



การประเมินความเสี่ยงแก๊สรั่วไหลและการระเบิดของสถานีบริการน้ำมัน เพื่อนำไปสู่การจัดทำแผนฉุกเฉินของโรงไฟฟ้า จังหวัดสุราษฎร์ธานี Risk Assessment of Gas Leakage and Explosion in a Gas Station Leading to the Emergency Plan in a Power Plant, Suratthani

ทัตตราภรณ์ ชูพร้อม¹, ธิติมา ณ สงขลา^{1*}, ธนวรรณ บัวเจริญ¹

Tadsraporn Chooprom¹, Thitima na Songkhla^{1*}, Thanawan Buacharoen¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงการรั่วไหลและการระเบิดของสถานีบริการน้ำมันภายใต้การดูแลของโรงไฟฟ้า รวมทั้งประเมินผลกระทบการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงนำไปสู่การจัดทำแผนฉุกเฉินโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้และใช้โปรแกรม ALOHA เป็นเครื่องมือในการจำลองการรั่วไหลที่วาล์วขนาดรูรั่ว 3 นิ้ว ผลการศึกษาพบว่าความเสี่ยงที่จะเกิดโอกาสการรั่วไหลเท่ากับ 0.04 หรือ 4% (เกิดขึ้นยาก) และค่าเฉลี่ยของการเกิดความผิดพลาดของเหตุการณ์ประมาณ 24 ปี/ครั้ง สาเหตุของเหตุการณ์เกิดจากความผิดพลาด ได้แก่ 1) ผู้ปฏิบัติงาน เช่น ขาดการตรวจสอบอุปกรณ์ ขาดการตรวจสอบรถบรรทุก 2) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น วิธีการตรวจสอบที่ไม่เพียงพอ การขาดการตรวจสอบ และ 3) อุปกรณ์ เช่น วาล์วระบายและข้อต่อท่อ ผลกระทบของการแพร่กระจายและการระเบิด ประกอบด้วยรูปแบบความเป็นอันตราย 4 รูปแบบ รูปแบบที่มีรัศมีการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงไกลที่สุด คือ การแผ่รังสีความร้อนที่ระยะ 706 เมตร พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ เส้นทางสัญจรหลักภายในบริเวณเขื่อน บ้านพักที่พักรองรับนักท่องเที่ยวและชุมชนโดยรอบสถานีบริการน้ำมัน ดังนั้นสถานประกอบการจึงจำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข ตรวจสอบสาเหตุที่มีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูง เพื่อลดการเกิดเหตุการณ์ที่นำไปสู่ผลกระทบต่อชีวิต เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งต้องจัดทำแผนฉุกเฉิน ฝึกซ้อมการระงับเหตุและการอพยพหนีไฟต่อไป

คำสำคัญ: สถานีบริการน้ำมัน, แก๊สรั่วไหลและระเบิด, การวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้, แผนฉุกเฉิน

* Corresponding author: Tel.: 074 - 609613 ext. 4301. E-mail address: nthitima@tsu.ac.th

Received: April 7, 2020; Revised: May 25, 2020; Accepted: May 29, 2020

¹ นิสิต, สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² อ.ดร., สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ อ., สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Student, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Lecturer, Dr., Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

³ Lecturer, Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

Abstract

This study is a survey research whose aim is to assess the gas leakage and explosion in the gas station be under the control of power plant including assessing the impact of the gas explosion leading to establishing an emergency plan by using a fault tree analysis and ALOHA software. The simulated leakage hole size of valve was 3 inches. The results revealed that the risk of leakage probability was 0.04 or 4% (Very low frequency) and the mean time to failure was 24 years per time. The causes of incident were 1) operational failure such as lack of equipment and truck inspection, 2) maintenance failure and such as inadequate methods or inspection programs 3) equipment failure such as vent valve and joint. The impact of the gas leakage and explosion assessment consists of 4 hazardous scenarios. Additionally, the scenario which has the longest hazard distance was BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). The radiation was 706 meters. In particular, the areas were affected as main transportation in power plant and dam, residences, resorts and hotels and the communities around the gas station. Therefore, the power plant needs to improve, to correct and to investigate the causes of the failures to reduce incidents that lead to such impacts on life, economies, communities and the environment as well as to prepare an emergency plan by considering the hazard zone to conduct an emergency drills and fire evacuation effectively.

Keywords: Gas station, gas leakage and explosion, fault tree analysis, emergency plan

บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้ยานพาหนะเป็นจำนวนมาก จากจำนวนการจดทะเบียนรถสะสมทั่วประเทศ ณ วันที่ 29 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีจำนวนทั้งสิ้น 39,584,352 คัน⁽¹⁾ น้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญไม่ว่าจะเป็นรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ก็ล้วนแต่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นตัวขับเคลื่อนด้วยกันทั้งสิ้น จากข้อมูลสถิติปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละประเภทระหว่าง พ.ศ. 2558-2562 พบว่าในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของน้ำมันดีเซลมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 47% หรือ 67.41 ล้านลิตร/วัน รองลงมาน้ำมันเบนซินปริมาณการใช้เฉลี่ย 22% หรือ 32.12 ล้านลิตร/วัน⁽²⁾ ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงเหล่านี้เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นสารไวไฟทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยได้หากเกิดการรั่วไหลหรือระเบิด อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ปฏิบัติงาน ผู้รับบริการ บริษัทชุมชนและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง จากข้อมูลการเกิด

