การจำลองการรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อจัดทำแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาบริษัทผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง

ว่าที่ร้อยตรีหญิง ธีราภรณ์ นวเกล้า

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2562

Simulations of Leakage, Combustion and Explosion of a Liquefied Petroleum Gas Storage Tank for Emergency Response Planning: A Case Study of an Electrical Conduit and Accessories Manufacturing Company

Acting Sub L.T. Theeraporn Nawaklow

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Science in Industrial Environmental Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2019

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การจำลองการรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อจัดทำแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาบริษัทผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง
ชื่อและนามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีหญิง ธีราภรณ์ นวเกล้า
วิชาเอก	การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2563

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวัสดิ์ ศรีสวัสดิ์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารยา ประเสริฐชัย)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การจำลองการรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อจัดทำแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาบริษัทผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง

ผู้ศึกษา ว่าที่ร้อยตรีหญิง ธีราภรณ์ นวเกล้า รหัสนักศึกษา 2605000195

ปริญญา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ **ปีการศึกษา** 2562

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดจากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว และ (2) จัดทำร่างแผนฉุกเฉินเพื่อรองรับการรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวของโรงงานผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่องแห่งหนึ่ง

การศึกษานี้ได้จำลองสถานการณ์การรั่วไหล การติดไฟ และการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวของบริษัทผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก มีความยาว 2.92 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.68 เมตร วางในแนวนอนอยู่สูงจากพื้น 1 เมตร และมีการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว 85% ของถังกักเก็บ การจำลองเหตุการณ์จะใช้โปรแกรมอโลฮาในการประเมินการแพร่กระจาย และใช้แผนที่อิเล็กทรอนิกส์ ในการแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ผลจากการจำลองสถานการณ์ดังกล่าวจะนำมาใช้ในการจัดเตรียมร่างแผนฉุกเฉิน

ผลการศึกษา พบว่า (1) ระยะทางไกลสุดจากถังเก็บกักที่ได้รับผลกระทบจากการจำลอง 3 สถานการณ์ได้ผลดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 การเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ พบว่า การกระจายของการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ความเข้มข้นมากกว่า 5,500 พีพีเอ็ม (AEGL-1) จะครอบคลุมพื้นที่ในรัศมี 277 เมตร สถานการณ์ที่ 2 การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ พบว่า ระยะที่พบค่าความเข้มข้นขั้นต่ำที่สามารถลุกติดไฟได้ (10% LEL) อยู่ในรัศมี 513 เมตร และสถานการณ์ที่ 3 การเกิดระเบิด พบว่า การแผ่รังสีพลังงานความร้อนในระดับที่มากกว่า 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะพบในรัศมี 415 เมตร และ (2) เมื่อพิจารณาระยะปลอดภัยในการอพยพออกจากสถานการณ์ดังกล่าว สามารถแบ่งแผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉินออกเป็น 3 ระดับดังนี้ ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 1 กรณีเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษ กำหนดพื้นที่อพยพคือ บริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 1 ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 2 กรณีเกิดเพลิงไหม้ขั้นรุนแรง กำหนดพื้นที่อพยพคือ บริเวณด้านหน้าโรงงานข้างเคียง และภาวะฉุกเฉินระดับที่ 3 กรณีเกิดการระเบิด กำหนดพื้นที่อพยพคือ บริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพรายและไปยังจุดรวมพลที่สถานีตำรวจ

คำสำคัญ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว การรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิด โปรแกรมอโลฮา

Independent Study title: Simulations of Leakage, Combustion and Explosion of a Liquefied Petroleum Gas Storage Tank for Emergency Response Planning: A Case Study of an Electrical Conduit and Accessories Manufacturing Company.

Author: Miss Theeraporn Nawaklow; **ID**: 2605000195;

Degree: Master of Science (Industrial Environmental Management);

Independent Study advisor: Dr. Sirirat Suwanichcharoen,Associated Professor;

Academic year: 2019

Abstract

The objectives of this independent study were: (1) to assess the areas that might be affected by the leakage, combustion and explosion of liquefied petroleum gas (LPG) from a storage tank; and (2) to develop a draft emergency response plan for an LPG leakage, combustion and explosion in a factory producing electrical conduits and accessories.

This study set up simulations of leakage, combustion and explosion of an LPG storage tank in an electrical conduit and accessories production factory. The storage tank was cylindrical, 2.92 meters long and 1.68 meters in diameter, and horizontally located 1 meter above ground, and contained LPG at 85% of the tank volume. Incident simulations were performed using the ALOHA Program to assess the spatial dispersion and electronic maps to show the affected areas. The results of those simulations were considered in drafting an emergency response plan.

The results show that: (1) there are three scenarios of affected areas with a maximum distance from the storage tank: Scenario 1, Toxic Vapor Cloud – the dispersion of LPG leakage with a concentration of more than 5,500 ppm (AEGL-1) covering areas within a 277-meter radius; Scenario 2, Flammable Vapor Cloud – the minimum flammability value at 10% LEL in areas within a 513-meter radius; and Scenario 3, Vapor Cloud Explosion – the heat energy radiation of more than 2.0 kW/sq.m. covering areas within a 415-meter radius; and (2) considering the safety distance for evacuation from these scenarios, the emergency response plan covers three levels of emergency: Level 1 for Toxic Vapor Cloud, the designated evacuation area is the parking lot in front of the factory; Level 2 for a severe fire with Flammable Vapor Cloud, the designated evacuation area is the open space in front of a nearby factory; and Level 3 for Vapor Cloud Explosion, the designated evacuation area is the Pu Chao Saming Phrai roadside; and the assembly point was the nearby police station.

Keywords: Liquefied petroleum gas, Leakage, Combustion, Explosion, ALOHA Program

กิตติกรรมประกาศ

การทำการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยอย่างสมบูรณ์ ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ทั้งนี้ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา ที่กรุณาให้ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ และขอขอบพระคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ในบริษัท พานาโซนิค เอสพีที (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน้างานและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และกำลังใจตลอดมา

ธีราภรณ์ นวเกล้า

ธันวาคม 2563

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ในการศึกษา..... 3

ขอบเขตการศึกษา..... 3

กรอบแนวคิด..... 4

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 6

คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว..... 6

ความเป็นอันตรายและการป้องกัน..... 17

ลักษณะการการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด..... 19

โปรแกรมคามิโอ..... 29

โปรแกรมอโลฮา..... 31

โปรแกรม กูเกิลเอิร์ธ 37

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง..... 38

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย………………………………………………………………. 55

รูปแบบการวิจัย……………………………………………………......………….. 55

การศึกษาประชากร……………………………………................……………… 55

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย……………………………......…………………….……. 56

วิธีการวิจัย…………………………………………...…………………………..…. 56

การแปลผล…………………………………………......………………….……. 69

บทที่ 4 ผลการประเมินการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด…………..……………..… 70

ผลการประเมินการรั่วไหลจากถัง ……..………………...……......…..………... 70

ผลการประเมินการรั่วไหลจากท่อ ……..………………......……...…….….….. 83

สรุปผลการประเมินรัศมีการแพร่กระจาย…………………………………........ 93

สรุปผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด…………………........ 101

บทที่ 5 การจัดทำแผนการควบคุมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน………………………….……… 108

สถานการณ์ก่อนเกิดเหตุ.....................................……………......……….…… 109

สถานการณ์ขณะเกิดเหตุ………………………......................….…….……… 115

สถานการณ์หลังเกิดเหตุ………………………………......………….......……….. 130

ข้อเสนอแนะ…………………….. 132

บรรณานุกรม………………………………………………………......……….……….. 134

ภาคผนวก……………………………………………………………….....……….……... 139

รายละเอียดถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว.. 141

ประวัติผู้ศึกษา……………………………………………………………………..…..... 142

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติบางประการของโพรเพนและบิวเทน..... 10
ตารางที่ 2.2 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว..... 15
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสารเคมีที่เตรียมนำเข้าโปรแกรมอโลฮา..... 58
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศ เดือนมิถุนายน พ.ศ.2561 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 64
ตารางที่ 3.3 การนำเข้าข้อมูลด้านพื้นที่..... 67
ตารางที่ 3.4 สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัย..... 67
ตารางที่ 3.5 การนำเข้าข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ..... 67
ตารางที่ 3.6 การนำเข้าข้อมูลเหตุการณ์จำลอง..... 67
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากถัง……..... 93
ตารางที่ 4.2 พื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากท่อ……..... 94
ตารางที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ..... 95
ตารางที่ 4.4 รัศมีการลุกติดไฟของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ….. 96
ตารางที่ 4.5 รัศมีแรงดันของการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการระเบิด..... 97
ตารางที่ 4.6 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง ……..... 99
ตารางที่ 4.7 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการระเบิด ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิด……..... 100
ตารางที่ 4.8 สรุประยะทางรัศมีที่ก่อให้เกิดผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ของทั้ง 2 กรณี..... 102

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา..... 4
ภาพที่ 2.1 สภาวะวิกฤติ……..... 8
ภาพที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายทางกายภาพ..... 16
ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ..... 16
ภาพที่ 2.4 การรั่วไหลโดยตรง..... 19
ภาพที่ 2.5 การรั่วไหลจากถัง..... 20
ภาพที่ 2.6 การรั่วไหลแบบนองพื้น..... 20
ภาพที่ 2.7 การรั่วไหลจากท่อ..... 21
ภาพที่ 2.8 หน้าแรกโปรแกรมคามิโอ..... 30
ภาพที่ 2.9 การค้นหาชื่อสารเคมีในโปรแกรมคามิโอ..... 30
ภาพที่ 2.10 รายการสารเคมีที่ค้นหาในโปรแกรมคามิโอ..... 31
ภาพที่ 2.11 การคีย์ข้อมูลพื้นที่ในโปรแกรมอโลฮา..... 32
ภาพที่ 2.12 การเลือกข้อมูลสารเคมีในโปรแกรมอโลฮา..... 32
ภาพที่ 2.13 การคีย์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรมอโลฮา..... 33
ภาพที่ 2.14 การคีย์ข้อมูลสถานที่เกิดเหตุในโปรแกรมอโลฮา..... 33
ภาพที่ 2.15 การคีย์ข้อมูลปริมาณการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา..... 34
ภาพที่ 2.16 การคีย์ข้อมูลลักษณะภาชนะบรรจุและการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา..... 34
ภาพที่ 2.17 การคีย์ข้อมูลลักษณะการรั่วไหลของการไหลนองกับพื้น ในโปรแกรมอโลฮา..... 35
ภาพที่ 2.18 การคีย์ข้อมูลลักษณะท่อที่มีการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา..... 36
ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างฟุตพริ้นท์..... 36
ภาพที่ 2.20 การใช้ฟุตพริ้นท์จากโปรแกรมอโลฮาทับซ้อนลงในโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ..... 38
ภาพที่ 2.21 ความสัมพันธ์ของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว..... 39
ภาพที่ 3.1 ลักษณะถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว..... 55
ภาพที่ 3.2 ความดัน อุณหภูมิภายในท่อ..... 57
ภาพที่ 3.3 ลักษณะท่อ (สีเหลือง) จากถังกักเก็บไปยังกระบวนการผลิต..... 57

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.4 ที่ตั้งของโรงงาน แบบกว้าง..... 59
ภาพที่ 3.5 ที่ตั้งบริเวณโดยรอบโรงงาน……..... 59
ภาพที่ 3.6 แผนผังจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว..... 60
ภาพที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับบริเวณประตูโรงงาน..... 61
ภาพที่ 3.8 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับระบบบำบัดน้ำเสีย..... 61
ภาพที่ 3.9 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนนในพื้นที่โรงงาน..... 61
ภาพที่ 3.10 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมซ้าย..... 62
ภาพที่ 3.11 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมขวา..... 62
ภาพที่ 3.12 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนน..... 62
ภาพที่ 3.13 ระยะห่างระหว่างจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับชุมชนหลังโรงงาน..... 63
ภาพที่ 3.14 รถจ่ายก๊าซเข้ามาเติมก๊าซในโรงงาน..... 63
ภาพที่ 3.15 ลักษณะรถบรรทุกขนเหล็กที่ขับผ่านเข้าออก..... 66
ภาพที่ 4.1 รัศมีการแพร่กระจายของค่า AEGLs แสดงระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารเคมีในบรรยากาศ..... 71
ภาพที่ 4.2 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ..... 73
ภาพที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจาย เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการลุกติดไฟ..... 73
ภาพที่ 4.4 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ..... 75
ภาพที่ 4.5 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซ..... 76
ภาพที่ 4.6 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ..... 78
ภาพที่ 4.7 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการลุกไหม้ แบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง..... 78
ภาพที่ 4.8 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ..... 80

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.9 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดและการเกิดลูกไฟ..... 81
ภาพที่ 4.10 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ 83
ภาพที่ 4.11 รัศมีการแพร่กระจายของค่า AEGLs แสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศ 84
ภาพที่ 4.12 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ 86
ภาพที่ 4.13 รัศมีการแพร่กระจาย เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการลุกติดไฟ..... 86
ภาพที่ 4.14 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ 88
ภาพที่ 4.15 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซ..... 89
ภาพที่ 4.16 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ 90
ภาพที่ 4.17 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการลุกไหม้ แบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง..... 91
ภาพที่ 4.18 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ 92
ภาพที่ 5.1 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 1..... 124
ภาพที่ 5.2 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 2..... 125
ภาพที่ 5.3 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 3..... 126
ภาพที่ 5.4 แผนการอพยพหนีไฟ..... 129

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นมากอย่างหนึ่งต่อการดำเนินงานในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทุกโรงงานต้องนำไปใช้อย่างปฏิเสธไม่ได้ ทั้งในด้านพลังงานไฟฟ้า น้ำมัน ก๊าซเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเคมีและเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญแตกต่างกันออกไปตามประเภทการใช้งานและถูกนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย พลังงานแต่ละรูปแบบมีการนำไปใช้ในแต่ละกระบวนการต่างกัน ประโยชน์ที่ได้ก็ต่างกัน ซึ่งต้องนำไปใช้ให้เหมาะสมกับกิจกรรมของโรงงานจึงจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า

ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซแอลพีจี (LPG) มีชื่อเป็นทางการว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันหรือการแยกก๊าซธรรมชาติ ในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้ หรืออาจจะเป็นโพรเพนบริสุทธิ์ 100% หรือบิวเทนบริสุทธิ์ 100% ก็ได้ สำหรับในประเทศไทยก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่ได้จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ โดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทนประมาณ 70:30 ซึ่งจะให้ค่าความร้อนที่สูง ทำให้ผู้ใช้ประหยัดเวลาและค่าเชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ในครัวเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรม และในยานพาหนะได้ เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในโรงงานอุตสาหกรรมและในยานพาหนะ ในปัจจุบันก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ถูกนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ไม่ได้มีประโยชน์สำหรับใช้ในการหุงต้มเท่านั้น แต่ยังสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย ความสำคัญของการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวนั้น ไม่ใช่แค่ใช้เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าของต้นทุนและทรัพยากรเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการใช้งานที่ปลอดภัยต่อคนและทรัพยากรในทุก ๆ ด้าน การติดตั้งที่ได้มาตรฐาน การตรวจเช็คระบบจ่ายก๊าซประจำปี การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยในพื้นที่โดยรอบ และลักษณะพื้นที่การทำงานโดยรอบ ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อการพิจารณาความปลอดภัยของการใช้งานทั้งนั้น ดังนั้นสิ่งสำคัญเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน คือ ต้องทำการประเมินความเสี่ยงต่อการใช้งานและต่อสภาพแวดล้อม เพื่อเป็น

แนวทางในการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับเหตุฉุกเฉินและมีมาตรการฟื้นฟูเยียวยาพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากผลกระทบหลังจากเกิดเหตุการณ์อันตราย รวมถึงการมีมาตรการในการใช้และบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีเป็นหนึ่งในการป้องกันความปลอดภัยที่อาจจะเกิดขึ้นในเบื้องต้น ที่โรงงานผลิตท่อโลหะ ท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง แห่งหนึ่ง ในจังหวัดสมุทรปราการ ได้มีการติดตั้งถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ขนาดใหญ่จำนวน 2 ถัง ขึ้นมาใหม่ ซึ่งมีปริมาตร 8,978 ลิตรต่อถัง เพื่อรองรับกระบวนการผลิตใหม่ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งนำมาใช้ในกระบวนการชุบโลหะ เป็นกระบวนการใช้ความร้อนในการหลอมเหลวสังกะสี ดังนั้นจึงมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นจำนวนมากและยังนับว่าเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญมากต่อกระบวนการผลิต ทั้งนี้ทางบริษัทฯ ยังให้ความสำคัญกับความปลอดภัยในการใช้งานเกี่ยวกับสารเคมี โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันภัย สายน้ำดับเพลิง ถังดับเพลิง เป็นต้น และยังให้ความสนับสนุนพนักงานเพื่อให้มีความรู้ในการใช้งานที่ปลอดภัย โดยการจัดอบรมในหัวข้อที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลแก่ผู้ใช้งาน ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นแนวทางในการจัดทำมาตรการรองรับเหตุการณ์ความไม่ปลอดภัยที่อาจจะเกิดขึ้นหรือเหตุฉุกเฉินต่อการใช้งาน ดังนั้นหลังจากการการติดตั้งถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวแล้วควรทำการสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมต่อเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการช่วยลดความเสียหายที่อาจจะก่อให้เกิดขึ้นได้โปรแกรมอโลฮา (Areal Location of Hazardous Atmosphere; ALOHA) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์ รัศมีการแพร่กระจาย ตามลักษณะการรั่วไหลของสารเคมี โดยนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนภาพแสดงรัศมีการกระจายของความเป็นอันตรายหรือแบบจำลองของเหตุการณ์ และนำแบบจำลองที่ได้นั้นมาทับซ้อนกับแผนที่ของกูเกิลเอิร์ธ (Google earth) ซึ่งจะทำให้เห็นที่ตั้งของจุดต่าง ๆ ในแผนที่และแสดงรัศมีการแพร่กระจายครอบคลุมในเขตบริเวณที่ได้รับผลกระทบ จะทำให้เราสามารถประเมินเหตุการณ์ความรุนแรงในเบื้องต้นได้ โดยสมมติเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้นทั้งหมด 2 เหตุการณ์ คือ การรั่วไหลจากถังและการรั่วไหลจากท่อ โดยใน 2 เหตุการณ์ดังกล่าวมีลักษณะความเป็นอันตรายที่เกิดขึ้น คือ กรณีเกิดกลุ่มควันไอระเหยสารพิษ กรณีเกิดการลุกติดไฟ และกรณีเกิดการระเบิด หลังจากนั้นนำเหตุการณ์จำลองทั้งหมดมาพิจารณาจัดทำโครงร่างแผนฉุกเฉิน เพื่อรองรับต่อเหตุการณ์ความเป็นอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

2.1 เพื่อประเมินพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยใช้โปรแกรมอโลฮาและแผนที่กูเกิล เอิร์ธ

2.2 จัดทำร่างแผนเตรียมความพร้อม เพื่อรองรับเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา คือ โรงงานผลิตท่อโลหะ ท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

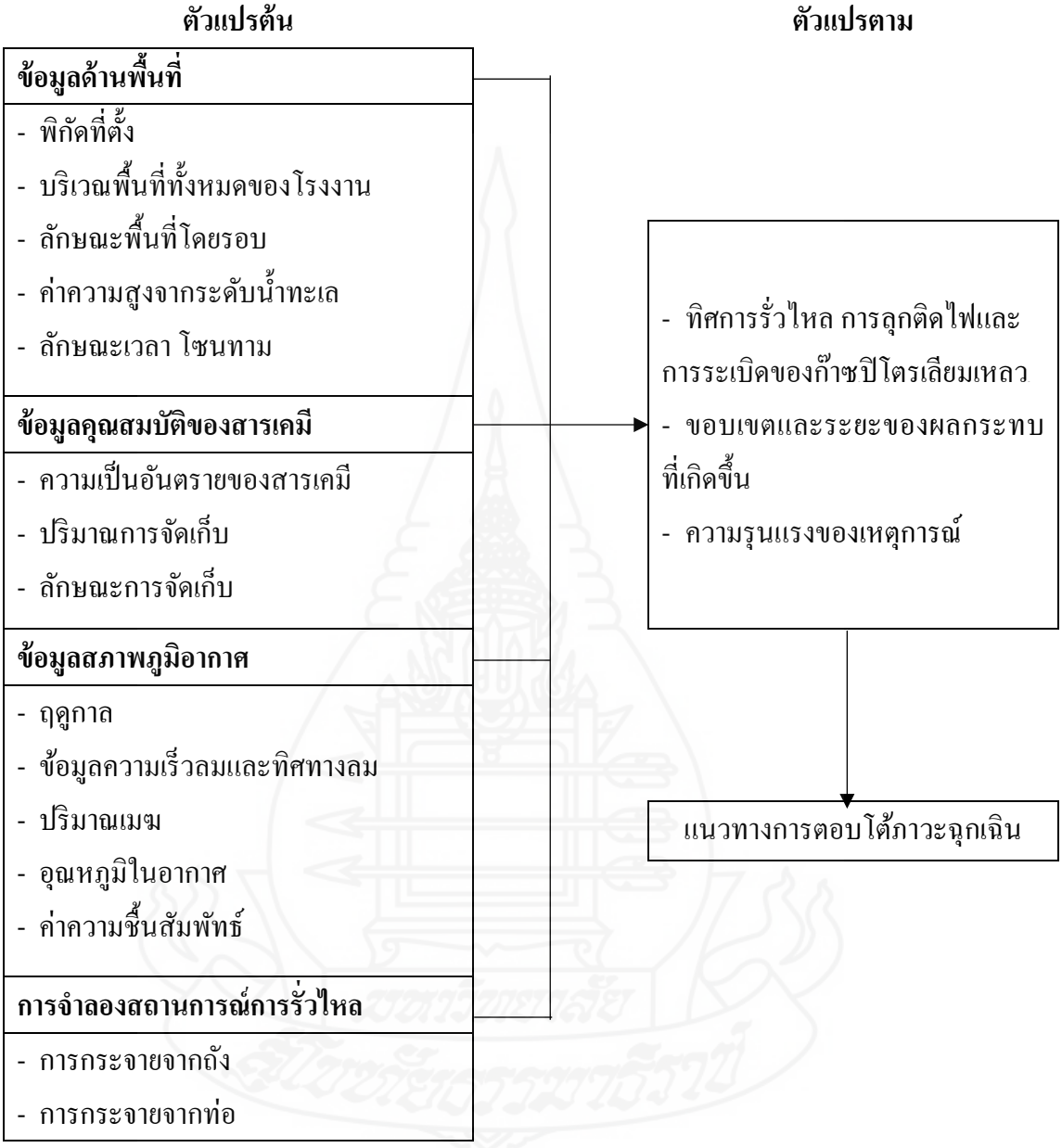
3.2 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ทำการศึกษา คือ โพรเพน

3.3 ฤดูกาลที่ทำการศึกษา คือ ฤดูร้อน

3.4 ลักษณะการศึกษา คือ ประเมินการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดจาก แท็งค์กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวเท่านั้น โดยใช้โปรแกรมอโลฮา ร่วมกับแผนที่ของกูเกิล เอิร์ธ

3.5 นำผลที่ได้จากการประเมินมาจัดทำแนวทางป้องกันก่อนการเกิดเหตุและจัดทำโครงร่างแผนฉุกเฉินของโรงงานฯ

4. กรอบแนวคิดการศึกษา



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

5. นิยามศัพท์เฉพาะในการศึกษา

5.1 การจัดเก็บ (Storage) หมายถึง พื้นที่และลักษณะการติดตั้งแท็งค์กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยมีการติดตั้งในแนวนอน จำนวน 2 ถัง มีปริมาณและขนาดเท่ากัน

5.2 การรั่วไหล (Leak) หมายถึง การที่ก๊าซรั่วออกมาจากแท็งค์กักเก็บ 2 กรณี คือ การรั่วไหลจากถัง และการรั่วไหลจากท่อ

5.3 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) **หมายถึง** เชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของก๊าซโพรเพนและบิวเทน ซึ่งมีปริมาตร 8,978 ลิตรต่อถัง นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการชุบโลหะ หลอมเหลวสังกะสี (Zinc)

5.4 ผลกระทบ (Impact) หมายถึง ความสูญเสีย ความเสียหาย ที่เกิดขึ้นหลังจากการเกิดการรั่วไหล การลุกไหม้ติดไฟ และการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

5.5 สภาพภูมิอากาศ หมายถึง ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณเมฆ อุณหภูมิ และความชื้น

5.6 เหตุการณ์จำลอง หมายถึง การจำลองสถานการณ์ที่คาดว่าจะเกิดเหตุการณ์หรืออุบัติเหตุในรูปแบบที่คาดการณ์ไว้

5.7 แผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน หมายถึง แผนการปฏิบัติตามลำดับความรุนแรงเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดขึ้น

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทราบลักษณะความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว

6.2 สามารถคาดการณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ทันที รวมถึงผลกระทบต่อเนื่องหลังเหตุการณ์

6.3 สามารถเสนอแนวทางป้องกันและลดผลกระทบบริเวณที่เกิดขึ้น เป็นมาตรการป้องกันก่อนการเกิดเหตุ และจัดทำโครงร่างแผนการเตรียมความพร้อม เพื่อรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการประเมินผลกระทบกรณีการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยการใช้โปรแกรมอโลฮา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในเรื่องนี้ ดังนี้

1. คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว
2. ความเป็นอันตรายและการป้องกัน
3. ลักษณะการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด
4. โปรแกรมคามิโอ
5. โปรแกรมอโลฮา
6. โปรแกรม กูเกิลเอิร์ธ
7. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ LPG ย่อมาจาก Liquefied Petroleum Gas ได้มาจากแหล่งใหญ่ 3 แหล่ง คือ จากการแยกก๊าซธรรมชาติ กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน และการนำเข้าโดยตรง โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถอยู่ได้ทั้งในสถานะของเหลวและก๊าซ ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพนและบิวเทนถึงแม้ว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะไม่มีคุณสมบัติเป็นพิษทางเคมี แต่เมื่อก๊าซรั่วออกมาแทนที่อากาศสามารถทำให้เกิดการขาดออกซิเจน หมดสติและตายเนื่องจากการขาดอากาศหายใจได้ นอกจากนี้ต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับของเหลวหรือที่เรียกว่าน้ำก๊าซโดยตรงเนื่องจากน้ำก๊าซจะดูดความร้อนออกจากร่างกาย ซึ่งจะทำให้ร่างกายเกิดการเผาไหม้แบบเย็น (Cold burn)

1.1 คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว มีลักษณะเป็นของเหลว (Liquid) ไม่มีสี เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด ให้การเผาไหม้ที่สะอาด ให้พลังงานความร้อนสูง

โดยทั่วไปแล้วก๊าซปิโตรเลียมเหลวบริสุทธ์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นลงไปด้วย เพื่อให้ผู้ใช้รู้ตัวเมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดรั่ว หรือผู้ใช้ลืมปิดวาล์วใช้ก๊าซ สารประกอบที่เติมลงไปเพื่อทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีกลิ่นเหม็นเป็นสารพวกเมอร์แคบแทน (Mercaptan)

นอกจากนี้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) เช่นเดียวกับพวกน้ำมันระเหยจึงสามารถละลายหรือทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำมาจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้ เช่น ปะเก็นหรือซีลต่าง ๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาใช้กับถังที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวควรใช้วัสดุอื่นที่ไม่ได้ทำมาจากยาง ธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

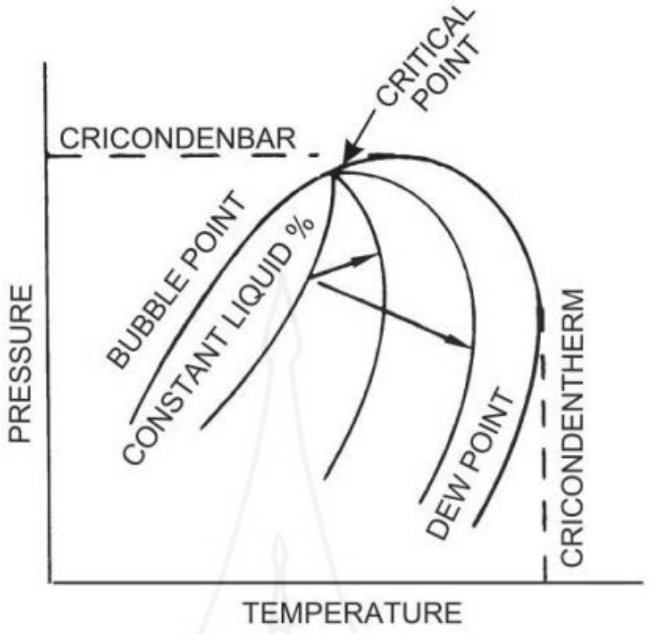
ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีอยู่ 2 สถานะ คือ ของเหลวและก๊าซ ดังนั้นจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้งสองสถานะ ดังนี้

1.1.1 คุณสมบัติก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของเหลว

1) จุดเดือด และสภาวะวิกฤติ (Critical Point)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีจุดเดือดต่ำมากคือ โพรเพนมีจุดเดือดเท่ากับ -42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทนมีจุดเดือดเท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทนมีจุดเดือดเท่ากับ -11.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติและความดันบรรยากาศเว้นเสียแต่จะถูกอัดด้วยความดันหรือทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าจุดเดือด ค่าความดันที่ทำให้เป็นของเหลวต่อเมื่อเพิ่มความดันให้สูงกว่าค่าความดันไอของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Vapor Pressure) ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิของโพรเพนเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส จะมีค่าความดันไอของโพรเพนเท่ากับ 7.3 เท่าความดันบรรยากาศ และหากอุณหภูมิของโพรเพนสูงขึ้นแล้วค่าความดันไอของโพรเพนก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

เมื่อโพรเพนมีอุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส ความดันที่ต้องใช้อัดโพรเพนอย่างน้อยต้องมากกว่า 41.94 เท่าความดันบรรยากาศ จึงจะทำให้โพรเพนมีสถานะเป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้โพรเพนจะไม่มีสถานะเป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศ ดังนั้นจึงเรียกสภาวะที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส และความดัน 41.94 เท่าความดันบรรยากาศของโพรเพน ว่า “สภาวะวิกฤติ (Critical Point)” ของโพรเพน



ภาพที่ 2.1 สภาวะวิกฤติ (Critical Point)

ที่มา : สำนักงานกลางชั่งตรวงวัด (2019:14)

2) ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซสเซียส ความหนาแน่นของโพรเพนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับส่วนกลับของความหนาแน่นก็คือ “ปริมาตรจำเพาะ”

โพรเพนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตันสำหรับค่าความถ่วงจำเพาะจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งเทียบกับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่าง เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของโพรเพนเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซสเซียส มีค่าเท่ากับ 0.5077 นอร์มัลบิวเทนและไอโซบิวเทนจะมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.5844 และ 0.5631 ตามลำดับ

ดังนั้นจากคุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวซึ่งมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ความหนาแน่นของน้ำโดยประมาณ) จึงเบากว่าน้ำและถ้าหากเกิดมีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลในสภาวะแวดล้อมปกติก๊าซปิโตรเลียมเหลวบางส่วนจะกลายเป็นไอกระจายไปโดยรอบบริเวณ บางส่วนที่กลายเป็นไอไม่ทันที่ยังคงสภาพเป็นของเหลวก็จะไหลลงสู่ท่อรางระบาย และหากมีน้ำอยู่ในท่อรางระบายก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็จะลอยบนผิวหน้าของน้ำไปจนกว่าระเหยกลายเป็นไอ

บางกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องปรับสัดส่วนระหว่างโพรเพนและบิวเทน ซึ่งในฤดูร้อนจะให้โพรเพนที่มีเปอร์เซนต์สัดส่วนผสมสูงขึ้นและลดสัดส่วนของบิวเทนลง เพราะโพรเพนเบากว่าบิวเทน ในทางกลับกันเมื่อถึงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิติดลบจะบรรจุให้บิวเทนมีเปอร์เซ็นต์สัดส่วนผสมสูงขึ้นและลดสัดส่วนของโพรเพนลง เพราะบิวเทนมีความดันไอสูงกว่าและมีจุดเดือดที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับคุณสมบัติของโพรเพน เพื่อให้สามารถจุดไฟติด

3) ความหนืด

ความหนืด คือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ที่มีต่อภาชนะหรือท่อ ของไหลต่างชนิดกันจะมีความหนืดแตกต่างกัน ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสภาพของเหลวจะมีความหนืดน้อยมาก (ความหนืดของน้ำเท่ากับ 1 เซนติพอยส์) จากคุณสมบัติอันนี้ทำให้ก๊าซเหลวรั่วซึมได้ง่ายกว่าของเหลวชนิดอื่น นอกจากนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวไม่มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นเนื่องจากมีความหนืดต่ำ

ดังนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปั๊มที่ใช้งานกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงเกิดการสึกหรอสูงมากเมื่อเทียบกับปั๊มที่ใช้กับน้ำมันปิโตรเลียมเพราะฉะนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงต้องออกแบบให้เหมาะสมทนทานต่อการสึกหรอและแรงดันสูงได้

อุณหภูมิจะมีผลต่อความหนืดของของไหล กล่าวคือ ของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดจะลดลง แต่หากเป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดก็สูงขึ้นด้วย

4) ความดันไอ (Vapor Pressure)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดภายใต้ความดันจะมีสถานะเป็นของเหลว และจะระเหยเป็นไอเต็มช่องว่างที่อยู่เหนือระดับส่วนที่เป็นของเหลวจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (Saturation Point) จึงจะหยุดระเหย ค่าความดันของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่จุดอิ่มตัวนี้เรียกว่า “ค่าความดันไออิ่มตัว”

ค่าความดันไออิ่มตัวเป็นตัวบ่งบอกคุณสมบัติการระเหย (Volatility) ของสารนั้น ๆ กล่าวคือ ถ้าสารใดมีความดันไอสูงแสดงว่าสารนั้นสามารถระเหยได้เร็ว นอกจากนี้ค่าความดันไอของก๊าซปิโตรเลียมเหลวยังเป็นค่าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ณ ขณะนั้นโดยตรง หากอุณหภูมิสูงค่าความดันไออิ่มตัวก็สูงขึ้นด้วย ตัวอย่างใน ตารางที่ 2.1 ที่อุณหภูมิของโพรเพน 0 องศาเซลเซียส มีค่าความดันเท่ากับ 4.5 บาร์ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 38 องศาเซลเซียส จะมีค่าความดันสูงขึ้นเป็น 14.5 บาร์

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติบางประการของโพรเพนและบิวเทน

คุณสมบัติ	โพรเพน	บิวเทน
องค์ประกอบ	C_3H_8	C_4H_{10}
น้ำหนักโมเลกุล	44	58
จุดเดือดที่ 1 บาร์	-45 องศาเซลเซียส	-2 องศาเซลเซียส
ความดัน ที่ 0 องศาเซลเซียส	4.5 บาร์	0.5 บาร์
ความดัน ที่ 38 องศาเซลเซียส	14.5 บาร์	4.8 บาร์

ที่มา : สำนักงานกลางชั่งตรวงวัด (2019:17)

5) ความร้อนแฝงในการระเหย

ความร้อนแฝงในการระเหย คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่จุดเดือดปกติ (ณ ความดันบรรยากาศ) หรือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อให้ได้กลั่นตัวเป็นของเหลวที่ความดันบรรยากาศ ทั้งนี้ค่าความร้อนแฝงดังกล่าวจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าความร้อนแฝงน้อยมากเมื่อเทียบกับความร้อนแฝงของน้ำ

ดังนั้นเมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวถูกปล่อยออกจากภาชนะกักเก็บจะเกิดการระเหยทันที ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ระเหยต้องได้รับความร้อนหรือดึงความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณที่ถูกดึงความร้อนมีความเย็นจัด ดังนั้นหากก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลออกมาสัมผัสกับผิวหนังหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย จะทำให้ผิวหนังหรือส่วนนั้น ๆ ของร่างกายได้รับความเย็นจัดจนเนื้อเยื่อตาย

6) ความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี กิโลกรัม องศาเซลเซียส บีทียู ปอนด์ และฟาเรนไฮต์ เช่น เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนจำเพาะของโพรเพนมีค่าเท่ากับ 0.6023 ส่วนนอร์มัลบิวเทน; ไอโซบิวเทน; Commercial propane และ Commercial butane จะมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 0.5748, 0.5824, 0.60 และ 0.57 ตามลำดับ

7) สัมประสิทธิ์การขยายตัว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 15 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.300 องศาเซลเซียส สำหรับโพรเพน และ 0.002 องศาเซลเซียส สำหรับบิวเทน พบว่าอุณหภูมิยิ่งสูงการขยายตัวยิ่งมาก ตัวเลขนี้จำเป็นอย่างยิ่งในการคำนวณปริมาตรสูงสุดที่สามารถจะบรรจุก๊าซลงภาชนะหรือถังเก็บได้ในสภาพอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนั้นการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวลงในถังจะต้องเหลือที่ว่างเหนือก๊าซเหลวไว้ โดยในส่วนของช่องว่างนี้จะมีไอก๊าซอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความดันที่เกิดการขยายตัวของของเหลว ในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติ นอกจากนี้ระบบท่อส่งต่าง ๆ ที่ส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวจำเป็นต้องมีกลไกอุปกรณ์นิรภัยแบบระบายความดัน เช่น Pressure Relief Valve เป็นต้น

8) อุณหภูมิจุดติดไฟ (Ignition Temperature)

เมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้เอง แม้จะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่า “อุณหภูมิจุดติดไฟ” เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโพรเพน คือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทนคือ 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียส และน้ำมันดีเซล 250-340 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวค่อนข้างมีความปลอดภัยสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน

1.1.2 คุณสมบัติก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะก๊าซ

1) ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อเป็นก๊าซจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (เมื่อความหนาแน่นของ อากาศ = 1) ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส (60 ฟาเรนไฮต์) ณ ความดันบรรยากาศ โพรเพนมีค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อเป็นก๊าซ เท่ากับ 1.5 บิวเทน มีค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อเป็นก๊าซ เท่ากับ 2.0

ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศเมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้น ก๊าซจะไปรวมตัวอยู่ในบริเวณที่ต่ำและหากบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซอาจจะไหลตามน้ำ ทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ ณ จุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่ว นอกจากนี้ค่าความหนืดก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของก๊าซจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2) ความสามารถในการอัดตัวของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Compressibility factor)

สำหรับก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันและปริมาตร สามารถแสดงโดยสมการสภาวะ (Equation of State) คือ

$$PV = nRT$$

เมื่อ P = ความดัน (บาร์)

V = ปริมาตร

n = จำนวนโมล

R = Gas Constant

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

แต่สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีลักษณะเบี่ยงเบนไปจากก๊าซอุดมคติ ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้สมการสภาวะได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (Compressibility factor, Z) เข้าไปในสมการคือ PV = ZnRT สำหรับก๊าซไม่อุดมคติ โดยที่ Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 คือที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ โพรเพน นอร์มัลบิวเทน และไอโซบิวเทน มีค่า Z = 0.984 , 0.969 และ 0.971 ตามลำดับ

3) ช่วงการลุกไหม้ (Flammability Limits in Air)

ก๊าซที่สันดาปได้จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ได้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่า “ขีดจำกัดบนของการติดไฟ (Upper Explosion Limit; U.E.L)” ส่วนทางด้านความเข้มข้นต่ำของช่วงการลุกไหม้เรียกว่า “ขีดจำกัดล่างของการติดไฟ (Lower Explosion Limit; L.E.L)”

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะสามารถลุกไหม้หรือติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศ 2-9% คือ หากมีก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่ำกว่า 2 ส่วน หรือมากกว่า 9 ส่วนในส่วนผสมของก๊าซกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมนั้นจะไม่สามารถติดไฟ

4) อุณหภูมิจุดติดไฟ (Ignition Temperature)

เมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว เชื้อเพลิงจะเริ่มลุกไหม้เอง แม้จะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่า “อุณหภูมิจุดติดไฟ” เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโพรเพน คือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทน คือ 410-550 องศาเซลเซียส

ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ยากกว่าหากเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียสและน้ำมันดีเซล 250–340 องศาเซลเซียส จึงกล่าวได้ว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีความปลอดภัยสูงกว่า

5) อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame temperature)

อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่าง ๆ ได้ เช่น หลอมเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเนียม และแก้ว เป็นต้น โดยโพรเพน มีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการอบเครื่องเคลือบดินเผาอบสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) ค่าอ๊อกเทน (Octane Number)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะก๊าซที่ใช้สำหรับยานพาหนะนั้น มีค่าอ๊อกเทน (Octane No.) สูงประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าค่าอ๊อกเทนของน้ำมันเบนซินจึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ แต่มีปัญหาในเรื่องอุณหภูมิของเปลวไฟของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อมีการระเบิดในกระบอกสูบซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันเบนซิน ทำให้เครื่องร้อนมากกว่า

7) อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ (Liquid/Vapor Volume Ratio)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อระเหยและเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ พบว่าปริมาตรเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส (60 ฟาเรนไฮต์) โพรเพนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วยหรือ คือ ขยายตัวไป 274 เท่าตัว ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย

ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลว หากรั่วออกมาจะมีอันตรายมากกว่าสถานะก๊าซ เพราะปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวสถานะของเหลวที่รั่วไหลออกมาเมื่อกลายเป็นสถานะก๊าซจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น 274 เท่าตัว การขยายตัวแพร่ตัว โอกาสที่ไปพบประกายไฟ โอกาสการระเบิดก็ยิ่งมาก

8) ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air Requirement)

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีส่วนผสมอยู่ในอากาศ 21% โดยปริมาตรและเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้จะต้องมีปริมาณที่แน่นอนในกรณีที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทั้งหมดก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้แสดงได้ดังสมการ

โพรเพน $C_3H_8 + 50_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

บิวเทน $C4H10 = 6.50_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

กรณีของโพรเพนจะเป็น 6.5 เท่าของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ 21% ดังนั้นในการเผาไหม้โพรเพนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตรจะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตรจะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้วก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

9) ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (heat of combustion)

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอาก๊าซปิโตรเลียมเหลวหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรมาเผาไหม้ที่ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) ค่าความร้อนของการเผาไหม้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องจักร

