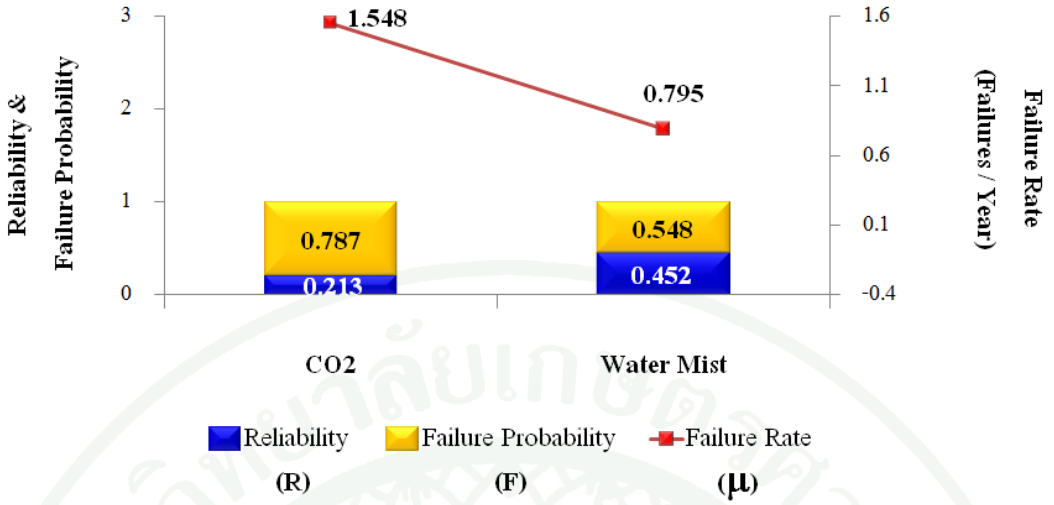
ตำแหน่ง	ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย	อัตราความเสียหายต่อปี หรือ μ (Failures / year) [1]
A	μ (A1) + μ (A2)	0.180
B	μ (B1) + μ (B2) + μ (B3) + μ (A)	0.213
C	μ (C1) + μ (C2) + μ (B)	0.659
D	μ (D1) + μ (D2) + … + μ (D25)	0.110
E	μ (E1) + μ (C)	0.685
F	μ (D) + μ (E)	0.795

[1] คำนวณค่า μ ของความสัมพันธ์แบบ Or Gate ของเหตุการณ์ย่อยในแต่ละตำแหน่ง โดยใช้สมการที่ 15 และ 16

3.3 การเปรียบเทียบ ค่าความน่าเชื่อถือ (R) โอกาสการเกิดความเสียหาย (F) และอัตราความเสียหาย (μ) ของระบบดับเพลิง

การเปรียบเทียบค่า R F และ μ เป็นดังแสดงในภาพที่ 10 โดยค่า R ที่สูงและค่า F ที่ต่ำบ่งบอกว่าระบบดับเพลิงนั้นมีความน่าเชื่อถือที่สูงและมีโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ต่ำ ซึ่งเป็นระบบดับเพลิงที่ดี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิงมีค่าความน่าเชื่อถือและโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ดีกว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบค่าความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราความเสียหายของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

วิจารณ์

การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคบนแท่นขุดเจาะฯ จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลจากห้องเครื่อง โดยเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งนั้นมูลค่ารวมกันมากกว่า 4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งการเกิดเพลิงไหม้ในห้องเครื่องอาจส่งผลทำให้เครื่องจักรต่างๆ หยุด และเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดการขุดเจาะ ก่อให้เกิดการสูญเสียรายได้สูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องทำการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องนี้ ซึ่ง What If Analysis เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงที่ไม่ยุ่งยาก เหมาะสำหรับการชี้บ่งอันตรายของกิจกรรมที่ดำเนินงานในพื้นที่ที่สนใจ จากการประเมินความเสี่ยงพบว่ามีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 40 เหตุการณ์ แบ่งเป็น 21 เหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 9 เหตุการณ์ต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย และ 10 เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดให้อุบัติเหตุอื่นๆ เช่น ทรัพย์สินเสียหาย หยุดการผลิต เป็นต้น

การศึกษาในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยเท่านั้นซึ่งพบว่าเหตุการณ์เหล่านั้นมีระดับความเสี่ยงปานกลางและต่ำเท่านั้นซึ่งอนุญาตให้เหตุการณ์เหล่านั้นดำเนินต่อไปได้ นั่นแสดงให้เห็นว่ามาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพียงพอเพราะทำให้ระดับความเสี่ยงของเหตุการณ์ต่างๆ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากตารางที่ 11 และ 12 ได้แสดงให้เห็นว่า 6 เหตุการณ์ที่อาจก่อให้ที่เกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 1 เป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในพื้นที่ 2 และ 3 เพราะเป็นเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร การจัดการสารไวไฟและการรั่วไหลของน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งล้วนแล้วเกิดได้ทั้งในพื้นที่ 2 และ 3 โดยมีการทำงานเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรเช่นเดียวกัน โดยเหตุการณ์ที่นอกเหนือจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 1 และ 2 นั้น สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ 3 เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีถังที่เก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank) ติดตั้งอยู่ ทำให้มีอันตรายและเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุเพิ่มเติมมาจากพื้นที่ที่ 1 และ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าทุกเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยทุกเหตุการณ์มีระดับความรุนแรงเท่ากัน คือ ระดับ 4 แต่โอกาสในการเกิดเหตุการณ์มีค่าแตกต่างกัน ทำให้ระดับความเสี่ยงของแต่ละเหตุการณ์ต่างกัน ทั้งนี้เหตุการณ์ที่มีโอกาสในการเกิดระดับสูงสุด (ระดับ 3) เป็นเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสารไวไฟ การทำงาน Hot Work และการรั่วไหลของน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับเหตุการณ์ที่มีโอกาสในการเกิดระดับต่ำสุด (ระดับ 1) เป็นเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันหรือบริเวณที่มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล และการที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการกรองแล้วล้นออกมา สำหรับการทำงานบนแท่นขุดเจาะฯ นี้ เหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงระดับปานกลางและต่ำสามารถดำเนินต่อไปได้ตามปกติ แต่ต้องเฝ้าระวังเพื่อควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งเพิ่มความเข้มงวดของการใช้มาตรการควบคุมความเสี่ยงด้วย ซึ่งมาตรการป้องกันต่างๆ ที่กำหนดขึ้นเพื่อควบคุมความเสี่ยงเหล่านี้ถือเป็นการป้องกันการเกิดอัคคีภัยที่ต้นเหตุ อย่างไรก็ตามระบบป้องกันอัคคีภัยถือเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งซึ่งถือเป็นการป้องกันอัคคีภัยที่ปลายเหตุเพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และลุกลามซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดการขุดเจาะฯ และสูญเสียรายได้

ระบบป้องกันอัคคีภัยที่ติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ต้องมีความเหมาะสมโดยควรมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงและโอกาสในการเกิดความเสียหายต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และมีอัตราการเสียหายหรือเกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ต่างๆ ต่ำเนื่องจากเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในห้องเครื่องที่มีมูลค่าสูงมาก รวมถึงรายได้ที่อาจสูญเสียเนื่องจากการหยุดขุดเจาะฯ ทำให้บริษัทของแท่นขุดเจาะฯ นั้นมุ่งเน้นเพื่อเลือกระบบดับเพลิงที่มีความน่าเชื่อถือที่สูงและโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ต่ำ โดยราคาติดตั้งระบบดับเพลิงที่สูงนั้นถือเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ เพื่อการตอบสนองต่อการเกิดอัคคีภัยที่ทันท่วงทีและป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการลุกลามของไฟ รวมถึงเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน จากการศึกษาและออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงตามมาตรฐาน FSS Code ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS โดยใช้สำหรับการออกแบบระบบดับเพลิง มาตรฐานนี้ประกอบด้วยข้อกำหนดต่างๆ เกี่ยวกับความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปลอดภัยทั้งหมดเกี่ยวกับเรือซึ่งครอบคลุมถึงแท่นขุดเจาะฯ ด้วย ในส่วนของหลักการออกแบบและวิธีการคำนวณนั้นเป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้มาตรฐาน NFPA