อุบัติเหตุจากสถานการณ์อุบัติเหตุสารเคมีตามชนิดวัตถุสาเหตุที่มีสารเคมีเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง พลุ ดอกไม้ไฟ เอทานอล กากอุตสาหกรรมรถยนต์ติดแก๊ส สารเคมีที่ใช้ผลิตยาแก๊สยุง สี ทินเนอร์ วัสดุประเภทพลาสติก/ ยาง/ โฟม เต้าหู้โครเมียม น้ำมันเตา น้ำมันสน น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2560 พบว่าเกิดเหตุการณ์ขึ้นทั้งหมด 89 ครั้ง โดยมีลักษณะเหตุการณ์ที่เกิดจากไฟไหม้มากที่สุดจำนวน 43 ครั้ง รองลงมา คือ การรั่วไหลของสารเคมีจำนวน 17 ครั้ง การระเบิดจำนวน 14 ครั้ง อุบัติเหตุการขนส่งจำนวน 9 ครั้ง การลักลอบทิ้ง จำนวน 4 ครั้ง การปนเปื้อนจำนวน 1 ครั้ง พลุระเบิดจำนวน 1 ครั้ง ตามลำดับ⁽³⁾ จากการสำรวจสภาพภายในสถานประกอบกิจการโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีสถานีบริการน้ำมันให้บริการแก่ยานพาหนะของสถานประกอบกิจการเองเพื่อใช้ในกิจการ ซึ่งบริเวณโดยรอบของสถานีบริการน้ำมันเป็นแหล่งชุมชน อาคารสำนักงาน สถานที่ท่องเที่ยว อีกทั้งสถานีบริการน้ำมันตั้งอยู่ใกล้กับถนนหลักภายในสถานประกอบ

กิจการ หากเกิดเหตุฉุกเฉินแก๊สรั่วไหลหรือเกิดการระเบิดในกระบวนการหลักๆ เช่น การขนถ่าย การจัดเก็บ การบำรุงรักษา ซ่อมบำรุง ตรวจสอบและการจ่ายจำหน่ายก็จะมีความเสี่ยงสูงอาจส่งผลกระทบต่อพนักงาน ผู้รับบริการประชาชน ชุมชน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อมโดยกว้าง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงในการรั่วไหลและระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อหาโอกาสหรือความบกพร่องในการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์และนำไปสู่การแก้ไขป้องกัน รวมทั้งจัดระบบการจัดการที่ถูกต้อง ปลอดภัย และที่สำคัญอย่างยิ่งการประเมินการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อนำไปสู่การจัดทำแผนเหตุฉุกเฉินอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ทำการประเมินความเสี่ยงและศึกษาผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงในสถานีบริการน้ำมันที่อยู่ภายใต้การดูแลของโรงไฟฟ้าเพื่อนำไปสู่การเสนอแนะการจัดทำแผนฉุกเฉินโดยใช้เทคนิคและเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์ดังนี้

ประชากรและพื้นที่เสี่ยงที่ทำการศึกษา

สถานที่และประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ สถานีบริการน้ำมัน จำนวน 1 แห่ง ในพื้นที่ภายในสถานประกอบกิจการโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ทำการประเมินความเสี่ยงและจำลองสถานการณ์การรั่วไหลและระเบิดจากกระบวนการขนถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากรถบรรทุกน้ำมันลงแท้งค์หรือจุดจัดเก็บของสถานีบริการน้ำมัน โดยมีภาชนะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนทั้งสิ้น 2 ถัง ปริมาณจัดเก็บในระบบรวมทั้งสิ้น 40,000 ลิตร มีการจัดวางถังในลักษณะแนวนอนเป็นถึงทรงกระบอกและรถขนส่งน้ำมันจำนวน 1 คัน มีภาชนะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาตร 20,000 ลิตร ซึ่งได้ทำการจำลองโดยกำหนดการรั่วไหลที่วาล์ว ขนาดรูรั่ว 3 นิ้ว ทำการศึกษาในสภาพแวดล้อมและสภาพบรรยากาศจริงของพื้นที่ รายละเอียดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถานีบริการน้ำมันและกระบวนการถ่ายน้ำมัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย:

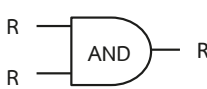
1. วิเคราะห์สาเหตุการเกิดการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยเทคนิควิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis; FTA) การประเมินความเสี่ยงโดยเทคนิค FTA เริ่มจากการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดเหตุการณ์กับความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาเหตุการณ์พื้นฐานที่สำคัญที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ น้ำมันเชื้อเพลิงรั่วไหลจากถังกักเก็บโดยการประเมินเหตุการณ์แรก (Top Event) คือน้ำมันเชื้อเพลิงรั่วไหลจากถังกักเก็บและพิจารณาว่าเหตุการณ์ที่ทำให้ น้ำมันเชื้อเพลิงรั่วไหลมาจากสาเหตุหรือเหตุการณ์ใดได้บ้าง โดยมีการเชื่อมของเหตุการณ์ใช้ลักษณะเป็น AND-gate “” หรือ OR-gate “” แสดงเป็นแผนภูมิต้นไม้ ระบุถึงสาเหตุและขั้นตอนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง หรือความเกี่ยวข้องภายในระบบ (Intermediate Event) ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุย่อยหลายๆ สาเหตุ (Fault Tree Event) “” และสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) “” ที่สนับสนุนให้เกิดสาเหตุย่อยที่สนับสนุนให้เกิดสาเหตุย่อย

การประเมินความเสี่ยงโอกาสการเกิดของเหตุการณ์สามารถคำนวณหาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ โอกาส (Probability) หรือ ความล้มเหลว (Failure) ของการรั่วไหลและความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของน้ำมันเชื้อเพลิงในถังกักเก็บและค่าความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ Logic Gate (AND-gate และ OR-gate) ใช้วิธีการคำนวณตามสมการ Daniel A. Crowl / Joseph F. Louver ⁽⁴⁾ ดังสมการที่ 1-4

Reliability (R) ความน่าเชื่อถือ ; $R = e^{-\mu(t)}$

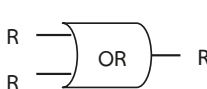
Probability (P) ความน่าจะเป็นไปได้ ; $P = 1 - R$