ตารางที่ 2.2 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

	คุณสมบัติ	ของเหลว (Liquid)		ก๊าซ (Gas)	
		โพรเพน (Propane)	บิวเทน (Butane)	โพรเพน (Propane)	บิวเทน (Butane)
1.	สูตรทางเคมี	C_3H_8	C_4H_{10}	C_3H_8	C_4H_{10}
2.	สี	ไม่มีสี			
3.	กลิ่น	เติมกลิ่น Mercaptan C_2H_5SH			
4.	จุดเดือด	-42 °C	-0.5 °C	-	-
5.	อุณหภูมิที่สามารถติดไฟได้เอง	460-580 °C	410-550 °C	460-550 °C	410-550 °C
6.	อุณหภูมิเปลวไฟ	-	-	1900°C	1930°C
7.	ค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุดของความไวไฟหรือระเบิด	-	-	ค่าต่ำสุด (LEL) 2.0	ค่าสูงสุด (UEL) 9.5
8.	ความดันไอ 0°C/38°C	4.5 bar / 14.5 bar	0.5 bar / 4.8 bar	-	-
9.	ความหนาแน่น	ที่ 15 °C = 507 kg/m^3		ที่ 15.5 °C = 1.5	ที่ 15.5 °C = 2
10.	ความถ่วงจำเพาะ	ที่ 15 °C = 0.5077	ที่ 15 °C = 0.5844	ที่ 15.5 °C = 1.5	ที่ 15.5 °C = 2
11.	ความร้อนจำเพาะ (ความดัน 1 บรรยากาศ ที่ 25°C)	0.6023	0.5748	-	-
12.	ความสามารถในอัดตัว ที่ 15 °C	-	-	0.984	0.969
13.	มวลโมเลกุล	44	58	44	58
14.	ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้			5 เท่า	6.5 เท่า
15.	สัมประสิทธิ์การขยายตัว ที่ 15 °C	ประมาณ 0.300	ประมาณ 0.002	-	-
16.	ค่าอ๊อกเทน (Octane Number)	-	-	95-110	
17.	อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ ที่ 15.5 °C/ของเหลว 1 หน่วย	-	-	274 หน่วย	233 หน่วย
18.	ปฏิกิริยาการติดไฟ	-	-	$C_3H_8 + 5O_2 =$ $3CO_2 + 4H_2O +$ ความร้อน	$C_4H_{10} + 13O_2 =$ $8CO_2 + 10H_2O +$ ความร้อน

ความเป็นอันตรายและการป้องกัน

1.2 ความเป็นอันตราย

1.2.1ความเป็นอันตรายทางกายภาพ

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นก๊าซไวไฟสูงมาก (Flammable gas) และก๊าซภายใต้ความดัน (Gases under pressure) และหากมีการรั่วไหลออกจากภาชนะถังบรรจุความดัน ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะสามารถขยายตัวได้ ประมาณ 270 เท่า

ภาพที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายทางกายภาพ

1.2.2ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การได้รับสารเคมีอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Cancer) และอาจทำให้เกิดข้อบกพร่องทางพันธุกรรม (Genetic defects)

หากก๊าซปิโตรเลียมเหลวสัมผัสกับผิวหนัง จะเกิดอาการไหม้เหมือนโดนไฟลวก ทั้งนี้เนื่องจากการที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่มีความดันสูงกลายเป็นไอจะเกิดการดูดความร้อนแฝงจากสิ่งแวดล้อมซึ่งในที่นี้ก็คือ ความชื้นภายในผิวหนัง

นอกจากนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ยังมีน้ำหนักมากกว่าอากาศโดยทั่วไป ดังนั้นหากมีการรั่วไหลออกจากถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะไปแทนที่อากาศ ซึ่งรวมถึงก๊าซออกซิเจนที่เราใช้หายใจที่มีอยู่ในอากาศประมาณ 17 % ของอากาศ ทั้งหมดส่งผลให้กรณีที่มีคนอยู่บริเวณนั้นจะขาดออกซิเจนและเสียชีวิต ถ้าไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกนอกพื้นที่ได้ทันเวลา

ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ที่มา : ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี “Liquified petroleum gas” (2546)

1.2.3 ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ไม่พบรายงานความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยตรง แต่ความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเกิดการระเบิด เนื่องจากมีฝุ่นและควัน นอกจากนี้ยังอาจเกิดก๊าซพิษทางอ้อมจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กลายเป็นมลพิษทางอากาศ

1.3 การป้องกัน

1.3.1 ความเสถียรและการไวต่อปฏิกิริยา (Stability and Reactivity)

1) ความเสถียรทางเคมี คือ เสถียรภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่แนะนำในสภาวะการใช้งานในอุณหภูมิปกติ

2) วัตถุที่ควรหลีกเลี่ยง คือ สารออกซิไดซ์ที่แรง

3) สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง คือ เก็บให้ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดประกายไฟและพื้นผิวที่มีความร้อน รวมถึงห้ามสูบบุหรี่และงดใช้อุปกรณ์สื่อสารในพื้นที่ ใช้มาตรการป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิตย์

4) สารเคมีอันตรายหากเกิดการสลายตัว คือ ความเป็นพิษจากไอระเหยของก๊าซและควันพิษ

1.3.2 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment ; PPE)

1) ระบบหายใจ ให้สวมหน้ากากป้องกันไอระเหยที่ได้มาตรฐาน

2) ดวงตา ให้สวมแว่นตากันสารเคมี แว่นตานิรภัยหรือหน้ากากกะบังหน้า

3) ผิวหนัง ให้สวมใส่ผ้ากันเปื้อนสำหรับป้องกันสารเคมีหรือชุดป้องกันสารเคมีชนิดเต็มตัวและรองเท้าบู๊ทยางทนสารเคมี

4) ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสที่ไม่จำเป็นทั้งหมด เมื่อมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ห้ามดื่มหรือสูบบุหรี่และงดใช้อุปกรณ์สื่อสารในพื้นที่ ล้างมือและหน้าหลังจากทำงานเกี่ยวกับสารเคมี ซักเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

1.3.3 การควบคุมทางวิศวกรรมที่เหมาะสม (Appropriate engineering controls)

จัดให้มีระบบระบายอากาศเฉพาะที่เพื่อป้องกันการระเบิดของไอระเหยสารเคมี ในพื้นที่ที่ติดตั้งถังกีดเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและพื้นที่โดยรอบ ลักษณะการติดตั้งและตรวจสอบให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดและติดตั้งเครื่องตรวจจับก๊าซรั่ว

1.3.4 การเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บ (Handling and storage)

1) วิธีการจัดเก็บอย่างปลอดภัย คือ เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอและเก็บให้ห่างจากแสงแดด แหล่งกำเนิดไฟและพื้นผิวที่มีความร้อน ห้ามเก็บใกล้ถังบรรจุก๊าซออกซิเจนหรือสารออกซิไดซ์ที่แรง

2) ข้อควรระมัดระวัง คือ เคลื่อนย้ายสารเคมีและวัสดุติดไฟออกจากแหล่งกำเนิดประกายไฟอย่างระมัดระวัง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการขนย้ายถังก๊าซต้องต่อสายดิน เมื่อขนย้ายถังก๊าซถึงแม้ว่าจะเป็นระยะทางสั้น ๆ ควรใช้รถเข็นถังก๊าซและมีสายรัดหรือโซ่คล้องป้องกันการตกหล่นหรือหลุดล่วง หลีกเลี่ยงการหายใจเอาก๊าซเข้าไปและหลีกเลี่ยงการก่อให้เกิดประกายไฟ

1.3.5 มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหล (Accidental Release Measures)

1) ข้อควรระวังส่วนบุคคล อุปกรณ์ป้องกันอันตราย และขั้นตอนการปฏิบัติงานฉุกเฉิน

(1) เคลื่อนย้ายออกจากแหล่งกำเนิดไฟทั้งหมดในบริเวณรอบ ๆ อพยพคนออกนอกบริเวณ ใช้มาตรการป้องกันไฟฟ้าสถิต ต้องต่อสายดินและเชื่อมประจุอุปกรณ์ทั้งหมด สวมชุดป้องกันสารเคมี ถุงมือแว่นครอบตาและอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจชนิดดูดซับก๊าซและไอ

(2) หากเกิดการรั่วไหลปริมาณมาก หยุดการรั่วไหลของก๊าซหรือเคลื่อนย้ายถังก๊าซไว้ภายนอก ให้ทำโดยปราศจากความเสี่ยง

2) ข้อควรระวังด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากก๊าซสามารถสะสมในพื้นที่ต่ำ ป้องกันการแพร่กระจายของก๊าซเข้าไปในท่อระบายน้ำทิ้ง ระบายอากาศในพื้นที่ใกล้เคียง

1.3.6 มาตรการผจญเพลิง (Fire Fighting Measures)

1) สารดับเพลิงที่เหมาะสม คือ ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ และละอองน้ำหรือม่านน้ำ

2) ข้อห้ามในการดับเพลิง คือ ห้ามใช้น้ำฉีดอย่างรุนแรงบนไอก๊าซเพราะสามารถทำให้เกิดการระเบิดและไฟลุกลาม เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศและอาจลอยไปตามพื้น ให้เก็บถังก๊าซและถังเปล่าห่างจากความร้อนและแหล่งกำเนิดไฟ ถังก๊าซอาจฉีกขาดภายใต้ความร้อนสูง ถังก๊าซที่เสียหายควรได้รับการขนย้ายโดยผู้เชี่ยวชาญ

3) อุปกรณ์พิเศษสำหรับนักผจญเพลิง หากเป็นไปได้ให้หยุดการรั่วไหลโดยใช้อุปกรณ์ที่ป้องกันไฟฟ้าสถิต เพื่อเข้าไปปิดวาล์วถังก๊าซ ควรสวมชุดผจญเพลิงและอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดถังบรรจุอากาศแบบพกพา ห้ามดับไฟจนกว่าปิดวาล์วถังก๊าซได้แล้ว มิฉะนั้นจะเกิดการระเบิดลุกไหม้ได้

1.3.7 มาตรการปฐมพยาบาล (First Aid Measures)

1) กรณีได้รับสัมผัสทางการหายใจ คือ หากผู้ป่วยหายใจเอาไอก๊าซที่มีความเข้มข้นสูงเข้าไป อาจเกิดการกดระบบประสาทส่วนกลางเป็นผลให้ปวดศีรษะ มึนงงและคลื่นไส้ การรับสัมผัสอย่างต่อเนื่องอาจทำให้หมดสติ หรือเสียชีวิต ให้ทีมปฐมพยาบาลหรือผู้ที่พบเจอผู้ประสบเหตุ เคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์และให้พักผ่อนในท่าทางที่สบาย หากรู้สึกหายใจได้ไม่สะดวกให้ใช้เครื่องช่วยหายใจและรีบพบแพทย์ทันที

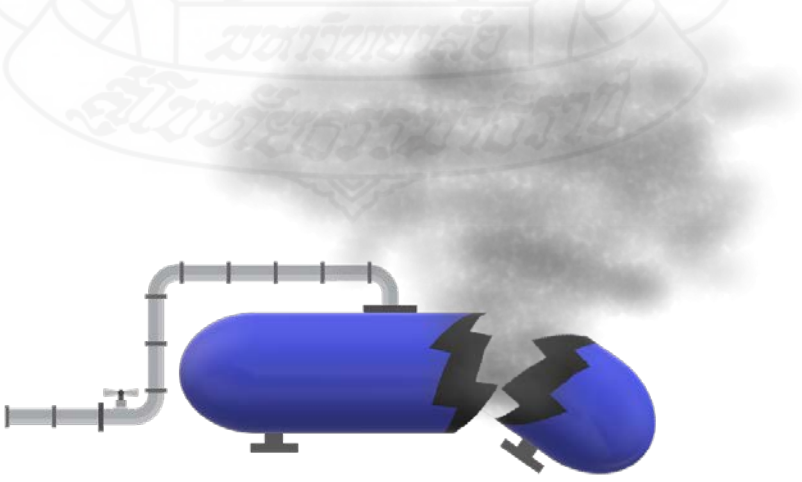
2) กรณีได้รับสัมผัสทางผิวหนังหรือดวงตา คือ หากมีบาดแผลที่เกิดจากความเย็นจัดให้ล้างด้วยน้ำอุ่นในบริเวณที่สัมผัสและรีบไปพบแพทย์ทันที ก่อนถอดเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนออกใช้น้ำราดบนเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนก่อน เนื่องจากอาจจะสัมผัสกับผิวหนังได้ เข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดโดยให้น้ำไหลผ่านตาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที และให้รีบพบแพทย์ทันที

3) หากรู้สึกไม่สบายให้ปรึกษาแพทย์ ให้แสดงฉลากความปลอดภัยของสารเคมี (SDS) ที่สัมผัส ให้กับแพทย์ เพื่อทำการรักษาได้รวดเร็วขึ้น

2. ลักษณะการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด

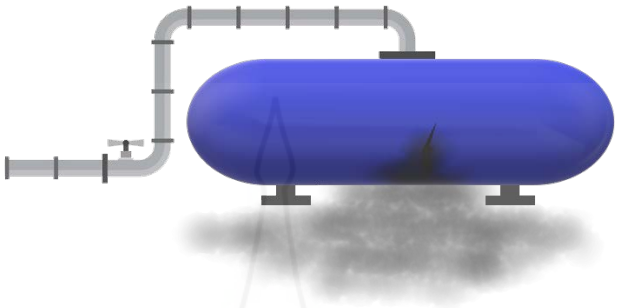
2.1 ลักษณะการรั่วไหล

2.1.1การรั่วไหลโดยตรง (Direct) คือ การแพร่กระจายโดยตรง โดยการรั่วไหลออกมานั้นเราสามารถรับรู้ปริมาณของสารที่กำลังกระจายออกมาอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นการรั่วไหลออกมาจากภาชนะบรรจุทันทีทั้งหมดหรือการรั่วไหลออกมาอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่มากจนหมด



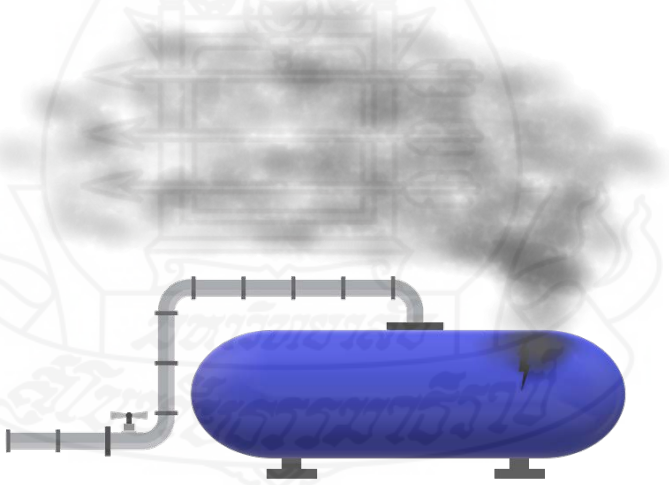
ภาพที่ 2.4 การรั่วไหลโดยตรง

2.1.2 การรั่วไหลแบบนองพื้น (Puddle) คือ การกระจายของสารเคมีแบบไหลนองกับพื้น โดยการเกิดในลักษณะนี้จะเกิดกับสารเคมีที่มีลักษณะเป็นของเหลว เมื่อสารเคมีรั่วออกมาจากภาชนะบรรจุ จะเกิดของเหลวไหลนองไปตามพื้น



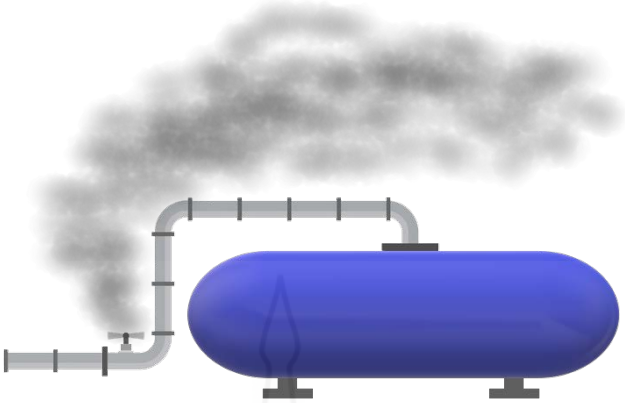
ภาพที่ 2.5 การรั่วไหลแบบไหลนองกับพื้น

3.13 การรั่วไหลจากถัง (Tank) คือ การกระจายจากถัง ไม่ว่าถังแบบทรงกลมหรือแบบทรงกระบอก สามารถเกิดได้ทั้งสารเคมีที่เป็นของเหลวและก๊าซ โดยการเกิดเหตุจะมีลักษณะถังรั่วมีรอยแตกร้าวตามถัง ทั้งลักษณะรูรั่วแบบวงกลม วงรี หรือสี่เหลี่ยม ขนาดและจุดที่รั่วจะแตกต่างกันไปตามแต่ละเหตุการณ์ โดยสารเคมีจะกระจายออกมาจากถังตามรูรั่วจนหมด



ภาพที่ 2.6 การรั่วไหลจากถัง

3.14 การรั่วไหลจากท่อ (Pipe) คือ การรั่วออกจากท่อ ไม่ว่าท่อนั้นจะออกจากถังหรือเป็นท่อตัน โดยสารเคมีที่รั่วไหลออกมาจากท่อนั้นจะเป็นลักษณะของก๊าซ จะรั่วไหลออกมาจากรอยรั่วของท่อกระจายไปในอากาศ



ภาพที่ 2.7 การรั่วไหลจากท่อ

2.2 พฤติกรรมการรั่วไหล

ลักษณะการรั่วไหลที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากการรั่วไหลและติดไฟ พบว่ามีโอกาสเกิดการรั่วไหล 2 แบบ คือ

2.2.1 การรั่วไหลอย่างทันทีทันใด (Instantaneous Release)

ซึ่งเกิดจากการรั่วไหลตั้งแต่รูรั่วขนาดกลางขึ้นไป หรือเกิดจากการแตกหักหรือท่อก๊าซธรรมชาติถูกทำลายอย่างรุนแรง และมีโอกาสติดไฟแบบทันทีทันใด (Immediate Ignition)

***2.2.2* การรั่วไหลแบบต่อเนื่อง (Continuous Release)**

เป็นการรั่วไหลแบบต่อเนื่อง โดยจะมีระยะเวลายาวนานกว่าการรั่วไหลอย่างทันทีทันใด มักเกิดจากการรั่วไหลของรูรั่วขนาดเล็ก

2.3 แบบจำลองการลุกติดไฟและการระเบิด

2.3.1 การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไอระเหยของสารพิษ (Toxic Area of Vapor Cloud)

การรั่วไหลในลักษณะนี้จะไม่ก่อให้เกิดเพลิงไหม้ แต่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษของก๊าซแทน เนื่องจากไม่มีแหล่งที่ก่อให้เกิดประกายไฟในบริเวณดังกล่าว โดยโปรแกรม อโลฮาจะประเมินความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมาที่รัศมีต่าง ๆ และสามารถแสดงผลการประเมินออกมาในรูปแบบของค่ามาตรฐาน ดังนี้

1) ค่า AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels)

แสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัสได้และนำไปใช้กับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในช่วงเวลารับสัมผัส 10 นาทีถึง 8 ชั่วโมง ระดับ AEGL-1, AEGL-2 และ AEGL-3 ถูกพัฒนาสำหรับช่วงเวลารับสัมผัส 5 ช่วง (10 นาที, 30 นาที, 1

ชั่วโมง, และ 8 ชั่วโมง) และถูกจำแนกความรุนแรงของผลกระทบทางความเป็นพิษ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้

AEGL-3 (33,000 ppm) คือ ความเข้มข้นของสารในอากาศ ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบ ทำให้ผู้สัมผัสสารอาจเกิดผลกระทบระดับรุนแรง เป็นอันตรายต่อสุขภาพจนถึงขนาดทำให้เสียชีวิตได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคล

AEGL-2 (17,000 ppm) คือ ความเข้มข้นของสารในอากาศ ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพรุนแรง ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยอาจเกิดการระคายเคืองหรือเกิดผลข้างเคียงได้

AEGL-1 (5,500 ppm) คือ ความเข้มข้นของสารในอากาศ ซึ่งคาดว่าประชาชน ทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจะไม่ก่อให้เกิดการพิการและเกิดเพียงชั่วคราวรวมทั้งกลับเป็นปกติได้หากหยุดการรับสัมผัส

โดยสามารถนำข้อมูลไปใช้สำหรับการวางแผนจัดการเหตุฉุกเฉินในช่วงเวลารับสัมผัส 10 นาที ถึง 8 ชั่วโมง

2) ค่า IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)

ค่า IDLH (2100 ppm) ความเข้มข้นสารเคมีในบรรยากาศที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพแบบเฉียบพลัน หากไม่สามารถรีบออกจากบริเวณนั้นได้ทันภายในระยะเวลา 30 นาที กล่าวคือ หากความเข้มข้นของสารเคมีสูงถึงค่าความเข้มข้นในระดับ 2100 ppm พนักงานที่ทำงานอยู่บริเวณนั้นต้องรีบอพยพทันที ไม่เช่นนั้นโอกาสรอดจะมีน้อยมาก ซึ่งระดับความเข้มข้นนี้เป็นค่าสูงสุดที่พนักงานสามารถอพยพออกมาได้โดยร่างกายไม่เสียสุขภาพในลักษณะที่สามารถหายกลับคืนสู่สภาพปกติ ไม่มีผลต่อดวงตาหรือการหายใจจนทำให้อพยพออกมาไม่ได้

2.3.2 การลุกติดไฟแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

การลุกติดไฟ หมายถึง เมื่อเชื้อเพลิงสัมผัสกับออกซิเจนและความร้อนจนองค์ประกอบทั้ง 3 ครบ จะก่อให้การเกิดการลุกไหม้ติดไฟขึ้นและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ สามเหลี่ยมของไฟ (fire triangle)

การเผาไหม้ คือ การเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการรวมตัวของเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ซึ่งเป็นผลให้เกิดความร้อนและแสงสว่างออกมา

1) องค์ประกอบของการลุกติดไฟ

(1) เชื้อเพลิง (Fuel) ซึ่งจะอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

ก. จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่ต่ำสุดที่จะทำให้เชื้อเพลิงระเหยกลายเป็นไอ หากมีปริมาณมากพอที่จะลุกติดไฟได้เมื่อมีประกายไฟที่เหมาะสมมาจุดติดไฟ และเมื่อไอระเหยเกิดการลุกไหม้หมดแล้วไฟก็จะดับลง เพราะอัตราการระเหยจากผิวหน้านั้นน้อยเกินกว่าจะทำให้เกิดเปลวไฟได้อย่างต่อเนื่อง

ข. จุดลุกติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้ผิวของของเหลวระเหยเป็นไอในอัตราที่เร็วพอกับการจะเกิดเปลวไฟ ลุกต่อเนื่องกันไปโดยไม่ดับ ปกติในน้ำมันจุดลุกติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟเสมอ

ค. จุดลุกติดไฟได้เอง (Autoignition Temperature หรือ AIT) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ของเหลวเกิดการจุดติดไฟและลุกเป็นไฟขึ้นได้เอง โดยปราศจากประกายไฟจากภายนอก

ง. เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเชื้อเพลิงในอากาศ คือ ปริมาณไอ เชื้อเพลิงที่แขวนลอยหรือผสมอยู่ในอากาศคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตรของไอเชื้อเพลิงต่อปริมาตรของอากาศ

จ. เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมต่ำสุดที่ลุกติดไฟได้ (Lower Flammability Limits) ซึ่งย่อว่า LFL หรือเรียกว่าขีดจำกัดล่างของการติดไฟ และเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมสูงสุดที่ลุกติดไฟได้ (Upper Flammability Limits) ซึ่งย่อว่า UFL หรือเรียกว่าขีดจำกัดบนของการติดไฟ

ฉ. เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมต่ำสุดที่จะเกิดการระเบิด (Lower Explosive Limits) ซึ่งย่อมา LEL (ขีดจำกัดลางของการระเบิด) เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมสูงสุดที่จะเกิดการระเบิด (Upper Explosive Limits) ซึ่งย่อมา UEL (ขีดจำกัดบนของการระเบิด)

ช. ความหนาแน่นไอ (Vapor Density) คือ อัตราส่วนของน้ำหนักของสารเคมีในสถานะก๊าซต่อน้ำหนักของอากาศเมื่อมีปริมาณเท่ากัน ความหนาแน่นไอ ใช้เป็นสิ่งบ่งบอกให้ทราบว่าก๊าซนั้นจะหนักหรือเบากว่าอากาศซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมอัคคีภัย

(2) ออกซิเจน (Oxygen) ซึ่งะมีอยู่ในอากาศประมาน 21% เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณ เชื้อเพลิงส่วนมากต้องการออกซิเจนอย่างน้อยที่สุด 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการเผาไหม้ ออกซิเจนเกินกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นสาเหตุทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรุนแรงและรวดเร็วนำไปสู่การระเบิด นอกจากออกซิเจนที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ขณะที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีออกซิเจนจะถูกปลดปล่อยจากสารเคมีเมื่อถูกทำให้ร้อน

(3) ความร้อน (Heat) พอเพียงที่จะติดไฟได้ ความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดติดไฟ ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะต่างกัน

องค์ประกอบของสามเหลี่ยมการเกิดอัคคีภัยหรือการระเบิด แหล่งของความร้อนที่สามารถจุดติดไฟ ได้แก่ กระแสไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิต การสันดาป ปฏิกิริยาทางเคมี การเสียดสีกับแหล่งที่มีเปลวไฟ การป้องกันการเกิดไฟและการระเบิดที่มีสาเหตุจากสารเคมีอันตรายคือการควบคุมที่แหล่งความร้อน

ก. กระแสไฟฟ้า ความร้อนเกิดจากกระแสไฟฟ้าได้ 3 ทาง คือ 1) ความต้านทานกระแสไฟฟ้า 2) การอาร์ค และ 3) การเกิดประกายไฟ

ข. ไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวที่ไม่เหมือนกัน 2 อย่างสัมผัสและแยกจากกันทำให้เกิดประจุบวกและประจุลบ เมื่อพื้นผิว 2 ชนิด ถูกันหรือเมื่อของเหลวถูกถ่ายเทจากภาชนะหนึ่งไปยังอีกภาชนะหนึ่ง โดยไม่มีการต่อสายดินกับต่อสายตัวนำถึงกันโดยถูกต้อง

ค. การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเอง เช่น เศษผ้าขี้ริ้วปนเปื้อนคราบน้ำมันที่ถูกปล่อยให้แห้ง น้ำมันบางชนิดที่ก่อให้เกิดความร้อน เมื่อสารนั้นถูกออกซิไดซ์จึงก่อให้เกิดเพลิงไหม้ในกองผ้าขี้ริ้ว วิธีการง่าย ๆ ในการเก็บเศษผ้าขี้ริ้วปนเปื้อนคราบน้ำมัน คือ เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิดและเก็บให้ห่างจากความร้อน เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะก่อให้เกิดการลุกติดไฟ

ง. สารผสมของสารเคมี 2 ชนิด ปฏิกิริยาของสารเคมี 2 ชนิดที่มารวมกัน อาจจะทำให้เกิดความร้อน เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับแคลเซียมออกไซด์ จะให้ความร้อนสูงถึง 800 องศาเซลเซียส

จ. การเสียดสี เมื่อพื้นผิว 2 ชนิดเกิดการเสียดสีกัน อาจจะก่อให้เกิดความร้อนขึ้น เช่น สายพาน หรือการขัดผิวโลหะ

ฉ. รังสีความร้อน จากเตาหลอม ภาชนะใหญ่ที่ใช้ในการต้มหมักวัตถุ เตาหุงต้มและพื้นผิวร้อนอื่น ๆ อาจจะจุดไอที่ไวไฟให้ติดไฟ รังสีจากดวงอาทิตย์ ไม่ว่าจะผ่านการขยายด้วยพลาสติกหรือกระจก

ช. เปลวไฟที่ไม่ได้ป้องกัน เกิดจากบุหรี่ ไม้ขีดไฟ หัวพ่นไฟสำหรับเชื่อมโลหะอาจเกิดจากการหล่นของค้อน คีม ไปกระทบพื้นผิวโลหะที่มีความแข็ง หรือการทุบตอกด้วยค้อนเหล็กที่หัวสกัด

2) ลักษณะของการลุกติดไฟแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

ลักษณะการรั่วไหลในกรณีนี้ จะประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมาจากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียม

เหลว เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งจะพิจารณาจากค่าต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟ (LFL; Lower Flammable Limit) และค่าสูงสุดที่สามารถลุกติดไฟได้(UEL; Upper Flammable Limit)

Lower Flammable Limit (LFL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟ (Flammable Gas or Material) หรือส่วนที่เป็นไอระเหยขั้นต่ำผสมอยู่ในอากาศ จนมีส่วนผสมที่เหมาะสมทำให้เกิดสภาพจุดติดไฟหรือระเบิดได้ (Explosive mixture) หากมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟหรือส่วนที่เป็นไอระเหยเจือปนในอากาศเข้มข้นหรือปริมาณต่ำกว่าค่านี้ ก็จะไม่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟหรือระเบิด

100% LFL หรือ 21,000 ppm คือ ค่าที่จะเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 100% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ถูกกำหนดไว้ LEL 21,000 ppm

60% LFL หรือ 12,600 ppm (Flame Pockets) คือ ค่าที่จะเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 60% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm

10% LFL หรือ 2100 ppm คือ ค่าที่จะเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 10% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm

Upper Flammable Limit (UFL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟ (Flammable Gas or Material) หรือส่วนที่เป็นไอระเหยมากที่สุดผสมอยู่ในอากาศ จนมีส่วนผสมที่เหมาะสมทำให้เกิดสภาพจุดติดไฟหรือระเบิดได้ (Explosive mixture) หากมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟหรือส่วนที่เป็นไอระเหยเจือปนในอากาศเข้มข้นหรือปริมาณสูงกว่าค่านี้ ก็จะไม่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟหรือระเบิด

2.3.3 การระเบิด (Explosion)

การระเบิด หมายถึง การเกิดแรงอัดอย่างสูง ทำให้เกิดอำนาจในการผลักดัน ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของสารอย่างกะทันหัน หรือเกิดจากการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว เมื่อเกิดการระเบิดขึ้นแรงอัดจากการระเบิดจะรุนแรงและแผ่กระจายไปรอบจุดเกิดเหตุในระยะเวลาอันสั้น ทำให้ผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงไม่มีโอกาสหลบหนี จึงเกิดการทำลายทั้งชีวิตและทรัพย์สินได้เป็นจำนวนมาก ภายหลังการระเบิดมักจะเกิดเพลิงไหม้ตามมา หากมีเชื้อเพลิงอยู่ในบริเวณนั้น

1) ลักษณะของการระเบิดแบ่งได้ 5 แบบ ดังนี้

(1) การระเบิดที่เกิดจากวัตถุระเบิด เป็นการระเบิดที่เกิดจากการสลายตัวของสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว เช่น โปรแตสเซียมคลอเรต ไนโตรกลีเซอรีน ฯลฯ ออกมาเป็นก๊าซที่มีความร้อนสูงและขยายตัวมากขึ้นจนเกิดแรงผลักดัน มีอำนาจในการทำลาย

(2) การระเบิดจากการทำปฏิกิริยาของไอเชื้อเพลิงกับอากาศ เป็นการระเบิดที่เกิดจากไอของสารที่เป็นเชื้อเพลิงปนอยู่กับอากาศในปริมาณที่เหมาะสม

(3) การระเบิดจากฝุ่นผง ฝุ่นที่เกิดการระเบิดนั้นต้องมีขนาดเล็กมาก เช่น ถ่านหิน แป้งมัน น้ำตาล ข้าวโพด โลหะ ฯลฯ การระเบิดของฝุ่นผงจะรุนแรงกว่าการระเบิดของก๊าซหรือไอของน้ำมันเชื้อเพลิง เพราะกลุ่มผงฝุ่นจำนวนมากเป็นเชื้อเพลิงที่มีความอัดตัวอยู่มาก ผงฝุ่นยิ่งเล็กเท่าไหร่ก็จะระเบิดได้รวดเร็วและรุนแรงมากขึ้น

(4) การระเบิดจากการขยายตัวของสารและก๊าซภายใต้ความดัน เช่น การระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม การระเบิดของหม้อไอน้ำ เป็นต้น

(5) การระเบิดจากปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน เป็นพลังงานของมวลสารเมื่อเกิดการสลายตัว ซึ่งพลังงานที่เกิดขึ้นมีพลังงานมากกว่าพลังงานที่เกิดจากการระเบิดของปรมาณูถึง 3 เท่า เช่น การระเบิดของไฮโดนเจน การระเบิดของนิวตรอน ฯลฯ

2) ลักษณะการระเบิดจากสารเคมีในรูปแบบโปรแกรมอโลฮา

การระเบิดจากสารเคมีในรูปแบบโปรแกรมอโลฮาที่เกิดขึ้น มี 4 แบบ โดยผลของความผิดพลาดที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์อันตรายต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและปริมาณของสารที่ถูกปล่อยออกมา ประเภทของความผิดพลาด ช่วงเวลาที่เกิดการลุกไหม้ ขอบเขตจำกัดของบริเวณที่สารถูกปล่อยออกมาและสภาพภูมิอากาศในช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ การเกิดเหตุเพลิงไหม้และการระเบิดในหลาย ๆ รูปแบบ ดังนี้

(1) BLEVE (Boiling liquid expanding vapour explosion) และการเกิดลูกไฟ (Fireballs) รอยแตกที่เกิดขึ้นในส่วนของกระบวนการที่มีความดัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเอง (Spontaneous failure) หรือ Cold catastrophic หรือจากเหตุการณ์แบบต่อเนื่อง (Domino effect) เช่น การเกิดเปลวไฟพุ่ง (Jet fire) ในกรณีที่เกิดประกายไฟอย่างฉับพลัน ไอของก๊าซที่รั่วไหลออกมาจะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็ว เกิดเป็นลูกไฟและถ้าความผิดพลาดนั้นเป็นผลจากเพลิงไหม้ที่แผ่ขยายเพิ่มมากขึ้น และเกิดเพลิงลุกไหม้ที่อุปกรณ์บรรจุสารไฮโดรคาร์บอนในสถานะของเหลว ความร้อนจากเพลิงไหม้จะทำให้อุปกรณ์เกิดความล้มเหลวอย่างเฉียบพลัน และจะกลายเป็นเหตุการณ์ที่เรียกว่า BLEVE

การเกิด BLEVE และลูกไฟ จะเริ่มจากลูกไฟเพียงครึ่งเดียว หรือ Hemisphere จากนั้นจะค่อย ๆ ขยายขนาดขึ้น จนเกิดความปั่นป่วน (Turbulence) ราวกับว่าบริเวณผิวนอกของ Shock wave ที่มาจากรอยแตกจะค่อย ๆ เลื่อนหลุดออกมาจาก Hemisphere เนื่องจากเกิดความปั่นป่วนที่บริเวณผิวนอก อากาศที่อยู่โดยรอบจะเข้าไปแทนที่ แต่ในขณะที่ลูกไฟกำลังขยายขนาดขึ้นเรื่อย ๆ เป็น Hemisphere โดยรอบนั้นจะถูกปกคลุมไปด้วยกลุ่มหมอกก๊าซที่มีปริมาณมากขึ้น จนเกินขีดจำกัดบนของการติดไฟ (Upper flammable limit) ทำให้มีประกายไฟลุกไหม้เกิดขึ้นที่บริเวณผิวนอก ในขณะที่เกิดการลุกไหม้อากาศจะไหลเข้าไปในกลุ่มหมอกก๊าซมากขึ้น โดยสัดส่วนของอากาศต่อก๊าซในกลุ่มหมอกที่มากขึ้นนี้จะทำให้เกิดการเผาไหม้ดียิ่งขึ้น ณ จุดหนึ่งซึ่งการเผาไหม้เต็มไปด้วยลูกไฟ การแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation) จะถึงระดับสูงสุด ซึ่ง ณ จุดนี้เอง Hemisphere จะกลายเป็นทรงกลม (Sphere) และลอยสูงขึ้น เนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyancy) ของก๊าซที่ร้อนขึ้นในระหว่างการเผาไหม้

ลักษณะการเกิดอุบัติภัยที่เกิดจาการรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายซึ่งเป็นสารไวไฟ และรั่วไหลออกมาในปริมาณมาก ๆ ซึ่งเป็นกรณีที่จะเกิดขึ้นกับการรั่วไหลของของเหลวที่อยู่ในภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้แรงดัน มีขั้นตอนการเกิด ดังนี้

ก. เกิดเพลิงไหม้บริเวณใกล้ภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้แรงดัน

ข. ความร้อนจากเพลิงไหม้ทำให้ผนังภาชนะบรรจุร้อนขึ้น

ค. อุณหภูมิของเหลวและความดันในภาชนะสูงขึ้น จนทำให้ของเหลวเดือด

ง. ความร้อนหรือเปลวไฟจะทำให้ผนังภาชนะบรรจุสูญเสียความแข็งแกร่ง เนื่องจากโครงสร้างเนื้อโลหะถูกทำลาย

จ. ภาชนะบรรจุแตกหรือระเบิดเนื่องจากไอของสารเคมีหรือวัตถุอันตราย

ฉ. ภาชนะบรรจุที่แตกจะพุ่งออกไปเหมือนจรวด

ภาชนะบรรจุโพรเพนมักจะเป็นภาชนะภายใต้ความดัน เพราะโพรเพนมีจุดเดือด -43.7 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ เมื่อภาชนะบรรจุก๊าซเหลวถูกเผาทำให้ของเหลวเดือดเหนืออุณหภูมิจุดเดือดและเมื่อภาชนะแตก ไอระเหยจะพุ่งออกและเกิดลูกไฟใหญ่ ของเหลวที่ยังไม่เกิดลูกไฟจะอยู่ในรูปของแอ่งไฟ (Pool Fire)

การคำนวณแรงระเบิดและรังสีความร้อนของแบบจำลองในโปรแกรมอโลฮา

ก. ค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

ข. ค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดการพองใสขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใส่ออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

ค. ค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

(2) การเกิดเปลวไฟพุ่ง (Jet Fire) เกิดจากการติดไฟของสารที่เก็บไว้ภายใต้ความดันสูงแล้วรั่วไหลพุ่งออกสู่บรรยากาศ โดยความรุนแรงขึ้นอยู่กับปริมาณและแรงดันที่มีอยู่ของสารที่จะทำให้ขนาดของการเกิดเปลวไฟพุ่งกว้างและยาวได้มากขึ้น เป็นไฟที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีออกจากภาชนะบรรจุสารแล้วติดไฟออกมาเป็นลำพุ่งออกไป โดยโปรแกรมอโลฮาสามารถที่จะสร้างแบบจำลองการเกิดเปลวไฟจากท่อส่งก๊าซ หรือถังบรรจุก๊าซ ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองสำหรับถังบรรจุ ก๊าซได้ 2 รูปแบบ คือ ของเหลวกลายเป็นไอและก๊าซติดไฟ โดยจำลองลำไฟพุ่งเป็นแนวตรง ถึงแม้จะมีแรงลมเป็นตัวแปรก็ตาม อีกรูปแบบคือ การสร้างแบบจำลองการแผ่รังสีความร้อน แต่จะไม่สร้างแบบจำลองควัน สารพิษจากไฟ และการระเบิดจากสิ่งแวดล้อม ในบางครั้ง การเกิดเปลวไฟพุ่งจะเผาไหม้ภาชนะบรรจุ ซึ่งเพิ่มความร้อนจนทำให้เกิด BLEVE

การเกิดเปลวไฟพุ่งเป็นไฟที่เกิดขึ้นจากจุดระเบิดหรือเกิดการลุกไหม้ในทันทีทันใด เนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซในอุปกรณ์ที่มีการใช้แรงดัน ท่อส่งก๊าซ Flanges และ Pump seals ลักษณะของเปลวไฟที่เกิดขึ้นจะคล้ายคบเพลิง ซึ่งสามารถแผ่กระจายไปยังส่วนอื่นๆ ของโรงแยกก๊าซได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับแรงดันและอัตราการรั่วไหล ความร้อนที่แผ่กระจายออกมาจากเปลวไฟส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่ถูกปล่อยออกมาโดยทั่วไปอุณหภูมิของเปลวไฟจะอยู่ในช่วง 1,600 องศาเซลเซียส ในกรณีที่การแผ่กระจายเป็นแบบราบเรียบ (Laminar diffusion) จนถึงอุณหภูมิ 2,000 องศาเซลเซียส ในกรณีที่เป็นการแผ่กระจายแบบปั่นป่วน (Turbulent diffusion) ทั้งนี้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นสูง ดังนั้น การเกิดการเกดิเปลวไฟพุ่งจึงทำให้เกิดอันตรายมากที่สุดต่ออุปกรณ์หรือโครงสร้างใด ๆ ที่เปลวไฟตกกระทบ นอกจากนี้การเกิดเปลวไฟพุ่งยังอาจทำให้เกิดผลกระทบที่สำคัญอื่น ๆ ได้อีก (เช่น การเกิด BLEVEs) การคำนวณแรงระเบิดและรังสีความร้อนของแบบจำลองในโปรแกรมอโลฮา มีค่าความรุนแรงตามลักษณะของการเกิด BLEVE

(3) การระเบิดแบบกลุ่มหมอก (Blast Area of Vapor Cloud Explosion) เป็นการระเบิดที่ก่อให้เกิดอันตรายและมีผลในการทำลายล้างสูง มักเกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม ขั้นตอนการเกิด ดังนี้

เกิดการรั่วไหลไอของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายที่มีลักษณะสมบัติไวไฟในปริมาณปกติ มักเกิดขึ้นเนื่องจากภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้ความดัน

เกิดการแพร่กระจายไอของของเหลวแล้วผสมรวมกันในอากาศในลักษณะเป็นหมอกควัน

หมอกควันของของเหลวเกิดลุกไหม้เฉียบพลันทำให้เกิดการระเบิด ตัวอย่างการระเบิดแบบกลุ่มหมอก (Vapor Cloud Explosions) เช่น การระเบิดที่เมือง Flixborough ประเทศอังกฤษ โดยสามารถคำนวณแรงระเบิดได้ ดังนี้

ก. แรงดันที่ 8.0 psi เป็นแรงดันขนาดที่ทำลายอาคารและตึกได้ มีผลทำให้เสียชีวิต

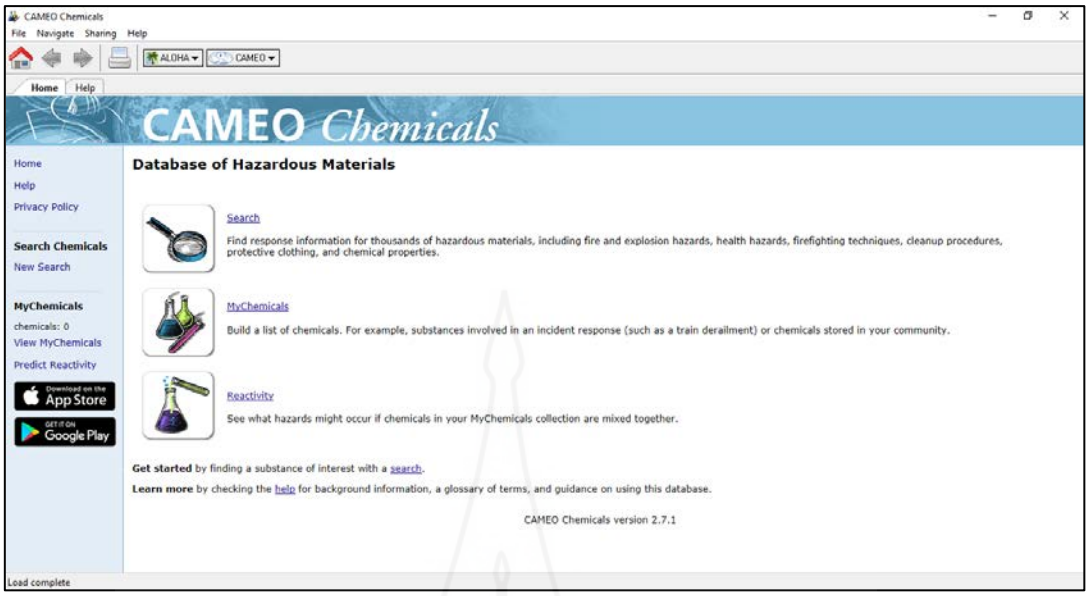
ข. แรงดันที่ 3.5 psi หากเกิดการระเบิดจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้น

