

การจำลองสถานการณ์และผลกระทบจากการรั่วไหลของรถบรรทุกถัง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการขนส่งด้วยโปรแกรม ALOHA และ Google Earth บน ถนนบางนา-ตราด กม.19 จังหวัดสมุทรปราการ

กิจจา จิตรภิมย์*, เบญจมาภรณ์ ดรตะโกน, ภูวดล สาระผล, ณัฐพร บุญโต

สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author email: kj.pirom@yahoo.com

ได้รับบทความ: 10 กรกฎาคม 2566

ได้รับบทความแก้ไข: 17 ตุลาคม 2566

ยอมรับตีพิมพ์: 3 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยใช้รถบรรทุกและพบว่ามีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจนเกิดการรั่วไหลหรือระเบิดอันส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์และผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการขนส่งด้วยโปรแกรม ALOHA ร่วมกับโปรแกรม Google Earth ที่เกิดขึ้นบน ถนนบางนา-ตราด กม.19 จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นการแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ โดยจำลองลักษณะภูมิอากาศตามฤดูกาลของประเทศไทย ทั้ง 3 ฤดู (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) เพื่อที่จะวิเคราะห์หวัหวัและทิศทางของการแพร่กระจายของสารเคมี ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อชุมชน และพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงหากมีกรณีมีการรั่วไหลและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการเกิดอันตรายในแต่ละฤดูกาล

จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นแผนภาพของการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ได้ดี โดยพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมและทิศทางของลมในแต่ละฤดูกาลสามารถทำให้เกิดความอันตรายที่แตกต่างกัน ผลจากแบบจำลองนี้สามารถนำไปประกอบการจัดทำแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นบริเวณพื้นที่ดังกล่าว หรือใช้เป็นบทเรียนในการจัดการการรั่วไหลสารเคมีใน

พื้นที่อื่น ๆ ต่อไป อย่างไรก็ตามโปรแกรม ALOHA นี้สามารถนำไปใช้ทำนายกรณีการรั่วไหลของสารเคมีในพื้นที่โล่งเท่านั้น

คำสำคัญ: ก๊าซปิโตรเลียมเหลว / การรั่วไหล / โปรแกรม ALOHA

ALOHA Sharing with Google Earth Simulation and the Impacts of LPG Tank Truck Leakage Accident Based on the Transportation at Bangna-Trad Road Km.19 Samut Prakan Province

Kitja Chitpirom^{1*}, Benjamaporn Dontakon¹, Phuwadon Saraphon¹
Nattaporn Boonto¹

¹Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding author email: kj.pirom@yahoo.com

Received: 10 July 2023

Revised: 17 October 2023

Accepted: 3 November 2023

Abstract

Liquefied petroleum gas (LPG) is now shipped using a truck and it is found to have an accident causing a leak or explosion affecting life, property, and the environment. The purpose of this research is to simulate the situation and assess the impacts of an LPG tank truck leakage accident based on the transportation at Bangna-Trad Road Km.19, Samut Prakan Province by using ALOHA sharing with Google Earth software. It is a geographic representation of information on electronic maps by simulating the climate according to the 3 seasons of Thailand; summer, rainy and winter seasons, in order to analyze the radius and direction of chemical distribution, the degree of severity of impact on communities and surrounding accident areas, and compare the hazard effects of each season.

The result is that, there are good scenarios of the spread of liquid petroleum gas in various situations. The result is found that the difference in in temperature, humidity, wind speed and wind direction in each season can

lead to different hazards. The data of this model can be used to improve an emergency response plan in the event of an incident in the area or as a lesson to further manage chemical leakage in other areas. However, the ALOHA program can only be used to predict chemical spills in open areas.

Keywords: Liquefied Petroleum Gas (LPG) / Release / ALOHA

บทนำ

ในระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้เกิดอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีเป็นจำนวนมาก กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข โดยกลุ่มระบาดวิทยาและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ได้รวบรวมเหตุการณ์อุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี เพื่อเป็นข้อมูลการเฝ้าระวังเหตุการณ์ด้านอุบัติเหตุสารเคมี พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2563–2565 มีเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีเกิดขึ้นทั้งหมด จำนวน 147 ครั้ง ซึ่งลักษณะการเกิดเหตุการณ์เป็นการเกิดจากไฟไหม้มากที่สุดจำนวน 87 ครั้ง รองลงมาเกิดจากอุบัติเหตุขนส่ง จำนวน 28 ครั้ง การรั่วไหลจำนวน 17 ครั้ง การลักลอบทิ้งจำนวน 8 ครั้ง และการระเบิดจำนวน 7 ครั้ง ตามลำดับ ซึ่งในเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีตามจำนวนดังกล่าวนี้ มีสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุด้านสารเคมีที่มาจากน้ำมันเชื้อเพลิง/ก๊าซธรรมชาติ และส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุจากการขนส่งจำนวน 25 ครั้ง [1]

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas: LPG) เป็นเชื้อเพลิงที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายทั้งในภาคครัวเรือนเพื่อการประกอบอาหาร ภาคธุรกิจ บริการร้านอาหาร การผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่งสำหรับเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์เพื่อการเดินทางหรือการขนส่งสินค้าและยังใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีอีกด้วย LPG เป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน และได้จากการแยกก๊าซธรรมชาติ ซึ่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะให้ค่าความร้อนที่สูงเพราะประกอบไปด้วย โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ซึ่งมีสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงติดไฟง่าย และเป็นพลังงานที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [2,3]

เนื่องจากสมบัติเฉพาะดังกล่าวหากเกิดการระเบิดหรือรั่วไหลจะทำให้ได้รับผลกระทบได้ อันตรายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถจำแนกได้ 3 ประการคือ 1. เป็นสาเหตุของไฟไหม้หรือการระเบิด เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถติดไฟได้ง่ายเมื่อมีอากาศผสมในอัตราส่วนที่อยู่ในพิสัยของการระเบิด ร่วมกับการมีประกายไฟ ในบางกรณีจึงอาจมีการระเบิดเกิดขึ้นด้วย 2. สามารถทำให้เกิดการขาดอากาศ จากสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลก๊าซนี้จะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์เกิดการขาดอากาศหายใจจนเป็นเหตุถึงแก่ชีวิตได้ 3. ทำให้เกิดผิวหนังไหม้เพราะความเย็นจัด ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวเมื่อมีความดันสูงหรือมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด ดังนั้นเมื่อความดันลดลงก๊าซจะระเหยทันทีในขณะที่เดียวกันจะดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมทำให้บริเวณที่สัมผัสเย็นลงโดยฉับพลัน และเมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วจากภาชนะบรรจุจึงมีน้ำแข็งเกาะจับบริเวณที่รั่ว

ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในอากาศถูกความเย็นจัดจนกลายน้ำแข็ง เช่นเดียวกันเมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวหยดหรือกระเด็นถูกผิวหนัง ความเย็นที่เกิดจากการระเหยของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยฉับพลันอาจทำให้ผิวหนังไหม้จากความเย็นได้ทันที [4]

