



วิทยานิพนธ์

การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิด
ของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยม

ASSESSMENT OF THE LEAKAGE AND EXPLOSION
IMPACTS OF RECTANGULAR FUEL STORAGE TANK

นางสาวจันทิมา คำปัญญา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

สาขา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยม

Assessment of the Leakage and Explosion Impacts of Rectangular Fuel Storage Tank

นามผู้วิจัย นางสาวจันทิมา คำปัญญา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(Amr
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานติส สดสาคร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(SR
รองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(R.L.N.
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(ว.ศ.ช. ชัยกุล
รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 5 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยม

Assessment of the Leakage and Explosion Impacts of Rectangular Fuel Storage Tank

โดย

นางสาวจันทิมา คำปัญญา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

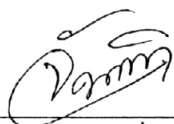
พ.ศ. 2551

จันทิมา คำปัญญา 2551 : การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บ
น้ำมันเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยม ปริณญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความ
ปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานติส สุดสาคร, Ph.D. 130 หน้า

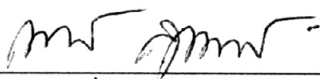
วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาและประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมัน
เชื้อเพลิง โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา เพื่อประเมินระยะรัศมีที่ได้รับผลกระทบ และใช้
โปรแกรมมาร์ฟล็อต และ โปรแกรมกูเกิ้ลเอิร์ธ เพื่อประยุกต์ใช้ทำแผนที่อิลেকทรอนิกส์แสดง
ระยะทางที่ได้รับผลกระทบ และนำผลกระทบมาดำเนินการทำแผนฉุกเฉินและกำหนดระยะ
ปลอดภัย โดยการศึกษาครั้งนี้ประเมินการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง
รูปทรงสี่เหลี่ยม มีขนาดกว้าง 2.3 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 3 เมตรปริมาณบรรจุสูงสุดร้อยละ 90 ของ
ปริมาตรสูงสุด มีสภาพแวดล้อมที่วิจัยคือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2 น็อต ทิศทาง
ลมพัดจากทิศใต้เข้าสู่ถังเก็บน้ำมัน เกิดการรั่วของถังเก็บน้ำมันบริเวณอุปกรณ์วัดระดับน้ำมัน
(Sight Gauge) ซึ่งเป็นวัสดุที่ทำจากแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว

การจำลองสถานการณ์ พบว่าการรั่วไหลหากมีแหล่งประกายไฟจะทำให้เกิดการลุกไหม้
และเกิดการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) เกิดลูกไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 446 เมตร เกิดการแผ่
รังสีความร้อนในรัศมีสูงสุดที่ 548 เมตร มีผลกระทบต่อผู้ที่อาศัยอาศัยอยู่ในรัศมีนั้นทำให้เกิดแผล
ไหม้ผิวหนังได้รับความเจ็บปวด

การศึกษานี้ใช้โปรแกรมมาร์ฟล็อต ร่วมกับโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ เพื่อเป็นแผนที่
ภาพถ่ายทางอากาศแสดงที่ตั้งถังเก็บน้ำมันดีเซล และนำมาเชื่อมต่อกับโปรแกรมอโลฮา ทำให้เห็น
ระยะพื้นที่การแผ่รังสีความร้อนของลูกไฟที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน และอาคารใกล้เคียงที่ตั้งอยู่ใน
สถานที่จริง และใช้ประเมินกรณีฉุกเฉินที่เกี่ยวกับการแพร่กระจาย และผลกระทบที่เกิดจากการ
ระเบิดของสารเคมีนั้น อีกทั้งยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนปฏิบัติการฉุกเฉินเตรียมความ
พร้อมกรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล และอพยพผู้ที่อยู่ในพื้นที่รัศมีอันตรายออกไปในพื้นที่
ที่ปลอดภัยได้



ลายมือชื่อนิสิต



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

๒๘ / พ.ค. / ๒๕๕๑

Jantima Kampanya 2008: Assessment of the Leakage and Explosion Impacts of Rectangular Fuel Storage Tank. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field : Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Kandis Sudsakorn, Ph.D. 130 pages.

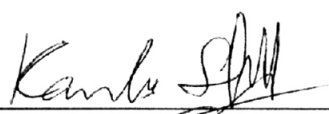
This study explores and assesses the impact of fuel oil leaks and explosions from rectangular fuel oil storage tanks. The Aloha program is used to evaluate the characteristics of fuel oil dispersion. Marplot and Google Earth programs are used to estimate the boundaries of dispersion by presenting as an electronic map. Information from the program will provide impact assessments that can be used for emergency planning and determining safety zones. This case study simulates diesel oil leaks from a fuel storage tank with a width of 2.3 meters, a length of 5 meters and a height of 3 meters. The tank is filled at 90% of maximum capacity. The storage temperature is 40 degree Celsius, and wind speed is 2 knots in a southerly direction. The point of leakage is at the Sight Gauge that has a joint diameter of 3/4 inch.

The simulation found that the significant impacts from the leak will be firing and explosion. If the scenario simulates leakage with firing and explosion, a BLEVE type explosion will occur, and the impact and damage will be significant from heat radiation and explosion. The BLEVE will create a fire ball of 446 meters in diameter. Heat radiation will cover and burn a peripheral area of 548 meters.

In this study, the Marplot and Google Earth electronic mapping programs are very useful in identifying the impact area effortlessly and rapidly. They are applicable to the evaluation of emergency cases on the dispersion of toxic and explosive chemicals.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

28 / 05 / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานติศ สุธาสคร อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ให้การ
ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำตรวจ
แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่สั่งสอนให้วิชาความรู้ด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์
แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณคุณเฟื่องเกียรติ ภูมิจิตร ที่สนับสนุนให้ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ พร้อม
ทั้งให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ เป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และทุกคนครอบครัวสำหรับกำลังใจอันเปี่ยม และ
ขอขอบคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมความปลอดภัย รุ่นที่ 6 ทุกท่านที่ร่วมให้ความมุ่งมั่น ท่วมเท ให้กำลังใจ
และชี้แนะจนสามารถสำเร็จลุล่วงได้

จันทิมา คำปัญญา

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	51
ผล	51
วิจารณ์	83
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	95
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก ข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซล	98
ภาคผนวก ข การประมวลผลจากโปรแกรมอโธฮา	105
ภาคผนวก ค ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	117
ภาคผนวก ง การใช้โปรแกรมมาร์พล็อต	121
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	130

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แนวทางในการเลือกเหตุการณ์การรั่วไหล	13
2	ALOHA sources and scenarios.	14
3	ผลที่เกิดจากการได้รับรังสีความร้อนที่ความเข้มที่ระดับต่างๆ	24
4	เวลาในการสัมผัสรังสีความร้อนที่ยอมรับได้สำหรับมนุษย์ที่ระดับความเข้มต่างๆ	24
5	ผลกระทบที่เกิดจากปริมาณความร้อน	25
6	Thermal radiation burn injury criteria	25
7	ผลกระทบจาก Overpressure	30
8	แสดงระยะทางที่ระเบิด TNT ในอากาศจะสร้าง Overpressure (psig)	31
9	ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดของลมของมาตร โบฟอร์ด์	41
10	ความเสถียรของบรรยากาศ	42
11	กำหนดเงื่อนไขค่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศ	46
12	กำหนดเงื่อนไขข้อมูลแหล่งกำเนิด	48
13	การเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลกระทบอันตรายของน้ำมันดีเซล ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองการรั่วไหล และเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมอโลฮา	57
14	สรุประยะทางและเวลาจากโรงพยาบาลใกล้เคียงเดินทางไปกลับจุดเกิดเหตุ	70
15	สรุประยะทางและเวลาจากสถานีดับเพลิงใกล้เคียงมาถึงจุดเกิดเหตุ	74

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การกระจายความเข้มข้นของก๊าซเบาเมื่อรั่วไหลไปกับอากาศ	16
2	การกระจายตัวของก๊าซในลักษณะ Plum Model	16
3	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวนอนสำหรับการกระจายตัวแบบ Pasquill-Gifford	18
4	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวตั้งสำหรับการกระจายตัวแบบ Pasquill-Gifford	18
5	การกระจายตัวของก๊าซในลักษณะ Puff Model	19
6	Cloud spread as a result of gravity	20
7	เศษกระจายจากการระเบิดของโรงงานผลิตสารเคมีในรัฐอินเดียนา	31
8	ลักษณะการใช้โปรแกรมคามิโอ	36
9	ข้อมูลทั่วไปของสารเคมีและข้อมูลประกอบการตัดสินใจตอบโต้เหตุฉุกเฉิน จากสารเคมี	37
10	ฐานข้อมูลที่ผู้จัดทำจัดเก็บซึ่งเป็นข้อมูลเฉพาะ	37
11	Footprint แสดงผลกระทบของไอสารเคมี	39
12	แผนที่จากโปรแกรมมาร์พล็อตแสดงที่ตั้งสถานที่ต่างๆ	39
13	คำขอทิศทางการปฏิบัติงานอุดุนิยมวิทยา	40
14	ถังเก็บน้ำมันดีเซลรูปทรงสี่เหลี่ยม	47
15	รายละเอียดครีมีการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหล เพื่อดู ค่าความเป็นพิษที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	52
16	รายละเอียดครีมีการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหลเพื่อดู ค่าการติดไฟ	53
17	รายละเอียดของผลการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหล เพื่อ ดูระดับความสำคัญของคลื่นความดัน	54
18	แบบจำลองครีมีการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซล กรณีเกิดเพลิงไหม้ในรูปของการ แผ่รังสีความร้อน	55
19	แบบจำลองครีมีการระเบิดแบบบลีว ระยะที่ได้รับผลกระทบจากการเกิด ลูกไฟในรูปของการแผ่รังสีความร้อน	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool fire	59
21	บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน เนื่องจากการระเบิดแบบบลิ้ว	60
22	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลกรุงเทพ	61
23	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลพระรามเก้า	62
24	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคลองตัน	63
25	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลเพชรเวช	64
26	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคามิเลียน	65
27	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากโรงพยาบาลกรุงเทพมาจุดรวมพล	66
28	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากโรงพยาบาลพระรามเก้ามาจุดรวมพล	67
29	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากโรงพยาบาลคลองตันมาจุดรวมพล	68
30	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากโรงพยาบาลเพชรเวชมาจุดรวมพล	69
31	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากโรงพยาบาลคามิเลียนมาจุดรวมพล	70
32	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากสถานีดับเพลิงบางกะปิมาจุดรวมพล	71
33	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากสถานีดับเพลิงหัวหมากมาจุดรวมพล	72
34	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากสถานีดับเพลิงพระโขนงมาจุดรวมพล	73
35	รายละเอียดเส้นทางและระยะทางจากสถานีดับเพลิงห้วยขวางมาจุดรวมพล	74
36	การบรรจุน้ำมันในถังรูปทรงสี่เหลี่ยม	86
37	ปริซึมความดันบนระนาบ	87
38	การบรรจุน้ำมันในถังรูปทรงกระบอกแนวตั้ง	87
ภาพผนวกที่		
ข1	ผลจากการรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ เพื่อดูค่าความเป็นพิษ	114
ข2	ผลจากการรั่วไหลเกิดกลุ่มหมอกสารไวไฟ เพื่อดูค่าการติดไฟ	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข3	ผลจากการรั่วไหลเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกของสารไวไฟ	115
ข4	ผลจากการรั่วไหลเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool fire	115
ข5	ผลจากการรั่วไหลเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว	116
ค1	อุณหภูมิเฉลี่ยใน 30 ปี ของกรุงเทพมหานคร	118
ค2	สถิติอุณหภูมิต่ำที่สุดในฤดูหนาวของประเทศไทยคาบ 56 ปี พ.ศ.2594-2549	119
ค3	สถิติอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2494-2550	120

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	พื้นที่หน้าตัดในการรั่วไหล(ตารางเมตร)
BLEVE	=	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
Cp	=	ความร้อนจำเพาะของของเหลวและก๊าซ (ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม)
Ec	=	ค่า Heat of Combustion ของสารเคมีที่รั่วไหล, kJ/kg
E _{TNT}	=	ค่า Heat of Combustion ของ TNT (4,437 kJ/kg)
g _c	=	ค่าคงที่แรงโน้มถ่วงของโลก(1 kg-m / N-s ²)
LEL	=	Lower Explosion Limit
m	=	น้ำหนักของไอของสารเคมีที่รั่วไหลเปรียบเทียบกับค่า TNT , kg ^{1/3}
M	=	น้ำหนักของไอของสารเคมีที่รั่วไหล, kg
Qm	=	อัตราการไหลเชิงมวล (กิโลกรัมต่อวินาที)
r	=	ระยะจากจุดที่เกิดการระเบิดไปยังจุดที่สนใจ,(เมตร)
T	=	อุณหภูมิของของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะกักเก็บ (องศาเซลเซียส)
TEEL	=	Temporary Exposure Limits
TNT	=	น้ำหนักของไอของสารเคมีรั่วไหล เปรียบเทียบกับน้ำหนักของ TNT , kg
Po	=	Overpressure, kPa
Pa	=	ความดันบรรยากาศ, kPa
V _{fx}	=	ความแตกต่างระหว่างปริมาตรจำเพาะของของเหลวและก๊าซ (ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม)
UEL	=	Upper Explosion Limit
USEPA	=	U.S. Environmental Protection Agency
Ze	=	ค่า Scale Distance, m/kg ^{1/3}
ΔH	=	ความร้อนแฝงในการระเหยของของเหลว (จูลต่อกิโลกรัม)
η	=	ค่า Empirical ของประสิทธิภาพในการระเบิด

การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง รูปทรงสี่เหลี่ยม

Assessment of the Leakage and Explosion Impacts of Rectangular Fuel Storage Tank

คำนำ

ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แม้กระทั่งชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่หลัก (Mobile Switching Center) ซึ่งเป็นระบบวงจรเชื่อมโยงเครือข่าย และส่งสัญญาณชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างผู้ส่งไปยังผู้รับ มีความจำเป็นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าสำรอง เพื่อนำมาจ่ายพลังงานให้แก่ระบบวงจรต่างๆ ให้ใช้งานได้ตลอดเวลา หากเกิดเหตุฉุกเฉินไม่สามารถใช้กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงได้ โดยมีการมาตรฐานระบบสื่อสารกำหนดให้เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงสำรองไว้ในถังเก็บ (Oil Storage Tank) ปริมาณ 35,000 ลิตร และถังเก็บประจำวัน (Daily Tank) 2,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ทุกระบบในชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่หลัก

จากการสำรวจพื้นที่บริเวณที่ตั้งถังเก็บน้ำมันดีเซลพบว่าบริเวณที่ตั้งมีสภาพไม่ปลอดภัย คือ ตั้งอยู่ข้างทางลงบันไดหนีไฟ ใกล้ริมคลองแสนแสบ และใกล้ที่พักสูบบุหรี่ของอาคารสำนักงานข้างเคียง และไม่มีการสร้างเขื่อนกั้นการรั่วไหลของน้ำมัน ไม่มีแผนฉุกเฉินเป็นลายลักษณ์อักษร กรณีที่น้ำมันรั่วไหล อันตรายเบื้องต้นของถังเก็บน้ำมันเกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง เกิดการระเหยตัวกลายเป็นไอแพร่กระจายออกไป หากมีแหล่งกำเนิดประกายไฟ จะเกิดการระเบิดเพลิงไหม้ และเกิดควันไฟปริมาณมาก ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง

ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้พยายามทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น โดยพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการทำนายการแพร่กระจายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น แต่ทั้งนี้โปรแกรมต่างๆ เหล่านี้ยังมิได้มีใช้ในวงกว้าง เป็นผลให้มาตรการป้องกันต่างๆ ไม่เพียงพอและเหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบและแนวทางการประเมินอันตรายจากสารไวไฟดังกล่าว เพื่อที่จะทำการจัดเตรียมมาตรการป้องกัน ทั้งในส่วนของการกระบวนการภายในบริษัท และ

มาตรการป้องกันผลกระทบต่อชุมชนรอบข้างที่อาจได้รับผลกระทบจากการเกิดเหตุนี้ให้เหมาะสมต่อการป้องกันและลดความสูญเสียหรืออุบัติเหตุและความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการของบริษัทได้

โปรแกรมอโลฮา (ALOHA: Ariel Location of Hazardous Atmosphere) เป็นแบบจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามสภาพภูมิอากาศ และลักษณะเฉพาะของสารเคมี สามารถแสดงลักษณะการแพร่กระจาย ทิศทางการแพร่กระจาย และความเข้มข้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของไอสารเคมีบนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ในโปรแกรมมาร์พล็อตได้

โปรแกรมมาร์พล็อต (MARPLOT: Mapping Application for Response, Planning and Operation) เป็นโปรแกรมแผนที่สารพัดประโยชน์แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแสดงที่ตั้งโรงงาน และสถานที่สำคัญต่างๆ เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำ และถนน เป็นต้น สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี โดยแสดงลักษณะและทิศทางการแพร่กระจายจากการคำนวณของโปรแกรมอโลฮา

โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท (Google Earth) เป็นโปรแกรมแสดงภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายจากดาวเทียมมาผสมผสานกันและทำการเชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลของกูเกิ้ล นำให้ผู้ใช้ไปยังจุดต่างๆ ที่ต้องการบนแผนที่โลกดิจิทัล สามารถค้นหาที่ตั้งโรงงาน โรงพยาบาล แสดงเส้นทางการเดินต่างๆ ของเมืองที่ต้องการศึกษาได้

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำโปรแกรมอโลฮาประเมินการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซล ตั้งแต่แหล่งกำเนิด และประยุกต์ใช้โปรแกรมมาร์พล็อต ร่วมกับโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท ทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงที่ตั้งถังเก็บน้ำมันดีเซล และนำมาเชื่อมต่อกับโปรแกรมอโลฮา เพื่อประเมินผลกระทบต่อพนักงานในอาคารสำนักงาน อาคารและชุมชนรอบข้าง โดยทำการแสดงผลลัพธ์ของผลกระทบด้วยเส้นชั้นความเสี่ยง เพื่อสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น และนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดมาตรการป้องกันและลดความรุนแรงที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการไปตามความสำคัญของประเด็นปัญหาข้างต้น โดยโครงการวิจัยนี้ กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 3 ประการ

1. ศึกษาประเมินผลกระทบต่อนพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ กรณีที่มีการรั่วไหล การแพร่กระจาย และการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซล
2. ศึกษาระยะปลอดภัยจากการแพร่กระจาย และการระเบิดของน้ำมันดีเซลในถังเก็บน้ำมัน
3. ศึกษาแนวทางป้องกัน และลดความรุนแรงที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล เพื่อลดผลกระทบต่อนักงาน และพื้นที่ใกล้เคียงโดยรอบ

ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัย เรื่อง การประเมินผลกระทบจากการระเบิดของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงรูปทรงสี่เหลี่ยม จะดำเนินการภายใต้ขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. โปรแกรมอลิสาจะคำนวณตั้งแต่การแพร่กระจายที่แหล่งกำเนิดผลกระทบที่เกิดขึ้น และนำข้อมูลผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจัดทำมาตรการป้องกัน และแนวทางลดผลกระทบที่เหมาะสม
2. เพื่อคำนวณบริเวณหรือขอบเขตเสี่ยงอันตรายจากโปรแกรมอลิสา และสามารถกำหนดบริเวณที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ
3. การศึกษาวิจัยเชิงปริมาณจะมุ่งเน้นผลกระทบในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับถังเก็บน้ำมันที่ทำให้เกิดความรุนแรงต่อบุคคล โดยใช้ถังเก็บน้ำมัน เป็นตัวอย่างในการศึกษาผลกระทบการเกิด การรั่วไหลและผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนจากเหตุเพลิงไหม้และระเบิด ต่อสถานที่เก็บ เชื้อเพลิงและพื้นที่ข้างเคียง และอันตรายจากการเกิดเหตุที่ส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงานในอาคารและชุมชนข้างเคียง

4. ถังเก็บน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ ถังเก็บน้ำมันดีเซล เป็นถังเหล็ก 2 ชั้น ลักษณะทรงสี่เหลี่ยม เป็นถังติดตั้งบนพื้นคอนกรีต ไม่มีช่องสำหรับคนเข้า ความกว้าง 2.3 เมตร ความยาว 5 เมตร สูง 3 เมตร ความจุ 35,000 ลิตร

5. ค่าคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลที่ใช้ในโปรแกรมจะแสดงด้วยค่าที่อันตรายที่สุด เนื่องจากน้ำมันดีเซลที่มีจำหน่ายในเชิงการค้าจะมีส่วนผสมและอัตราส่วนของน้ำมันแตกต่างกัน

6. การวิเคราะห์ข้อมูลจำกัดที่การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยไม่มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มุ่งเน้นการเกิดเหตุการณ์ที่ร้ายแรงที่สุด โดยไม่พิจารณาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งโปรแกรมที่นำมาใช้ในการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

6.1 โปรแกรมคามิโอ

6.2 โปรแกรมอโดฮา

6.3 โปรแกรมมาร์ฟลิวด

6.4 โปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยได้ทบทวนเอกสาร รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้และใช้ในการอ้างอิง โดยในส่วนของทบทวนวรรณกรรมได้ทำการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิริวัฒน์ (2548) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณการแพร่กระจายของสารเคมี โดยใช้เส้นชั้นความเสี่ยง จากอุบัติเหตุจากกระบวนการในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีนั้น สามารถก่อให้เกิดผลกระทบและความสูญเสียได้ในวงกว้าง การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณจึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้อันตรายและระดับผลกระทบของเหตุการณ์ แต่การประเมินต้องอาศัยแรงงานคนและเวลาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากความซับซ้อนของเหตุการณ์และกระบวนการประเมิน ดังนั้นเพื่อช่วยในการบริหารจัดการความเสี่ยง การใช้คอมพิวเตอร์ในการประเมินและสร้างแบบจำลองผลกระทบที่เกิดขึ้น จะช่วยลดระยะเวลาของการประเมินและสามารถนำเสนอขอบเขตของผลกระทบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โปรแกรม Simplified Individual Risk Contour (SIMIRC) ถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา Visual Basic เพื่อช่วยในการประเมินเหตุการณ์การรั่วไหลของก๊าซพิษที่มีการแพร่กระจายแบบ Neutrally Buoyant โปรแกรมจะประกอบ 5 โมดูล คือ โมดูลเพิ่มข้อมูลสารเคมี โมดูลเหตุการณ์จำลอง โมดูลประเมินอัตราการรั่วไหล โมดูลประเมินผลกระทบ และโมดูลเส้นชั้นความเสี่ยง โดยแต่ละโมดูลจะทำหน้าที่เป็นโปรแกรมย่อยที่มีหน้าที่ในการประเมินอัตราการรั่วไหลก๊าซประเมินความเข้มข้นก๊าซ และหาขอบเขตผลกระทบของเหตุการณ์ โปรแกรม SIMIRC ได้ทดสอบกับตัวอย่างการคำนวณและกรณีศึกษาที่เคยเกิดขึ้น พบว่า โปรแกรมสามารถคำนวณอัตราการรั่วไหล ความเข้มข้น ณ จุดที่สนใจ และสร้างเส้นชั้นความเสี่ยงได้ไม่แตกต่างกับผลจากตัวอย่างการคำนวณหรือผลจากกรณีศึกษา ผลลัพธ์สุดท้ายของการประเมินจะสามารถแสดงได้ 2 รูปแบบ คือการบอกเป็นตำแหน่งของบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นสูงจนถึงระดับชีวิต โดยจะเก็บผลลัพธ์ในรูปแบบไฟล์ข้อความกับการแสดงผลในรูปแบบของเส้นชั้นความเสี่ยงของผลกระทบ ซึ่งจะนำเสนอ

ชั้นความเสี่ยงนี้วางซ้อนทับกับแผนที่ของจุดที่เกิดการรั่วไหล เพื่อบ่งชี้ขอบเขตของผลกระทบและสามารถกำหนดมาตรการฉุกเฉินและป้องกันที่เหมาะสมได้

สุกิต (2547) นำโปรแกรมอโลฮา(ALOHA : Area Locations of Hazardous Atmospheres) มาใช้ในการทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลว เพื่อทำการประเมินผลกระทบของการรั่วไหล และสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติเหตุ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา ให้สามารถนำแผนที่ประเทศไทยมาใช้งานได้ โดยได้จำลองสถานการณ์ ในกรณีที่สารเคมีอยู่ก้นที่ (ในถังเก็บ) และกรณีที่มีการเคลื่อนที่ (รถบรรทุกสารเคมี) ทำให้ทราบขอบเขตและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของคลอรีน และสามารถหามาตรการในการป้องกันและลดผลกระทบดังกล่าว ซึ่งในการจำลองเหตุการณ์การรั่วไหลของคลอรีนที่ถังเก็บ พบว่ามีผลกระทบทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูงมาก จากความเข้มข้นที่ได้รับและระยะเวลา รวมไปถึงขอบเขตของผลกระทบ ทำให้สามารถกำหนดแนวทางที่จะลดผลกระทบได้และพบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเสียชีวิตลงได้อย่างมากจากการจำลองสถานการณ์

โปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ขอบเขตที่ได้รับผลกระทบ รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นของสารในเวลาต่างๆ กันที่เกิดการรั่วไหลจะใช้โปรแกรมอโลฮา โดยมีระบบฐานข้อมูลสารเคมีอยู่ในโปรแกรมคามิโอ (CAMEO : Computer Aided Management of Emergency Operation) และใช้โปรแกรมมาร์พล็อต (MARPLOT : Mapping Application for Response , Planning and Local Operation Tasks) ซึ่งเป็นแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ แสดงสถานที่บริเวณที่เกิดเหตุแต่ผู้ใช้งานต้องทำการเพิ่มฐานข้อมูลด้านแผนที่ และสถานที่สำคัญต่างๆเอง เนื่องจากฐานข้อมูลเดิมจะเป็นของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนแปลงไฟล์แผนที่ที่มีอยู่ ให้มาอยู่ในไฟล์นามสกุล *.mie

กิตติ (2548) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงของคลังเก็บและจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยพัฒนาโปรแกรมช่วยคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาเขียนลงโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล สเปรทชีท เพื่อนำไปใช้ในการประเมินอันตรายที่เกิดจากการรั่วระเหยกลายเป็นไอแพร่กระจายออกไป เป็นเหตุให้เกิดการระเบิดและเกิดเพลิงไหม้ เพื่อศึกษาผลกระทบจากแรงระเบิด Vapor Cloud Explosion และ Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion รวมถึงการแผ่รังสีความร้อนของเหตุการณ์ดังกล่าว เมื่อนำโปรแกรมหาคำนวณไปเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่มีใช้ในเชิงพาณิชย์ พบว่าผลของการคำนวณจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน แต่ก็

เป็นไปในทางเดียวกัน ความต่างนั้นอาจเกิดจากการใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน การกำหนดสัดส่วนที่ใช้ในการคำนวณต่างกัน การกำหนดคุณสมบัติของสารที่ต่างกันเป็นต้น

ชาติชาย (2549) ศึกษาและประเมินผลกระทบความรุนแรงจากการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) ของถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวในคลังเก็บก๊าซเชื้อเพลิง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ “Shell FRED” จำลองสถานการณ์บลีวี เพื่อศึกษาผลกระทบจากแรงระเบิดและรังสีความร้อน และใช้โปรแกรม “ Shell PIPA ” ในการจัดทำแผนการป้องกันการระเบิดแบบบลีวี พบว่า เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ถังทรงกลมบรรจุก๊าซปิโตรเลียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เมตร และมีปริมาตรบรรจุสูงสุด 1,400 ลูกบาศก์เมตร โดยเก็บที่ปริมาตรร้อยละ 80 ของปริมาตรสูงสุด เมื่อเกิดการระเบิดแบบบลีวี จะทำให้เกิดลูกไฟขนาด 406 เมตร โดยมีระยะเวลาการเกิดลูกไฟ 49.3 วินาที ก่อให้เกิดอันตรายต่ออาคารบ้านเรือนอย่างรุนแรงในระยะ 41.9 เมตร และประชาชนที่อยู่ในรัศมี 300 เมตร ได้รับอันตรายจากรังสีความร้อนในระดับที่จะทำให้เกิดแผลไหม้ระดับสอง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำมันดีเซล (กรมธุรกิจพลังงาน, 2549)