ค. แรงดันที่ 1.0 psi เป็นแรงดันที่ทำให้แก้วหรือกระจกเกิดการแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้

3. โปรแกรมคามิโอ

โปรแกรมคามิโอ (Computerized- Aid Management in Emergency Operation; CAMEO) เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวางแผนและตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินทางเคมี พัฒนาโดย EPA และ The National Oceanic and Atmospheric Administration โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือนักวางแผนและผู้เผชิญเหตุฉุกเฉินด้านสารเคมีจัดทำแผนฉุกเฉินเตรียมความพร้อมในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินของสารเคมีในพื้นที่ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสนุบสนุนข้อมูลเพื่อการดำเนินงานตามกฎระเบียบต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการตอบโต้เหตุฉุกเฉิน

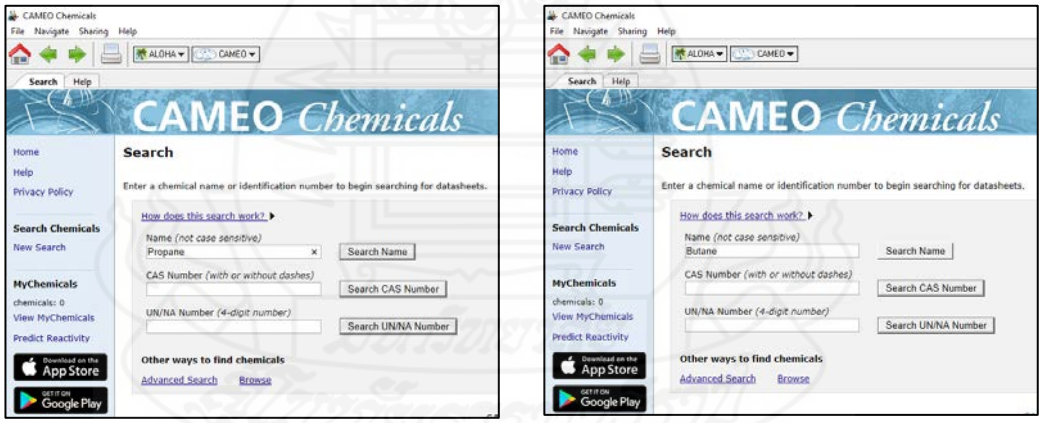
โปรแกรมคามิโอมีลักษณะเป็นฐานข้อมูล มีสารเคมีมากกว่า 6,000 ชนิด ประกอบด้วยข้อมูลด้านการบ่งชี้สารเคมีอันตรายต่อสุขภาพ อันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลและวิธีระงับภัยเบื้องต้น



ภาพที่ 2.8 หน้าแรกโปรแกรมคามิโอ

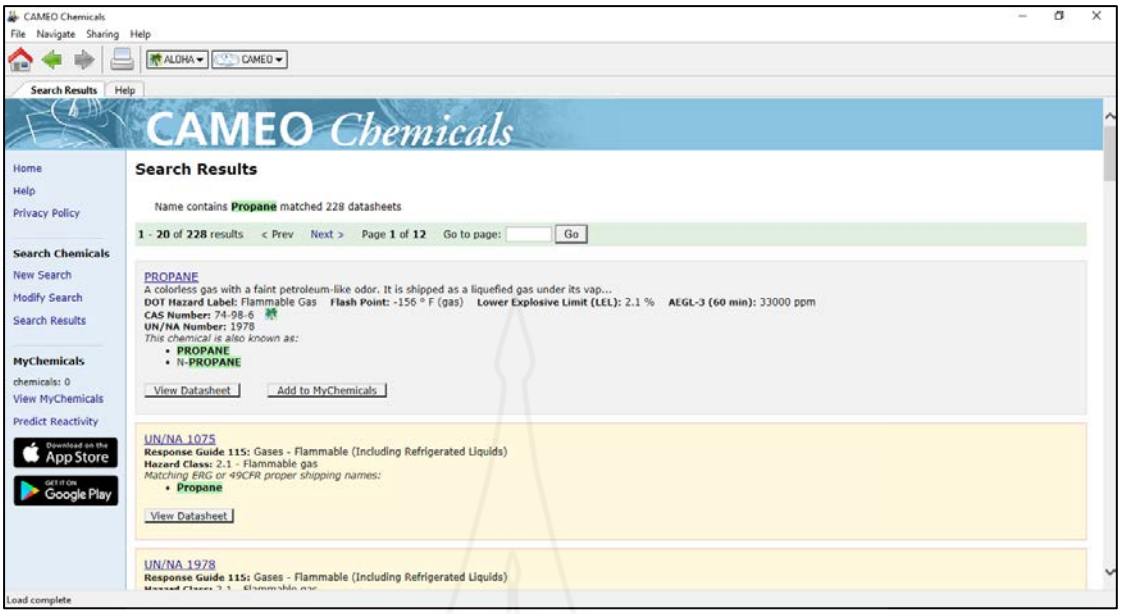
3.1 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมคามิโอ

3.1.1 การเริ่มต้นใช้งาน โดยการค้นหาชื่อสารเคมีที่เราต้องการทำการศึกษา คือ โพรเพนและบิวเทน



ภาพที่ 2.9 การค้นหาชื่อสารเคมีในโปรแกรมคามิโอ

3.1.2 คลิก View Datasheet เพื่อดูรายละเอียดความเป็นอันตรายของสารเคมี



ภาพที่ 2.10 รายการสารเคมีที่ค้นหาในโปรแกรมโปรแกรมคามิโอ

3.1.3 กด Add to my Chemical เพื่อง่ายและเก็บไว้เรียกดูสำหรับครั้งต่อไป

3.1.4 สามารถเชื่อมสารเคมีที่เราต้องการสร้างแบบจำลองไปยังโปรแกรมอโลฮา

4. โปรแกรมอโลฮา

โปรแกรมอโลฮา (Areal Location of Hazardous Atmosphere; ALOHA) Version 5.4.7 คือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามสภาพภูมิอากาศและลักษณะเฉพาะของสารเคมี ใช้ในการคาดการณ์การกระจายตัวของสารเคมีในอากาศเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลองความเป็นอันตรายของสารเคมีในโปรแกรมคามิโอ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนและตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินของสารเคมี

การใช้งานโปรแกรมอโลฮาทำได้โดยป้อนรายละเอียดเกี่ยวกับการปล่อยสารเคมีจริงหรือที่อาจเกิดขึ้น จากนั้นจะสร้างการประเมินเขตภัยคุกคามสำหรับอันตรายประเภทต่าง ๆ จะแสดงในแบบจำลองของโปรแกรมอโลฮา และสามารถนำไปวางแผนบนแผนที่ใน MARPLOT, ArcMap, กูเกิล เอิร์ธ และกูเกิลแมพ และโซนภัยคุกคามสีแดง หมายถึง ระดับอันตรายที่เลวร้ายที่สุด ส่วนโซนภัยคุกคามสีส้มและสีเหลืองเป็นพื้นที่อันตรายที่ลดลง

โปรแกรมอโลฮา version 5.4.7 ถูกพัฒนาโดย United States Environmental Protection Agency (US EPA) และ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) เป็นหน่วยงาน

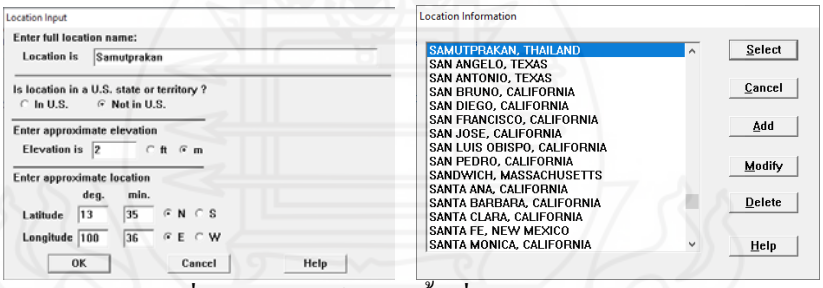
ภายในของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำให้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ในต่างประเทศ ดังนั้นจึงต้องมีการประยุกต์นำเข้าฐานข้อมูลของประเทศไทยเข้าสู่โปรแกรม เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้อย่างถูกต้องมากขึ้นและนำแบบจำลองที่ได้นั้นมาทับซ้อนผลลงบนแผนที่กูเกิล เอิร์ธ เพื่อประเมินระยะทางพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์อันตรายนี้

การศึกษาในครั้งนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปโปรแกรมอโลฮา ในการจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามสภาพภูมิอากาศและลักษณะเฉพาะของสารเคมี จำลองสถานการณ์ ออกเป็น 2 สถานการณ์ คือ การรั่วไหลจากถังและการรั่วไหลจากท่อ โดยเลือกใช้สารเคมีในการศึกษา คือ โพรเพน และฤดูที่ใช้ทำการศึกษา คือ ฤดูร้อน โดยประยุกต์การประเมินระดับอันตรายสารเคมีที่มีผลกระทบต่อพนักงานและประชาชน ในกรณีที่เกิดการรั่วไหลและนำมาวางแผนจัดทำแผนฉุกเฉิน

4.1 การคีย์ข้อมูลในโปรแกรมอโลฮา

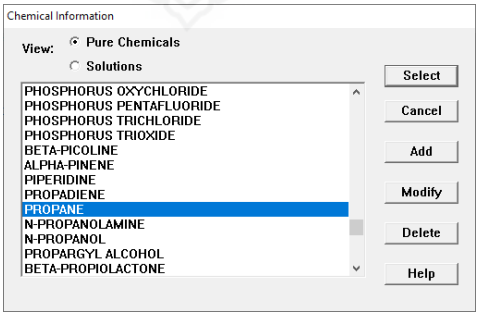
เริ่มจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปโปรแกรมอโลฮา มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 เลือกพื้นที่ในฐานข้อมูล เนื่องจากประเทศไทยไม่มีข้อมูล จึงต้องทำการเพิ่มสถานที่เข้าไป โดยใส่ชื่อจังหวัด ระดับความสูงจากน้ำทะเล ละติจูด ลองติจูด



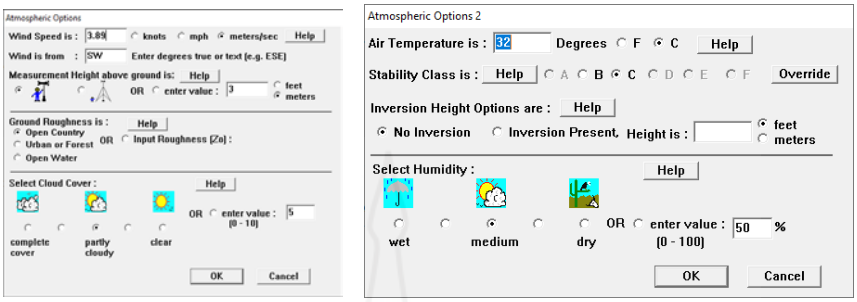
ภาพที่ 2.11 การคีย์ข้อมูลพื้นที่ในโปรแกรมอโลฮา

4.1.2 เลือกสารเคมีที่ต้องการทำการศึกษา



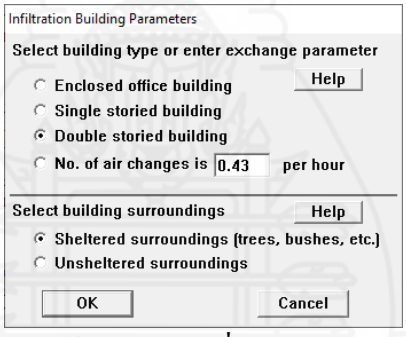
ภาพที่ 2.12 การเลือกข้อมูลสารเคมีในโปรแกรมอโลฮา

4.1.3 เลือกข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ (ความเร็วลม ปริมาณเมฆ ความชื้น)



ภาพที่ 2.13 การคีย์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรมอโลฮา

4.1.4 เลือกลักษณะของอาคารที่อาจได้รับผลกระทบของอุบัติภัย ไม่ใช่อาคารที่เกิดการรั่วไหลของสารเคมี (อาคารทึบ อาคารชั้นเดียว อาคารสองชั้น)



ภาพที่ 2.14 การคีย์ข้อมูลสถานที่เกิดเหตุในโปรแกรมอโลฮา

4.1.5 ลักษณะการรั่วไหลของแหล่งกำเนิด โดยมีแนวทางการกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม 4 กรณี ดังต่อไปนี้

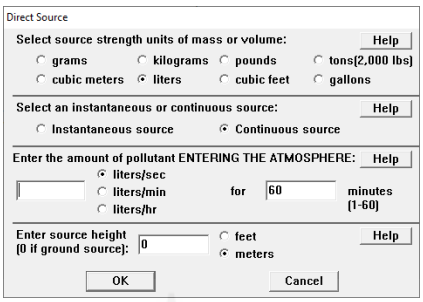
1) การใส่ข้อมูลของลักษณะการรั่วไหลโดยตรง (Direct)

(1) ลักษณะและหน่วยของสารที่ปนเปื้อน เป็นมวลหรือปริมาตร

(2) ลักษณะการรั่วไหล เป็นแบบเกิดขึ้นทันทีหรือต่อเนื่อง

(3) อัตราการรั่วไหลและระยะเวลาการรั่วไหล

(4) ความสูงของแหล่งกำเนิดจากระดับพื้นดิน



ภาพที่ 2.15 การคีย์ข้อมูลปริมาณการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา

2) การใส่ข้อมูลของลักษณะการรั่วไหลจากถัง (Tank)

(1) เลือกรูปแบบของภาชนะบรรจุตามรูปแบบต่าง ๆ 3 รูปแบบ

(2) ใส่ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว

(3) เลือกสถานะการกักเก็บภายในถังบรรจุของเหลวหรือก๊าซ และอุณหภูมิในการเก็บรักษา

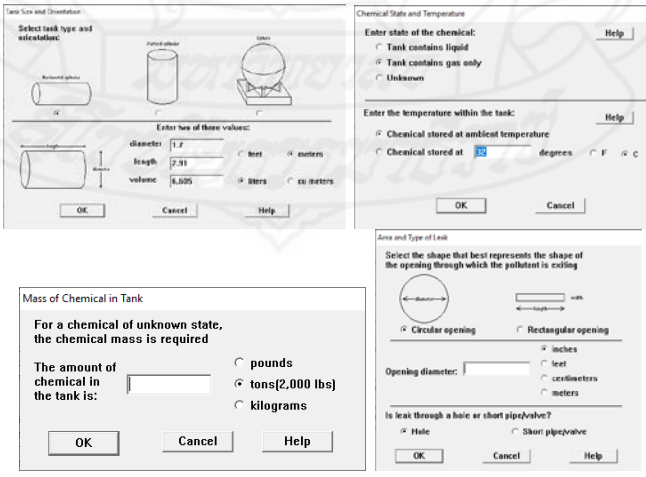
(4) ระบุปริมาณในการกักเก็บ

(5) ระบุสภาวะขณะเกิดการรั่วไหลจากถังกักเก็บ

(6) ระบุลักษณะของรูที่เกิดการรั่วไหลจากถังกักเก็บว่าเกิดขึ้นในรูปแบบกลมหรือเหลี่ยม พร้อมระบุขนาดของรูรั่ว

(7) ระบุตำแหน่งของรูรั่วที่ถังกักเก็บ

(8) เลือกลักษณะของพื้นผิวบริเวณถังกักเก็บ เช่น ดิน ทราย และคอนกรีต เป็นต้น ระบุอุณหภูมิพื้นดิน



ภาพที่ 2.16 การคีย์ข้อมูลลักษณะภาชะบรรจุและการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา

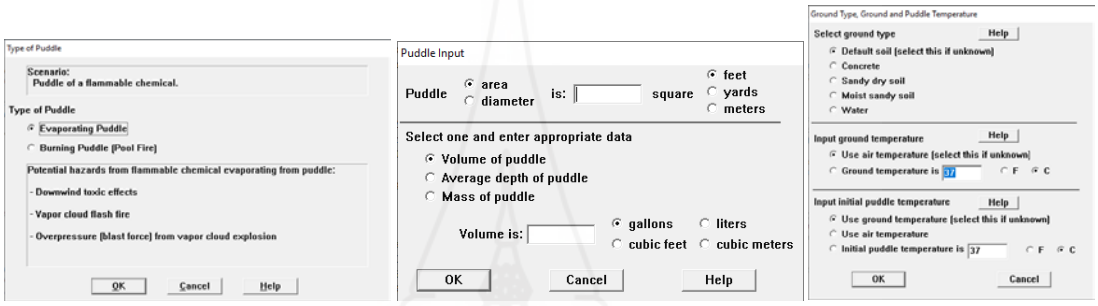
3) การใส่ข้อมูลของลักษณะการรั่วไหลแบบนองพื้น (Puddle)

(1) เลือกคำนวณ ระหว่างพื้นที่ (Area) หรือประมาณการเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter)

(2) เลือกประเภทของพื้นผิว สถานที่เกิดเหตุ เช่น คอนกรีต ดิน ทราย

(3) กำหนดค่าการคำนวณ ปริมาตร มวลหรือความลึกของสารเจิ่งนอง

(4) กำหนดอุณหภูมิโดยรอบและอุณหภูมิบนผิวดิน ณ สถานที่เกิดเหตุ



ภาพที่ 2.17 การคีย์ข้อมูลลักษณะการรั่วไหลของการไหลนองกับพื้นในโปรแกรมอโลฮา

4) การใส่ข้อมูลของลักษณะการรั่วไหลจากท่อ (Pipe)

(1) ในกรณีที่ท่อกับแหล่งสารปนเปื้อนมีขนาดใหญ่มาก ให้คิดความยาวจากจุดที่รั่วไหลถึงจุดเริ่มต้นของท่อ ที่ต่อกับแหล่งสารปนเปื้อนขนาดใหญ่

(2) ในกรณีที่ท่อต่อกับวาล์วสามารถปิดสนิทได้ ให้กำหนด ความยาวเท่ากับจุดที่รั่วไหลถึงวาล์วที่ปิดสนิทได้

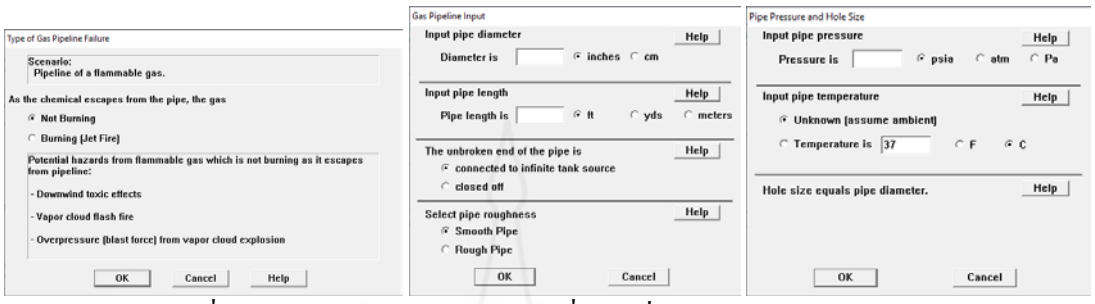
(3) ในกรณีที่ค่าสูงสุดของความยาวท่อเท่ากับ 10 กิโลเมตรหรือเท่ากับ 6.2 ไมล์ และความยาวของท่อ ต้องมีสัดส่วนอย่างน้อยเท่ากับ 200 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ซึ่งหากมีสัดส่วนที่สั้นกว่านี้ให้เลือกรูปแบบของบรรจุ

(4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ อย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 1 เซนติเมตร และไม่เกิน 10 เซนติเมตร

(5) กำหนดความขรุขระ (Roughness) ภายในท่อว่าเป็นแบบไหน ซึ่ง หากเป็นท่อเหล็กเก่าอาจมีสนิมหรือการกัดกร่อนจากสารเคมีภายใน ให้เลือกเป็นขรุขระ (Roughness) แต่หากเป็นท่อพลาสติก ท่อแก้วหรือท่อใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งานให้เลือก Smoothness

(6) กำหนดความดันภายในท่อต้องมีค่ามากกว่า 2 เท่าของบรรยากาศได้ ต้องไม่มากกว่า 680 เท่าของบรรยากาศ

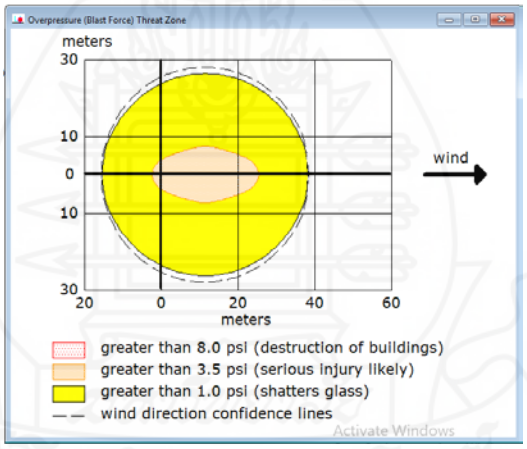
(7) อุณหภูมิภายในท่อ ต้องมากกว่าจุดเดือดของสาร ณ ความดันภายในเส้นท่อ



ภาพที่ 2.18 การคีย์ข้อมูลลักษณะท่อที่มีการรั่วไหลในโปรแกรมอโลฮา

4.2 ผลการบันทึกข้อมูล

เมื่อกรอกข้อมูลค่าต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถสั่งโปรแกรมอโลฮา แสดงผล (Display) สร้างฟุตพริ้นท์ได้ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเงื่อนไขเปลี่ยนไป



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างฟุตพริ้นท์

4.3 ข้อจำกัดและประโยชน์ของแบบจำลองอโลฮา

4.3.1 ข้อจำกัดของแบบจำลองอโลฮา

1) กรณีความเร็วลมต่ำมาก ๆ จะไม่สามารถใช้ได้กับแบบจำลอง อโลฮา

2) กรณีที่อากาศเป็นแบบเสถียรมาก (Very Stanble Atmosphere Condition)

3) แบบจำลองอโลฮามีสมมติฐานโดยให้ความเร็วลมคงที่ ไม่ว่าจะพัดผ่านภูมิประเทศแบบใด จะไม่มีทิศทางแปรผันไปตามสิ่งกีดขวางนั้น

4)ไม่สามารถนำมาใช้กับการรั่วไหลของสารละลายหรือสารผสมที่มีสารเคมีหลายตัวรวมกัน

5)ไม่ได้คำนึงถึงสภาพพื้นที่ โดยตั้งสมมติฐานว่าพื้นดินที่เป็นที่รองรับสารรั่วไหลเป็นพื้นเรียบและของเหลวที่รั่วไหลจะแพร่กระจายเท่ากันทุกทิศทางโดยรอบ

4.3.2 ประโยชน์ของแบบจำลองอโลฮา

1) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประเมินสถานการณ์จำลอง เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของสารเคมีในบรรยากาศ

2) ใช้ประเมินการกระจายตัวกลุ่มละอองสารเคมีตามทิศทางลม คุณสมบัติของสารเคมี สภาพบรรยากาศและสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงของอุบัติภัยสารเคมี เช่น กลุ่มควัน ก๊าซพิษ ไฟไหม้และการระเบิด ได้อย่างรวดเร็ว

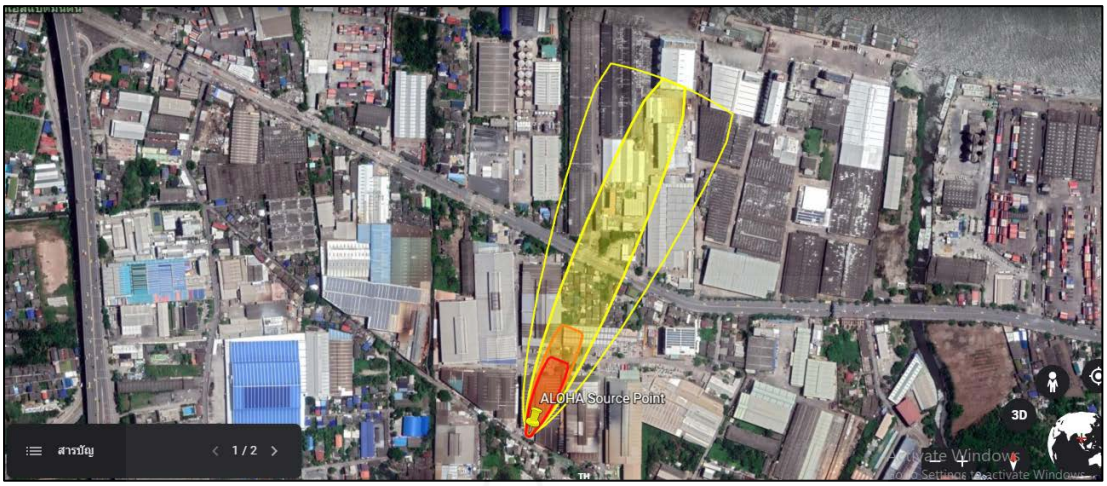
3) ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแผนฉุกเฉิน เพื่อป้องกันและระงับอัคคีภัย และเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงสภาพแวดล้อมหลังจากเกิดเหตุการณ์อันตรายร้ายแรง

5. โปรแกรม กูเกิลเอิร์ธ

โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ (Google Earth) หมายถึง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศของกูเกิลที่แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ แสดงที่ตั้งโรงงาน สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำและถนน เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยบริษัทกูเกิล สำหรับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือในโทรศัพท์มือถือ ดูภาพถ่ายทางอากาศพร้อมทั้งแผนที่ เส้นทาง และผังเมืองซ้อนทับลงในแผนที่ รวมทั้งระบบจีไอเอส ในรูปแบบ 3 มิติ

กูเกิล เอิร์ธ ใช้ข้อมูลจาก ภาพถ่ายทางอากาศของ U.S. public domain และภาพถ่ายดาวเทียมของคีย์โฮล มาดัดแปลงร่วมกับ ระบบแผนที่ของกูเกิล จากกูเกิลแมพ รวมทั้งการทำงานร่วมกับ กูเกิลโลคอล เพื่อค้นหารายชื่อร้าน เช่น ร้านขายของ ธนาคาร และปั๊มน้ำมันในแผนที่ได้ โดยนำแผนที่มาซ้อนทับลงบนตำแหน่งที่ต้องการ ตำแหน่งที่ต้องการค้นหาสามารถหาได้จากบ้านเลขที่ ลองจิจูด ละติจูด ทั้งยังทำงานผ่านรูปแบบภาษาของ KML (Keyhole Markup Language)

ภาพตึกจำลอง 3 มิติ ที่มีลักษณะเป็นสีเทาในกูเกิล เอิร์ธ ได้รับลิขสิทธิ์ส่วนหนึ่งมาจากซอฟต์แวร์ของแซนบอร์น (Sanborn) ในชื่อ ซิตีเซ็ทส์ (CitySets) โดยรูปตึก 3 มิติในรูปแบบที่สมบูรณ์สามารถเรียกดูได้ผ่านทางซิตีเซ็ทส์



ภาพที่ 2.20 การใช้ฟุตพริ้นท์จากโปรแกรมอโลฮา ทับซ้อนลงในโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

6. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

6.1 แผนผังความสัมพันธ์กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

เป็นแผนผังแสดงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในการปฏิบัติให้สอดคล้องด้านกฎหมายของทั้ง 3 หน่วยงาน โดยกฎหมายที่สูงสุดคือ พรบ. ตามด้วยกฎกระทรวงต่าง ๆ และมีกฎหมายที่ประกาศแยกออกมาจาก พรบ. และกฎกระทรวง คือ ประกาศกระทรวง ประกาศกรม

ภาพที่ 2.21 ความสัมพันธ์ของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

6.2 สาระกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

6.2.1 กฎหมายกระทรวงอุตสาหกรรม

1) *พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535*

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นหนึ่งในวัตถุอันตรายตาม พรบ.วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 ในลักษณะวัตถุไวไฟ และเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ได้แก่วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออกหรือการมีไว้ครอบครองต้องได้รับใบอนุญาต

2) *พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562*

(1) ภาชนะบรรจุต้องมีลักษณะปิดและทำหน้าที่กักเก็บวัตถุอันตรายอย่างปลอดภัย

(2) ข้อความที่แสดงหรือสื่อสารต่าง ๆ ต้องทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจความหมายได้ เช่น ตัวอักษร ภาพ ภาพยนตร์ แสง เสียง เครื่องหมาย หรืออื่น ๆ

(3) เมื่อเกิดอันตรายที่เกิดขึ้นจากวัตถุอันตราย ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นอันจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องชดเชยแก่ผู้ได้รับความเสียหาย และเพื่อเข้าช่วยเหลือ เคลื่อนย้าย บำบัด บรรเทา หรือขจัดความเสียหายให้กลับคืนสู่สภาพเดิมหรือสภาพที่ใกล้เคียงกับสภาพเดิม โดยไม่ต้องรอการพิสูจน์ความรับผิด ให้ผู้รับประกันภัยจ่ายค่าเสียหายเบื้องต้น ให้แก่ผู้ได้รับความเสียหายจากวัตถุอันตราย และให้แก่หน่วยงานของรัฐหรือเอกชนที่ได้รับมอบหมายเข้าขจัดความเสียหายที่เกิดขึ้น จำนวนค่าเสียหายเบื้องต้น การเก็บรักษาค่าเสียหายเบื้องต้น และการจ่ายค่าเสียหายเบื้องต้น ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ เมื่อผู้รับประกันภัยจ่ายค่าเสียหายเบื้องต้นแล้วเป็นจำนวนเงินเท่าใด ให้ผู้รับประกันภัยดังกล่าว มีสิทธิไล่เบี้ยเอากับบุคคลภายนอกซึ่งเป็นผู้ก่อให้เกิดความเสียหายได้

3) ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง คู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ.2550

เป็นคู่มือและแนวทางดำเนินการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย

4) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2556

บัญชีที่ 6 ที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ ประกอบด้วยก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)

6.2.2 กฎหมายกระทรวงพลังงาน

1) พระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2542

(1) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นหนึ่งในน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งสถานที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกระบุไว้ในใบอนุญาตตลอดจนสิ่งก่อสร้าง ถัง ท่อ และอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

(2) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นประเภทกิจการควบคุมที่ 3 ได้แก่กิจการที่ต้องได้รับใบอนุญาตจากผู้อนุญาตก่อนจึงจะประกอบการได้และใบอนุญาตต้องแสดงไว้ในที่เปิดเผยเห็นได้ง่าย ณ สถานที่ประกอบการ

2) ประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 28 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาวันที่ 29 ธันวาคม 2514

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลวที่มีโพรเพนเป็นส่วนผสม และห้ามบรรจุก๊าซใส่ในภาชนะซึ่งมีปริมาณเกินกว่าห้าสิบลูกบาศก์เมตร ยกเว้นได้รับใบอนุญาต และมีโทษปรับต่าง ๆ ตามในประกาศกำหนด

3) กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2529) ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514

4) กฎกระทรวง ภาชนะบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2560 ประกาศในราขกิจจานุเบกษา 9 พฤษภาคม 2560

5) กฎกระทรวง สถานที่เก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวประเภทสถานที่ใช้ พ.ศ. 2562

6) ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการเก็บรักษา การกำหนดบุคลากรที่รับผิดชอบและการยกเว้นไม่*ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 สำหรับสถานที่ที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2554*

7) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การทดสอบและตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ พ.ศ. 2554

8) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของภาชนะบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2560 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา 24 มกราคม 2561

9) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ การฝึกอบรมเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว การระวังและการป้องกันอันตรายของบุคลากรเฉพาะที่รับผิดชอบดูแลสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554

10) ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง สถานที่ยื่นคำขออนุญาตมีไว้ในครอบครองซึ่งวัตถุอันตรายที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2554

มีรายละเอียดทั้งหมด ดังนี้

(1) บริเวณอันตราย

บริเวณอันตราย คือ ระยะห่างรอบ ๆ ที่ตั้งและเก็บภาชนะบรรจุก๊าซในสถานที่บรรจุก๊าซ ใช้ก๊าซ และสถานที่เก็บก๊าซ และระยะห่างรอบ ๆ อาคาร บริเวณ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ รับ จ่าย บรรจุหรือใช้ก๊าซ ในสถานที่ รับ จ่ายบรรจุก๊าซและสถานที่เก็บก๊าซ

(2) การตรวจสอบประจำปี

ก. ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ ผลิต หรือ สร้างขึ้นใหม่ต้องให้มีการทดสอบและตรวจสอบด้วยวิธีที่ไม่ทำลายสภาพเดิมต้องจัดทำหนังสือรับรอง ยื่นผลต่ออธิบดีกรมพิจารณาให้ความเห็นชอบหนังสือรับรองและผลการทดสอบและตรวจสอบ

ข. เมื่อใช้ถังเก็บและจ่ายก๊าซที่ได้ผ่านการทดสอบและตรวจสอบครั้งแรกครบ 5 ปี ต้องจัดให้มีการทดสอบและตรวจสอบ อีกทุก ๆ 5 ปี

ค. ต้องจัดทำหนังสือรับรอง ยื่นผลการทดสอบและตรวจสอบ เพื่อเสนอพิจารณาให้ความเห็นชอบหนังสือรับรองและผลการทดสอบและตรวจสอบ

(3) ใบอนุญาต

ก. การต่อใบอนุญาตประจำปี ต้องมีการตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซโดยผู้ทดสอบและตรวจสอบตามวิธีตรวจพินิจด้วยสายตา (Visual Inspection) เป็นอย่างน้อย

ข. สถานที่ใช้ลักษณะที่สาม คือ สถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่มีปริมาณ เกิน 1,000 ลิตรขึ้นไป

(4) บุคลากรเฉพาะ

ก. บุคลากรเฉพาะ คือ บุคลากรเฉพาะที่รับผิดชอบดูแลสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่ผ่านการฝึกอบรม มีอายุไม่ต่ำกว่า 20 ปีบริบูรณ์ ต้องฝึกอบรมภาคทฤษฎีไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง และภาคปฏิบัติไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จะได้รับหนังสือรับรองบุคลากรเฉพาะและบัตรประจำตัวบุคลากรเฉพาะโดยที่เข้ารับการฝึกอบรมครบตามหลักสูตร สอบผ่านภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60

ข. สถานที่ใช้ลักษณะที่สาม ต้องมีพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงาน มีป้ายชื่อติดไว้เห็นได้ชัดเจน

ค. ต้องจัดให้มีบุคลากรเฉพาะภายในเวลา 2 ปี

ง. บัตรประจำตัวบุคลากรเฉพาะมีอายุ 5 ปี ให้ยื่นขอต่ออายุบัตรประจำตัวบุคลากรเฉพาะตามแบบ ธพ.กฝ.8 ก่อนบัตรประจำตัวหมดอายุไม่น้อยกว่า 30 วัน

(5) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ

ก. ผู้มีไว้ในครอบครองซึ่งวัตถุอันตราย ในสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่มีปริมาณการเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวรวมกันเกิน 500 กิโลกรัม ต้องติดตั้งเครื่องส่งเสียงดังเมื่อก๊าซรั่วไว้ที่บริเวณถังเก็บและจ่ายก๊าซ อย่างน้อยบริเวณละ 1 เครื่อง

ข. ติดตั้งเครื่องส่งเสียงดังเมื่อก๊าซรั่วไว้ที่บริเวณถังเก็บและจ่ายก๊าซอย่างน้อยบริเวณละ 1 เครื่อง และตรวจสอบให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้และเปิดใช้งานตลอดเวลา

(6) การจัดเก็บ

ก. สถานที่ใช้ลักษณะที่สาม ต้องเก็บรักษาและใช้จากถังเก็บและจ่ายก๊าซ

ข. ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เก็บเฉพาะโพรเพน ต้องเป็นถังที่ออกแบบผลิตหรือสร้างตามมาตรฐาน ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division 1 หรือ Division 2 โดยใช้ความดันในการออกแบบให้รับความดันของก๊าซปิโตรเลียมเหลวชนิดที่ จะเก็บที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส

ค. ภาชนะบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เข้าข่ายในข้อ 4 จากทั้งหมด 5 ข้อ คือ ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว

(7) แผนผังและรูปแบบ

ก. แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ใช้ พร้อมสิ่งปลูกสร้างโดยรอบ ภายในระยะไม่น้อยกว่า 50.00 เมตร

ข. แผนผังแสดงแนวเขตที่ดิน แนวเขตของสถานที่ใช้ ถังเก็บและจ่ายก๊าซ ระบบและอุปกรณ์ แนวท่อ หัวท่อรับและจ่าย เครื่องสูบน้ำดับเพลิง ที่เก็บน้ำ อาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะ แผนผังใช้มาตราส่วนไม่เล็กกว่า 1 ใน 250 และต้องแสดงรายละเอียดให้ชัดเจน

ค. แบบระบบท่อก๊าซและอุปกรณ์ แสดงรายละเอียด หัวท่อรับและจ่ายก๊าซ ขนาดและชนิดของท่อและอุปกรณ์ ฐานรองรับท่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ง. แบบระบบท่อน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ แสดงรายละเอียด หัวท่อน้ำดับเพลิง ขนาดท่อ และอุปกรณ์ เครื่องสูบน้ำดับเพลิงพร้อมระบุแรงดันและอัตราสูบน้ำ ฐานรองรับระบบท่อน้ำดับเพลิงและเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

จ. แบบก่อสร้างกำแพงกันไฟและรั้วโปร่ง ต้องแสดงรายละเอียดแปลนฐานราก รูปด้านและรูปตัด ส่วนต่าง ๆ ของกำแพงกันไฟ รั้วโปร่ง เสากันชนและประตูของรั้วโปร่ง

ฉ. แผนผังระบบไฟฟ้าตามกฎกระทรวงว่าด้วยระบบไฟฟ้าและระบบป้องกันอันตราย จากฟ้าผ่าของสถานที่ประกอบกิจการก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ช. รายการคำนวณความมั่นคงแข็งแรงของเสารับถังเก็บและจ่ายก๊าซ ระบบท่อก๊าซ กำแพงกันไฟ หรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ

(8) ผิวภายนอก

ผิวภายนอกของถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดินต้องทาสีกันสนิมไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง แล้วทาทับหน้าด้วยสีลดความร้อนจากภายนอกไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง

(9) ตัวถัง

ก. ตัวถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดิน ต้องยึดแน่นกับฐานของถังเก็บและจ่ายก๊าซ ฐานต้องยึดแน่นกับเสารับที่ไม่อาจเคลื่อนหรือลอยตัวได้ และเสารับต้องมีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของถังเก็บและจ่ายก๊าซ รวมทั้งน้ำหนักอื่น ๆ

ข. ถังเก็บและจ่ายก๊าซ ต้องมีข้อต่อที่จะติดตั้งอุปกรณ์ คือ ท่อรับและท่อจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว ท่อสำหรับระบายของเหลวออก เครื่องวัดความดัน เครื่องวัดระดับก๊าซปิโตรเลียมเหลว กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย ฝาครอบหรือโกร่งกำบังอุปกรณ์

ค. ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องมีแผ่นป้ายทำด้วยโลหะติดแน่นไว้ที่ถัง โดยติดในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนไม่ทำให้เสียความมั่นคงแข็งแรงแก่ตัวถัง ต้องแสดงรายละเอียดเป็นข้อความภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษที่มีความหมายเช่นเดียวกัน คือ มาตรฐานและหมายเลขมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ ชื่อ ตรา หรือเครื่องหมายการค้าของผู้ผลิตหรือสร้าง ชื่อหรือตราของผู้ทดสอบและตรวจสอบ วัน เดือน ปี ที่ผลิตหรือสร้าง ความดันใช้งาน ความดันสูงสุด และอุณหภูมิปลอดภัยสูงสุดและต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ ออกแบบ ความจุสุทธิ น้ำหนักของถังและส่วนประกอบที่ติดอยู่กับถัง ชนิดและปริมาณของก๊าซที่จะบรรจุได้ หมายเลขประจำถังตามหนังสือรับรอง

(10) การตั้งถัง

ก. การตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซในสถานที่ใช้ก๊าซต้องไม่ตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซไว้ในห้องใต้ดิน

ข. บริเวณพื้นใต้ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องไม่ต่ำกว่าระดับพื้นภายนอกและลาดต่ำลงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง โดยต้องเทคอนกรีตให้เรียบ ไม่มีร่อง บ่อ ซึ่งจะเป็นที่สะสมก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ภายในรัศมี 3.00 เมตร โดยรอบ

ค. บริเวณที่ตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องมีรั้วโปร่งทำด้วยวัสดุทนไฟสูง ไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร ล้อมรอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ และที่รั้วโปร่งต้องมีทางเข้าออก อย่างน้อย 2 ทาง กว้างไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร มีระยะห่างไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร ทางเข้าออกต้องมีประตูโปร่งที่เปิดออกด้านนอก มีกุญแจที่สามารถเปิดออกจากภายในได้โดยไม่ต้องไขกุญแจและปิดประตูตลอดเวลา

ง. หัวท่อรับก๊าซและท่อรับก๊าซต้องอยู่ภายในบริเวณรั้วโปร่ง ห่างจากอาคารเขตที่ดินบุคคลอื่นไม่น้อยกว่า 10.00 เมตร ในกรณีที่หัวท่อรับก๊าซอยู่ห่างจากอาคารแนวเขตที่ดินของบุคคลอื่นน้อยกว่า 10.00 เมตร แต่เกิน 5.00 เมตร ไม่เกินสองด้าน ให้ตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซในสถานที่นั้นได้ แต่จะต้องสร้างกำแพงกันไฟแทนรั้วโปร่งตรงด้านที่หัวท่อรับก๊าซอยู่ห่างจากอาคารแนวเขตที่ดินดังกล่าวน้อยกว่า 10.00 เมตร ทุกด้าน กำแพงกันไฟต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร และอยู่ห่างจากหัวท่อรับก๊าซไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร

จ. หัวท่อรับก๊าซที่ไปสู่ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องอยู่ภายในบริเวณรั้วโปร่ง หรือภายในกำแพงกันไฟซึ่งใช้แทนรั้วโปร่ง