สมการการคำนวณในรูปแบบของการเชื่อมของเหตุการณ์ด้วย And Gate และ OR Gate



$$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$$

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$



$$R = R_1 R_2$$

$$R = \prod_{i=1}^n R_i$$

ค่าที่ใช้ในการคำนวณเหตุการณ์พื้นฐานปกติที่เกิดขึ้นทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังกักเก็บ ใช้ข้อมูลพื้นฐานของอุปกรณ์ควบคุมการผลิตสากล (International Base Frequency) และข้อมูลเกี่ยวกับอัตราความล้มเหลว (Failure Rate; μ) ของเครื่องมือบางชนิด อ้างอิงตามค่าการศึกษาของ Louver and Louver (2002), Smith and Warwick (1981) และ Offshore Reliability Data Handbook; OREDA⁽⁵⁾ คำนวณหาค่าโอกาสความผิดพลาดของเหตุการณ์ย่อย (Failure Probability, F) และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่เหตุการณ์อยู่สภาวะปกติหรือก่อนการล้มเหลว (Mean Time to Failure; MTTF) ดังสมการที่ 5-6

Failure Probability (F) ; $F_i = 1 - R_i$

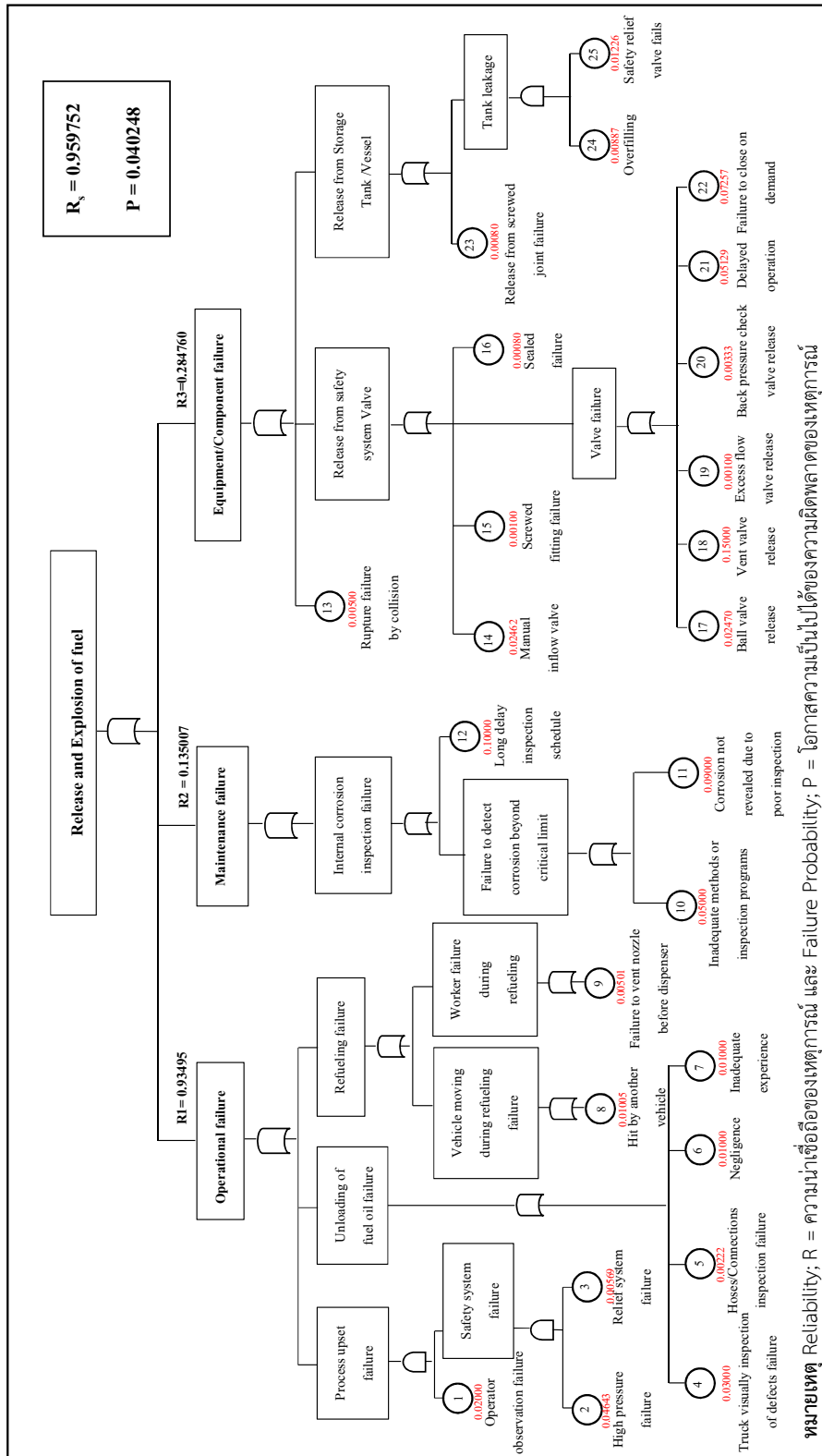
Mean time to Failure; (MTTF) ; $MTTF = 1/\mu$

2. ประเมินผลกระทบการแพร่กระจายและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) จากการประเมินโอกาสความผิดพลาดของอุปกรณ์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง จึงได้จำลองสถานการณ์ (Simulation Scenarios) การรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจากวาล์วรั่วชำรุด ศึกษาผลกระทบการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ จากสภาพแวดล้อมจริงของสถานีบริการน้ำมันโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA Version 5.4.7 ร่วมกับโปรแกรม Google Earth Pro ใช้ข้อมูล

สารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลเอกสารความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) และเงื่อนไขในการจำลองความรุนแรงจากการรั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA ของงานวิจัยนี้ เวลาการรั่วไหล 60 นาที และกำหนดสภาพอากาศตามข้อมูลของอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยสภาพแวดล้อมในการจำลองรายละเอียดดังตารางที่ 1 และการแปลผลความรุนแรงของผลกระทบของเหตุการณ์ในแต่ละสถานการณ์อ้างอิงจาก ALOHA Example Scenarios September 2016⁽⁶⁾ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลสารเคมีและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการคำนวณผลกระทบด้วยโปรแกรม ALOHA

Input Field	Input Value
ส่วนประกอบ	Gasohol 91 (Gasoline 90% Ethanol 10%)
ประเภทอุปกรณ์กักเก็บ	ทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.112 เมตร ความยาว 6.102 เมตร
มวล/ปริมาณ ถังกักเก็บ	20,000 ลิตร
เงื่อนไขที่ระบุ	อุณหภูมิ/แรงดัน
อุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ย 12 เดือน	ประมาณ 27 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิภายในถังกักเก็บ	-
ความดัน	-
ความเร็วลมเฉลี่ย 12 เดือน	7.2 m/s : C (Slightly unstable)
ทิศทางลมเฉลี่ย 12 เดือน	45 degree (NE), 225 degree (SW)
การยกระดับของท่อ	0.9 m.
สถานการณ์	วาล์วรั่ว/ชำรุด ทำให้น้ำมันเกิดการไหล ออกจากภาชนะกักเก็บ
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ	76.2 mm. (3 inch)
ความชื้นเฉลี่ย 12 เดือน	83% Rh
การแผ่รังสี	โอโรเซ



หมายเหตุ Reliability; R = ความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ และ Failure Probability; P = โอกาสความน่าจะเป็นได้ของความผิดพลาดของเหตุการณ์

ภาพที่ 2 ผลการประเมินความเสี่ยงแก๊สรั่วไหลและระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยเทคนิค FTA

ตารางที่ 2 การแปลผลความรุนแรงของผลกระทบ

รูปแบบอันตราย	พื้นที่ผลกระทบ		
	Red Zone	Orange Zone	Yellow Zone
Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) หมายถึง ค่าที่แสดงถึง ระดับความเป็นอันตรายของสารเคมีโดยคิดจากค่าความเป็นพิษ ค่าความเข้มข้นของสารในอากาศ (ppm)			
Toxic Area of Vapor Cloud	AEGL-3 ค่าความเข้มข้นที่มนุษย์ได้รับแล้วมีโอกาสเสียชีวิต	AEGL-2 ค่าความเข้มข้นที่มนุษย์ได้รับแล้วเกิดอาการระคายเคืองหรือเกิดผลข้างเคียง	AEGL-1 ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับกลับแต่ไม่เกิดอาการ
Flammable Vapor Cloud	LEL 60 % ค่าต่ำสุดที่สามารถถูกติดไฟได้	-	LEL 10% ค่าต่ำสุดที่สามารถถูกติดไฟ หากบริเวณนั้นมีประกายไฟ
Thermal Area, Leaking tank	แรงระเบิดสามารถทำลายอาคาร	แรงระเบิดสามารถทำให้ได้รับบาดเจ็บสาหัส	แรงระเบิดสามารถทำให้แก้วแตก
BLEVE tank explodes and chemical burn	แรงระเบิดสามารถทำลายอาคาร	แรงระเบิดสามารถทำให้ได้รับบาดเจ็บสาหัส	แรงระเบิดสามารถทำให้แก้วแตก

ที่มา: ALOHA Example Scenarios September 2016 (2016)

ผลการศึกษา

การประเมินความเสี่ยงแก๊สรั่วไหลและระเบิดของสถานีบริการน้ำมัน และประเมินผลกระทบที่มีต่อพนักงาน สถานประกอบการ ผู้มาใช้บริการ นักท่องเที่ยว ชุมชน และสภาพแวดล้อมใกล้เคียง ซึ่งสถานีบริการน้ำมันนี้ตั้งอยู่ภายในบริเวณโรงไฟฟ้าและอยู่ภายในบริเวณเขื่อนเก็บน้ำแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษาดังนี้

1. ความเสี่ยงแก๊สรั่วไหลและระเบิดของสถานีบริการน้ำมันด้วยเทคนิค FTA

จากการวิเคราะห์และประเมินการเกิดการรั่วไหลและระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis; FTA) ผลการวิเคราะห์สาเหตุหลักสามารถแบ่งออกเป็น 3 สาเหตุ ได้แก่ ความผิดพลาด

จากผู้ปฏิบัติงาน (Operational Failure) ความผิดพลาดจากการบำรุงรักษา (Maintenance Failure) และความผิดพลาดจากอุปกรณ์ (Equipment/Component Failure) และสาเหตุย่อยมีจำนวน 25 สาเหตุ รายละเอียดดังภาพที่ 2

การประเมินโอกาสความผิดพลาด (Failure Probability) ของเหตุการณ์การเกิดการรั่วไหลและระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าเท่ากับ 0.04 หรือ 4% หมายถึง มีโอกาสเกิดขึ้นยาก ซึ่งโอกาสของความล้มเหลวเกิดจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน การบำรุงรักษาและอุปกรณ์ทั้งหมด และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่เหตุการณ์อยู่ในสถานะทำงานปกติหรือก่อนการล้มเหลว (Mean time to Failure; MTTF) เท่ากับ 24 ปี โดยสาเหตุของโอกาสของการเกิดความผิดพลาด (Failure Probability) ของแต่ละสาเหตุพื้นฐาน

(Basic event) สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ การรั่วไหลของวาล์วระบาย (Vent valve release) 0.1393 (13.93%), วิธีการตรวจสอบที่ไม่เพียงพอ (Inadequate methods or inspection programs) 0.0861 (8.61%) และการกัดกร่อนเนื่องจากการตรวจสอบไม่เพียงพอ (Corrosion not revealed due to poor inspection) 0.9520 (9.52%)

2. ผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม ALOHA

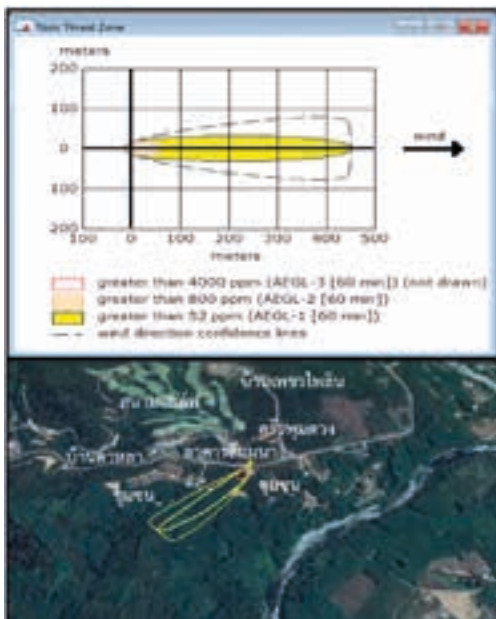
จากการประเมินผลกระทบการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม ALOHA จำลองสถานการณ์การรั่วไหลจากวาล์วรั่วชำรุดซึ่งได้มาจากผลการประเมินความเสี่ยงจุดที่มีโอกาสเกิดเหตุการณ์ในกระบวนการขนถ่ายน้ำมันจากรถบรรทุกลงแท้งก์จัดเก็บปริมาตร 16,000 ลิตร ขนาดรั้ว 76.2 มม. หรือ 3 นิ้ว สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบความเป็นอันตราย 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) รัศมีการแพร่กระจาย

ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นอันตราย (Toxic Area of Vapor Cloud) 2) รัศมีการกระจายของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความสามารถในการลุกติดไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud) 3) รัศมีการลุกติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง แบบติดไฟเป็นลำพุ่งออกไป (Jet Fire) หรือเกิดจากไฟไหม้ในแอ่งของเหลวไวไฟ (Pool Fire: Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire) และ 4) รัศมีการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิง ในรูปของการแผ่รังสีความร้อน (Boiling liquid expanding vapor explosion; BLEVE tank explodes and chemical burn) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งพื้นที่อันตรายได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่สีแดง ความรุนแรงสูงสุด อาจถึงขั้นเสียชีวิต (Red Zone), 2) พื้นที่สีส้ม ความรุนแรงระดับที่ 2 (Orange Zone) และ 3) พื้นที่สีเหลือง ความรุนแรงถึงขั้นได้รับบาดเจ็บ (Yellow Zone) การจำลองสถานการณ์รายละเอียดดังตารางที่ 3

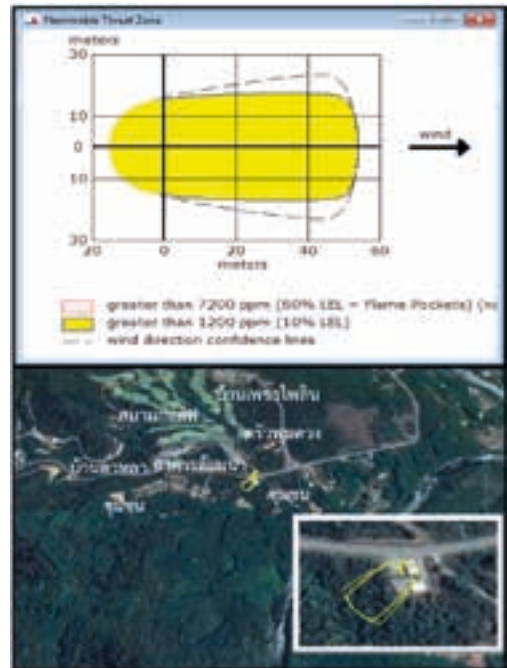
ตารางที่ 3 ความรุนแรงและผลกระทบจากการรั่วไหลและการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

รูปแบบอันตราย	พื้นที่อันตราย								
	Red			Orange			Yellow		
	Perimeter	Area	Radius	Perimeter	Area	Radius	Perimeter	Area	Radius
Toxic Area of Vapor Cloud	-	AEGL-3: 4,000 ppm	20 m.	188 m.	AEGL-2: 800 ppm	2,312 m ³	57 m.	970 m.	452 m.
Flammable Area of Vapor Cloud	188 m.	LEL 60%: 7,200 ppm	22 m.	-	-	-	1,081 m.	LEL 10%: 1,200 ppm	54 m.
Jet Fire	97.9 m.	Radiation 10.0 kW/m ² : potentially lethal	23 m.	133 m.	Radiation 5.0 kW/m ² : 2 nd degree burns	1,392 m ²	28 m.	-	-
BLEVE	2,009 m.	Radiation 10.0 kW/m ² : potentially lethal	319 m.	2,844 m.	Radiation 5.0 kW/m ² : 2 nd degree burns	643,333 m ²	452 m.	4,441 m.	706 m.