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงในการศึกษานี้เป็นแบบวิธีฉีดแบบฉีดท่วมเนื่องจากต้องการป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งภายในห้องเครื่อง สำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงนั้นต้องมีการออกแบบให้เป็นระบบความดันสูงเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัดทำให้ต้องติดตั้งถังฉีดก๊าซที่เป็นทรงกระบอกแบบความดันสูง การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงนั้นเพื่อหาจำนวนถังก๊าซ หัวฉีดก๊าซที่ต้องติดตั้งและขั้นตอนการทำงานของระบบ ซึ่งการหาจำนวนหัวฉีดก๊าซต้องคำนวณหา 2 แบบเพื่อให้แน่ใจว่าจำนวนหัวฉีดที่จะติดตั้งนั้นสามารถครอบคลุมพื้นที่ห้องเครื่องและมีอัตราการไหลที่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ส่วนการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงครอบคลุมถึงจำนวนหัวฉีดหมอกน้ำที่ต้องติดตั้งและขั้นตอนการทำงานของระบบ ซึ่งการคำนวณและการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดนั้นเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบดับเพลิงดังกล่าว การเลือกขนาดของถังและหัวฉีดพิจารณาจากขนาดที่มีขายในเชิงพาณิชย์ทั่วไปในท้องตลาด โดยไม่เลือกขนาดพิเศษเนื่องจากอาจมีปัญหาในกรณีที่เกิดความเสียหาย ชำรุดหรือการบำรุงรักษา

การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน FSS Code ซึ่ง ขั้นตอนการทำงานโดยทั่วไปของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ชนิดนี้ที่ติดตั้งบนแท่นขุดเจาะฯ มีการทำงานที่คล้ายกับระบบดับเพลิงทั่วไป คือมีการทำงานแบบอัตโนมัติและแบบมือ ซึ่งแบ่งย่อยเป็น 2 แบบ คือการทำงานแบบมือปกติและแบบมือฉุกเฉิน ลักษณะพิเศษของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงที่จะใช้ในการติดตั้งบนแท่นขุดเจาะฯ หรือเรือต่างๆ ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน FSS Code คือการทำงานแบบมือปกติจะต้องมีการแบ่งหน้าที่ควบคุมการสั่งงานเป็น 2 แบบ คือเพื่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากถังบรรจุและเพื่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ป้องกัน ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าต้องมีการสั่งงานทั้ง 2 แบบเพื่อเป็นการยืนยันว่าต้องการให้ระบบฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่พื้นที่อย่างแน่นอน ซึ่งขั้นตอนการทำงานลักษณะนี้ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานสำหรับติดตั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป้องกันประเภทอื่นที่ไม่ใช่บนแท่นขุดเจาะฯ เช่น ติดตั้งในห้อง Control Room ในสถานประกอบการ ซึ่งจากการศึกษาการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงนั้นมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับการออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ แตกต่างกันที่เพียงที่ลักษณะของหัวฉีด ซึ่งหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงมีคุณลักษณะพิเศษทำให้อนุภาคของน้ำเล็กมากจนมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะคล้ายกับหมอกและทำให้มีคุณสมบัติไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้าทำให้สามารถใช้ในการดับเชื้อเพลิงได้ทั้งประเภท A B และ C ซึ่งประเภท C นั้นเป็นเพลิงไหม้ที่มีกระแสไฟฟ้ารวมอยู่ด้วยได้ โดยระบบหมอกน้ำดับเพลิงนั้นแตกต่างเนื่องจากระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติสามารถดับเชื้อเพลิงได้เพียงประเภท A และ B เท่านั้น

การพิจารณาความเหมาะสมระบบดับเพลิงทั้ง 2 ระบบโดยวิเคราะห์และเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราความเสียหายของระบบดับเพลิงด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีค่าความน่าเชื่อถือต่ำกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิงและมีโอกาสในการเกิดความเสียหายที่สูงกว่า ซึ่งค่าความน่าเชื่อถือของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการคำนวณนั้นมีค่าต่ำกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิง เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีมากกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิงซึ่งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงนั้นต้องมีการติดตั้งถังฉีดก๊าซในขณะที่ระบบหมอกน้ำดับเพลิงไม่ต้องมีการติดตั้ง อีกทั้งถังฉีดก๊าซนั้นมีค่าอัตราการเสียหายที่สูง โดยแม้ว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการติดตั้งหัวฉีดที่จำนวนน้อยกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิง แต่เนื่องจากอัตราการเสียหายของหัวฉีดนั้นมีค่าที่ไม่สูงทำให้จำนวนหัวฉีดที่ต่ำกว่าไม่มีอิทธิพลต่อค่าความน่าเชื่อถือของระบบ โดยที่ข้อเสียอีกอย่างของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คือเป็นก๊าซที่อาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยต้องอพยพผู้ปฏิบัติงานออกจากพื้นที่ก่อนที่ระบบจะทำงานทำให้อาจต้องใช้เวลานานกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิง ซึ่งแตกต่างกับระบบหมอกน้ำดับเพลิงโดยสามารถทำงานได้ทันทีโดยไม่ต้องรอเวลาในการอพยพผู้ปฏิบัติงานออกจากพื้นที่และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงทำให้ระบบหมอกน้ำดับเพลิงมีความเหมาะสมมากกว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง อย่างไรก็ตามระบบหมอกน้ำดับเพลิงยังไม่เป็นที่นิยมทั่วไปเนื่องจากค่าติดตั้งที่สูงกว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงโดยประมาณถึง 3 เท่า ซึ่งทำให้บริษัทหรือสถานประกอบการทั่วไปต้องพิจารณาเป็นองค์ประกอบเพื่อวิเคราะห์ถึงความคุ้มทุนในการติดตั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยด้วยเทคนิค What If Analysis ในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ชนิด Barge – Tender ในอ่าวไทย โดยได้แบ่งห้องนี้เป็น 3 พื้นที่คือ (1) บริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (2) บริเวณเครื่องอัดอากาศและเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ และ (3) บริเวณเครื่องทำน้ำจืด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืดและถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว พบว่าจำนวนเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายมีทั้งสิ้น 40 เหตุการณ์ โดยแบ่งเป็น 21 เหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย 9 เหตุการณ์ต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย และ10 เหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดให้อุบัติเหตุอื่นๆ เช่น ทรัพย์สินเสียหาย หยุดการผลิต เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ที่มีเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยมากที่สุดคือพื้นที่ 3 โดยพบเฉพาะเหตุการณ์ที่มีระดับความเสี่ยงปานกลางถึงต่ำเท่านั้น จำนวนเหตุการณ์ที่มีระดับความเสี่ยงปานกลางและต่ำในแต่ละพื้นที่เป็นดังนี้ พื้นที่ 1 มี 5 และ 1 เหตุการณ์ พื้นที่ 2 มี 5 และ 1 เหตุการณ์ และพื้นที่ 3 มี 6 และ 3 เหตุการณ์ ตามลำดับ ทั้งนี้ในการศึกษานี้ไม่พบเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยในระดับความเสี่ยงสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพียงพอในระดับหนึ่งและทำให้ระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

นอกจากนี้ยังพบด้วยว่าเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยทุกเหตุการณ์มีระดับความรุนแรงที่เท่ากัน คือ ระดับ 4 แต่โอกาสในการเกิดเหตุการณ์มีค่าแตกต่างกัน ส่งผลให้ระดับความเสี่ยงของแต่ละเหตุการณ์ต่างกัน ทั้งนี้เหตุการณ์ที่มีโอกาสในการเกิดระดับสูงสุด คือระดับ 3 โดยเป็นเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสารไวไฟ การทำงาน Hot Work และการรั่วไหลของน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถพบได้ในทุกพื้นที่ของห้องเครื่อง เพราะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดจากการทำงานกับเครื่องจักรสำหรับการทำงานบนแท่นขุดเจาะฯนี้ทั้งเหตุการณ์ที่มีระดับความเสี่ยงต่ำและปานกลางสามารถดำเนินได้ตามปกติ แต่ต้องเฝ้าระวังเพื่อควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น โดยสำหรับเหตุการณ์ที่ระดับความเสี่ยงปานกลาง ต้องเพิ่มการทบทวนมาตรการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงให้ต่ำและต้องวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยก่อนเริ่มงานด้วย ทั้งนี้ในการศึกษานี้ไม่พบเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอัคคีภัยในระดับความเสี่ยงสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันบนแท่นขุดเจาะฯเพียงพอในระดับหนึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาและออกแบบระบบดับเพลิงสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ โดยใช้มาตรฐาน FSS Code ซึ่งเป็นมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน SOLAS โดยพิจารณาออกแบบระบบดับเพลิง 2 ระบบ คือ ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง การออกแบบเป็นแบบวิธีฉีดท่วมเนื่องจากต้องการป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งภายในห้องเครื่อง สำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงนั้นต้องมีการออกแบบให้เป็นระบบความดันสูงเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัดทำให้ต้องติดตั้งถังฉีดก๊าซที่เป็นทรงกระบอกแบบความดันสูง โดยที่การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงเป็นไปตามมาตรฐาน FSS Code (2007) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Chapter 5 ที่มีชื่อว่า Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems ข้อกำหนดที่ 2.2 Carbon Dioxide Systems ส่วนการออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงเกี่ยวข้องกับ Chapter 7 ที่มีชื่อว่า Fixed Pressure Water-Spraying and Water-Mist Fire-Extinguishing Systems โดยหลักการออกแบบและวิธีการคำนวณของระบบดับเพลิงทั้ง 2 ระบบเป็นไปตามมาตรฐานสากล NFPA