ฉ. ห้ามเก็บวัสดุใด ๆ ในรั้วโปร่งหรือภายในกำแพงกันไฟ

ช. ที่ประตูทางเข้ารั้วโปร่งให้มีป้ายที่มีข้อความ “อันตราย ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามก่อประกายไฟ ห้ามบุคคลภายนอกเข้า ห้ามใช้โทรศัพท์มือถือ” เขียนด้วยตัวอักษรสีแดงบนพื้นสีขาว มีขนาดที่เห็นได้ชัดเจนอ่านได้ง่าย ตัวอักษรสูงไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร

ซ. ให้มีการเขียนคำว่า ‘ก๊าซไวไฟ’ ด้วยตัวอักษรสีแดงบนพื้นสีขาว มีขนาดที่เห็นได้ชัดเจนและอ่านได้ง่ายในระยะ 25 เมตร ไว้ที่ด้านข้างของตัวถังทั้งสองด้าน ต้องรักษารายละเอียดบนแผ่นป้ายให้อยู่ในสภาพที่อ่านได้ชัดเจน

ฌ. รั้วโปร่งด้านใดที่ยานพาหนะอาจเข้าไปชนได้ ต้องจัดให้มีเสาท่อเหล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ภายในท่อเหล็กเทคอนกรีตเต็มฝังแน่นในดินนอกแนวรั้วโปร่งด้านนั้นลึกไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร อยู่ห่างจากรั้วโปร่งไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร เสาแต่ละต้นสูงจากระดับพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.10 เมตร แต่ไม่เกิน 1.20 เมตร มีระยะห่างระหว่างเสาไม่เกิน 1.20 เมตร

ญ. จัดให้มีระบบท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดิน เพื่อลดอุณหภูมิของผิวถัง

(11) ระบบไฟฟ้า

ก. ต้องได้มาตรฐาน แผงไฟฟ้า สวิตซ์ไฟฟ้า เต้ารับและเต้าเสียบ สะพานไฟ ฟิวส์ตัดตอน โคมไฟฟ้า สายไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า

ข. การเดินสายไฟฟ้าและการติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าให้เป็นไปตามหลังเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไขที่กรมโยธาธิการกำหนด

ค. สถานที่เก็บก๊าซที่มีถังเก็บและจ่ายก๊าซที่มีความจุเกิน 2,250 ลิตร ต้องจัดให้มีระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าที่ได้มาตรฐานตามที่กรมโยธาธิการกำหนด ห้ามกระทำใด ๆ ที่อาจเกิดเปลวไฟหรือประกายไฟในบริเวณอันตรายของสถานที่บรรจุก๊าซและสถานที่เก็บก๊าซ

ง. เมื่อติดตั้งระบบไฟฟ้า เครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จแล้ว ให้ผู้ประกอบกิจการสถานที่ใช้ลักษณะที่สาม ยื่นหนังสือขอรับการตรวจสอบและหนังสือรับรองจากผู้ทดสอบและตรวจสอบ

(12) ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

ก. ติดตั้งเครื่องดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง หรือชนิดอื่นที่มิใช่เครื่องดับเพลิงชนิดฟองก๊าซ ขนาดไม่น้อยกว่า 6.8 กิโลกรัม มีความสามารถในการดับเพลิงไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง ตามมาตรฐาน NFPA 58 ต่อพื้นที่ใต้ถังเก็บและจ่ายก๊าซ 50 ตารางเมตร เศษของ 50 ตารางเมตร ให้คิดเป็น 50 ตารางเมตร การคำนวณพื้นที่ใต้ถังเก็บและจ่ายก๊าซ ให้รวมพื้นที่ห่างจากผนังถังเก็บและจ่ายก๊าซ 3.00 เมตร โดยรอบ แต่ทั้งนี้ทุกสถานที่ใช้ก๊าซต้องมีเครื่องดับเพลิงไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง

ข. เครื่องดับเพลิงต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีและตรวจสอบบำรุงรักษาทุก 6 เดือน มีหลักฐานการตรวจสอบติดไว้ที่เครื่องดับเพลิง

ค. เครื่องดับเพลิง ต้องติดตั้งไว้ในที่ที่สามาถนำออกมาใช้ได้ง่ายและต้องอยู่ใกล้จุดที่อาจเกิดอัคคีภัยได้ตามตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนเครื่อง คือ ที่ประตูทางเข้าออกของรั้วโปร่งล้อมรอบถังเก็บและจ่ายก๊าซประตูละหนึ่งเครื่อง และที่บริเวณที่มีการบรรจุก๊าซหนึ่งเครื่องต่อหัวจ่ายก๊าซหนึ่งถังสามหัว ถ้ามีหัวจ่ายก๊าซมากกว่าสามหัว ให้ติดตั้งเครื่องดับเพลิงเพิ่มขึ้นหนึ่งเครื่อง ต่อหัวจ่ายก๊าซทุก ๆ หนึ่งถึงสามหัว

ง. ติดตั้งท่อน้ำประปาสำหรับดับเพลิง เส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร หรือเท่ากับขนาดของท่อน้ำประปาสำหรับดับเพลิงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีข้อต่อขนาดเดียวกับรถดับเพลิงขององค์กรส่วนท้องถิ่นและมีหัวจ่ายเส้นผ่าศูนย์กลาง

ไม่น้อยกว่า 62.5 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่าสองจุด สายจ่ายยาวไม่น้อยกว่า 50 เมตร เก็บไว้บริเวณที่นำมาใช้ได้ง่าย

จ. ในกรณีที่ไม่มีน้ำประปา ต้องต่อท่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำและแหล่งน้ำต้องมีปริมาตรน้ำไม่น้อยกว่า 0.6 ลูกบาศก์เมตร หรือ 600 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ท่อเครื่องสูบน้ำ

(13) การยื่นคำขอครอบครองวัตถุอันตราย

การยื่นคำขออนุญาตมีไว้ในครอบครองซึ่งวัตถุอันตราย ณ สำนักงานพลังงานจังหวัด ที่สถานประกอบกิจการนั้นตั้งอยู่ เมื่อได้รับคำขอให้ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ให้รวบรวมคำขอและเอกสารหลักฐานประกอบคำขอส่งต่อไปยังพนักงานเจ้าหน้าที่

6.2.3 กฎหมายกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

1) *พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554*

(1) ดูแลสถานประกอบกิจการและลูกจ้างให้มีสภาพ การทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ ส่งเสริม การปฏิบัติงานไม่ให้ได้รับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ และสุขภาพอนามัย ลูกจ้างมีต้องให้ความร่วมมือกับนายจ้างในการดำเนินการและส่งเสริมด้านความปลอดภัยฯ

(2) ติดประกาศสัญลักษณ์เตือนอันตรายและเครื่องหมายเกี่ยวกับ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

(3) ประเมินอันตราย ศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีผลต่อลูกจ้าง จัดทำแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัยฯและจัดทำแผนการควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ

2) กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556

(1) จัดทำบัญชีรายชื่อสารเคมีอันตรายตามแบบ สอ.1 ภายใน 7 วัน นับตั้งแต่วันที่มีสารเคมีอันตรายและส่งภายในเดือนมกราคมของทุกปี

(2) ลูกจ้างต้องเข้าใจข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีอันตรายที่อยู่ในครอบครอง ข้อความและเครื่องหมายต่าง ๆ ในเอกสารคู่มือ ฉลาก ป้าย หรือข่าวสารที่เกี่ยวข้อง และเข้าใจวิธีการในการทำงานที่ถูกต้องและปลอดภัย ต้องปฏิบัติตามวิธีการทำงาน คู่มือการปฏิบัติงาน และเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินลูกจ้างต้องบรรเทาเหตุและแจ้งให้หัวหน้างานทราบทันที

(3) ให้มีการปิดฉลากที่เป็นภาษาไทยมีขนาดใหญ่พอสมควร อ่านง่าย คงทน ไว้ที่ภาชนะสารเคมีอันตราย ได้แก่ ชื่อผลิตภัณฑ์ ชื่อสารเคมีอันตราย รูปสัญลักษณ์ คำสัญญาณ ข้อความแสดงอันตราย และข้อควรระวังหรือข้อปฏิบัติเพื่อป้องกันอันตราย

(4) มีป้ายห้าม ป้ายให้ปฏิบัติ ป้ายเตือน ในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายไว้ในที่เห็นได้ชัดเจน ณ สถานที่ทำงาน

(5) นายจ้างจัดอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามลักษณะอันตรายและความรุนแรงของสารเคมีอันตรายให้ลูกจ้างสวมใส่ หากลูกจ้างไม่สวมใส่ให้สั่งหยุดการทำงานทันที จนกว่าจะสวมใส่อุปกรณ์ดังกล่าว

(6) ดูแลสถานที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตรายและตรวจสอบอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

(7) ห้ามปล่อยปละละเลยให้ใครก็ตามเข้าพักอาศัยในสถานที่ทำงาน สถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตราย

(8) หากมีการร้องเรียนด้านความไม่ปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมี ให้ดำเนินการตรวจสอบข้อเท็จจริง หากพบว่ามีผลกระทบให้ดำเนินการแก้ไขทันที

(9) มีมาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากสารเคมีอันตรายในบริเวณสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตราย รวมทั้งมาตรการเบื้องต้นในการแก้ไขเยียวยา

(10) การบรรจุสารเคมีอันตรายที่มีคุณสมบัติไวไฟหรือระเบิดได้ ต้องห่างจากแหล่งความร้อน แหล่งที่ก่อให้เกิดประกายไฟในระยะที่ปลอดภัย

(11) ตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษา และส่งผลการตรวจภายใน 50 วัน หากระดับความเข้มข้นในบรรยากาศของสถานที่ทำงานหรือสถานที่เก็บรักษามีระดับเกินขีดจำกัด ให้ใช้มาตรการกำจัดหรือควบคุมทางวิศวกรรม

(12) ให้มีการประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดอันตรายและจัดทำรายงานการประเมินความเสี่ยงนั้นอย่างน้อย 5 ปีต่อหนึ่งครั้ง ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงให้จัดให้มีการประเมินความเสี่ยงและจัดทำรายงานการประเมินความเสี่ยงเพิ่มเติม

(13) จัดทำแผนฉุกเฉินของสถานประกอบกิจการและเก็บแผนไว้ที่สถานประกอบกิจการ ปรับปรุงแผนให้ทันสมัยและฝึกซ้อมอย่างน้อยปีละ1ครั้ง จัดฝึกอบรมลูกจ้างที่มีหน้าที่ควบคุมและระงับเหตุอันตรายตามหลักสูตรที่กำหนด และทำการทบทวนอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และเก็บหลักฐานการฝึกอบรมไว้

(14) ในกรณีที่สารเคมีอันตรายรั่วไหล ให้ลูกจ้างที่ทำงานในบริเวณนั้นหยุดทำงานทันที และออกไปให้พ้นรัศมีที่อาจได้รับอันตราย ตรวจสอบและระงับเหตุทันที แจ้งเตือนอันตรายให้ประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบทราบทันที

3) ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย 2559

(1) ตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตรายอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายเกินขีดจำกัด (TLV) ให้ใช้มาตรการกำจัดหรือควบคุมทางวิศวกรรม พร้อมทั้งตรวจวัดและวิเคราะห์ ภายใน 30 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสร็จ

(2) กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ชนิด หรือปริมาณของสารเคมีอันตราย เครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษา ให้ดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ภายใน 30 วัน นับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง

(3) การจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายให้มีการรายงานผล แบบ (สอ.3) และส่งภายใน 50 วันนับแต่วันที่ทราบผล ต้องได้รับการรับรองรายงานผลจากผู้ดำเนินการตรวจวัดและผู้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

4) ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง แบบบัญชีรายชื่อสารเคมีอันตรายและรายละเอียดข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีอันตราย 2556 แบบฟอร์มรายละเอียดสารเคมี ข้อมูลความปลอดภัยฯ (สอ.1)

5) ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง บัญชีรายชื่อสารเคมีอันตราย 2556 ลำดับที่203 บิวเทน (BUTANE) 106-97-8 และลำดับที่1213 โพรเพน (PROPANE) 74-98-6

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาวัฒน์ รักกมล, ธิติมา ณ สงขลา และมณี ศรีชะนันท์ (2560) การจำลองการรั่วไหลแอมโมเนียเพื่อจัดทำแผนและฝึกซ้อมอพยพให้กับพนักงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ซึ่งแอมโมเนียเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการรักษาสภาพน้ำยาง แต่หากขาดการควบคุมและป้องกันก็อาจก่อให้เกิดอุบัติภัยขึ้นได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บของสหกรณ์ฯ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา พร้อมทั้งจัดทำแผนฉุกเฉินระงับอัคคีภัยและฝึกซ้อมอพยพแก่พนักงาน ผลการศึกษาพบว่า ความรุนแรงของก๊าซแอมโมเนียม 3 ระดับ คือ ERPG-1 (ความเข้มข้น 25 ppm) ระยะทางการรั่วไหลเท่ากับ 2,000 เมตร ERPG-2 (ความเข้มข้น 150 ppm) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 921 เมตร และ ERPG-3 (ความเข้มข้น 750 ppm) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 381 เมตร ดังนั้นการจัดทำแผนจุดอพยพที่ปลอดภัยต้องมากกว่า 381 เมตร และผลการฝึกซ้อมตามแผนพบว่าพนักงานมีความรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง ($x = 0.91$, $SD = 0.07$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.03$) และฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 85.70 ดังนั้นควรมีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ลดความรุนแรงและความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้

วันวิสาข์ เสารศิริ (2559) การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในกรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรมอโลฮา เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 6 กลุ่มตัวอย่าง ใช้โปรแกรมอโลฮา ในการประเมินความรุนแรงและการแพร่กระจาย ซึ่งผลจะแสดงรัศมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้วยแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อกำหนดระยะปลอดภัยและจัดทำแผนฉุกเฉิน การศึกษานี้ได้กำหนดสถานการณ์จำลองจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ฝังในถังเก็บใต้ดิน ลักษณะเป็นถังทรงกระบอก แนวนอน ปริมาณบรรจุสูงสุดในถังไม่เกินร้อยละ 85 ของถังเก็บและเกิดรูรั่วบริเวณอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว โดยจำลองสถานการณ์การรั่วไหลเป็น 3 กรณี คือ (1) การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหหลวกรณีที่ไม่ลุกติดไฟ (2) การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (3) การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ และการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบเปลวไฟพุ่ง ผลการประเมินพบว่า กรณีที่ 1 การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ลุกติดไฟพบว่า มีการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพนในพื้นที่สีแดง ที่ระดับ AEGL-3 ความเข้มเข้มมากกว่า 33,000 ppm อยู่ในรัศมี 53-58 เมตร กรณีที่ 2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ พบว่าความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่ LEL 60% ที่รัศมี 97-109 เมตร และค่าต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่

10% LEL ที่รัศมี 290-319 เมตร หากมีประกายไฟ และกรณีที่ 3 การเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ ผลที่ได้แสดงผลออกมาในรูปของแรงดันที่เป็นรูปแบบข้อความ LOC was never exceeded ทั้ง 6 ตัวอย่าง เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่จะเกิดการระเบิดที่โปรแกรมอโลฮาสามารถแปรผลได้ที่ 1.0 psi จึงไม่แสดงภาพรัศมีแรงดันที่เกิดจากการระเบิดและกรณีเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet Fire พบว่ารังสีความร้อนที่แผ่กระจายออกมาในพื้นที่สีแดงที่ 10.0 kW/(sq m) อยู่ในรัศมี 36-37 เมตร เป็นอันตรายถึงชีวิตได้ภายใน 60 วินาที ในพื้นที่สีส้มที่ 5.0 kW/(sq m) อยู่ในรัศมี 51-52 เมตร อาจทำให้โครงสร้างของอาคารได้รับความเสียหายได้และในพื้นที่สีเหลืองที่รัศมี 79-81 เมตร รังสีความร้อนจะทำอันตรายต่อประชาชนทำให้เกิดแผลไหม้ในระดับที่ 2 สรุปได้ว่าทั้ง 6 ตัวอย่าง 3 กรณี มีรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพนที่ความเข้มข้นในระยะต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวในถังเก็บมีปริมาณใกล้เคียงกัน สมมติฐานการรั่วไหลเป็นเช่นเดียวกันและสภาพด้านอุตุนิยมวิทยามีลักษณะใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลการประเมินที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านปริมาณ ขนาดรูรั่ว อัตราการรั่วไหลและสภาพทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกัน จะทำให้ลักษณะและระยะการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพนเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้ผลที่ได้จากการประเมินได้ทำมาจัดทำมาตรการตอบโต้เหตุฉุกเฉิน กรณีเกิดการรั่วไหลและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ศิริโรจน แย้มงานเหลือ (2559) การวิเคราะห์ความเสี่ยงของสถานีกักเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียวเหลว ด้ายเทคนิค FMEA ในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับอุปกรณ์ 3 ประเภท คือ (1) เครื่องส่งสัญญาณเสียงจับกลิ่นก๊าซรั่ว (2) กลอุปกรณ์ระบายแรงดันนิรภัย (3) เครื่องช่วยระเหย ดำเนินการหาแนวทางป้องกันอุบัติเหตุและลดลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและความปลอดภัยให้กับพนักงาน ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลัก FMEA โดยเริ่มจากขั้นตอนระบุปัญหา ได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุจากการทำการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และสรุปผลการวิเคราะห์ค่า RPN ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องด้วย FTA ในการหาสาเหตุรากฐานของลักษณะข้อบกพร่องและเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงสุดท้าย คือ ขั้นตอนการควบคุม โดยการจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบและแผนปฏิบัติมาตรการตอบโต้ต่อภาวะฉุกเฉินปฏิบัติตามทฤษฎี 3E มาปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิผล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบโดยใช้ FMEA สามารถลดปัญหาที่เกิดจากการขาดการบำรุงดูแลรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งได้รับการปรับปรุงแก้ไขและค่า RPN จากเดิม 160 คะแนน ลดลงเหลือ 48 คะแนน ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเท่ากับ 70% พบว่าผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้

เป็นเทคนิคการทำงานเฉพาะที่หลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการปฏิบัติตามมาตรการตอบโต้ โดยการควบคุมตนเองในการทำงานมีความตั้งใจและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

ชรินทร์ เย็นใจ และวันเพ็ญ วิโรจนกูล (2558) การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน กรณีสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรมอโลฮาและโปรแกรมมาร์พลอท (Mapping Application for Response Planning and Operational Tasks; MARPLOT) โดยจำลองสถานการณ์การรั่วไหลของเบนซีน (Benzene) และ สไตรีน (Styrene) จากโรงงานปิโตรเคมี จำนวน 1,728 สถานการณ์ แสดงผลบนแผนที่ดาวเทียมจากโปรแกรมกูเกิล เอิร์ท ในรูปของพื้นที่การแผ่กระจายของสารเคมีและความเข้มข้นของสารเคมีในแต่ละจุด นอกจากนี้แล้วระบบฐานข้อมูลยังประกอบด้วยข้อมูลความปลอดภัยด้านเคมีภัณฑ์ (MSDS) ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสารเคมีและข้อมูลหน่วยงานที่ต้องรายงานเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหล ข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเตรียมเก็บไว้อย่างเป็นระบบทั้งในแบบไฟล์รูปภาพและไฟล์เอกสาร พร้อมที่จะเรียกใช้เพื่อเป็นข้อมูลตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหลผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) ได้อย่างรวดเร็วด้วยคำสั่งค้นหา (Data Filter) โดยเลือกสถานการณ์การรั่วไหลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดจากดัชนีช่วยค้นหาที่จัดทำไว้ ได้แก่ ชื่อสารเคมีที่รั่วไหล ปริมาณการรั่วไหล การรั่วไหล ทิศทางลม อุณหภูมิ เมฆและความชื้น ในขณะที่เกิดการรั่วไหลสารเคมี การทดลองใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนี้ในกลุ่มเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานจำนวน 30 คน โดยกำหนดโจทย์ให้ค้นหาข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดที่เตรียมไว้ในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหล พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยสำหรับการจำลองสถานการณ์สารเคมีรั่วไหลเพียง 2.44 นาที (สูงสุด 3.20 ต่ำสุด 1.10) และมีความพึงพอใจโดยรวม 4.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

รุจิพร เมืองคำ (2553) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลสารเคมี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการบรรเทาความเสียหายจากเหตุการณ์ฉุกเฉินสารเคมีรั่วไหลของโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเว็บแอพพลิเคชั่นสามารถแสดงรายชื่อโรงงานผลิตสีที่มีสถานที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยรวบรวมข้อมูลสารเคมีที่ใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตสี ข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี เมื่อเกิดเหตุการณ์รั่วไหลของสารเคมีขึ้น เว็บแอพพลิเคชั่นจะแสดงรัศมีการรั่วไหลของสารเคมีที่จะส่งผลกระทบต่อบริเวณใกล้เคียง แสดงเส้นทางการหลบหนี การเข้าไปช่วยเหลือและระยะทางในการนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับจังหวัด ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนนำไปใช้ประโยชน์ในการบรรเทาความเสียหายจาหเหตุการณ์นี้

กรกต อภิชัยรุ่งเรือง (2551) การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการรั่วไหลและลุกติดไฟของคลังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง กรณีศึกษาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยใช้โปรแกรม Breeze Har Version 1.1 มีที่ตั้งอยู่ใกล้ท่าอากาศยานและมีปริมาณของเชื้อเพลิงที่กักเก็บมาก โดยการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการรั่วไหลและลุกติดไฟของเชื้อเพลิงเครื่องบินชนิดเจ็ทเอวัน จากถังกักเก็บ โดยกรณีศึกษาการถังกักเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด JET A-1 แบบทรงกระบอกแนวตั้ง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 33.14 เมตร และมีความสูง 19.5 เมตร เหนือพื้นดินมีปริมาณการกักเก็บ 15 ล้านลิตรต่อ 1 ถัง ตั้งอยู่ใกล้กับท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ บริเวณกักเก็บมีกำแพงกั้น (Dike) ขนาดกว้าง 100 เมตร ยาว 100 เมตร โดยสมมติเหตุการณ์ คือ การรั่วไหลจากถังกักเก็บที่รูรั่ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว และถังกักเก็บถูกทำลายทันทีที่สภาพของความคงตัวบรรยากาศที่พบมากที่สุดในบริเวณพื้นที่ศึกษา คือ ความเร็วลมเฉลี่ย 1.59 เมตรต่อวินาที ความคงตัวของบรรยากาศ แบบ A และแบบ D ตามระบบการจัดของ Pasquill-Gifford ผลการศึกษาพบว่าการรั่วไหลผ่านรูรั่ว (แบบ Unconfined Pool Fire) และถังถูกทำลายทันที (แบบ Confined Pool Fire) เป็นเวลา 10 นาที อาจทำให้เกิดอาณาเขตของผลกระทบในลักษณะแอ่งของไฟ ที่ระดับความร้อน 5 kW/m^2 ที่ระยะ 22.35 เมตร 39.09 เมตร และ 267.46 เมตร ตามลำดับ สำหรับการระเหยและการติดไฟ (BLEVE) ของรูรั่ว 1 นิ้ว ระยะทางที่มีระดับค่าความร้อน 5 kW/m^2 367.55 เมตร มีขนาดลูกไฟ 83.6 เมตร และมีช่วงเวลาการเกิดลูกไฟ 6.49 วินาที ที่รูรั่ว 2 นิ้ว ระยะทางที่มีระดับค่าความร้อน 5 kW/m^2 584.8 เมตร มีขนาดของลูกไฟ 132.71 เมตร และมีช่วงเวลาในการเกิดลูกไฟ 10.3 วินาที และกรณีถังถูกทำลายทันที ระยะทางที่มีระดับค่าความร้อน 5 kW/m^2 289.80 เมตร มีขนาดของลูกไฟ 66.0 เมตร และมีช่วงเวลาในการเกิดลูกไฟ 5.12 วินาที และความดันที่เกิดจากการรั่วไหลและติดไฟ (การระเบิด) 1 นิ้ว 2 นิ้ว และถังถูกทำลายทันที มีอาณาเขตของผลกระทบเนื่องจากแรงดันจากการระเบิดที่ระดับ 7 กิโลปาสคาล ที่ระยะ 284.19 เมตร 384.45 เมตร และ 191.18 เมตร ตามลำดับ

ดารารัตน์ พลอยทรัพย์ (2551) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวกรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินทิศทางการแพร่กระจายและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากจุดกำเนิดไปยังพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ และจัดทำแผนการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และนำผลจากการประเมินมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) และโปรแกรมมาร์พลอทร่วมกับแผนที่กูเกิล เอิร์ท เพื่อให้เห็นทิศทางการแพร่กระจายและพื้นที่ได้รับผลกระทบ โดยศึกษาจากสถานการณ์จำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังเก็บ ขนาด 8,949 ลิตร ของโรงงานแห่งหนึ่ง พบว่าการแพร่กระจายจากจุดกำเนิดที่ระยะสูงสุด คือ 429 เมตร ส่งผลกระทบต่อ

ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานที่เกิดเหตุ การกระจายเพื่อดูความสามารถในการลุกติดไฟที่ระยะสูงสุด 441 เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซที่เกิดการติดไฟได้ และพื้นที่บริเวณรอบนอก การแผ่รังสีความร้อนจากการระเบิดมีระยะสูงสุด 432 เมตร พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ ถนนป้อมรักษาการณ์โรงงานข้างเคียง และหอพักประชาชน

ณัฏฐพงษ์ จุลาเกตุโพชัย (2550) การประเมินผลกระทบกรณีการรั่วไหลและการระเบิดของวัตถุอันตราย เพื่อสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซ ไฮโดรคาร์บอนเบาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) เพื่อแสดงตำแหน่งต่าง ๆ ที่จะได้รับผลกระทบและหาเส้นทางอพยพหรือเส้นทางเข้าระงับเหตุที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลหรือการระเบิดได้ โดยกำหนดสถานการณ์จำลองการรั่วไหลและการระเบิดของถังสารเคมีขนาดใหญ่ จำนวน 4 ถัง ของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ซึ่งบรรจุสารเมีต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ อีเทน (Ethane) เอททีลีน (Ethylene) โพรเพน (Propane) และโพรไพลิน (Propylene) และมีปริมาณและการควบคุมในแต่ละถังที่ต่างกัน จากการศึกษาพบว่า ผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาสามารถสรุปจากมากไปน้อยคือ โพรเพน (Propane) โพรไพลิน (Propylene) เอททีลีน (Ethylene) และ อีเทน (Ethane) รัศมีผลกระทบจากโพรเพนรั่วไหลมีค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะประมาณ 152 เมตร ซึ่งจากการศึกษาปัจจัยที่ทำให้โพรเพนมีผลกระทบจากการรั่วไหลมากที่สุด คือ มีการควบคุมความดันในถังที่สูงกว่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาทั้งสามชนิดและผลกระทบจากการระเบิดของก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาจากมากไปน้อย โพรไพลิน (Propylene) เอททีลีน (Ethylene) อีเทน (Ethane) และ โพรเพน (Propane) รัศมีผลกระทบของโพรไพลิน (Propylene) มีค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะทางประมาณ 4,200 เมตร ซึ่งจากการศึกษาปัจจัยที่ทำให้โพรไพลีนมีค่าการระเบิดมากที่สุด คือ โพรไพลีนมีปริมาณมากกว่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาทั้งสามชนิด และการใช้โปรแกรมอโลฮาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) ทำให้ทราบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเข้าระงับเหตุหรืออพยพคนที่ได้รับบาดเจ็บ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจาย การรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม เพื่อนำมาจัดเตรียมความพร้อมและตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินของบริษัทฯ

2. การศึกษาประชากร

2.1 ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตท่อโลหะ ท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่องแห่งหนึ่ง ในจังหวัดสมุทรปราการ

2.2 ขนาดของประชากร

ถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ขนาดใหญ่จำนวน 2 ถัง มีปริมาตรสุทธิ 8,978 ลิตรต่อถัง โดยในแต่ละถังจะบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประมาณ 85% คือ ปริมาตร 7,632 ลิตรต่อถัง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.68 เมตรและสูง 2.92 เมตร มีความสูงจากพื้น 1 เมตร

ภาพที่ 3.1 ลักษณะแท็งค์กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว

2.3 เกณฑ์ในการศึกษาประชากร

2.3.1มีปริมาณการกักเก็บสารเคมีเป็นจำนวนมากกว่าชนิดอื่น ๆ

2.3.2 เป็นสารเคมีอันตราย ไวไฟ มีความอันตรายต่อการทำงาน ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

2.3.3 ยังไม่มีแผนฉุกเฉินรองรับและยังไม่มีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉิน

2.3.4 บริเวณโดยรอบเป็นพื้นที่อ่อนไหว คือ มีบริษัทข้างเคียงในรั้วเดียวกัน มีชุมชนโดยรอบ มีถนนตัดผ่าน อยู่ใกล้กับทางสาธารณะ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 โปรแกรมอโลฮา (Areal Location of Hazardous Atmospheres; ALOHA)

โปรแกรมที่ใช้เป็น Version 5.4.7 ใช้ในการคาดการณ์ และศึกษาวิเคราะห์การแพร่กระจายในพื้นที่หรือรัศมีระยะที่ส่งผลกระทบหรือการเกิดอันตรายร้ายแรง กรณีเกิดเหตุการณ์รั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานฯ ซึ่งจะแสดงลักษณะทิศทางของการเกิดเหตุและความเข้มข้น ณ ตำแหน่งของการกระจายตัวของสารเคมีบนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์

3.2 โปรแกรม กูเกิล เอิร์ธ (Google Earth)

ใช้แสดงพื้นที่การแพร่กระจายของสารเคมี เป็นข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ แสดงที่ตั้งโรงงาน สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำและถนน

4. วิธีการวิจัย

4.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลสารเคมีที่ใช้ในโรงงาน

4.1.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว มีสารประกอบ 2 รายการ คือ โพรเพนและบิวเทน ในอัตราส่วน 60:40 ในโรงงานที่เกิดเหตุมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก ตั้งในแนวนอน มีจำนวน 2 ถัง ตัวถังมีน้ำหนัก 4.3 ตัน มีปริมาตรบรรจุสุทธิ 8,978 ลิตรต่อถัง โดยในแต่ละถังจะบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวประมาณ 85% คือ ปริมาตร 7,632 ลิตรต่อถัง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.68 เมตร และสูง 2.92 เมตร ความสูงจากพื้น 1 เมตร ซึ่งในถังกักเก็บมีความดัน 80 psi หรือ 5 bar มีการเก็บรักษาในอุณหภูมิในสภาพบรรยากาศทั่วไป โดยท่อมีขนาดความยาวจากถังถึงบริเวณการใช้งาน

70 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เป็นท่อเหล็กแบบเรียบ มีความดันภายในท่อ 0.6 MPa หรือ 5.9215 atm ใช้อุณหภูมิจ่ายก๊าซเข้าไปภายในท่อ 80 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3.2 ความดัน อุณหภูมิภายในท่อ

ภาพที่ 3.3 ลักษณะท่อ (สีเหลือง) จากแท็งค์ไปยังกระบวนการผลิต

4.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้สารเคมี “โพรเพน” เนื่องจากมีสัดส่วน 60 % ในขณะที่บิวเทนมีสัดส่วนเพียง 40% โดยมีข้อมูลของโพรเพนที่ต้องนำลงในโปรแกรมอโลฮา ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสารเคมีที่เตรียมนำเข้าโปรแกรมอโลฮา

รายการ	โพรเพน
น้ำหนักของมวลโมเลกุล	44.10 กรัมต่อโมล
จุดเดือด	-43.7 องศาฟาเรนไฮต์
ความหนาแน่นก๊าซ	น้ำหนัก 1.8622 กิโลกรัม คิวบิกเมตร อุณหภูมิ 293.15 (เคลวิน) ความดัน 101,325 (ปาสกาล)
จุดวาปไฟ	-1.56 องศาฟาเรนไฮต์
จุดเยือกแข็ง	-305.8 องศาฟาเรนไฮต์
ความดันไอ	9823 มิลลิเมตรปรอท
AEGL-1 (60 นาที)	5500 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)
AEGL-2 (60 นาที)	1700 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)
AEGL-3 (60 นาที)	33000 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)
Low Explosive Limit	21000 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)
Upper Explosive Limit	95000 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)

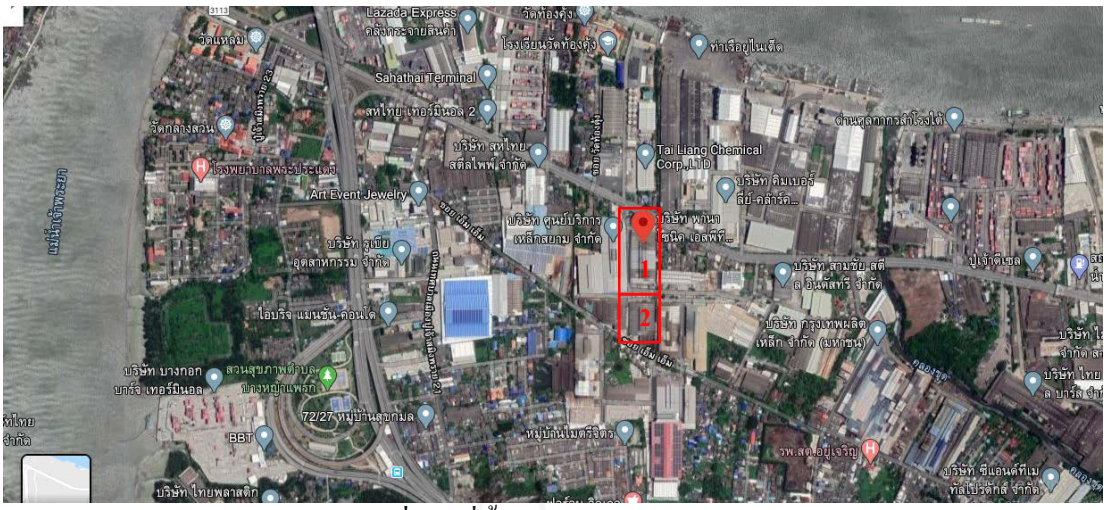
4.2 ส่วนที่ 2 การเตรียมข้อมูลพื้นที่

โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตท่อโลหะ ท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง ประกอบด้วยโรงงาน 2 โรงงาน อยู่ติดกัน ตั้งอยู่ที่ ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

ละติจูด ลองจิจูด จังหวัดสมุทรปราการ คือ 13° 36' 16" N / 100° 42' 19" E

ละติจูด ลองจิจูด ที่ตั้งโรงงาน บริเวณถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว คือ 13.649023 / 100.548000

บริเวณโดยรอบของโรงงานเป็นบริษัทฯ ข้างเคียงในกลุ่มการผลิตเหล็กและมีชุมชนอยู่ด้านหน้าและหลังโรงงาน มีต้นไม้ใหญ่เล็กน้อย มีถนนตัดผ่านทั้งด้านหน้าและหลังโรงงาน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 2 เมตร

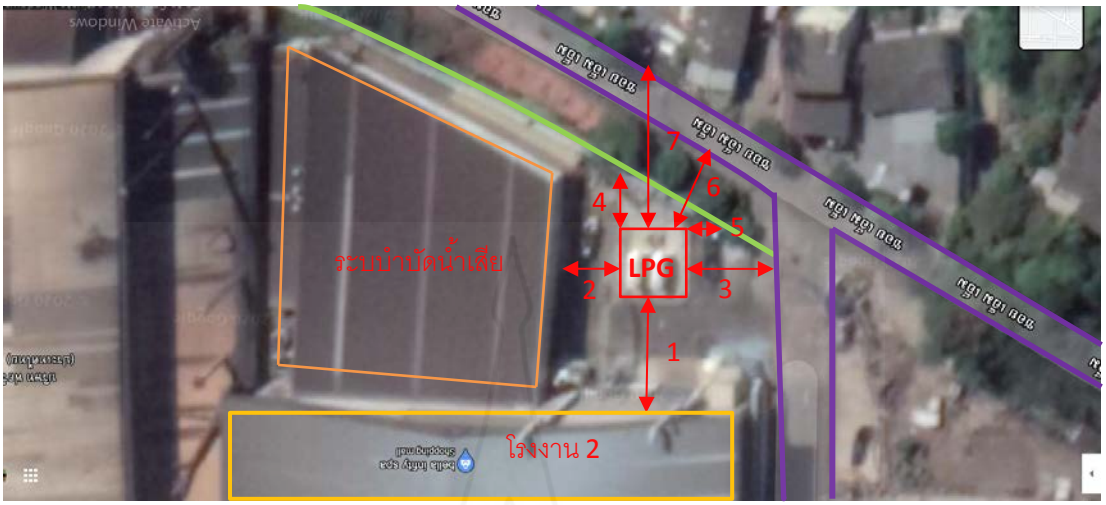


ภาพที่ 3.4 ที่ตั้งของโรงงาน แบบกว้าง

จากภาพที่ 3.4 ที่ตั้งของโรงงานแบบกว้าง ประกอบด้วยอาคารโรงงานที่เกิดเหตุ 2 โรงงาน หมายเลข 1 คือ โรงงานที่ 1 อยู่ติดกับถนนปู่เจ้าสมิงพราย และหมายเลข 2 คือ โรงงานที่ 2 อยู่ถัดมาจากโรงงาน 1 อยู่ติดกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยลักษณะอาคาร เป็นอาคารโรงงาน 2 ชั้น มีผนังกั้นทึบรอบ 4 ด้าน มีกำแพงล้อมรอบในกลุ่มของโรงงาน

ภาพที่ 3.5 ที่ตั้งบริเวณโดยรอบของโรงงาน

จากภาพที่ 3.5 ที่ตั้งบริเวณรอบโรงงาน สัญลักษณ์ A หมายถึง โรงงานข้างเคียงโดยรอบที่เกิดเหตุ สัญลักษณ์ B หมายถึง โรงอาหาร สัญลักษณ์ C หมายถึง โรงเรียน สัญลักษณ์ D หมายถึง ชุมชนโดยรอบโรงงานที่เกิดเหตุ สัญลักษณ์ E หมายถึงปั๊มน้ำมัน สัญลักษณ์เส้นสีเขียว หมายถึง ถนนปู่เจ้าสมิงพราย และ สัญลักษณ์เส้นสีม่วง หมายถึง ถนนด้านหลังโรงงานที่เกิดเหตุ



ภาพที่ 3.6 แผนผังถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว

จากภาพที่ 3.6 กรอบสีแดง (LPG) หมายถึง บริเวณจุดกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว บริเวณด้านหลังโรงงาน 2 สัญลักษณ์เส้นสีม่วง คือ ทางออกและถนน

จากภาพที่ 3.6 แสดงระยะห่างระหว่างพื้นที่รอบถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยจุดที่ 1 ระยะห่างระหว่างด้านหน้าก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับโรงงาน 2 คือ ระยะทาง 10 เมตร (ภาพที่ 3.7) จุดที่ 2 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับระบบบำบัดน้ำเสีย คือ ระยะทาง 6 เมตร (ภาพที่ 3.8) จุดที่ 3 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนนในพื้นที่โรงงาน คือ ระยะทาง 8 เมตร (ภาพที่ 3.9) จุดที่ 4 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมซ้าย คือ ระยะทาง 4 เมตร (ภาพที่ 3.10) จุดที่ 5 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมขวา คือระยะทาง 1 เมตร (ภาพที่ 3.11) จุดที่ 6 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนน คือ ระยะทาง 5 เมตร (ภาพที่ 3.12) และจุดที่ 7 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับชุมชนหลังโรงงาน คือ ระยะทาง 10 เมตร (ภาพที่ 3.13)

ภาพที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับบริเวณประตูโรงงาน

ภาพที่ 3.8 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 3.9 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนนในพื้นที่โรงงาน

ภาพที่ 3.10 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมซ้าย

ภาพที่ 3.11 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับรั้วมุมขวา

ภาพที่ 3.12 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับถนน

ภาพที่ 3.13 ระยะห่างระหว่างถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวกับชุมชนหลังโรงงาน

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวอยู่ติดกับโรงงาน 2 และถูกนำไปใช้งานในโรงงาน 2 เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในกระบวนการชุบโลหะ (Hot Dip Galvanizing) ปริมาณการใช้เฉลี่ยอาทิตย์ละ 2 ถัง ซึ่งจะมีรถจ่ายก๊าซเข้ามาเติมให้ทุกอาทิตย์ มีปริมาตรการเติมครั้งละ 6,000 ลิตรต่อสัปดาห์

ภาพที่ 3.14 รถจ่ายก๊าซเข้ามาเติมก๊าซในโรงงาน

4.3 ส่วนที่ 3 เตรียมข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

โดยข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย แบ่งฤดูกาลเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม) ฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนเดือนพฤษภาคม–เดือนตุลาคม) และฤดูหนาว (ตั้งแต่เดือนเดือนตุลาคม - เดือนกุมภาพันธ์)

ข้อมูลด้านฤดูกาลที่นำมาใช้ในการคีย์ข้อมูลในครั้งนี้คือ ฤดูร้อน (เนื่องจากค่าที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมอโลฮา มีระยะไกลกว่าฤดูกาลอื่น) ความเร็วลม (Knot) ใช้

ค่าสูงสุดในการนำมาใช้งาน ทิศทางลมใช้ค่าสูงสุด ปริมาณเมฆใช้ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิใช้ค่าเฉลี่ย สำหรับฤดูฝนใช้ค่าสูงสุด สำหรับฤดูร้อนและใช้ค่าต่ำสุดสำหรับฤดูหนาว และความชื้นใช้ค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศ เดือนมิถุนายน พ.ศ.2561–เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562

รายการ	ฤดูร้อน				ฤดูฝน				ฤดูหนาว			
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
ความเร็วลม (Knot)	14	14	14	14	16	17	16	12	12	14	16	16
ทิศทางลม	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	SSW	ESE	SSW	SSW	SSW
ปริมาณเมฆ	5	6	5	7	7	8	9	8	7	6	5	6
อุณหภูมิ	29.3	30.2	31.9	32.2	29.7	29.3	28.9	29	28	26.3	26.6	25.1
ความชื้น (%)	77	78	76	75	76	77	77	79	78	72	72	70

4.4 ส่วนที่ 4 การศึกษาความเสี่ยงที่อาจจะเกิดอันตรายกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและเกิดการติดไฟ

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานการณ์จริงในเบื้องต้น เพื่อนำไปประกอบกับเหตุการณ์จำลองที่อาจจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ดังนี้

4.4.1 ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดอันตรายขึ้นกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1) เกิดการเฉี่ยวชน เกี่ยว ระหว่างตรวจเช็ค ซ่อมบำรุง
2) เกิดการเฉี่ยวชนของรถโฟล์ค ลิฟท์ขณะขนท่อเหล็กขนาดใหญ่
3) เกิดการเฉี่ยว/เกี่ยว/ชน ของรถบรรทุกส่งของ/รับท่อขนาดใหญ่
4) โครงสร้างภายในมีสนิม
5) รอยรั่วจากการเชื่อมถังหรือจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ รอยเชื่อมแตกร้าว
6) ฐานรองรับแตกหัก พื้นทรุด แผ่นดินทรุด
7) การก่อสร้างและตอกเสาเข็มของโรงงานข้างเคียง
8) ไม่สามารถรองรับแรงดันที่เกินได้ตามปกติ
9) มีแรงมากระแทกก้านวาล์ว ก๊าซรั่วซึมผ่านก้านวาล์ว
10) เกิดการรั่วที่แนวท่อก๊าซ
11) ไม่ได้ฉีดน้ำยากันสนิมบริเวณจุดหมุนวาล์ว
12) การผุกร่อนของท่อ ท่อชำรุด แตกหัก แตกร้าว