ด้วยอันตรายที่อาจเกิดขึ้นดังกล่าวนี้จึงได้มีมาตรการที่เกี่ยวข้องในการขนส่ง เพื่อป้องกันหรือการจัดการการรั่วไหลที่เกิดกับก๊าซปิโตรเลียมจากการขนส่ง ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ถูกต้องตามกฎหมายกระทรวง การขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยถังขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2564 เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นการเตรียมการเพื่อรองรับกรณีเกิดเหตุก๊าซปิโตรเลียมรั่วไหลนับเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการ ในการจัดเตรียมความพร้อมด้านเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ระวังเหตุฉุกเฉิน เพื่อให้มีความพร้อมในการเผชิญเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น ดังนั้นการอบรมเป็นการสื่อความเข้าใจเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องมีความรู้ มีทักษะเมื่อเกิดเหตุ การจัดทำแผนเผชิญเหตุกรณีเกิดเหตุรั่วไหล เพื่อให้มีแผนสำหรับเข้าเผชิญเหตุและบริหารจัดการเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการทดสอบและการซ้อมแผนจัดการเหตุรั่วไหลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีความคุ้นชิน และความคล่องตัวในการเข้าเผชิญเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น [5] ด้วยเหตุนี้ในหลายจังหวัดจึงมีการฝึกซ้อมการระงับภัยจากสารเคมี และวัตถุอันตรายในทุก ๆ ปี ดังเช่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ได้มีการจัดทำคู่มือการฝึกการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และการจัดการฝึกซ้อมการระงับภัยจากสารเคมี และวัตถุอันตราย (ในภาคการขนส่งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม) โดยมีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ การฝึกปฏิบัติประกอบด้วย การฝึกเชิงปฏิบัติการในขนาดเฉพาะหน่วย หรือเฉพาะกิจ การฝึกแบบสมจริงปฏิบัติจริง เคลื่อนย้ายทรัพยากรจริงแต่อาจไม่ฝึกในสถานที่จริง การฝึกเพื่อทดสอบประเมินการปฏิบัติ ทักษะของผู้ปฏิบัติ ประสิทธิภาพของเครื่องมือหรือหลายวัตถุประสงค์รวมกัน การสร้างเหตุการณ์จำลองในการฝึก และมีการควบคุมและบันทึกเวลาในการฝึก ภาคทฤษฎีเป็นการอภิปรายเกี่ยวกับแผน มาตรการ หรือขั้นตอนการปฏิบัติ การฝึกเพื่อทดสอบ ประเมินประสิทธิภาพ หรือความเหมาะสมของแผน มาตรการ

ขั้นตอนการใช้สถานการณ์สมมติ เพื่อทดสอบประเมินว่า แผน มาตรการ ขั้นตอนสามารถรองรับสถานการณ์นั้น ๆ ได้มีประสิทธิภาพเพียงใด หรือมีแผนรองรับสถานการณ์นั้น ๆ หรือไม่ [6] อย่างไรก็ตามการฝึกซ้อมหรือการฝึกปฏิบัติมีข้อดีที่ได้ปฏิบัติจริง สามารถกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้จนเกิดทักษะได้ดี แต่อาจมีข้อจำกัดอยู่หลายประการทั้งด้านงบประมาณ เวลา กำลังคน สถานที่ และการวางแผนเตรียมการ ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้ร่วมหรือประกอบในการจัดทำแผนด้านการควบคุมป้องกันอุบัติภัยต่าง ๆ เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวและช่วยเสริมให้การทำแผนนั้นมีประสิทธิผลเพิ่มขึ้น

โปรแกรม ALOHA เป็นโปรแกรมการคำนวณการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลในอากาศ สามารถประเมินอันตราย ได้แก่ ความเป็นพิษ ความไวไฟ รังสีความร้อน และการ

ระเบิด เป็นต้น [7] โดยโปรแกรม ALOHA ที่นำมาใช้ในการจำลองมีข้อดี คือ ทำได้ง่าย ทำให้ทราบสถานการณ์และขอบเขตของการระเบิด รวมถึงทิศทางการแพร่กระจายของสารเคมีรั่วไหลในอากาศที่อาจเกิดขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนลดความเสี่ยงและการอพยพ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม ALOHA ร่วมกับ Google earth เพื่อจำลองสถานการณ์และผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ตามฤดูกาลของประเทศไทย ทั้ง 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว หากเกิดแก๊สปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลบริเวณพื้นที่ถนนบางนา-ตราด กม.19 ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงหรือส่งผลกระทบต่อได้สูงหากมีการรั่วไหลของสารเคมีโดยอาจส่งผลกระทบต่อได้บริเวณกว้างเนื่องจากมีกิจกรรมที่หลากหลายเป็นศูนย์กลางการขนส่งและโลจิสติกส์ เป็นที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและบริษัทขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก ทั้งยังมีพื้นที่คลังเก็บสินค้าและที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เป็นแหล่งจ้างงานที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดสมุทรปราการ ประกอบกับมีบ้านเรือนประชาชน บัม น้ำมัน อาคารพาณิชย์ ตึกสูง ศาสนสถาน สถานีตำรวจ รวมถึงอยู่ใกล้พื้นที่ โรงเรียน มหาวิทยาลัย และหอพักนักศึกษา และเป็นทำเลที่มีศักยภาพเชื่อมต่อแหล่งผลิตในพื้นที่อีสเทิร์นซีบอร์ด (Eastern seaboard) [8]

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการจำลองการรั่วไหลและระเบิดโดยใช้โปรแกรม ALOHA สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในการประเมินการแพร่กระจายของสารเคมี กรณีรั่วไหลที่มีการรั่วไหลไปในอากาศและในกรณีที่เกิดการระเบิดขึ้นที่แสดงผลร่วมกับโปรแกรม Google Earth ซึ่งเป็นการแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ โดยดำเนินการจากการรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการระบุค่า และระบุข้อมูลเพื่อนำมาจำลองการรั่วไหลและระเบิด โดยมีส่วนของข้อมูลดังนี้

1. เครื่องมือ โปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) version 5.4.7 [9] และโปรแกรม Google earth pro version 7.3 [8]

2. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

2.1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดำเนินการป้อนค่าให้โปรแกรม ALOHA เพื่อทำการศึกษาใช้พื้นที่เป็นจังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย พื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 1.0 เมตร เลือกพื้นที่ที่ไม่ใช่ U.S. (Not in U.S.) แล้วทำการเพิ่มจังหวัดสมุทรปราการ ถนน บางนา-ตราด อยู่ในตำแหน่งที่ละติจูด 13 องศา 36 ลิปดา และ 34.2 พิลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 45 ลิปดา และ 54.4 พิลิปดาตะวันออก เขตเวลา -7 (GMT) อ้างอิงตามข้อเสนอแนะโปรแกรม ALOHA และเลือกใช้เวลามาตรฐาน โดยกำหนดจุดเกิดเหตุที่เป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการทำนาย จำนวน 3 จุดบนถนนบางนา-