จากการออกแบบเพื่อติดตั้งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ นั้นต้องติดตั้งถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 45.4 kg ซึ่งเป็นขนาดบรรจุที่เป็นไปตามมาตรฐานขายในเชิงพาณิชย์และนิยมติดตั้งบนแท่นขุดเจาะฯ จำนวน 21 ถัง เพื่อให้ก๊าซปริมาณ 85% ของปริมาณก๊าซทั้งหมดถูกฉีดเข้าพื้นที่ภายในระยะเวลา 2 นาทีตามมาตรฐานกำหนดและครอบคลุมทุกพื้นที่ทำให้ต้องติดตั้งหัวฉีดก๊าซจำนวน 12 หัว การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงต้องคำนึงเรื่องความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในขณะฉีดก๊าซ ซึ่งจะมีอันตรายต่อชีวิต เนื่องจากการขาดออกซิเจนในการหายใจและหมอกที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ยากต่อการมองเห็น ซึ่งการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงของแท่นขุดเจาะฯ ที่ศึกษาได้แบ่งการทำงานเป็น 2 ประเภท คือ แบบอัตโนมัติ (Automatic) และแบบมือ (Manual) ซึ่งการทำงานแบบมือสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบ คือแบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) และแบบมือปกติ (Normal Manual) การทำงานแบบมือฉุกเฉินใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉินหรือในกรณีที่ระบบอื่นไม่ทำงาน ส่วนการทำงานแบบมือปกติใช้ในกรณีที่การทำงานแบบอัตโนมัติขัดข้องหรือในกรณีที่ Lock Out Switch อยู่ในตำแหน่งปิด โดยการทำงานแบบมือปกตินั้นแบ่งหน้าที่ควบคุมการสั่งงานเป็น 2 แบบ คือเพื่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากถังบรรจุและเพื่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ป้องกัน ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกสั่งงานแบบใดก่อนก็ได้ การออกแบบให้มีการสั่งงาน 2 แบบเพื่อเป็นการยืนยันว่าต้องการให้ระบบทำงานเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ระบบจะเริ่มทำงานเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีการสั่งงานทั้ง 2 แบบพร้อมกัน โดยระบบจะทำงานเพื่อฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าพื้นที่ป้องกันซึ่งมีการทำงานเช่นเดียวกับขั้นตอนการทำงานแบบอัตโนมัติ

จากการออกแบบเพื่อติดตั้งระบบหมอกน้ำดับเพลิงในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ นั้นได้พิจารณาเลือกหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงชนิด HI-FOG® รหัส 4S 1 MC 8MB 1000 ซึ่งเป็นชนิดที่เหมาะสมต่อระดับความสูงของเพดานห้องเครื่องที่ศึกษา คือ 3.7 m จากการคำนวณต้องติดตั้งหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงจำนวน 25 หัว ซึ่งระบบหมอกน้ำดับเพลิงนั้นไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม ระบบสามารถทำงานได้ทันทีที่ตรวจสอบพบเพลิงไหม้โดยไม่จำเป็นต้องอพยพผู้ปฏิบัติงานออกนอกพื้นที่ ซึ่งการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบหมอกน้ำดับเพลิงของแท่นขุดเจาะฯ ที่ศึกษาแบ่งการทำงานเป็น 2 ประเภท คือ แบบอัตโนมัติ (Automatic) และแบบมือ (Manual) ซึ่งการทำงานแบบมือสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบ คือแบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) และแบบมือปกติ (Normal Manual) การทำงานแบบมือฉุกเฉินใช้เฉพาะในกรณีฉุกเฉินหรือในกรณีที่ระบบอื่นไม่ทำงาน ส่วนการทำงานแบบมือปกติใช้ในกรณีที่การทำงานแบบอัตโนมัติขัดข้องหรือในกรณีที่ Automatic Switch อยู่ในตำแหน่งปิด ระบบจะแสดงสัญญาณให้สั่งทำงานแบบมือ (Indication Sign “Manual”) เพื่อฉีดหมอกน้ำดับเพลิงแทน การทำงานแบบมือปกติ สามารถสั่งการได้โดยผ่าน Release สวิทซ์ ซึ่งติดตั้งได้ 2 แบบ คือติดตั้งที่ตู้สั่งการ หรือติดตั้งที่บริเวณพื้นที่โดยเฉพาะ เมื่อสวิทซ์ทำงานระบบจะส่งสัญญาณไปที่ Release Panel เพื่อฉีดหมอกน้ำดับเพลิงเข้าพื้นที่ป้องกันซึ่งมีการทำงานเช่นเดียวกับขั้นตอนการทำงานแบบอัตโนมัติ

การพิจารณาความเหมาะสมของระบบดับเพลิงสำหรับติดตั้งในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ โดยการเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของระบบ พบว่าค่าความน่าเชื่อถือของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิงคือ 0.213 และ 0.452 ตามลำดับ ค่าโอกาสในการเสียหายคือ 0.787 และ 0.548 ตามลำดับ และอัตราการเสียหายคือ 1.548 และ 0.795 Failures / year ซึ่งสาเหตุที่ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีค่าความน่าเชื่อถือที่ต่ำและมีค่าโอกาสในการเกิดความเสียหายและอัตราการเสียหายที่สูง เกิดจากจำนวนถังก๊าซที่ต้องติดตั้งมีค่าสูงในขณะที่ระบบหมอกน้ำดับเพลิงไม่ต้องมีการติดตั้ง อีกทั้งถังฉีดก๊าซนั้นมีค่าอัตราการเสียหายที่สูง โดยที่ถึงแม้ว่าระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการติดตั้งหัวฉีดที่จำนวนน้อยกว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิง แต่เนื่องจากอัตราการเสียหายของหัวฉีดนั้นมีค่าที่ไม่สูงทำให้จำนวนหัวฉีดที่ต่ำกว่าไม่มีอิทธิพลต่อค่าความน่าเชื่อถือของระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. แม้ว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิงทำงานได้ทันที แต่ยังไม่มีการเปรียบเทียบถึงระยะเวลาที่เริ่มดับไฟจนไฟดับของระบบดับเพลิงเพื่อยืนยันว่าระบบหมอกน้ำดับเพลิงมีประสิทธิภาพในการดับไฟที่ดี

2. เพื่อให้ได้ค่า R F และ μ ที่ถูกต้องควรมีการเก็บข้อมูลสถิติอัตราความเสียหายของอุปกรณ์แต่ละชนิดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความน่าเชื่อถือและอัตราความเสียหายของระบบดับเพลิงแต่ละชนิด

3. ควรมีการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการบริการหลังการติดตั้งเพื่อใช้พิจารณาเป็นทางเลือกในการตัดสินใจติดตั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ. 2552. **เทคนิคการเจาะหลุมปิโตรเลียม.** แหล่งที่มา: http://www2.dmf.go.th/petro_focus/exploration.drill.technique.asp, 1 กันยายน 2552.

เกศินี เจริญสุข. 2550. **การประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What If และวิเคราะห์ผลกระทบกรณีการระเบิดของสารโทลูอีนในพื้นที่จัดเก็บแบบเปิดโล่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย ประจำปี 2547 - 2550. 2551. **มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย ศาสนะประดิษฐ์. 2548. **การออกแบบและเปรียบเทียบระบบป้องกันอัคคีภัย กรณีศึกษาห้องเก็บเอกสารของบริษัทพรอดเตอร์ แอนด์ แกมเบิล แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชฟรอนประเทศไทย. 2009. **รอบรู้เรื่องพลังงาน การขุดเจาะ.** แหล่งที่มา: http://www.chevronthailand.com/energy_driling.asp, 15 กันยายน 2552.