13) อุปกรณ์เป็นสนิม ผุ กร่อน เสื่อมสภาพ เกิดสนิมด้านในวาล์ว

4.4.2 ความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดการติดไฟ

1) ความร้อนจากเตาหลอมเหลวหรือเตาชุบสังกะสี ที่อยู่ห่างจากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพียง 50 เมตร

2) ความร้อนและประกายไฟจากการติดเครื่องยนต์ของรถขนส่งสินค้าขนาดเล็ก รถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ และรถมอเตอร์ไซค์ส่งพัสดุ

3) ความร้อนและประกายไฟจากรถโฟล์ค ลิฟท์

4) ความร้อนและประกายไฟจากการเชื่อมหรือตัดของผู้รับเหมาที่ทำงานอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

5) ความร้อนและประกายไฟจากการสูบบุหรี่และทิ้งก้นบุหรี่ให้บริเวณใกล้เคียง

6) อันตรายจากรถจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ไม่มีการตรวจเช็คระบบความปลอดภัยก่อนการทำงาน

4.5 ส่วนที่ 5 เตรียมเหตุการณ์จำลองการเกิดเหตุฉุกเฉิน

4.5.1 เหตุการณ์จำลองที่ 1 การรั่วไหลจาก

เนื่องจากบริเวณที่ติดตั้งถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวอยู่ติดกับทางเดินรถทั้งสามด้าน ทำให้มีรถบรรทุกขนท่อเหล็กจำนวนมากขับเข้าออกในแต่ละวัน และด้วยทางเข้าออกที่แคบและรถเดินทางเดียว ทำให้ไม่สะดวกต่อการเข้าออกของรถบรรทุก ขณะที่มีรถบรรทุกกำลังขับออกไปพร้อมกับความเร็วนั้น คนขับรถไม่ได้ระวังสินค้าที่อยู่หลังรถและพนักงานผูกมัดสินค้าไม่แน่นและลืมผูกมัดบางส่วนไว้กับรถ ทำให้ขณะที่คนขับรถขับออกไปด้วยความเร็วนั้นท่อเหล็กได้หลุดล่วงลงมากระแทกกับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างรุนแรง ด้วยความที่ท่อเหล็กมีขนาดใหญ่ แข็งแรงและมีน้ำหนักมาก ทำให้เกิดรอยรั่วบริเวณหน้าแท็งค์มีรูรั่วทรงกลมขนาด 0.5 เมตร จุดที่รั่วมีความสูงจากด้านล่างถังขึ้นไป 10 เซนติเมตร ทำให้ถังเกิดการแตกร้าวและมีก๊าซรั่วไหลออกมาเป็นจำนวนมาก จนเกิดเป็นกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษกระจายออกมาเป็นจำนวนมาก และบริเวณนั้นมีรถผ่านอยู่ตลอดเวลา ประกายไฟจากการติดเครื่องยนต์สัมผัสกับความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนที่สามารถติดไฟได้ ทำให้เกิดการลุกติดไฟขึ้นมาอย่างเฉียบพลัน และไฟที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีที่ออกจากภาชนะบรรจุ ได้ติดไฟออกมาเป็นลำพุ่งออกไป ความร้อนจากเปลวไฟพุ่ง (Jet fire) เผาไหม้ภาชนะบรรจุซึ่งเพิ่มความร้อนจนทำให้เกิด BLEVE และลูกไฟ

ภาพที่ 3.15 ลักษณะรถบรรทุกขนเหล็กที่ขับผ่านเข้าออก

4.5.2 เหตุการณ์จำลองที่ 2 การรั่วไหลจากท่อ

การใช้งานก๊าซปิโตรเลียมเหลวนับว่ามีความเสี่ยงมาก เนื่องจากเป็นก๊าซไวไฟ ดังนั้นจึงต้องมีการคอยตรวจเช็คถึงสภาพพื้นที่การทำงาน อุปกรณ์ รวมถึงระบบไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันที่โรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ยังไม่มีการตรวจเช็คประจำวันหรือประจำสัปดาห์ก่อนการเริ่มงาน ทำให้ไม่ทราบถึงความบกพร่องของสภาพพื้นที่การทำงาน อุปกรณ์ รวมถึงระบบไฟฟ้า ท่อลำเลียงก๊าซแอลพีจีเข้าสู่กระบวนการผลิต บริเวณในรั้วกักเก็บและเป็นบริเวณเชื่อมต่อของท่อเกิดสนิมและผุกร่อนเนื่องจากไม่มีการตรวจเช็คและบำรุงรักษาในรอบปี โดยก่อนหน้าวันเกิดเหตุสองวัน มีเสียงแจ้งเตือนจากเครื่องตรวจจับแก๊สรั่ว (Gas Detector) สองวันติดต่อกัน ทางเจ้าหน้าที่ได้เข้ามาทำการตรวจเช็คแล้วแต่ยังไม่สามารถหาสาเหตุและจุดที่เกิดการรั่วไหลได้ จนวันถัดมาเกิดมาก๊าซรั่วออกมาและมีสัญญาณแจ้งเตือนเหมือนเช่นทุกครั้ง แต่ครั้งนี้ไม่มีเจ้าหน้าที่เข้ามาตรวจสอบขณะมีเสียงแจ้งเตือนทันที เนื่องจากเคยมีทางช่างเข้ามาตรวจเช็คแล้วแต่หาสาเหตุไม่ได้ ทางพนักงานจึงไม่ได้สนใจที่จะเข้าไปดูเพิ่มเติม ทำให้ก๊าซค่อย ๆ รั่วไหลออกมาบริเวณท่อจ่ายก๊าซในรั้วกักเก็บและมีก๊าซรั่วไหลออกมาเป็นจำนวนมาก จนเกิดเป็นกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษกระจายออกมาเป็นจำนวนมาก และด้วยความที่บริเวณนั้นมีรถผ่านอยู่ตลอดเวลา ประกายไฟจากการติดเครื่องยนต์สัมผัสกับความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนที่สามารถติดไฟได้ ทำให้เกิดการลุกติดไฟขึ้นมาอย่างเฉียบพลันและไฟที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีที่ออกจากภาชนะบรรจุได้ติดไฟเกิดเป็นเปลวไฟพุ่งออกไป

4.5.6 ส่วนที่ 6 สรุปข้อมูลการนำเข้าโปรแกรมอโลฮาเข้ากับสถานการณ์จุกเฉิน

สรุปข้อมูลตัวแปรที่นำเข้าในโปรแกรมอโลฮามีทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

ตารางที่ 3.3 การนำเข้าข้อมูลด้านพื้นที่

	ตัวแปร	ข้อมูล
1.	พื้นที่ที่ศึกษา	Samutprakan, Thailand
2.	ละติจูด / ลองจิจูด	คือ 13° 36' 16" N / 100° 42' 19" E
3.	ความสูงจากระดับน้ำทะเล	2 เมตร
4.	เวลาโซนทาม	+7
5.	ลักษณะอาคาร	อาคารชั้นเดียว (Single storied building)

ตารางที่ 3.4 สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัย

	ตัวแปร	ข้อมูล
1.	สารเคมีที่เลือกใช้ในการวิจัย	ก๊าซโพรเพน (Propane)

ตารางที่ 3.5 การนำเข้าข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ

	ตัวแปร	ข้อมูล
1.	ความเร็วลม (Knot)	14
2.	ทิศทางลม	SSW
3.	ปริมาณเมฆ	6
4.	อุณหภูมิ	32.2
5.	ความชื้น (%)	77
6.	Ground Roughness	Open Country

ตารางที่ 3.6 การนำเข้าข้อมูลเหตุการณ์จำลอง

	ตัวแปร	ข้อมูล
1.	**การรั่วไหลจากถัง (Tank)**	
1.1	Tank type	Horizontal cylinder
1.2	Diameter/ Length	1.68 meters/ 2.92 meters
1.3	Volume	6,473 liters
1.4	State of the chemical	Unknown (ให้ระบบคำนวนให้)
1.5	Temperature within the tank	Ambient
1.6	Amount of chemical in the tank	3,100 kilograms
1.7	Shape of pollutant is exit	Circular opening
1.8	Opening diameter	0.5 maters
1.9	Leak	Hole
1.10	Bottom of the leak	10 cm
2.	**การรั่วไหลจากท่อ (Pipe)**	
2.1	Chemical escapes from pipe, the gas	Not Burning และ Burning
2.2	Diameter	3 Inc
2.3	Pipe length	70 Meters
2.4	The unbroken end of the pipe	Connected to infinite tank source
2.5	Select pipe roughness	Smooth pipe
2.6	Pipe Pressure	0.6 MPa (5.9215 atm)
2.7	Pipe Temperature	80°C

5. การแปลผล

5.1 ใช้การอธิบายเชิงพรรณนาข้อมูลสภาพพื้นที่โดยรอบของโรงงานและพื้นที่ตั้งของแท็งค์เก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมอโลฮา ซึ่งจะอธิบายจากฟุตพริ้นท์ที่ได้จากการประเมินผลของโปรแกรมกับตัวแปร ได้แก่ ฤดูกาลมีผลต่อการแพร่กระจายหรือไม่ ค่าความเข้มข้นในการแพร่กระจาย รัศมีการแพร่กระจาย รวมถึงรูปขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับ ผลกระทบตามระดับความเข้มข้น

5.3 นำเสนอผลการประเมินการแพร่กระจาย พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบบนแผนที่โดยใช้โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

5.4 จัดทำแนวทางโครงร่างการตอบโต้เหตุฉุกเฉินของโรงงาน เพื่อจะได้หาแนวทางป้องกันและมาตรการรองรับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

บทที่ 4
ผลการประเมินการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด

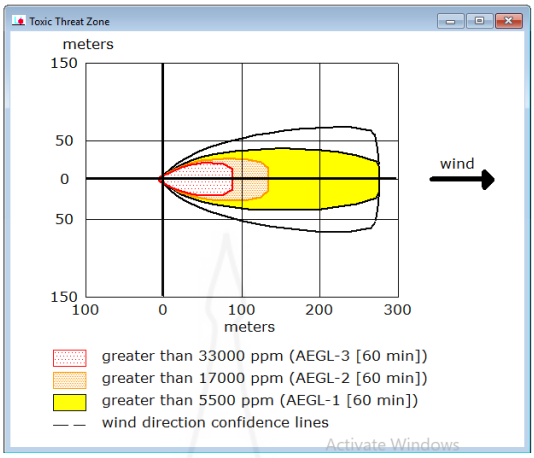
การศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ต่อเนื่อง โดยการใช้โปรแกรมอโลฮา version 5.4.7 และโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ ซึ่งมีถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีปริมาณการกักเก็บ 85% ของถัง คือ ปริมาณ 7,632 ลิตรต่อถัง การศึกษาผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ใช้โปรแกรมอโลฮา ในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ โดยสารเคมีที่นำมาเป็นตัวแทนของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อใช้ในการจำลองเหตุการณ์รั่วไหลครั้งนี้เลือกใช้ “ก๊าซโพรเพน” เพื่อประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์ที่เกิดจากการรั่วไหลทุกเหตุการณ์ โดยใช้ข้อมูลด้านพื้นที่ชุดเดียวกัน ใช้ตัวแปรอุตุนิยมวิทยามาใช้ใส่ค่าความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ปริมาณเมฆและความชื้นชุดเดียวกัน รวมไปถึงลักษณะของถังบรรจุที่มีลักษณะเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันที่ข้อมูลของเหตุการณ์จำลองทั้ง 2 กรณี (การรั่วไหลจากถังและการรั่วไหลจากท่อ) และจะต่างกันที่ผลกระทบที่จะได้รับและขนาดพื้นที่ของผลกระทบ เพราะลักษณะการเกิดที่แตกต่างกัน โดยจำลองสาเหตุการรั่วไหลเป็น 2 กรณีใหญ่ คือ 1) การรั่วไหลจากถัง 2) การรั่วไหลจากท่อ โดยมีลักษณะและเหตุการณ์ย่อย ๆ เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

1. ผลการประเมินการรั่วไหลจากถัง (Tank)

1.1 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไอระเหยของสารพิษ (Toxic Area of Vapor Cloud)

1.1.1 รัศมีการแพร่กระจาย

ผลการประเมินจากโปรแกรมอโลฮา การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ กรณีที่ไม่ลุกติดไฟ รัศมีการแพร่กระจายค่าความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัสได้ (AEGL) ของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมา โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลที่ 1 นาที มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 51.7 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 3,100 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.1 รัศมีการแพร่กระจายของค่า AEGLs แสดงระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารเคมีในบรรยากาศ

จากภาพที่ 4.1 พบว่า พื้นที่สีแดง AEGL-3 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 33,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 89 เมตร จากแหล่งกำเนิด ในระดับที่รุนแรงมาก เกิดอาการเหนื่อยล้าผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน ทำให้เกิดอาการชัก ระบบทางเดินหายใจล้มเหลวเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จนถึงขนาดทำให้เสียชีวิตได้

พื้นที่สีส้ม AEGL-2 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด ในระดับรุนแรง ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย โดยมีอาการระคายเคือง ซึ่งหากได้รับเป็นเวลานานอาจทำให้ระบบกล้ามเนื้อผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน อาจอาเจียนและหมดสติได้

พื้นที่สีเหลือง AEGL-1 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 5,500 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 277 เมตร จากแหล่งกำเนิด ในระดับปานกลาง จะทำให้เกิดความไม่สบาย มีอาการมึนงงเล็กน้อยหลังการสัมผัส หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น

1.1.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮา ร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.2

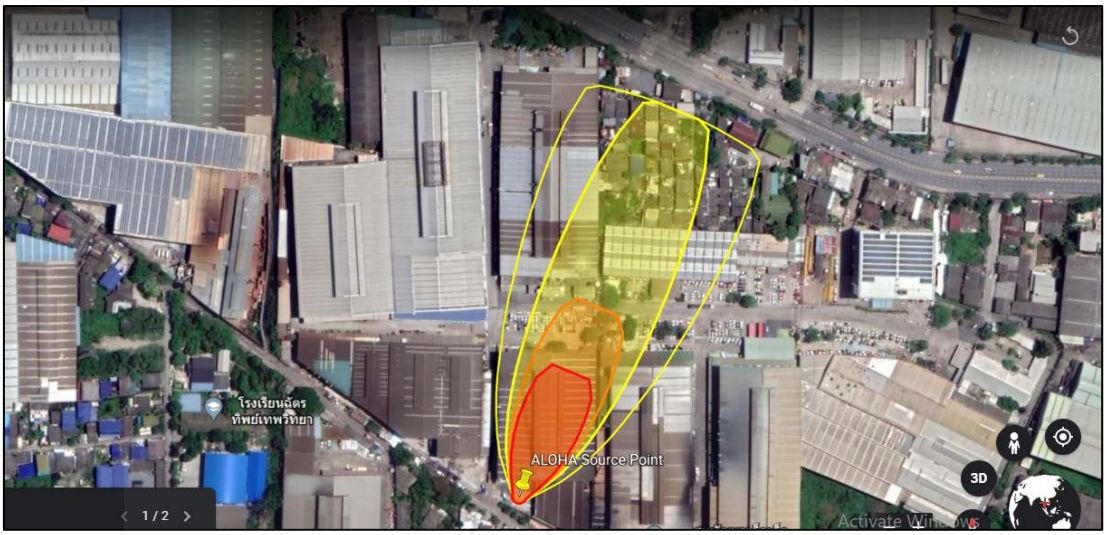
พื้นที่สีแดง AEGL-3 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 33,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 89 เมตร จากแหล่งกำเนิด มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่ในโรงงาน 2 ทั้งหมด ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อโรงงานข้างเคียง ชุมชนรอบนอก

รวมถึงผู้ใช้รถใช้ถนนในบริเวณดังกล่าว แต่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงาน 2 ในระดับที่รุนแรงมาก ทำให้เกิดอาการเหนื่อยล้าผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน ทำให้เกิดอาการชัก ระบบทางเดินหายใจล้มเหลวเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จนถึงขั้นทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 2 จะต้องอพยพออกจากพื้นที่สีแดง ภายในระยะเวลา 60 นาที ไปยังพื้นที่ปลอดภัย

พื้นที่สีส้ม AEGL-2 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่โรงงาน 2 ทั้งหมด รวมถึงโรงงานข้างเคียง พื้นที่บริเวณลานจอดรถและถนนบริเวณหน้าโรงงาน 2 ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในพื้นที่ดังกล่าวในระดับรุนแรง ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย โดยมีอาการระคายเคือง ซึ่งหากได้รับเป็นเวลานานอาจทำให้ระบบกล้ามเนื้อผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน อาจอาเจียนและหมดสติได้ ดังนั้นพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 2 รวมถึงโรงงานข้างเคียง ผู้ที่อยู่ในบริเวณลานจอดรถและถนนบริเวณหน้าโรงงาน จะต้องอพยพออกจากพื้นที่สีส้ม ภายในระยะเวลา 60 นาที ไปยังพื้นที่ปลอดภัย

พื้นที่สีเหลือง AEGL-1 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 5500 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 277 เมตร จากแหล่งกำเนิด มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่โรงงาน 1-2 ทั้งหมด โรงงานข้างเคียง โรงอาหาร พื้นที่บริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 2 และบ้านเรือนประชาชนจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนในระดับปานกลาง ทำให้เกิดความไม่สบาย มีอาการมึนงงเล็กน้อยหลังการสัมผัส หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น ดังนั้นพนักงานและผู้ที่อยู่ในบริเวณเกิดเหตุจะต้องอพยพออกจากพื้นที่สีเหลือง ภายในระยะเวลา 60 นาที ไปยังพื้นที่ปลอดภัย

กลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษกระจายเป็นบริเวณกว้างจนเกือบถึงบริเวณถนนเส้นหลัก คือ ถนนปู่เจ้าสมิงพราย และพื้นที่ที่ปลอดภัยที่พนักงานสามารถอพยพไปได้ คือ พื้นที่บริเวณลานจอดรถโรงงาน 1 และบริเวณโรงงานข้างเคียงถัดจากโรงอาหาร ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่ปลอดภัย ไม่อยู่ในพื้นที่สีเหลือง ส่วนประชาชนสามารถอพยพไปยังถนนปู่เจ้าสมิงพราย หรือบริเวณปั๊มน้ำมันฝั่งตรงข้ามโรงงาน 1 มีระยะทางห่างจากโรงงาน 500 เมตร

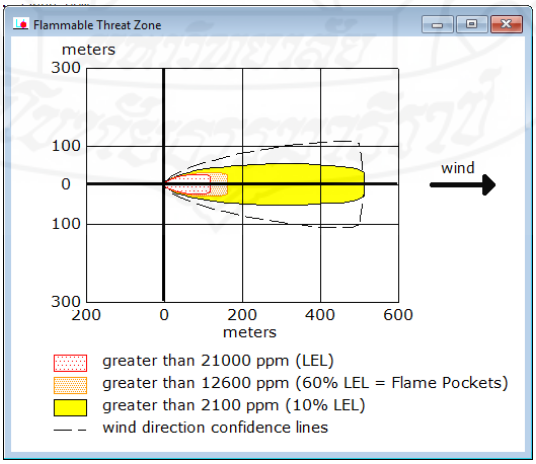


ภาพที่ 4.2 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

1.2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

1.2.1 รัศมีการแพร่กระจาย

การประเมินในกรณีกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ เพื่อประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยจะพิจารณาความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมาจากถังกักเก็บ เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งจะพิจารณาจากความสามารถในการลุกติดไฟต่ำสุด (Lower Explosion Limit; LEL) และความสามารถในการลุกติดไฟสูงสุด (Upper Explosion Limit; UEL) โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลที่ 1 นาที มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 51.7 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 3,100 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจาย เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการลุกติดไฟ

จากภาพที่ 4.3 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโพรเพน มีความสามารถในการลุกติดไฟสูงสุดที่ 950,000 ppm และมีความสามารถในการลุกติดไฟต่ำสุดที่ 21,000 ppm มีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกติดไฟและการระเบิดได้ซึ่งการประเมินผลจากการใช้โปรแกรมอโลฮา พบว่า

บริเวณพื้นที่สีแดง (100% LEL 21,000 ppm) คือ ความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 100% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ถูกกำหนดไว้ LEL 21,000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่า สามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 199 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากบริเวณนั้นมีการก่อให้เกิดประกายไฟจะทำให้เกิดการลุกติดไฟได้ทันที

บริเวณพื้นที่สีส้ม (60% LEL = 12,600 ppm หรือ Flame Pockets) คือ มีความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 60% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่า สามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 164 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากบริเวณนั้นมีการก่อให้เกิดประกายไฟจะทำให้เกิดการลุกติดไฟได้ทันที

บริเวณพื้นที่สีเหลือง (10% LEL = 2,100 ppm) คือ มีความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 10% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่า สามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 513 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากบริเวณนั้นมีการก่อให้เกิดประกายไฟจะทำให้เกิดการลุกติดไฟได้ทันที

1.2.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.4

บริเวณพื้นที่สีแดง มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 100% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด LEL 21,000 ppm พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ คือ พื้นที่โรงงาน 2 บริษัทข้างเคียง ลานจอดรถหน้าโรงงาน 2 ในระยะนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้ แต่ไม่มีผลกระทบหรือเฝ้าระวังในพื้นที่บริเวณบ้านเรือนประชาชนที่อยู่นอกเขตด้านหลังโรงงาน เนื่องจากทิศทางลมที่พัดพาไปทางพื้นที่โรงงานเท่านั้น

บริเวณพื้นที่สีส้ม มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 60% คือ 12,600 ppm ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ คือ พื้นที่โรงงาน 1-2 บริษัทข้างเคียง โรงอาหาร ลาน

จอดรถหน้าโรงงาน 2 ในระยะนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้ แต่จะไม่มีผลกระทบหรือเฝ้าระวังในพื้นที่บริเวณบ้านเรือนประชาชนที่อยู่นอกเขตด้านหลังโรงงาน เนื่องจากทิศทางลมที่พัดพาไปทางพื้นที่โรงงานเท่านั้น

บริเวณพื้นที่สีเหลือง มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 10% คือ 2,100 ppm ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ คือ พื้นที่โรงงาน 1-2 บริษัทข้างเคียง โรงอาหาร พื้นที่ลานจอดรถทั้งหมด บริเวณถนนเส้นหลัก (ถนนปู่เจ้าสมิงพราย) บ้านเรือนประชาชนที่อยู่บริเวณหน้าโรงงาน บ้านเรือนประชาชนที่อยู่บริเวณฝั่งตรงข้ามโรงงาน โรงงานที่อยู่ฝั่งตรงข้ามโรงงานที่เกิดเหตุ และปั๊มน้ำมัน ระยะนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้ แต่จะไม่มีผลกระทบหรือเฝ้าระวังในพื้นที่บริเวณบ้านเรือนประชาชนที่อยู่นอกเขตด้านหลังโรงงาน เนื่องจากทิศทางลมที่พัดพาไปทางพื้นที่โรงงานเท่านั้น

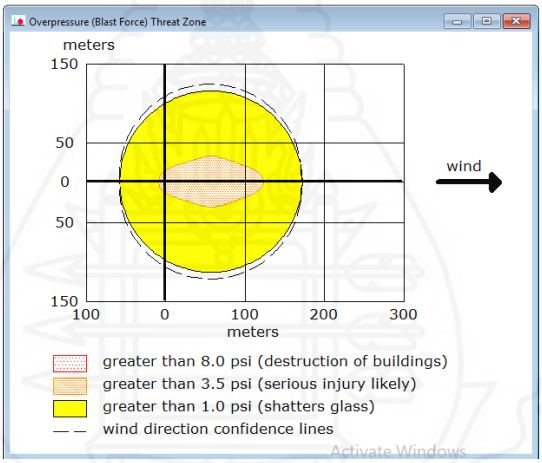
ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงจากการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟขึ้น กลุ่มที่ได้รับผลกระทบทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องหยุดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประกายไฟและต้องอพยพออกไปนอกพื้นที่ในเขตรัศมีเขตสีเหลืองทั้งหมดไปยังพื้นที่ปลอดภัย โดยสำหรับพนักงานโรงงานที่เกิดเหตุสามารถอพยพไปยังโรงงานข้างเคียง (ซ้าย) ได้ เนื่องจากอยู่นอกเขตพื้นที่สีเหลืองเป็นเขตพื้นที่ปลอดภัย ส่วนประชาชนสามารถอพยพไปยังโรงงานบริเวณใกล้เคียงที่อยู่นอกเขตพื้นที่สีเหลืองเป็นเขตพื้นที่ปลอดภัย เบื้องต้นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบสามารถอพยพไปยังพื้นที่ดังกล่าวก่อนได้ หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันทีความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้างต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังทันที

ภาพที่ 4.4 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

1.3 การรั่วไหลแบบการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ (Blast Area of Vapor Cloud Explosion)

1.3.1 รัศมีการแพร่กระจาย

กรณีการเกิดการรั่วไหลแบบการระเบิดแบบกลุ่มหมอก เมื่อเกิดการรั่วไหลออกจากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและมีการแพร่กระจายครอบคลุมไปทั่วบริเวณโรงงานและชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียงและได้สัมผัสกับอากาศในสัดส่วนที่เพียงพอประกอบกับมีแหล่งกำเนิดประกายไฟ จะทำให้เกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วและระเบิดในที่สุด โดยแนวทางในการประเมินกรณีนี้จะพิจารณาการระเบิดโดยการวิเคราะห์จากแรงดันที่เกิดขึ้นจริง เพื่อประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับพนักงานและประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง รวมถึงโครงสร้างอาคารตามแนวรัศมีของการแผ่รังสีความร้อน โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลที่ 1 นาที มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 51.7 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 3,100 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.5 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซ

จากภาพที่ 4.5 พบว่า บริเวณพื้นที่สีแดง ที่แรงดัน 8.0 psi เป็นแรงดันขนาดที่ทำลายอาคารและตึกได้ มีผลทำให้เสียชีวิต โดยพื้นที่นี้ไม่สามารถแสดงค่าได้ ซึ่งแสดงออกมาเป็นข้อความ LOC was never exceeded เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมอโลฮาสามารถแปลผลได้ที่แรงดัน 8.0 psi

บริเวณพื้นที่สีส้ม ที่แรงดัน 3.5 psi ก่อให้เกิดผลกระทบภายในรัศมี 124 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากเกิดการระเบิดจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้น

บริเวณพื้นที่สีเหลือง ที่แรงดัน 1.0 psi ก่อให้เกิดผลกระทบภายในรัศมี 173 เมตร จากแหล่งกำเนิด เป็นแรงดันที่ทำให้แก้วหรือกระจกเกิดการแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้

1.3.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

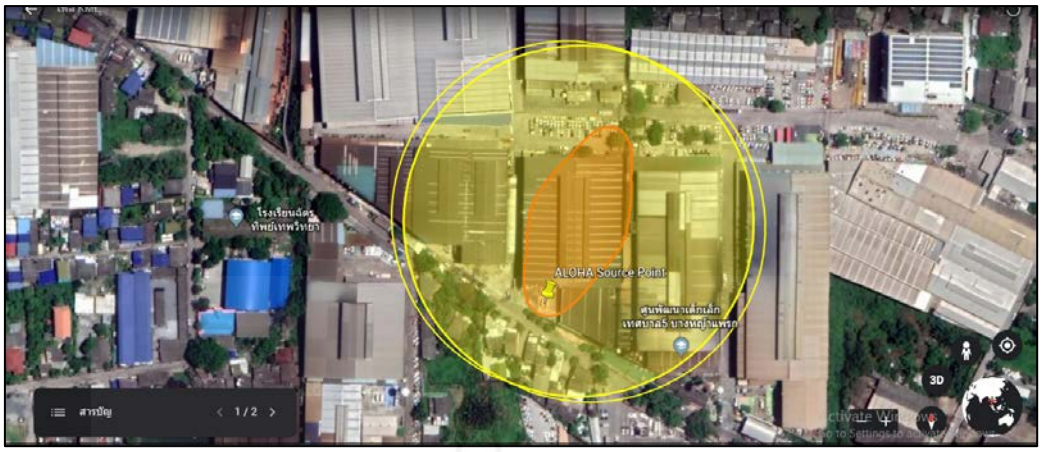
การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยใช้โปรแกรอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.6

พื้นที่สีแดง ที่แรงดัน 8.0 psi ทำให้อาคารพังทลายและก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง การระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซในครั้งนี้จะไม่เกิดเหตุการณ์รุนแรงระดับแรงดัน 8.0 psi

พื้นที่สีส้ม ที่แรงดัน 3.5 psi ส่งผลกระทบภายในรัศมี 124 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งโดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือ พื้นที่ โรงงาน 2 ลานจอดรถ ทางเดินรถหน้าโรงงาน และมีแนวเส้นรุกล้ำเข้าไปยังโรงงานข้างเคียงเล็กน้อย ดังนั้นต้องมีการเฝ้าระวังเพิ่มเติม แต่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ในเขตชุมชนจึงไม่มีผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่รอบข้าง แต่จะมีผลกระทบต่อพนักงานที่ทำงานในพื้นที่ดังกล่าวอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้นอย่างทันที

พื้นที่สีเหลือง ที่แรงดันที่ 1.0 psi ส่งผลกระทบภายในรัศมี 173 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งโดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบคือ พื้นที่ภายในโรงงาน 1-2 โรงอาหาร โรงงานข้างเคียงทั้งสองฝั่ง ลานจอดรถและทางเดินรถหน้าโรงงาน 2 ถนนด้านหลังโรงงานและชุมชนที่อาศัยอยู่ด้านหลังโรงงาน ที่สำคัญอาจมีผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนนที่ผ่านไปมา โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด จะก่อให้เกิดแก้วหรือกระจกแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บ

ดังนั้น หากเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น พนักงานสามารถอพยพไปยังพื้นที่หน้าโรงงาน 1 และด้านหน้าโรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งขวาและซ้าย ซึ่งอยู่นอกแนวเขตเส้นสีเหลือง ประชาชนสามารถอพยพออกจากพื้นที่ที่อยู่อาศัยของตนเองไปยังร้านค้าหรือพื้นที่ใกล้เคียงนอกแนวเขตเส้นสีเหลือง และให้ปิดกั้นถนนทางเดินรถด้านหลังโรงงาน เพื่อป้องกันและให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่สัญจรผ่านไปมา หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันทีความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังทันที

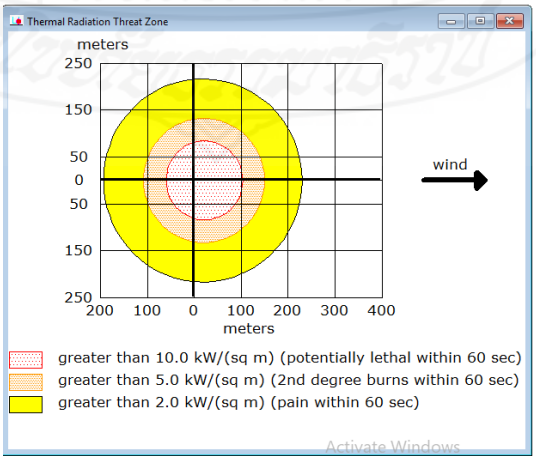


ภาพที่ 4.6 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

1.4 การเกิดสารเคมีลุกไหม้ แบบเปลวไฟพุ่ง (Jet Fire)

1.4.1 รัศมีการแพร่กระจาย

การเกิดเปลวไฟพุ่ง เกิดจากสารเคมีที่เก็บไว้ภายใต้ความดันสูงเกิดการรั่วไหลจึงพุ่งกระจายสู่บรรยากาศ แล้วเกิดการจุดระเบิดในทันที ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดเปลวไฟพุ่งมีปริมาณความร้อนสูง ดังนั้นจึงทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ หรือโครงสร้างใด ๆ ที่สัมผัสกับเปลวไฟโดยตรง การเกิดเปลวไฟพุ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลานาน ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบเปลวไฟพุ่งจะเกิดการแผ่รังสีร้อนของเปลวเพลิงการลุกไหม้ ในระดับค่าพลังงานความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในโรงงานและประชาชนที่อยู่โดยรอบโรงงาน เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และการอพยพ โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลที่ 1 นาที มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 51.7 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 3,100 กิโลกรัม โดยผลการประเมินแสดงได้ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการลุกไหม้ แบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง

จากภาพที่ 4.7 พบว่า ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงาน ประชาชนและโครงสร้างอาคาร เมื่อเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดจะมีการแผ่รังสีความร้อนจากเปลวเพลิงในรูปแบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง ซึ่งจะได้รับผลกระทบดังนี้

พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 104 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 150 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรก่อให้เกิดผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 230 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

1.4.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.8

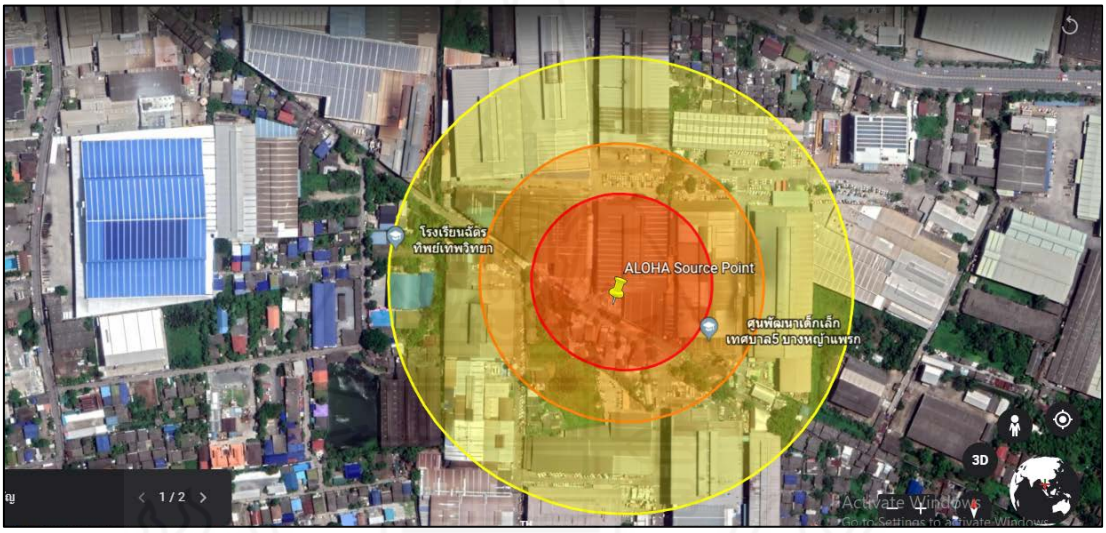
พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 104 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา ถนนด้านหลังโรงงาน และบ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน พื้นที่ในบริเวณนี้จะก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 150 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 2 ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงานและโรงเรียน จะก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 230 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 2 โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้า

โรงงาน โรงงานที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงฝั่งด้านหลังโรงงานและโรงเรียน ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

ในกรณีการระเบิดในรูปแบบของการแผ่รังสีความร้อน กรณีการรั่วไหลของก๊าซโพรเพนในลักษณะการเกิดเปลวไฟพุ่งก่อให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างและมีความรุนแรงสูง ที่สำคัญเป็นการระเบิดและลุกไหม้ที่เกิดขึ้นได้ในทันที ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้นต้องมีการเข้าช่วยเหลือและนำผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่ โดยพื้นที่ที่ปลอดภัยฝั่งหน้าโรงงาน คือ พื้นที่หน้าโรงงาน 1 ส่วนด้านหลังโรงงานเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหนักมาก ควรย้ายผู้ประสบเหตุออกจากพื้นที่เกิดเหตุไปยังพื้นที่ข้างเคียงที่สามารถอพยพไปได้เร็วที่สุด ส่วนผู้บาดเจ็บต้องนำส่งโรงพยาบาลโดยรถฉุกเฉินอย่างเร็วที่สุด ทั้งนี้ต้องทำการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบต่อไป

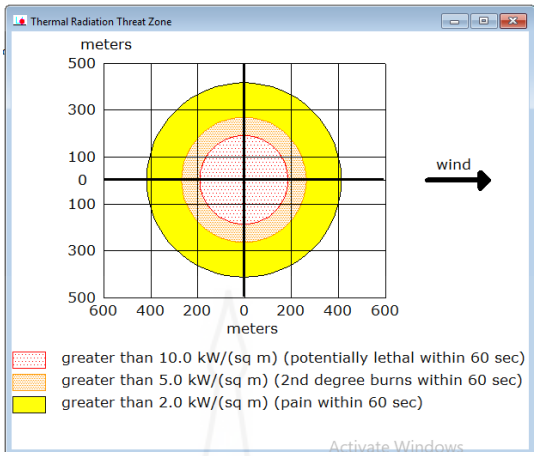


ภาพที่ 4.8 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

1.5 การระเบิดและการเกิดลูกไฟ (BLEVE and Fire ball)

1.5.1 รัศมีการแพร่กระจาย

การเกิดอัคคีภัยและการเกิดระเบิดรวมกัน ซึ่งเกิดจากสารเคมีรั่วไหล มีการติดไฟขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดการระเบิดขึ้น มีการแผ่รังสีความร้อนออกมาเป็นระยะ ๆ ในกรณีที่เกิดการระเบิดและเกิดลูกไฟ จะใช้รูปแบบจำลองของการแผ่รังสีความร้อนจากเปลวเพลิงของการลุกไหม้ ในระดับค่าพลังงานความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในโรงงานและประชาชนที่อยู่โดยรอบโรงงาน เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และการอพยพ



ภาพที่ 4.9 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดและการเกิดลูกไฟ

จากภาพที่ 4.9 พบว่า ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงาน ประชาชนและโครงสร้างอาคาร เมื่อเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด จะมีการแผ่รังสีความร้อนจากเปลวเพลิง ซึ่งจะได้รับผลกระทบดังนี้

พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 415 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

1.5.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

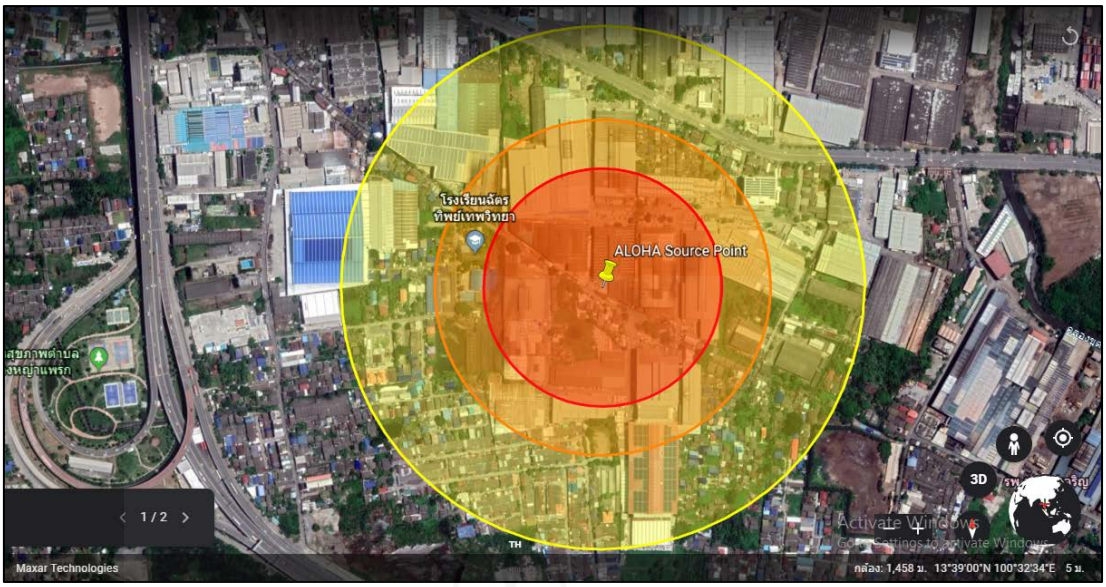
การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.10

พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 2 ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงานและโรงเรียน พื้นที่ในบริเวณนี้จะก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 2 โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้าโรงงาน โรงงานที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงฝั่งด้านหลังโรงงานและโรงเรียน จะก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 415 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งฝั่งซ้ายและขวา บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 2 โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้าโรงงาน โรงงานที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงฝั่งด้านหลังโรงงาน โรงเรียน ถนนเส้นหลัก (ถนนปู่เจ้าสมิงพราย) โรงงานและบ้านเรือนประชาชนฝั่งด้านหน้าตรงข้ามกับโรงงาน และสถานที่ราชการอื่น ๆ ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

ในกรณีการระเบิดในรูปแบบของการแผ่รังสีความร้อน กรณีการรั่วไหลของก๊าซโพรเพนในลักษณะการระเบิดและการเกิดลูกไฟ ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างมากและมีความรุนแรงสูงมาก ที่สำคัญเป็นการลุกไหม้และการระเบิดที่เกิดขึ้นได้ในทันทีทันใด ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น ต้องมีการเข้าช่วยเหลือและนำผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่ โดยพบว่าไม่มีพื้นที่ปลอดภัยบริเวณใกล้โรงงาน เนื่องจากผลกระทบแพร่กระจายไปเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นควรย้ายผู้ประสบเหตุออกไปยังสถานีตำรวจสำโรงใต้และโรงพยาบาลสำโรง ทั้งนี้ต้องทำการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบต่อไป



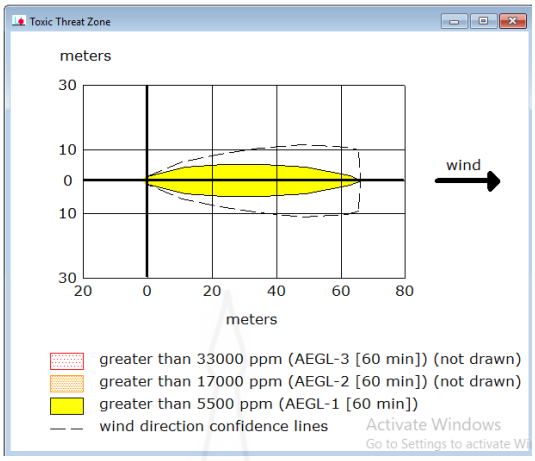
ภาพที่ 4.10 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

2. ผลการประเมินการรั่วไหลจากท่อ (Pipe)

2.1 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไอระเหยของสารพิษ (Toxic Area of Vapor Cloud)