น้ำมันดีเซล (Diesel Fuels) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานในเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ เช่น รถยนต์โดยสาร รถบรรทุก เรือ เรือเดินสมุทร และรถไฟ ทั้งนี้ น้ำมันดีเซลนั้น มักจะใช้กับเครื่องยนต์ที่ต้องทำงานหนัก เป็นระยะเวลายาวนาน และต้องการกำลังที่สูงกว่าในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน

น้ำมันดีเซลมีการระเหยต่ำ และเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ได้จากส่วนล่างของหอกลั่นปิโตรเลียม การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเป็นการจุดระเบิดให้เกิดแรงอัดให้เป็นพลังงานในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ การแบ่งชั้นคุณภาพแบ่งออกตาม ค่าออกเทน

การแบ่งชั้นคุณภาพน้ำมันดีเซลทั่วไป เป็นไปตามลำดับ ดังนี้

1. Diesel No.1 มีการระเหยและจุดระเบิดปกติ (C8-C19) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลอื่นๆ มักใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วสูงโดยมีค่าความแตกต่างของความเร็ว และน้ำหนัก

บรรทุก ตัวอย่างในสหรัฐอเมริกา คือ สูตรมาตรฐานของดีทรอยต์ดีเซลซีรีส์ 71 ของเครื่องยนต์ที่ใช้ในรถโดยสารประจำทางที่วิ่งในชุมชนเมือง (Detroit Diesel Series 71 engines)

2. Diesel No.2 มีการระเหยและจุดระเบิดต่ำกว่า No.1 และมีค่าองค์ประกอบปิโตรเลียมที่สูงกว่า (C9-C21) No.1 ใช้ในเครื่องยนต์ที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกสูง และมีความเร็วสม่ำเสมอที่ เช่นรถยนต์ทั่วไป และรถบรรทุก

3. Diesel No.4 มีความหนืดสูงที่สุด และมีการระเหยและจุดระเบิดต่ำที่สุด เป็นส่วนผสมของไอน้ำมันดีเซลหมุนช้ากับกากน้ำมันเตา (C25+) ใช้ในเครื่องยนต์ที่มีความเร็วต่ำปานกลาง ที่มีน้ำหนักบรรทุกและความเร็วที่แน่นอนและคงที่ ส่วนใหญ่ใช้ในการเดินเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า รถไฟ เรือ และเรือเดินสมุทร

สามารถแบ่งน้ำมันดีเซลออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (Light Diesel) คือ ชนิด Diesel No.1 และ No.2 และน้ำมันดีเซลหมุนช้า (Heavy Diesel) คือ ชนิด Diesel No.4

น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ใช้สำหรับเครื่องยนต์รอบสูงที่มีค่าการจุดระเบิด (ignition) สูง ได้แก่ น้ำมันดีเซลที่เราสามารถขับรถยนต์เข้าไปเติมได้ตามปั้มน้ำมันที่มีอยู่ทั่วไปนั่นเอง

น้ำมันดีเซลหมุนช้า ใช้สำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำ ที่ต้องการมีความเร็วคงที่เป็นระยะเวลานาน เช่น เครื่องยนต์ของเรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ที่ต้องเดินเครื่องตลอดเวลาเป็นระยะเวลานานแรมเดือน จุดด้อยของการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า คือ จุดระเบิดยากเพราะมีความหนืดสูงทำให้เครื่องยนต์ติดยาก ในการเริ่มต้นเดินเครื่องนั้น ต้องใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วเป็นตัวนำร่อง ก่อนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าเดินเครื่องยนต์ในระยะเวลาต่อไป

สิ่งที่สำคัญของการกำหนด/วัดมาตรฐาน/คุณสมบัติของน้ำมันดีเซล คือ จุดวาบไฟ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จึงมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลด้วยเช่นกัน จึงต้องทำให้น้ำมันดีเซลยังอยู่ในสภาพที่เป็นของไหล ที่สามารถฉีดเข้าไปในกระบอกสูบเพื่อเดินเครื่องยนต์ดีเซลต่อไปได้

จุดวาบไฟ (Flash point) คือ จุดที่ ณ อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด (Lowest Temperature) ของเหลวที่เป็นสารจุดไฟติด (Flammable Liquid) นั้น ผสมรวมเข้ากับอากาศแล้ว สามารถจุดติดจนลุกเป็นไฟขึ้นมา โดยมีอุณหภูมิของจุดวาบไฟนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของของเหลวนั้นๆ

ณ อุณหภูมินี้เองที่ไอระเหยของของเหลวแต่ละชนิด จะสามารถลุกติดไฟต่อไปได้ ถึงแม้ว่าจะมีการนำสารต้นกำเนิดไฟ เช่น ไม้ขีดไฟ ออกไปแล้ว ก็ตามเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นต่อไปอีก ก็จะเกิดเป็น จุดที่เกิดการติดไฟ (Fire Point) ต่อไป ซึ่งหมายความว่าไอระเหยของสารดังกล่าว ได้มีการเผาไหม้ต่อไปอย่างต่อเนื่อง หลังจากเกิดการจุดไฟติดแล้ว

กลไกการเกิดกลศาสตร์ (Mechanism) เนื่องจาก ของเหลวที่เป็นสารจุดไฟติดทุกชนิด จะมีความดันไอ (Vapor Pressure) ที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของอุณหภูมิของของเหลวนั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอของของเหลวก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อความดันไอสูงขึ้นความเข้มข้นของไอระเหยของของเหลวที่เป็นสารติดไฟในอากาศก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

ดังนั้นอากาศที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิที่สมดุล (Equilibrium Conditions) จึงเป็นส่วนสำคัญในการประเมินค่าความเข้มข้นของความเข้มข้นของไอของของเหลวที่เป็นสารจุดไฟติดของเหลวที่เป็นสารจุดไฟติดแต่ละชนิด จึงจะต้องมีความเข้มข้นของเชื้อเพลิงในอากาศในระดับหนึ่งที่จะดำรงความจุดไฟติดเอาไว้ จุดวาบไฟเป็นจุดที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ไอของเชื้อเพลิง (Evaporated Fuel) ที่มีอยู่ในอากาศเริ่มเกิดการจุดไฟติด

น้ำมันเชื้อเพลิงต่างๆ (Petrol, Gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ทำให้เครื่องยนต์มีการขับเคลื่อนด้วยการจุดระเบิด (Spark) โดยน้ำมันเชื้อเพลิงจะเริ่มต้นด้วยการผสมกับอากาศภายใต้จุดจำกัดที่เกิดการจุดติดไฟ และถูกเผาที่อุณหภูมิเหนือจุดวาบไฟ หลังจากนั้นจึงจุดไฟติดด้วยปลั๊กจุดระเบิด (Spark Plug) ทั้งนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องไม่สามารถที่จะจุดไฟติดได้ในเครื่องยนต์ที่ร้อนจัด ดังนั้น น้ำมันเชื้อเพลิง (Gasoline) จึงต้องมีจุดวาบไฟต่ำ (Low Flash Point) และมีอุณหภูมิในการติดไฟด้วยตนเองสูง (High Autoignition Temperature)

เครื่องยนต์ดีเซลนั้น ได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ที่ใช้แรงดันสูง (High-Compression Engine) อากาศจะถูกอัดจนกระทั่งมีความร้อนที่สูงกว่า อุณหภูมิที่เกิดการจุดไฟติดด้วยตัวเองของน้ำมันดีเซล หลังจากนั้น น้ำมันดีเซลจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเครื่องในลักษณะ

เป็นฝอยกระจายที่มีความดันสูงแล้วควบคุมให้น้ำมัน และอากาศอยู่ภายใต้การจุดไฟติด แต่ไม่มีต้นกำเนิดของการจุดไฟติด ดังนั้น น้ำมันดีเซลจึงต้องมีจุดวาบไฟสูง (High Flash Point) และมีอุณหภูมิในการติดไฟด้วยตนเองต่ำ (Low Ignition Temperature)

น้ำมันเบนซิน มีจุดวาบไฟมากกว่า -40 องศาเซลเซียส จุดติดไฟ 246 องศาเซลเซียส

น้ำมันดีเซลมีจุดวาบไฟมากกว่า 62 องศาเซลเซียส จุดติดไฟ 210 องศาเซลเซียส

น้ำมันเครื่องบินไอพ่นมีจุดวาบไฟมากกว่า 50 องศาเซลเซียส จุดติดไฟ 210 องศาเซลเซียส

ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล

1. การติดไฟ บ่งบอกความสามารถในการติดเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำและการป้องกันการน็อกในเครื่องยนต์ระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบ ลักษณะการเผาไหม้เช่นเผาไหม้เร็ว เผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง เหล่านี้แสดงออกมาเป็นตัวเลขของดัชนีซีเทน หรือซีเทนนัมเบอร์ ค่าซีเทนควรให้สูงพอกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ติดเครื่องยนต์ง่ายไม่น็อก และประหยัดการใช้น้ำมัน

2. ความสะอาด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลต้องมีความสะอาดทั้งก่อนและหลังการเผาไหม้ เช่นต้องมีตะกอน น้ำ กากหรือเขม่าที่น้อยที่สุดที่จะทำได้ เนื่องจากระบบน้ำมันดีเซลจะต้องใช้ปั๊มน้ำมันและหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้

3. การกระจายตัวเป็นฝอยความหนืดหรือความข้นใสเป็นตัวกำหนดลักษณะของการกระจายตัวของน้ำมันดีเซล ความหนืดที่เหมาะสมทำให้น้ำมันน้ำมันกระจายเป็นฝอยดี ความหนืดของน้ำมันดีเซลยังมีผลต่อระบบการปั๊มน้ำมัน เพราะในขณะที่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ตัวน้ำมันก็จะทำหน้าที่หล่อลื่นลูกสูบปั๊มไปในตัวด้วย

4. อัตราการระเหยตัวของน้ำมันดีเซลมีผลต่อจุดเดือด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ

5. สี โดยปกติสีน้ำมันดีเซลมีสีชาอ่อน แต่บางครั้งสีอาจเปลี่ยนไปบ้าง เนื่องจากในกระบวนการ การกลั่นน้ำมันอาจใช้น้ำมันดิบจากแหล่งต่างกัน แต่คุณสมบัติในการเผาไหม้ยังคงเหมือนเดิม ทั้งนี้สีไม่ได้เป็นตัวสำคัญที่กำหนดคุณภาพน้ำมัน ผู้ประกอบการได้กำหนดมาตรฐานสีที่มีค่าไม่เกิน 3 ซึ่งเป็นสีคล้ายสีชา สีของน้ำมันดีเซลอาจเข้มขึ้นหากเก็บไว้นานๆ แต่ในกรณีที่สีเปลี่ยนแปลงไปมากเช่นเป็นสีเขียว หรือสีดำคล้ำ ควรตั้งข้อสังเกตว่าอาจมีการปลอมปนของน้ำมันก๊าด น้ำมันเตา หรือน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว

6. ปริมาณกำมะถันในน้ำมันชนิดใดๆที่สูงเกินไปเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา การกัดกร่อนของกำมะถันในน้ำมันมีด้วยกัน 2 ลักษณะ

6.1 ลักษณะแรกเกิดจากการกัดกร่อนภายหลังการเผาไหม้ สารประกอบของกำมะถันเมื่อถูกเผาไหม้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ ซึ่งเมื่อรวมกับน้ำจะเป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด และกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้

6.2 ลักษณะที่สองเกิดจากกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง คือน้ำมันจะกัดกร่อนชิ้นส่วนของระบบหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล กำมะถันในน้ำมันดีเซลจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันดิบและกระบวนการกลั่นที่ใช้ สารประกอบกำมะถันที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนจะอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น เมอร์แคปแทน ไคซัลไฟด์หรือสารประกอบเฮเตอร์โรไซคลิก เช่น ไธโอเฟน

7. ความหนาแน่นและความชื้นในสี มีอิทธิพลต่อรูปร่างของละอองน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด ถ้าน้ำมันมีความชื้นสูงการฉีดเป็นฝอยละอองจะไม่ดี เพราะละอองน้ำมันมีขนาดใหญ่และพุ่งเป็นสายไปไกล แทนที่จะกระจายเป็นฝอยเล็กๆทำให้น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดีการเผาไหม้จึงไม่สมบูรณ์และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง แต่ถ้าน้ำมันดีเซลมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้การฉีดฝอยน้ำมันละเอียดแต่ไม่พุ่งไปไกลเท่าที่ควร การเผาไหม้ก็ไม่ดีและอาจทำให้มีการรื้อกลับในตัวปั๊มหัวฉีด ด้วยเหตุนี้สีน้ำมันดีเซลหมุนเร็วโดยทั่วไปจะกำหนดค่าความชื้นในสีอยู่ระหว่าง 1.8-4.1 เซนติสโตก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

อันตรายจากน้ำมันดีเซลคล้ายคลึงกับน้ำมันเบนซิน แม้น้ำมันดีเซลไม่มีสารประกอบของตะกั่ว แต่ก็ยังมีสารที่ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ หากสัมผัสโดยตรงมากๆ สารดังกล่าวคือ PCA หรือโพลีไซคลิก อะโรมาติกส์ ไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นจึงควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากสัมผัส

กับน้ำมันดีเซล และถึงแม้ว่าน้ำมันดีเซลจะมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันเบนซิน แต่มันก็เป็นเชื้อเพลิงที่ติดไฟง่ายเช่นกัน จึงจำเป็นต้องตั้งไว้ให้ห่างจากความร้อน ประกายไฟ

2. การทำนายการแพร่กระจายตัวรวมถึงการระเบิดของวัตถุอันตราย

การทำนายการแพร่กระจายตัวรวมถึงการระเบิดด้วยโปรแกรมออลฮา ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) และ U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) ซึ่งโปรแกรมสามารถจำลองประเภทความเป็นอันตรายได้ 3 ประเภท ได้แก่ Toxic Gas Dispersion, Fires และ Explosions โดยจะแสดงผลเป็นรูปซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้วางแผนป้องกันเหตุฉุกเฉิน

ปกติแล้วการระเบิดหรือการเกิดเพลิงไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว มักเกิดจากเหตุการณ์ที่มีความต่อเนื่องกัน เช่น เริ่มจากการรั่วไหลของของเหลวไวไฟออกสู่ภายนอกตามมาด้วยระเหยตัวกลายเป็นกลุ่มหมอกไอระเหยปกคลุมไปทั่วบริเวณนั้นในกรณีที่สภาวะอากาศสงบนิ่ง แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหวของอากาศตามอิทธิพลของลมเข้ามาเกี่ยวข้อง ก็จะพิจารณาเรื่องของการแพร่กระจายไปในทิศทางลมด้วย สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเกิดการแพร่กระจายไปในบริเวณที่ไม่ได้มีการป้องกัน และมีประกายไฟในกิจกรรมต่างๆ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือโมเดลต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษาและเลือกเอามาใช้งานให้เหมาะสมกับงานวิจัยมีดังนี้

2.1 แบบจำลองการรั่วไหล (Release or Source Model)

การรั่วไหลมีได้หลายลักษณะแต่ที่จะพิจารณาในงานวิจัยนี้จะมีเพียง การรั่วไหลของเหลวผ่านรูรั่วของถังเก็บ โดยถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ จะเก็บภายใต้ความดันบรรยากาศ หรือใกล้เคียงความดันบรรยากาศ

ตารางที่ 1 แสดงแนวทางในการพิจารณาเลือกเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดของการรั่วไหล เพื่อให้ใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด โดยพิจารณาว่ามีความเป็นไปได้ที่การรั่วไหลจะเกิดจากท่อที่ใหญ่ที่สุดที่ต่ออยู่กับถังเก็บ แทนที่จะคาดการณ์ว่าทั้งถังเก็บเกิดความเสียหายและของเหลวมีการรั่วไหลออกมาทั้งหมด (Crowl and Louvar, 2002)

ตารางที่ 1 แนวทางในการเลือกเหตุการณ์การรั่วไหล

ลักษณะของเหตุการณ์	แนวทาง
เหตุการณ์การรั่วไหล (Realistic release incidents)	
ท่อในกระบวนการผลิต (Process Pipe)	การแตกหักของท่อในกระบวนการผลิตที่ใหญ่ที่สุดดังนี้ - ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 2 นิ้ว จะสมมุติว่ารั่วเต็มพื้นที่หน้าตัด - ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 -4 นิ้ว จะสมมุติว่าเกิดการรั่วเท่ากับ ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว - ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ใหญ่กว่า 4 นิ้ว จะสมมุติว่าเกิดการรั่วไหลที่ 20% ของพื้นที่หน้าตัดท่อ
ท่ออ่อน (Hose)	สมมุติว่ารั่วเต็มพื้นที่หน้าตัด
อุปกรณ์ระบายความดัน ที่ระบายออกสู่บรรยากาศโดยตรง	ให้คำนวณหาการระบายสูงสุดที่ความดันที่ตั้งไว้ โดยใช้ข้อมูลของสภาวะอากาศในการคำนวณ
ถังความดัน	สมมุติการเสียหายที่ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ที่สุดที่ติดอยู่กับถัง
เหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case incidents)	
ปริมาณ	สมมุติเกิดการรั่วไหลของสารที่มีปริมาณสูงสุดที่ถึงจะเก็บได้ อัตราการรั่วไหล ให้คิดภายใน 10 นาที
ความเร็วลม/สภาพความแปรปรวน (Stability)	สมมุติความแปรปรวนเป็น F และ ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที หากไม่มีข้อมูลอ้างอิง
อุณหภูมิ และความชื้นในบรรยากาศ	สมมุติที่อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันและความชื้นเฉลี่ย
ความสูงในการรั่วไหล	สมมุติการรั่วไหลที่ระดับพื้นดิน
ลักษณะภูมิประเทศ	สมมุติการรั่วไหลในเมืองหรือนอกเมืองตามเหมาะสม
อุณหภูมิของสารที่รั่วไหล	อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวัน โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี หรือใช้อุณหภูมิจากกระบวนการผลิต สมมุติให้ก๊าซเหลวถูกเก็บไว้ภายใต้ความเย็นที่ความดันบรรยากาศ และรั่วไหลออกมาที่จุดเดือดของสารนั้น

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

โปรแกรมอลฮาสามารถจำลองการรั่วไหลสารเคมีจากแหล่ง 4 ชนิด คือ Direct , Puddle , Tank และ Gas Pipeline ซึ่งชนิดและประเภท (sources and scenarios) ที่โปรแกรมอลฮาสามารถประมวลได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ALOHA sources and scenarios.

ชนิด	การเกิดพิษ	การเกิดไฟไหม้	การระเบิด
โดยตรง (Direct)			
การรั่วไหลโดยตรง	หมอกควันพิษ	การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area)	การเกิดการระเบิดแบบ Vapor Cloud Explosion
การไหลนองกับพื้น (Puddle)			
การระเหย	หมอกควันพิษ	การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Area)	การเกิดการระเบิดแบบ Vapor Cloud Explosion
การไหม้แบบ Pool Fire		การเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire	
การกระจายจากถัง (Tank)			
การรั่วไหล ในกรณีที่ไม่ติดไฟ	หมอกควันพิษ	การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ	การเกิดการระเบิดแบบ Vapor Cloud Explosion
การไหม้		การเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet Fire or Pool Fire	
การเกิดระเบิดแบบบลิ้ว		การเกิดระเบิดแบบบลิ้วแบบ Fireball และ Pool Fire	
การรั่วออกจากท่อ (Gas Pipeline)			
การรั่วไหล ในกรณีที่ไม่ติดไฟ	หมอกควันพิษ	การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ	การเกิดการระเบิดแบบ Vapor Cloud Explosion
การไหม้แบบ Jet Fire		การเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet Fire	

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency. (2006)

สารเคมีหลายๆตัวที่อยู่ในโปรแกรมอลฮา นอกจากจะเป็นพิษแล้วยังมีความไวไฟ ซึ่งเป็นอันตรายอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในอากาศ นอกจากจะสามารถสร้างแบบจำลองความเป็นพิษแล้วยังสามารถสร้างแบบจำลองการเกิดไฟไหม้และการระเบิดได้อีกด้วยโดยทำทีละแบบ หากสารเคมีที่เป็นพิษและไวไฟรั่วไหลออกมา ต้องใช้แบบจำลองการกระจายตัวก่อนจากนั้นจึงจำลอง

เหตุการณ์ไฟไหม้ และการระเบิด นำผลจากทั้งสองแบบจำลองไปลงในแผนผังประกอบกับข้อมูลจำเพาะอื่นๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลการตัดสินใจตอบรับอุบัติเหตุ นั้น ในหลายๆเหตุการณ์ การได้ตอบการรั่วไหลของพิษมีความสำคัญมากกว่าไฟไหม้และการระเบิด

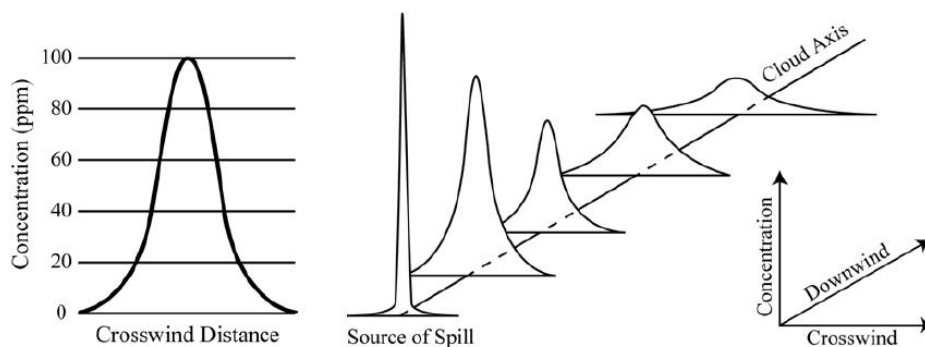
การรั่วไหลมักจะตามมาด้วยการกลายเป็นระเหยกลายเป็นไอ การระเหยของของเหลวในแอ่งใหญ่จะเกิดในกรณีของเชื้อเพลิงที่มีความดันไออิ่มตัวสูงหรือมีจุดเดือดต่ำกว่าหรือใกล้เคียงบรรยากาศภายนอกเช่น น้ำมันเบนซิน โดยของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำกว่า หรืออีกนัยหนึ่ง มีความดันไออิ่มตัวที่สูงกว่า ก็จะระเหยได้เร็วกว่า สำหรับน้ำมันดีเซลจะไม่พิจารณาในเรื่องนี้เนื่องจากของเหลวมีความดันไออิ่มตัวต่ำมากทำให้การระเหยตัวมีน้อย

2.2 แบบจำลองการแพร่กระจาย (Dispersion Model)

สำหรับการจำลองแบบการแพร่กระจายโดยโปรแกรมออลสา จะประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมี ได้แก่ ความเป็นพิษ (Toxicity) ความไวไฟ (Flammability) รังสีความร้อน (Thermal radiation) หรือแรงอัดอากาศสูง (Overpressure) โดยกำหนดเป็นระดับความเข้มข้นของก๊าซพิษในอากาศ ซึ่งเหนือจากนี้ขึ้นไปจะก่อให้เกิดอันตรายโดยไม่ถึงมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างถาวร หรืออาจตายเลย (Levels of Concern (LOCs))

แบบจำลองการแพร่กระจายถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การรั่วไหลกระจายไปตามลมแบบก๊าซเบา (Gaussian) และ การกระจายแบบก๊าซหนัก (Heavy gas)

2.2.1 แบบจำลองก๊าซเบา (Gaussian) จะใช้ทำนายแก๊สที่แพร่กระจายในบรรยากาศ จนกระทั่งแก๊สมีความหนาแน่นเท่ากับอากาศ ซึ่งลมและความแปรปรวนของบรรยากาศจะมีผลต่อการพาแก๊สที่รั่วไหลไปกับอากาศ และท้ายต้นลมจะมีความเข้มข้นของแก๊สมากกว่าท้ายลม ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังภาพที่ 1

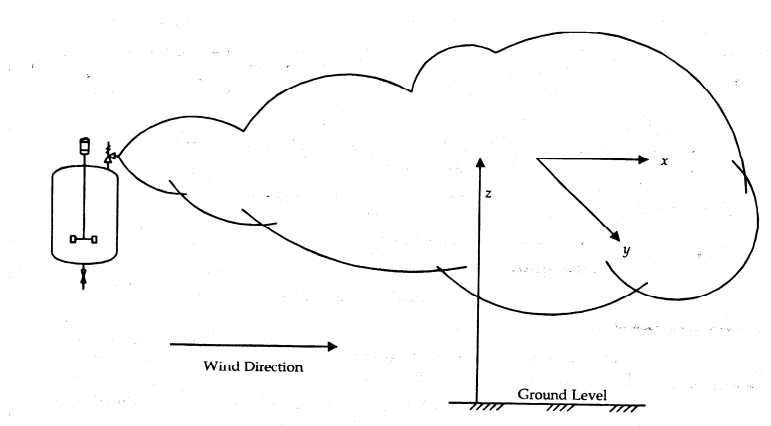


ภาพที่ 1 การกระจายความเข้มข้นของก๊าซเบาเมื่อรั่วไหลไปกับอากาศ

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2006)

การแพร่กระจายของกลุ่มก๊าซ หรือไอระเหยเชื้อเพลิงที่รั่วไหลออกมาจากแหล่งกำเนิดและถูกลมพัดพาไปในอากาศ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การกระจายตัวของกลุ่มก๊าซแบบที่มีการรั่วไหลออกอย่างต่อเนื่อง (Continuous Release, Plume) และการกระจายตัวของกลุ่มก๊าซแบบที่มีการรั่วไหลออกอย่างทันทีทันใด (Instantaneous Release, Puff) ดังภาพที่ 2 และ 5

ก. แบบพลูม (Plume Type) คือ การปล่อยอย่างต่อเนื่องจากแหล่งกำเนิด



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของก๊าซในลักษณะ Plume Model

ที่มา: Louvar (1998)

สมการพื้นฐานของ Gaussian สำหรับการกระจายตัวในลักษณะ Plume Model หรือ Continuous Release มีสูตรดังนี้

$$C(x, y, z) = \frac{Qm}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

$C(x, y, z)$ = ความเข้มข้นในลักษณะการกระจายตัวของพุ่มในจุด x, y และ z (มวล/ความยาว³)

x, y, z = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่ตรวจวัด(ความยาว)

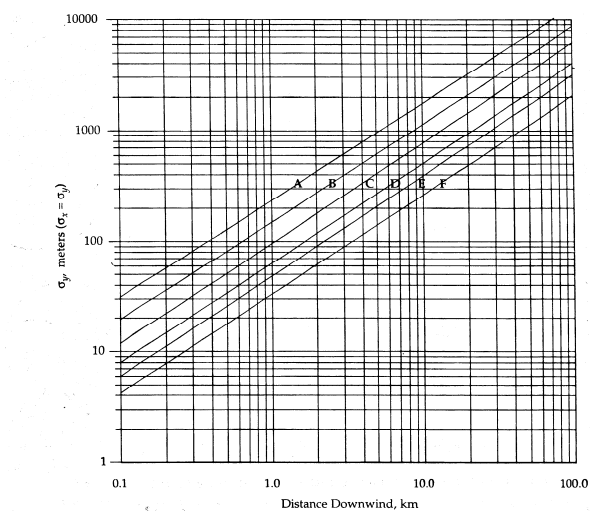
Qm = มวล (มวล/เวลา)

σ_x และ σ_y = ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวแกน x และ y (ความยาว)

u = ความเร็วลม (ระยะทาง/เวลา)

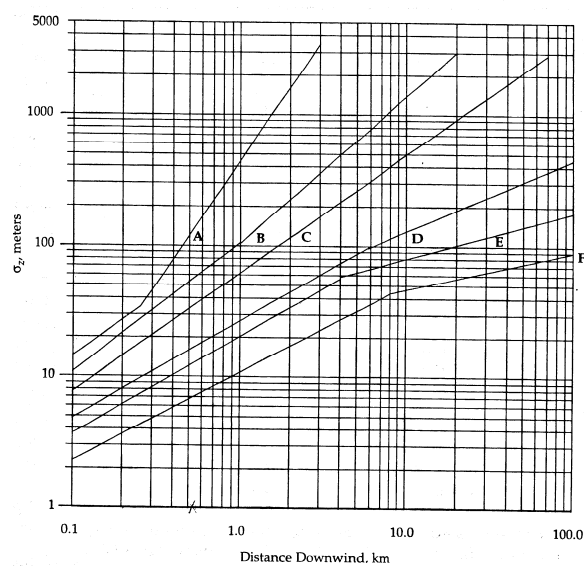
H_r = ความสูงของจุดที่ปล่อยสารปนเปื้อน (ความยาว)