_____. 2009. **รูปภาพแท่นขุดเจาะชนิด Jack Up และ Barge Tender.** แผนก Drilling and Completions, กรุงเทพฯ.

ทวิช ชูเมือง. 2548. **ระบบวัดคุมนิรภัยในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

พิชญะ จันทรานุวัฒน์. 2547. **การป้องกันอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม**. ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภารัตน์ โพธิ์ขี. 2548. **การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของระบบป้องกันอัคคีภัย กรณีศึกษาห้องควบคุมของบริษัทบางกอกคริสตัล จำกัด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย. 2545. **คู่มือการจัดทำรายงานการประเมินความเสี่ยง.** กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ม.ป.ท.

อุเทน พรมอิ่นคำ. 2550. **การออกแบบและวิเคราะห์ความเหมาะสมระบบป้องกันอัคคีภัย: กรณีศึกษาห้องอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าแรงสูง 22 เควี (สวิตช์เกียร์).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baker R. 1998. **A Primer of Oilwell Drilling.** Sixth Edition. The University of Texas at Austin, Texas.

_____. 1998. **A Primer of Offshore Operations.** Third Edition. The University of Texas at Austin, Texas.

Bentley, J.P. 1999. **Reliability & Quality Engineering.** Second Edition. Addison Wesley Longman, England.

Crowl, D.A. and Louvar, J.F. 2002. **Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications**. Second Edition. Prentice Hall PTR, New Jersey.

_____. and Louvar, B.D. 1998. **Health and Environmental Risk Fundamentals with Applications.** Volume 2. Prentice Hall PTR, New Jersey.

Drilling Rig. 2009. **Risk Assessment Procedures for a Drilling Rig.** Confidential Document. n.p.

Fike. 2009. **CO_2 Design Guide.** Available Source: http://www.firedot.com/FIKE/CO2/CO2_Design/Subfloor_Protection.pdf, November 17, 2009.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

GDAŃSK. 2009. **Catalogue of Type Approved Products.** Volume TM – Machinery, Fire-Fighting and Environment Protection Equipment. Available Source: http://www.prs.pl/pages/swuznania/Volume_TM_M_FF_EPE_11_09.pdf, November 17, 2009.

IMO. 2004. **Safety of Life at Sea (SOLAS).** International Maritime Organization, London.

_____. 2007. **International Code for Fire Safety Systems (FSS Code).** International Maritime Organization, London.

_____. 2008. **Code for the Construction and Equipment for Mobile Offshore Drilling Units (MODU Code).** International Maritime Organization, London.

Jackson, W.E. 1999. **Safety on the Rig.** Forth Edition. The University of Texas at Austin, Texas.

Ladwig, T.H. 1991. **Industrial Fire Prevention and Protection**. Van Nostrand Reinhold, New York.

National Fire Protection Association. 2008. **NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusette.

_____. 2006. **NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusette.

Petroleum Extension Service. 2005. **A Dictionary for the Oil and Gas Industry.** 1st edition. The University of Texas at Austin, Texas.

RIGZONE. 2009. **Offshore Rig Day Rates.** Available Source: http://www.rigzone.com/data/dayrates, December 24, 2009.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Schlumberger. 2009. **Diagram of rig types and operating environments**. Available Source: http://www.glossary.oilfield.slb.com/DisplayImage.cfm?ID=347, November 15, 2009.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ผลการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก
ผลการประเมินความเสี่ยงโดยใช้เทคนิค What If Analysis

ตารางที่ ก1 – ก3 แสดงผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยของ 3 พื้นที่ในห้องเครื่องด้วยเทคนิค What If Analysis

พื้นที่ 1 บริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

พื้นที่ 2 บริเวณเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer)

พื้นที่ 3 บริเวณเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator) และถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank)