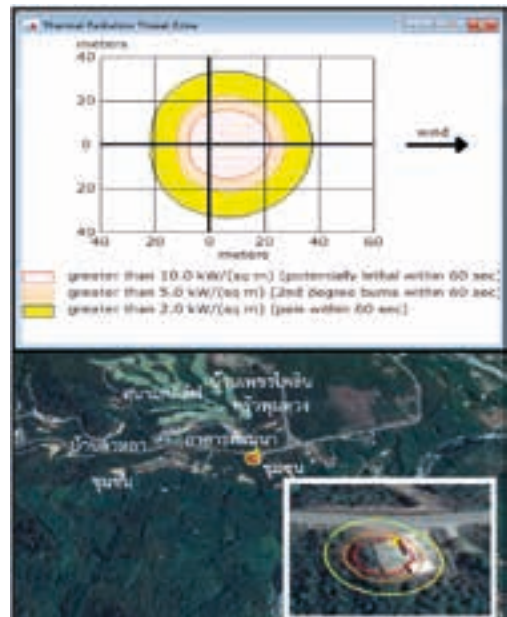
จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ALOHA แสดงผลผ่าน Foot print ความรุนแรงและผลกระทบ จากทั้ง 4 รูปแบบ สถานการณ์อันตรายหรือพื้นที่ อันตรายรุนแรงสูงสุด (Red Zone) หมายถึง มีโอกาส ทำให้คนเสียชีวิต แรเงระเบิดสามารถทำลายอาคารได้ จะเห็นได้ว่าระยะขอบเขตเส้นรอบ (Perimeter) ยาว อยู่ในช่วง 188 - 2,009 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ (Area) ตั้งแต่ 758 - 320,998 ตารางเมตร รัศมี (Radius) ผลกระทบตั้งแต่ 20 - 319 เมตร อีกทั้งพื้นที่อันตราย ความรุนแรงน้อยสุด (Yellow Zone) หมายถึง คนได้ รับกลิ่นระเหย/ไหม้จากสารเคมีแต่อาจไม่มีอาการ หรือเกิดการบาดเจ็บเล็กน้อย แรเงระเบิดสามารถ ทำให้แก้วแตก รัศมีผลกระทบตั้งแต่ 54 - 706 เมตร ซึ่งจากผลการจำลองพื้นที่ผลกระทบผ่านภาพถ่าย ดาวเทียมพบว่าบริเวณผลกระทบครอบคลุมตั้งแต่ สถานีบริการน้ำมัน อาคารสำนักงานของโรงไฟฟ้า รีเสอร์ช/ที่พักนักท่องเที่ยว ชุมชน แหล่งท่องเที่ยว ภายในเขื่อนและแม่น้ำ/แหล่งน้ำใกล้เคียงรายละเอียด ดังภาพที่ 3, 4, 5 และ 6



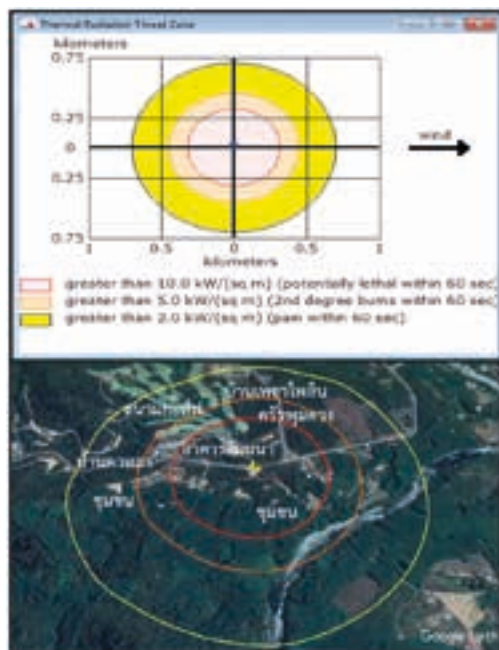
ภาพที่ 3 รัศมีการแพร่กระจายของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นอันตราย (Toxic Area)



ภาพที่ 4 รัศมีการแพร่กระจายของน้ำมันเชื้อเพลิงในการลุกติดไฟ (Flammable Area)



ภาพที่ 5 รัศมีการลุกติดไฟแบบ Jet Fire หรือ Pool Fire ของน้ำมันเชื้อเพลิง (Thermal Area)



ภาพที่ 6 รัศมีการระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบของการแผ่รังสีความร้อน (BLEVE Area)

อภิปรายผล

ความเสี่ยงแก๊สรั่วไหลและระเบิดของสถานีน้ำมันเกิดจากสาเหตุหลัก 3 สาเหตุ และสาเหตุย่อยมีจำนวน 25 สาเหตุ โอกาสเกิดยากสอดคล้องกับผลการประเมินความเสี่ยงที่พบโอกาสความผิดพลาดในสถานีนบริการแก๊ส LPG⁽⁷⁾, ไฮโดรเจน⁽⁸⁾ โรงไฟฟ้าแก๊สธรรมชาติ⁽⁹⁻¹⁰⁾ และสถานีเติมแก๊สธรรมชาติ⁽¹¹⁻¹²⁾ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าสถานีนบริการน้ำมัน ยังมีส่วนที่เพิ่มเติมของสาเหตุที่มีความเสี่ยง เช่น การต่อสายหัวจ่ายเข้ากับตัวถังรถผู้รับบริการ การขับรถออกขณะที่หัวจ่ายกำลังเติม/ต่อกับตัวรถ และการรั่วไหลจากท่อ ผลการศึกษาที่ผ่านมาเหล่านี้ทำให้สถานประกอบการสามารถนำไปพิจารณาป้องกันและควบคุมเหตุการณ์ก่อนเกิดเหตุได้ดียิ่งขึ้น หากเปรียบเทียบโอกาสการเกิดเหตุการณ์การรั่วไหลและระเบิดของแก๊สระหว่างสถานีนบริการน้ำมันเชื้อเพลิงกับพลังงานอื่นๆ (1.2-3.8%) จะพบว่าสถานีนบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสเกิดขึ้นสูงที่สุด

(4%) หากทราบถึงสาเหตุที่ชัดเจนและโอกาสความผิดพลาดที่เป็นไปได้ จะทำให้สถานประกอบการสามารถเตรียมความพร้อมในการจัดการได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นบริษัทจึงจำเป็นต้องเฝ้าระวัง ป้องกันสาเหตุส่วนอื่นๆ ที่มีความเสี่ยงสูงจากผลการศึกษาร่วมด้วย