2.1.1 รัศมีการแพร่กระจาย

ผลการประเมินจากโปรแกรมอโลฮา การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ ซึ่งจะพิจารณาจากรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน กรณีที่ไม่ลุกติดไฟ ของรัศมีการแพร่กระจายค่าความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัสได้ (AEGL) จะแสดงความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมาที่ระยะต่าง ๆ โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลในระหว่างเวลา 1 ชั่วโมง มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 129 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 7,723 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.11 รัศมีการแพร่กระจายของค่า AEGLs แสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศ

จากภาพที่ 4.11 พบว่า พื้นที่สีแดง AEGL-3 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 33,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 20 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวในระดับที่รุนแรงมาก เกิดอาการเหนื่อยล้าผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน ทำให้เกิดอาการชัก ระบบทางเดินหายใจล้มเหลวเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จนถึงขั้นทำให้เสียชีวิตได้

พื้นที่สีส้ม AEGL-2 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 33 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวในระดับรุนแรง ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย โดยมีอาการระคายเคือง ซึ่งหากได้รับเป็นเวลานานอาจทำให้ระบบกล้ามเนื้อผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน อาจอาเจียนและหมดสติได้

พื้นที่สีเหลือง AEGL-1 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 5,500 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในรัศมี 66 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวในระดับปานกลาง ทำให้เกิดความไม่สบาย มีอาการมึนงงเล็กน้อยหลังการสัมผัส หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น

2.1.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.12

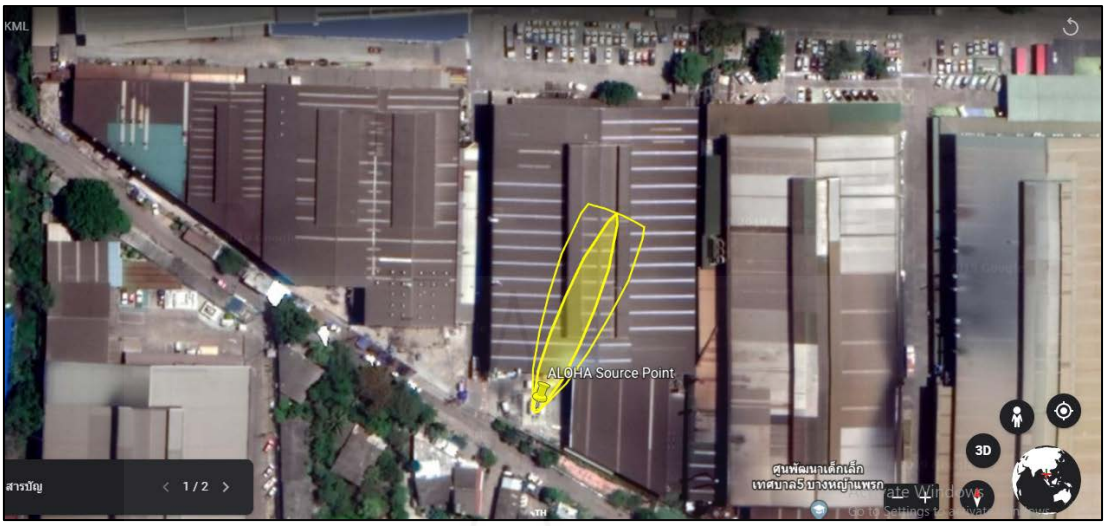
พื้นที่สีแดง AEGL-3 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 33,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 20 เมตร จากแหล่งกำเนิด จากการ

ประเมินพบว่าโปรแกรมอโลฮา ไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปภาพแสดงรัศมีที่เกิดจากการกลุ่มไอระเหยของสารพิษได้ แต่แสดงผลในรูปของข้อความบอกระยะของกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษที่สามารถแพร่กระจายไปได้ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมสามารถแปลผลได้ จึงทำให้ไม่สามารถแสดงภาพได้

พื้นที่สีส้ม AEGL-2 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 33 เมตร จากแหล่งกำเนิด จากการประเมินพบว่าโปรแกรมอโลฮา ไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปภาพแสดงรัศมีที่เกิดจากการกลุ่มไอระเหยของสารพิษได้ แต่แสดงผลในรูปของข้อความบอกระยะของกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษที่สามารถแพร่กระจายไปได้ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมสามารถแปลผลได้ จึงทำให้ไม่สามารถแสดงภาพได้

พื้นที่สีเหลือง AEGL-1 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 5,500 ppm เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่อยู่ในรัศมี 66 เมตร จากแหล่งกำเนิด มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่โรงงาน 2 เท่านั้น แต่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ของโรงงานทั้งหมด ควรมีการเฝ้าระวังในพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากมีพนักงานทำงานอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในพื้นที่ดังกล่าวในระดับปานกลาง จะทำให้เกิดความไม่สบาย มีอาการมึนงงเล็กน้อยหลังการสัมผัส หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น ดังนั้นพนักงานที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวจะต้องอพยพออกจากพื้นที่สีเหลือง ภายในระยะเวลา 60 นาที ไปยังพื้นที่ปลอดภัย

จากกรณีกลุ่มเกิดหมอกไอระเหยของสารพิษกระจายไปยังพื้นที่โรงงาน 2 เมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้นพนักงานที่ทำงานในพื้นที่สีเหลือง หรือพนักงานทั้งหมดในโรงงาน 2 (เพื่อความปลอดภัยและเฝ้าระวังความเป็นอันตรายควรอพยพทั้งหมด) โดยอพยพไปยังบริเวณพื้นที่บริเวณลานจอดรถโรงงาน 2 ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ปลอดภัย ห่างไกลจากแนวเส้นสีเหลือง

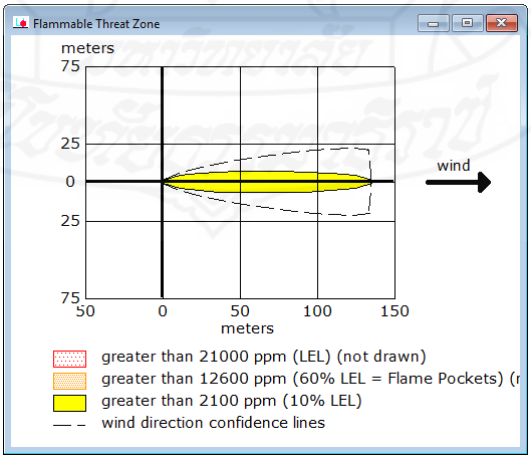


ภาพที่ 4.12 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

2.2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

2.2.1 รัศมีการแพร่กระจาย

การประเมินในกรณีกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ เพื่อประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยจะพิจารณาความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่รั่วไหลออกมาจากถังกักเก็บ เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งจะพิจารณาจากความสามารถในการลุกติดไฟต่ำสุด (Lower Explosion Limit; LEL) และความสามารถในการลุกติดไฟสูงสุด (Upper Explosion Limit; UEL) โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลในระหว่างเวลา 1 ชั่วโมง มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 129 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 7,723 กิโลกรัม โดยพบผลการประเมินจากโปรแกรมอโลฮา ดังนี้



ภาพที่ 4.13 รัศมีการแพร่กระจาย เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการลุกติดไฟ

จากภาพที่ 4.13 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโพรเพน มีความสามารถในการลุกติดไฟสูงสุดที่ 950,000 ppm และมีความสามารถในการลุกติดไฟต่ำสุดที่ 21,000 ppm มีความเสี่ยงที่จะเกิดการลุกติดไฟและการระเบิดได้ซึ่งการประเมินผลจากการใช้โปรแกรมอโลฮา พบว่า

พื้นที่สีแดง (100% LEL 21,000 ppm) คือ ความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 100% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ถูกกำหนดไว้ LEL 21,000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่าสามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 28 เมตร จากแหล่งกำเนิด จากการประเมินพบว่าโปรแกรมอโลฮา ไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปภาพแสดงรัศมีที่เกิดจากการกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟได้ แต่แสดงผลในรูปของข้อความบอกระยะของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่สามารถแพร่กระจายไปได้ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมสามารถแปลผลได้ จึงทำให้ไม่สามารถแสดงภาพได้

บริเวณพื้นที่สีส้ม (60% LEL = 12,600 ppm หรือ Flame Pockets) คือ มีความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 60% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่า สามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 41 เมตร จากแหล่งกำเนิด จากการประเมินพบว่าโปรแกรมอโลฮา ไม่สามารถแสดงผลออกมาในรูปภาพแสดงรัศมีที่เกิดจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟได้ แต่แสดงผลในรูปของข้อความบอกระยะของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่สามารถแพร่กระจายไปได้ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมสามารถแปรผลได้ จึงทำให้ไม่สามารถแสดงภาพได้

บริเวณพื้นที่สีเหลือง (10% LEL = 2,100 ppm) คือ มีความสามารถในการลุกติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 10% ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21000 ppm ความเข้มข้นระดับนี้พบว่าสามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ ที่รัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากบริเวณนั้นมีการก่อให้เกิดประกายไฟจะทำให้เกิดการลุกติดไฟได้ทันที

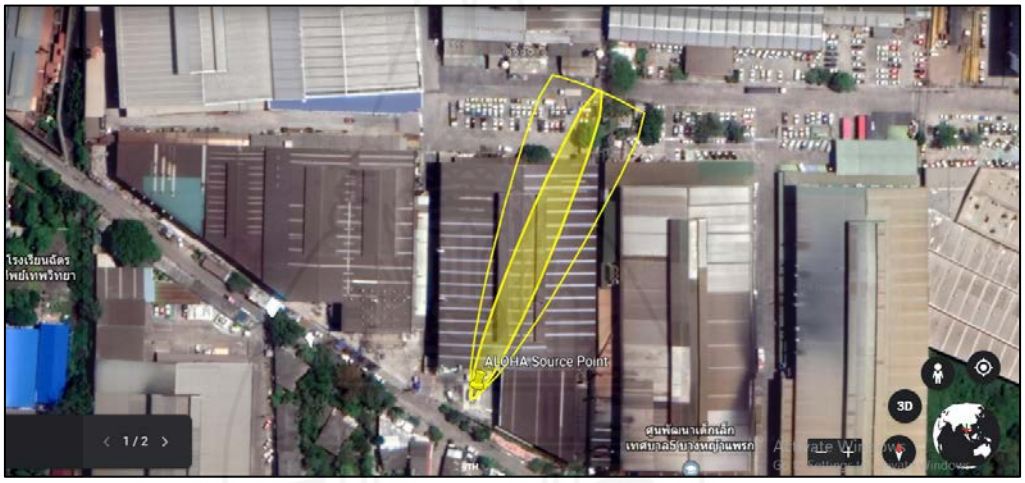
2.2.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮา ร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ดังภาพที่ 4.14

บริเวณพื้นที่สีเหลือง มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซโพรเพนในพื้นที่นี้ที่สามารถลุกติดไฟ ในอัตรา 10% คือ 2,100 ppm ของค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21,000 ppm ที่รัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด พบว่า พื้นที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ คือ พื้นที่โรงงาน 2

โรงงานข้างเคียง ลานจอดรถและโรงงานข้างเคียง ส่วนโรงงาน 1 ควรทำการเฝ้าระวังในพื้นที่ โดยในพื้นที่ได้รับผลกระทบนี้ ซึ่งเป็นระยะที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้ แต่ไม่มีผลกระทบหรือเฝ้าระวังในพื้นที่บริเวณบ้านเรือนประชาชนที่อยู่นอกเขตด้านหลังโรงงาน เนื่องจากทิศทางลมที่พัดพาไปทางพื้นที่โรงงานเท่านั้น

ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงจากการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟขึ้นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องหยุดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประกายไฟและจะต้องอพยพออกไปนอกพื้นที่จากรัศมีเขตสีเหลืองทั้งหมด ไปยังพื้นที่ปลอดภัย คือ โรงอาหาร หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันทีความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังทันที



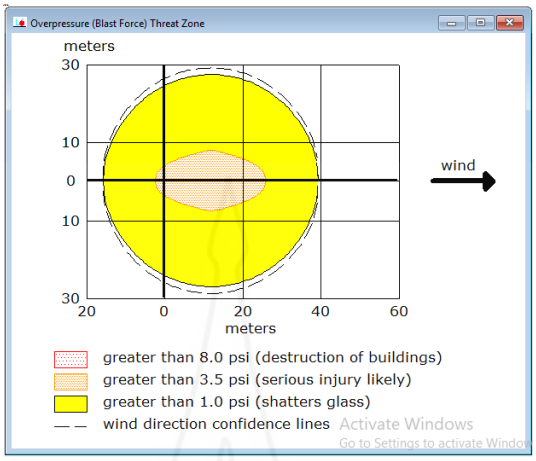
ภาพที่ 4.14 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

2.3 การรั่วไหลแบบการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ (Blast Area of Vapor Cloud Explosion)

2.3.1 รัศมีการแพร่กระจาย

กรณีการเกิดการรั่วไหลแบบการระเบิดแบบกลุ่มหมอกนั้น เมื่อเกิดการรั่วไหลออกจากถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและมีการแพร่กระจายครอบคลุมไปทั่วบริเวณโรงงานและชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง และได้สัมผัสกับอากาศในสัดส่วนที่เพียงพอประกอบกับมีแหล่งกำเนิดประกายไฟ จะทำให้เกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วและระเบิดในที่สุด โดยแนวทางในการประเมินกรณีนี้จะพิจารณาการระเบิดโดยการวิเคราะห์จากแรงดันที่เกิดขึ้นจริง เพื่อประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับพนักงานและประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง รวมถึงโครงสร้างอาคารตามแนวรัศมีของการแผ่รังสีความร้อน โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลในระหว่างเวลา 1

ชั่วโมง มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 129 กิโลกรัมต่อวินาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 7,723 กิโลกรัม โดยพบผลการประเมินจากโปรแกรมอโลฮา ดังนี้



ภาพที่ 4.15 รัศมีการแพร่กระจายของการระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซ

จากภาพที่ 4.15 พบว่า บริเวณพื้นที่สีแดง ที่แรงดัน 8.0 psi เป็นแรงดันขนาดที่ทำลายอาคารและตึกได้ มีผลทำให้เสียชีวิต โดยในพื้นที่นี้ไม่สามารถแสดงค่ารัศมีที่ได้รับผลกระทบได้ ซึ่งแสดงออกมาเป็นข้อความ LOC was never exceeded เนื่องจากค่าที่ได้ไม่ถึงระดับต่ำสุดที่โปรแกรมอโลฮาสามารถแปรผลได้

พื้นที่สีส้ม ที่แรงดัน 3.5 psi ก่อให้เกิดผลกระทบภายในรัศมี 26 เมตร จากแหล่งกำเนิด หากเกิดการระเบิดจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้น

พื้นที่สีเหลือง ที่แรงดัน 1.0 psi ก่อให้เกิดผลกระทบภายในรัศมี 40 เมตร จากแหล่งกำเนิด เป็นแรงดันที่ทำให้แก้วหรือกระจกเกิดการแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บ

2.3.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงได้ภาพที่ 4.16

พื้นที่สีแดง ที่แรงดัน 8.0 psi ทำให้อาคารพังทลายและก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง จะไม่เกิดเหตุการณ์การระเบิดแบบกลุ่มหมอกก๊าซในครั้งนี้

พื้นที่สีส้ม ที่แรงดัน 3.5 psi ส่งผลกระทบภายในรัศมี 26 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งในบริเวณนี้เป็นพื้นที่ภายในโรงงาน 2 เท่านั้น ไม่ครอบคลุมพื้นที่ในเขตชุมชน จึงไม่มีผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่รอบข้าง แต่จะมีผลกระทบต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้นอย่างทันที

พื้นที่สีเหลือง ที่แรงดัน 1.0 psi ส่งผลกระทบภายในรัศมี 40 เมตร จากแหล่งกำเนิด ซึ่งพื้นที่ได้รับผลกระทบ คือ พื้นที่ภายในโรงงาน 2 โรงอาหาร ถนนและเส้นทางเดินรถด้านหลังโรงงาน ที่สำคัญอาจมีผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนนที่ผ่านไปมา โดยพื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด จะก่อให้เกิดแก้วหรือกระจกแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บขึ้น

ดังนั้น หากเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น พนักงานสามารถอพยพไปยังพื้นที่หน้าโรงงาน 2 โรงอาหารและบริษัทข้างเคียงทั้งฝั่งขวาและซ้าย นอกแนวเขตเส้นสีเหลืองและปิดกั้นถนนทางเดินรถด้านหลังโรงงาน เพื่อป้องกันและให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่สัญจรผ่านไปมา หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันทีความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังทันที

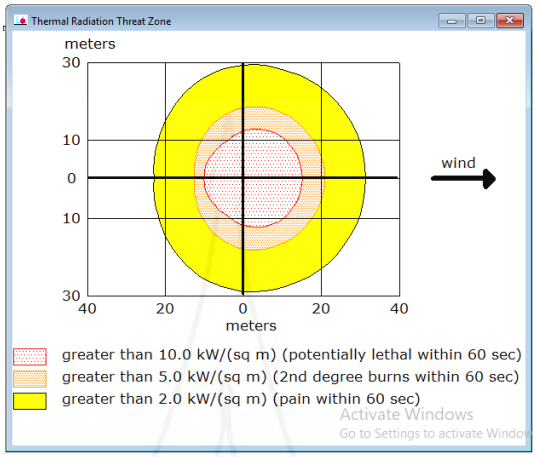
ภาพที่ 4.16 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

2.4 การเกิดสารเคมีลุกไหม้ แบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง (Jet Fire)

2.4.1 รัศมีการแพร่กระจาย

การเกิดเปลวไฟพุ่ง เกิดจากสารเคมีที่เก็บไว้ภายใต้ความดันสูงเกิดการรั่วไหลจึงฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศ แล้วเกิดการจุดระเบิดในทันที ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดเปลวไฟพุ่ง มีปริมาณความร้อนสูง ดังนั้นจึงทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ หรือโครงสร้างใด ๆ ที่สัมผัสกับเปลวไฟโดยตรง การเกิดเปลวไฟพุ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลานาน ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้และระเบิดแบบเปลวไฟพุ่งจะใช้รูปแบบจำลองการแผ่รังสีความร้อนของเปลวเพลิงที่ลุกไหม้ ในระดับค่าพลังงานความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในโรงงานและประชาชนที่อยู่โดยรอบโรงงาน เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และการอพยพ โปรแกรมได้คาดคะเนระยะเวลาในการรั่วไหลในระหว่างเวลา 1 ชั่วโมง มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยที่ 129 กิโลกรัม

ต่อนาที โดยมีอัตราการรั่วไหลทั้งหมด 7,723 กิโลกรัมโดยพบผลการประเมินจากโปรแกรมอโลฮา ดังนี้



ภาพที่ 4.17 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการลุกไหม้ แบบการเกิดเปลวไฟพุ่ง

จากภาพที่ 4.17 พบว่า ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงาน ประชาชนและโครงสร้างอาคาร เมื่อเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด จะมีการแผ่รังสีความร้อนจากเปลวเพลิงของการเกิดเปลวไฟพุ่ง ซึ่งจะได้รับผลกระทบดังนี้

พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 15 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 21 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในบริเวณรัศมี 32 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

2.4.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมอโลฮาร่วมกับโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ แสดงดังภาพที่ 4.18

พื้นที่สีแดง มีค่าพลังงานความร้อน 10.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 15 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงาน

อยู่ในโรงงาน 2 และถนนด้านหลังโรงงานเล็กน้อย จะก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีส้ม มีค่าพลังงานความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 21 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 2 และถนนด้านหลังโรงงาน พื้นที่ในบริเวณนี้จะก่อให้เกิดความรุนแรงในระดับสอง ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที

พื้นที่สีเหลือง มีค่าพลังงานความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบภายในรัศมี 32 เมตร จากแหล่งกำเนิด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 2 ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงานเล็กน้อย จะก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

ในกรณีการระเบิดในรูปแบบของการแผ่รังสีความร้อนจากการรั่วไหลของก๊าซโพรเพนในลักษณะการเกิดเปลวไฟพุ่ง ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างและมีความรุนแรง ที่สำคัญเป็นการระเบิดและลุกไหม้ที่เกิดขึ้นได้ในทันที ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น ต้องเข้าช่วยเหลือและนำผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่ โดยพื้นที่ปลอดภัยฝั่งหน้าโรงงาน คือ พื้นที่บริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 2 และโรงอาหาร ส่วนบริเวณถนนด้านหลังโรงงานควรปิดกั้นถนนทางเดินรถเพื่อป้องกันและให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่สัญจรผ่านไปมา ประชาชนสามารถอพยพออกไปยังร้านค้าบริเวณใกล้เคียงได้ เนื่องจากมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย

ภาพที่ 4.18 ระยะทางการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน ขณะมีการรั่วไหลโดยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

3. สรุปผลการประเมินรัศมีการแพร่กระจาย

การเปรียบเทียบผลกระทบจากการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากเหตุการณ์จำลองทั้ง 2 กรณี เพื่อวิเคราะห์ความรุนแรงของแต่ละกรณี โดยใช้โปรแกรมอโลฮา คำนวณรัศมีที่ได้รับผลกระทบและแปลผลออกมาในรูปภาพ ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบสรุปผล ดังนี้

3.1 พื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากถัง

การรั่วไหลจากถังของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน รวมถึงการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวตามสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการกระจายของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากถัง

ลักษณะการเกิด	หน่วยแสดงความเป็นอันตราย	พื้นที่เกิดอันตราย		
		สีแดง	สีส้ม	สีเหลือง
		หน่วย : เมตร		
การเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ	ppm	89	135	277
การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ	LEL	119	164	513
การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ	psi	-	124	173
การเกิดเปลวไฟพุ่ง	kW (sq m)	104	150	230
การเกิดลูกไฟและการระเบิด	kW (sq m)	189	267	415

พื้นที่สีแดง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การระเบิดและการเกิดลูกไฟ ส่งผลกระทบในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิด พื้นที่สีส้ม เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การระเบิดและการเกิดลูกไฟ ส่งผลกระทบในรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิด และพื้นที่สีเหลือง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ ส่งผลกระทบในรัศมี 513 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ดังนั้นเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ

3.2 การเปรียบเทียบพื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากท่อ

การรั่วไหลจากท่อของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและการแพร่กระจายของก๊าซโพรเพน รวมถึงการระเบิดของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวตามสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการกระจายของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พื้นที่ได้รับผลกระทบ กรณีการรั่วไหลจากท่อ

ลักษณะการเกิด	หน่วยแสดงความเป็นอันตราย	พื้นที่เกิดอันตราย		
		สีแดง	สีส้ม	สีเหลือง
		หน่วย : เมตร		
การเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ	ppm	20	33	66
การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ	LEL	28	41	135
การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ	psi	-	26	40
การเกิดเปลวไฟพุ่ง	kW (sq m)	15	21	32

พื้นที่สีแดง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (100% LEL) ในรัศมี 28 เมตร จากแหล่งกำเนิด พื้นที่สีส้ม เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (60% LEL) ในรัศมี 41 เมตร จากแหล่งกำเนิด และพื้นที่สีเหลือง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (10% LEL) ในรัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ดังนั้นเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

3.3 รัศมีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ (Toxic Area of Vapor Cloud)

เพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่แพร่กระจายในระยะต่าง ๆ และประเมินความเป็นพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บริเวณรอบโรงงาน โดยการประเมินความเป็นพิษต่อสุขภาพใช้ค่า AEGL (ความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัสได้)

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษ ของก๊าซโพรเพน ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการกระจายของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ

กรณีการเกิด	การแพร่กระจายของกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ			จำนวนที่มีการรั่วไหลทั้งหมด
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	
	33,000 ppm	17,000 ppm	5,500 ppm	
	หน่วย : เมตร			กิโลกรัม
กรณีการรั่วไหลจากถัง	89	135	277	3,100
กรณีการรั่วไหลจากท่อ	20	33	66	7,723
ช่วงที่ได้รับผลกระทบ	0-89	33-135	66-277	-

ค่า AEGL-3 ในพื้นที่สีแดง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 89 เมตร จากแหล่งกำเนิด และเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-89 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากไอระเหยของก๊าซพิษจะส่งผลอันตรายต่อร่างกายร้ายแรง

ค่า AEGL-2 ในพื้นที่สีส้ม เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 135 เมตร จากแหล่งกำเนิด และเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบกลุ่มหมอกไอระเหยของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 33-135 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากไอระเหยของก๊าซโพรเพนจะส่งผลอันตรายต่อร่างกายปานกลาง

ค่า AEGL-1 ในพื้นที่สีเหลือง เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 277 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบกลุ่มหมอกไอระเหยของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 66-277 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในบริเวณพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากไอระเหยของก๊าซพิษจะส่งผลอันตรายต่อร่างกาย

3.4 รัศมีการลุกติดไฟของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการกระจายของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รัศมีการลุกติดไฟของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

กรณีการเกิด	การแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ			จำนวนที่มีการรั่วไหลทั้งหมด
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	
	100% LEL	60% LEL	10% LEL	
	หน่วย : เมตร			กิโลกรัม
กรณีการรั่วไหลจากถัง	164	119	513	3,100
กรณีการรั่วไหลจากท่อ	41	28	135	7,723
ช่วงที่ได้รับผลกระทบ	0-164	28-119	135-513	-

การเกิดเหตุการณ์รั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน ในพื้นที่สีแดง พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศ เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่สามารถลุกติดไฟของ 100% LEL คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 164 เมตร จากแหล่งกำเนิด และเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-164 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่เกิดเหตุ ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนติดไฟได้

พื้นที่สีส้ม พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศจะเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟสูงสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่ 60% LEL คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 119 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 28-119 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่เกิดเหตุ ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเพนติดไฟได้

พื้นที่สีเหลือง พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศจะเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่ 10% LEL กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 513 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 135-513 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่เกิดเหตุ ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนติดไฟได้

ดังนั้นการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว การลุกติดไฟ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ทำให้สามารถประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับโรงงาน พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และชุมชนบริเวณข้างเคียงที่อยู่ในรัศมีของการเกิดเหตุที่อาจจะได้รับอันตรายได้ และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังในการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

3.5 รัศมีแรงดันของการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ (Blast Area of Vapor Cloud Explosion)

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการกระจายแรงดันของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 รัศมีแรงดันของการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการระเบิด

กรณีการเกิด	การแพร่กระจายของการระเบิดกลุ่มหมอกก๊าซ			จำนวนที่มีการรั่วไหลทั้งหมด
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	
	8.0 psi	3.5 psi	1 psi	
	หน่วย : เมตร			กิโลกรัม
กรณีการรั่วไหลจากถัง	-	124	173	3,100
กรณีการรั่วไหลจากท่อ	-	26	40	7,723
ช่วงที่ได้รับผลกระทบ	-	0-124	40-173	-

การเกิดเหตุการณ์ที่มีการระเบิดของกลุ่มหมอก ของก๊าซโพรเพน ในพื้นที่สีแดง ระดับแรงดัน 8.0 psi พบว่า ไม่มีกรณีใดที่ก่อให้เกิดอันตรายในระดับนี้

พื้นที่สีส้ม ที่ระดับแรงดัน 3.5 psi ผลการประเมินรัศมีของแรงดันที่ส่งผลกระทบไปในระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 124 เมตร จากแหล่งกำเนิด และเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบการระเบิดของกลุ่มหมอกของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-124 เมตร จากแหล่งกำเนิด ให้พนักงานและประชาชนอพยพออกจากพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากเป็นอันตรายในระดับปานกลาง ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในบริเวณดังกล่าว ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการระเบิดได้

ในพื้นที่สีเหลือง ระดับแรงดัน 1 psi ผลการประเมินรัศมีของแรงดันที่ส่งผลกระทบไปในระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 173 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบการระเบิดของกลุ่มหมอก ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 40-173 เมตร จากแหล่งกำเนิด ให้พนักงานและประชาชนอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ซึ่งเป็นอันตรายเล็กน้อย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการระเบิดได้

ดังนั้นในกรณีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว แบบการระเบิดของกลุ่มหมอก ของก๊าซโพรเพน เหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบไปในรัศมีระยะไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ทำให้สามารถประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับโรงงาน พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และชุมชนบริเวณข้างเคียงที่อยู่ในรัศมีของการเกิดเหตุที่อาจจะได้รับอันตรายนั้นได้ และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังในการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

3.6 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง (Jet Fire)

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง

กรณีการเกิด	การแผ่รังสีความร้อนของการเกิดเปลวไฟพุ่ง			จำนวนที่มีการรั่วไหลทั้งหมด
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	
	10 kW (sq m)	5 kW (sq m)	2 kW (sq m)	
	หน่วย : เมตร			กิโลกรัม
กรณีการรั่วไหลจากถัง	104	150	230	3,100
กรณีการรั่วไหลจากท่อ	15	21	32	7,723
ช่วงที่ได้รับผลกระทบ	0-104	21-150	32-230	-

การเกิดเหตุการณ์เปลวไฟพุ่ง ของก๊าซโพรเพน ในพื้นที่สีแดง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการกระจายจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 104 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-104 เมตร จากแหล่งกำเนิด เนื่องจากเป็นอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิตและโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟและไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

พื้นที่สีส้ม ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการกระจายจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 150 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 21-150 เมตร จากแหล่งกำเนิด เนื่องจากเป็นอันตรายทำให้ได้รับบาดเจ็บเกิดแผลไหม้ ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

พื้นที่สีเหลือง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการกระจายจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 230 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 32-230 เมตร จาก

แหล่งกำเนิด เนื่องจากเป็นอันตรายทำให้ได้รับบาดเจ็บเป็นแผลพุพอง ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เนื่องจากอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

ดังนั้นการแพร่กระจายระดับพลังงานรังสีความร้อนของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง ของก๊าซโพรเพน ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบในรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ทำให้สามารถประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับโรงงาน พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และชุมชนบริเวณข้างเคียงที่อยู่ในรัศมีของการเกิดเหตุที่จะได้รับอันตรายนั้นได้และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังในการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

3.7 การแสดงรัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการระเบิด ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิด (BLEVE and Fireball)

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิด ซึ่งแสดงออกมาเป็นรัศมีการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซโพรเพน แสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 รัศมีการแผ่รังสีความร้อนและการระเบิด ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิด

กรณีการเกิด	การเกิดลูกไฟและการระเบิด			จำนวนที่มีการรั่วไหลทั้งหมด
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	
	10 kW (sq m)	5 kW (sq m)	2 kW (sq m)	
	หน่วย : เมตร			กิโลกรัม
กรณีการรั่วไหลจากถัง	189	267	415	3,100

การเกิดเหตุการณ์กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิดของก๊าซโพรเพน ซึ่งกรณีนี้ไม่มีการรั่วไหลจากท่อนำมาเปรียบเทียบ โดยมีสถานการณ์เกิดเหตุกรณีเดียว คือ การรั่วไหลจากถัง ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังนี้ ในพื้นที่สีแดง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมี 189 เมตร เนื่องจาก

เป็นอันตรายในร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิตและโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เพราะอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

ในพื้นที่สีส้ม ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิดเนื่องจากเป็นอันตรายทำให้ได้รับบาดเจ็บเกิดแผลไหม้ ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เพราะอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

ในพื้นที่สีเหลือง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินพลังงานรังสีความร้อนที่ส่งผลกระทบรัศมีที่ไกลที่สุด คือ กรณีการรั่วไหลจากถัง ส่งผลกระทบในรัศมี 415 เมตร จากแหล่งกำเนิดและเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมี 415 เมตร จากแหล่งกำเนิดเนื่องจากเป็นอันตรายทำให้ได้รับบาดเจ็บเป็นแผลพุพอง ภายใน 60 วินาที ให้พนักงานอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ และไม่ให้เกิดการสัมผัสกับประกายไฟ เพราะอาจทำให้ก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้

ดังนั้นการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีการเกิดลูกไฟและการระเบิด ของก๊าซโพรเพน สามารถประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับโรงงาน พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และชุมชนบริเวณข้างเคียงที่อยู่ในรัศมีของการเกิดเหตุที่จะได้รับอันตรายนั้นได้ และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังในการทำงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

4. สรุปผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิด

จากการประเมินผลการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซ**ปิโตรเลียมเหลว** จากการรั่วไหลของแท็งค์กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตท่อโลหะและอุปกรณ์ต่อเนื่อง ในจังหวัดสมุทรปราการ ด้วยโปรแกรมอโลฮา โดยการจำลองเหตุการณ์ 2 กรณี ได้แก่ การรั่วไหลจากถัง และการรั่วไหลจากท่อ จากผลการประเมินของโปรแกรมอโลฮา

ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปผลการศึกษาของการเกิดเหตุของทั้ง 2 กรณี รวมกัน โดยเป็นผลกระทบที่อาจก่อให้เกิดอันตรายในระยะทางและรัศมีที่แพร่กระจายไปได้ไกลที่สุด แสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุประยะทางรัศมีที่ก่อให้เกิดผลกระทบจากการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ของทั้ง 2 กรณี

ผลกระทบ	ระยะทางที่ได้รับผลกระทบ (เมตร)			
	พื้นที่สีแดง	พื้นที่สีส้ม	พื้นที่สีเหลือง	พื้นที่เฝ้าระวัง
1) การเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ	0-89	33-135	66-277	0-277
2) การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ	0-119	41-164	135-513	0-513
3) การเกิดระเบิด	-	0-124	40-173	0-173
4) การเกิดเปลวไฟพุ่ง	0-104	21-150	32-230	0-230
5) การเกิดลูกไฟและการระเบิด	0-189	267	415	0-415
สรุประยะทางของผลกระทบ	0-189	0-267	32-513	0-513

4.1 การเกิดกลุ่มหมอกไอระเหยสารพิษ (Toxic Area of Vapor Cloud)

ค่าความเป็นพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่และประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บริเวณรอบโรงงาน คือ ค่า AEGL (ความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัสได้)

ค่า AEGL-3 (ความเข้มข้นมากกว่า 33,000 ppm) ในพื้นที่สีแดง ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 0-89 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ค่า AEGL-2 (ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm) ในพื้นที่สีส้ม ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 33-135 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ค่า AEGL-1 (ความเข้มข้นมากกว่า 55,00 ppm) ในพื้นที่สีเหลือง ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 66-277 เมตร จากแหล่งกำเนิด

เมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังกักเก็บ แบบกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-277 เมตร จากแหล่งกำเนิด ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในรัศมีที่เกิดเหตุ เนื่องจากไอระเหยของก๊าซพิษจะส่งผลอันตรายต่อร่างกาย

พื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ พนักงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่โรงงาน 1-2 ลานจอดรถหน้าโรงงาน 2 โรงอาหาร โรงงานข้างเคียง บ้านเรือนประชาชนบริเวณหน้าโรงงาน

ผลกระทบต่อพนักงานและประชนชนในระยะ 20-89 เมตร ที่อาจจะเกิดขึ้น คือ เกิดอาการเหนื่อยล้าผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน ทำให้เกิดอาการชัก ระบบทางเดินหายใน้ล้มเหลว เป็นอันตรายต่อสุขภาพ จนถึงขั้นทำให้เสียชีวิตได้ ผลกระทบในระยะ 33-135 เมตร คือ ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย โดยมีอาการระคายเคือง ซึ่งหากได้รับเป็นเวลานานอาจทำให้ระบบกล้ามเนื้อผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน อาจอาเจียนและหมดสติได้ และผลกระทบในระยะ 66-277 เมตร จะทำให้เกิดความไม่สบาย มีอาการมึนคงเล็กน้อยหลังการสัมผัส หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ เป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น

พื้นที่ปลอดภัยที่พนักงานและประชาชนสามารถอพยพไปได้ คือ พนักงานในโรงงานสามารถอพยพไปยังบริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 1 และโรงงานข้างเคียงฝั่งซ้าย ส่วนประชาชนสามารถอพยพมายังบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพรายได้ ซึ่งอยู่นอกเขตอันตรายพื้นที่สีเหลืองไม่ได้รับผลกระทบจากไอระเหยของสารพิษ หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันทีความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังต่อไป

4.2 การเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud)

ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศจะเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่สามารถลุกติดไฟได้ ซึ่งจะพิจารณาจากความสามารถในการลุกติดไฟต่ำสุด ดังนี้

ค่าความเข้มข้น 100% LEL (ค่าความเข้มข้นมากกว่า 21,000 ppm) ในพื้นที่สีแดงก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 0-119 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ค่าความเข้มข้น 60% LEL (ค่าความเข้มข้นมากกว่า 12,600 ppm) ในพื้นที่สีส้มก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 41-164 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ค่าความเข้มข้น 10% LEL (ค่าความเข้มข้นมากกว่า 2,100 ppm) ในพื้นที่สีเหลืองก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 135-513 เมตร จากแหล่งกำเนิด

เมื่อเกิดหตุการณ์ กรณีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว การลุกติดไฟ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-513 เมตร จากแหล่งกำเนิด เนื่องจากการเผาไหม้ส่งผลให้ควันกระจายไปอย่างรวดเร็วและเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องควบคุมไม่ให้พื้นที่ในรัศมีดังกล่าวมีเปลวไฟ แหล่งกำเนิดที่ก่อเกิดประกายไฟ หรือเกิดการสัมผัสกับประกายไฟขึ้น ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนที่มีค่าระหว่าง 21,000 – 2,100 ppm ในบรรยากาศ ที่จะสามารถเกิดการติดไฟได้

พื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ พื้นที่โรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงฝั่งขวา โรงอาหาร พื้นที่ลานจอดรถทั้งหมด ถนนปู่เจ้าสมิงพราย บ้านเรือนประชาชนที่อยู่บริเวณหน้าโรงงาน บ้านเรือนประชาชนที่อยู่บริเวณฝั่งตรงข้ามโรงงาน โรงงานฝั่งตรงข้ามและปั๊มน้ำมัน

พื้นที่ปลอดภัยที่พนักงานและประชาชนสามารถอพยพไปได้ คือ เบื้องต้นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบทั้งหมดจะต้องหยุดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประกายไฟและต้องอพยพออกไปนอกพื้นที่จากรัศมีอันตรายไปยังพื้นที่ปลอดภัย โดยพนักงานสามารถอพยพไปยังโรงงานข้างเคียงฝั่งซ้ายและประชาชนต้องอพยพไปยังบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพรายในพื้นที่นอกเขตแนวเส้นสีเหลือง ทั้งนี้ต้องทำการเฝ้าระวังหรือหยุดการสัญจรของรถบริเวณถนน เนื่องจากแนวพื้นที่สีเหลืองมีความอันตรายครอบคลุมพื้นที่ถนนปู่เจ้าสมิงพรายบางส่วน ซึ่งการติดเครื่องยนต์จากรถบริเวณถนนอาจก่อให้เกิดประกายไฟจากไอระเหยของสารเคมีที่ระเหยมาตามอากาศได้ หากเหตุการณ์เกิดขึ้นทันที ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังต่อไป

4.3 การเกิดระเบิด (Blast Area of Vapor Cloud Explosion)

ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศจะเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอก ซึ่งพิจารณาการระเบิดโดยการวิเคราะห์จากแรงดันที่เกิดขึ้นจริง ดังนี้

ระดับแรงดัน 8 psi ในพื้นที่สีแดง พบว่า ไม่มีกรณีที่ก่อให้เกิดอันตรายในระดับนี้

ระดับแรงดัน 3.5 psi ในพื้นที่สีส้ม ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 0-124 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ระดับแรงดัน 1 psi ในพื้นที่สีเหลือง ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 40-173เมตร จากแหล่งกำเนิด

เมื่อเกิดหตุการณ์ การระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซ ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-173 เมตร จากแหล่งกำเนิด จำเป็นต้องควบคุมพื้นที่ไม่ให้บริเวณในรัศมีดังกล่าวมีเปลวไฟและความร้อนขึ้น เมื่อแรงดันที่มากขึ้นสัมผัสกับความร้อนและอากาศที่เพียงพอ จะก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นในที่สุด

พื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ บริเวณพื้นที่โรงงาน 1-2 ลานจอดรถหน้าโรงงาน 2 โรงอาหาร โรงงานข้างเคียงทั้ง 2 ฝั่ง บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงานและถนนด้านหลังโรงงาน

ผลกระทบต่อพนักงานและประชนชนในรัศมี 0-124 เมตร คือ จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรงขึ้น และผลกระทบในรัศมี 40-173 เมตร คือ ทำให้แก้วหรือกระจกเกิดการแตกละเอียดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้

พื้นที่ปลอดภัยที่พนักงานและประชาชนสามารถอพยพไปได้ คือ พนักงานสามารถอพยพไปยังบริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 1 และประชาชนต้องอพยพออกมายังถนนนอกเขตพื้นที่สีเหลือง รอการช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ หากเหตุการณ์อันตรายเกิดขึ้นทันทีทันใด ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ต้องมีการดำเนินการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบขึ้นในภายหลังต่อไป

4.4 การเกิดเปลวไฟพุ่ง (Jet Fire)

ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศ ซึ่งพิจารณาจากการแผ่รังสีร้อนเปลวเพลิงของการลุกไหม้ ไปยังบริเวณโดยรอบแหล่งกำเนิด ดังนี้

ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในพื้นที่สีแดง ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมีตั้งแต่ 0-104 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในพื้นที่สีส้ม ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมีตั้งแต่ 21-150 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ในพื้นที่สีเหลือง ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมีตั้งแต่ 32-230 เมตร จากแหล่งกำเนิด

เมื่อเกิดหตุการณ์ การเกิดเปลวไฟพุ่ง ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-230 เมตร จากแหล่งกำเนิด ส่งผลให้เกิดผลกระทบขึ้นภายใน 60 วินาที ให้อพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตรายให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ เพื่อไม่ให้เกิดเปลวไฟเพิ่มมากขึ้นจากเดิม

พื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งซ้าย ขวาและด้านหลัง บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้าโรงงานและโรงเรียน

ผลกระทบต่อพนักงานและประชนชนในกลุ่มนี้ มีดังนี้ ผลกระทบในรัศมี 0-104 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที ผลกระทบในรัศมี 21-150 เมตร จากแหล่งกำเนิด ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองใสขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมาเป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที และผลกระทบในรัศมี 32-230 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น ต้องมีการเข้าช่วยเหลือและนำผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่ โดยพื้นที่ปลอดภัยฝั่งหน้าโรงงาน คือ พื้นที่บริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 1 ส่วนด้านหลังโรงงานเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหนักมาก ควรย้ายผู้ประสบเหตุออกมาบริเวณถนนนอกแนวเขต

พื้นที่สีเหลืองให้หมด และรีบนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด ทั้งนี้ต้องทำการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบต่อไป

4.5 การเกิดลูกไฟและการระเบิด (BLEVE and Fireball)

ค่าความเข้มข้นของก๊าซโพรเพนในบรรยากาศจะเกิดรัศมีการแพร่รังสีความร้อนกระจายไปยังบริเวณโดยรอบแหล่งกำเนิด ดังนี้