ตราด กม.19 ได้แก่ จุดต้นทาง (เขตตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ) จุดกลางทาง (เขตตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ) และจุดปลายทาง (เขตตำบลบางพลีน้อย อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ) โดยจุดต้นทางมีระยะทางห่างจากจุดกลางทาง 14 กิโลเมตร จุดกลางทางมีระยะทางห่างจากจุดปลายทาง 6 กิโลเมตร และจุดต้นทางมีระยะทางห่างจากจุดปลายทาง 20 กิโลเมตร ซึ่งทั้ง 3 จุด เป็นพื้นที่เปิดโล่ง โดยมีพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบดังนี้ ทิศเหนือ มีพื้นที่ติดกับซอยร่วมใจ เป็นพื้นที่โรงงานและพื้นที่บ้านเรือนประชาชน ทิศใต้ มีพื้นที่ติดกับถนนบางนา-ตราด และคลังสินค้า ทิศตะวันออก มีพื้นที่อยู่ใกล้บริเวณบ้านเรือน และติดกับบริเวณของปั้มน้ำมัน ส่วนทิศตะวันตก มีพื้นที่อยู่ใกล้บริเวณมหาวิทยาลัย และหอพักนักศึกษา

2.2 ข้อมูลสารเคมีในโปรแกรม ALOHA ไม่พบฐานข้อมูลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยตรง ผู้วิจัยจึงใช้อัตราส่วนจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (SDS) ในอัตราส่วน โพรเพนร้อยละ 60 และบิวเทนร้อยละ 40 [10] โดยเลือกข้อมูลสารเคมีโพรเพนมาใช้ในโปรแกรม ALOHA เนื่องจากในก๊าซปิโตรเลียมเหลวมี โพรเพนเป็นส่วนประกอบที่มากที่สุด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูล ก๊าซโพรเพน (C_3H_8)

พารามิเตอร์	ค่า
CAS Number	74-98-6
น้ำหนักโมเลกุล	44.10 กรัม/โมล
จุดเดือด	-42.00 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของการจุดติดไฟ	460-580 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของไอก๊าซ	1.5 เท่า
ขีดจำกัดของการติดไฟ	ร้อยละ 2.0–10.0 ของก๊าซในอากาศ
IDLH	2100 ppm

2.3 ข้อมูลสภาพอากาศโดยใช้ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสมุทรปราการ ช่วงปี 2565 ซึ่งนำเสนอโดย Weather spark [11] เป็นค่าเฉลี่ยตามฤดูกาลทั้งปี ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลมโดยวัดที่ระดับความสูง 10 เมตร ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์โดยในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิ ความเร็วลมสูงกว่าฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ แต่มีความชื้นต่ำกว่าฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ และแต่ละฤดูจะมี

ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิและความชื้นอากาศที่แตกต่างกันทำให้มีการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

2.4 ข้อมูลแหล่งกำเนิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแท็งก์แบบอัดอากาศรูปทรงกระบอกได้กำหนดดังตารางที่ 3 โดยกำหนดการรั่วไหลในพื้นที่โล่ง ซึ่งทำการจำลองสถานการณ์ 3 รูปแบบ คือ

1) การรั่วไหลในกรณีที่ไม่ติดไฟเมื่อออกสู่บรรยากาศ ประกอบด้วย 1.1) การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกเป็นพิษ (Toxic area of vapor cloud) ความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่เกิดเหตุ 1.2) การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable vapor cloud) ความเข้มข้นของสารเคมีที่แพร่กระจายออกมาจากภาชนะบรรจุเพื่อกำหนดระยะปลอดภัยต่อการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ และ 1.3) การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor cloud explosion: Overpressure blast force) เป็นการพิจารณาแรงดันที่เกิดแล้วส่งผลกระทบต่อบุคคลและโครงสร้างอาคารตามระยะของความเข้มรังสีความร้อน

2) การระเบิดหรือเพลิงไหม้แบบ Jet fire เป็นการพิจารณาผลกระทบจากการระเบิดและความเข้มของการแผ่รังสี และอันตรายจากสารพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งเป็นไฟที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีอย่างต่อเนื่องและเกิดการติดไฟทันทีทันใด จึงเกิดไฟไหม้เป็นลำพุ่งออกไป

3) การระเบิดแบบ BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosion) เกิดจากรังสีความร้อนจากการระเบิดที่อาจทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีบริเวณที่เกิดการระเบิดเสียชีวิตหรือผิวหนังถูกทำลายอย่างรุนแรง ซึ่งเกิดจากการรั่วไหลของวัตถุไวไฟออกมาในปริมาณมากโดยเกิดขึ้นกับการรั่วไหลของของเหลวที่อยู่ในถังกักเก็บภายใต้ความดัน [7]

ตารางที่ 2 ข้อมูลสภาพอากาศ

รายการ	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.)	ฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.)	ฤดูร้อน (มี.ค.-มิ.ย.)
ความเร็วลม (Knots)	6.07	6.34	6.96
ทิศทางลม	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
อุณหภูมิ (C°)	28.7	27.5	29.7
ความชื้น (%)	99.3	63.9	87.8

โดยมีการจำลองสถานการณ์แบบละ 1 ครั้งใน 3 จุด บนถนน ซึ่งเกิดขึ้นในเวลากลางวันระยะเวลาในการจำลองการรั่วไหลเท่ากับ 60 นาที ในฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน

ตารางที่ 3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแท็งก์แบบอัตโนมัติประเภทบอลลูน

พารามิเตอร์	ค่า
ขนาด	15 ตัน
ความยาว	5.5 เมตร
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	2 เมตร
ปริมาณสารเคมีในถัง	ร้อยละ 85 ของปริมาตร
LPG ที่เป็นของเหลวในถัง	14.7 ลูกบาศก์เมตร
ความดัน	7 บาร์
อุณหภูมิสารเคมี	21 องศาเซลเซียส

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผล

3.1 ค่าที่ได้จากการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียม คือพื้นที่ที่ได้รับก๊าซปิโตรเลียมเหลวความเข้มข้นใน 3 ระดับ (ERPG-1, ERPG-2 และ ERPG-3) ซึ่งแบ่งตาม Emergency Response Planning Guidelines American Industrial Hygiene Association [12]

3.2 ระดับอันตรายของการได้รับสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลัน (Acute Exposure Guideline Levels: AEGL) มี 3 ระดับ (AEGL-1, AEGL-2 และ AEGL-3) [13]

3.3 ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Level of Concern: LOC) แบ่งออกเป็น 2 ระดับ [10] โดยพิจารณาจากค่าที่เกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำที่สุด (Lower Explosive Limit) คือ ค่า 10%LEL และ 60%LEL