สำหรับค่า σ ได้จากตารางสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแกน y และ แกน z



ภาพที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวนอน สำหรับการกระจายตัวแบบ Pasquill-Gifford
Plume model

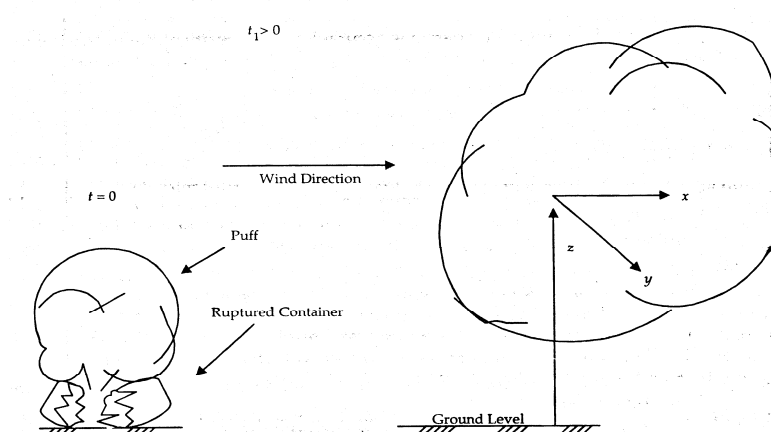
ที่มา: Turner (1970)



ภาพที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวตั้ง สำหรับการกระจายตัวแบบ Pasquill-Gifford
Plume model

ที่มา: Turner (1970)

ข. แบบพัฟฟ์ (Puff Type) คือ การปล่อยจากแหล่งกำเนิดเป็นช่วงๆ



ภาพที่ 5 การกระจายตัวของก๊าซในลักษณะ Puff Model

ที่มา: Joseph F.Louvar & B. Diane Louvar (1998)

ลักษณะการกระจายอีกลักษณะหนึ่งสำหรับการคำนวณแบบ Gaussian Equation เรียกว่า Puff Model หรือ Instantaneous Release

$$C(x, y, z, t) = \frac{Qm}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H_r}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (2)$$

$C(x, y, z)$ = ความเข้มข้นในลักษณะการกระจายตัวของพุ่มในจุด x, y และ z (มวล/ความยาว³)

x, y, z = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงจุดตรวจวัด (ความยาว)

Qm = มวล (มวล/เวลา)

σ_x , σ_y และ σ_z = ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในแนวแกน x และ y (ความยาว)

u = ความเร็วลม (ระยะทาง/เวลา)

H_r = ความสูงของจุดที่ปล่อยสารปนเปื้อน (ความยาว)

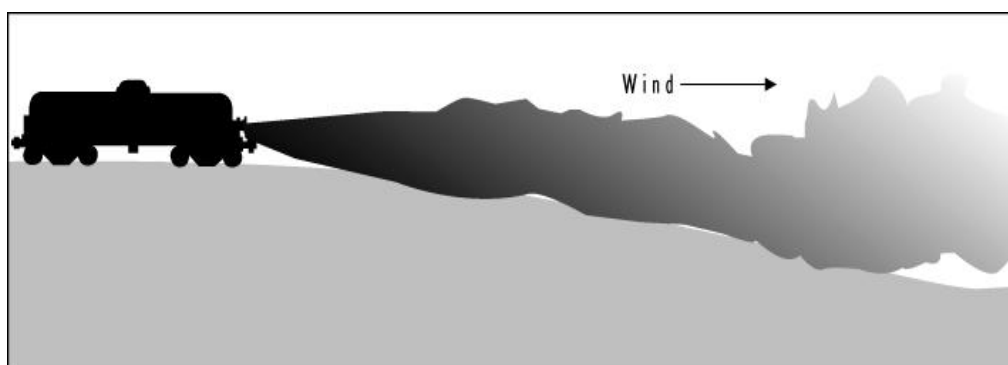
$$x = ut \quad (3)$$

x = ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของแกนกลางของก๊าซใน รูปแบบการกระจายตัวแบบ Puff ถึงจุดตรวจวัด มีหน่วยเป็นระยะทาง

u = ความเร็วลม มีหน่วยเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา

t = ระยะเวลา นับจากเกิดการปลดปล่อยสารปนเปื้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก

2.2.2 แบบจำลอง Heavy gas จะใช้ทำนายการรั่วไหลของแก๊สที่มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ เนื่องจากแก๊สมีน้ำหนักมากกว่าอากาศรอบข้าง แก๊สจะกระจายตามแรงโน้มถ่วงของโลกแสดงได้ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Cloud spread as a result of gravity

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2006)

โดยปกติไอของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีช่วงค่าความเข้มข้นเป็นส่วนผสมในที่สามารถทำให้เกิดการติดไฟ หรือระเบิดได้ไม่เท่ากัน โดยจะระบุเป็นขีดจำกัดบน (Upper Flammable Limit) และขีดจำกัดล่าง (Lower Flammable Limit) ลม หรือการเคลื่อนไหวของอากาศอาจมีความหมายสองลักษณะ คือ ลดค่าความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิงในอากาศ เพื่อไม่ให้มีความเข้มข้นจนถึงขีดจำกัดล่าง หรือเรียกอีกอย่างว่าการพัดพาเอากลุ่มไอเชื้อเพลิงที่มีความเข้มข้นสูงไปตามทิศทางของลม โดยความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิงจะลดลงไปตามระยะทางที่มากขึ้น

หากเกิดการรั่วไหลกลายเป็นไอ หรือการรั่วไหลของก๊าซติดไฟที่มีปริมาณน้อย ลมจะช่วยพัดพาหรือรั่วไหลของไอเชื้อเพลิงเหล่านั้นไปไม่ให้เกิดการสะสมถึงความเข้มข้นในขีดจำกัดล่าง จึงไม่เกิดอันตราย ส่วนการพัดพาเอากลุ่มไอเชื้อเพลิงที่มีความเข้มข้นสูง กระจายออกไปยังแหล่งชุมชนที่ห่างออกไป และยังคงเหลือความเข้มข้นสูงกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่าง ก็มีโอกาสดติดไฟจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชนเหล่านั้น ดังนั้นการคำนวณหาระยะทางจากจุดกำเนิดของไอเชื้อเพลิงไปจนถึงจุดที่มีความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิงในอากาศที่ ขีดจำกัดบนและล่าง จึงมีความจำเป็นเพื่อประเมินหาความเป็นไปได้ในการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด

การคำนวณจะเริ่มต้นจากการพิจารณาว่า เป็นการรั่วไหลอย่างต่อเนื่องหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะดำเนินการต่อไป โดยการตรวจสอบว่าเป็นการแพร่กระจายของก๊าซที่หนักกว่าอากาศ ซึ่งจะมีการแพร่กระจายลงตามแนวพื้นดิน (Slumping) หรือ เป็นการแพร่กระจายของก๊าซที่เบากว่าอากาศ ซึ่งจะมีการแพร่กระจายขึ้นไปในอากาศ (Neutrally Buoyant) แนวโน้มของการเกิด การแพร่กระจายไปตามแนวพื้นดินนั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่น และผกผันกับความปั่นป่วนของสภาพแวดล้อม (Surrounding Turbulence)

การแผ่รังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ (Thermal Radiation From Fires)

เมื่อศึกษาการรั่วไหลของไอเชื้อเพลิงที่เกิดการระเหย และสามารถแพร่กระจายออกไปได้แล้ว ส่วนต่อไปที่เกี่ยวข้องคือ การเกิดเพลิงไหม้ เนื่องจากกลุ่มหมอกไอระเหยที่มีอยู่อาจเกิดการติดไฟ ทำให้เกิดการระเบิด หรือการลุกลามของไฟ อันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้มาจากการแผ่รังสีความร้อนออกมาทำอันตรายต่อสิ่งก่อสร้างและผู้คนโดยรอบ

ไฟ (Fire) คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่ทำให้ความร้อน คว้น และ แสงสว่าง ไฟจากสารเคมีส่วนใหญ่เกิดจากการจุดประกายจากแหล่งต่างๆ เช่น ประกายไฟ ไฟฟ้าสถิตย์ ความร้อน หรือ เปลวไฟจากแหล่งอื่นๆ สารเคมีบางตัวที่มีอุณหภูมิติดไฟอัตโนมัติ (Autoignition) จะติดไฟได้เองโดยไม่ต้องอาศัยการจุดประกาย หากมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิติดไฟอัตโนมัติ

มีอุณหภูมิบางตัวที่วัดว่าสารนั้นๆติดไฟได้ง่าย ขึ้นกับค่า 3 นี้ คือ การระเหยง่าย (Volatility) จุดวาบไฟ (flash point) ขีดจำกัดความไวไฟ (flammability limits) การระเหยง่ายเป็นคุณสมบัติของสารไวไฟที่กลายเป็นไอได้เร็ว ยิ่งเร็วเท่าไรยิ่งติดไฟง่ายเท่านั้น ของเหลวไวไฟต้องกลายเป็นไวก่อนจึงจะติดไฟ จุดวาบไฟเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่สารไวไฟจะระเหยและพร้อมที่จะติดไฟได้ จุดวาบไฟยิ่งต่ำยิ่งมีความง่ายต่อการติดไฟ ขีดจำกัดความไวไฟแบ่งได้เป็น ขีดจำกัดระเบิดล่าง (Lower Explosive Limit :LEL) และขีดจำกัดการระเบิดบน (Upper Explosive Limit :UEL) เป็นช่วงความไวไฟของไอระเหยของสารหนึ่งๆ ช่วงระหว่างขีดจำกัดบนและล่างจะเป็นช่วงที่ไอระเหยของสารไวไฟในอากาศติดไฟได้ง่ายที่สุด สารเคมีที่มีคุณสมบัติการกลายเป็นไอสูงและจุดวาบไฟต่ำ มักจะมีขีดจำกัดล่างของการระเบิดต่ำด้วย

เมื่อสารไวไฟติดไฟแล้วต้องอาศัยสามสิ่งที่ทำให้ไฟติดต่อไปได้คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน ถ้ากำจัดตัวใดออกไปไฟก็จะดับ

การไหม้ของไฟยังก่อให้เกิดผลพลอยได้อื่น คือ คว้น เขม่า ขี้เถ้า และสารเคมีรูปแบบใหม่จากปฏิกิริยาเคมี ซึ่งบางตัวก็เป็นสารอันตราย โปรแกรมอโลฮาไม่สามารถจำลอง ขบวนการอันซับซ้อนของการเผาไหม้ได้ แต่สามารถใช้คาดคะเนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ การแผ่รังสีความร้อน นอกจากจะเป็นอันตรายโดยตรงแล้ว ยังมีผลทางอ้อมในการทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดซ้ำซ้อนในบริเวณใกล้เคียงได้อีก

วิธีการหาระดับความร้อน (Heat Flux) หรือผลของการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) นั้นจะจำแนกออกไปตามชนิดของเพลิงไหม้หากทราบหรือคาดเดาลักษณะของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ ชนิดของเพลิงไหม้ที่พิจารณาจะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. การเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire เกิดจากการติดไฟของของเหลวหรือเชื้อเพลิงในแอ่ง หรือบริเวณเปิดขนาดใหญ่ รวมถึงเขื่อนกั้น (Bund or Dike) อ่างกักเก็บ (Impounding Basin) หรือ ถังเก็บขนาดใหญ่ที่หลังคาด้านบนเสียหาย (Storage Tank)

2. การเกิดเพลิงไหม้แบบ Fire Ball ซึ่งมักจะเป็นผลต่อเนื่องของการเกิดระเบิดแบบบลีว (BLEVE) และการระเบิดของกลุ่มหมอกไอระเหย การเกิดบลีวทำให้เกิดจากการพังเสียหาย และติดไฟของภาชนะความดันที่บรรจุของเหลวภายใต้ความดันเหนือจุดเดือดที่ความดันบรรยากาศ แม้ว่า ชื่อจะบอกว่าเป็นการระเบิดแต่อันตรายหลักของบลีว คือ ความร้อนมหาศาลที่แผ่ออกมาของลูกบอลไฟ

เมื่อกลุ่มหมอกไอระเหยเคลื่อนตัวไปในทิศทางของลมอาจติดไฟจากแหล่งกำเนิดประกายไฟ เมื่อเงื่อนไขของการติดไฟครบ ผลของการระเบิดทำให้เกิดความเสียหายจากคลื่นกระแทก และทำให้เกิดเป็นลูกบอลไฟสร้างความเสียหายจากการแผ่รังสีความร้อนได้ หากเป็นการรั่วไหลภายในเขื่อนกักเก็บ และการระเหยเกิดอย่างต่อเนื่องจนของเหลวหมด มีเพียงส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงในกลุ่มหมอกไอระเหยเท่านั้น ที่จะก่อให้เกิดความเสียหายจากการแผ่รังสีความร้อน และจากการเกิดคลื่นกระแทกโดยประมาณ สัดส่วน (η) ร้อยละ 3 ของหมอกไอระเหยที่เกิดการเผาไหม้ในบริเวณเปิด และประมาณร้อยละ 10 ของไอหมอกจะเกิดการเผาไหม้ ในกรณีเป็นไอหมอกในบริเวณที่ปิดล้อมบางส่วน (Partially Confined)

ระดับการพิจารณาของการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation Levels of Concern, LOC) คือ พิกัดจำกัดของอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน เมื่อใช้โปรแกรมออลฮาในการคำนวณจะบอกพิกัดจำกัดนี้เป็นสามระดับ (วัดค่าเป็นกิโลวัตต์ต่อตารางเมตร) เพื่อเป็นขอบเขตการป้องกัน

แดง : 10 กิโลวัตต์/ตารางเมตร (อาจเสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที)

ส้ม : 5 กิโลวัตต์/ตารางเมตร (เกิดการไหม้ระดับ 2 ภายใน 60 วินาที)

เหลือง : 2 กิโลวัตต์/ตารางเมตร (เกิดอาการปวดร้อนภายใน 60 วินาที)

ผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนต่อมนุษย์ขึ้นกับระดับดังกล่าว และเวลาในการสัมผัส ขอบเขตที่แสดงผลในโปรแกรมโกลาบบอกถึงระดับความรุนแรงต่อมนุษย์พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการหาที่กำบัง

ผลของการแผ่รังสีความร้อนจะเทียบกับความเข้มของการแผ่รังสีไปยังตัวรับ โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตารางเมตร แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 แสดงผลที่เกิดจากการได้รับรังสีความร้อนที่ความเข้มที่ระดับต่างๆ

ความเข้มของการแผ่รังสี (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร)	ผลกระทบ
37.5	เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรในระบบ และเป็นพลังงานขั้นต่ำสุดที่ทำให้ไม้จุดติดไฟ เมื่อได้รับความร้อนที่จุดนี้เป็นเวลานาน
12.5	พลังงานขั้นต่ำสุดที่ทำให้ไม้ติดไฟและหลอมละลายท่อพลาสติก
9.5	ทำให้เกิดความเจ็บปวด หลังได้สัมผัสเป็นเวลามากกว่า 8 วินาที เป็นแผลไหม้ในระดับ 2 หลังได้รับสัมผัสนาน 20 วินาที
4.0	ทำให้เกิดความเจ็บปวด หลังได้รับสัมผัสเป็นเวลามากกว่า 20 วินาทีและเป็นแผลพุพอง
1.6	รู้สึกอึดอัด ไม่สบายตัวเมื่อต้องสัมผัสเป็นระยะเวลานาน

ที่มา: Louvar and Louvar (1998)

ตารางที่ 4 จะแสดงผลที่เกิดกับมนุษย์ในเวลาสัมผัสที่คำนวณได้ในแต่ละความเข้มของการแผ่รังสี เพื่อให้ทราบว่าไม่ควรสัมผัสกับรังสีความร้อนที่มีความเข้มข้นนั้นเกินเวลาเท่าใด

ตารางที่ 4 แสดงเวลาในการสัมผัสรังสีความร้อนที่ยอมรับได้สำหรับมนุษย์ที่ระดับความเข้มต่างๆ

Heat Flux (kW/m2)	Exposure Time (Sec)
1.74	60
2.33	40
2.9	30
4.73	16

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Heat Flux (kW/m ²)	Exposure Time (Sec)
6.94	9
9.46	6
11.67	4

ที่มา: API (1997)

อันตรายที่ได้รับจากรังสีความร้อนในขณะเกิดเพลิงไหม้ พิจารณาจากค่าปริมาณความร้อน (Heat Flux) ดังแสดงในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5 แสดงผลกระทบที่เกิดจากปริมาณความร้อน

ปริมาณความร้อน (Heat Flux-kW/m ²)	ผลกระทบ
9	เกิดการเจ็บปวดเมื่อได้รับรังสีความร้อนนาน 6 นาที
6.4	เกิดการเจ็บปวดเมื่อได้รับรังสีความร้อนนาน 8 นาที
5.0	เกิดการเจ็บปวดเมื่อได้รับรังสีความร้อนนาน 20 นาที
3.5	เกิดการเจ็บปวดเมื่อได้รับรังสีความร้อนนาน 20 นาที
1.6	เกิดการเจ็บปวดเมื่อได้รับรังสีความร้อนนาน 60 นาที
0.7	ผิวหนังแดง เป็นแผลไหม้

ที่มา: สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2544)

ตารางที่ 6 Thermal radiation burn injury criteria

Radiation Intensity (kW/m ²)	Time for Severe Pain(s)	Time for 2 nd Degree Burn(s)
1	115	663
2	45	187
3	27	92
4	18	57

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Radiation Intensity (kW/ m ²)	Time for Severe Pain(s)	Time for 2 nd Degree Burn(s)
5	13	40
6	11	30
8	7	20
10	5	14
12	4	11

ที่มา: Aloha Manual (2007)

แบบจำลองการลุกติดไฟ และการระเบิด (Fires and Explosions Model)

นอกจากอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อนแล้ว พลังงานที่เกิดขึ้นจากการระเบิดก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายได้อย่างมาก และรุนแรง

การระเบิดโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิง และสารออกซิเจนที่ได้รับการผสมไว้ก่อนเกิดการจุดติดส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการชะลอตัวลง หากสารอยู่ในภาชนะปิดความรุนแรงของการขยายตัว หรือการเผาไหม้อาจทำให้เกิดความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหรือเกิดการระเบิด ปรากฏการณ์นี้จะตรงข้ามกับการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งเมื่อแรกเริ่มนั้นตัวเชื้อเพลิงและสารออกซิเจนจะแยกกันอยู่ และอัตราการเผาไหม้ถูกควบคุมโดยอัตราการผสมระหว่างเชื้อเพลิงและสารออกซิเจนนั้น

การระเบิดเป็นผลจากการปลดปล่อยพลังงานออกมาอย่างรวดเร็ว และมากพอที่จะทำให้เกิดการสะสมของพลังงานในบริเวณที่เกิดการระเบิด พลังงานนี้เองจะแพร่กระจายออกไปในหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นคลื่นความดัน (Pressure Wave) แรงขับเคลื่อน (Projectile) การแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) และพลังงานของเสียงสะท้อน (Acoustic Energy) ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็มาจากการแพร่กระจายพลังงานเหล่านั้นนั่นเอง เช่น ทำให้เกิดเสียงดัง อุณหภูมิสูง การกระจายของเศษวัสดุ

เมื่อการระเบิดเกิดขึ้นในก๊าซ พลังงานทำให้ก๊าซเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ผลักดันก๊าซที่อยู่รอบ ๆ ออกไป และก่อให้เกิดเป็นคลื่นความดันเคลื่อนที่ออกไปอย่างรวดเร็วจากจุดที่เกิดการระเบิด คลื่นความดันนี้มีพลังงานที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งที่อยู่รอบด้านความดันจากการระเบิดจะสมดุลที่ความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง สำหรับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาเป็นคลื่นกระแทกนั้น ค่าความเร็วในการปลดปล่อยจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง (Sonic) หรือมากกว่าความเร็วเสียง (Super Sonic) คลื่นกระแทกจะเริ่มแผ่ออกจากจุดที่มีการรั่วไหล และค่อยๆ ลดลงตามระยะทาง ถ้าก๊าซถูกปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดและกระจายตัวทั่วทุกทิศทาง คลื่นกระแทกจะกระจายตัวเป็นทรงกลม ซึ่งการระเบิดส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการระเบิดของภาชนะหรือโครงสร้างซึ่งก๊าซสะสมที่ความดันสูง จนเมื่อความดันของก๊าซมีค่ามากเกินไปที่ภาชนะบรรจุจะทนทานได้ ภาชนะจะอ่อนตัวและแตก ทำให้เกิดคลื่นกระแทกในทิศทางที่ภาชนะแตก ดังนั้นการระเบิดของภาชนะจะทำให้เกิดคลื่นกระแทกซึ่งจะไม่ได้มีค่าเท่ากันในทุกทิศทางโดยทั่วไป ลักษณะของการระเบิดถ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Detonation เป็นการระเบิดที่ความเร็วของคลื่นกระแทก มีค่ามากกว่าความเร็วเสียง
2. Deflagration เป็นการระเบิดที่ความเร็วของคลื่นกระแทก มีค่าน้อยกว่าความเร็วเสียง

การเกิด Detonation และ Deflagration ต้องการเวลาในการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ประมาณ $1/10,000$ วินาที และ $1/3,000$ วินาที ตามลำดับ ความดันที่เกิดขึ้นในกรณีของ Detonation จะมีค่ามากกว่าความดันที่เกิดจากการระเบิดแบบ Deflagration โดยทั่วไปแล้วในอุตสาหกรรมเคมีจะมีการระเบิดแบบ Deflagration มากกว่าการระเบิดแบบ Detonation การประเมินแรงระเบิดซึ่งเกิดจากไอของสารเคมีที่รั่วไหลออกมายังพื้นที่เปิดโล่ง จะสามารถใช้สมการคำนวณค่าแรงดันที่ตกกระทบต่อสิ่งที่สนใจ (Overpressure) โดยวิธีเปรียบเทียบกับค่าแรงระเบิดของ TNT (TNT Equivalent Method) ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{TNT} = \eta \frac{MEc}{E_{TNT}} \quad (4)$$

m_{TNT} = น้ำหนักของไอของสารเคมีรั่วไหล เทียบกับน้ำหนักของ TNT , kg

η = ค่า empirical ของประสิทธิภาพในการระเบิด

M = น้ำหนักของไอของสารเคมีที่รั่วไหล, kg

E_c = ค่า Heat of combustion ของสารเคมีที่รั่วไหล, kJ/kg

E_{TNT} = ค่า Heat of combustion ของ TNT (4,437 kJ/kg)

$$Ze = r / m \frac{1/3}{TNT} \quad (5)$$

Ze = ค่า Scale distance, m/kg^{1/3}

r = ระยะจากจุดที่เกิดการระเบิดไปยังจุดที่สนใจ,

m = น้ำหนักของไอของสารเคมีที่รั่วไหลเปรียบเทียบกับค่า TNT , kg^{1/3}

$$Po = \frac{1,616Pa \cdot 1 + \frac{Ze^2}{4.5}}{1 + \frac{Ze^2}{0.048} \cdot 1 + \frac{Ze^2}{0.32} \cdot 1 + \frac{Ze^2}{1.35}} \quad (6)$$

Po = Overpressure, (kPa)

Pa = ความดันบรรยากาศ, (kPa)

การพิจารณาอันตรายจากการระเบิดอาจมองเบื้องต้นสามอย่าง คือการแผ่รังสีความร้อนแรงดันสูง และการกระจายของเศษวัสดุ ซึ่งอันตรายทั้งสามอย่างอาจจะไม่เกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ หรืออาจเกิดพร้อมกันแต่ช่วงสั้นๆ อีกเรื่องที่ต้องคำนึงถึงคือการไหม้หรือระเบิดซ้ำซ้อน ซึ่งต้องนำมาพิจารณาก่อนที่จะบอกว่าไม่มีอันตรายอื่นแล้ว

คลื่นความดันที่แพร่กระจายออกไปในอากาศ เรียกว่า คลื่นระเบิด ซึ่งจะเกิดเป็นเหมือนลมพัดกระโชกอย่างรุนแรงตามมาหลังเกิดคลื่นความดัน ส่วน Shock wave หรือ shock front เกิดเมื่อความดันด้านนอก (Pressure Front) มีการเปลี่ยนแปลงของความดันอย่างทันทีทันใด ซึ่งมักเกิดจากวัตถุระเบิดแรงสูงอย่าง เช่น TNT หรือ อาจเกิดจากการเสียหายอย่างทันทีทันใดของถังความดัน (Pressure Vessel) ความดันสูงสุดที่เกิดเหนือความดันบรรยากาศ เรียกว่า Peak Overpressure เมื่อสารถูกเผาไหม้หมด Reaction front ก็สิ้นสุดลง แต่คลื่นความดันยังเคลื่อนที่ออกไป คลื่นความดันนี้รวมกับลมกระโชกที่เกิดภายหลัง เรียกว่า คลื่นระเบิด เป็นตัวที่ทำให้เกิดความเสียหาย ซึ่งประมาณความเสียหายที่เกิดจาก Overpressure แสดงดัง ตารางที่ 7

คลื่นความดัน (Overpressure) เป็นการขยายตัวของพลังงานจากการระเบิดอย่างรวดเร็วเกิดเป็นคลื่นพลังงาน ซึ่งมีความเร็วพอๆกับการเดินทางของคลื่นเสียง และมีอำนาจการทำลายสูง

คลื่นความดันอาจมีอันตรายน้อยกว่าไฟหรือการกระจายของเศษวัสดุ แต่อาจทำให้เสียชีวิต แรงดันในรูปคลื่นที่ปะทะอย่างรุนแรงและรวดเร็วอาจปลักคนที่อยู่ใกล้ๆให้ลอยไปชนวัตถุอย่างอื่นอย่างรุนแรง ระดับความสำคัญของคลื่นความดัน (Overpressure Levels of Concern : LOC) เป็นตัวบ่งบอกระดับความรุนแรงของคลื่นความดันจากการระเบิด ซึ่งในแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

แดง : 8.0 psi (ทำลายอาคารได้)

ส้ม : 3.5 psi (ทำให้บาดเจ็บสาหัสได้)

เหลือง : 1.0 psi (แก้วแตกกระจาย)

การใช้โปรแกรมโอโลฮาคาคะเนผลของการระเบิด จะทำให้ทราบถึงรัศมีที่มีผลกระทบ เช่น อาคารและสิ่งปลูกสร้างอื่น เพื่อหาแนวทางป้องกัน

ตารางที่ 7 ผลกระทบจาก Overpressure

Overpressure (psig)	ผลกระทบ
0.2	ทำลายเฉพาะพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุม ไม่เป็นอันตรายต่อคน หรือสิ่งอำนวยความสะดวก
0.4	เป็นอันตรายต่อบุคคลที่ไม่มีการป้องกัน
0.5 - 1	กระจกแตก
0.75	ทำลายเฉพาะหน้าต่างและโครงสร้างทั่วไป
1-2	เกิดความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางสำหรับการขนส่งชนิดอากาศยาน
3	บุคคลที่ได้รับ Overpressures โดยตรงอาจจะคอนและปลิว มีอำนาจการทำลายรุนแรง อาคารโรงงานที่โครงสร้างเป็นหลักที่ไม่ยึดหยุ่นแต่โครงสร้าง corrugated steel ถูกทำลายไม่มาก
3-4	ทำร้ายรุนแรงสำหรับโครงสร้างไม้ หรือบ้านที่ทำด้วยอิฐ
4-6	อากาศยานถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ หรือทำความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจเกินกว่าจะแก้ไขได้
5	ทำลายการได้ยิน บุคคลที่ได้รับแรงระเบิดโดยตรงจะกระดอนและปลิว ทำลายเสร็จสิ้น โครงสร้างไม้หรือบ้านที่สร้างด้วยอิฐ ทำลายรถยนต์และรถบรรทุก
6	ทำความเสียหายให้กับเรือปานกลาง
6-7	ทำลายทั้งหมด โครงสร้างผนัง อาคารต่าง ๆ
7	ทำให้มนุษย์บาดเจ็บภายใน
9	ทำลายทางรถไฟอย่างเสร็จสิ้น
10 – 12	ทำลายอย่างรุนแรงและสามารถจมเรือได้ทุกชนิด
12	ทำให้เกิดการบาดเจ็บที่ปอดของคน
20-30	50% ทำให้เชื้อเพลิงแตก
25	ทำให้เกิดการบาดเจ็บจากความร้อน

ที่มา: Hammer (2001)