ในแต่ละตารางประกอบด้วย 5 คอลัมภ์ คอลัมภ์ที่ 1 – 4 แสดง (1) คำถาม “อะไรจะเกิดขึ้น ... ถ้า” (2) อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา (3) มาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ (4) ข้อเสนอแนะ และคอลัมภ์ที่ 5 แบ่งย่อยเป็น 4 คอลัมภ์ คือ (1) โอกาส (2) ความรุนแรง (3) โอกาส × ความรุนแรง และ (4) ระดับความเสี่ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 1 บริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานนำสารไวไฟ เช่น กระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ไปทำงานในห้องเครื่อง [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา	1.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการห้ามใช้สารไวไฟทุกชนิดในห้องเครื่อง 1.2 ทำป้ายเตือนห้ามการทำงานประเภท Hot Work ยกเว้นได้รับใบอนุญาตให้ทำงาน (Permit to Work) 1.3 มีการตรวจสอบห้องเครื่องซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการตรวจความปลอดภัยประจำเดือน		3	4	12	ปานกลาง
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่องไม่เหมาะสม เช่น ไม่เก็บกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์หลังจากใช้งานเสร็จ [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา และกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ที่ถูกวางทิ้งไว้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อการสะดุดได้	2.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่อง เช่น เมื่อใช้สารไวไฟเสร็จต้องนำออกจากพื้นที่ห้องเครื่อง 2.2 จัดให้มีการตรวจสอบสารไวไฟทุกครั้งหลังเสร็จงาน 2.3 จัดให้มีตู้เก็บสารไวไฟ	จากการทบทวนรายงานการตรวจสอบ ได้เคยพบกระป๋องสเปรย์วางทิ้งไว้ในห้องเครื่อง ตู้เก็บสารไวไฟในห้อง	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		โดยเฉพาะในห้องทำงานของช่างเครื่อง	ทำงานของช่างเครื่องควรมีกุญแจล็อคไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการนำสารไวไฟออกไปใช้ก่อนที่ได้รับอนุญาต				
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังดับเพลิงที่ติดตั้งในห้องเครื่องไม่ทำงานตามปกติ [1]	เกิดความล่าช้าในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เพลิงลุกลามเกินกว่าควบคุม	3.1 มีการตรวจเป็นประจำทุกเดือนโดยพนักงานที่ได้รับมอบหมาย 3.2 มีโปรแกรมการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นประจำทุกปี 3.3 มีการเปลี่ยนถังเมื่อครบกำหนด 3.4 สามารถนำถังดับเพลิงที่ติดตั้งบริเวณใกล้เคียงมาใช้งานได้		2	4	8	ปานกลาง
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้า	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามี	4.1 มีการติดตั้งถาดรองน้ำมันและที่	ควรมีการอบรม	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรต่างๆ เกิดการรั่วไหล [1]	การทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้นหรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	กั้นป้องกันการรั่วไหล (Bunding) บริเวณโดยรอบเครื่องจักรทุกชนิด 4.2 มีชุดอุปกรณ์จัดการการรั่วไหลในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Spill Kit) ติดตั้งไว้ในห้องเครื่อง	การตอบโต้การรั่วไหลสำหรับพนักงานที่ทำงานในห้องเครื่องอย่างเป็นประจำ เพื่อให้การตอบโต้การรั่วไหลเป็นไปอย่างรวดเร็ว				
5. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการทำงาน Hot Work ใกล้เคียงกับบริเวณเครื่องจักรที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ [1]	ประกายไฟที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้าเครื่องจักรหรือพื้นที่บริเวณนั้นมีคราบน้ำมันติดอยู่	5.1 มีการควบคุมการทำงาน Hot Work โดยการใช้ระบบให้อนุญาตในการทำงาน 5.2 มีการทำความสะอาดบริเวณที่จะทำงานก่อนเริ่มงาน 5.3 มีการใช้ผ้าห่มกันไฟ (Fire Blanket) คลุมบริเวณโดยรอบก่อนเริ่มงาน		3	4	12	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		5.4 มีการตรวจสอบพื้นที่ทำงานก่อนเริ่มงาน Hot Work โดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและหัวหน้าผู้คุมงาน 5.5 มีมาตรการกำหนดให้พนักงานอย่างน้อย 1 คน ยืนอยู่บริเวณที่ทำงาน Hot Work โดยมีหน้าที่เฝ้าระวังประกายไฟที่จะเกิดขึ้นเพื่อให้ตอบโต้ได้ทันที (Fire Watcher) ตลอดเวลาและหลังจากงานเสร็จสิ้นอย่างน้อย 30 นาที					
6. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันของเครื่องจักรและบริเวณที่	น้ำมันที่ค้างตามถาดรองน้ำมันและที่กั้นป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ติดไฟได้	6.1 กำหนดการทำความสะอาดและมีพนักงานคอยตรวจสอบทุกวัน		1	4	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล [1]							
7. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องจักรเกิดลัดวงจร [1]	อาจมีประกายไฟเกิดขึ้น ทำให้เกิดการช็อตของเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้	7.1 มีการตรวจสอบการใช้งานของเครื่องจักรเป็นประจำทุกวัน 7.2 มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร		2	4	8	ปานกลาง
8. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงเกินกำหนด	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ชำรุด เสียหาย ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	8.1 มีการติดตั้งกริ่งสัญญาณเตือนในกรณีที่อุณภูมิน้ำหล่อเย็นสูงเกินกำหนด (205 ºF) 8.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองทำงานอัตโนมัติแทนที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดทำงานทันที 8.3 มีการตรวจสอบระบบสั่งการหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามชั่วโมงการใช้งานใน		2	4	8	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		โปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Program)					
9. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าความดันน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำกว่ากำหนด	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ชำรุด เสียหาย ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	9.1 มีการติดตั้งกริ่งสัญญาณเตือนในกรณีที่ความดันน้ำมันต่ำกว่ากำหนด (30 psi) 9.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองทำงานอัตโนมัติแทนที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดทำงานทันที 9.3 มีการตรวจสอบระบบสั่งการหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามชั่วโมงการใช้งานในโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน		2	4	8	ปานกลาง
10. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเกินพิกัด (อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูง	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้อง	10.1 มีการทดสอบการทำงานของกริ่งสัญญาณเตือนเป็นประจำทุก 500 ชั่วโมงการทำงาน โดยเป็นไปตามโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิง		2	4	8	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
เกินกำหนดหรือความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่ากำหนด) โดยที่กริ่งสัญญาณเตือนไม่ทำงาน	หยุดชะงัก	ป้องกัน 10.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองทำงานอัตโนมัติแทนที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดทำงานทันที10.3 มีการตรวจสอบระบบสั่งการหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามชั่วโมงการใช้งานในโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน					
11. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ากริ่งสัญญาณเตือนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน แต่ไม่มีช่างเครื่องมาปิดสัญญาณและจัดการเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงาน ทำให้การปฏิบัติงานและการสาธารณูปโภคต้องหยุดชะงัก	11.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดทำงานอัตโนมัติเมื่อระดับอุณภูมิน้ำหล่อเย็นสูงกว่า 215 ºF หรือความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่า 15 psi 11.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองทำงานอัตโนมัติแทนที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หยุดทำงานทันที	ควรมีการสำรองอะไหล่ที่จำเป็นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไว้บนแท่นขุดเจาะฯ	3	1	3	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		11.3 มีการตรวจสอบระบบสั่งการหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามชั่วโมงการใช้งานในโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน					
12. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าบริเวณข้อต่อท่อปล่อยไอเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารั่ว	ช่างเครื่องอาจสัมผัสกับไอเสียที่รั่วไหลออกมาซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรือได้รับบาดเจ็บจากการหมดสติ ถ้าทำงานอยู่บริเวณนั้น	12.1 มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในบริเวณใกล้เคียง 12.2 มีการตรวจสภาพท่อปล่อยไอเสียโดยวิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เป็นประจำทุกสัปดาห์	ควรมีการใช้เทคนิคในการตรวจสอบรอยรั่วเพิ่มเติมนอกเหนือจากการตรวจสอบด้วยตาเปล่า เพื่อให้แน่ใจว่าท่อปล่อยไอเสียอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่มีรอยรั่ว	3	2	6	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
13. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจาก Supply Boat โดยตรงไปยังถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข 6 ซึ่งใช้เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการกรองแล้วล้นจาก Day Tank	น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านการกรองแล้วในถังหมายเลข 6 ปนเปื้อนกับน้ำมันที่มีสิ่งเจือปนจาก Supply Boat ซึ่งถ้านำไปใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจก่อให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	13.1 วาล์วถังน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข 6 มีการติดตั้งกุญแจล็อคและติดป้ายเตือนไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการถ่ายน้ำมันจากเรือโดยตรงเข้าไป 13.2 ใช้ระบบใบอนุญาติให้ทำงานเพื่อควบคุมการขนถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากเรือ Supply Boat มายังถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง	ควรระบุไว้ให้เป็นส่วนหนึ่งของการอบรม On the Job สำหรับช่างเครื่องที่เริ่มมาทำงานใหม่ หรือช่างเครื่องฝึกหัด	1	3	3	ต่ำ
14. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานปีนหรือยืนบนส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อถอดประกอบชิ้นส่วนที่อยู่ด้านบนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บจากการพลัดตกลงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากเสียการทรงตัวหรืออุปกรณ์ไม่สามารถรองรับน้ำหนักได้ อาจทำให้อุปกรณ์เสียหายหรือชำรุด	14.1 มีกฎข้อบังคับให้พนักงานใช้บันไดและห้ามเหยียบชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 14.2 กำหนดให้ใช้นั่งร้านสำเร็จรูปในกรณีที่ไม่สามารถใช้บันไดได้		2	2	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
15. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มทำงานเองในขณะที่มีการซ่อมบำรุง	พนักงานที่ทำการซ่อมบำรุงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจได้รับอันตราย	15.1 ควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบใบอนุญาตให้ทำงาน 15.2 ควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ระบบตัดพลังงาน, ล๊อคระบบและติดป้ายแจ้งเตือน 15.3 มีข้อกำหนดให้ตรวจสอบการล็อคระบบและติดป้ายแจ้งเตือนโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยและหัวหน้าผู้ควบคุมการซ่อมบำรุงก่อนเริ่มงาน		3	4	12	ปานกลาง
16. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าน้ำมันเครื่องที่มีความร้อนหกใส่พนักงานขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บจากน้ำมันที่ร้อนทำให้เกิดการระคายเคืองหรือผิวหนังไหม้ได้	16.1 มีข้อกำหนดให้พนักงานใส่ถุงมือเพื่อป้องกัน		3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
17. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานเติมสารที่มีความเป็นกรดเพื่อทำความสะอาดระบบหล่อเย็นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	สารที่มีความเป็นกรดเป็นอันตรายต่อสุขภาพพนักงาน ทำให้ระคายเคืองต่อดวงตา ระบบทางเดินหายใจและทางเดินอาหาร หากสัมผัสทางผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคือง หรืออาจทำให้ผิวหนังไหม้ (CHEMWATCH, 2009)	17.1 มีข้อกำหนดให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลสอดคล้องตามข้อมูลด้านความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS) ซึ่งประกอบด้วยหน้ากากนิรภัย แว่นครอบตาป้องกันสารเคมี หน้ากากป้องกันใบหน้า ถุงมือและชุดป้องกันสารเคมี 17.2 มีการจัดทำการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (JSA) ทุกครั้งก่อนเริ่มทำความสะอาดระบบหล่อเย็น 17.3 มีที่ล้างตาและร่างกายฉุกเฉินติดตั้งในห้องเครื่อง	ควรจัดข้อมูลด้านความปลอดภัยของสารเคมีทุกชนิดที่ช่างเครื่องต้องใช้ในการทำงานไว้ในห้องทำงานของช่างเครื่อง เพื่อใช้ในการทบทวนถึงอันตรายต่างๆ ของสารเคมี วิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และข้อมูลเกี่ยวกับการตอบโต้สารเคมี	2	3	6	ปานกลาง