ความรุนแรงของผลกระทบมีรูปแบบความเป็นอันตราย 4 รูปแบบ ตั้งแต่สามารถทำให้เกิดการเสียชีวิตทรัพย์สินเสียหายและการนำไปสู่ระยะผลกระทบที่ไกลที่สุดเกือบหนึ่งกิโลเมตร เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาการแพร่กระจายและระเบิดจากการรั่วของแก๊ส LPG ในสถานีนบริการแห่งหนึ่งและก๊าซปิโตรเลียมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง พบว่าขนาดรอยรั่วเล็กกว่า (1.5 นิ้ว) ปริมาตรการรั่วไหลน้อยกว่า ทำให้รัศมีการแพร่กระจาย/ระยะผลกระทบใกล้กว่า อีกทั้งคุณสมบัติการไวไฟของ LPG ที่ต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงจึงทำให้เกิดการติดไฟรุนแรงน้อยกว่า ซึ่งผลกระทบของเหตุการณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลและระเบิดคือ กระทบต่อพนักงานโดยตรง ประชาชนชุมชนและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงที่รัศมีระยะระหว่าง 53 - 329 เมตร⁽¹³⁻¹⁴⁾ จะเห็นได้ว่าระยะของผลกระทบของสถานีนบริการพลังงานอื่นน้อยกว่าสถานีนบริการน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของการรั่วไหลและระเบิดของแก๊สนอกจากปริมาณการจัดเก็บ ขนาดรอยรั่วแล้ว สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ของพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางการรั่วไหลและทิศทางลม⁽¹⁵⁾ ผลการศึกษาเหล่านี้มีความสำคัญเนื่องจากผลลัพธ์ของเหตุการณ์ที่สามารถนำมาจัดทำแผนฉุกเฉินที่ใกล้เคียงและเตรียมพร้อมรับกับสถานการณ์จริงมากที่สุด

ถึงแม้ว่าผลการประเมินโอกาสการเกิดเหตุการณ์รั่วไหลและระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงในสถานีนบริการน้ำมันจะเกิดขึ้นยาก แต่หากเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลกระทบรุนแรงมหาศาลไม่อาจประเมินค่าได้ ข้อมูลสำคัญที่ได้จากการศึกษานี้ ในส่วนของผลการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดเหตุการณ์สามารถนำไปสู่การเตรียมพร้อมรับ

เหตุฉุกเฉินในระยะก่อนเกิดเหตุ เช่น การบริหารจัดการเตรียมความพร้อมของทรัพยากรด้านต่างๆ การควบคุมดูแล ตรวจสอบ ป้องกันการอบรมให้ความรู้ ฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินให้กับพนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้องครอบคลุมบริเวณที่ได้รับผลกระทบทั้ง 3 Zone และข้อมูลที่ได้จากศึกษาความรุนแรงของผลกระทบทั้งรูปแบบการเกิดระดับความความรุนแรงของระยะผลกระทบในพื้นที่ต่างๆ สามารถนำไปจัดทำแผนฉุกเฉินในระยะขณะเกิดเหตุและหลังเกิดเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะขณะเกิดเหตุสถานประกอบการจำเป็นต้องพิจารณาบริหารจัดการเตรียมความพร้อมและตอบโต้เหตุฉุกเฉินในพื้นที่ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น 1) พื้นที่อันตรายรุนแรงสูงสุด (Red Zone) บุคคลกรที่ดำเนินการเข้าระงับเหตุต้องมีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ต้องดำเนินการร่วมมือและได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีความเชี่ยวชาญโดยเฉพาะ 2) พื้นที่อันตรายรุนแรงปานกลาง (Orange Zone) จะเป็นพื้นที่ที่มีการเตรียมความพร้อมของทรัพยากรในการเข้าไปสนับสนุนในระงับเหตุหรือตอบโต้เหตุฉุกเฉิน รวมทั้ง

หากมีผู้ได้รับบาดเจ็บถึงชีวิตจำเป็นต้องอพยพออกมาจากพื้นที่ Red Zone มายังพื้นที่นี้ 3) พื้นที่อันตรายรุนแรงน้อย (Yellow Zone) เป็นพื้นที่ที่ยังจำเป็นต้องมีการกักกันไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องผ่านเข้าไป เป็นที่สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย อพยพ ช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ ลำเลียงผู้คนและทรัพย์สินออกจากบริเวณนี้ไปยังพื้นที่ปลอดภัยหรือจุดรวมพลเรียกว่า Green Zone ดังนั้นการจัดทำแผนฉุกเฉิน (Emergency Plan) ที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับสถานการณ์และความรุนแรงจริง เพื่อดำเนินการจัดการความเสี่ยงลดและบรรเทาความรุนแรงของเหตุการณ์ที่อาจส่งผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อชีวิตและทรัพย์สินของพนักงานในสถานีบริการน้ำมัน ผู้มารับบริการ ทรัพย์สินของบริษัท ประชาชน/นักท่องเที่ยว เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ลดความสูญเสียและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมและเสนอแนะแผนการดำเนินการกรณีเหตุฉุกเฉินแก๊สรั่วไหลและการระเบิดของสถานีบริการน้ำมันภายในโรงไฟฟ้ารายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อเสนอแนะการจัดทำแผนฉุกเฉิน