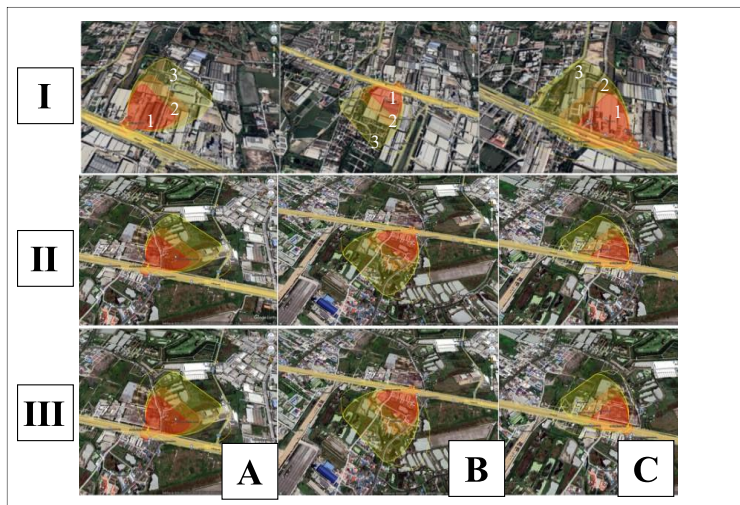
3.4 บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มข้นของการแผ่รังสีแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ที่ 2, 5 และ 10 kw/m^2 [13]

ผลการศึกษา

จากการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และระเบิดจากการรั่วไหลของก๊าซโพรเพน 1 ครั้ง โดยทำการจำลองที่จุดต้นถนน จุดกลางของถนน และจุดปลายของถนนซึ่งเป็นตัวแทน รวม 3 จุด ในทั้ง 3 ฤดู ได้ผลดังนี้

1. การรั่วไหลในกรณีที่เกิดเมื่อออกสู่บรรยากาศแล้วไม่ติดไฟ

1.1 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกเป็นพิษ (Toxic area of vapor cloud) ในแต่ละฤดู พบว่าในการจำลองทั้งหมด 3 จุด (ภาพที่ 1) ฤดูร้อนการได้รับความเข้มข้นของก๊าซปิโตรเลียมเหลวระดับต่าง ๆ ทำให้ส่งผลอันตรายต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันมากที่สุด รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูฝน ถ้าได้รับสัมผัสก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่มีระดับความเข้มข้น 33,000 ppm ที่ระยะ 283, 275 และ 260 เมตร สามารถทำให้อันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้ ซึ่งฤดูฝนเป็นฤดูที่มีรัศมีของระยะทางการแพร่กระจายไปได้ไกลมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ในระดับความเข้มข้นที่ 33,000 ppm, 17,000 ppm และ 5,500 ppm ตามลำดับ พบว่าระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นทิศทางการแพร่กระจายของ ก๊าซ โดยอาจมีสถานที่ที่ได้รับผลกระทบในระดับความเข้มข้น 33,000 ppm (ตารางที่ 4 และ 5)



ภาพที่ 1 การจำลอง การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีกลุ่มหมอกเป็นพิษที่จุดต้นทาง (I) จุดกลางทาง (II) และจุดปลายทางของถนน (III) ในฤดูฝน (A) ฤดูหนาว (B) และฤดูร้อน (C) โดยแสดง Toxic area of vapor cloud (1-3) ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีกลุ่มหมอกเป็นพิษ

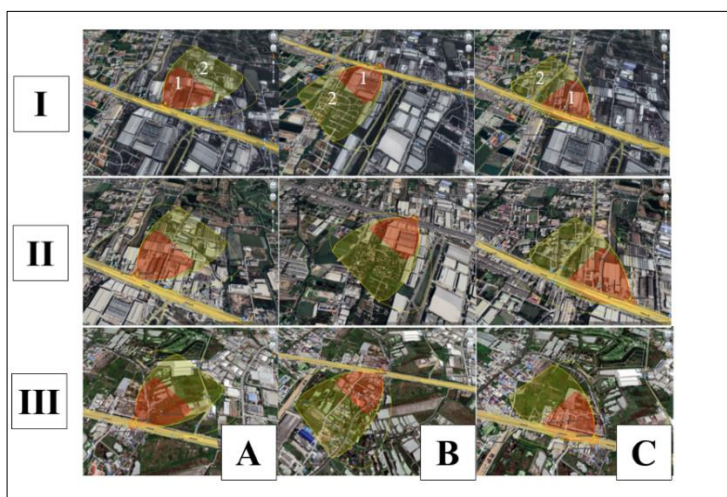
Toxic area of vapor cloud (ppm)	ระดับอันตราย	ระยะห่างที่เกิดอันตราย (m)			พิสัยของผลกระทบ (m)
		ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	
33,000 ¹ (AEGL-3)	อันตรายถึงขั้นเสียชีวิต	283	275	260	260-283
17,000 ² (AEGL-2)	ไม่สามารถรักษาให้หายได้	383	374	358	358-384
5,500 ³ (AEGL-1)	ไม่สบาย ระคายเคือง	598	591	580	580-598

¹, Red ระดับความเข้มข้น 33,000 ppm (AEGL-3); ², Orange ระดับความเข้มข้น 17,000 ppm (AEGL-2); ³, Yellow ระดับความเข้มข้น 5,500 ppm (AEGL-1)

ตารางที่ 5 สถานที่สำคัญที่อาจได้รับผลกระทบในระดับความเข้มข้น 33,000 ppm (AEGL-3)

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูฝน	บริษัทรุ่งโรจน์ มหานคร จำกัด, บริษัท ชิกม่ากระจก รถยนต์ จำกัด, บ้านพักกันตिला, สนามแบดมินตัน	โกดังให้เช่าบางนา-ตราด กม.18 Singtel-Decathlon, Kerry Logistics (Thailand)	บริษัท แอตลาสคอปโก้ (ประเทศไทย) จำกัด
	7-Eleven สาขา เนชั่นทาวเวอร์, Nakayama Japan Bang Na	โกดังให้เช่าบางนา-ตราด กม.18 APL Logistics, คลัง Kerry DC RCW	สถานีบริการน้ำมัน ไพโรจน์ อพาร์ทเมนท์
	สถานีบริการน้ำมัน บางจาก บางนา กม.5	สถานีตำรวจภูธรบางพลี, บริษัท ลิ่งซ์ อินเตอร์ เอ็กซ์เพรส จำกัดบริษัท เอเชีย เครนแอนด์อีควิปเมนท์ จำกัด, บจก. บางกอก อ็อคชั่นเนียร์ส	สถานี ตำรวจภูธรบางพลีน้อย