แม้ว่าตัวอาคารจะสามารถทนต่อ Overpressures ภายนอก ได้ถึง 3–4 psi. โดยปกติผนังอาคารไม่สามารถทนต่อ Overpressures ภายใน 1 psi. และหน้าต่างทนได้น้อยกว่ามาก คู่มือทหารเรือชี้ให้เห็นว่า ระเบิด TNT 1 lb. ในอากาศจะสามารถสร้าง overpressures (psig) ดังตารางที่ 8

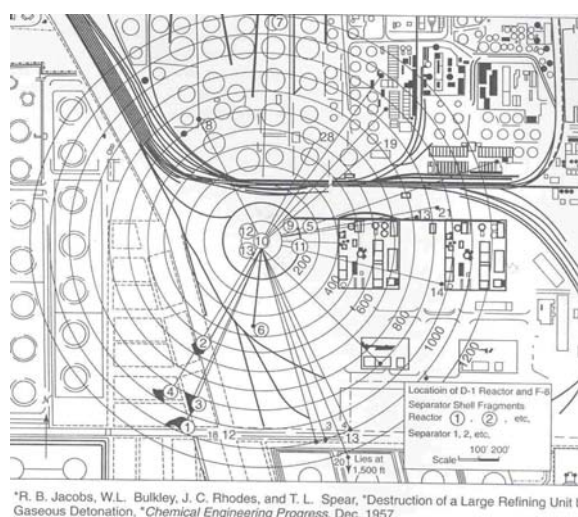
ตารางที่ 8 แสดงระยะทางที่ระเบิด TNT ในอากาศจะสร้าง Overpressure (psig)

ระยะทาง (ฟุต)	2	4	6	8	10	20	40	100	200	400
Overpressures	320	70	28	15	9.6	3.0	1.2	0.35	0.13	0.05

ที่มา: Hammer (2001)

คลื่นสะท้อนส่งผลกระทบต่อโครงสร้างต่างๆ เช่น ผนัง แรงอัดอากาศมีความดันสูงกว่าแรงอัดที่เกิดขึ้นก่อนหรือหลังคลื่นสะท้อน และมีแรงอัดมากกว่า 5-6 เท่าของแรงดันที่เกิดขึ้นปกติ ผู้ที่อยู่ใกล้จุดชนซึ่งระเบิดจากคลื่นจะทำให้ถึงแก่ความตายในขณะที่คนที่อยู่ในที่โล่งจะได้รับบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย

นอกจากอันตรายจากคลื่นสะท้อนแล้ว อันตรายจากเศษวัสดุที่แตกออกเป็นอีกสาเหตุหลักของการบาดเจ็บจากการระเบิด ซึ่งในการระเบิดทุก ๆ ครั้ง อันตรายสำคัญอย่างที่สองคือการแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยของภาชนะบรรจุวัสดุจะกลายเป็นเหมือนจรวดนำวิถี เศษที่แตกกระจายด้วยความเร็วสูงจากแรงระเบิดจะกระจายครอบคลุมออกไปได้ในระยะทางที่ไกล ยิ่งกว่านั้นเศษที่แตกกระจายที่เล็กที่สุดสามารถจะผ่านทะลุและทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ ผลกระทบจากเศษที่แตกกระจายที่ใหญ่ทำให้กระดูกและเนื้อแตกละเอียด ดังตัวอย่างในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เศษกระจายจากการระเบิดของโรงงานผลิตสารเคมีในรัฐอินเดียนา

ที่มา: Hammer (2001)

ในภาพแสดงให้เห็นเศษที่แตกกระจายไปทั่วของการระเบิดเครื่องสกัดความดันสูงที่โรงงานผลิตสารเคมี ใน Whiting รัฐอินเดียนา ในวันที่ 27 สิงหาคม 1955 แรงระเบิดทำให้แผ่นสแตนเลส หนามากกว่า 2 นิ้ว ยาว 127 ฟุต และกว้าง 23.5 ฟุต ในขณะที่เกิดการระเบิดท่อที่บรรจุส่วนผสมของ Naphtha 3 เปอร์เซนต์ ออกซิเจน 16 เปอร์เซนต์ และก๊าซเฉื่อยที่ความดัน 105 psig ผลการสอบสวน และการวิเคราะห์พบว่า การระเบิดเริ่มจาก Pipe Run และถ่ายทอดไปหลอดปฏิกิริยาในทิศทางเดียว และไปที่เครื่องสกัดความดันสูง แรงระเบิดส่งผลให้ชิ้นส่วนหนึ่งที่มีน้ำหนัก 60 ตันปลิวไปไกลถึง 1,200 ฟุต (ชั้นที่ 7 อยู่ด้านบนของรูป) และปลิวกระจายไปทั่ว และถึงบรรจุแก๊สโซลีนแตกละเอียดเกิดไฟลุกไหม้ เศษชิ้นส่วนของหลอดปฏิกิริยาปลิวไปไกลถึง 1,500 ฟุต ถึงบรรจุน้ำมันปิโตรเลียมจำนวน 63 ถัง (1,270,000 บาร์เรล) ถูกทำลายหมดสิ้นเพราะเกิดไฟไหม้ตามมา

การแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยที่เกิดจากการระเบิดไม่เป็นที่รู้จักจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้นมา นี่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่แน่ใจในความแข็งแรงของภาชนะบรรจุในที่อาจเกิดการระเบิด รวมทั้งคุณสมบัติและทิศทางของแรงระเบิดที่เกิดขึ้น ควรจะได้รับการดูแลอย่างเหมาะสมในสภาพการทำงานในระยะเวลาที่ยาวนาน ในกรณีนั้นอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของอากาศกับ อะเซทิลีน น้ำมัน หรือสารอื่นๆ ที่มีความไวไฟสูงในที่ๆ มีความร้อนของเครื่องอัดอากาศ ผลของการระเบิดจะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารที่ปนเปื้อนในขณะนั้น

รูปแบบของการเกิดไฟไหม้ และการระเบิด (Types of Fire and Explosion Scenarios)

โปรแกรมอลิสาสามารถสร้างแบบจำลองเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ 5 แบบ

Jet Fire เป็นไฟที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสารเคมีออกจากภาชนะที่รั่ว แล้วติดไฟที่เป็นลำพุ่งออกไป โปรแกรมอลิสาสามารถสร้างแบบจำลองการเกิดเปลวไฟจากท่อส่งแก๊สหรือถังแก๊สหัก สำหรับถังบรรจุแก๊ส โปรแกรมอลิสา สามารถสร้างแบบจำลองสองสถานะได้ คือ ของเหลวกลายเป็นไอและแก๊สติดไฟ โปรแกรมจะจำลองลำไฟพุ่งขึ้นแนวตรงขึ้นข้างบนถึงแม้จะมีแรงลมเป็นตัวแปรก็ตาม โปรแกรมจะสร้างแบบจำลองของการแผ่รังสีความร้อน แต่จะไม่สร้างแบบจำลองของควัน สารพิษจากไฟ และการระเบิดจากสิ่งแวดล้อม บางครั้ง Jet Fire เผาไหม้ภาชนะบรรจุเพิ่มความร้อนจนทำลายความแข็งแรงของมันจนทำให้เกิดระเบิดแบบบลีว

2.5.2 Pool Fire เกิดจากไฟไหม้ในแอ่งของเหลวไวไฟ โปรแกรมมอลิสจะสร้างแบบจำลองของแอ่งไฟบนพื้นดิน แต่จะไม่ทำกับผิวน้ำ ในบางครั้งแอ่งไฟเผาทำลายภาชนะบรรจุทำให้เกิดระเบิดแบบบลิ้วได้เหมือนกันซึ่งอันตรายกว่า Jet Fire ในกรณีนี้ควรจะให้โปรแกรมมอลิสจำลองแต่ละเหตุการณ์แยกจากกันเพื่อนำมาเปรียบเทียบ

2.5.3 BLEVE เกิดขึ้นกับภาชนะปิดที่บรรจุแก๊สเหลวภายใต้ความดันหรือลดอุณหภูมิลงต่ำกว่าจุดเดือด ถึงแม้ว่าแก๊สเหลวไวไฟและไม่ไวไฟจะสามารถเกิดระเบิดบลิ้วได้ แต่โปรแกรมมอลิสจะสร้างแบบจำลองเฉพาะสารไวไฟเท่านั้น ถึงบรรจุ Propane มักจะเป็นภาชนะภายใต้ความดัน เพราะPropane มีจุดเดือด -43.7°F ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ เมื่อภาชนะบรรจุแก๊สเหลวถูกเผา ทำให้ของเหลวเดือดเหนืออุณหภูมิจุดเดือด เมื่อภาชนะแตก ไอระเหยจะพุ่งออกและเกิดลูกไฟใหญ่(Fireball) โปรแกรมมอลิสจะสมมุติว่าของเหลวที่ยังไม่เกิดลูกไฟจะอยู่ในรูปของแอ่งไฟ และคำนวณรังสีความร้อนจาก Fireball และ Pool Fire เท่านั้น เพราะเป็นดังที่ก่อเกิดอันตรายสูงสุด

ก. Fireball เมื่อสร้างแบบจำลองการระเบิดแบบบลิ้ว โปรแกรมมอลิสจะถือว่ามีการเกิดFire Ball ด้วย โปรแกรมมอลิสจะคาดว่าสารเคมีในfireballจะเป็นสามเท่าของส่วนที่วaporไฟออกไป โปรแกรมมอลิสจะคำนวณทั้งการแผ่ความร้อน Fireball กับ Poolfire ในขณะที่คำนวณระเบิดแบบบลิ้วไม่จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองคำนวณทีละครั้ง

ข. Explosion and Hazardous Fragments เมื่อเกิดระเบิดบลิ้วพิเศษวัสดุจากการแตกของภาชนะบรรจุจะผสมกับเศษวัสดุรอบข้าง บวกกับแรงระเบิด ทำให้สร้างศักยภาพในการทำลายสูง แต่โปรแกรมมอลิสจะไม่แสดงผลออกมา ผู้คำนวณจะต้องทราบและหาทางป้องกัน

2.5.4 Flash Fire (Flammable area) คือ การติดไฟของกลุ่มไอแก๊ส ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วครอบคลุมพื้นที่ โปรแกรมมอลิสสามารถคำนวณพื้นที่เสี่ยง ที่ปกคลุมด้วยไอแก๊สหลังจากเกิดการรั่วไหล ซึ่งการไหม้อย่างรุนแรงจะเกิดอยู่ในช่วง UEL และ LEL เท่านั้น โปรแกรมมอลิสจะใช้ค่าความเข้มข้นของสารเคมีไวไฟเฉลี่ยตามเวลา มีการทดลองบางอันแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมมอลิสใช้ 60% ของ LEL เป็นค่าสำหรับเขตสีแดง และ10% LEL สำหรับค่าเขตสีเหลือง

2.5.5 Vapor Cloud Explosions เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีไวไฟพุ่งไปตามทิศทางของลม เมื่อมีการติดไฟจะไหม้ด้วยความเร็วขึ้นอยู่กับขนาดความเข้มข้นของสาร ก่อให้เกิดแรงระเบิด เป็นคลื่นที่สามารถทำลายสิ่งรอบๆได้ โปรแกรมอโลฮาสามารถคำนวณแบบจำลองของแรงระเบิดได้

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. แบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ประมวลการแพร่กระจาย สามารถแบ่งเป็นตามลักษณะที่เกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

1. แหล่งกำเนิดที่จำเป็นต้องปล่อยออกมาจากการผลิต ซึ่งได้แก่ ปล่องระบายอากาศ เพื่อหาข้อมูลว่าก๊าซที่ปล่อยออกมาด้วยความเข้มข้นของมลพิษจำนวนหนึ่ง กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างเท่าใด และ กระทบต่อสภาพแวดล้อมชุมชนอย่างไร หากอยู่ในระดับความเข้มข้นที่สูง แต่มีมาตรการลดอย่างไร สมควรอนุญาตให้ประกอบกิจการหรือไม่

2. อุบัติเหตุ จะเป็นแหล่งกำเนิดที่ปล่อยก๊าซออกมาในกรณีไม่ปกติ ข้อมูลต่าง ๆ จะประมวลว่าหากเกิดเหตุการณ์ขึ้น ความเสียหายจะเป็นบริเวณกว้างเท่าไร ควรมีมาตรการควบคุมอย่างไร หรือเมื่อเกิดเหตุแล้วควรปฏิบัติตัวอย่างไร

หน่วยงานที่เป็นผู้ดูแลเรื่องของอุบัติเหตุ ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากสถานที่เกิดเหตุ และชนิดของอุบัติเหตุ ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ เหล่านั้นได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้จัดการเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ ขึ้น โดยแบ่งตามลักษณะของผลกระทบจากการเกิดเหตุเช่น ดิน น้ำ อากาศ สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเอาแบบจำลองทางด้านอากาศมาทำการศึกษา ซึ่งแบบจำลองด้านอากาศนี้ ศึกษาและพัฒนาโดยหน่วยงานองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีการจัดทำแบบจำลองด้านอากาศ ไว้ดังนี้ ALOHA, Ausplume, CALRoads View, PLUMES, AirQUIS

เมื่อศึกษาถึงรูปแบบการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จัดการเหตุฉุกเฉินที่กล่าวมาใน

ต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา หน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลเรื่องเหล่านี้คือ U.S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office (EPACEPPO) และหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration 's Office of Response and Restoration (NOAAOR&R) ทั้งสองหน่วยงานได้ร่วมกันพัฒนาโปรแกรม ALOHA เพื่อเป็นแนวทางการจัดการเหตุฉุกเฉินอย่างถูกวิธี และเป็นการสอดคล้องกับกฎหมาย Clean Air Act (CAA) รวมทั้ง กฎหมาย Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986 โดย ฐานข้อมูลเรื่องของสารเคมีที่เป็นอันตรายในโปรแกรม CAMEO ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับ ฐานข้อมูลของ กฎหมาย Section 112 (r) of Clean Air Act ฉบับแก้ไขเมื่อปี 1990

สำหรับประเทศไทยมีการนำแบบจำลองมาใช้โดยมีการจัดตั้งศูนย์แบบจำลองและ ประเมินความเสี่ยงด้าน สิ่งแวดล้อม (Center for Environmental Modeling and Risk Assessment : CEMRA) โดยจัดตั้งขึ้นตามคำสั่งกรมควบคุมมลพิษ รวบรวมและเผยแพร่ความรู้ด้านแบบจำลอง และการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม เช่น Environmental Modeling และ Risk Assessment รวมถึง Biological Modeling และ Economic Modeling บริหารงานแบบกึ่งองค์กรหรือศูนย์การ ดำเนินงาน เพื่อสนับสนุนให้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการจัดการ การวางแผนด้าน สิ่งแวดล้อมและการควบคุมมลพิษ สนับสนุนการวิจัยและพัฒนา การประสานกับหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศในการของเงินทุนสนับสนุนการวิจัยกิจกรรมและ การดำเนินงานของ CEMRA

นอกจากศูนย์แบบจำลองและประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ศูนย์เทคโนโลยี ความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้มีการศึกษาและนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการ เตรียมความพร้อมรับภาวะฉุกเฉิน และจัดทำแผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน

การประเมินอันตราย (Hazard Analysis) จากสารเคมีเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการ จัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมี โดยจะบ่งบอกถึงอันตรายที่อาจจะพบเพื่อการเตรียมพร้อม รับมือกับอันตรายนั้น กระบวนการประเมินอันตรายประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification) จากชนิดและปริมาณสารเคมีในพื้นที่
2. การประเมินผลกระทบ (Vulnerability Analysis) โดยการประเมินรัศมีผลกระทบ

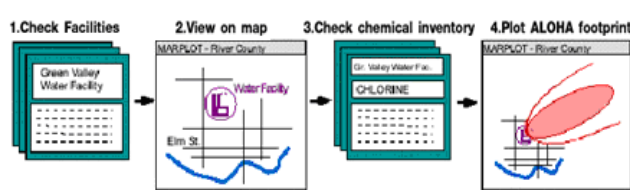
การรั่วไหลของสารเคมีจากปริมาณการรั่วไหล สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ และการระบุประชากรกลุ่มเสี่ยงและสิ่งแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบ

3. การประเมินความเสี่ยง (Risk Analysis) โดยพิจารณาจากโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหลและความรุนแรงของผลกระทบ ปัจจุบันได้มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป CAMEO (Computerized-Aid Management in Emergency Operation) มาใช้ในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีอย่างแพร่หลาย

โปรแกรมคามิโอ (CAMEO) เป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (USEPA) ร่วมกับหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินสารเคมี (Planning) การใช้ข้อมูลประกอบการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีในพื้นที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็ว (Response) และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการดำเนินงานตามกฎหมายต่างๆ (Compliance) โปรแกรมคามิโอ ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 3 โปรแกรมที่สามารถดึงข้อมูลมาใช้งานร่วมกันได้แก่ โปรแกรมคามิโอ โปรแกรมมอดูล และโปรแกรมมาร์พล็อต นำมาใช้ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. จัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี ในรูปแบบที่สามารถดึงมาใช้งานได้ง่าย ดังแสดงในภาพที่ 8

2. นำมาช่วยในการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีเฉพาะพื้นที่

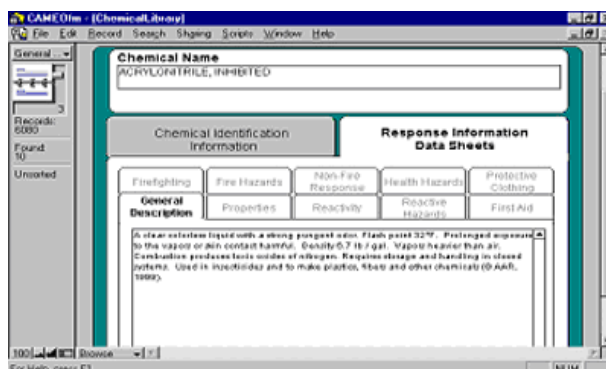


ภาพที่ 8 ลักษณะการใช้โปรแกรมคามิโอ

ที่มา: เฮเลน (2543)

โปรแกรมคามิโอ (CAMEO: Computerized-Aid Management in Emergency Operation) มีลักษณะเป็นฐานข้อมูล มีข้อมูลสารเคมีกว่า 6,000 ชนิด ประกอบด้วยข้อมูลด้านการ

บ่งชี้สารเคมี อันตรายต่อสุขภาพ อันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และวิธี
 ระวังภัยเบื้องต้น ฯลฯ ซึ่งผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลเมื่อเกิดเหตุได้ ดังแสดงในภาพที่ 9 อีกทั้งคณะ
 จัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมี ยังสามารถกรอกข้อมูลเพิ่มเติมในส่วน of โรงงาน
 อุตสาหกรรม หรือสถานประกอบการที่เก็บและใช้สารเคมี รวมทั้งรายชื่อผู้ที่สามารถติดต่อได้ใน
 กรณีฉุกเฉินเฉพาะพื้นที่ได้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ข้อมูลทั่วไปของสารเคมี และข้อมูลประกอบการตัดสินใจตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี

ที่มา: เฮเลน (2543)

ภาพที่ 10 ฐานข้อมูลที่ผู้จัดทำจัดเก็บซึ่งเป็นข้อมูลเฉพาะ

ที่มา: เฮเลน (2543)

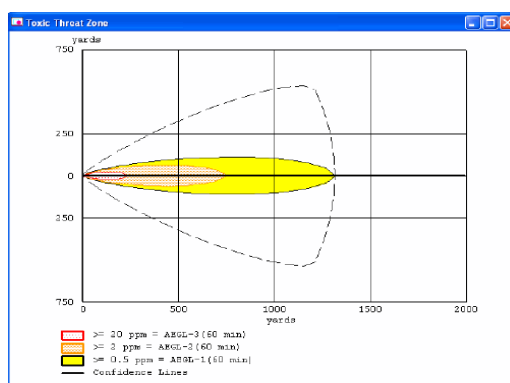
โปรแกรมอโลฮา (ALOHA: Ariel Location of Hazardous Atmosphere) เป็น
 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ทำนายการกระจายของสารเคมีในอากาศ รวมทั้งระดับที่จะเกิดอันตราย

ดังนั้นสารเคมีที่โปรแกรมโอโลฮา รู้จักจึงมักเป็นก๊าซหรือของเหลวที่สามารถระเหยเป็นก๊าซได้ โปรแกรมโอโลฮา มีลักษณะบางอย่างคล้ายกับโมดูล ซึ่งโปรแกรมคาเมโอใช้ทำนายการเกิดอุบัติเหตุ (Module Screenings and Scenarios: S&S) แต่โปรแกรมโอโลฮามีข้อดี คือ มีข้อมูลทางด้านภูมิประเทศของสถานที่เกิดเหตุดีกว่า ทั้งนี้เพราะโปรแกรมโอโลฮามีฐานข้อมูลเส้นทางและเส้นทางของเมืองในสหรัฐอยู่ในตัวโปรแกรมเองแต่ถ้าเป็นสถานที่ในประเทศไทยผู้ใช้จะต้องใส่เพิ่มเข้าไปจนกระทั่งกรอกข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ข้อมูลเส้นทางและเส้นทาง ทำให้โปรแกรมโอโลฮาคำนวณความหนาแน่นของอากาศ ความสูงของพื้นที่ และการทำมุมของแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ได้ สิ่งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการกระจายของสารเคมีในอากาศโดยเฉพาะกรณีที่สารเคมีรั่วไหลลงบนพื้นดินแบบเจ็บบึง (Puddle)

โปรแกรมโอโลฮาเป็นโปรแกรมคำนวณการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยใช้สมการการคิดแบบ Gaussian Dispersion Model แต่อยู่ในรูปของ Window พัฒนาขึ้นโดย National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ซึ่งได้พัฒนาจากหลายมิติ ประกอบด้วย มิติด้านพิษวิทยา มิติด้านวิชาการแพร่ของสารเคมี มิติด้านวิศวกรรมศาสตร์ และมิติด้านกฎหมาย เพื่อประกอบรวมเป็นเกณฑ์การระบุขอบเขตที่ได้รับผลกระทบ

นอกจากนี้โปรแกรมโอโลฮา ยังมีความรู้ทางอุณหภูมิตามความเป็นอย่างดี เช่น สามารถคำนวณความแตกต่างระหว่างวันที่มีฝนตก กับแดดจ้า เข้าใจความแตกต่างระหว่างสถานที่โล่งแจ้งกับสถานที่ที่ทรงสูง ในขณะที่ยังคงมีการทำนายการเกิดอุบัติเหตุของ โปรแกรมคาเมโอไม่ค่อยเข้าใจนัก ทั้งนี้เพราะ โมดูลการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในส่วนของการ Screening จะสมมุติให้เหตุการณ์เลวร้ายที่สุดอยู่เสมอ ส่วนโปรแกรมโอโลฮา เน้นที่ความถูกต้อง ดังนั้น โมดูลการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ ควรใช้ในกรณีที่ต้องวางแผนรับมืออุบัติเหตุ แต่โปรแกรมโอโลฮาควรใช้เวลาเกิดเหตุจริง

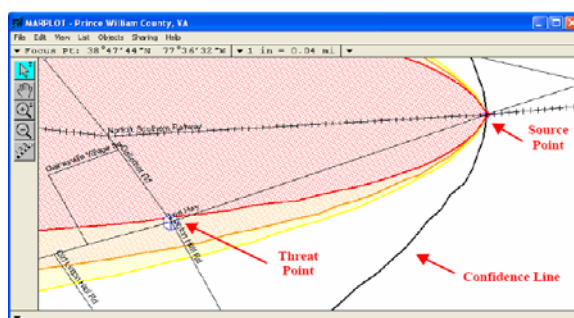
การแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามสภาพภูมิอากาศและลักษณะเฉพาะของสารเคมี สามารถแสดงลักษณะการแพร่กระจาย ทิศทางการแพร่กระจาย และความเข้มข้น ณ ตำแหน่งต่างๆของไอสารเคมีบนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ในโปรแกรมมาร์พล็อตได้ เมื่อใส่ข้อมูลเฉพาะของเหตุรั่วไหลสารเคมีแล้ว โปรแกรมโอโลฮาจะแสดงผลเรียกว่า "Footprint" ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 Footprint แสดงผลกระทบของไอสารเคมี

ที่มา: Aloha Manual (2007)

โปรแกรมมาร์พล็อต (MARPLOT: Mapping Application for Response, Planning, and Operation) เป็นโปรแกรมที่แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ แสดงที่ตั้งโรงงาน สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำ และถนน เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 12 สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุจากสารเคมี โดยแสดงเป็นบริเวณรอบโรงงานที่เกิดเหตุ และมีรัศมีตามที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมคามิโอ หรือแสดงลักษณะและทิศทางของการแพร่กระจายจากการคำนวณของโปรแกรมอโลฮา ทำให้เวลาเกิดอุบัติเหตุสามารถค้นข้อมูลได้ง่าย รวมทั้งภาพ Footprint ของสารเคมีนั้นกระจายไปถึง ทำให้ผู้ศึกษาสามารถอธิบายผลกระทบของอุบัติเหตุที่มีต่อชุมชนได้อย่างสะดวก ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการนำโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ (Google Earth) มาใช้งานร่วมกับโปรแกรมมาร์พล็อต เพื่อให้สามารถพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ทันที



ภาพที่ 12 แผนที่จากโปรแกรมมาร์พล็อตแสดงที่ตั้งสถานที่ต่างๆ

ที่มา: Aloha Manual (2007)

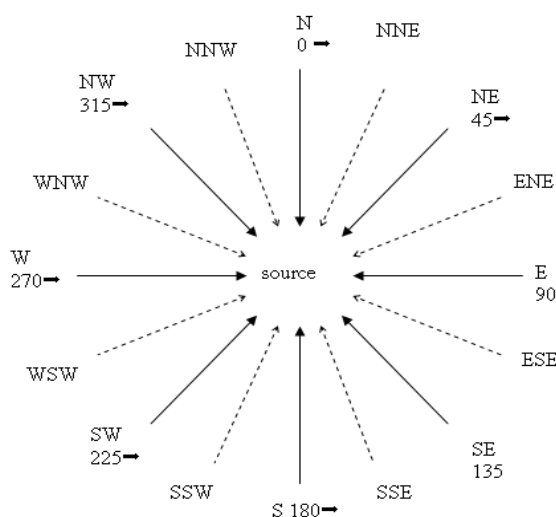
2. ด้านอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยา คือ ศาสตร์แห่งการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาพของบรรยากาศในสถานที่ และเวลาหนึ่ง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เมื่อนำมาศึกษาในระยะเวลาอันยาวนาน เรียกว่า ภูมิอากาศ (Weather) ในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ ผู้ใช้จะต้องเข้าใจคำนิยามด้านอุตุนิยมวิทยาซึ่งต้องใช้ในแบบจำลองดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ ใช้หน่วยองศา เซลเซียส หรือ ฟาเรนไฮต์ วัดโดย เทอร์โมมิเตอร์

2. ลม การวัดลมมี 2 วิธี คือ ตรวจวัดทิศทางลมโดย Wind Vane และตรวจวัดความเร็วลมโดยใช้ Anemometer โดยสามารถใช้หน่วย Knots mph หรือ mps

ทิศลมเรียกตามทิศทางต่างๆของเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาทิศจริง ปัจจุบันนิยมวัดทิศลมเป็นองศา เช่น ทิศลมมีค่า 0 องศา จะหมายถึง ลมพัดมาจากทิศเหนือ 180 องศา จะหมายถึง ลมพัดมาจากทิศใต้



ภาพที่ 13 คำย่อทิศทาง สำหรับงานอุตุนิยมวิทยา

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2007)

ตารางที่ 9 ตารางเทียบความเร็วลม และชนิดของลมของมาตราโบฟอร์ด

มาตราโบฟอร์ด	ความเร็วลม		ชนิดลม
	น็อต	กม./ชม.	
0	1	1.6	ลมสงบ
1	1-3	1.6-4.8	ลมเบา
2	4-6	6.4-8.6	ลมอ่อน
3	7-10	12.8-19.2	ลมเฉื่อย
4	11-21	20.8-28.8	ลมปานกลาง
5	17-21	30.4-38.4	ลมกระโชก
6	22-27	40.0-38.4	ลมแรง
7	28-33	51.2-60.8	พายุปานกลาง
8	34-40	62.4-73.6	พายุกระโชก
9	41-47	75.2-86.4	พายุแรง
10	48-55	88.0-100.8	พายุจัด
11	56-63	102.4-115.2	พายุจัด
12	64-71	116.8-131.2	เฮอริเคน
13	72-80	132.8-147.3	เฮอริเคน
14	81-89	148.8-164.8	เฮอริเคน
15	90-99	166.4-182.4	เฮอริเคน
16	100-108	184-200	เฮอริเคน
17	109-118	201.6-217.6	เฮอริเคน