รายละเอียด	ข้อเสนอแนะ
1. ผลจากการวิเคราะห์โอกาสความผิดพลาด	1. ก่อนเกิดเหตุ
1.1 ความผิดพลาดจากผู้ปฏิบัติงาน เช่น	1.1 จัดทำให้มีแผนการตรวจสอบอุปกรณ์เป็นประจำเบื้องต้น
- ขาดการตรวจสอบอุปกรณ์	พนักงานเองและผู้เชี่ยวชาญตามระยะเวลา
- ขาดการตรวจสอบรถบรรทุก	1.2 จัดให้มีการอบรมส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจและเพิ่มทักษะ
1.2 ความผิดพลาดจากขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น	1) การตรวจสอบอุปกรณ์ เครื่องมือของสถานีบริการน้ำมันและรถบรรทุก
- วิธีการตรวจสอบที่ไม่เพียงพอ	2) การบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงต่อความผิดปกติ/ง่ายต่อการเสื่อม เสียหาย ชำรุด
- การตรวจสอบไม่เพียงพอ	3) การอพยพหนีไฟ กรณีเกิดเหตุสารเคมีรั่วไหล หรือเกิดการระเบิด
1.3 ความผิดพลาดจากอุปกรณ์ เช่น	ระยะปลอดภัยในการอพยพของพนักงานและผู้อาศัย ชุมชนรอบสถานีบริการน้ำมัน
- วาล์วระบาย	1.3 จัดทำแผนฉุกเฉินและทีมตามแผนฉุกเฉินในส่วนต่างๆ
- ข้อต่อท่อ	1.4 จัดให้มีการฝึกซ้อมหนีไฟตามแผนการอพยพหนีไฟ การฝึกซ้อมแผนเป็นประจำทุกปี อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับหน่วยงานราชการและชุมชนใกล้เคียง

ตารางที่ 4 ข้อเสนอแนะการจัดทำแผนฉุกเฉิน (ต่อ)

รายละเอียด	ข้อเสนอแนะ
2. ผลของการประเมินผลกระทบ ที่ระยะที่ไกลที่สุดรัศมี 706 เมตร	2. ขณะเกิดเหตุ 2.1 แผนการระงับเหตุ: ฝึกอบรม/ซ้อมแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินกรณีน้ำมันเชื้อเพลิงรั่วไหล 2.2 แผนการอพยพหนีไฟ - ฝึกซ้อมการอพยพไปรวมกันยังจุดที่ปลอดภัยหรือจุดรวมพลภายนอกสถานีบริการน้ำมัน (Green Zone or Assembly Point) ในระยะที่ปลอดภัยจากรัศมีผลกระทบตั้งแต่ Red Zone ถึง Yellow Zone - ประสานงานการแจ้งเหตุหน่วยงานภายนอกเพื่อทำการอพยพประชาชนในชุมชนให้ความรู้เกี่ยวกับ ผลกระทบจากการแพร่กระจายในเบื้องต้น แก่ชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตามที่ได้มีการประเมินผลกระทบ 3. หลังเกิดเหตุ 3.1 วิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบจากเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นเพื่อหามาตรการป้องกันและแนวทางการแก้ไข 3.2 จัดให้มีการรายงานการเกิดเหตุแก๊สรั่ว ทุกครั้ง และมีการแก้ไขปรับปรุง และทบทวนแผน 3.3 ดำเนินการปรับปรุงให้เข้าสู่สภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งานอย่างรวดเร็วที่สุด 3.4 ควรมีมาตรการในการสร้างขวัญและกำลังใจให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานในสถานีบริการน้ำมัน บรรเทาทุกข์และฟื้นฟู รวมไปถึงชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ฉุกเฉิน

เอกสารอ้างอิง

1. Transport Statistics Sub-Division, Planning Division, Department of Land Transport. Number of Vehicle Registered in Thailand as of 29 February 2020. [Internet]. 2020 [Cited in 13 April, 2020]. Retrieved from: <https://web.dlt.go.th/statistics/>.
2. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. Petroleum Products 2015 to 2019. [Internet]. 2020 [Cited in 13 April, 2020]. Retrieved from: [http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-petroleum?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-petroleum?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1).
3. Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Surveillance Report on Chemical Situation in the Fiscal Year 2017. [Internet]. 2018 [Cited in 13 April, 2018]. Retrieved from: <http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation/Chemical%20accident2560.pdf>.
4. Daniel, A. C., Joseph F. L. Chemical Process Safety. 2nd ed. Prentice Hall PTR. (2002). ISBN: 0-13-122858-7. USA
5. OREDA: Offshore Reliability Data Handbook. (4th ed.) 2002.

6. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration and U.S. Environmental Protection Agency Office of Emergency Management. ALOHA Example Scenarios September 2016. [Internet]. 2018 [Cited in 13 April, 2018]. Retrieved from: https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Examples.pdf.
7. Rajakarunakaran, S., Kumar, A. M., Prabhu, V. A. Applications of fuzzy faulty tree analysis and expert elicitation for evaluation of risks in LPG refuelling station. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2015; 33: 109–123.
8. Al-shanini, A., Ahmad, A., Khan, F. Accident modelling and safety measure design of a hydrogen station. *International Journal of Hydrogen Energy* 2014; 39: 20362–20370.
9. Hui, S., Guoning, D. Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. *International Symposium on Safety Science and Technology, Proceeding Engineering* 2012; 45: 352–359.
10. Tan, Q., Chen, G., Zhang, L., Fu, J., Li, Z. Dynamic accident modeling for high-sulfur natural gas gathering station. *Process Safety and Environmental Protection* 2014; 92: 565–576.
11. Wang, D., Lianga, P., Yua, Y., Fua, X., Hu, L. An integrated methodology for assessing accident probability of natural gas distribution station with data uncertainty. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2019; 62: 103941.
12. Bajcar, T., Cimerman, F., Sirok, B. Model for quantitative risk assessment on naturally ventilated metering-regulation stations for natural gas. *Safety Science* 2014; 64: 50–59.
13. Saosiri, W. Bangkok Study of Impact of Dispersion and Explosion of Liquefied Petroleum Gas from LPG Station by Using ALOHA Model. An exploratory study (Master degree). Thammasat University. 2016. (In Thai).
14. Suyasa, S., Jarungthammachote, S., Patvichaichod, S. Impact Assessment of Liquefied Petroleum Gas Leakage in Vehicle Parts Factory. The national conference 13rd, Kasetsart University, 8–9 December 2016. (In Thai).
15. Liang, Y., Pan, X., Zhang, C., Xie, B., Liu, S. The simulation and analysis of leakage and explosion at a renewable hydrogen refuelling station. *International Journal of Hydrogen Energy* 2019; 44(4023): 22608–22619.