1.2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) ในแต่ละฤดู ปี 2565 พบว่าในการจำลองทั้งหมด 3 จุด (ภาพที่ 2) เมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทำให้เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟกระจายทั่วพื้นที่ที่เกิดเหตุ โดยในช่วงฤดูฝนมีการรั่วไหลอยู่ในช่วง 434-849 เมตร รองลงมาคือ ฤดูหนาวอยู่ในช่วง 425-843 เมตร และฤดูร้อนอยู่ในช่วง 410-839 เมตร ซึ่งฤดูฝนเป็นฤดูที่มีระยะทางการแพร่กระจายไปได้ไกลมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ในระดับความเข้มข้นที่ 12,600 ppm และ 2,100 ppm พบว่าระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นทิศทางการแพร่กระจายของกาซ โดยอาจมีสถานที่ที่ได้รับผลกระทบดังกล่าว (ตารางที่ 6, 7)



ภาพที่ 2. การจำลอง การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่จุดต้นทาง (I) จุดกลางทาง (II) และจุดปลายทางของถนน (III) ในฤดูฝน (A) ฤดูหนาว (B) และฤดูร้อน (C) โดยแสดง Flammable area of vapor cloud (1-2) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

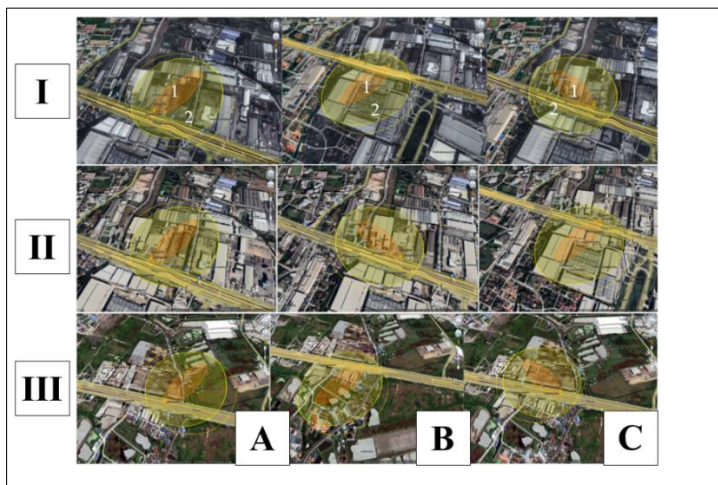
Flammable area of vapor cloud (ppm)	ระยะห่างที่เกิดอันตราย (m)			พิสัยของผลกระทบ (m)
	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	
12,600 ¹ (60 %LEL)	434	425	410	410-434
2,100 ² (10 %LEL)	849	843	839	839-849

¹, Red ระดับความเข้มข้น 12,600 ppm (60 %LEL); ², Yellow ระดับความเข้มข้น 2,100 ppm (10 %LEL)

ตารางที่ 7 ข้อมูลสถานที่สำคัญที่ได้แจ้งรับผลกระทบในระดับความเข้มข้น 12,600 ppm (60 %LEL)

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูฝน	เดอะ อีโค โฮม, คอนโดมิเนียม The MUVE bangna, รัชฎูฒ อพาร์ทเมนท์	บจก. บางกอกอ็อคชั่น เนียร์ส, บริษัท เอเชีย เครน แอนด์อีควิปเมนท์ จำกัด, บริษัท ยัสपालแอนด์ซัน จำกัด,	บริษัท แอตลาส คอปโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, Oryx Stainless (Thailand) Co., Ltd.
ฤดูหนาว	อินเตอร์ลิงซ์ ทาวเวอร์ บางนา, บริษัท ฮาระเซอิ โคอุ ประเทศไทย จำกัด โกดังบริษัท วัสดุทนไฟ เซ็นเตอร์ จำกัด, อาคาร จอดรถอินเตอร์ลิงซ์	คลัง Kerry DC RCW, สำนักงาน Singtel-Decathlon, บริษัท เอ็ม เซนโคโลจิสติกส์, Kerry Logistics (Thailand)	วัดหอมศีล, สถานีบริการ LPG, ที่ทำการกำนัน ตำบลบางพลีน้อย
ฤดูร้อน	ฮอนด้า ออโตโมบิล สาขาบาง, ปิมน้ำมันบาง จาก เอสซี กรู๊ป, โรงเรียนประชาคมนานาชาติ	บจก. บางกอกอ็อคชั่น เนียร์ส, สถานีตำรวจภูธร บางพลี, Lakewood village, บริษัท ลิ่งซ์ อินเตอร์ เอ็กซ์เพรส จำกัด	สถานีตำรวจภูธร บางพลีน้อย, บจก. สยามเกนกี เซ็นเตอร์

1.3 การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor cloud explosion: overpressure blast force) พบว่าในการจำลองทั้งหมด 3 จุด (ภาพที่ 3) เมื่อเกิดการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในฤดูร้อนสามารถเกิดอันตรายต่อสุขภาพ และส่งผลกระทบต่ออาคารโดยรอบมากที่สุด เมื่อเกิดการระเบิดในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ส่งผลทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 368, 357 และ 341 เมตร เกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 3.5 psi ได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรงจนถึงเสียชีวิต และผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 453, 471 และ 481 เมตร เกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 1.0 psi โครงสร้างอาคารบริเวณใกล้เคียงได้รับผลกระทบในระดับกระจกอาคารแตก ซึ่งฤดูฝนเป็นฤดูที่มีระยะทางการแพร่กระจายไปได้ไกลมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ในระดับความเข้มข้นที่ 8.0 psi, 3.5 psi และ 1.0 psi ตามลำดับ พบว่าระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซ โดยมีอาจมีสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบดังกล่าว (ตารางที่ 8, 9)



ภาพที่ 3 การจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Overpressure Blast Force ที่จุดต้นทาง (I) จุดกลางทาง (II) และจุดปลายทางของถนน (III) ในฤดูฝน (A) ฤดูหนาว (B) และฤดูร้อน (C) โดยแสดง Overpressure blast force (1-3) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ

Overpressure blast force (psi)	อันตราย	ระยะห่างที่เกิดอันตราย (m)			พิสัยของผลกระทบ (m)
		ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	
8.0 ¹	อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างถูกทำลาย	ไม่เกินระดับความปลอดภัย (LOC) ของ LPG	ไม่เกินระดับความปลอดภัย (LOC) ของ LPG	ไม่เกินระดับความปลอดภัย (LOC) ของ LPG	-
3.5 ²	บาดเจ็บอย่างรุนแรงจนถึงเสียชีวิต	368	357	341	341-368
1.0 ³	อาคารกระจกแตก	457	448	433	433-457