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2007)

3. ความเสถียรของบรรยากาศ (Atmospheric Stability) คือ สภาพของบรรยากาศที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ นิยมใช้ของ Pasquill-Gifford โดยกำหนดเป็นระดับ A,B,C,D,E และ F ซึ่งระดับ A หมายถึงบรรยากาศที่ไม่เสถียรอย่างมาก ความเสถียรของบรรยากาศหาได้จากความเร็วลม การแผ่รังสีของแสงแดดในเวลากลางวัน และปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าในเวลากลางวัน ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความเสถียรของบรรยากาศ

Wind Speed (m/s)	Day Radiation Intensity			Night Cloud Cover	
	Strong	Medium	Slight	Cloudy	Clam and Clear
< 2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

ที่มา: Aloha Manual (2007)

4. เมฆ จากการสังเกตท้องฟ้าว่าถูกเมฆปกคลุมกี่ส่วน โดยปกติจะให้ท้องฟ้าทั้งหมดเต็ม 10 ส่วน

ท้องฟ้าแจ่มใส(Fine) ท้องฟ้าไม่มีเมฆหรือมีเมฆน้อยกว่า 1 ส่วนของท้องฟ้า

ท้องฟ้าโปร่ง(Fair) ท้องฟ้ามีเมฆตั้งแต่ 1 ส่วน ถึง 3 ส่วนของท้องฟ้า

ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน(Partly Cloudy Sky) มีเมฆเกินกว่า 3 ส่วน ถึง 5 ส่วนท้องฟ้า

ท้องฟ้ามีเมฆเป็นส่วนมาก(Cloudy Sky) มีเมฆเกินกว่า 5 ส่วน ถึง 8 ส่วนท้องฟ้า

ท้องฟ้ามีเมฆมาก (Very Cloudy Sky) มีเมฆเกินกว่า 8 ส่วน ถึง 9 ส่วนท้องฟ้า

ท้องฟ้ามีเมฆเต็มท้องฟ้า (Overcast Sky) มีเมฆเกินกว่า 9 ส่วน ถึง 10 ส่วนท้องฟ้า

จะเห็นได้ว่าการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาจำลองเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นนั้น จะมีความน่าเชื่อถือมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การนำปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาคิดคำนวณผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น จากเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กำหนดลงในแบบจำลองเหล่านั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ฮาร์ดแวร์

- 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ คุณสมบัติขั้นต่ำของเครื่อง Window XP, RAM 256 MB
- 1.2 เครื่องพิมพ์งาน (Printer) ชนิด Laser

2. ซอฟต์แวร์

- 2.1 โปรแกรมคามิโอ (CAMEO) เวอร์ชัน 1.2.2
- 2.2 โปรแกรมอโลฮา (ALOHA) เวอร์ชัน 5.4.1
- 2.3 โปรแกรมมาร์พล็อต (MARPLOT) เวอร์ชัน 3.3.3
- 2.4 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ (Google Earth)

วิธีการ

1. การกำหนดตัวแปรในการทดลองกรณีเกิดการรั่วไหล และเกิดเพลิงไหม้ในแบบต่างๆ ใช้สถานการณ์จำลองในสภาพภูมิอากาศ และคุณสมบัติของสารที่อยู่ในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด ดังนี้

1.1 ข้อมูลคุณสมบัติน้ำมันดีเซล

ในโปรแกรมอโลฮาไม่มีฐานข้อมูลของน้ำมันดีเซล ดังนั้นจึงต้องทำการรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติของน้ำมันดีเซล จากโปรแกรมคามิโอ และข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซลเพิ่มเติมตามภาคผนวก ก จากนั้นนำข้อมูลคุณสมบัติน้ำมันดีเซลเพิ่มลงในโปรแกรมอโลฮา โดยเพิ่มข้อมูลค่าต่างๆในโปรแกรมอโลฮา ดังนี้

Molecular Weight	180	g/mol
Normal Boiling Point	170	°C

Critical Pressure	4000	psia
Critical Temperature	400	°C
Density Gas Value	820	kg/(m ³)
Density(gas) Temperature	15	°C
Density(gas) Pressure	101325	pa
Flash Point	125	°F
Normal Freezing point	-30	°F
LEL	13000	ppm
UEL	60000	ppm
Heat Capacity (gas con.st. press)		
Heat Cap.(gcp) Value	1046	J/Kg
Heat Cap.(gcp) Temperature	25	°C
Heat Cap.(gcp) Pressure	101325	pa
Heat Capacity (liq. con.st. press)		
Heat Cap.(lcp) Value	1670	J/Kg
Heat Cap.(lcp) Temperature	25	°C
Heat Cap.(lcp) Pressure	101325	pa
Heat Combusion	3583615.8	KJ/kmol
IDLH	600	ppm
TEEL-1	100	mg/m ³
TEEL-2	100	mg/m ³
TEEL-3	500	mg/m ³
Vapor Pressure	2.17	mmHg
Vapor Pressure at	70	°F

1.2 การตั้งค่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศ

1.2.1 ทิศทางลม เป็นการใส่ทิศทางลมที่พัดเข้าสู่ถังเก็บน้ำมันดีเซล ทิศทางลมบริเวณที่ทำการวิจัยส่วนใหญ่จะพัฒนาจากทิศใต้ เป็นทิศที่ส่งผลกระทบต่อพนักงานและอาคารสำนักงาน และอาคารใกล้เคียง

1.2.2 ความเร็วลม เนื่องจากความเร็วลมส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับความรุนแรงของการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล ลมที่พัดแรงจะพัดพาไอระเหยของน้ำมันไปเจอกับอากาศได้เร็ว ทำให้ไอระเหยเจือจาง จึงทำให้เกิดความรุนแรงน้อย แต่หากความเร็วลมต่ำ ไอระเหยของน้ำมันที่จุดเกิดเหตุจะมีความเข้มข้นมาก จึงทำให้อันตรายมีมากด้วย ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดค่าความเร็วลมต่ำสุด 2 น็อต จัดให้เป็นสถานะที่เลวร้ายที่สุด

1.2.3 ความกระแะกะกะของพื้นที่ ในกรณีศึกษานี้เป็นแบบ Urban or Forest คือ มีต้นไม้ใหญ่หรืออาคารอยู่ทั่วไป และสภาพพื้นที่เมืองใหญ่ ที่ใส่ค่า ZO (CM) คือ 165 ตามสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษาซึ่งมีต้นไม้และอาคารข้างเคียง และอยู่ในเมืองใหญ่

1.2.4 ระดับเมฆปกคลุม เพราะต้องนำไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมี ซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา โดยเฉพาะสารเคมีที่กระจายออกมาในแบบเจ็นนอง คือ เป็นของเหลวไหลนองออกมาก่อนจะระเหย งานวิจัยนี้เลือกระดับที่เมฆปกคลุมมาก ทำให้ปริมาณสารเคมีระเหยได้ไม่ดี จะทำให้อันตรายมาก เพื่อให้ได้สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด

1.2.5 อุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการกระจายของสารเคมี อุณหภูมิสูงทำให้การเกิดความร้อนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลสถิติอุณหภูมิของกรุงเทพมหานครในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2494 – 2550 จากสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กลุ่มภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ตามตารางในภาคผนวกที่ ค มาพิจารณาหา อุณหภูมิที่สูงที่สุด ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2 น็อต จัดให้เป็นสถานะที่เลวร้ายที่สุด

1.2.6 เสถียรภาพของบรรยากาศ เช่นในเวลาแดดจัด อุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดินจะสูง ทำให้เกิดกระแสลมบริเวณเหนือผิวดินขึ้นทำให้อากาศมีเสถียรภาพต่ำ ในกรณีเช่นนี้ การกระจายของสารเคมีจะเพิ่มขึ้น แต่ระยะทางที่แพร่กระจายอาจต่ำลง (เพราะสารเคมีกระจายออกไปในระยะทางใกล้ๆหมด) ปกติโปรแกรมอโลฮา จะทำนายเสถียรภาพของบรรยากาศจากข้อมูลที่กรอกมาแล้ว

1.2.7 สภาพความชื้น โปรแกรมมีการจัดสภาพความชื้นให้เลือกใช้ได้ตาม ลักษณะภาพที่ปรากฏ เช่น ฝนตก แดดจ้า หรือกลางๆ เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้เลือกสภาพ ความชื้นที่ร้อยละ 50 เนื่องจากเป็นสภาพความชื้นที่เหมาะสม และใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 11 สรุปค่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศ

เงื่อนไข	ข้อมูลสภาพอากาศ
ทิศทางเคลื่อนที่ของลม	ทิศใต้
ความเร็วลม	2 น๊อต
ความระกระระกะของสภาพพื้นที่	มีอาคารข้างเคียง และอยู่ในเมืองใหญ่
สภาพเมฆปกคลุม	ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก
อุณหภูมิภายนอกถึง	40 องศาเซลเซียส
ความเสถียรภาพของบรรยากาศ	โปรแกรมทำการคำนวณอัตโนมัติ
ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ 50

1.3 การกำหนดค่าชนิดแหล่งแพร่กระจายและสภาพการบรรจุ

1.3.1 แหล่งแพร่กระจาย เป็นการกำหนดชนิดของถังบรรจุ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ ศึกษาถึงเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดความกว้าง 2.3 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 3 เมตร ปริมาณ ความจุ 35,000 ลิตร แต่เนื่องจากโปรแกรมโอโลอาไม่มีแหล่งแพร่กระจายรูปทรงสี่เหลี่ยมจึงกำหนด เลือกถังทรงกระบอกแนวตั้งในการวิจัยแทน โดยกำหนดปริมาณความจุ ให้เท่ากับถังทรงสี่เหลี่ยม ปริมาณความจุ 35,000 ลิตร สูง 3 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.85 เมตร

1.3.2 สถานะของสารเคมีที่อยู่ในถังบรรจุ เก็บในสถานะของเหลว และอุณหภูมิ การจัดเก็บน้ำมันในถังเท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายนอก 40 องศาเซลเซียส

1.3.3 น้ำหนักหรือปริมาตรของน้ำมันดีเซลที่บรรจุในถังเก็บ กำหนดให้มีน้ำมัน ในถังเก็บร้อยละ 90 ของปริมาตรถังเก็บ คือมีปริมาตร 31,513 ลิตร



ภาพที่ 14 ถังเก็บน้ำมันดีเซลรูปทรงสี่เหลี่ยม

1.4 กำหนดสาเหตุและลักษณะการรั่วไหล

จากสถิติการซ่อมบำรุงและผลการตรวจสอบการรั่วของวาล์วและข้อต่อต่างๆ ภายในคลังบรรจุก๊าซพบว่า ตลอดอายุการใช้งานไม่เคยมีประวัติการรั่วซึมตามวาล์วและข้อต่อต่างๆ ของถังบรรจุน้ำมันดีเซลนี้ เนื่องจากมีการตรวจสอบอุปกรณ์ดังกล่าวทุกอาทิตย์ ดังนั้น การเลือกลักษณะสาเหตุการรั่วไหลจึงเลือกการเกิดความผิดพลาดจากอุปกรณ์ที่เรียกว่า อุปกรณ์วัดระดับปริมาณ (Sight Gauge) ที่อยู่ข้างถังเก็บน้ำมัน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำจากแก้ว มีลักษณะเป็นแท่งแก้ว ซึ่งบริษัทประกันภัยได้แนะนำให้เปลี่ยนวิธีการวัดระดับน้ำมันด้วยอุปกรณ์วัดระดับปริมาณน้ำมันที่เป็นหลอดแก้วนี้ โดยให้เปลี่ยนใช้อุปกรณ์แบบอื่นแทน เนื่องจากเคยมีประวัติชำรุดประกอบกับเคยมีอุบัติเหตุจากตัววัดระดับปริมาณน้ำมันได้แตก โดยไม่ทราบสาเหตุ จึงเป็นเหตุให้น้ำมันรั่วไหลผ่านช่องของอุปกรณ์วัดระดับปริมาณน้ำมัน

1.4.1 ในการวิจัยนี้ ได้กำหนดสาเหตุของการรั่วของน้ำมันดีเซลจากสาเหตุดังกล่าว โดยขนาดของอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันดีเซล (Sight Gauge) เป็นแท่งแก้วรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว ซึ่งเท่ากับขนาดของรูรั่วที่เกิดขึ้น

1.4.2 ระดับความสูงของรูรั่วสูงจากกันถึง 70 เซนติเมตร ซึ่งทำให้น้ำมันดีเซลรั่วไหลออกมาจากถังเก็บ

ตารางที่ 12 กำหนดเงื่อนไขข้อมูลแหล่งกำเนิด

เงื่อนไข	ข้อมูลแหล่งกำเนิด
สถานที่	กรุงเทพมหานคร
ลักษณะของอาคาร	อาคารสองชั้น
วันและเวลา	วันที่ 22 มีนาคม 2551 เวลา 13.00 น.
สารเคมี	น้ำมันดีเซล
ลักษณะของแหล่งกำเนิดที่ศึกษา	ถังรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความสูง 3 เมตร ความยาว 5 เมตร ความกว้าง 2.3 เมตร
ลักษณะของแหล่งกำเนิดที่ตั้ง	ถังรูปทรงกระบอกแนวตั้ง ความสูง 3 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง
กำหนดลงในโปรแกรมโอโลฮา	3.85 เมตร
สถานะของสารเคมีในถัง	เก็บในสถานะของเหลว
ปริมาตรที่บรรจุสารในถัง	ร้อยละ 90 ของปริมาตรถัง จำนวน 31,513 ลิตร
อุณหภูมิในการจัดเก็บ	เท่ากับอุณหภูมิของอากาศภายนอก 40 องศาเซลเซียส
ขนาดของรูที่รั่วไหล	มีรูรั่วจากอุปกรณ์วัดระดับปริมาณน้ำมันข้างตัวถัง รูปทรงวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว
ขนาดรูรั่วสูงจากระดับกันถึง	ระดับความสูง 70 เซนติเมตร
ระยะเวลาในการเกิดเหตุ	60 วินาที

2. ศึกษาผลกระทบจากการสถานการณ์จำลองในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด ซึ่งทำการทดสอบ 5 สถานการณ์จำลอง ซึ่งเป็นความสามารถของโปรแกรมโอโลฮาที่สามารถประเมินได้ เพื่อศึกษาผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำมันดีเซลในทุกกรณี ได้แก่

2.1 การรั่วไหล ในกรณีที่ไม่ติดไฟ

สำหรับการประเมินลักษณะนี้ เป็นการประเมินเพื่อพิจารณาด้านความเป็นพิษของสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่เกิดเหตุ รวมทั้งความปลอดภัยของผู้ที่จะเข้าไประงับเหตุ โดยพิจารณาจากกรณีการแพร่กระจายของก๊าซ ซึ่งโปรแกรมโอโลฮาทำนายจากการใช้สมการ Gaussian Dispersion โดยแสดงผลการคำนวณในรูปแบบของค่า

มาตรฐาน TEEL (Temporary Emergency Exposure Limits) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นอันตราย คล้ายกับค่า ERPG (Emergency Response Planning Guideline) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารเคมี สำหรับการวางแผนจัดการเหตุฉุกเฉิน ซึ่งได้กำหนดโดย American Industrial Hygiene Association (AIHA) , 1991. Emergency Response Planning Guideline for Air Contaminants. AIHA Publication, Akron, OH. โดยโปรแกรมอิลฮา จะประมวลผลค่า TEEL ใน 3 ระดับจากระดับความเข้มข้นของสารเคมี ดังนี้

TEEL-1	อาจก่อให้เกิดการระคายเคือง หรือได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย
TEEL-2	อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองแต่เกิดผลข้างเคียง
TEEL-3	อาจเกิดผลกระทบรุนแรงหรือเสียชีวิตได้ขึ้นกับปัจจัยส่วนบุคคล

โดยค่า TEEL จะไม่ก่อให้เกิดความเป็นอันตรายกับทุกคน ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยส่วนบุคคลด้วย เนื่องจาก TEEL ได้มาจากการทดลองในสัตว์ โดยคิดที่ระยะเวลาที่ได้รับสารเคมี นาน 60 นาที

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่าความเข้มข้นที่ 600 พีพีเอ็ม เป็นตัว กำหนดค่าความปลอดภัยในการกำหนดขอบเขตที่ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของเคมีภัณฑ์ (Material Safety Data Sheet) โดยใช้ค่า IDLH (Immediate Danger to Life & Health) เป็นค่าที่จัดตั้งขึ้นมาจาก National Institute for Occupational safety and Health (NIOSH) เพื่อหาข้อจำกัดในการเลือกอุปกรณ์ป้องกันทางระบบ หายใจที่ใช้ในสถานที่ทำงาน ค่า IDLH ถูกคาดคะเนจากปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่สูงที่สุดในพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานได้รับแล้วยังไม่เกิดผลกระทบต่อร่างกายอย่างรุนแรงหรือถาวร หรืออวัยวะบางส่วนไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ จากค่าที่ได้จากการประมวลผลพบว่าในกรณีที่ ต้องเข้าไปจัดการเหตุฉุกเฉิน ต้องมีการสวมใส่น้ำกากป้องกันก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้าพื้นที่เกิด เหตุที่ระยะเท่าใด

ในการทำการวิจัยในเรื่อง การรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ ทำการประเมินโดยระบุ ประเภทของการประเมินในส่วนของ Hazard To Analyze โดยเลือกในช่องของ Toxic Area of Vapor Cloud จะได้ภาพแสดงการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซลในระดับความเข้มข้นต่างๆที่สนใจ ศึกษา

2.2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flamable Vapor Cloud)

2.3 การเกิดการระเบิดแบบ Vapor Cloud Explosion (Overpressure Blast Force)

2.4 การเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire

เป็นเพลิงไหม้ที่มีลักษณะเปลวไฟแคบพุ่งแรง ซึ่งเกิดจากน้ำมันดีเซลที่รั่วไหลออกจากถัง แล้วเกิดการจุดระเบิดขึ้นในทันที ทำให้เกิดการลุกไหม้ ในลักษณะคล้ายคบเพลิง เพื่อพิจารณาผลกระทบจากเปลวเพลิงและความเข้มของการแผ่รังสี ในการวิจัยนี้โปรแกรมอโลฮา ทำนายการเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire โดยอันตรายที่สนใจคือ อันตรายจากรังสีความร้อน คำนวณการแผ่รังสีที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งในโปรแกรมอโลฮาจะสามารถทำนายได้เฉพาะอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น

2.5 การเกิดระเบิดแบบบลีว

การระเบิดแบบบลีว คือ การเกิดอ็อกซิเจนและการเกิดระเบิดรวมกัน และระบายรังสีความร้อนออกมาเป็นระยะๆ ช่วงสั้นๆ การเกิดบลีว เกิดได้ในกรณีที่ก๊าซรั่วไหลออกมาในรูปของของเหลวและขยายตัวอย่างรวดเร็วกระจายไปในบรรยากาศเป็นหมอกควัน และมีการสันดาปเกิดขึ้น ก็จะปรากฏเป็นลูกไฟ เป็นสาเหตุให้เกิดความรังสีความร้อนขึ้นจำนวนมากภายในไม่กี่วินาที ซึ่งอาจทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเสียชีวิตหรือผิวหนังถูกทำลายอย่างรุนแรงขึ้นกับปริมาณก๊าซที่มีอยู่ในภาชนะ หรือถังที่เก็บ ซึ่งอันตรายที่สำคัญของบลีว คือ อันตรายจากรังสีความร้อน ความดันที่สูงเกิน อันตรายจากวัสดุที่แตกจากการระเบิดแล้วเกิดการกระเด็น คำนวณพิษจากการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งโปรแกรมอโลฮาสามารถประเมินได้เฉพาะอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น

3 นำสถานการณ์จำลองมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมมาร์พล็อต เพื่อดูว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ขอบเขตหรือบริเวณใดบ้างที่ได้รับผลกระทบ และจะเกิดความเสียหายมากน้อยเพียงใด

4 หาเส้นทางในการเข้าตอบโต้เหตุภาวะฉุกเฉิน และอพยพผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ เพื่อหาเส้นทางการเดินทางที่ใกล้ที่สุด ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การคำนวณหาระยะที่ได้รับผลกระทบด้วยโปรแกรมโอโลฮา

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างสถานการณ์จำลองเหตุการณ์ที่อาจเป็นไปได้ กรณีที่ถังเก็บน้ำมันดีเซลรั่วไหลเป็นของเหลว และระเหยออกมาเป็นไอน้ำมัน และไอสัมผัสกับประกายไฟทำให้เกิดเพลิงไหม้และมีผู้ได้รับบาดเจ็บ เพื่อประเมินทิศทางการแพร่กระจาย การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของถังน้ำมันดีเซล เพื่อทราบระยะทางและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล โดยใช้โปรแกรมโอโลฮาในการประเมิน ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขข้อมูลที่ทำให้เกิดสถานะที่เลวร้ายที่สุดมาใช้ในโปรแกรมโอโลฮา ตามตารางที่ 11 และ 12

จากเงื่อนไขและข้อมูลข้างต้นนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมโอโลฮา เพื่อประเมินและวิเคราะห์ลักษณะอันตราย และสร้างแบบจำลองการรั่วไหล และไม่ติดไฟได้ 3 แบบจำลองคือ

1. การรั่วไหลในกรณีที่ไม่ติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud)
2. การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซ (Flammable Area of Vapor Cloud)
3. กรณีเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Blast Force of Vapor Cloud Explosion)

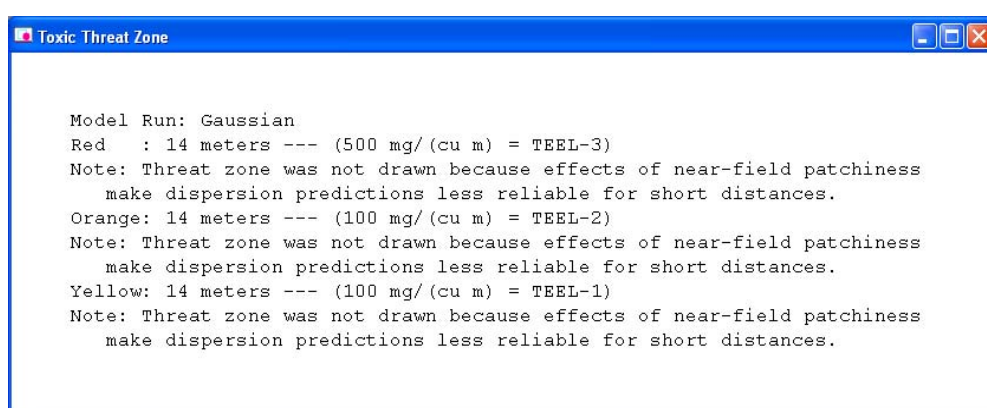
วิเคราะห์ลักษณะอันตรายและสร้างแบบจำลองการรั่วไหลและติดไฟได้ 2 แบบจำลอง คือ

1. การเกิดเพลิงไหม้ และระเบิดแบบ Pool Fire (Thermal Radiation From Pool Fire)
2. การระเบิดแบบ BLEVE (Thermal Radiation From Fireball and Pool Fire)

จากการศึกษาประเมินผลกระทบของน้ำมันดีเซลรั่วไหลด้วยโปรแกรมโอโลฮา สามารถแสดงผลการแพร่กระจายจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดที่ได้จากการทำนาย ดังนี้

1.1 การรั่วไหล ในกรณีที่ไม่ติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud)

กรณีที่ถังเก็บน้ำมันดีเซลรั่วไหลเป็นของเหลว และระเหยออกมาเป็นไอระเหยน้ำมัน ผลการจากประเมินโดยโปรแกรมอโลฮา เพื่อพิจารณาการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซล ในกรณีการรั่วไหลแต่ไม่ติดไฟ โปรแกรมจะประเมินคาดคะเนระยะเวลาการรั่วไหลที่ 1 ชั่วโมง โดยมีอัตราการรั่วไหลแบบต่อเนื่องเฉลี่ยที่ 120 กรัมต่อวินาที ปริมาณการรั่วไหลรวม 3.61 กิโลกรัม เกิดการรั่วไหลเป็นแอ่งกระจายบนพื้นคอนกรีตมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เมตร



ภาพที่ 15 รายละเอียดการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหล เพื่อดูค่าความเป็นพิษที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

จากภาพที่ 15 พบว่าโปรแกรมอโลฮาไม่สามารถแสดงผลออกมาเป็นภาพการแพร่กระจายตัวในส่วนของค่ากำหนด TEEL ได้ เนื่องจากระดับความเข้มข้นที่กำหนดอยู่ในระยะห่างจากจุดรั่วไหลเพียงเล็กน้อย แต่บอกรายละเอียดได้ดังนี้

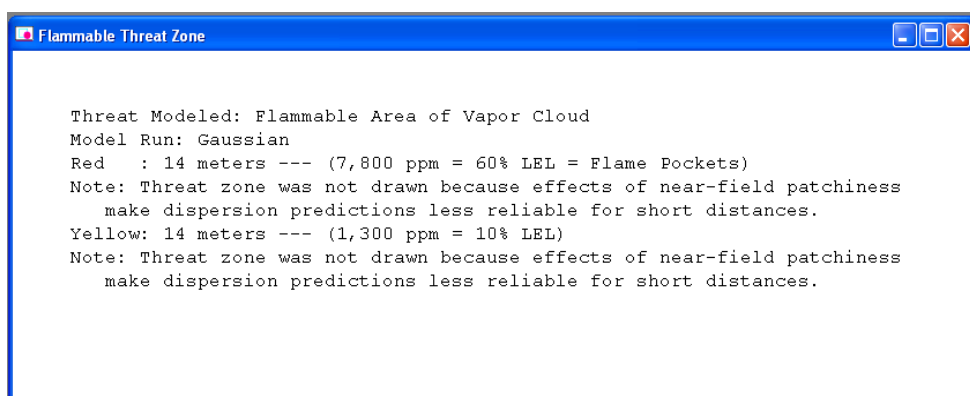
พื้นที่สีแดงในระยะรัศมี 14 เมตร มีค่าความเข้มข้นของไอน้ำมัน 500 mg/m^3

พื้นที่สีส้มในระยะรัศมี 14 เมตร มีค่าความเข้มข้นของไอน้ำมัน 100 mg/m^3

พื้นที่สีเหลืองในระยะรัศมี 14 เมตร มีค่าความเข้มข้นของไอน้ำมัน 100 mg/m^3

1.2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซ (Flammable Area of Vapor Cloud)

ในการเกิดเหตุการณ์กลุ่มหมอกก๊าซซึ่งเกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันและไอน้ำมัน ดีเซลแพร่กระจายไปตามทิศทางลม ถูกทำให้เกิดการเจือจางลงโดยอากาศ ซึ่งจะเข้ามารวมตัวกับ กลุ่มหมอกก๊าซนี้ โปรแกรมอโลฮา สามารถประเมินการรั่วไหลจำกัดที่ 1 ชั่วโมง เนื่องจาก ระยะเวลาที่เกินกว่า 1 ชั่วโมง ทิศทางและความเร็วจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีอัตราการรั่วไหล แบบต่อเนื่องเฉลี่ยที่ 120 กรัมต่อนาที ปริมาณการรั่วไหลรวม 3.61 กิโลกรัม รั่วไหลเป็นแอ่ง กระจายบนพื้นคอนกรีตมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เมตรซึ่งจะทำให้เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ กระจายทั่วพื้นที่เกิดเหตุ



ภาพที่ 16 รายละเอียดรัศมีการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหลเพื่อดูค่าการติดไฟ

จากรายละเอียดภาพที่ 16 พบว่าโปรแกรมอโลฮาไม่สามารถแสดงผลออกมาเป็นภาพ รัศมีการแพร่กระจายตัวในส่วนของค่ากำหนด LEL ได้ เนื่องจากระดับความเข้มข้นที่กำหนดอยู่ใน ระยะห่างจากจุดรั่วไหลเพียงเล็กน้อย แต่บอกรายละเอียดพื้นที่เสี่ยงต่อการติดไฟได้ดังนี้