พื้นที่สีแดง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิด

พื้นที่สีส้ม ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมีตั้งแต่ 267 เมตร จากแหล่งกำเนิด

พื้นที่สีเหลือง ระดับพลังงานรังสีความร้อนที่ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบในรัศมีตั้งแต่ 415 เมตร จากแหล่งกำเนิด

เมื่อเกิดหตุการณ์ การเกิดลูกไฟและการระเบิด ของก๊าซโพรเพน ต้องทำการควบคุมพื้นที่ในช่วงระยะรัศมีตั้งแต่ 0-415 เมตร จากแหล่งกำเนิด ส่งผลให้เกิดผลกระทบขึ้นภายใน 60 วินาที ให้อพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุ ไม่ให้พนักงานและประชาชนอยู่ในพื้นที่อันตราย ให้หยุดการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับประกายไฟ เพื่อไม่ให้เกิดเปลวไฟและการระเบิดเพิ่มมากขึ้น

พื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งซ้ายและขวา โรงงานด้านหน้าและด้านหลัง บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 1-2 โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้าโรงงาน โรงเรียน ถนนปู่เจ้าสมิงพราย บ้านเรือนประชาชนฝั่งด้านหน้าตรงข้ามกับโรงงาน และสถานที่ราชการอื่น ๆ อีกหลายแห่ง

ผลกระทบต่อพนักงานและประชนชนในรัศมี 189 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงมากถึงขั้นเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที ผลกระทบในรัศมี 267 เมตร จากแหล่งกำเนิด ทำให้ผิวหนังเกิดตุ่มพองใสขึ้นและหากแตกจะมีน้ำใสออกมา เป็นการทำลายชั้นหนังกำพร้าได้ภายใน 60 วินาที และผลกระทบในรัศมี 415 เมตร จากแหล่งกำเนิด ก่อให้เกิดความรุนแรงทำให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนได้ภายใน 60 วินาที

ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น ต้องมีการเข้าช่วยเหลือและนำผู้บาดเจ็บออกจากพื้นที่ ซึ่งไม่มีพื้นที่ปลอดภัยบริเวณใกล้โรงงาน เนื่องจากผลกระทบแพร่กระจายไปเป็นบริเวณกว้างมาก ดังนั้น ควรย้ายผู้ประสบเหตุออกไปยังสถานีตำรวจสำโรงใต้และโรงพยาบาลสำโรง ทั้งนี้ต้องทำการฟื้นฟูและบรรเทาผลกระทบต่อไป

4.6 สรุประยะทางของผลกระทบ

จากผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมด 5 รูปแบบ สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่อันตรายสีแดง มีพื้นที่เฝ้าระวังการเกิดอันตรายจากแหล่งกำเนิดเป็นระยะทาง 189 เมตร พื้นที่อันตรายสีส้ม มีพื้นที่เฝ้าระวังการเกิดอันตรายตั้งแต่ 189-267 เมตร พื้นที่อันตรายสีเหลือง มีพื้นที่เฝ้าระวังการเกิดอันตรายตั้งแต่ 267-513 เมตร ดังนั้น พื้นที่เฝ้าระวังการเกิดอันตรายทั้งหมดจากแหล่งกำเนิดเป็นระยะทาง 513 เมตร ซึ่งต้องทำการเตรียมพร้อมต่อเหตุฉุกเฉินที่จะเกิดขึ้น ให้ครบคลุมพื้นที่ที่จะเกิดผลกระทบทั้งหมด

สรุปพื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในโรงงาน 1-2 โรงงานข้างเคียงทั้งซ้ายและขวา โรงงานด้านหน้าและด้านหลัง บริเวณลานจอดรถด้านหน้าโรงงาน 1-2 โรงอาหาร ถนนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหลังโรงงาน บ้านเรือนประชาชนด้านหน้าโรงงาน โรงเรียน ถนนปู่เจ้าสมิงพราย บ้านเรือนประชาชนฝั่งด้านหน้าตรงข้ามกับโรงงาน และสถานที่ราชการอื่น ๆ อีกหลายแห่ง ส่วนการอพยพกรณีเกิดเหตุการณ์อันตราย ให้พิจารณาตามระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ที่ได้สรุปไว้ตามกรณีต่าง ๆ และนำผลที่ได้นั้นไปวางแผนจัดทำแผนฉุกเฉินในการอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัย

แม้ว่าจะใช้ข้อมูลด้านพื้นที่ ข้อมูลสารเคมี ข้อมูลสภาพอากาศที่เหมือนกัน แต่หากสมมติฐานที่กำหนดไว้มีความแตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อทิศทางการรั่วไหล ขอบเขต ระยะของผลกระทบและความรุนแรงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปตามสมมติฐานที่เราตั้งไว้

บทที่ 5
การจัดทำแผนการควบคุมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน

จากการประเมินความรุนแรงของสถานการณ์จำลองทั้ง 2 กรณี ทางโรงงาน ควรมีการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อเป็นการศึกษาความเสี่ยงและหาแนวทางป้องกันในเบื้องต้น เพื่อให้คุณภาพชีวิตของพนักงาน และทรัพย์สินของโรงงานมีความปลอดภัยจากเหตุฉุกเฉิน กรณีที่เกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด ให้ผู้พบเห็นและผู้ที่เกี่ยวข้องทำการแจ้งต่อแผนกความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทันที ดังนั้นเพื่อเป็นการลดผลกระทบของเหตุการณ์อันตราย จึงได้นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินมาจัดทำแผนป้องกันและลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน กรณีเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

การจัดทำแผนการควบคุมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน กรณีการรั่วไหล การลุกติดไฟและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสอดคล้อง จึงได้กำหนดไว้ 8 แผนหลัก ซึ่งเป็นแผนดำเนินการป้องกันก่อนเกิเหตุจนถึงแผนการบรรเทาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและฟื้นฟูผลกระทบหลังเกิดภาวะฉุกเฉิน มีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละแผนงานดังนี้

1. สถานการณ์ก่อนเกิดเหตุ ประกอบด้วยแผนหลัก 4 แผนดังนี้
   - 1.1 แผนการป้องกัน
   - 1.2 แผนการรณรงค์
   - 1.3 แผนการอบรม
   - 1.4 แผนการตรวจตรา
2. สถานการณ์ขณะเกิดเหตุ ประกอบด้วยแผนหลัก 2 แผนดังนี้
   - 2.1 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินและระงับอัคคีภัย
   - 2.2 แผนการอพยพหนีไฟ
3. สถานการณ์หลังเกิดเหตุ ประกอบด้วยแผนหลัก 2 แผนดังนี้
   - 3.1 แผนการบรรเทาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม
   - 3.2 แผนการปฏิรูปฟื้นฟูผลกระทบหลังเกิดภาวะฉุกเฉิน

1. สถานการณ์ก่อนเกิดเหตุ

สถานการณ์ก่อนเกิดเหตุ เป็นแผนการดำเนินงานเพื่อดูแล ป้องกันและควบคุมไม่ให้มีเหตุการณ์อันตรายเกิดขึ้น โดยประกอบด้วยแผนหลักจำนวน 4 แผน ดังนี้

1.1 แผนการป้องกัน

1) จัดให้มีการประเมินความเสี่ยงในพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและในขณะการใช้งาน

2) จัดให้มีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กรณีใช้งานและการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

3) ศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีผลต่อพนักงาน

4) จัดให้มีการฝึกซ้อมตามแผนฯอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือตามความเหมาะสมของสถานการณ์

5) ให้ติดประกาศสัญลักษณ์เตือนอันตรายและเครื่องหมายเกี่ยวกับ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

6) ให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานและสถานที่เก็บรักษาสารเคมีอันตรายอย่างน้อยปีละ 1ครั้ง

7) จัดทำเอกสารความปลอดภัยของสารเคมีและสื่อสารให้พนักงานเข้าใจ

8) ผิวภายนอกของถังเก็บและจ่ายก๊าซฯแบบเหนือพื้นดิน ต้องทาสีรองพื้นกันสนิม ไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง ทาทับด้วยสีลดความร้อนจากภายนอกไม่น้อยกว่า 2 ครั้งและต้องทาทับด้วยวัสดุป้องกันการผุกร่อนและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ

9) ตัวถังเก็บและจ่ายก๊าซ ต้องยึดแน่นกับฐานของถังและฐานของถังต้องยึดแน่นกับเสารับซึ่งวางบนฐานราก ในลักษณะที่ไม่อาจเคลื่อนหรือลอยตัวได้ และเสารับและฐานรากต้องมีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของถังและน้ำหนักของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในอัตราสูงสุดที่บรรจุอยู่ในถังนั้น รวมทั้งน้ำหนักอื่น ๆ ที่อาจกระทำต่อเสารับหรือฐานรากนั้น

10) ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องมีข้อต่อที่จะติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

ก. ท่อรับและท่อจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ข. ท่อสำหรับระบายของเหลวออก

ค. เครื่องวัดความดัน

ง. เครื่องวัดระดับก๊าซปิโตรเลียมเหลว

จ. กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย ฝาครอบหรือกำบังอุปกรณ์

11) ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องมีแผ่นป้ายทำด้วยโลหะติดแน่นไว้ที่ถัง มองเห็นได้ชัดเจน ดังนี้

ก. มาตรฐานและหมายเลขมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

ข. ชื่อ ตรา หรือเครื่องหมายการค้าของผู้ผลิตหรือสร้าง

ค. ชื่อหรือตราของผู้ทดสอบและตรวจสอบ

ง. วัน เดือน ปี ที่ผลิตหรือสร้าง

จ. ความดันใช้งาน ความดันสูงสุดและอุณหภูมิปลอดภัยสูงสุดและต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ

ฉ. ความจุสุทธิ

ช. น้ำหนักของถังและส่วนประกอบที่ติดอยู่กับถัง

ซ. ชนิดและปริมาณของก๊าซที่จะบรรจุได้

ฌ. หมายเลขประจำถังตามหนังสือรับรอง วัน เดือน ปี ที่ผลิตหรือสร้าง

12) ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ผ่านการทดสอบและตรวจสอบครบทุก 5 ปี สำหรับถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว จัดทำหนังสือรับรองยื่นผลการทดสอบและตรวจสอบ

13) ก่อนการใช้งานต้องทดสอบระบบท่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวด้วยความดันไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า รักษาความดันคงที่ไว้ 30 นาที มีการทดสอบและตรวจสอบทุก ๆ 5 ปี

14) การต่ออายุใบอนุญาตประกอบกิจการก๊าซปิโตรเลียมเหลวประจำปี ผู้ประกอบกิจการต้องจัดให้มีการตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว แบบเหนือพื้นดิน โดยผู้ทดสอบที่มีความรู้ความสามารถตามที่กฎหมายกำหนด

15) บริเวณพื้นที่ใต้ถังเก็บและจ่ายก๊าซ ต้องไม่ต่ำกว่าระดับพื้นภายนอก ให้ลาดต่ำลงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ต้องเป็นพื้นคอนกรีต ไม่มีร่อง บ่อ ภายในรัศมี 3.00 เมตร

16) บริเวณที่ตั้งถัง ต้องมีรั้วโปร่งทำด้วยวัสดุทนไฟสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร ล้อมรอบถังเก็บและจ่ายก๊าซฯ และที่รั้วต้องมีทางเข้าออกอย่างน้อย 2 ทาง กว้างไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร มีระยะห่างไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร ทางเข้าออกต้องเป็นประตูโปร่งที่เปิดออกด้านนอก มีกุญแจที่สามารถเปิดออกจากภายในได้ ปิดประตูตลอดเวลาที่ไม่มีการปฏิบัติงาน

17) หัวท่อรับก๊าซฯ ที่ไปสู่ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องอยู่ภายในบริเวณรั้วโปร่ง

18) ห้ามเก็บวัสดุใด ๆ ในรั้วโปร่งหรือภายในกำแพงกันไฟซึ่งใช้แทนรั้วโปร่ง

19) ประตูทางเข้ารั้วโปร่งให้มีป้ายที่มีข้อความ “อันตราย ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามก่อประกายไฟ ห้ามบุคคลภายนอกเข้า ห้ามใช้โทรศัพท์มือถือ” เขียนด้วยตัวอักษรสีแดงบนพื้นสีขาว มีขนาดที่เห็นได้ชัดเจนและอ่านง่าย ตัวอักษรสูงไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร

20) รั้วโปร่งด้านใดที่ยานพาหนะขับเข้าไปชน จัดให้มีเสาท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร นอกแนวรั้วโปร่งลึกไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร อยู่ห่างไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร เสาแต่ละต้นสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 1.10 เมตร ไม่เกิน 1.20 เมตร มีระยะห่างระหว่างเสาไม่เกิน 1.20 เมตร

21) ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย มีดังต่อไปนี้

ก. ติดตั้งเครื่องดับเพลิงผงเคมีแห้ง หรือชนิดอื่นที่ไม่ใช่เครื่องดับเพลิงชนิดฟองก๊าซ ขนาดไม่น้อยกว่า 6.8 กิโลกรัม มีความสามารถในการดับเพลิงไม่น้อยกว่า 10BC มาตรฐาน NFPA 58 ต่อพื้นที่ใต้ถังเก็บและจ่ายก๊าซ 50 ตารางเมตร

ข. ต้องติดตั้งท่อน้ำประปาสำหรับหรับดับเพลิงสองหัวเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 62.5 มม. หรือเท่ากับขนาดของท่อน้ำประปาสำหรับหรับดับเพลิง ต้องมีเครื่องสูบน้ำสำหรับหรับสูบน้ำดับเพลิง ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 19 มม. ยาวพอที่จะฉีดน้ำคลุมพื้นที่

22) การเดินสายไฟฟ้าในบริเวณอันตรายประเภทที่ 1 หรือ 2 ต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

ก. ต้องเดินสายไฟฟ้าด้วยระบบท่อร้อยสายไฟฟ้าและต้องเป็นท่อโลหะอย่างหนา หรือปานกลางชนิดต่อด้วยเกลียวท่อโลหะร้อยสายไฟฟ้า ต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข. กล่อง เครื่องประกอบการเดินท่อ ท่ออ่อน และข้อต่อ ต้องเป็นชนิดที่มีเกลียวในสำหรับต่อเข้ากับท่อร้อยสายไฟฟ้าและต้องเป็นชนิดทนการระเบิด

ค. ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ต่อกับกล่องหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือมีอุณหภูมิสูงต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึกในตำแหน่งใกล้กับกล่องหุ้มมากที่สุด ต้องห่างจากกล่องหุ้มไม่เกิน 0.46 เมตร

ง. ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่วางจากบริเวณอันตรายไปยังบริเวณไม่อันตราย ต้องติดตั้งข้อต่อ ปิดผนึกไว้ที่ตำแหน่งสุดเขตของบริเวณอันตราย

จ. ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่วางจากบริเวณอันตรายและไม่มีรอยต่อใด ๆ ในบริเวณอันตราย รวมถึงในระยะ 0.30 เมตร จากเขตอันตรายออกไปทั้งสองข้าง ไม่ต้องติดตั้งข้อต่อปิดผนึก ก็ได้ ถ้าปลายทั้งสองข้างของท่อดังกล่าวอยู่ในบริเวณไม่อันตราย

ฉ. ข้อต่อปิดผนึก ติดตั้งที่เข้าถึงโดยสะดวก สารปิดผนึกต้องป้องกันการรั่วไหลของไอก๊าซที่ข้อต่อปิดผนึกได้ ทนต่อสภาวะแวดล้อมและมีจุดหลอมเหลวไม่ต่ำกว่า 93 องศาเซลเซียส

ช. การใส่สารปิดผนึกลงในข้อต่อปิดผนึกต้องไม่น้อยกว่าขนาดระบุของท่อร้อยสายไฟฟ้า สารปิดผนึกต้องหนาไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตร และห้ามต่อสายภายในข้อต่อปิดผนึก และห้ามใช้สารปิดผนึกหุ้มขั้วต่อสายหรือขั้วต่อแยกสาย

23) อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งในบริเวณอันตรายประเภทที่ 3 ต้องมีกล่องหุ้มมิดชิด และอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า ต้องมีตะแกรงเหล็กป้องกัน

24) ติดตั้งเครื่องส่งเสียงก๊าซรั่วไว้ที่บริเวณถังเก็บและจ่ายอย่างน้อยจุดละ 1 เครื่อง

25) สถานที่ใช้ลักษณะที่สาม ต้องมีพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง มีป้ายชื่อติดไว้เห็นได้ชัดเจน

26) มีแผนผังและรูปแบบของสถานที่ใช้ แสดงรายละเอียดอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

ก. แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ใช้ โดยรอบ ภายในระยะไม่น้อยกว่า 50.00 เมตร

ข. แผนผังแสดงแนวเขตที่ดิน แนวเขตของสถานที่ใช้ ถังเก็บและจ่ายก๊าซ ระบบและอุปกรณ์ แนวท่อ หัวท่อรับ-จ่าย เครื่องสูบน้ำดับเพลิง ที่เก็บน้ำ อาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะ แผนผังใช้มาตราส่วนไม่เล็กกว่า 1 ใน 250

ค. แบบระบบท่อก๊าซและอุปกรณ์ แสดงรายละเอียด หัวท่อรับและจ่ายก๊าซ ขนาดและชนิดของท่อและอุปกรณ์ ฐานรองรับท่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ง. แบบระบบท่อน้ำดับเพลิง แสดงรายละเอียด หัวท่อน้ำดับเพลิง ขนาดท่อ อุปกรณ์ เครื่องสูบน้ำดับเพลิงระบุแรงดันและอัตราสูบน้ำ ฐานรองรับระบบท่อน้ำและเครื่องสูบน้ำ

จ. แบบก่อสร้างกำแพงกันไฟและรั้วโปร่ง ต้องแสดงรายละเอียด แปลนฐานราก รูปด้านและรูปตัด ส่วนต่าง ๆ ของกำแพงกันไฟ รั้วโปร่ง เสากันชนและประตูของรั้วโปร่ง

ฉ. แผนผังระบบไฟฟ้าตามกฎกระทรวงว่าด้วยระบบไฟฟ้าและระบบป้องกันอันตราย จากฟ้าผ่าของสถานที่ประกอบกิจการก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ช. คำนวณความแข็งแรงของเสารับถังเก็บจ่ายก๊าซ ระบบท่อ กำแพงกันไฟ สิ่งก่อสร้างอื่น

1.2 แผนการรณรงค์

1) ให้หน่วยงานความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมพนักงานแต่ละแผนกร่วมกันจัดบอร์ด โปสเตอร์ป้องกันอัคคีภัย

2) จัดหาอุปกรณ์เกี่ยวข้องกับเรื่องการป้องกันอัคคีภัยเพิ่มเติมตามความเหมาะสม

3) จัดกิจกรรมประกวด 5ส. เกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัย

1.3 แผนการอบรม

1.3.1 หลักสูตรการอบรม

1) หลักสูตรฝึกอบรมการป้องกันและระงับอัคคีภัยขั้นต้น สำหรับพนักงานทั่วไป ปีละ 1 ครั้ง

2) หลักสูตรฝึกอบรมการป้องกันและระงับอัคคีภัยขั้นสูง สำหรับทีมดับเพลิง ปีละ 1 ครั้ง

3) หลักสูตรฝึกอบรมผู้ควบคุมก๊าซปิโตรเลียมเหลว สำหรับพนักงานที่เป็นผู้ปฏิบัติงานประจำสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

4) ให้ความรู้เรื่องก๊าซฯและความปลอดภัยในการทำงาน สำหรับพนักงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่ มีการใช้งานก๊าซ

5) หลักสูตรฝึกอบรมการจัดการสารเคมีและการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน

1.3.2 การดำเนินการ

1) ภาคปฏิบัติ

ก. จัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานที่มีหน้าที่ควบคุมและระงับเหตุอันตรายตามหลักสูตร และทำการฝึกอบรมทบทวนอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ข. ฝึกปฏิบัติการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินและการควบคุมการหกรั่วไหล

2) ภาคทฤษฎี

ก. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ข. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารอันตราย

ค. ป้ายเตือนและฉลากที่ใช้ในการชี้บ่งสารเคมีอันตราย

ง. การบริหารจัดการความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมีอันตราย

จ. การใช้ข้อมูลความปลอดภัยทางสารเคมี (SDS) เพื่อการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย

ฉ. การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการทำงานสัมผัสกับสารเคมีอันตราย

ช. ข้อกำหนดในการขนย้ายและวิธีจัดเก็บสารอันตราย (ข้อกำหนดของสถานที่จัดเก็บ ลักษณะของอาคารที่จัดเก็บ วิธีการจัดเก็บแยกตามประเภทสารเคมี)

ซ. กรณีศึกษาต่าง ๆ ตอบคำถาม

1.4 แผนการตรวจตรา

วัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหกรั่วไหล การลุกติดไฟ และการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานประกอบการ และลดความเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัยในสภาพแวดล้อมการทำงาน โดยมีแผนการตรวจตราดังนี้

1.4.1 จุดตรวจตราที่ 1 บริเวณถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

1) ดูแล ตรวจสอบ ไม่ให้เกิดประกายไฟและความร้อนในบริเวณพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือในบริเวณโดยรอบ ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

2) ดูแล ตรวจสอบ ไม่ให้มีวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงเข้าไปเก็บในบริเวณพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือในบริเวณโดยรอบ ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

3) ดูแล ตรวจสอบ และปฏิบัติตามป้ายห้ามสูบบุหรี่ ในบริเวณพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือในบริเวณโดยรอบ ให้สูบบุหรี่ในสถานที่จัดไว้ให้เท่านั้น ดำเนินการตรวจสอบโดยพนักงานทุกคน

4) ดูแล ตรวจสอบ การขนถ่ายสินค้าหรือสิ่งของบริเวณพื้นที่กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือในบริเวณโดยรอบ โดยต้องดูแลระมัดระวังการกระแทกหรือการก่อให้เกิดอัคคีภัย ดำเนินการตรวจสอบโดยแผนกรับ-ส่งสินค้า

5) ตรวจตรา 5ส. ประจำเดือน ดำเนินการตรวจสอบโดยคณะกรรมการ ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม

1.4.2 จุดตรวจตราที่ 2 พื้นที่การทำงานที่มีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1) ดูแล ตรวจสอบ การปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนจะต้องห่างจากบริเวณที่มีสารไวไฟหรือวัตถุติดไฟง่าย อย่างน้อยในรัศมี 10 เมตร กรณีที่ไม่สามารถทำได้จะต้องจัดให้มีอุปกรณ์ดับเพลิงที่เหมาะสมกับงานชนิดนั้น ๆ ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

2) ดูแล ตรวจสอบท่อส่งก๊าซเข้ากระบวนการผลิตก่อนการเริ่มงานเสมอ ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

3) สำรวจพื้นที่บริเวณการทำงานก่อนเริ่มงานทุกครั้ง หากพบความผิดปกติให้ดำเนินการแก้ไขทันทีและแจ้งเรื่องต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

4) เจ้าของพื้นที่ หากพบความผิดปกติในพื้นที่การทำงานของตนเองในระหว่างการทำงาน ให้สั่งหยุดงานและดำเนินการแก้ไขให้เสร็จสิ้นและมีความเรียบร้อย ปลอดภัย จึงจะสามารถให้เริ่มงานใหม่ได้ และแจ้งเรื่องต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม ดำเนินการตรวจสอบโดยเจ้าของพื้นที่

1.4.3 จุดตรวจตราที่ 3 พื้นที่จัดเก็บอุปกรณ์ดับเพลิงและถังดับเพลิง

1) ดูแล ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ดับเพลิงและถังดับเพลิงให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม พร้อมให้งานอยู่ตลอดเวลา ดำเนินการตรวจสอบโดยแผนกความปลอดภัย

2) ดูและตรวจสอบระบบไฟฟ้า แสงสว่างให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อยและพร้อมใช้งาน ดำเนินการตรวจสอบโดยฝ่ายอาคารและสถานที่

3) ตรวจสอบความปลอดภัยเกี่ยวกับอัคคีภัยตามหัวข้อต่าง ๆ ดำเนินการตรวจสอบโดยแผนกความปลอดภัย

2. สถานการณ์ขณะเกิดเหตุ

สถานการณ์ขณะเกิดเหตุ เป็นสถานการณ์ที่เกิดเหตุการณ์อันตรายร้ายแรงขึ้นแล้ว ซึ่งจะต้องดำเนินการระงับเหตุฉุกเฉินให้กลับเข้าสู่สภาวะปกติ โดยมีแผนการดำเนินงาน ประกอบด้วยแผนหลัก 2 แผนดังนี้

2.1 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินและระงับอัคคีภัย

2.1.1 ช่วงเวลาในการแจ้งเหตุ

1) เวลาปกติ คือ ตั้งแต่เวลา 8:00 น. - 17:00 น. ให้แจ้งต่อหัวหน้างานและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ ให้ทราบโดยเร็วที่สุด

2) นอกเวลาทำการ คือ ตั้งแต่เวลา 17:00 น. - 8:00 น. ให้แจ้งต่อหัวหน้ากะและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ ให้ทราบโดยเร็วที่สุด ตามเบอร์โทรฉุกเฉิน

3) วันหยุด คือ วันหยุดทำการของโรงงานและวันหยุดนักขัตฤกษ์ ให้แจ้งต่อหัวหน้ากะหรือหัวหน้างานหรือเจ้าหน้าที่โรงงานประจำวันหยุดและแจ้งต่อเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ ให้ทราบโดยเร็วที่สุด ตามเบอร์โทรฉุกเฉิน

2.1.2 หน้าที่ความรับผิดชอบ

1) ผู้รับผิดชอบในตำแหน่งต่าง ๆ ของแผนระงับเหตุฉุกเฉินตามช่วงเวลา

(1) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ หัวหน้าแผนกหรือหน่วยงานประจำพื้นที่

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ หัวหน้าแผนกหรือหน่วยงานประจำพื้นที่

(2) ฝ่ายไฟฟ้า อาคาร สถานที่

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ผู้จัดการแผนกวิศวกรรมและโรงงาน

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ พนักงานประจำแผนกไฟฟ้าและโรงงาน

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ พนักงานประจำแผนกไฟฟ้าและโรงงาน

(3) ทีมดับเพลิงหรือทีมผจญเพลิง

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ทีมดับเพลิงของโรงงาน

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ ทีมดับเพลิงของโรงงาน (กรณีมีทีมดับเพลิงมาทำงาน) หัวหน้าแผนกหรือหน่วยงานประจำพื้นที่หรือใกล้เคียง

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ ทีมดับเพลิงของโรงงาน (กรณีมีทีมดับเพลิงมาทำงาน) หัวหน้าแผนกหรือหน่วยงานประจำพื้นที่หรือใกล้เคียง

(4) ทีมสื่อสาร (ศูนย์รวมข่าว การสื่อสารและขอความช่วยเหลือจากภายนอก

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ผู้จัดการแผนกฝ่ายทรัพยากรบุคคล หรือเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

(5) ทีมประสานงาน (กดสัญญาณเตือนภัยและทีมรักษาความปลอดภัย)

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ทีมประสานงานของโรงงานและเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

(6) ทีมค้นหาและช่วยชีวิต

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ทีมค้นหาและช่วยชีวิต และเจ้าหน้าที่พยาบาลวิชาชีพ

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

(7) ทีมเคลื่อนย้าย

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ หัวหน้าแผนกคลังสินค้า

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

(8) ทีมอพยพ

ก. ผู้รับผิดชอบในเวลาปกติ คือ ผู้นำธงอพยพหนีไฟประจำแผนกหรือประจำแต่ละพื้นที่

ข. ผู้รับผิดชอบนอกเวลาทำการ คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

ค. ผู้รับผิดชอบวันหยุด คือ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกหรือพนักงานในแผนก

2) หน้าที่ความรับผิดชอบตามตำแหน่งต่าง กรณีภาวะฉุกเฉิน

(1) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน

มีหน้าที่อำนวยการและสั่งการให้ใช้แผนปฏิบัติการควบคุมอัคคีภัย สั่งการให้พนักงานหยุดกิจกรรมการทำงานและปฏิบัติการช่วยดับไฟ เพื่อลดความรุนแรง สั่งการให้ติดต่อขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก และรายงานผลการเกิดอัคคีภัยต่อผู้บริหาร

(2) ฝ่ายไฟฟ้า อาคารและสถานที่

มีหน้าที่ประจำการ ณ ที่เกิดเหตุ รอคำสั่งตัดไฟ และหลังจากเหตุการณ์สงบมีหน้าที่เข้าสำรวจความเสียหายของโครงสร้างอาคารและดำเนินการปรับปรุง

(3) ทีมดับเพลิงหรือทีมผจญเพลิง

มีหน้าที่เข้าควบคุมเพลิงตามระดับภาวะฉุกเฉินที่ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินสั่งการ โดยรอรับคำสั่งจากหัวหน้าทีมดับเพลิงนำอุปกรณ์ดับเพลิงทุกชนิด เช่น สายส่งน้ำทุกขนาดที่โรงงานมี หัวฉีดน้ำดับเพลิง ชุดผจญเพลิง อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในการดับเพลิงเข้าผจญเพลิงตามคำสั่ง เพื่อทำการช่วยเหลือและป้องกันไม่ให้เกิดการลุกลาม ควบคุมการลุกไหม้ของไฟอยู่ในขอบเขตที่จำกัดและดับไฟได้ในที่สุด

กรณีที่มีพนักงานในทีมดับเพลิงลาออกหรือไม่สามารถปฏิบัติงานได้ โรงงานต้องจัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานคนอื่นและแต่งตั้งขึ้นแทน ภายใน 3 เดือน ติดประกาศทีมดับเพลิงประจำโรงงาน

(4) ทีมสื่อสาร (ศูนย์รวมข่าว การสื่อสารและขอความช่วยเหลือจากภายนอก

มีหน้าที่สื่อสารและประสานงาน แจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยบอกจุดตำแหน่งด้วยเสียงตามสาย คอยตามข่าวเพื่อแจ้งเป็นระยะจนเพลิงสงบจากฝ่ายปฏิบัติการ ติดต่อขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก ให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานแก่ผู้มาติดต่อที่อยู่ในบริเวณจุดรับแขก

(5) ทีมประสานงาน (กดสัญญาณเตือนภัยและทีมรักษาความปลอดภัย)

มีหน้าที่คอยรับคำสั่งให้กดสัญญาณแจ้งเหตุฉุกเฉิน ปิดกั้นพื้นที่ป้องกันบุคคลภายนอกเข้ามาในจุดเกิดเหตุ ควบคุมป้องกันทรัพย์สินโรงงานไม่ให้สูญหาย และอำนวยความสะดวกในการเข้าออกของรถฉุกเฉิน

(6) ทีมค้นหาและช่วยชีวิต

มีหน้าที่รับคำสั่ง เข้าค้นหาผู้สูญหาย นำผู้บาดเจ็บออกมาจากที่เกิดเหตุและอำนวยความสะดวกในการอพยพหนีไฟของพนักงานออกจากจุดเกิดเหตุ

มีหน้าที่เข้าไปยังพื้นที่เกิดเหตุและจุดรวมพลพร้อมด้วยอุปกรณ์ปฐมพยาบาล

(7) ทีมเคลื่อนย้าย

มีหน้าที่รับผิดชอบกำหนดจุดปลอดภัยจากอัคคีภัย เพื่อเก็บวัสดุเอกสารสำคัญขององค์กร รวมถึงจัดหายานพาหนะและอุปกรณ์ในการขนย้าย

(8) ทีมอพยพ

มีหน้าที่นำทางอพยพหนีไฟ ตรวจเช็คจำนวนพนักงานจากรายชื่อที่ติดไว้ที่ธงอพยพหนีไฟ รวมทั้งเช็คจำนวนผู้มาติดต่อหรือผู้รับเหมาที่มาปฏิบัติงานภายในโรงงาน โดยเช็คจากบัตรผู้มาติดต่อที่เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยและแจ้งผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินในกรณีที่พนักงานหรือผู้มาติดต่อมาไม่ครบตามจำนวน

2.1.3 ภาวะฉุกเฉิน

แผนการปฏิบัติ เพื่อตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน กรณีที่เกิดเหตุการณ์อันตรายร้ายแรงขึ้นโดยได้กำหนดภาวะฉุกเฉินเป็น 3 ระดับ และมีวิธีการปฏิบัติแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 1

(1) ภาวะหรือสถานการณ์เมื่อมีผู้พบเหตุการณ์ผิดปกติ หรือเมื่อมีสัญญาณแจ้งเหตุฉุกเฉินประจำพื้นที่ และได้ทำการตรวจสอบแล้วพบว่าเกิดขึ้นจริง

(2) เกิดเพลิงไหม้ขึ้นเล็กน้อยและพนักงานที่พบเห็นเหตุการณ์สามารถใช้ถังดับเพลิงระงับเหตุได้ทันที โดยใช้อุปกรณ์โต้ตอบภาวะฉุกเฉินประจำพื้นที่ สามารถควบคุมไม่ให้มีการแพร่ขยายของสถานการณ์ไปยังบริเวณอื่น

(3) พนักงานพบเห็นเหตุการณ์ มีก๊าซรั่วไหลบริเวณท่อหรือวาล์วก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในปริมาณที่สามารถรับรู้ถึงกลิ่นได้ ให้ผู้พบเห็นเหตุการณ์เข้าไประงับเหตุ ปิดวาล์วบริเวณที่เกิดปัญหาทันทีและสามารถปิดวาล์วได้ทัน

(4) เกิดเหตุการณ์ของกลุ่มหมอกไอระเหยของสารพิษที่แพร่กระจายออกมาจำนวนมาก พนักงานที่พบเห็นเหตุการณ์ไม่สามารถเข้าไปปิดวาล์วได้ ให้แจ้งไปยังหัวหน้างาน

(5) กรณีที่มีระบบตรวจจับก๊าซรั่วพบว่ามีการรั่วไหล จะส่งสัญญาณดังเตือนและสั่งให้สปริงเกอร์ระบบน้ำดับเพลิงฉีดอัตโนมัติทันที

(6) หัวหน้างานแจ้งไปยังเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและผู้อำนวนการภาวะฉุกเฉิน

(7) หยุดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประกายไฟ

(8) แจ้งเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยทำการกั้นเขตอันตรายในบริเวณแท็งค์กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวทันที โดยห้ามให้มีการเกิดประกายไฟหรือรถวิ่งผ่านบริเวณนี้เด็ดขาด

(9) กรณีเกิดการรั่วไหลที่ท่อหรือวาล์ว ผู้อำนวนการภาวะฉุกเฉิน สั่งการให้ทีมดับเพลิงเข้าไปปิดวาล์วจุดใช้งานก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกระบวนการผลิตและเข้าทำการปิดวาล์วที่ Main ท่อจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยต้องอยู่ในทิศทางเหนือลมเท่านั้น สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลก่อนเข้าระงับเหตุ เช่น ชุดดับเพลิง ถุงมือหนัง แว่นตานิภัย หน้ากากกรองสารเคมี เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าไประงับเหตุ และกรณีที่ไม่สามารถเข้าไปปิดวาล์วก๊าซได้ ให้ลากสายน้ำดับเพลิงเพื่อทำการฉีดน้ำคลุมถังเก็บก๊าซ โดยจะต้องปรับเป็นม่านน้ำสเปรย์เพื่อเจือจางก๊าซลง และลากสายน้ำดับเพลิงขยับเดินหน้าเข้าไปทำการปิด Main วาล์วที่ท่อจ่ายก๊าซและสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ในที่สุด

(10) กรณีเกิดก๊าซรั่วไหลที่ถัง ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินสั่งการให้ทีมดับเพลิงไปปิดวาล์วบริเวณจุดใช้งานก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกระบวนการผลิตและให้ใช้น้ำดับเพลิงฉีดน้ำ เพื่อคลุมถังเก็บก๊าซ โดยต้องปรับเป็นม่านน้ำสเปรย์เพื่อเจือจางก๊าซลง ทีมดับเพลิงต้องปฏิบัติการอยู่ในทิศทางเหนือลมเท่านั้นและจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลก่อนเข้าระงับเหตุ เช่น ชุดดับเพลิง ถุงมือหนัง แว่นตานิภัย หน้ากากกรองสารเคมี เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าไประงับเหตุ และกรณีที่ต้องเข้าไปปิดวาล์วก๊าซ ให้ลากสายน้ำดับเพลิงขยับเดินหน้าเข้าไปทำการปิดวาล์วใต้ถังเก็บก๊าซทั้งสอง จนสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ในที่สุด

(11) สำรวจทิศทางลม กั้นพื้นที่ห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าในบริเวณเกิดเหตุ ติดป้ายเตือนอันตรายในระยะตั้งแต่ 0-20 เมตร และให้พนักงานอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัยในระยะ 277 เมตร

(12) ปฏิบัติตามแผนอพยพหนีไฟ โดยให้พนักงานทุกคนอพยพไปยังบริเวณลานจอดรถหน้าโรงงาน 1

(13) ผู้อำนวนการภาวะฉุกเฉินได้พิจารณาแล้วว่าเหตุการณ์สามารถควบคุมได้ สามารถตอบโต้ภาวะฉุกเฉินและควบคุมเหตุการณ์ได้โดยใช้อุปกรณ์โต้ตอบภาวะฉุกเฉินภายในโรงงาน โดยไม่ต้องร้องขอกำลังสนับสนุนและขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอกหรือโรงงานข้างเคียง

(14) เหตุการณ์สงบ สามารถควบคุมสถานการณ์ไว้ได้ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นบริเวณกว้างและไม่มีผู้บาดเจ็บหรือได้รับอันตราย

(15) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน ฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายอาคารและสถานที่ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อมมายังที่เกิดเหตุทันที เพื่อประเมินความเสี่ยงอันตรายจากการเกิดก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

2) ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 2

(1) เป็นเหตุการณ์จากภาวะฉุกเฉินระดับที่ 1 ที่ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้

(2) เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟและเพลิงไหม้ขั้นรุนแรงมีพนักงานได้รับบาดเจ็บ

(3) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน ประกาศภาวะฉุกเฉินและประเมินสถานการณ์แล้วพบว่า เป็นเหตุการณ์ที่รุนแรง บุคลากรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินของโรงงานมีไม่เพียงพอ โดยสั่งการให้ทีมสื่อสารติดต่อขอความช่วยเหลือทีมดับเพลิงและอุปกรณ์จากโรงงานข้างเคียง เพื่อทำการช่วยระงับเหตุฉุกเฉิน

(4) ภาวะฉุกเฉินขยายใหญ่ขึ้นเป็นวงกว้าง และกระจายจากพื้นที่เกิดเหตุ ทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง

(5) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน สั่งการให้ฝ่ายไฟฟ้า อาคารและสถานที่ตัดไฟทันที

(6) ทีมสื่อสารติดต่อขอความช่วยเหลือจากทีมดับเพลิงโรงงานข้างเคียง เพื่อช่วยระงับเหตุฉุกเฉินและสามารถระงับเหตุได้ในที่สุด

(7) กรณีมีผู้สูญหาย ให้ทีมค้นหาเข้าทำการค้นหา ช่วยเหลือทันทีและนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล

(8) ทีมสื่อสารติดต่อห้องพยาบาล เพื่อให้พยาบาลเข้าทำการปฐมพยาบาลพนักงานที่ได้รับบาดเจ็บ

(9) ให้พนักงานทุกคนอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุโดยเร็วและต้องอยู่เหนือลมในระยะทางพื้นที่ปลอดภัย ติดป้ายเตือนอันตรายในระยะทางตั้งแต่ 0-119 เมตร และต้องอพยพออกจากพื้นที่ในระยะทาง 513 เมตร

(10) ปฏิบัติตามแผนอพยพหนีไฟ โดยให้พนักงานทุกคนอพยพไปยังโรงงานข้างเคียงฝั่งซ้าย ซึ่งอยู่นอกพื้นที่อันตรายที่ไม่ได้รับผลกระทบจากไอระเหยของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

(11) เมื่อเหตุการณ์เข้าสู่ภาวะปกติให้ประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน

(12) ปิดกั้นพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายและดำเนินการสอบสวนอุบัติเหตุ

(13) ดำเนินการตามแผนบรรเทาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและแผนการปฏิรูปฟื้นฟูผลกระทบหลังเกิดภาวะฉุกเฉิน

3) ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 3

(1) เป็นเหตุการณ์จากภาวะฉุกเฉินระดับที่ 2 ที่ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์รุนแรงมากขึ้น เกิดเปลวไฟพุ่ง ลูกไฟขนาดใหญ่และเกิดการระเบิดขั้นรุนแรง มีพนักงานได้รับบาดเจ็บอย่างมาก

(2) ภาวะฉุกเฉินที่ขยายผลใหญ่ขึ้นเป็นวงกว้างและกระจายจากพื้นที่เกิดเหตุ ทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงเป็นบริเวณกว้าง

(3) ไม่สามารถระงับเหตุได้ด้วยทีมดับเพลิงของโรงงานและทีมดับเพลิงจากโรงงานข้างเคียง

(4) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน ได้ประเมินสถานการณ์แล้วพบว่า เป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงมาก บุคลากรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินของโรงงานและโรงงานข้างเคียงมีไม่เพียงพอ โดยสั่งการให้ทีมสื่อสารติดต่อขอความช่วยเหลือจาก หน่วยงานต่าง ๆ ภายนอก

(5) ทีมสื่อสารติดต่อศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เพื่อขอความช่วยเหลือเข้าทำการระงับเหตุ

(6) ทีมสื่อสารติดต่อรถฉุกเฉินจากโรงพยาบาล เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้บาดเจ็บนำส่งโรงพยาบาล

(7) ทีมสื่อสารติดต่อเจ้าหน้าที่ตำรวจ เพื่อช่วยกั้นพื้นที่ไม่ให้บุคคลภายนอกเข้ามาในพื้นที่เกิดเหตุและอำนวยความสะดวกแก่รถฉุกเฉิน การจรจร รวมถึงช่วยอำนวยความสะดวกในการอพยพคนออกจากพื้นที่

(8) ให้พนักงานทุกคนอพยพออกจากพื้นที่เกิดเหตุโดยเร็วและต้องอยู่เหนือลมในระยะทางพื้นที่ปลอดภัย ติดป้ายเดือนอันตรายในระยะทางตั้งแต่ 0-189 เมตร และต้องอพยพออกจากพื้นที่ในรัศมีโดยรอบทิศทางเป็นระยะ 513 เมตร

(9) ปฏิบัติตามแผนอพยพหนีไฟ ให้พนักงานทุกคนอพยพไปยังบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพราย และให้เจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวกในการนำทางไปยังสถานีตำรวจสำโรงใต้ เพื่อเป็นจุดรวมพลและจุดพักพิงชั่วคราว เนื่องจากเกิดเหตุการณ์อันตรายขึ้นอย่าง

รวดเร็วและเป็นเหตุการณ์ที่ยากต่อการควบคุม บริเวณใกล้โรงงานได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้างในรัศมีโดยรอบ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการรวมพล

(10) ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เข้าช่วยทำการระงับเหตุและสามารถควบคุมสถานการณ์ไว้ได้ เพลิงไหม้และเหตุการณ์ระเบิดสงบลง รถดับเพลิงฉีดม่านน้ำเพื่อควบคุมการการฟุ้งกระจายของหมอกควัน