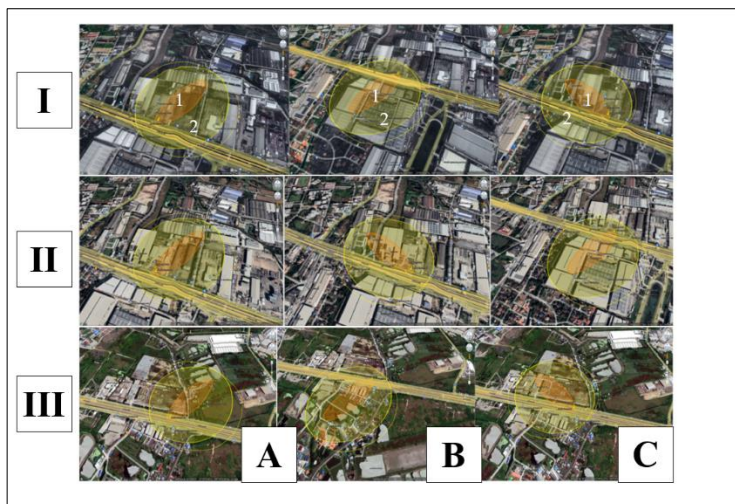
¹, Red เกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 8.0 psi; ², Orange เกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 3.5 psi; ³, Yellow เกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 1.0 psi

ตารางที่ 9 สถานที่สำคัญที่ได้อาจรับผลกระทบการเกิดรังสีความร้อนที่ระดับ 8.0 psi

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูฝน	คอนโดมิเนียม The MUVE bangna, บริษัท	บริษัท บิ๊กเครน แอนด์ อิค วิปแมนต์ เร็นทัลส์ จำกัด,	คลองหอมสีล
	ซิกม่ากระจกรถยนต์ จำกัด, เซ็น หง เอ็นเตอร์ไพรส์	บริษัท เอเชียเครนแอนด์ อีควิปแมนท์ จำกัด	
ฤดูหนาว	เนชั่นทีวี, ที่จอดรถตลาด	WHA Mega logistics Center, สำนักงาน Singtel-Decathlon	ไฟโรจน์ อพาร์ทเมนท์

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูร้อน	สถานีบริการน้ำมันบางจาก, เอสซี กรู๊ป บางนา-ตราด กม.5, อินเด็กซ์ ลิฟวิ้งมอลล์, Tops Supermarket	บจก. บางกอกอ็อกชั่นเนียร์ส, บริษัท ลิ่งซ์ อินเตอร์ เอ็กซ์เพรส จำกัด	สถานีตำรวจภูธร บางพลีน้อย

2. การระเบิดหรือเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire พบว่าการจำลองทั้งหมด 3 จุด (ภาพที่ 4) ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน เมื่ออยู่ใกล้รังสีความร้อน 10 KW/(sq m) ในระยะ 128, 133 และ 130 เมตร ตามลำดับ สามารถทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที ผู้ที่อยู่ใกล้รังสีความร้อน 5 KW/(sqm) ในระยะ 193, 198 และ 194 เมตร ตามลำดับ ทำให้เกิดแผลไหม้ระดับ 2 ผู้ที่อยู่ใกล้รังสีความร้อน 2 KW/(sqm) ในระยะ 306, 314 และ 308 เมตร ตามลำดับ ทำให้เกิดแผลพุพอง ซึ่งฤดูหนาว เป็นฤดูที่มีระยะทางการแพร่กระจายไปได้ไกลมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ในระดับความเข้มข้นที่ 10 KW/(sqm), 5 KW/(sqm) และ 2 KW/(sqm) ตามลำดับ พบว่า ระยะทางของทั้ง 3 ฤดู ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นทิศทางในการแพร่กระจายของกาซ โดยอาจมีสถานที่ที่ได้รับผลกระทบ (ตารางที่ 10, 11)



ภาพที่ 4. ผลการจำลอง การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet Fire ที่จุดต้นทาง (I) จุดกลางทาง (II) และจุดปลายทางของถนน (III) ในฤดูฝน (A) ฤดูหนาว (B) และฤดูร้อน (C) โดยแสดงขอบเขตของ Jet fire (1-3) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลวระเบิดแบบ Jet fire

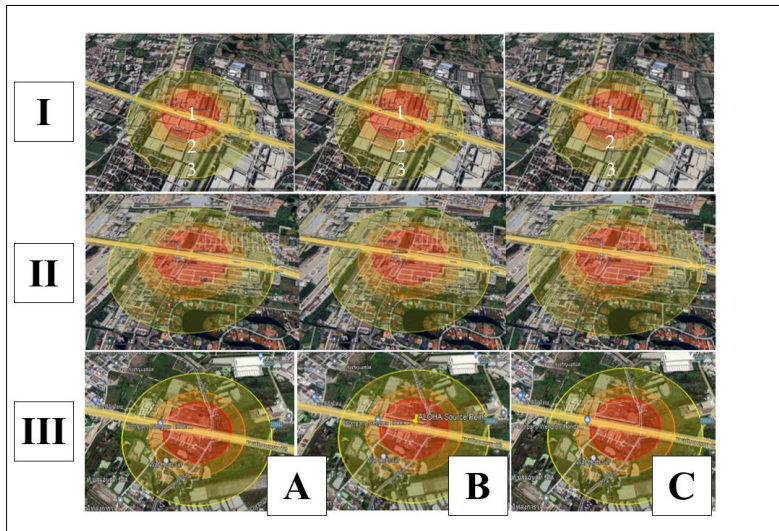
Jet fire (KW/(sqm))	อันตราย	ระยะห่างที่เกิดอันตราย (m)			พิสัยของ ผลกระทบ (m)
		ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	
10 ¹	เสียชีวิตภายใน 60 วินาที	128	133	130	128-133
5 ²	แผลไหม้ระดับ 2	193	198	194	193-198
2 ³	แผลพุพอง	306	314	308	306-314

¹, Red ระดับความเข้มข้นที่ 10 KW/(sqm); ², Orange ระดับความเข้มข้นที่ 5 KW/(sq m); ³, Yellow ระดับความเข้มข้นที่ 2 KW/(sqm)

ตารางที่ 11 สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบระดับความเข้มข้นที่ 10 KW/(sqm)

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูฝน	บริษัท ชิกม่า กระจกรถยนต์ จำกัด, เนชั่นทีวี, บริษัทรุ่งโรจน์ มหา นคร	โกดังให้เช่าถนนบางนา- ตราด กม.18, โกดังให้เช่า ริมถนนบางนา-ตราด กม. 18, บจก. บางกอกอ็อกชั่น เนียร์ส, บริษัท เอเชียเครน แอนด์อีควิปเมนท์ จำกัด	จุดตรวจ กม. 35 สถานี ตำรวจภูธร บางพลีน้อย
	บริษัท โซคินิวตัน จำกัด, อินเตอร์ลิงค์ มาเก็ต, บริษัท ชิกม่ากระจกร รถยนต์ จำกัด	บริษัท เอเชียเครนแอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด, บจก. บางกอกอ็อกชั่นเนียร์ส, โกดังให้เช่าถนนบางนา- ตราด กม.18	สถานีบริการ LPG, ไพโรจน์ อพาร์ทเมนต์, สถานี ตำรวจภูธร บางพลีน้อย
ฤดูร้อน	บริษัท ชิกม่า กระจกรถยนต์ จำกัด, เนชั่นทีวี	บริษัท เอเชียเครนแอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด, บจก. บางกอกอ็อกชั่นเนียร์ส, โกดังให้เช่าถนนบางนา- ตราด กม.18	จุดตรวจกม. 35 สถานี ตำรวจภูธร บางพลีน้อย