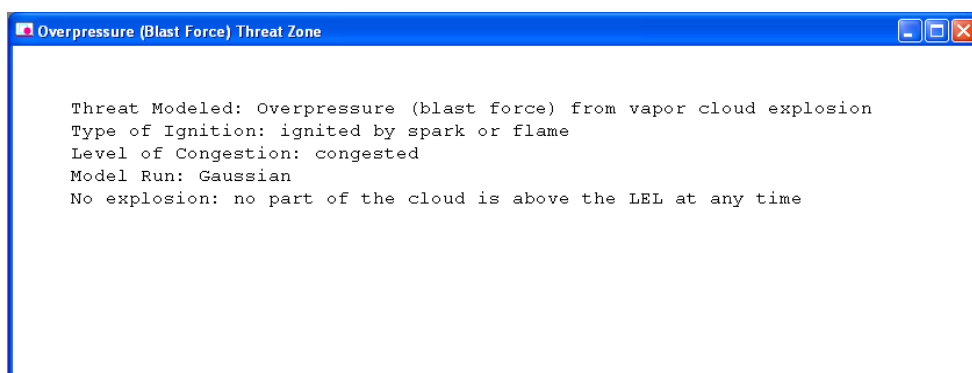
พื้นที่สีแดงในระยะรัศมี 14 เมตร มีค่าความเข้มข้น 7,800 ส่วนในล้านส่วน หรือ 60% LEL (Flame Pockets)

พื้นที่สีเหลืองในระยะรัศมี 14 เมตร มีค่าความเข้มข้น 1,300 ส่วนในล้านส่วน หรือ 10% LEL

แสดงให้เห็นว่า จะเกิดกลุ่มหมอกที่มีความเข้มข้นของไอน้ำมันที่อยู่ในช่วงดังกล่าวจะสามารถทำให้เกิดการระเบิดได้ในรัศมี 14 เมตร จากแหล่งกำเนิด เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของไอน้ำมันดีเซลอยู่ในช่วงของการระเบิด มีค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด 13,000 ส่วนในล้านส่วน ดังนั้นระยะที่ต้องเผื่อระวังโดยประเมินที่ความเข้มข้นของไอน้ำมันที่ร้อยละ 10 ของค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิดที่ระยะรัศมี 14 เมตร

1.3 กรณีเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion Overpressure Blast Force)

เมื่อน้ำมันดีเซลรั่วไหลออกจากถังเก็บและแพร่กระจายไปครอบคลุมอาณาบริเวณรอบๆ เมื่อได้ผสมกับอากาศในสัดส่วนที่พอเพียง และมีแหล่งเกิดประกายไฟที่มีความมากพอที่จะทำให้เกิดการติดไฟด้วยความเร็วสูงทำให้เกิดระเบิดแบบกลุ่มหมอกสารไวไฟ เวลาการรั่วไหล 1 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของโปรแกรมโอโลฮา อัตราเฉลี่ยการรั่วไหลสูงสุด 120 กรัมต่อนาที ปริมาณน้ำมันที่รั่วไหลทั้งหมด 3.61 กิโลกรัม รั่วไหลเป็นแอ่งกระจายบนพื้นคอนกรีตมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เมตร

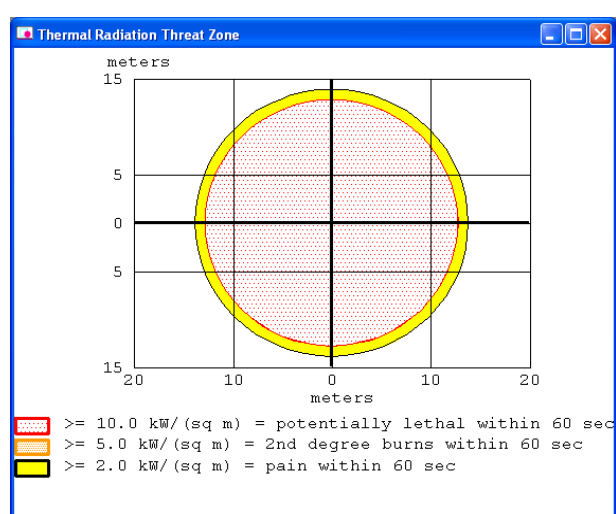


ภาพที่ 17 รายละเอียดของผลการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล กรณีน้ำมันรั่วไหล เพื่อดูระดับความสำคัญของคลื่นความดัน

จากรายละเอียดภาพที่ 17 โปรแกรมโอโลฮาไม่สามารถแสดงผลออกมาเป็นแบบจำลองเพื่อดูผลกระทบได้ เพราะความเข้มข้นของไอน้ำมันดีเซล มีค่าไม่ถึงเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมต่ำสุดที่เกิดการระเบิด

1.4 การเกิดเพลิงไหม้ และระเบิดแบบ Pool Fire (Thermal Radiation from Pool Fire)

เมื่อน้ำมันดีเซลรั่วไหลออกจากถังเก็บแล้วเกิดการจุดระเบิดขึ้นในทันที ทำให้เกิดการลุกไหม้ในลักษณะคล้ายคบเพลิง ทั้งนี้เปลวไฟที่เกิดขึ้นมีความยาวของเปลวไฟ 7 เมตร ระยะเวลาการเผาไหม้ 1 ชั่วโมง อัตราการเผาไหม้สูงสุด 186 กิโลกรัม/ชั่วโมง ปริมาณการเผาไหม้ 5,986 กิโลกรัม รั่วไหลเป็นแอ่งกระจายบนพื้นคอนกรีตมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 เมตร ประเมินผลกระทบจากความเข้มของการแผ่รังสีความร้อนของเพลิงไหม้ดังนี้



ภาพที่ 18 แบบจำลองรัศมีแพร่กระจายของน้ำมันดีเซล กรณีเกิดเพลิงไหม้ในรูปของการแผ่รังสีความร้อน

จากภาพที่ 18 เป็นแบบจำลองรัศมีการแผ่รังสีความร้อนของ Pool Fire ของน้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

พื้นที่สีแดงในระยะรัศมี 13 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ระดับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ภายในระยะเวลา 60 วินาที

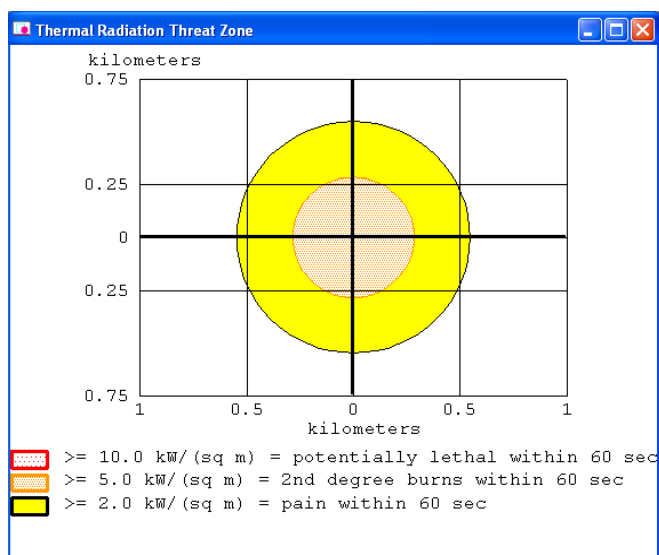
พื้นที่สีส้มในระยะรัศมี 13 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร โดยผู้ที่อยู่ภายในรัศมีได้รับอันตรายเกิดแผลไหม้ระดับ 2 หลังได้รับความร้อนภายในระยะเวลา 60 วินาที

พื้นที่สีเหลืองในระยะรัศมี 14 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมีดังกล่าวได้รับบาดเจ็บเป็นแผลพุพอง ภายในระยะเวลา 60 วินาที

1.5 การระเบิดแบบบลีวี (BLEVE: Boiling Liquid Evaporating Vapor Explosion)

การระเบิดแบบบลีวีเกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันและเกิดการติดไฟเกิดขึ้น ทำให้ถังเก็บน้ำมันได้รับความร้อน จนถึงไม่สามารถทนรับแรงดันได้ จนทำให้เกิดการระเบิดและปรากฏเป็นลูกไฟเกิดขึ้น ซึ่งผลจากการคำนวณโดยโปรแกรมอลฮา พบว่าอันตรายที่เกิดจากการเกิดลูกไฟ จะเกิดปริมาณรังสีความร้อน จากกรณีศึกษาพบว่าหากเกิดการระเบิดแบบบลีวีขึ้นจะทำให้เกิดลูกไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 446 เมตร ระยะเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ถึงเก็บน้ำมันกระทั่งเกิดการระเบิดแบบบลีวี ใช้เวลาเผาไหม้นาน 23 วินาที

ผลกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวีจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของชิ้นส่วนถังเก็บน้ำมัน เนื่องจากมีแรงผลักดันจากการระเบิด โปรแกรมอลฮาประเมินกรณีเกิดการระเบิดแบบบลีวีและประเมินผลกระทบจากการเกิดรังสีความร้อนได้ดังนี้



ภาพที่ 19 แบบจำลองรัศมีการระเบิดแบบบลีวี ระยะที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดลูกไฟในรูปของการแผ่รังสีความร้อน

จากภาพที่ 19 เป็นแบบจำลองในรูปแบบการแผ่รังสีความร้อนของน้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

พื้นที่สีแดงจะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลกระทบริบภัยอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต ภายในระยะเวลา 60 วินาที โปรแกรมไม่แสดงภาพ เนื่องจากส่งผลกระทบน้อยมาก

พื้นที่สีส้มในระยะรัศมี 285 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี เกิดแผลไหม้ที่ระดับ 2 หลังจากสัมผัสความร้อนภายในระยะเวลา 60 วินาที

พื้นที่สีเหลืองในระยะรัศมี 548 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี เกิดแผลไหม้ผิวหนังได้รับความเจ็บปวด ภายในระยะเวลา 60 วินาที

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลกระทบอันตรายของน้ำมันดีเซล ที่ได้จากแบบจำลองการรั่วไหล และเกิดเพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรมอโธฮา

สถานการณ์	Threat Modeled	Threat Zone		
		Red	Orange	Yellow
Toxic Area of Vapor Cloud	Toxic	14 m	14 m	14 m
Flammable Area of Vapor Cloud	Flammable	14 m	-	14 m
Blast Area of Vapor cloud explosion	Overpressure (Blast Force)	-	-	-
Pool Fire	Thermal Radiation	13 m	13 m	14 m
BLEVE	Thermal Radiation	LOC- never exceeded	285 m	548 m

จากตารางที่13 สรุประยะทางที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดเหตุการณ์น้ำมันดีเซลรั่วไหลจากถังเก็บน้ำมัน การแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล และการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซลตามสถานการณ์ต่างๆ โดยบอกเป็นระยะรัศมีการแพร่กระจายของไอน้ำมันดีเซล ทำให้ทราบระยะ

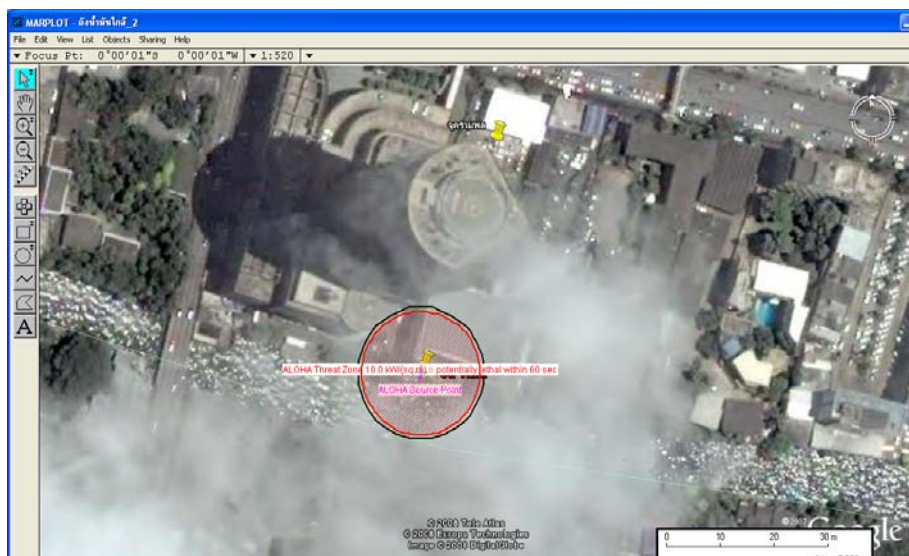
ที่ควรระวังในการทำงานที่มีประกายไฟ แต่เพื่อให้การประเมินผลกระทบต่อชุมชนและอาคารใกล้เคียงที่อยู่ในเขตระยะรัศมีที่จะได้รับอันตรายพิจารณาได้สะดวกขึ้น ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรมกูเกิ้ลเอิร์ธ มาประยุกต์ใช้กับ โปรแกรมมาร์พล็อต เพื่อให้สามารถประเมินสถานการณ์ได้ระยะที่เกิดผลกระทบต่ออย่างชัดเจน โดยเห็นภาพแผนที่ของพื้นที่เกิดเหตุจริง ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2. การประเมินผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมโมโลสาร่วมกับโปรแกรมมาร์พล็อต และโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ

การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซลต่อชุมชนใกล้เคียง โดยใช้โปรแกรมมาร์พล็อตร่วมกับโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ มาประยุกต์ใช้ทำแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ แสดงแผนที่สถานที่เกิดเหตุ และชุมชนใกล้เคียง และนำภาพระยะรัศมีจากโปรแกรมโมโลสา เชื่อมต่อกับโปรแกรมมาร์พล็อต เพื่อเป็นการแสดงเส้นระยะรัศมีที่ได้รับผลกระทบลงแผนที่ สถานที่เกิดเหตุตามสภาพพื้นที่จริง โดยได้แสดงรายละเอียดวิธีการใช้ทั้ง 3 โปรแกรมร่วมกันดัง ภาพผนวก ง

2.1 รัศมีการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool fire

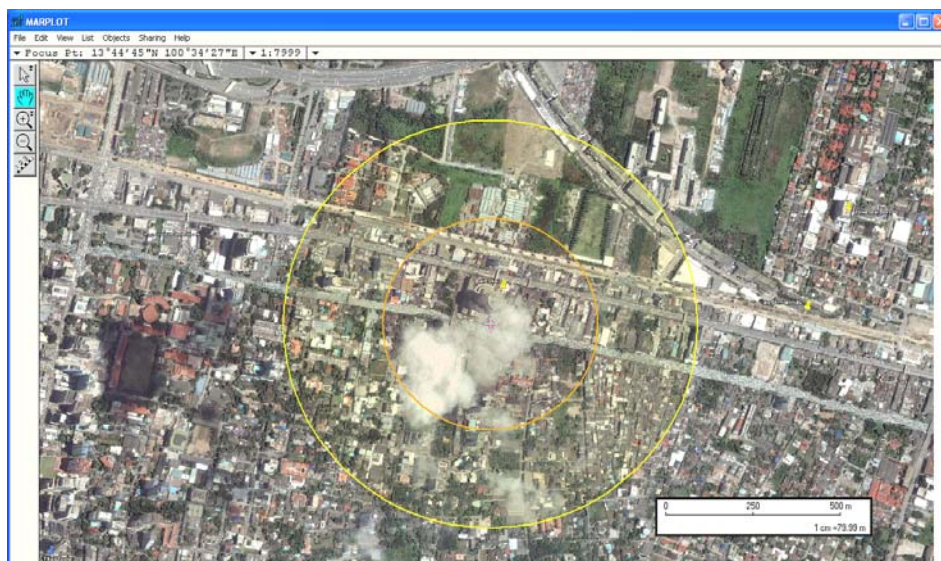
เมื่อนำแบบจำลองรัศมีการแผ่กระจายของน้ำมันดีเซล ในกรณีเกิดเพลิงไหม้ในรูปของการแผ่รังสีความร้อน ในภาพที่ 18 กำหนดลงไปในพื้นที่อ้างอิงจุดเกิดการรั่วไหลในพื้นที่จริง เพื่อจำลองสภาพการแผ่รังสีความร้อนของน้ำมันดีเซล โดยใช้โปรแกรมมาร์พล็อต ร่วมกับ โปรแกรมโมโลสา ประเมินผลกระทบที่ชุมชนและอาคารใกล้เคียงที่อยู่ในเขตระยะรัศมีการแผ่รังสีความร้อนได้รับอันตรายคือระยะ 14 เมตร จะเห็นบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่ได้รับอันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้ได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงภาพที่ 20 จากระยะรัศมีดังกล่าว สามารถนำไปกำหนดเป็นระยะที่ปลอดภัย เพื่อจัดทำแผนเตรียมความพร้อมตอบโต้ภาวะฉุกเฉินได้



ภาพที่ 20 บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool fire

4.1 รัศมีการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว

เมื่อนำแบบจำลองรัศมีการระเบิดของถังน้ำมันดีเซลระยะที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดลูกไฟ (Fire Ball) ในรูปของการแผ่รังสีความร้อน ในภาพที่ 19 กำหนดลงไปในพื้นที่อ้างอิงจุดเกิดรั่วไหลในพื้นที่จริง เพื่อจำลองสถานการณ์แผ่รังสีความร้อนของไอระเหยของน้ำมันดีเซล โดยใช้โปรแกรมมาร์พล็อต ร่วมกับโปรแกรมอโดลา ประเมินผลกระทบที่ชุมชนและอาคารข้างเคียงที่อยู่ในเขตรัศมีการแผ่รังสีความร้อนได้รับอันตรายคือระยะ 548 เมตร จะเห็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่ได้รับอันตรายจากการเกิดลูกไฟเนื่องจากการระเบิดแบบบลิ้วได้ชัดเจนขึ้น ดังภาพที่ 21 จากระยะรัศมีดังกล่าว สามารถนำไปกำหนดเป็นระยะที่ปลอดภัย เพื่อจัดทำแผนเตรียมความพร้อมตอบโต้ภาวะฉุกเฉินได้



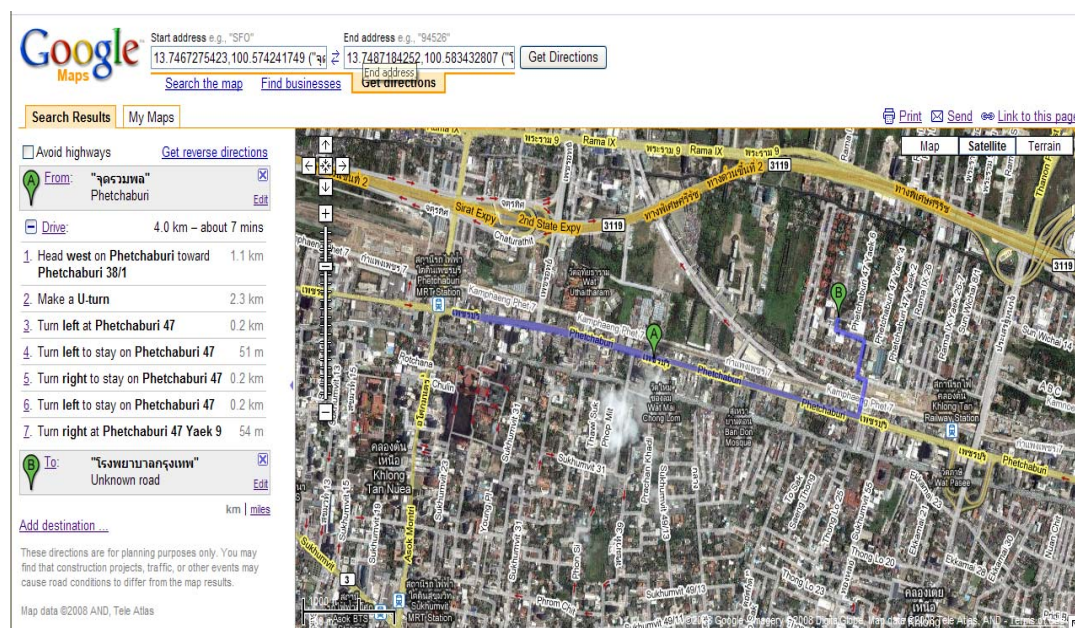
ภาพที่ 21 บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน เนื่องจากเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว

3. การศึกษาเส้นทางและระยะเวลาอพยพ และเข้าระงับเหตุด้วยโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ

การใช้โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ เพื่อศึกษาเส้นทางที่จะอพยพผู้บาดเจ็บส่งไปโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียง และศึกษาเส้นทางกรณีที่เกิดอุบัติเหตุจากโรงพยาบาลแต่ละแห่งเดินทางมาจุดเกิดเหตุ รวมถึงเส้นทางจากสถานดับเพลิงที่จะมาระงับเหตุที่จุดเกิดเหตุ เพื่อช่วยให้ผู้ประสานงานฉุกเฉินสามารถตัดสินใจประสานงานแจ้งหน่วยงานที่อยู่ใกล้เคียง ให้เข้ามาช่วยเหลือได้เร็วที่สุด และใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด

3.1 เส้นทางและระยะเวลาอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไป โรงพยาบาลใกล้เคียง

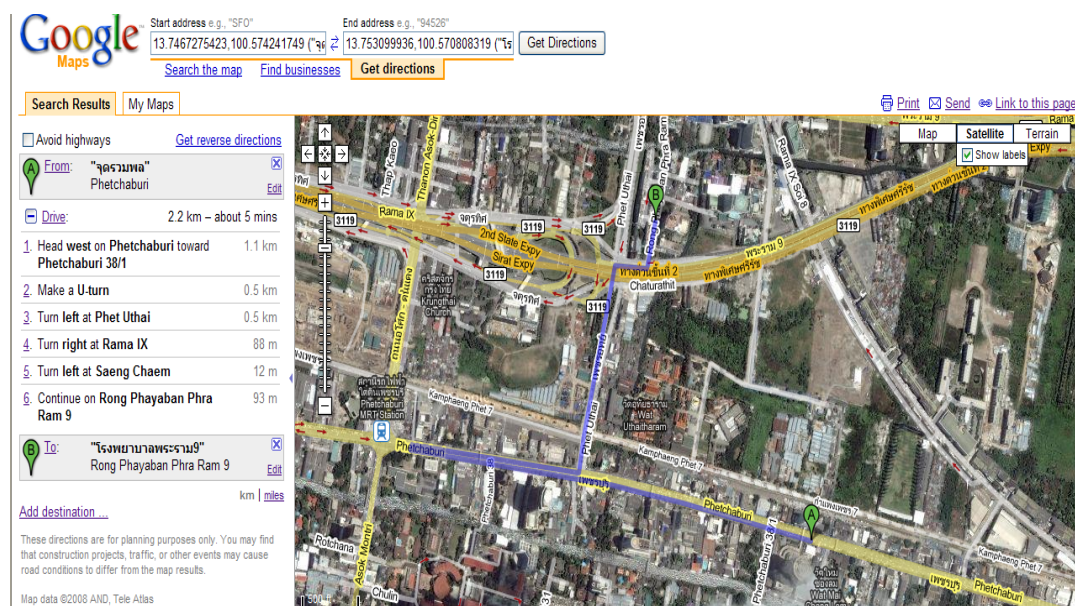
เส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลกรุงเทพ



ภาพที่ 22 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลกรุงเทพ

จากภาพที่ 22 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงรายละเอียดเส้นทาง การอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไปโรงพยาบาลกรุงเทพ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุด ได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 4 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 7 นาที

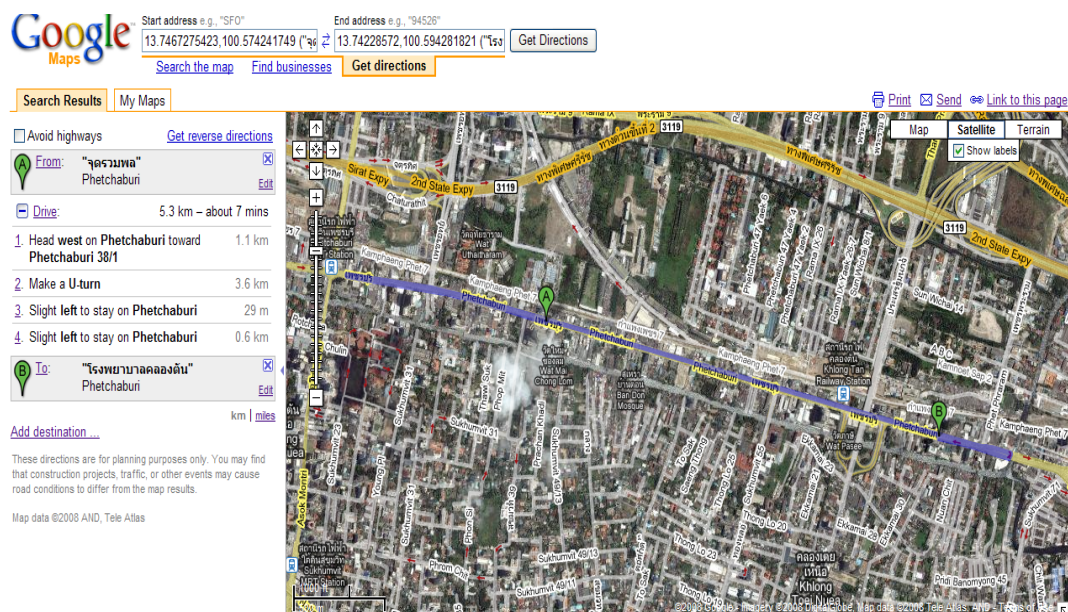
เส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลพระรามเก้า



ภาพที่ 23 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลพระรามเก้า

จากภาพที่ 23 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางการอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไปโรงพยาบาลพระรามเก้า ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกทิศทางการกลับรถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุดได้อย่างละเอียด รวมระยะการเดินทาง 2.2 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 5 นาที

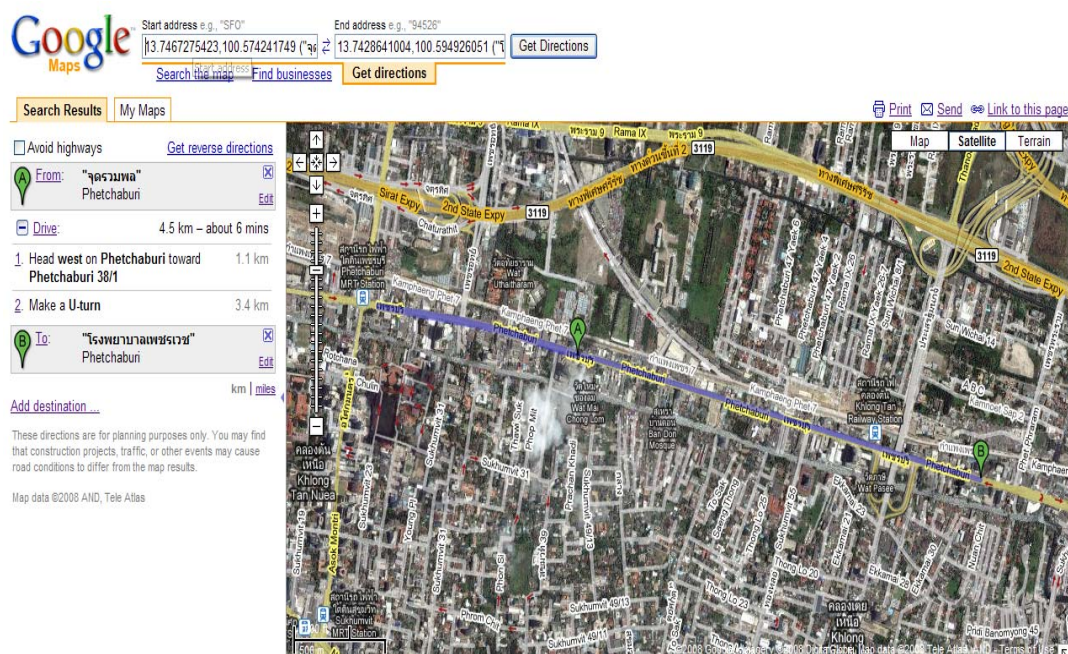
3.1.3 เส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคลองตัน



ภาพที่ 24 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคลองตัน

จากภาพที่ 24 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางการอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไปโรงพยาบาลคลองตัน ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้าย แต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 5.3 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 7 นาที