(11) ทีมค้นหาสามารถนำผู้สูญหายและช่วยเหลือผู้บาดเจ็บออกมาได้และรถพยาบาลนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาลได้ทันเวลา

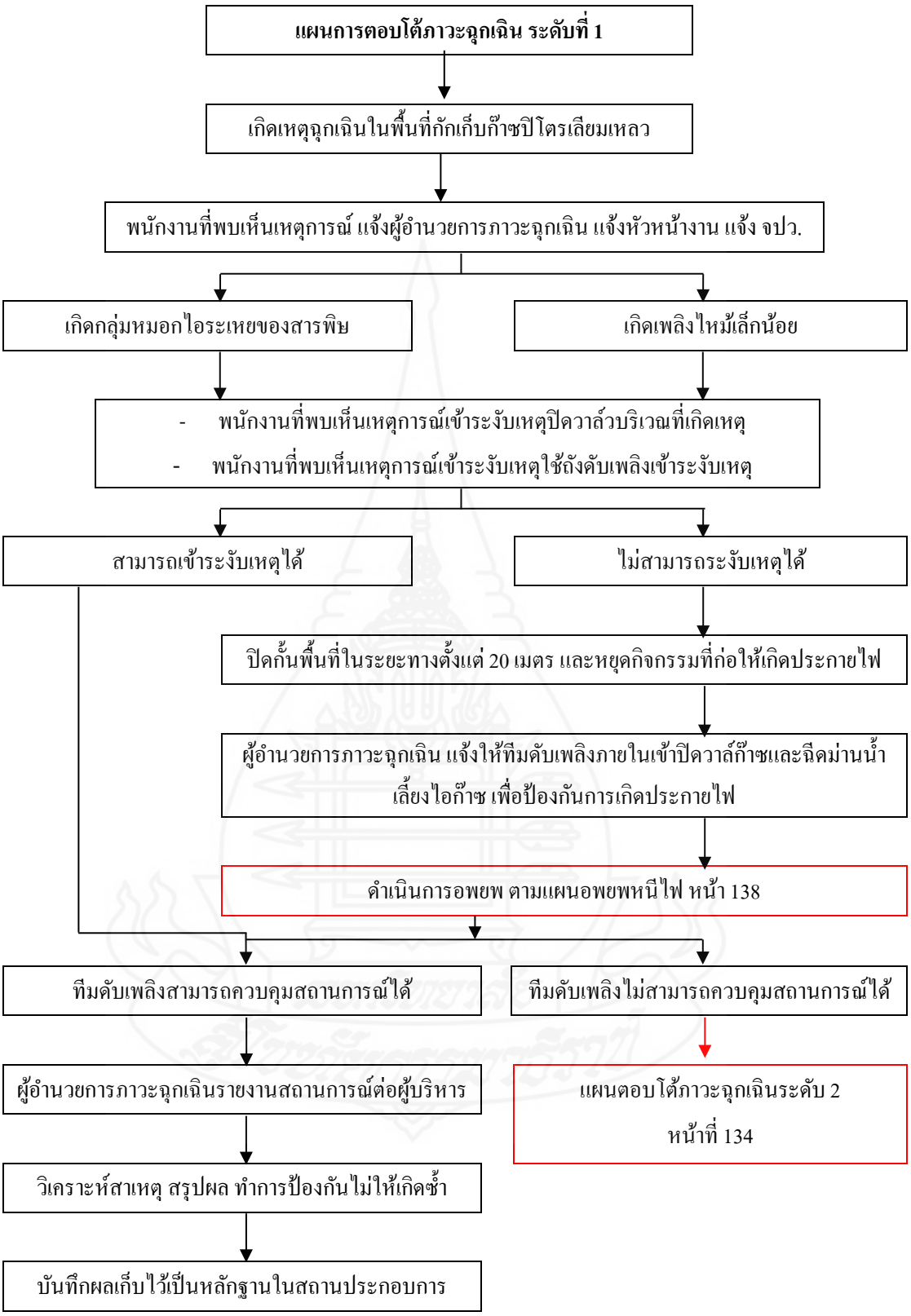
(12) เมื่อเหตุการณ์เข้าสู่ภาวะปกติให้ ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน แจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบตามลำดับการรายงานของโรงงานและรายงานไปยังประธานบริษัทฯ ทราบในที่สุด

(13) ปิดกั้นพื้นที่ได้รับความเสียหายและรอการดำเนินการสอบสวนอุบัติเหตุ

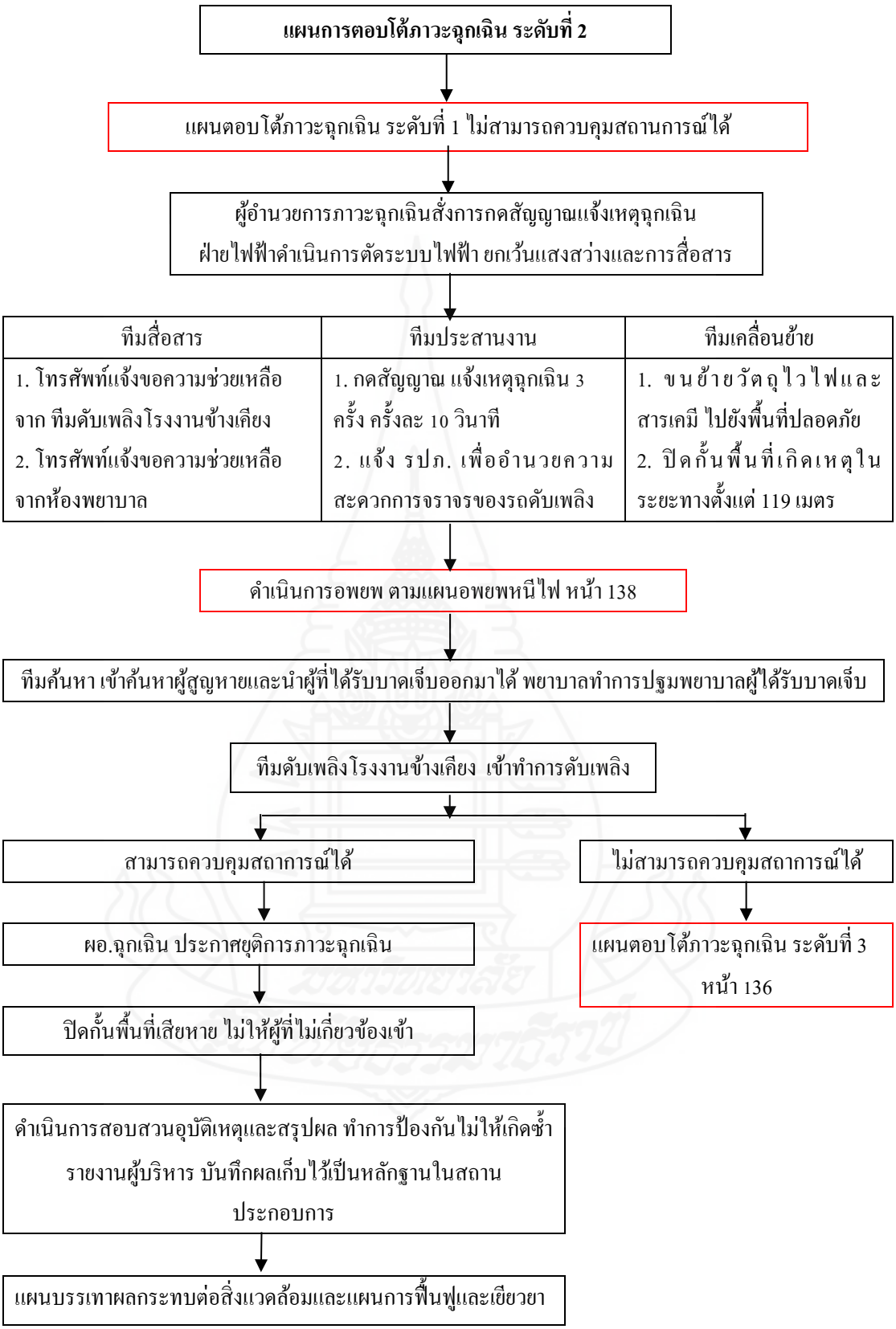
(14) ผู้บริหารให้สัมภาษณ์และชี้แจ้งเหตุการณ์เบื้องต้นกับแหล่งข่าว

(15) ทำการสอบสวนอุบัติเหตุ บันทึกผล และรายงานผล

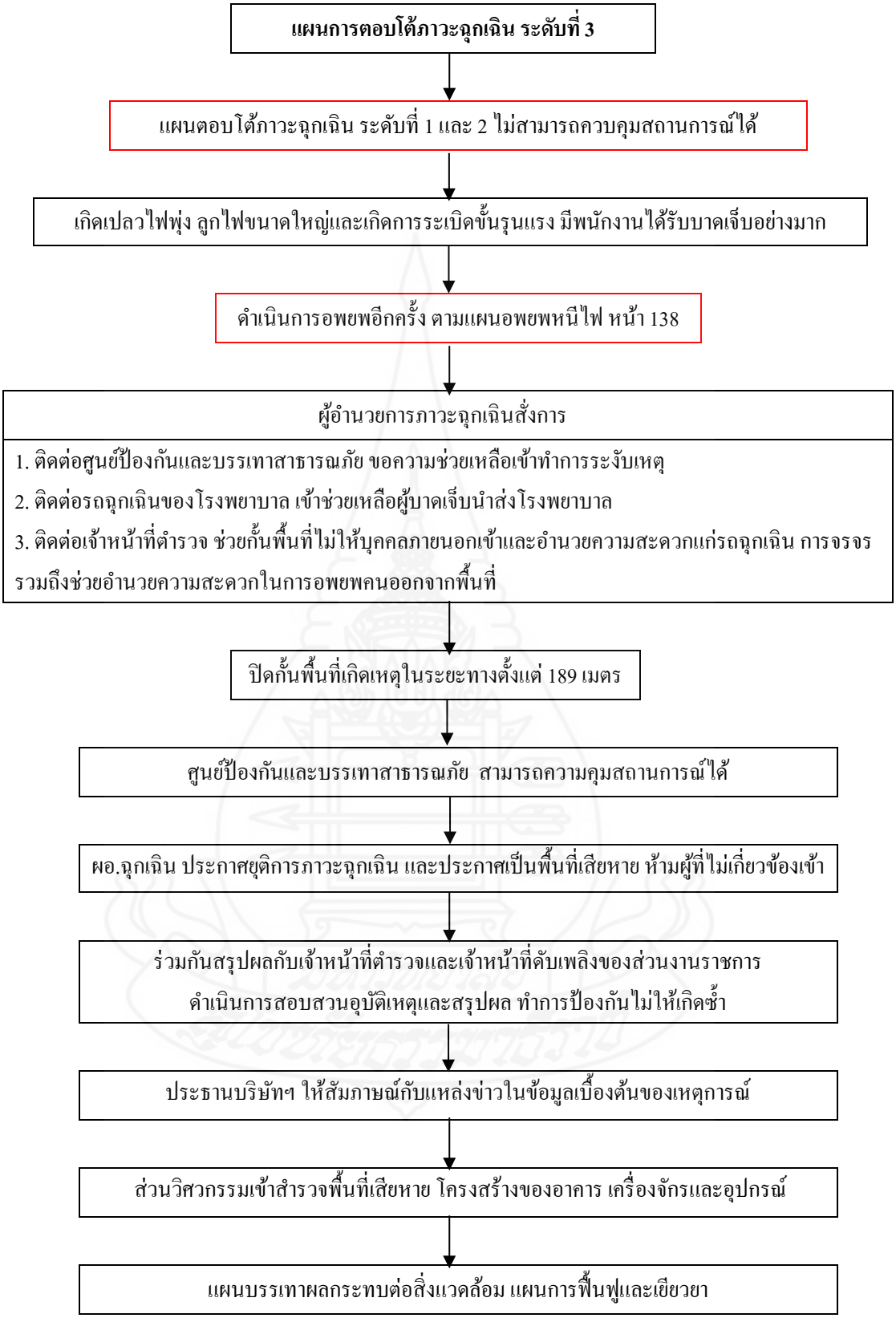
(16) ดำเนินการตามแผนบรรเทาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและแผนการปฏิรูปฟื้นฟูผลกระทบหลังเกิดภาวะฉุกเฉิน



ภาพที่ 5.1 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 1



ภาพที่ 5.2 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 2



ภาพที่ 5.3 แผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ระดับที่ 3

2.2 แผนอพยพหนีไฟ

แผนอพยพหนีไฟกำหนดขึ้น เพื่อความปลอดภัยของพนักงานที่ปฏิบัติอยู่ในโรงงานและรวมถึงเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินขึ้นภายนอกพื้นที่โรงงาน ให้ปฏิบัติตามแผนการอพยพนี้ทันทีเมื่อได้รับการแจ้งเหตุจากภายนอก โดยให้มีการดำเนินการตามแผน ดังนี้

1) จัดให้มีธงนำทางอพยพหนีไฟทุกแผนก

2) จัดให้มีผู้รับผิดชอบในการถือธงอพยพหนีไฟและติดป้ายชื่อผู้รับผิดชอบไว้ที่ธงอพยพให้ชัดเจน

3) ให้มีรายชื่อพนักงานในแผนกติดไว้ที่ธงอพยพ และนำไปเช็ครายชื่อ เมื่อมีการอพยพในกรณีเหตุฉุกเฉิน

4) ผู้นำทางจะเป็นผู้นำทางพนักงานอพยพไปทางออกที่กำหนดไว้

5) จุดรวมพลหรือจุดอพยพหนีไฟ จะเป็นสถานที่ปลอดภัย เป็นที่โล่งแจ้ง ดังนี้

ก. ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 1

กรณีการเกิดไอระเหยของสารพิษเป็นจำนวนมาก เนื่องจากไอระเหยสารเคมี มีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพมาก โดยให้อพยพออกจากบริเวณที่เกิดเหตุเป็นระยะทาง 277 เมตร จุดรวมพลที่ปลอดภัย คือ ลานจอดรถด้านหน้าของโรงงาน 1 ซึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่อันตรายที่ไอระเหยของสารเคมีจะกระจายไปได้ถึง

ข. ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 2

กรณีการเกิดเพลิงไหม้อย่างรุนแรง เกิดกลุ่มหมอกของก๊าซไวไฟจำนวนมาก เนื่องจากการเผาไหม้ส่งผลให้ควันกระจายไปอย่างรวดเร็วเป็นจำนวนมากและควันพิษจากการเผาไหม้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างมาก โดยให้อพยพออกจากบริเวณที่เกิดเหตุเป็นระยะทาง 513 เมตร จุดรวมพลที่ปลอดภัย คือ ลานด้านหน้าของโรงงานข้างเคียงฝั่งซ้าย ซึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่อันตรายที่ไอระเหยของสารเคมีจะกระจายไปได้ถึง

ค. ภาวะฉุกเฉินระดับที่ 3

กรณีการเกิดเปลวไฟพุ่ง ลูกไฟขนาดใหญ่และเกิดการระเบิดขั้นรุนแรง มีพนักงานได้รับบาดเจ็บอย่างมาก เนื่องเหตุการณ์อันตรายเกิดขึ้นทันทีทันใดและเป็นเหตุการณ์ที่ยากต่อการควบคุม ให้อพยพออกจากบริเวณที่เกิดเหตุในรัศมีโดยรอบเป็นระยะทางตั้งแต่ 513 เมตร จุดรวมพลที่ปลอดภัย คือ ให้อพยพไปยังบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพราย ให้เจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวกในการนำทางไปยังสถานีตำรวจสำโรงใต้ เพื่อเป็นจุดรวมพลและจุดพักพิงชั่วคราว บริเวณใกล้โรงงานได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้างในรัศมีโดยรอบ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการรวมพล

6) ฝ่ายอพยพทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนพนักงาน ตรวจนับและเช็คจำนวนผู้ที่อพยพออกมาภายนอกครบหรือไม่

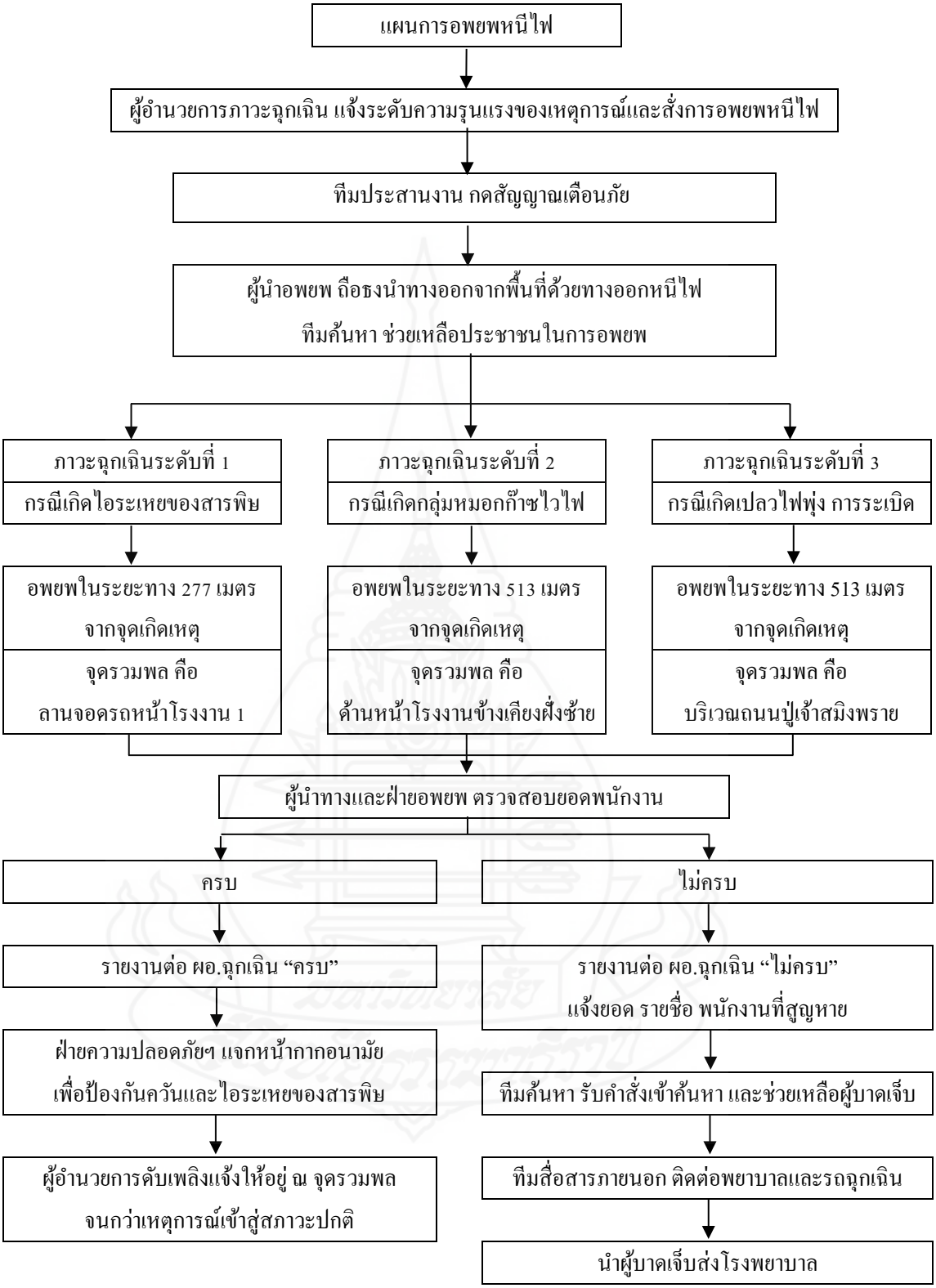
ก. กรณีจำนวนพนักงานครบ ให้รายงานต่อผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน พนักงานในแผนกครบตามจำนวน

ข. กรณีจำนวนพนักงานไม่ครบ ให้รายงานต่อผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน พนักงานในแผนกไม่ครบ แจ้งจำนวน รายชื่อ จุดปฏิบัติงานของพนักงานที่สูญหาย

7) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน สั่งการให้ทีมค้นหาเข้าค้นหาผู้สูญหาย นำผู้ที่ได้รับบาดเจ็บออกมาจากพื้นที่อันตราย ทำการปฐมพยาบาลและนำตัวส่งโรงพยาบาล

8) หน่วยงานความปลอดภัย แจกหน้ากากอนามัยให้พนักงานสวมใส่ เนื่องจากไอระเหยและควันเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

9) พนักงานอยู่ ณ จุดรวมพลจนกว่าผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉินจะประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน



ภาพที่ 5.4 แผนการอพยพหนีไฟ

3. สถานการณ์หลังเกิดเหตุ

หลังเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นต้องดำเนินการปรับปรุงและฟื้นฟูในทุก ๆ ด้านให้กลับสู่สภาวะปกติ ซึ่งประกอบด้วยแผนหลัก 2 แผน ดังนี้

3.1 แผนการบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หลังเกิดเหตุเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม และหน่วยงานสนับสนุน ดำเนินการอ้างอิงตามระเบียบปฏิบัติงาน เรื่อง การจัดการขยะและการจัดการสารเคมี พร้อมทั้งปฏิบัติดังต่อไปนี้

(1) ปิดกั้นพื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด กำหนดพื้นที่เกิดเหตุเป็นพื้นที่ควบคุม ไม่อนุญาตให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในพื้นที่

(2) ให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในการเดินเครื่องปั๊มน้ำดับเพลิง ปิดกั้นทางระบายน้ำ ไม่ให้น้ำจากการดับเพลิง ผงเคมีที่ทำการดับเพลิงหลุดลอดไปสู่ภายนอก

(3) ให้ทำการสกัดกั้นทางน้ำที่ไหลออกสู่นอกโรงงานทันที โดยนำกระสอบทรายกั้นทางระบายน้ำจากพื้น ทำการตรวจวัดค่าน้ำโดยส่งผลไปวิเคราะห์กับหน่วยงานภายนอก

(4) กรณีค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ให้ทำการปรับปรุงตามค่ามาตรฐาน ส่วนน้ำที่ปรับปรุงแล้วยังไม่ได้มาตรฐานให้ทำการดูดหรือตักใส่ถังเปล่า เพื่อนำส่งบริษัทฯที่รับบำบัดที่ถูกต้องตามกฎหมาย

(5) ผงเคมีดับเพลิง ทำการตักหรือกวาดใส่ถุงพลาสติก รัดปากถุงให้สนิท ทำป้ายชี้บ่งและนำสารเคมีที่ได้ไปกำจัดตามคู่มือระบบการจัดการของเสีย

(6) ใช้เศษผ้าชุบน้ำ เช็ดทำความสะอาดคราบผงเคมีที่ยังเหลืออยู่ นำเศษผ้าจากการทำความสะอาดใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิทและส่งไปกำจัดตามคู่มือระบบการจัดการของเสีย

(7) ทำความสะอาดบริเวณที่มีสารเคมีหกรั่วไหล รวมถึงสำรวจบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

(8) กรณีมีวัสดุ วัตถุดิบ สารเคมี ที่เกิดการปนเปื้อนและไม่สามารถใช้งานได้แล้ว ให้ดำเนินการตามระเบียบปฏิบัติงาน เรื่อง การจัดการขยะและการจัดการสารเคมี

(9) ปรับปรุงซ่อมแซม และสรรหาทดแทนสิ่งที่สูญเสีย

3.2 แผนการปฏิรูปฟื้นฟูผลกระทบหลังเกิดภาวะฉุกเฉิน

หลังจากควบคุมภาวะฉุกเฉินในโรงงานและดำเนินการตามแผนบรรเทาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้อำนวยภาวะฉุกเฉินจัดทีมงานดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ให้ผู้อำนวยภาวะฉุกเฉิน คณะกรรมการความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม และผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้พบเห็นเหตุการณ์อุบัติเหตุ เป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการสอบสวนเหตุการณ์ หาแนวทางในการแก้ไขและจัดการประชุมเสนอความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

2) ให้ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน คณะกรรมการความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม ผู้จัดการแต่ละแผนกและแผนกวิศกรรมฝ่ายอาคารสถานที่ เข้าสำรวจและประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้น ปิดกั้นพื้นที่ได้รับความเสียหายไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในพื้นที่

3) ให้แผนกวิศกรรม ฝ่ายอาคารสถานที่ ตรวจสภาพ กั้นบริเวณ รื้อถอน ซ่อมบำรุง ฟื้นฟูสภาพของโรงงานและสิ่งแวดล้อมหลังจากเกิดเหตุการณ์ภาวะฉุกเฉิน รวมถึงการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรและแก้ปัญหาการผลิตให้กลับมามีสภาพตามเดิม

4) ให้แผนกทรัพยากรบุคคล ทำการประชุมชี้แจงให้พนักงานทราบ กำหนดวันหยุด วันเข้าทำงาน และแผนฟื้นฟูให้พนักงานรับทราบ รวมถึงติดตามและให้ความช่วยพนักงานที่ได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ

5) ให้แผนกทรัพยากรบุคคล ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานราชการหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อแจ้งเรื่องและชี้แจ้งกับเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

6) ฝ่ายบัญชี จัดทำรายการทรัพย์สินที่เสียหาย แจ้งบริษัทประกันภัยและประกันชีวิต และการจ่ายค่าปฏิบัติการ รวมถึงค่าเสียหายต่าง ๆ ที่จำเป็น

7) ให้ฝ่ายขาย แจ้งข้อมูลให้ลูกค้าทราบ (ถ้าจำเป็น)

8) ผู้บริหารพิจารณาอนุมัติงบประมาณ ทำการปรับปรุงและฟื้นฟูบริเวณที่เกิดเหตุ รวมถึงสภาพโครงสร้างที่ได้รับความเสียหาย

9) ให้ฝ่ายจัดซื้อ ดำเนินการวางแผนเตรียมการนำเข้า นัดหมายนำเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตใหม่ แทนที่วัตถุดิบที่เสียหาย

10) ให้ฝ่ายผลิต คัดแยกของดีของเสีย ทำความสะอาดพื้นที่และวางแผนเตรียมการผลิตใหม่

11) ให้แผนกควบคุมคุณภาพ ดำเนินการตรวจสอบ ทดลองตัวอย่างสินค้าเข้มงวดมากกว่ามาตรฐานปกติ

12) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม นำรายงานผลประเมินจากทุกด้านของสถานการณ์จริงมาปรับปรุงแก้ไข โดยทบทวนแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย ทุกแผนย่อยที่ได้ดำเนินการมาแล้ว เพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไขตัวบุคคลหรือผู้ที่มีหน้าที่ตามแผนต่าง ๆ โดยการทบทวนแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย ภายในระยะเวลา 1 เดือน หลังการฝึกซ้อม

13) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม ทำการบำบัดมลพิษที่ตกค้างในสภาพแวดล้อม รายงานผลการดำเนินการ รายงานปัญหา การแก้ไขและบันทึกผลการดำเนินการ

14) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน ดำเนินการประชุม ติดตามผลการปฏิบัติงานของทีมงานอย่างละเอียด

15) ผู้อำนวยการภาวะฉุกเฉิน สรุปผลการแก้ไขต่อผู้บริหาร

4. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้นำไปศึกษาต่อ

4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1) ทิศทางลมที่ใช้ในการประเมินในโปรแกรมอโลฮาเป็นทิศทางลมเฉลี่ย โดยใช้ทิศทางลมที่เกิดขึ้นมากที่สุดในการคีย์ลงในโปรแกรม ดังนั้นทิศทางที่รั่วไหล แพร่กระจายมีโอกาสเกิดขึ้นในทิศทางอื่น ๆ ตามทิศทางลมในแต่ละวัน

2) ข้อมูลฤดูกาลที่นำมาคีย์ในโปรแกรมใช้ฤดูร้อนเท่านั้น เนื่องจากรัศมีและระยะทางที่แพร่กระจายไปได้ไกลมากกว่าฤดูกาลอื่น ๆ รัศมีและระยะทางการเกิดการรั่วไหลและแพร่กระจายอาจจะเกิดขึ้นแตกต่างกันไปตามฤดูกาล ดังนั้นควรทำการศึกษาฤดูกาลอื่นร่วมด้วย

3) ข้อมูลที่นำมาสมมติฐานในเหตุการณ์จำลอง ควรเป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในโรงงาน

4) ให้ทำการศึกษาอันตรายขณะการเติมก๊าซหรือรถเติมก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้ามาเติมร่วมด้วย หากเกิดการรั่วไหลขณะเติมจะมีลักษณะอันตรายร้ายแรงเพียงใด

4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน

1) ควรมีนโยบายให้แต่ละหน่วยงาน ทำการประเมินความเสี่ยงและประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ของการใช้งานสารเคมีไวไฟและการเกิดเหตุฉุกเฉิน

2) ควรให้ผู้ควบคุมก๊าซปิโตรเลียมเหลวประจำโรงงาน ทำการตรวจสอบและตรวจเช็คสภาพพื้นที่จัดเก็บและพื้นที่ใช้งานเป็นประจำทุกวัน

3) ควรมีมาตรการต่าง ๆ เพิ่ม เช่น กรณีเครื่องตรวจจับก๊าซรั่วไม่สามารถทำงานได้ เราจะรับรู้ได้อย่างไรว่าเกิดการรั่วไหล

4) ควรทำการประเมินการรั่วไหลและการแพร่กระจายของสารเคมีชนิดอื่น ๆ ที่มีการใช้งานปริมาณมากและไวไฟ เช่น ทินเนอร์ น้ำมันดีเซล สีไวไฟ ก๊าซอะเซทิลีน เป็นต้น

5) พื้นที่การกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวอยู่ใกล้ชุมชน ติดกับถนน ติดทางเดินรถขนส่งที่ใช้งานเป็นประจำ ดังนั้นความเสี่ยงเมื่อมีการรั่วไหลจะก่อให้เกิดการติดไฟได้ง่าย จากการติดเครื่องยนต์

6) พื้นที่ใช้งานก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งอยู่ใกล้กับถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวมากและพื้นที่ใช้งาน คือ ใช้ในเตาสังกะสีที่มีความร้อนสูง ดังนั้นความเสี่ยงเมื่อมีการรั่วไหลจะก่อให้เกิดการติดไฟได้ง่ายจากความร้อนของเตา ที่สำคัญไลน์การผลิตมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ความเสี่ยงที่เกิดจะมีมากขึ้น

7) พนักงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่ไม่ได้มีเฉพาะพนักงานในโรงงานเท่านั้น ยังมีผู้รับเหมา พนักงานส่งของ ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้น ผู้มาติดต่อจากภายนอกไม่มีความรู้เรื่องการป้องกันตนเองต่อสารเคมีและเพลิงไหม้ และทางโรงงานไม่สามารถควบคุม รวมถึงไม่สามารถตรวจเช็คในช่วงอพยพได้ว่ามาครบแล้วหรือไม่

8) การให้ความรู้เรื่องเพลิงไหม้และสารเคมีรั่วไหลต่อผู้รับเหมา พนักงานส่งของทำได้เพียงการสื่อสารเบื้องต้น แต่ยังไม่ได้รับการฝึกซ้อมต่อการเกิดเหตุการณ์จริง ดังนั้นอาจเกิดความสับสนต่อเหตุการณ์จริงโดยไม่สามารถไปยังพื้นที่อพยพได้ถูกต้องและทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าพนักงานเหล่านั้นปลอดภัยดีหรือไม่

9) การอพยพไปยังบริเวณถนนปู่เจ้าสมิงพราย จะเกิดความวุ่นวาย เนื่องจากเป็นถนนเส้นหลักและมีรถผ่านจำนวนมาก ต้องมีการติดต่อประสานงานจากเจ้าหน้าที่ตำรวจคอยอำนวยความสะดวกตลอดจนเหตุการณ์สงบ

10) ทางโรงงานต้องมีทีมอพยพ ทีมช่วยเหลือ เข้าช่วยเหลือพนักงานที่อพยพไปยังถนนปู่เจ้าสมิงพรายและไปยังจุดพักพิงที่สถานีตำรวจ โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงทีมอพยพ ทีมช่วยเหลือต้องรู้หน้าที่ของตนเองและทำตามแผนฉุกเฉินที่วางไว้ ไม่ตื่นตะหนกจนลืมการทำหน้าที่

11) ทางโรงงานจะต้องกำหนดให้มีผู้ทำหน้าที่ต่าง ๆ ให้ชัดเจน และได้รับการชี้แจงหน้าที่รวมทั้งฝึกซ้อมตามหน้าที่ หากเกิดเหตุการณ์จริงพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ตามแผนไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ ต้องมีตัวแทนที่ถูกกำหนดไว้เพื่อทำหน้าที่ถัดมา

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

"ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas)" สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก http://www.cbwmthai.org/FILECONTENT/file/Liquefied%20Petroleum%20Gas/Liquefied%20Petroleum%20Gas.pdf

"LPG พลังงานบริสุทธิ์" สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก https://www.wp-energy.co.th/th/what-we-do/product-services/lpg-for-life

"คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว" สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก https://www.doeb.go.th/knowledge/knowledge_article_Natural2.htm

"สมบัติทั่วไปของ LPG" สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก https://sites.google.com/site/mithdynamite/lpg-khux-xari/khunsmbati-thawpi-khxng-lpg

"LPG" สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2552/436306/LPG.pdf

สำนักงานช่างตรวจวัด (2562) "ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG)" สืบค้นวันที่ 23 กรกฎาคม 2562 จากhttp://www.cbwmthai.org/test/Activity_Detail.aspx?id=39

ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี (2546) "Liquified petroleum gas" สืบค้นวันที่ 23 กรกฎาคม 2562 จาก http://www.chemtrack.org/Chem-Detail.asp?ID=t0127

บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จากัด (มหาชน) (2559) "เอกสารความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมี Liquified petroleum gas" สืบค้นวันที่ 23 กรกฎาคม 2562 จาก https://www.pttgcgroup.com/storage/download/market/sds/refinery/lpg.pdf

บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) (2555) "รู้ให้ทัน ต้องเข้าใจ LPG" สืบค้นวันที่ 23 กรกฎาคม 2562 จาก https://thaipublica.org/wp-content/uploads/2013/09/%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B8%99-%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%83%E0%B8%88-LPG.pdf

อารุญ เกตุสาคร (2556) “WISER & ALOHA” สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2562 จาก http://hia.anamai.moph.go.th/download/pr/PPT%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A2%20%E0%B8%AD.%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B8%8D%20%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A3.pdf

“Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals” สืบค้นวันที่ 28 กรกฎาคม 2562 จาก https://www.epa.gov/aegl

ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี (2546) “คำย่อยเกี่ยวกับค่าเฝ้าระวังในการสัมผัสสาร” สืบค้นวันที่ 28 กรกฎาคม 2562 จาก http://www.chemtrack.org/glossary.asp?Key=HAZMAP

“ทฤษฎีการเกิดไฟ” สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2562 จาก http://www.pinthong-group.com/tab/detail.php?id=38

สำนักงานช่างตรวจวัด (2560) “ขอบเขตของการจุดติดไฟ (Explosive Limits)” สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2562 จาก http://www.cbwmthai.org/test/Activity_Detail.aspx?id=13

ศศิวิมล แนวทอง “ค่าขีดจำกัดการรับสัมผัสสารเคมี (Exposure Limits)” สืบค้นวันที่ 8 สิงหาคม2562 จาก http://infofile.pcd.go.th/haz/Exposurelimits.pdf?CFID=935107&CFTOKEN=84888303

ALOHA Software สืบค้นวันที่ 13 สิงหาคม 2562 จาก https://www.epa.gov/cameo/aloha-software

ธนาวัฒน์ รักกมล, ธิติมา ณ สงขลา และมณี ศรีชะนันท์ (2560) “การจำลองการรั่วไหลแอมโมเนียเพื่อจัดทาแผนและฝึกซ้อมอพยพให้กับพนักงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก http://researchs.eng.cmu.ac.th/UserFiles/File/Journal/24_1/12.pdf

วันวิสาข์ เสารศิริ (2559) “การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรม ALOHA เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว” การศึกษาค้นคว้าอิสระ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก

http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5617030399_4339_4446.pdf

ศิริโรจน แย้มงานเหลือ (2559) “การวิเคราะห์ความเสี่ยงของสถานีกักเก็บและจ่ายก๊าซ LPG ด้วยเทคนิค FMEA ในโรงงานอุตสาหกรรม” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก http://www.repository.rmutt.ac.th/handle/123456789/3093?show=full

ชรินทร์ เย็นใจ และวันเพ็ญ วิโรจนกูล (2558) “การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน กรณีสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สาเร็จรูป ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) และ MARPLOT (Mapping Application for Response Planning and Operational Tasks)” วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2558):15-25 สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก http://webopac.lib.buu.ac.th/catalog/ArticleItem.aspx?JMarcID=j00147003

รุจิพร เมืองคำ (2553) “การพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อเตรียมพร้อมกรณีเกิดอุบัติภัยสารเคมี กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตสี จังหวัดสมุทรปราการ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก http://frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/kuconfer/49/Poster/10_069_P300.pdf

กรกต อภิชัยรุ่งเรือง (2551) “การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการรั่วไหลและลุกติดไฟของคลังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง กรณีศึกษาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยใช้โปรแกรม Breeze Har Version 1.1” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/260017

ณัฏฐพงษ์ จุลาเกตุโพชัย (2550) “การประเมินผลกระทบกรณีการรั่วไหลและการระเบิดของวัตถุอันตราย เพื่อสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซ ไฮโดรคาร์บอนเบาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS)” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/207610

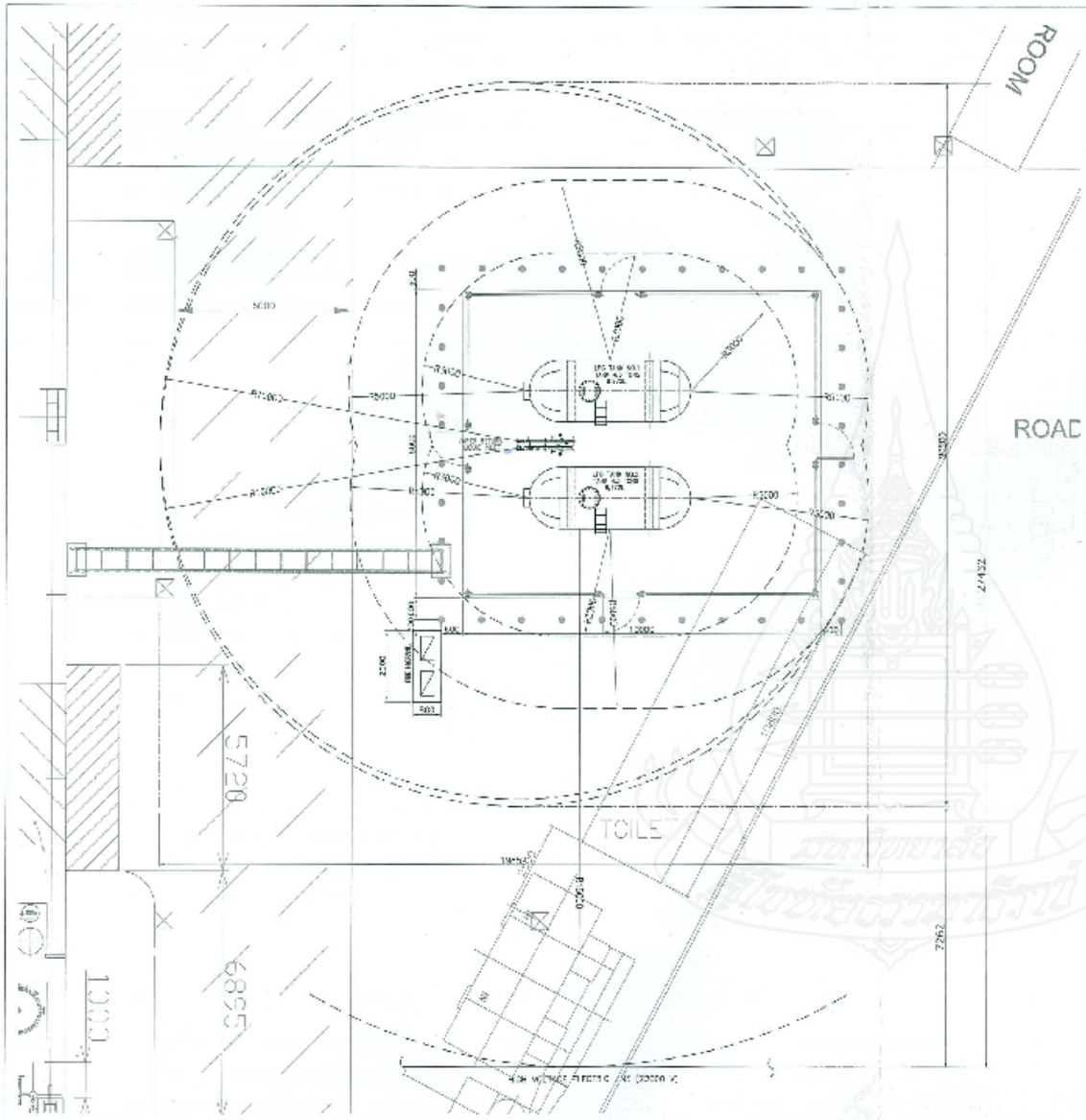
ดารารัตน์ พลอยทรัพย์ (2551) “การประเมินการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562 จาก https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/271216

Siam Safety “สาระกฎหมาย” สืบค้นวันที่ 6 มิถุนายน 2562 จาก
http://www.siamsafety.com/index.php?page=law/law01lawcontent_index
กรมโรงงานอุตสาหกรรม “ความปลอดภัยเกี่ยวกับก๊าซอุตสาหกรรม” สืบค้นวันที่ 6 มิถุนายน 2562 จาก
https://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=laws&tabid=1&secid=4&subid=2
บริษัท เอไอเอ็ม คอนซัลแตนท์ จำกัด “หมวดก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG” สืบค้นวันที่ 6 มิถุนายน 2562 จาก http://www.aimconsultant.com/th_/lawgasoil.asp?LawCod=130600

ภาคผนวก

ภาคผนวก

รายละเอียดถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว


ROOM
ROAD
TOILE
5720
5689
1000
R1000
R1200
R2000
R3000
R3200
R3500
R3600
R4000
R4200
R4500
R5000
R5200
R5500
R5600
R6000
R6200
R6500
R7000
R7200
R7500
R8000
R8200
R8500
R9000
R9200
R9500
R10000
R10200
R10500
R11000
R11200
R11500
R12000
R12200
R12500
R13000
R13200
R13500
R14000
R14200
R14500
R15000
R15200
R15500
R16000
R16200
R16500
R17000
R17200
R17500
R18000
R18200
R18500

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	ว่าที่ ร.ต.หญิง ธีราภรณ์ นวเกล้า
วัน เดือน ปีเกิด	12 มีนาคม 2531
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ.2555
สถานที่ทำงาน	บริษัท พานาโซนิค เอสพีที (ประเทศไทย) จำกัด ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ
ตำแหน่ง	Environment Supervisor2