3. การระเบิดแบบ BLEVE (Boiling liquid evaporating vapor explosion) พบว่าการจำลองทั้งหมด 3 จุด (ภาพที่ 5) ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน เมื่ออยู่ใกล้รั้งสีที่ 10 KW/(sq m) แรงดันจากการระเบิดทำให้แท็งก์บรรจุแตกและเกิดไฟไหม้ในระยะ 248, 254 และ 248 เมตร ตามลำดับ สามารถทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที ผู้ที่อยู่ใกล้รั้งสีความร้อน 5 KW/(sqm) ในระยะ 350, 358 และ 351 เมตร ตามลำดับ ทำให้เกิดแผลไหม้ระดับ 2 ผู้ที่อยู่ใกล้รั้งสีความร้อน 2 KW/(sqm) ในระยะ 544, 559 และ 546 เมตร ตามลำดับ ทำให้เกิดแผลพุพอง จากทั้งหมด 3 ฤดู จะพบว่าฤดูหนาว เป็นฤดูที่มีระยะทางการแพร่กระจายไปได้ไกลมากที่สุด โดยอาจมีสถานที่ที่อาจได้รับผลกระทบ (ตารางที่ 12, 13)



ภาพที่ 5 ผลการจำลอง การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ BLEVE ที่จุดต้นทาง (I) จุดกลางทาง (II) และจุดปลายทางของถนน (III) ในฤดูฝน (A) ฤดูหนาว (B) และฤดูร้อน (C) โดยแสดงขอบเขตของ BLEVE (1-3) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลวระเบิดแบบ BLEVE

BLEVE (KW/(sqm))	อันตราย	ระยะห่างที่เกิดอันตราย (m)			พิสัยของ ผลกระทบ (m)
		ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	
10 ¹	เสียชีวิตภายใน 60 วินาที	248	254	248	248-254
5 ²	แผลไหม้ ระดับ 2	350	358	351	350-358
2 ³	แผลพุพอง	544	559	546 m.	544-559

หมายเหตุ: ¹, Red ระดับรังสีความร้อน 10 KW/(sqm); ², Orange ระดับรังสีความร้อน 5 KW/(sqm); ³, Yellow ระดับรังสีความร้อน 2 KW/(sqm)

ตารางที่ 13 ข้อมูลสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบระดับรังสีความร้อน 10 KW/(sqm)

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
ฤดูฝน	อินเตอร์ลิงค์ ทาวเวอร์ บางนาเพล็กซ์ บางนา, WIH International Hospital, สถานีบริการ น้ำมันบางจาก, เอสซี กรู๊ป บางนา-ตราด กม.5	บริษัท บิ๊กเครน แอนด์ อิกวิปเมนต์ เร็นทัลส์ จำกัด, บจก. บางกอก อ็อกชั่นเนียร์ส, Lakewood village, บริษัท ลิ่งซ์ อินเตอร์ เอ็กซ์เพรส จำกัด, WHA Mega logistics Center BN18, สถานีบริการ LPG บางนาขาเข้า	สถานีตำรวจภูธร บางพลีน้อย, บริษัท แอตลาส คอปโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, สถานี บริการ LPG
	WIH International Hospital, เนชั่นทีวี, อินเตอร์ลิงค์ ทาวเวอร์ บางนา, เพล็กซ์ บางนา, บ้านพักกันทิลลา	บริษัท บิ๊กเครน แอนด์ อิกวิปเมนต์ เร็นทัลส์ จำกัด, บจก. บางกอก อ็อกชั่นเนียร์ส, Lakewood village, บริษัท ลิ่งซ์ อินเตอร์	สถานีตำรวจภูธร บางพลีน้อย, บริษัท แอตลาส คอปโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, สถานี บริการ LPG

ฤดูกาล	สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ		
	จุดต้นทาง	จุดกลางทาง	จุดปลายทาง
		เอ็กซ์เพรส จำกัด, WHA Mega logistics Center BN18, สถานีบริการ LPG บางนาขาเข้า	
ฤดูร้อน	เพลิกซ์ บางนา, อินเตอร์ ลิงค์ ทาวเวอร์ บางนา, WIH International Hospital, อินเตอร์กซ์ ลิฟ วิงมอลล์, สถานีบริการ น้ำมันบางจาก, เอสซี กรุป บางนา-ตราด กม.5	SG Sagawa (Thailand) at WHA Mega Logistics Center, บริษัท บิ๊กคอน แอนด์ อควิพเมนต์ เร็นทลส์ จำกัด, บจก. บางกอก อ็อคชั่นเนียร์ส, Lakewood village, บริษัท ลิงซ์ อินเตอร์ เอ็กซ์เพรส จำกัด, WHA Mega logistics Center BN18, สถานีบริการ LPG บางนาขาเข้า	สถานีตำรวจภูธร บางพลีน้อย, บริษัท แอตลาส คอปโก้ (ประเทศไทย) จำกัด, สถานี บริการ LPG

วิจารณ์

จากสภาพอากาศในฤดูร้อนที่มีความเร็วลมและอุณหภูมิที่สูงมากที่สุดทำให้เมื่อเกิดการรั่วไหลและการระเบิดที่เกิดขึ้นจึงมีความอันตรายมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อรวรรณ ชำนาญพุดชา และชัยวัฒน์ เผติมรด [14] ที่ได้กล่าวไว้ว่าในฤดูร้อนมีอุณหภูมิและความเร็วลมสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้ก๊าซหนักกว่าอากาศไม่สามารถรวมตัวกันได้ จึงทำให้มีการแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว และสอดคล้องกับ Beheshti et al. [15] ที่พบว่าในฤดูกาลที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดอันตรายที่แตกต่างกันอย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการประเมินด้วยโปรแกรม ALOHA ตามที่นำเสนอในแต่ละกรณีที่กำหนด หากไม่พิจารณาสภาพทางด้านอุณหภูมิตามฤดูกาลจะพบวาระที่มีการแพร่กระจายของก๊าซโพเทนที่ความเข้มข้นในระยะต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับการศึกษาของวันวิสาข เสาศิริ [10] เนื่องจากปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลวในถังบรรจุกำหนดให้มีจำนวนเท่ากัน และกำหนดให้มีการรั่วไหลในรูปแบบเดียวกัน หากมีการเปลี่ยนแปลง

ของปัจจัย อื่น ๆ เช่น ชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารไฟไฟ ขนาดรูรั่ว อัตราการรั่วไหลที่แตกต่างกันอาจทำให้ลักษณะและระยะเวลาการแพร่กระจายของก๊าซไวไฟนี้เปลี่ยนแปลงไปได้