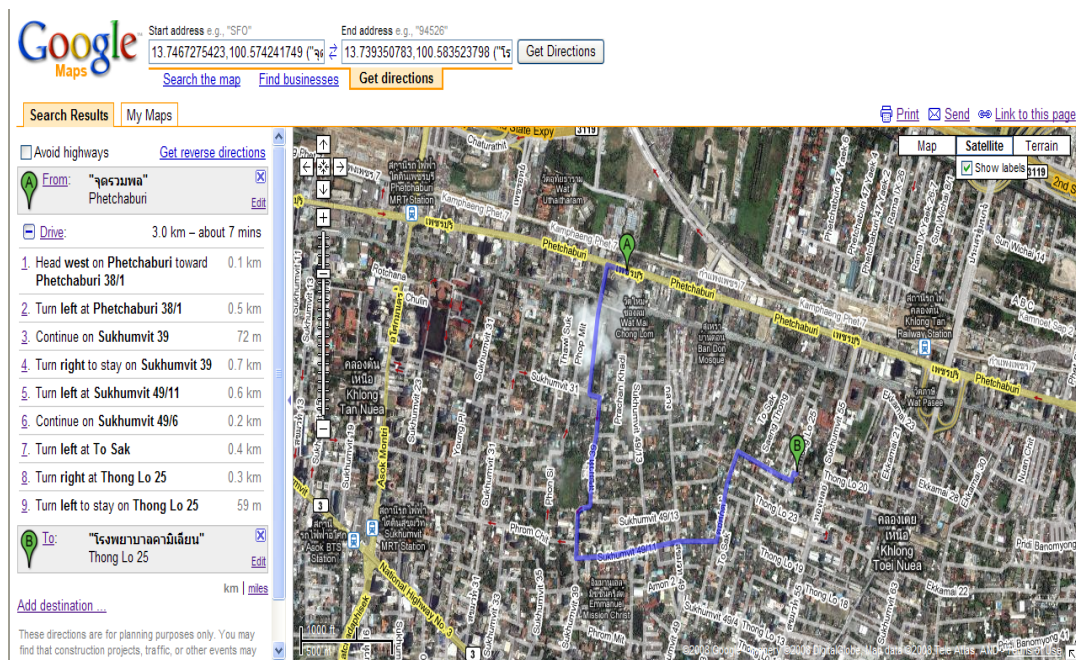
3.1.4 เส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลเพชรเวช



ภาพที่ 25 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลเพชรเวช

จากภาพที่ 25 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางการอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไปโรงพยาบาลเพชรเวช ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกทิศทางการกลับรถ ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 4.5 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 6 นาที

3.1.5 เส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคามิเลียน

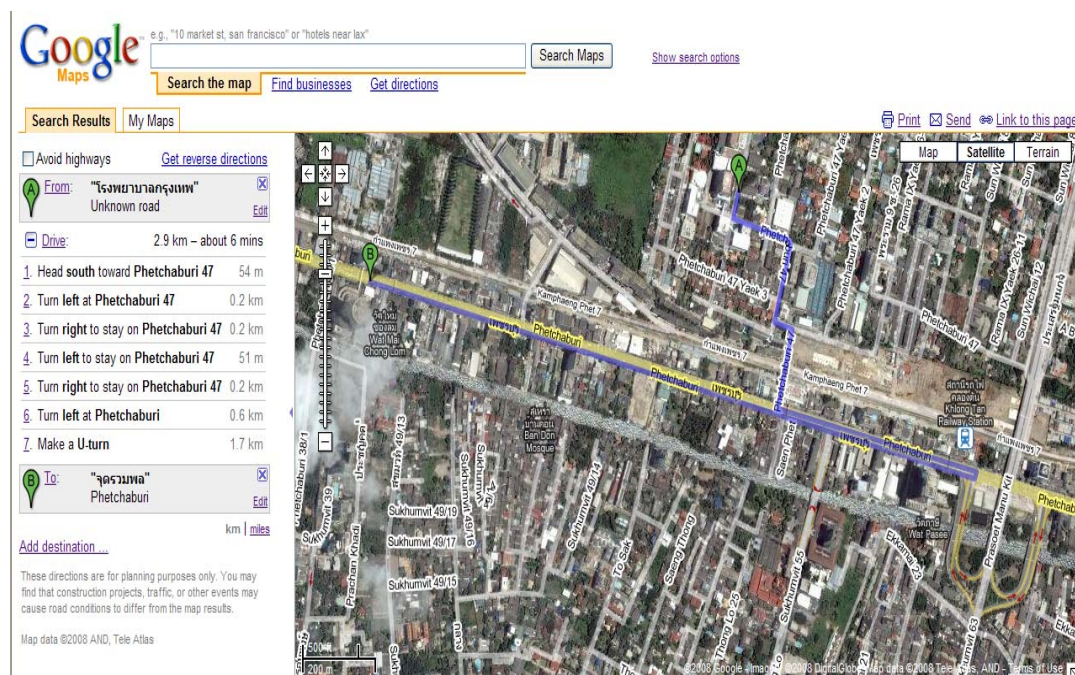


ภาพที่ 26 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากจุดรวมพลไปโรงพยาบาลคามิเลียน

จากภาพที่ 26 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางการอพยพผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุไปโรงพยาบาลคามิเลียน ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกทิศทาง การ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุดได้อย่างละเอียด รวมระยะทาง 3 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 7 นาที

3.2 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลใกล้เคียงมาที่จุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุ

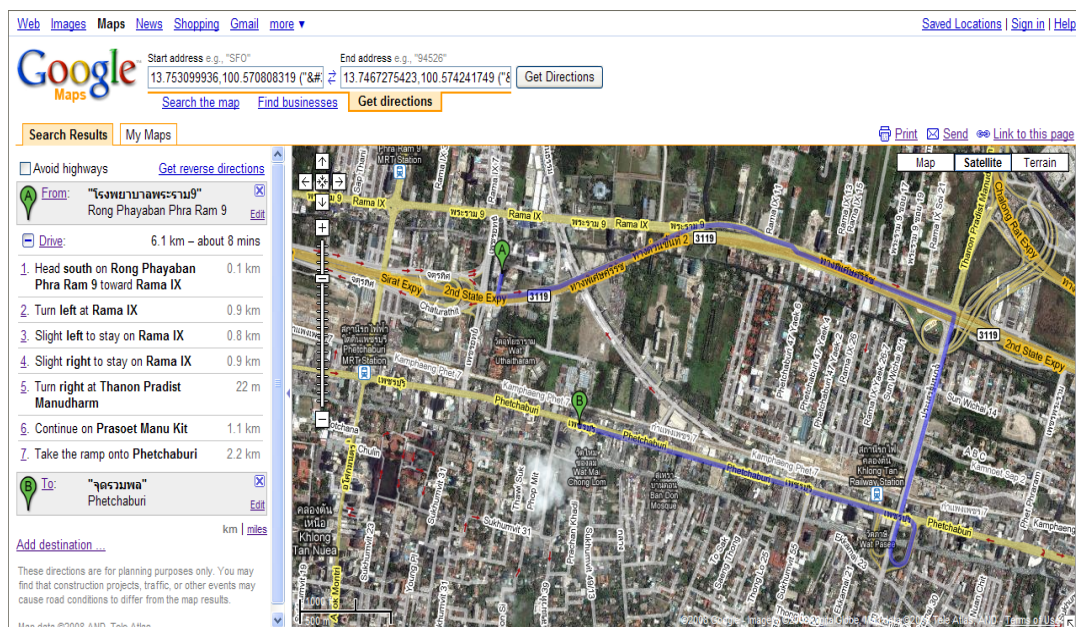
3.2.1 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลกรุงเทพมาที่จุดรวมพล



ภาพที่ 27 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลกรุงเทพมาจุดรวมพล

จากภาพที่ 27 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากโรงพยาบาลกรุงเทพมาจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุ ตามเส้นทางรถเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 2.9 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 6 นาที

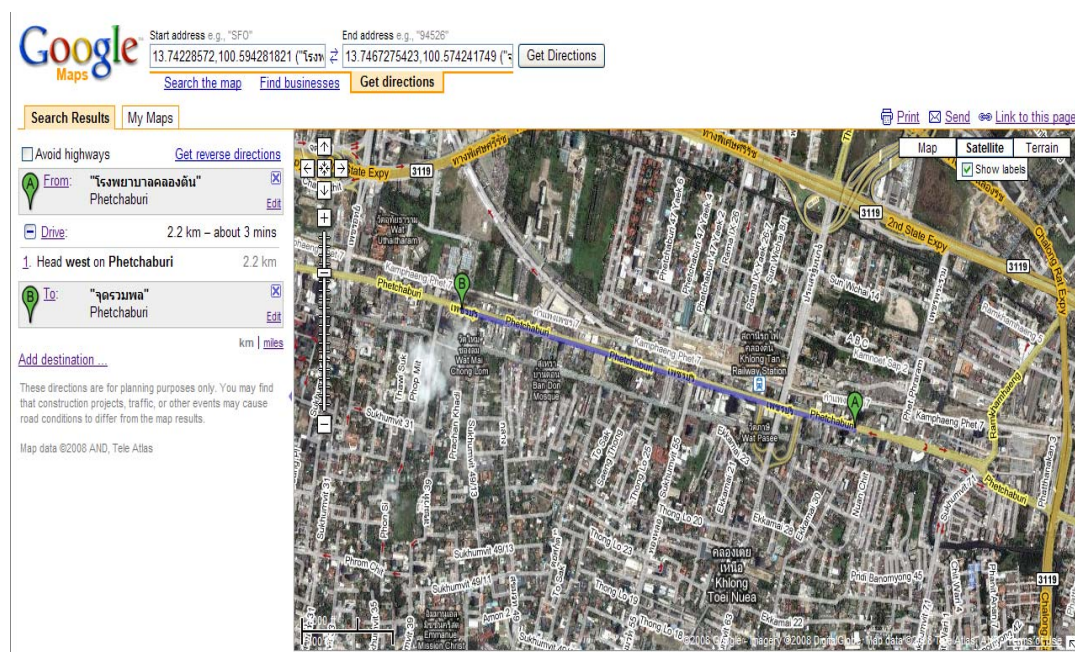
3.2.2 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลพระรามเก้ามาที่จุดรวมพล



ภาพที่ 28 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลพระรามเก้ามาจุดรวมพล

จากภาพที่ 28 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากโรงพยาบาลพระรามเก้ามาจุดรวมพล ของสถานที่เกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุดได้อย่างละเอียด รวมระยะเดินทาง 6.1 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 8 นาที

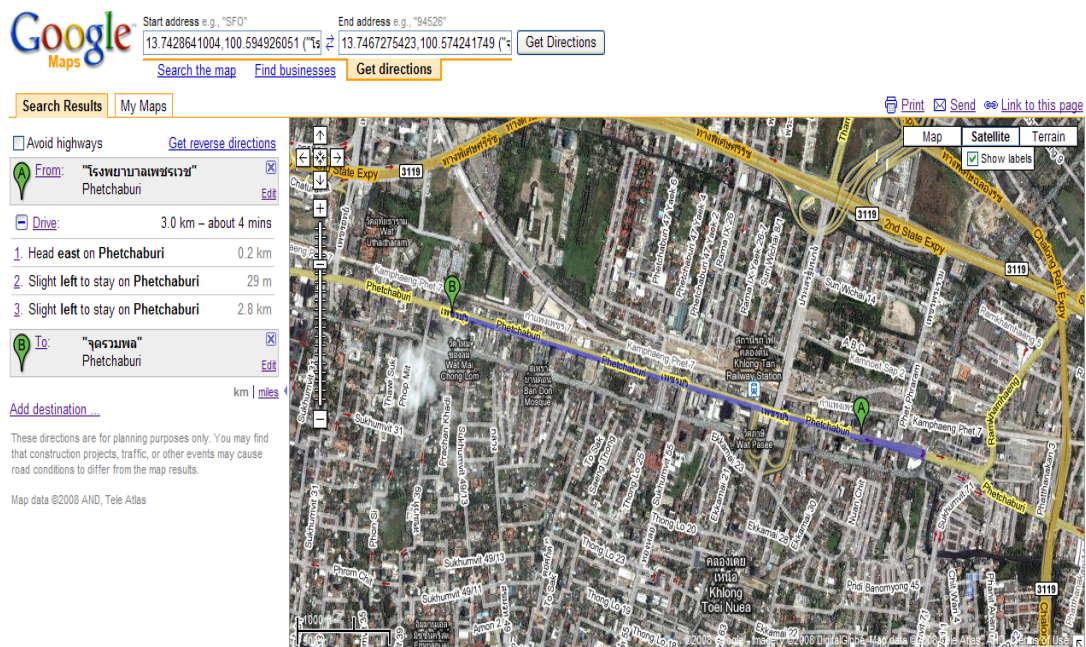
3.2.3 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลคลองตันมาที่จุดรวมพล



ภาพที่ 29 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลคลองตันมาจุดรวมพล

จากภาพที่ 29 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากโรงพยาบาลคลองตันมาจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะเดินทาง 2.2 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 3 นาที

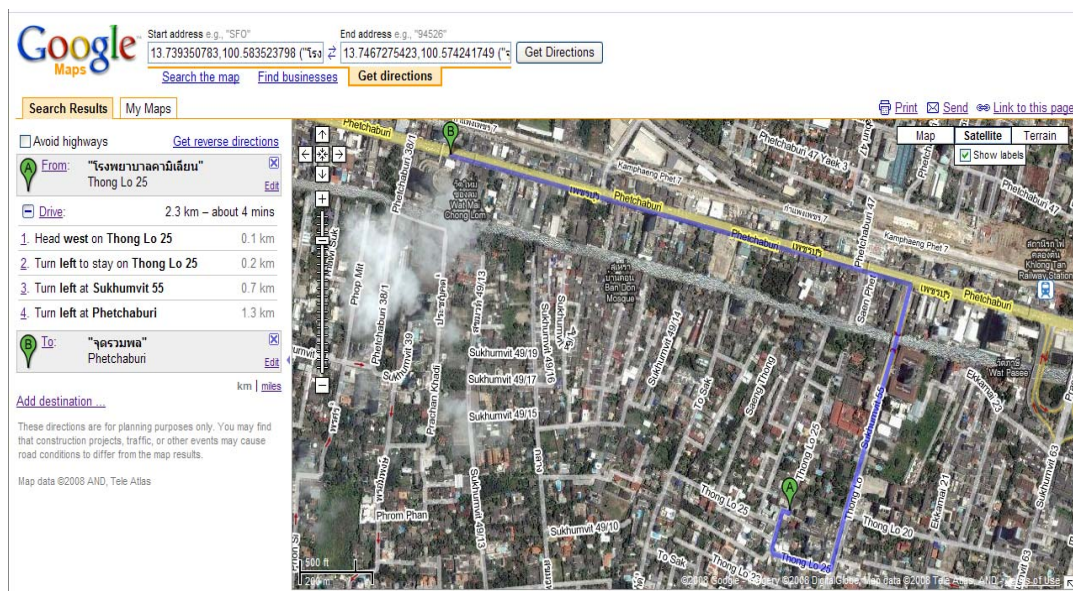
3.2.4 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลเพชรเวชมาที่จุดรวมพล



ภาพที่ 30 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลเพชรเวชมาจุดรวมพล

จากภาพที่ 30 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากโรงพยาบาลเพชรเวชมาจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดเลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด รวมระยะการเดินทาง 3 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 4 นาที

3.2.5 เส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลคามิเลียนมาที่จุดรวมพล



ภาพที่ 31 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากโรงพยาบาลคามิเลียนมาจุดรวมพล

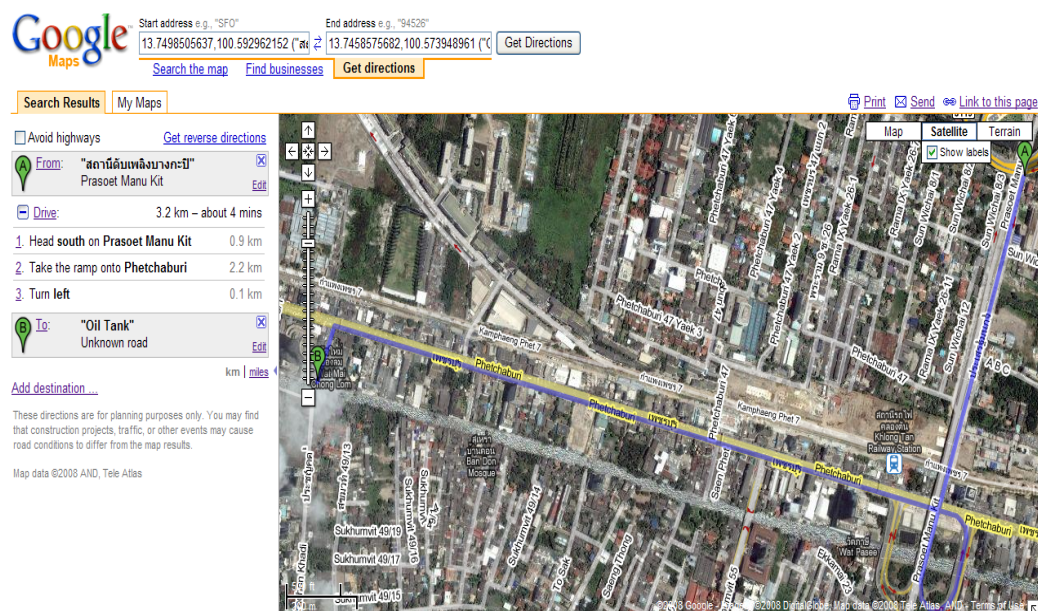
จากภาพที่ 31 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากโรงพยาบาลคามิเลียนมาจุดรวมพลของสถานที่เกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดเลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 2.3 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 4 นาที

ตารางที่ 14 ระยะทางและเวลาจากโรงพยาบาลใกล้เคียงเดินทางไปกลับจุดเกิดเหตุ

โรงพยาบาล	ระยะการเดินทาง (กิโลเมตร)			ระยะเวลาเดินทาง (นาที)		
	โรงพยาบาลมาจุดรวมพล	จุดรวมพลไปโรงพยาบาล	รวมระยะทาง	โรงพยาบาลมาจุดรวมพล	จุดรวมพลไปโรงพยาบาล	รวมระยะเวลา
กรุงเทพ	2.9	4	6.9	6	7	13
คลองตัน	2.2	5.3	7.5	3	7	10
เพชรเวช	3	4.5	4.8	4	6	10
พระรามเก้า	6.1	2.2	8.3	8	5	13
คามิเลียน	2.3	3	5.3	4	7	11

3.3 เส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงใกล้เคียงเดินทางมาจุดเกิดเหตุ

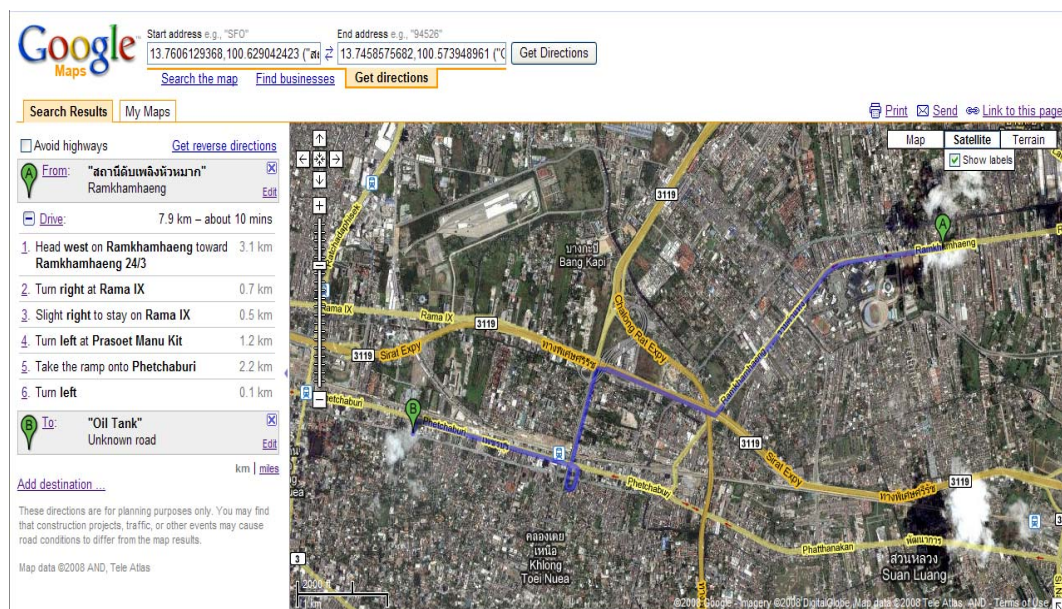
3.3.1 เส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงบางกะปิมาที่จุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 32 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงบางกะปิมาจุดเกิดเหตุ

จากภาพที่ 32 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากสถานีดับเพลิงบางกะปิมาจุดเกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดเลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 3.2 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 4 นาที

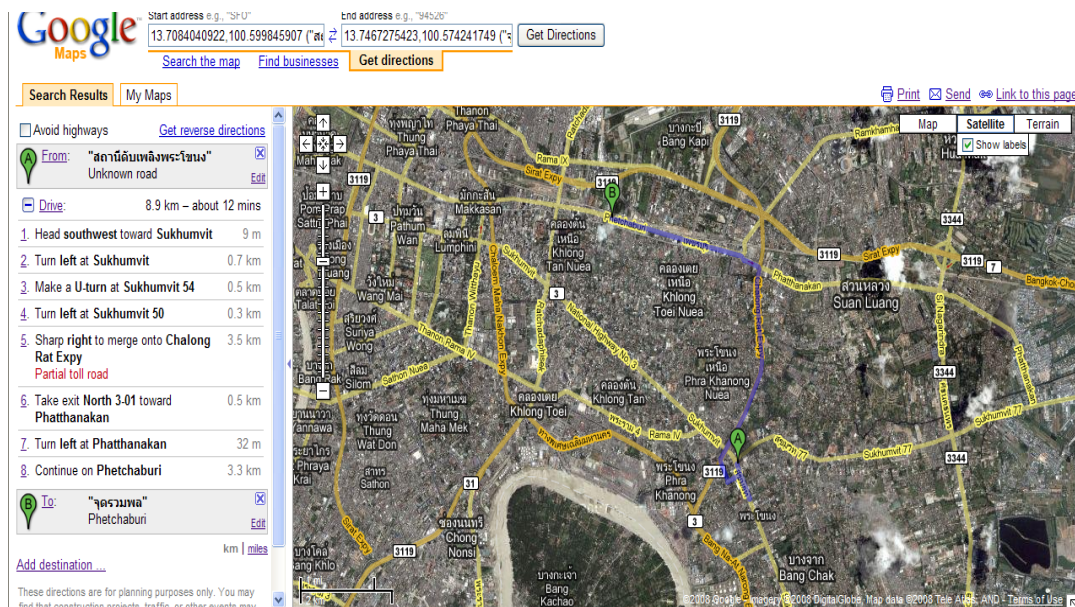
3.3.2 เส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงหัวหมากมาที่จุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 33 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงหัวหมากมาจุดเกิดเหตุ

จากภาพที่ 33 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากสถานีดับเพลิงหัวหมากมาจุดเกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดเลี้ยวขวา เลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 7.9 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 10 นาที

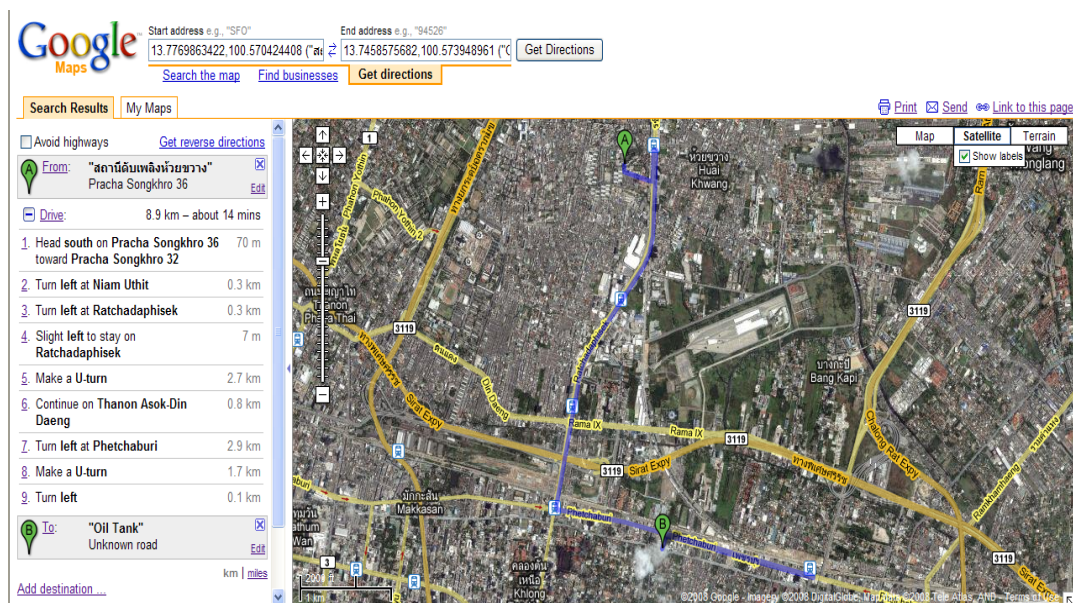
3.3.3 เส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงพระโขนงมาที่จุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 34 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงพระโขนงมาจุดเกิดเหตุ

จากภาพที่ 34 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางจากสถานีดับเพลิงพระโขนง มาจุดเกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 8.9 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 12 นาที

3.3.4 เส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงห้วยขวางมาที่จุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 35 รายละเอียดเส้นทางและระยะเวลาจากสถานีดับเพลิงห้วยขวางมาจุดเกิดเหตุ

จากภาพที่ 35 โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แสดงเส้นทางรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิงห้วยขวางมาจุดเกิดเหตุ ตามเส้นทางการเดินรถยนต์ พร้อมทั้งบอกจุดกลับรถ เลี้ยวซ้ายแต่ละจุดได้อย่างละเอียด ซึ่งรวมระยะการเดินทาง 8.9 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 14 นาที

ตารางที่ 15 ระยะทางและเวลาจากสถานีดับเพลิงใกล้เคียงมาถึงจุดเกิดเหตุ

สถานีดับเพลิง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลา (นาที)
บางกะปิ	3.2	4
ห้วยหมาก	7.9	10
พระ โขนง	8.9	12
ห้วยขวาง	8.9	14

4 แนวทางการป้องกันและลดความรุนแรงที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล

การเกิดอุบัติเหตุและทำให้เกิดการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซลในอันมีผลกระทบต่อชีวิตของพนักงาน และมีผลกระทบต่อบริษัทในด้านต่างๆ เช่น ทำให้สูญเสียการให้บริการลูกค้าและสภาพการแข่งขันทางธุรกิจ ความสูญเสียด้านภาพลักษณ์ขององค์กร ในกรณีที่มีการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตของพนักงานหรือบุคคลใดก็ตาม ก็จะทำให้บริษัทต้องเสียค่าชดเชยให้ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ หรือเสียชีวิต รวมทั้งมีความผิดทางกฎหมายประมวลวิสามัญอาญา

การจัดการด้านความปลอดภัยในการป้องกันและลดผลกระทบของอุบัติเหตุรั่วไหลของน้ำมันดีเซลรั่วไหลจากถังเก็บสามารถทำได้ ดังนี้

4.1 มาตรการในเชิงการป้องกัน

การจัดการในเชิงรุกโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรม และการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยสามารถสรุปเป็นแนวทางในการป้องกันไม่ให้รั่วไหลของน้ำมันดีเซลที่อยู่ในถังเก็บเกิดการรั่วไหลออกมา หรือลดโอกาสการที่พนักงานจะสัมผัสกับไอน้ำมันดีเซล โอกาสที่จะเกิดการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซล ได้ดังนี้

4.1.1 การปรับปรุงขบวนการออกแบบและอุปกรณ์

การจัดการป้องกันการเกิดผลกระทบกับพนักงานโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมในการออกแบบให้ตัวถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ต้องมีความปลอดภัยในการทำงาน และลดผลกระทบต่อพนักงานในกรณีที่มีอุบัติเหตุต่างๆ ซึ่งจะต้องทำตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง หรือเมื่อดำเนินการใช้งานไปแล้วก็ยังสามารถศึกษาและประเมินความเสี่ยงของขั้นตอนปฏิบัติงาน การบำรุงรักษา และทำการลดความเสี่ยงดังกล่าวได้

ก. อุปกรณ์ในขบวนการจัดเก็บ และส่งจ่ายน้ำมัน

อุปกรณ์ในขบวนการเติมน้ำมันดีเซลลงถังเก็บ การเก็บน้ำมันในถังและส่งจ่ายน้ำมันไปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่มีโอกาสทำให้เกิดการรั่วไหลของ