[1] เป็นเหตุการณ์ที่เกิดได้ในทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 2 บริเวณเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องไล่ความชื้นของอากาศ (Air Dryer)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานนำสารไวไฟ เช่น กระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ไปทำงานในห้องเครื่อง [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา	1.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการห้ามใช้สารไวไฟทุกชนิดในห้องเครื่อง 1.2 ทำป้ายเตือนห้ามการทำงานประเภท Hot Work ยกเว้นได้รับใบอนุญาตให้ทำงาน (Permit to Work) 1.3 มีการตรวจสอบห้องเครื่องซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการตรวจความปลอดภัยประจำเดือน		3	4	12	ปานกลาง
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่องไม่เหมาะสม เช่น ไม่เก็บกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์หลังจากใช้งานเสร็จ [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา และกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ที่ถูกวางทิ้งไว้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อการสะดุดได้	2.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่อง เช่น เมื่อใช้สารไวไฟเสร็จต้องนำออกจากพื้นที่ห้องเครื่อง 2.2 จัดให้มีการตรวจสอบสารไวไฟทุกครั้งหลังเสร็จงาน 2.3 จัดให้มีตู้เก็บสารไวไฟ	จากการทบทวนรายงานการตรวจสอบ ได้เคยพบกระป๋องสเปรย์วางทิ้งไว้ในห้องเครื่อง ตู้เก็บสารไวไฟในห้อง	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		โดยเฉพาะในห้องทำงานของช่างเครื่อง	ทำงานของช่างเครื่องควรมีกุญแจล็อคไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการนำสารไวไฟออกไปใช้ก่อนที่ได้รับอนุญาต				
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังดับเพลิงที่ติดตั้งในห้องเครื่องไม่ทำงานตามปกติ [1]	เกิดความล่าช้าในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เพลิงลุกลามเกินกว่าควบคุม	3.1 มีการตรวจเป็นประจำทุกเดือนโดยพนักงานที่ได้รับมอบหมาย 3.2 มีโปรแกรมการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นประจำทุกปี 3.3 มีการเปลี่ยนถังเมื่อครบกำหนด 3.4 สามารถนำถังดับเพลิงที่ติดตั้งบริเวณใกล้เคียงมาใช้งานได้		2	4	8	ปานกลาง
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้า	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามี	4.1 มีการติดตั้งถาดรองน้ำมันและที่	ควรมีการอบรม	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรต่างๆ เกิดการรั่วไหล [1]	การทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้นหรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	กั้นป้องกันการรั่วไหล (Bunding) บริเวณโดยรอบเครื่องจักรทุกชนิด 4.2 มีชุดอุปกรณ์จัดการการรั่วไหลในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Spill Kit) ติดตั้งไว้ในห้องเครื่อง	การตอบโต้การรั่วไหลสำหรับพนักงานที่ทำงานในห้องเครื่องอย่างเป็นประจำ เพื่อให้การตอบโต้การรั่วไหลเป็นไปอย่างรวดเร็ว				
5. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการทำงาน Hot Work ใกล้เคียงกับบริเวณเครื่องจักรที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ [1]	ประกายไฟที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้าเครื่องจักรหรือพื้นที่บริเวณนั้นมีคราบน้ำมันติดอยู่	5.1 มีการควบคุมการทำงาน Hot Work โดยการใช้ระบบให้อนุญาตในการทำงาน 5.2 มีการทำความสะอาดบริเวณที่จะทำงานก่อนเริ่มงาน 5.3 มีการใช้ผ้าห่มกันไฟ (Fire Blanket) คลุมบริเวณโดยรอบก่อนเริ่มงาน		3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		5.4 มีการตรวจสอบพื้นที่ทำงานก่อนเริ่มงาน Hot Work โดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและหัวหน้าผู้คุมงาน 5.5 มีมาตรการกำหนดให้พนักงานอย่างน้อย 1 คน ยืนอยู่บริเวณที่ทำงาน Hot Work โดยมีหน้าที่เฝ้าระวังประกายไฟที่จะเกิดขึ้นเพื่อให้ตอบโต้ได้ทันที (Fire Watcher) ตลอดเวลาและหลังจากงานเสร็จสิ้นอย่างน้อย 30 นาที					
6. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันของเครื่องจักรและบริเวณที่	น้ำมันที่ค้างตามถาดรองน้ำมันและที่กั้นป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ติดไฟได้	6.1 กำหนดการทำความสะอาดและมีพนักงานคอยตรวจสอบทุกวัน		1	4	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล [1]							
7. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องจักรเกิดลัดวงจร [1]	อาจมีประกายไฟเกิดขึ้น ทำให้เกิดการช็อตของเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้	7.1 มีการตรวจสอบการใช้งานของเครื่องจักรเป็นประจำทุกวัน 7.2 มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร		2	4	8	ปานกลาง
8. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องอัดอากาศที่มีความร้อนในขณะที่ซ่อมบำรุงบริเวณท่อส่งน้ำมันเข้าเครื่องอัดอากาศ	พนักงานสัมผัสกับน้ำมันหรือท่อส่งน้ำมันทำให้ผิวหนังไหม้หรือได้รับบาดเจ็บ	8.1 มีการตัดระบบไฟฟ้าเพื่อหยุดการทำงานของเครื่องอัดอากาศอย่างน้อย 1 วันก่อนการซ่อมบำรุงเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันที่อยู่ในเครื่องอัดอากาศไม่ร้อน 8.2 ควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบใบอนุญาตให้ทำงาน		3	2	6	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
9. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานต้องสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องอัดอากาศอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานในขณะที่ซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศ	ผิวหนังของพนักงานอาจระคายเคืองหรือแพ้เนื่องจากการสัมผัส	9.1 มีมาตรการให้พนักงานทาครีมเคลือบมือและแขน (Barrie Cream) เพื่อป้องกันการระคายเคืองทุกครั้งก่อนเริ่มงาน 9.2 มีมาตรการให้พนักงานใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้งที่ทำงาน		3	2	6	ปานกลาง
10. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการไล่ลมออกจากท่อของเครื่องไล่ความชื้นของอากาศให้หมดก่อนซ่อมบำรุง	แรงดันลมที่ค้างสะสมในท่อ อาจทำให้เกิดการดันหรือระเบิดออก	10.1 มีการกำหนดให้ตรวจสอบแรงดันค้างจากมาตรวัดก่อนเริ่มซ่อมบำรุงทุกครั้ง		1	4	4	ต่ำ
11. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าสายลมหลุดและสะบัดขณะใช้ปืนแรงดันลมทำ	พนักงานได้รับบาดเจ็บจากสายลมที่หลุดและสะบัดใส่	11.1 มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการสะบัดของสายลม (Whip Check) เพื่อป้องกันอันตรายจากการสะบัด		3	1	3	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
ความสะอาดตัวกรองของเครื่องอัดอากาศ		ของสายลมในกรณีที่สายลมหลุด 11.2 มีมาตรการให้พนักงานใช้หน้ากากป้องกันใบหน้าทุกครั้งที่ใช้ปืนแรงดันลม					

[1] เป็นเหตุการณ์ที่เกิดได้ในทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ 3 บริเวณเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำจืด (Fresh Water Maker Generator) และถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว (Day Tank)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
1. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานนำสารไวไฟ เช่น กระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ไปทำงานในห้องเครื่อง [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา	1.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการห้ามใช้สารไวไฟทุกชนิดในห้องเครื่อง 1.2 ทำป้ายเตือนห้ามการทำงานประเภท Hot Work ยกเว้นได้รับใบอนุญาตให้ทำงาน (Permit to Work) 1.3 มีการตรวจสอบห้องเครื่องซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการตรวจความปลอดภัยประจำเดือน		3	4	12	ปานกลาง
2. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่องไม่เหมาะสม เช่น ไม่เก็บกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์หลังจากใช้งานเสร็จ [1]	อุณหภูมิที่สูงอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ถ้าสารไวไฟรั่วไหล หรือระเหยออกมา และกระป๋องสเปรย์หรือทินเนอร์ที่ถูกวางทิ้งไว้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อการ	2.1 มีกฎข้อบังคับเรื่องการจัดการสารไวไฟในห้องเครื่อง เช่น เมื่อใช้สารไวไฟเสร็จต้องนำออกจากพื้นที่ห้องเครื่อง 2.2 จัดให้มีการตรวจสอบสารไวไฟทุกครั้งหลังเสร็จงาน	จากการทบทวนรายงานการตรวจสอบ ได้เคยพบกระป๋องสเปรย์วางทิ้งไว้ในห้องเครื่อง ตู้เก็บสาร	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
	สะดุดได้	2.3 จัดให้มีตู้เก็บสารไวไฟโดยเฉพาะในห้องทำงานของช่างเครื่อง	ไวไฟในห้องทำงานของช่างเครื่องควรมีกุญแจล็อคไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการนำสารไวไฟออกไปใช้ก่อนที่ได้รับอนุญาต				
3. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังดับเพลิงที่ติดตั้งในห้องเครื่องไม่ทำงานตามปกติ [1]	เกิดความล่าช้าในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เพลิงลุกลามเกินกว่าควบคุม	3.1 มีการตรวจเป็นประจำทุกเดือนโดยพนักงานที่ได้รับมอบหมาย 3.2 มีโปรแกรมการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นประจำทุกปี 3.3 มีการเปลี่ยนถังเมื่อครบกำหนด 3.4 สามารถนำถังดับเพลิงที่ติดตั้งบริเวณใกล้เคียงมาใช้งานได้		2	4	8	ปานกลาง
4. อะไรจะเกิดขึ้นถ้า	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามี	4.1 มีการติดตั้งถาดรองน้ำมันและที่	ควรมีการอบรม	3	4	12	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรต่างๆ เกิดการรั่วไหล [1]	การทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้นหรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	กั้นป้องกันการรั่วไหล (Bunding) บริเวณโดยรอบเครื่องจักรทุกชนิด 4.2 มีชุดอุปกรณ์จัดการการรั่วไหลในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Spill Kit) ติดตั้งไว้ในห้องเครื่อง	การตอบโต้การรั่วไหลสำหรับพนักงานที่ทำงานในห้องเครื่องอย่างเป็นประจำ เพื่อให้การตอบโต้การรั่วไหลเป็นไปอย่างรวดเร็ว				
5. อะไรจะเกิดขึ้นถ้ามีการทำงาน Hot Work ใกล้เคียงกับบริเวณเครื่องจักรที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ [1]	ประกายไฟที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้าเครื่องจักรหรือพื้นที่บริเวณนั้นมีคราบน้ำมันติดอยู่	5.1 มีการควบคุมการทำงาน Hot Work โดยการใช้ระบบให้อนุญาตในการทำงาน 5.2 มีการทำความสะอาดบริเวณที่จะทำงานก่อนเริ่มงาน 5.3 มีการใช้ผ้าห่มกันไฟ (Fire Blanket) คลุมบริเวณโดยรอบก่อนเริ่มงาน		3	4	12	ปานกลาง