โปรแกรม ALOHA ที่นำมาใช้ในการจำลองมีข้อดีคือ ทำได้ง่ายและทำนายได้เร็วทันสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ทราบผลที่อาจเกิดขึ้นในวงกว้าง ทราบถึงทิศทางการแพร่กระจายของสารเคมีในอากาศ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประกอบในการวางแผนเพื่อลดความเสี่ยง การเคลื่อนย้ายอพยพ ซึ่งเป็นการป้องกันการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึงโปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้งานได้ฟรีและเข้าถึงได้ง่าย โดยมีข้อจำกัดในการใช้งานเมื่อใช้ในการทำนายในพื้นที่ที่มีความเร็วลมบริเวณที่เกิดเหตุต่ำ หรือบรรยากาศบริเวณนั้นมีความเสถียรภาพสูง ต้องการระยะทางห่างจากแหล่งรั่วไหลของสารเคมีพอสมควรโดยอาจมีระยะทางต่างกัน รวมถึงสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวางซึ่งมีผลต่อระยะเวลาของผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนี้ประเมินผลกระทบของการเกิดเพลิงไหม้ การเกิดปฏิกิริยาเคมี การทำนายการฟุ้งกระจายของฝุ่น สารผสมและการแพร่กระจายของสารหลาย ๆ ชนิดพร้อมกันได้ เนื่องจากการระเหยจะคำนวณจากสมบัติเฉพาะทางเคมีของสารแต่ละชนิด และที่สำคัญคือไม่สามารถคำนวณการเกิดการรั่วไหลของสารเคมีบริเวณภายในอาคารปิดทึบได้ [8, 16] โดยผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปปรับใช้กับเส้นทางถนนที่มีการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวและมีลักษณะสภาพภูมิอากาศรูปแบบคล้ายคลึงกันได้ และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมในการตอบโต้ เพื่อรองรับเหตุฉุกเฉินกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลต่อไป

สรุป

จากการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวใน 3 จุด ด้วยโปรแกรม ALOHA ร่วมกับโปรแกรม Google Earth พบว่าสามารถใช้ทำนายทิศทางการรั่วไหลในแต่ละรูปแบบได้ดีเนื่องจากสามารถทำได้ง่าย ใช้ข้อมูลในการป้อนเข้าสู่โปรแกรมซึ่งสามารถค้นหาได้ง่าย ใช้ชุดข้อมูลไม่มากและการแสดงผลของโปรแกรมสามารถสื่อความหมายความเข้าใจได้ง่ายและชัดเจน โดยปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดผลกระทบและความรุนแรงของการรั่วไหลขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมและทิศทางของลมในแต่ละฤดูกาล เมื่อเกิดการรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable vapor cloud) และการเกิดระเบิดแบบ BLEVE ในฤดูร้อน จะส่งผลกระทบให้มีความอันตรายมากที่สุด เนื่องจากทั้ง 2 รูปแบบ มีรัศมีของการรั่วไหลและการระเบิดในระดับอันตรายที่ไกลที่สุดจากจุดต้นกำเนิด โดยการรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ส่งผลได้ในระยะทางได้ไกลที่สุด 849 เมตรที่ระดับความเข้มข้น 21,000 ppm ในขณะที่การเกิดระเบิดแบบ BLEVE มีระยะทางได้ไกลที่สุดเป็น

ลำดับที่สอง ซึ่งมีระยะทางอยู่ที่ 559 เมตร ในระดับความเข้มข้นที่ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อนำมาเทียบกับสภาพอากาศในฤดูร้อนที่มีความเร็วลมและอุณหภูมิที่สูงมากที่สุดจึงทำให้เมื่อเกิดการรั่วไหลและการระเบิดเกิดขึ้นจึงทำให้ทั้ง 2 แบบนี้มีความอันตรายมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์ การเฝ้าระวังภัย ด้านสารเคมี ปี 2565 รอบ 6 เดือนแรก [อินเทอร์เน็ต]. 2565. [เข้าถึงเมื่อ 12 เมษายน 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://ddc.moph.go.th>
2. Mysha, M., Nishat T. Shoukat, C. A Review of Liquefied Petroleum Gas (LPG) as an Alternative Fuel Option and Its Market Scenario in Bangladesh. International Conference on Petroleum Engineering 2019 (ICPE-2019), December 2019. Bangladesh University of Engineering & Technology (BUET) Dhaka-1000, Bangladesh.
3. บริษัท ดับบลิวพี เอ็นเนอร์ยี จำกัด (มหาชน). LPG พลังงานบริสุทธิ์ [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.wp-energy.co.th>
4. อภิวัดน์ เขียวอร่าม, สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA และ Pathfinder กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา; 28 ส.ค. 2563. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2563. น.329-40.
5. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). การจัดการการหกหล่นรั่วไหล [อินเทอร์เน็ต]. 2565. [เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.pttplc.com/th/Sustainability/Environment/Spill.aspx>
6. สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดสุราษฎร์. คู่มือการฝึกการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย : การและการจัดการฝึกซ้อมการระงับภัยจากสารเคมี และวัตถุอันตราย (ในภาคการขนส่งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม) [อินเทอร์เน็ต]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 29 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <http://minisitenode.disaster.go.th>
7. สถาบันส่งเสริมความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน). ทำนายการกระจายตัวของสารเคมีกรณีเกิดการรั่วไหลโดยใช้โปรแกรม ALOHA [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tosh.or.th/index.php/blog/item/777-aloha/>

8. Techspot.com. (2003). Google Earth Pro 7.3.6.9345. [Internet]. 2003. [cited 2022 October 10]. Available from: <https://www.techspot.com/downloads/1018-google-earth.html>
9. U.S. Environmental Protection Agency. ALOHA Software [Internet]. 2022. [cited 2022 October 10]. Available from: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software/>
10. วันวิสาข์ เสาศิริ. การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรม ALOHA [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2559.
11. Weather spark. ข้อมูลสภาพอากาศในจังหวัดสมุทรปราการ ช่วงปี 2565 [อินเทอร์เน็ต]. 2565. [เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.weatherspark.com>
12. American Industrial Hygiene Association. ERPGs. Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs) [Internet]. 2021. [cited 2022 October 10]. Available from: <https://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs/>
13. สมโชค สุยะสา, สมภพ จรุงธรรมโชติ, สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. การประเมินผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 8-9 ธันวาคม 2559; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2559. น.672-82.
14. อรวรรณ ชำนาญพุดซา, ชัยวัฒน์ เผลิมรอด. การประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวห้องปฏิบัติการครัวร้อน ด้วยโปรแกรม ALOHA และ Google Earth ในมหาวิทยาลัย. วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2565;17(2):1-15.
15. Beheshti, M.H., Dehghan, S.F., Hajizadeh, R., Jafari, S.M., Koohpaei, A. Modelling the consequences of explosion, fire and gas leakage in domestic cylinders containing LPG. Annals of Medical and Health Sciences Research 2018;8(1):83-8.

16. Tugyi, L., Siménfalvi, Z., Szepesi, G.L. Explosive atmosphere analysis for simulation of acetone source of release using aloha software. *Multidiszciplináris tudományok* 2022;12(3):274-82.