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
		5.4 มีการตรวจสอบพื้นที่ทำงานก่อนเริ่มงาน Hot Work โดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยและหัวหน้าผู้คุมงาน 5.5 มีมาตรการกำหนดให้พนักงานอย่างน้อย 1 คน ยืนอยู่บริเวณที่ทำงาน Hot Work โดยมีหน้าที่เฝ้าระวังประกายไฟที่จะเกิดขึ้นเพื่อให้ตอบโต้ได้ทันที (Fire Watcher) ตลอดเวลาและหลังจากงานเสร็จสิ้นอย่างน้อย 30 นาที					
6. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่มีการทำความสะอาดถาดรองน้ำมันของเครื่องจักรและบริเวณที่	น้ำมันที่ค้างตามถาดรองน้ำมันและที่กั้นป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ติดไฟได้	6.1 กำหนดการทำความสะอาดและมีพนักงานคอยตรวจสอบทุกวัน		1	4	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหล [1]							
7. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องจักรเกิดลัดวงจร [1]	อาจมีประกายไฟเกิดขึ้น ทำให้เกิดการช็อตของเครื่องจักร ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ได้	7.1 มีการตรวจสอบการใช้งานของเครื่องจักรเป็นประจำทุกวัน 7.2 มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร		2	4	8	ปานกลาง
8. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพนักงานต้องใช้ปืนแรงดันลมทำความสะอาดภายในเครื่องทำน้ำจืด	พนักงานอาจได้รับบาดเจ็บบริเวณดวงตาหรือใบหน้าถ้ามีวัสดุหรือฝุ่นละอองต่างๆ ปลิวเข้า และอาจได้รับบาดเจ็บจากสายลมที่หลุดและสะบัดใส่	8.1 มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการสะบัดของสายลม เพื่อป้องกันอันตรายจากการสะบัดของสายลมในกรณีที่สายลมหลุด 8.2 มีมาตรการให้พนักงานใช้หน้ากากป้องกันใบหน้าทุกครั้งที่ใช้ปืนแรงดันลม		2	3	6	ปานกลาง
9. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าระดับน้ำทะเลในถังของ	น้ำทะเลอาจล้นออกจากเครื่องทำน้ำจืด ทำให้เครื่อง	9.1 ระบบจะหยุดการทำงานของเครื่องทำน้ำจืดทันทีที่ระดับน้ำทะเล		1	4	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
เครื่องทำน้ำจืด สูงกว่าระดับที่กำหนด	น้ำทะเลอาจล้นออกจากเครื่องทำน้ำจืด ทำให้เครื่องต้องหยุดการทำงาน ระบบของเครื่องทำน้ำจืดเกิดความเสียหาย	สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้		1	4	4	ต่ำ
10. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วเกิดการรั่วไหล	อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามีการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้น หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	10.1 มีที่กั้นป้องกันการรั่วไหลบริเวณรอบถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว 10.2 มีชุดอุปกรณ์จัดการการรั่วไหลในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Spill Kit) ติดตั้งไว้ในห้องเครื่อง	ควรมีการอบรมการตอบโต้การรั่วไหลสำหรับพนักงานที่ทำงานในห้องเครื่องอย่างเป็นประจำ เพื่อให้การตอบโต้การรั่วไหลเป็นไปอย่างรวดเร็ว	2	4	8	ปานกลาง
11. อะไรจะเกิดขึ้นถ้า	น้ำมันที่ค้างบริเวณที่กั้น	11.1 กำหนดการทำความสะอาด		1	4	4	ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

คำถาม อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า	อันตรายหรือผลที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	โอกาส × ความรุนแรง	ระดับความเสี่ยง
ไม่มีการทำความสะอาดที่กั้นป้องกันการรั่วไหลบริเวณรอบถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้ว	ป้องกันการรั่วไหลอาจสะสมกลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ติดไฟได้	และมีพนักงานคอยตรวจสอบทุกวัน					
12. อะไรจะเกิดขึ้นถ้าน้ำมันเชื้อเพลิงในถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วล้นหรือมีระดับสูงกว่าที่กำหนดในกรณีที่มีการปฏิบัติงาน Logging	การรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้ามีการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟอยู่บริเวณนั้น หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจัดการการรั่วไหลที่ไม่เหมาะสม	12.1 กำหนดให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ล้นจากถังเก็บน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วไหลไปยัง ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงหมายเลข 6		1	4	4	ต่ำ

[1] เป็นเหตุการณ์ที่เกิดได้ในทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหมอกน้ำดับเพลิง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีคำนวณการออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

การออกแบบระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงสำหรับระบบความดันสูง แบบวิธีฉีดท่วมสำหรับดับเพลิงภายในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ซึ่งวิธีการคำนวณเพื่อหาจำนวนถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบ ดังนี้

คำนวณหาปริมาตรของห้องที่จะติดตั้งระบบดับเพลิงจากสมการที่ 3

$$\begin{aligned} \text{Hazard Volume} &= W \times L \times H \\ &= 14.3 \times 27.5 \times 3.7 \\ &= 1{,}455.025 \quad m^3 \end{aligned}$$

ดังนั้นหาค่า M จากสมการที่ 2

$$\begin{aligned} M &= \frac{\text{Hazard Volume} \times \text{Design Concentration}}{\text{Specific } CO_2 \text{ Volume}} \\ &= \frac{1{,}455.025 \times 0.35}{0.56} \\ &= 909.39 \text{ kg } CO_2 \approx 910 \text{ kg } CO_2 \end{aligned}$$

อุณหภูมิห้องเครื่อง คือ 45.00 ºC ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ไม่กำหนดให้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากการปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องตามหลักการออกแบบมาตรฐานสากล NFPA ในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บรรจุใน 1 ถัง (kg) คือ 45.4 kg ดังนั้นคำนวณหาจำนวนถังของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการติดตั้งตามสมการที่ 1

$$\begin{aligned} N &= M / w \\ &= 910 / 45.4 \\ &= 20.04 \text{ ถัง} \approx 21 \text{ ถัง} \end{aligned}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำนวณหาอัตราการไหลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาตรฐานกำหนดสำหรับห้องเครื่องจากสมการที่ 6

$$Q_{Total} = \frac{M \times 0.85}{2}$$

$$= \frac{910 \times 0.85}{2}$$

$$= 386.75 \quad kg\ CO_2 / min$$

ดังนั้นคำนวณหาจำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง ซึ่งการเลือกหัวฉีดสำหรับระบบความดันสูงในการวิจัยนี้ เป็นชนิดหัวฉีดแบบ Radial ขนาด ½" เกลียวชนิด NPT ใช้สำหรับการดับเพลิงแบบวิธีฉีดท่วม โดยหัวฉีดชนิดนี้มีอัตราการไหล 45.4 kg CO_2 / min และสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ 37.21 m^2 (6.1 m × 6.1 m) (Fike, 2000) ตามสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับดังนี้

จำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $= Q_{Total} / Q_{Nozzle}$

$= 386.75 / 45.4$

$= 8.52 \approx 9$ หัว

จำนวนหัวฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $= A_{Room} / A_{Nozzle\ Coverage}$

$= 393.25 / 37.21$

$= 10.57 \approx 12$ หัว

ดังนั้น จำนวนถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องติดตั้งในห้องเครื่องที่ทำการศึกษาวิจัยคือ 21 ถังและจำนวนหัวฉีดแบบ Radial ขนาด ½" เกลียวชนิด NPT ที่ต้องติดตั้งคือ 12 หัว เพื่อให้มีอัตราการไหลเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดและฉีดได้ครอบคลุมทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง

การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิงสำหรับระบบความดันสูง แบบวิธีฉีดท่วมสำหรับดับเพลิงภายในห้องเครื่องบนแท่นขุดเจาะฯ ซึ่งวิธีการคำนวณเพื่อหาหัวฉีดหมอกน้ำที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบหมอกน้ำดับเพลิงเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โอกาสในการเกิดความเสียหาย และอัตราการเสียหายของระบบ ดังนี้

คำนวณหาจำนวนหัวฉีดหมอกน้ำดับเพลิงที่ต้องใช้ในการติดตั้ง ซึ่งการเลือกหัวฉีดสำหรับระบบความดันสูงในการวิจัยนี้ เป็นชนิดหัวฉีดหมอกน้ำ HI-FOG® รหัส 4S 1 MC 8MB 1000 สำหรับการติดตั้งที่ความสูงของเพดานไม่เกิน 5 m โดยหัวฉีดชนิดนี้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ 16 m^2 (4 m × 4 m) (GDAŃSK, 2009) ตามสมการที่ 7

$$\begin{aligned} \text{จำนวนหัวฉีดหมอกน้ำ} &= A_{Room} / A_{Spray\ Coverage} \\ &= 393.25 / 16 \\ &= 24.578 \approx 25 \text{ หัว} \end{aligned}$$

ดังนั้น จำนวนหัวฉีดหมอกน้ำ HI-FOG® รหัส 4S 1 MC 8MB 1000 ที่ต้องติดตั้งคือ 25 หัว เพื่อให้ฉีดได้ครอบคลุมทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป สำหรับ AQUA-CHEM AC-2

CD 2009/3,CHEMWATCH 4961-95 **วันที่ออก: วันศุกร์ 31 ตุลาคม 2008**

สรุป สำหรับ AQUA-CHEM AC-2

รหัสการเตือนสิ่งที่เป็นอันตราย:
สูง

HAZARDOUS SUBSTANCE. DANGEROUS GOODS. According to the Criteria of NOHSC, and the ADG Code.

CAS RN:	None	NIOSH:	None	HAZCHEM:	2X (ADG7)
หมายเลข UN:	2967	ระดับ DG :	8	กลุ่มการบรรจุ:	III
หมายกำหนดการของสิ่งเป็นพิษ:	S6	EPG:	8A1	IERG:	37

CHEMWATCH การให้คะแนนเกี่ยวกับการเป็นอันตราย

น้อยสุด สูงสุด

การติดไฟได้:0

การเป็นพิษ:0

การสัมผัสกับร่างกาย:3

การมีปฏิกิริยา:0

เรื้อรัง:2

ต่ำ/ไม่มี=0
ต่ำ=1
ปานกลาง=2
สูง=3
สูงสุด=4

รหัส R: R36/37/38 R52/53
R33 R41

รหัส S: S22 S24 S39 S40

ค่ากล่าวเกี่ยวกับความเป็นอันตราย:

- ■ ระคายเคืองต่อดวงตา ระบบการหายใจ และผิวหนัง
- ■ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใต้น้ำ
อาจมีผลกระทบในระยะยาวต่อธรรมชาติใต้น้ำ
- ■ *การสัมผัสอาจทำให้มีผลกระทบที่สะสมได้* *
* (มีหลักฐานจำกัด).

ค่ากล่าวเกี่ยวกับความปลอดภัย:

- ■ ห้ามหายใจเอาฝุ่นเข้าไป
- ■ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนัง
- ■ สวมเครื่องป้องกันตาและใบหน้า
- ■ ใช้น้ำทำความสะอาดพื้นและสิ่งที่ติดกับสารเจือปน

เครื่องป้องกันอันตรายต่อร่างกายเฉพาะสำหรับสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับอุตสาหกรรม / การค้า

วันที่ออก: วันศุกร์ 31 ตุลาคม 2008
พิมพ์วันที่: วันเสาร์ 30 มกราคม 2010

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ นอกเหนือจากการใช้ที่เกี่ยวกับการเรียนส่วนตัว , การวิจัย, การตรวจหรือการวิจารณ์ ตามการได้รับอนุญาตภายใต้กฎหมายของการสงวนลิขสิทธิ์แล้ว ไม่อนุญาตให้ผลิตส่วนใดๆขึ้นมาอีกไม่ว่าจะผลิตโดยวิธีใดก็ตาม ถ้าไม่ได้รับค่าอนุญาตที่เป็นลายลักษณ์อักษรจาก CHEMWATCH โทร (+61 3 9572 4700)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป สำหรับ CARBON DIOXIDE

CD 2009/3,CHEMWATCH 1013 **วันที่ออก: วันอาทิตย์ 15 กุมภาพันธ์ 2009**

สรุป สำหรับ CARBON DIOXIDE

รหัสการเตือนสิ่งที่เป็นอันตราย:
สูง

HAZARDOUS SUBSTANCE. DANGEROUS GOODS. According to the Criteria of NOHSC, and the ADG Code.

CAS RN: 124-38-9 NIOSH: None HAZCHEM: 2T (ADG7)
หมายเลข UN: 1013 ระดับ DG : 2.2 กลุ่มการบรรจุ: None
หมายกำหนดการของสิ่งเป็นพิษ: None EPG: 2C1 IERG: 9

CHEMWATCH การให้คะแนนเกี่ยวกับการเป็นอันตราย

น้อยสุด สูงสุด	
การติดไฟได้:0	
การเป็นพิษ:2	ต่ำ/ไม่มี=0
การสัมผัสกับร่างกาย:0	ต่ำ=1
การมีปฏิกิริยา:0	ปานกลาง=2
เรื้อรัง:3	สูง=3
	สูงสุด=4

รหัส R: R44
R20 R33 R60 R61 R67
รหัส S: S23 S51 S09 S53

คำกล่าวเกี่ยวกับความเป็นอันตราย:
- ■ อาจเสี่ยงต่อการระเบิดถ้าทำให้ร้อนภายในบริเวณที่แคบ
- ■ *การสัมผัสอาจทำให้มีผลกระทบที่สะสมได้ **
- ■ *อาจมีผลกระทบต่อการตั้งครรภ์**
- ■ *อาจจะเป็นอันตรายต่อ foetus/embryo**
- ■ *ไออาจทำให้มึนและวิงเวียง**

* (มีหลักฐานจำกัด).

คำกล่าวเกี่ยวกับความปลอดภัย:
- ■ ห้ามหายใจเอาแก๊ส/ ควัน/ ไอ/ ละอองเข้าไป
- ■ ใช้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้ดี
- ■ เก็บภาชนะไว้ในที่อากาศถ่ายเทได้ดี
- ■ หลีกเลี่ยงการสัมผัส - อ่านคำแนะนำการใช้ก่อนใช้

เครื่องป้องกันอันตรายต่อร่างกายเฉพาะสำหรับสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับอุตสาหกรรม / การค้า

วันที่ออก: วันอาทิตย์ 15 กุมภาพันธ์ 2009
พิมพ์วันที่: วันเสาร์ 30 มกราคม 2010

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ นอกเหนือจากการใช้ที่เกี่ยวกับการเรียนส่วนตัว , การวิจัย, การตรวจหรือการวิจารณ์ ตามการได้รับอนุญาตภายใต้กฎหมายของการสงวนลิขสิทธิ์แล้ว ไม่อนุญาตให้ผลิตส่วนใดๆขึ้นมาอีกไม่ว่าจะผลิตโดยวิธีใดก็ตาม ถ้าไม่ได้รับค่าอนุญาตที่เป็นลายลักษณ์อักษรจาก CHEMWATCH โทร (+61 3 9572 4700)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวปุณณดา กนกรัตนโชติ
เกิดวันที่	17 พฤษภาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม แผนกขุดเจาะและคอมพลีทชั่น
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เชฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์