น้ำมันดีเซล ก็ควรออกแบบให้มีอุปกรณ์เหล่านั้นมีความแข็งแรงมั่นคง เพื่อป้องกันและลดผลกระทบต่อพนักงานผู้ปฏิบัติงาน เช่น การออกแบบถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเหนือพื้นดิน และวิธีการติดตั้งตัวถังเก็บน้ำมันจะต้องตั้งอยู่ในเขตสถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง และผนังถังต้องอยู่ห่างจากสถานที่จัดเก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิงไม่น้อยกว่า 3 เมตร รวมถึงการออกแบบระบบท่อน้ำมันเชื้อเพลิง วาล์ว ลิ้นเปิด-ปิด ประเก็นที่มีอยู่ในระบบ หรือวัสดุที่ป้องกันการรั่วซึม ต้องเป็นชนิดที่ใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันดีเซล การวางแนวเส้นท่อที่เชื่อมต่อแต่ละขบวนการจนกระทั่งส่งไปถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการติดตั้งอุปกรณ์ต่อสายดินเมื่อมีการเติมน้ำมันลงถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ต้องมีลักษณะและวิธีการติดตั้งตามมาตรฐานและกฎกระทรวง เรื่อง สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2551

อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำมันข้างถังเก็บต้องไม่แตกหักง่ายและอุปกรณ์ไฟฟ้าตรวจเช็คระดับน้ำมันต้องมีระบบป้องกันการเกิดประกายไฟ ควรมีการออกแบบและจัดทำระบบการป้องกันฟ้าผ่าลงสู่ถังน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้ตามมาตรฐาน เช่น NFPA780 (Standard for the Installation of Lightning Protection Systems 1997 edition) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีโอกาสที่อุปกรณ์จะทำงานผิดปกติได้มาก ต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ

ข. ระบบป้องกันการรั่วไหลแพร่กระจายน้ำมันดีเซลออกจากพื้นที่

การป้องกันไม่ให้น้ำมันดีเซลในถังเก็บ เกิดผลกระทบต่อพนักงานในกรณีที่เกิดการรั่วไหลออกจากถังเก็บ ควรสร้างกำแพงกั้นรอบบริเวณถังเก็บ เพื่อกักเก็บน้ำมันที่รั่วไหลออกมา และต้องมีระบบปั๊มดูดน้ำมันที่รั่วไหล เพื่อส่งไปยังถังพัก รอส่งไปกำจัดภายนอกอย่างถูกวิธีต่อไป การทำงานของปั๊มดูดน้ำมันที่รั่วไหลออกมาจะใช้การวัดระดับของเหลวในบ่อเป็นตัวควบคุมในการเปิดวาล์วหรือสั่งปั๊มทำงาน

ค. ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

บริเวณที่ตั้งถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันและระงับอัคคีภัย เพื่อลดโอกาสเกิดการรั่วไหล แพร่กระจายของไอของน้ำมันดีเซล และเกิดเพลิงไหม้และยังได้รับความร้อน ซึ่งส่งผลให้เกิดการระเบิดของถังได้ดังนี้

- 1) ทราชน้ำมันไม่น้อยกว่า 200 ลิตร และสามารถนำมาใช้ได้สะดวก
- 2) เครื่องดับเพลิงชนิดโฟมขนาดบรรจุ 15 ปอนด์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ถึง
- 3) ระบบน้ำหล่อเย็น หรือหัวฉีดน้ำที่สามารถหล่อเย็นโดยรอบถังเก็บน้ำมันดีเซลเพื่อลดการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซล

ง. สำนักงานและบันไดหนีไฟ

เนื่องจากบันไดหนีไฟ ทางออกสุดท้ายจากบันไดหนีไฟของอาคารสำนักงาน ตั้งอยู่ติดกับถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากการรั่วไหลน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นควรออกแบบตัวอาคารให้ทนต่อรังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ และออกแบบเส้นทางหนีไฟให้อยู่ห่างจากพื้นที่เสี่ยง พนักงานที่อยู่ในอาคารสำนักงานสามารถอพยพออกมาได้อย่างปลอดภัย

4.1.2 คิดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการไหลน้ำมันดีเซลที่อยู่ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง หากมีการรั่วไหลระบบจะแจ้งเตือนไปยังผู้รับผิดชอบระบบ แต่เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับส่วนใหญ่มักจะส่งสัญญาณเตือนต่างๆ ที่ไม่มีการรั่วเกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับเหล่านี้ไปห้องควบคุมที่มีพนักงานอยู่ประจำตลอด 24 ชั่วโมง (พนักงานเหล่านี้จะผลัดเปลี่ยนกันเพื่อออกไปเดินตรวจสอบบริเวณโดยรอบอาคารทุก ๆ ชั่วโมง) เพื่อให้พนักงานในห้องควบคุมได้ตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณ โดยเพื่อความปลอดภัยของพนักงาน ควรสวมหน้ากากป้องกันชนิดเต็มหน้า (ปกป้องทั้งระบบหายใจ และตา) ก่อนออกไปนอกอาคาร

4.1.3 เพิ่มการตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยที่สำคัญ

มีระบบการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ความปลอดภัยต่าง ๆ ทั้งในกระบวนการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงสู่ถังเก็บ การจัดเก็บในถัง การส่งน้ำมันเชื้อเพลิงไปเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้า โดยเพิ่มรายการอุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบ และการตรวจสอบที่ถูกต้อง เพื่อให้มั่นใจได้ว่า อุปกรณ์ความปลอดภัยเหล่านั้นได้รับการดูแล และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะ อุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดระดับ น้ำมันเชื้อเพลิง และอุปกรณ์เตือนภัยต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลก็ควรได้รับการตรวจสอบการทำงาน เพื่อให้พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

4.1.4 การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั่วไปในขบวนการส่งน้ำมัน

ต้องมีระบบการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในขบวนการเติม เก็บ และจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงว่าอยู่ในสภาพที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดการเสียหายระหว่างการทำงาน หรือเกิดทำงานที่ผิดพลาด โดยต้องทำการตรวจสอบสม่ำเสมอตามระยะเวลาที่เหมาะสม

4.1.5 มาตรฐานการทำงานและขั้นตอนการทำงาน

มีการกำหนดการทำงานและขั้นตอนการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งต่างๆ อย่างละเอียด ควรมีการป้องกันมิให้เกิดเหตุระเบิด และลัดวงจรไฟต่องานน้ำมันดีเซล โดยจัดทำและทบทวนระบบการตรวจสอบการทำงานที่มีประกายไฟในบริเวณลานเก็บถึงน้ำมันให้มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบ รวมถึงเมื่อเกิดการรั่วของน้ำมันดีเซลหรืออุบัติเหตุใดๆ เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานอย่างทันทั่วทั้งที่ ซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

4.1.6 ระบบการตรวจสอบการทำงานของพนักงาน

ควรจัดให้มีระบบการตรวจสอบการทำงานจากหน่วยงานที่เป็นกลางไม่ขึ้นกับพื้นที่ที่เข้าไปตรวจสอบ เพื่อตรวจสอบการปฏิบัติงานมาตรฐานการปฏิบัติงาน ความรู้ความเข้าใจในการทำงาน ความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ความเข้าใจในอันตรายที่มีอยู่ในพื้นที่ปฏิบัติงาน คุณสมบัติและอันตรายของแอมโมเนีย และวิธีการใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ถูกต้อง หรืออาจนำมาตรการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐานมาใช้ เช่น ISO 9000 หรือ OHSAS 18001 เป็นต้น

4.1.7 การติดตั้งป้ายเตือน และข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซล

บริเวณที่ติดตั้งเก็บน้ำมันดีเซลต้องจัดให้มีป้ายเตือน โดยมีข้อความ ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามก่อให้เกิดประกายไฟ โดยข้อความต้องมองเห็นได้ชัดเจนและอ่านได้ง่าย ต้องติดให้ห่างจากถังเก็บไม่เกิน 2 เมตร ติดในที่เห็นได้ง่าย จะต้องติดข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซล (MSDS) ข้อความอ่านง่ายเข้าใจเห็นได้ชัดเจน

4.1.8 การให้ความรู้แก่พนักงาน

การอบรมให้ความรู้แก่พนักงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการที่จะทำให้พนักงานทำงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการทำงาน โดยควรมีหลักสูตรบังคับของแต่ละตำแหน่งงานและต้องกระทำก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงาน โดยเฉพาะพนักงานที่มีความเสี่ยงที่จะสัมผัสกับน้ำมันดีเซล จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเข้าใจคุณสมบัติและอันตรายของน้ำมันดีเซล การใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสมและการปฐมพยาบาลในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือสัมผัสกับน้ำมันดีเซล รวมทั้งขั้นตอนการปฏิบัติงานในกรณีมีเหตุการณ์ฉุกเฉิน

4.1.9 ประสานงานกับอาคารใกล้เคียง

เนื่องจากบริเวณที่พักสูบบุหรี่ของอาคารข้างเคียง อยู่ติดกับรั้วของบริษัท และอยู่ใกล้กับบริเวณที่เก็บถังน้ำมันดีเซล สภาพการณ์เช่นนี้ถือว่ามีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุรุนแรงได้ หากน้ำมันดีเซลเกิดการรั่วไหล และมีการทำให้เกิดประกายไฟจากการจุดไฟสูบบุหรี่ อีกทั้งถังกันบุหรี่ที่ทิ้งไว้แล้วไม่ดับ จะเป็นต้นเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ดังนั้นควรประสานงานกับอาคารข้างเคียงหามาตรการป้องกัน จัดหาสถานที่สูบบุหรี่แห่งใหม่ ให้อยู่ห่างจากสถานที่เก็บน้ำมันดีเซลอย่างน้อย 14 เมตร และประสานงานประชาสัมพันธ์ชี้แจงทำความเข้าใจกับชุมชนรอบข้าง รวมทั้งจัดซ้อมแผนฉุกเฉินร่วมกับอาคารข้างเคียง ชุมชน วัด โรงเรียนที่อยู่ใกล้เคียง ประจำปี

4.2 มาตรการในการลดผลกระทบ

มาตรการในการลดผลกระทบ เพื่อลดความรุนแรงและป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อพนักงาน อาคารสำนักงานและชุมชน ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุน้ำมันดีเซลรั่วไหล และเกิดการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซล ควรมีการเตรียมแผนงานต่างๆ ดังนี้

4.2.1 ระบบแจ้งเหตุและเตือนภัย

ควรติดตั้งระบบแจ้งเหตุและเตือนภัยฉุกเฉิน ณ อาคารสำนักงานและพื้นที่บริเวณโดยรอบนอก เพื่อแจ้งเหตุแก่บุคคลในสำนักงาน และชุมชนใกล้เคียง นอกจากนี้ควรติดตั้งระบบการตรวจจับการไหลน้ำมันดีเซลในระบบท่อ และจุดเสี่ยง โดยเชื่อมโยงกับระบบแจ้งเหตุและเตือนภัยฉุกเฉิน เพื่อแจ้งเหตุแก่พนักงานและหน่วยสาธารณะภัยท้องถิ่น

4.2.2 มาตรการฉุกเฉิน

จัดทำแผนงานการควบคุมสถานะฉุกเฉินให้เหมาะสม และลดอันตรายจากการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล ดังเช่น

ก. แผนป้องกันและรองรับกรณีเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน

จัดทำแผนเข้าระงับเหตุเพลิงไหม้โดยใช้กำลังงานในการแผ่รังสีความร้อน กำหนดจุดที่ปลอดภัยในการเข้าผจญเพลิง หรือการทำม่านน้ำเข้าผจญเพลิง ซึ่งจากภาพที่ 20 และ 21 แสดงให้เห็นว่ากำลังงานในการแผ่รังสีความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้

จัดทำแผนตัดแยกระบบการรับจ่ายน้ำมันในขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการป้องกันการลุกลามของเหตุการณ์ฉุกเฉิน

ข. จุจรวมพล

ตรวจสอบจุมรวมพลที่กำหนดไว้เป็นระยะที่ปลอดภัยต่อชีวิต และมีความเหมาะสมในการอพยพ โดยศึกษาจากความเสี่ยงหรือผลกระทบจากน้ำมันดีเซลที่รั่วไหลดังเช่นในกรณีงานวิจัยนี้ ได้พบว่าจุมรวมพลเดิม ซึ่งอยู่ห่างจากจุดรั่วไหลเป็นระยะ 100 เมตร ถือมีระยะห่างเพียงพอ หากเกิดการรั่วไหลแบบไม่คิดไฟ และรั่วไหลแล้วเกิดระเบิดแบบ Pool fire

หากเกิดการระเบิดแบบลี้วี จะทำให้เกิดการติดไฟเกิดขึ้น ทำให้ภาชนะบรรจุได้รับความร้อน จนถึงไม่สามารถทนรับแรงดันได้ จนทำให้เกิดการระเบิดและปรากฏเป็นลูกไฟเกิดขึ้น จำเป็นต้องกำหนดจุมรวมพลใหม่ที่ห่างไกลขึ้น จุดที่เหมาะสมในการที่จะกำหนดจุมรวมพลคือ จุดห่างจากจุดเกิดเหตุอย่างน้อย 1 กิโลเมตร ซึ่งเพียงพอที่จะรวมพล และตรวจสอบสถานการณ์ ก่อนที่จะอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยใหม่ต่อไป จากข้อมูลที่ได้เหล่านี้สามารถนำไปวางแผนการอพยพที่ชัดเจนและปลอดภัย รวมถึงต้องมีการซ้อมแผนดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ

ค. เส้นทางอพยพ

ความเหมาะสมของเส้นทางอพยพเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการหลีกเลี่ยงและลดผลกระทบต่อนักงานที่ปฏิบัติงาน ในกรณีที่ทำการประเมินแล้วพบว่าเส้นทางอพยพมีความเสี่ยงที่จะทำให้พนักงานได้รับอันตรายจากเหตุฉุกเฉินต่างๆ ก็จะต้องหาเส้นทางอพยพอื่นที่เหมาะสมและปลอดภัยให้กับผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ ในงานวิจัยนี้พบว่าเส้นทางอพยพมีเส้นทางเดียวเนื่องจากความจำกัดของพื้นที่ รวมถึงการออกแบบพื้นที่ตั้งแต่เริ่มสร้างอาคารนี้ขึ้นมา ซึ่งในสถานะที่ทิศทางลมพัดไปยังเส้นทางอพยพ จะทำให้พนักงานได้รับอันตรายจากน้ำมันดีเซลที่รั่วไหลได้ ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาหาเส้นทางอพยพและทางออกฉุกเฉินเพิ่มขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่และรองรับสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย

ง. อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลและทีมผจญเหตุฉุกเฉิน

ควรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันการหายใจชนิดเต็มหน้า แบบมีดักจับไส้กรองไอน้ำมันดีเซลอยู่ด้วย หรือเลือกใช้หน้ากากชนิดที่มีเครื่องฟอกอากาศในตัว (Powered Air Purifying Respirator) ให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ และทีมผจญเหตุที่มีหน้าที่ในการเข้าไปประจักษ์ และ

ควบคุมสถานการณ์ฉุกเฉิน อีกทั้งควรได้รับการอบรมให้มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการสารเคมี รวมถึงการใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยที่เหมาะสม คือ สวมใส่ชุดกันสารเคมีแบบเต็มตัว และสวมใส่ อุปกรณ์ป้องกัน การหายใจแบบครอบเต็มหน้า ซึ่งมีอุปกรณ์ให้อากาศช่วยหายใจแบบมีท่อส่ง อากาศ (SAR) หรือมีถังอากาศแบบพกพา (SCBA) ควรให้ความรู้แก่พนักงานที่ทำหน้าที่ปฏิบัติการ และตอบสนองสถานการณ์ฉุกเฉิน รวมไปถึงเจ้าหน้าที่หน่วยบรรเทาสาธารณภัยของชุมชน

จ. การควบคุมความปลอดภัยของจุดเกิดเหตุ

ในการการควบคุมความปลอดภัยของจุดเกิดเหตุจะต้องมีการเตรียม แผนงานและทีมงานในการดูแลและควบคุมความปลอดภัย ในการเข้าออกของจุดที่เกิดการรั่วไหล และจะต้องกั้นบริเวณไม่ให้บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยที่เหมาะสมเข้าไป โดยในการกำหนดระยะควบคุมต้องดูจากความเข้มข้นของไอระเหยน้ำมันดีเซลที่แพร่กระจายที่ ได้จากผลการคำนวณ แล้วกำหนดให้เหมาะสมโดยไม่มีผลกระทบต่อบุคคลที่อยู่โดยรอบระยะ ควบคุม และต้องเตรียมแผนงานประสานกับหน่วยงานท้องถิ่นในการดูแล และสื่อสารเรื่องความปลอดภัยในท้องที่และบุคคลภายนอกที่สัญจรผ่านมา รวมทั้งโรงงานหรือผู้ที่อยู่อาศัยโดยรอบที่ ได้รับผลกระทบ ซึ่งบางสถานการณ์ต้องปิดกั้นถนนและให้ใช้เส้นทางอื่นแทนจัดอบรมและ ทบทวนความรู้ที่มีต่อมาตรการฉุกเฉินให้กับพนักงานจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉินอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง และมีการสรุปผลรวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอย่างจริงจัง และมีการติดตามผล

4.2.3 การรักษาและปฐมพยาบาลเหตุฉุกเฉิน

จัดให้มีหน่วยงานปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาล หรือมี เจ้าหน้าที่ที่สามารถทำหน้าที่ปฐมพยาบาลได้ในพื้นที่ในทุกช่วงเวลาการทำงานของบริษัทจัดให้มีการอบรมและซักซ้อมเรื่องการปฐมพยาบาล และการให้ความช่วยเหลือต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินจัดให้มี อุปกรณ์ที่ล้างตัว ล้างตา ฉุกเฉิน ในบริเวณที่มีความเสี่ยงในการสัมผัสไอและน้ำมันดีเซล

4.2.4 การประสานงานแบบเครือข่าย

จัดทำแผนอพยพประชาชนที่อยู่ในรัศมีที่ได้รับผลกระทบจากการคำนวณร่วมกับหน่วยงานรัฐและหน่วยงานท้องถิ่น ในการประสานงานแก้ไขเหตุฉุกเฉินให้เป็นไปตามขั้นตอน

รวมถึงจัดให้มีการร่วมซ่อมช่วยเหลือผู้ที่ได้รับอันตรายจากการรั่วไหล และเพลิงไหม้เนื่องจากน้ำมันดีเซลกับสถานพยาบาลที่อยู่ในเขตพื้นที่ใกล้สถานประกอบการ เพื่อให้มีการสนับสนุน และช่วยเหลือผู้บาดเจ็บได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และจัดร่วมซ่อมหากเกิดเหตุเพลิงไหม้กับสถานีดับเพลิงที่อยู่ใกล้เคียง โดยมีการประสานงานแบบเครือข่ายพร้อมทั้งซ่อมร่วมกับแผนฉุกเฉินระดับแขวง เขต และจังหวัด โดยครอบคลุมถึงชุมชนและหน่วยราชการที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนเนื่องจากเกิดการระเบิดแบบบลิว ในระยะรัศมี 548 เมตร ดังในภาพที่ 21

4.2.5 การศึกษาเส้นทางเดินทางจากหน่วยงานต่างๆมาที่จุดเกิดเหตุ

เราสามารถใส่โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ ศึกษาเส้นทางเดินทางของรถพยาบาล และระดับเพลิงที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินได้ ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดแล้วในหัวข้อ3. การศึกษาเส้นทางและระยะเวลาอพยพ และเข้าระงับเหตุด้วยโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ โดยการศึกษานี้เพื่อช่วยให้ผู้ประสานงานฉุกเฉินของบริษัทสามารถตัดสินใจประสานงานแจ้งหน่วยงานที่อยู่ใกล้เคียงให้เข้ามาช่วยเหลือให้เร็ว และใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด

วิจารณ์

จากผลการวิจัยทำให้ทราบผลกระทบจากการเกิดเหตุการณ์น้ำมันดีเซลรั่วไหลจากถังเก็บน้ำมัน การแพร่กระจายของไอน้ำมัน การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซลตามสถานการณ์ต่างๆ โดยบอกเป็นระยะทาง ทำให้ทราบระยะที่ควรระวังในการทำงานที่มีประกายไฟ แต่เพื่อให้การประเมินผลกระทบที่ชุมชนและอาคารใกล้เคียงที่อยู่ในเขตที่จะได้รับอันตรายได้พิจารณาได้สะดวกขึ้น ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ ซึ่งเป็นโปรแกรมแสดงแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมมาร์พล็อต สามารถประเมินสถานการณ์ได้ระยะที่เกิดผลกระทบอย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้สามารถอพยพผู้คนในพื้นที่เกิดเหตุไปยังพื้นที่ปลอดภัยได้ทันที

โดยผู้ที่ได้รับผลกระทบคือ พนักงานที่ทำงานซ่อมบำรุง เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่เดินตรวจพื้นที่ และยังส่งผลกระทบถึงพนักงานที่ทำงานอยู่ในอาคารสำนักงาน เนื่องจากตัวอาคารสำนักงานอยู่ติดกับถังเก็บน้ำมันดีเซล รวมไปถึงพนักงานที่อยู่บริเวณสถานที่นั่งพักสูบบุหรี่ของอาคารข้างเคียงนั้น ซึ่งอยู่ห่างจากถังเก็บน้ำมันเพียง 3 เมตร

เส้นทางหนีไฟออกจากอาคารสำนักงานมีความเสี่ยงสูงมากเนื่องจาก บันไดหนีไฟอยู่ติดกับถังเก็บน้ำมันดีเซล เมื่อเกิดเหตุระเบิดขึ้นจะทำให้บันไดหนีไฟได้รับความเสียหาย และไม่สามารถใช้งานได้ มีผลกระทบต่อพนักงานที่อยู่ภายในอาคาร ดังนั้นควรมีการกำหนดเส้นทางหนีไฟเพิ่มขึ้น โดยอยู่ด้านหน้าอาคาร ซึ่งจะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงรัศมีความร้อนจากการเกิดการลุกไหม้ของน้ำมันได้

จุดรวมพลอยู่ห่างจากจุดรั่วไหลที่เกิดเหตุเป็นระยะทาง 100 เมตร ซึ่งจุดรวมพลมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสถานการณ์ และตรวจนับจำนวนพนักงานที่ออกมาจากอาคาร ระยะทางจากภาพที่ 20 ถือว่ามีระยะห่างเพียงพอต่อการรวมพล และตรวจสอบสถานการณ์ก่อนที่จะอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยใหม่ต่อไป แต่จากภาพที่ 21 ระยะห่างจุดรวมพล ถือมีระยะห่างไม่เพียงพอ จำเป็นต้องกำหนดจุดรวมพลใหม่ จุดที่เหมาะสมในการที่จะกำหนดจุดรวมพลคือ จุดห่างจากจุดเกิดเหตุอย่างน้อย 1,000 เมตร ซึ่งเพียงพอที่จะรวมพล และตรวจสอบสถานการณ์ ก่อนที่จะอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัยใหม่ต่อไป

จากผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมโมโลสาได้แสดงผลวิเคราะห์กรณีเกิดการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้ของน้ำมันดีเซล โดยพื้นที่ในเขตรดับเสี่ยงอันตรายต่างกันแต่มีค่าระยะรัศมีเกิดผลกระทบเท่ากัน ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้นี้มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น เมื่อตรวจสอบกับสารไวไฟที่มีฐานข้อมูลอยู่ในโปรแกรมโมโลสา และจำลองสถานการณ์ให้เหมือนกับกรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำมันดีเซล พบว่าผลการวิเคราะห์สามารถเกิดค่าระยะรัศมีที่เกิดผลกระทบเท่ากันในขณะที่พื้นที่เขตรดับเสี่ยงอันตรายต่างกัน ตามภาคผนวก ข

การประเมินผลกระทบที่น่าเชื่อถือนั้น นอกจากวิธีการใช้โปรแกรม และอุปกรณ์ที่น่าเชื่อถือแล้ว ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลกระทบมีส่วนสำคัญต่อการประเมินเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น การทำการสำรวจ เก็บและรวบรวมข้อมูลจึงต้องดำเนินการอย่างถี่ถ้วน มีความถูกต้อง ในงานวิจัยฉบับนี้ข้อมูลบางส่วนเป็นข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด และทำการค้นคว้าเพิ่มเติมไม่มีข้อมูลในโปรแกรมที่ใช้จำลองสถานการณ์ และข้อมูลบางส่วนไม่สามารถนำออกมาเผยแพร่ได้

ในงานวิจัยนี้มีข้อมูลหลายส่วนที่ไม่ชัดเจน ได้แก่ ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันดีเซล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ค่าคุณสมบัติของน้ำมันดีเซลมีค่าเปลี่ยนแปลงได้สูงจากต่างแหล่งผลิต ถึงแม้ว่าจะมีบางค่าที่ถูกกำหนดจากหน่วยงานราชการแล้วก็ตาม ทำให้ไม่สามารถระบุคุณสมบัติที่แท้จริงของน้ำมันดีเซลได้ งานวิจัยนี้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นตัวแทนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าสำรอง ซึ่งมีค่าคุณสมบัติที่เป็นสารไวไฟและอันตรายมาก อย่างไรก็ตามการพิจารณาสิ่งที่มีอันตรายสูงสุดเป็นพื้นฐานของงานในด้านความปลอดภัย โดยบางครั้งอาจไม่คำนึงถึงโอกาสในการเกิดมีมากนักน้อยเพียงใด

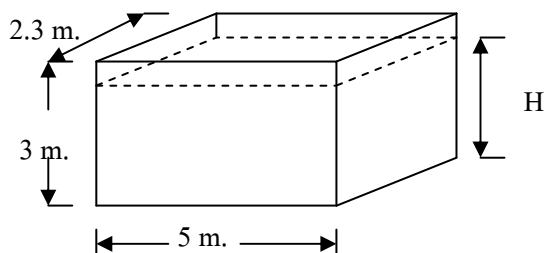
สภาพภูมิอากาศทางอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลนี้มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าข้อมูลอื่นๆ ในการวิจัยฉบับนี้ ใช้ข้อมูลด้านภูมิอากาศ บางส่วนมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีศูนย์สิริกิติ์ ซึ่งอยู่ใกล้สถานที่เกิดเหตุมากที่สุด เนื่องจากสถานที่เกิดเหตุจริงไม่มีเครื่องมือวัด ซึ่งอาจทำให้ผลที่ได้จากการประมวลผลมีค่าไม่ตรงเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงโดยเฉพาะทิศทางลม ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับค่าที่ได้ ดังนั้นในการพิจารณาแนวทางป้องกันจึงต้องมีการพิจารณาرسیโดยรอบการเกิดเหตุด้วย และในกรณีเกิดเหตุจริงทิศทางลมและความเร็วลมเป็นตัวแปรสำคัญในการเกิดอันตราย

สภาพแวดล้อมของพื้นที่ โปรแกรมอโลฮาประเมินได้เฉพาะพื้นที่บนพื้นดินเท่านั้น แต่ถึงบรรจุน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นกรณีศึกษาตั้งอยู่ริมคลอง ซึ่งไม่สามารถประเมินด้วยโปรแกรมนี้ได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของไอน้ำมันดีเซลที่แพร่บนน้ำอาจจะแพร่ได้เร็วกว่าพื้นดิน เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีไอเชื้อเพลิงที่เบากว่าอากาศ ทำให้มีโอกาสติดไฟได้ง่าย ในทางกลับกันการแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว อาจทำให้ความเข้มข้นของไอระเหยน้ำมันดีเซลถูกเจือจางโดยอากาศจนทำให้ค่าความเข้มข้นของไอระเหยต่ำกว่าค่าขีดจำกัดต่างของการระเบิดของน้ำมันดีเซล ทำให้เหตุการณ์ร้ายแรงไม่สามารถเกิดขึ้นได้

การเลือกชนิดของถังบรรจุน้ำมัน ในโปรแกรมอโลฮาชนิดของถังเพื่อทำการประเมินได้เฉพาะถังรูปทรงกระบอกแนวนอน ถังรูปทรงกระบอกแนวตั้ง และถังรูปทรงกลม เท่านั้น แต่ถังบรรจุน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้เป็นถังรูปทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งไม่มีในโปรแกรมอโลฮานี้ จึงได้เลือกใช้ถังรูปทรงกระบอกแนวตั้งสำหรับการประเมินแทน แต่ค่าคุณสมบัติการรับแรงดัน และแรงระเบิด ของถังบรรจุน้ำมันทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน แม้ว่าจะกำหนดปริมาณความจุน้ำมัน และความสูงของถังเก็บให้มีค่าเท่ากัน ทำให้ผลการคำนวณระยะรัศมีค่าความเข้มข้นการแผ่รังสีความร้อน เนื่องจากการระเบิดแบบบลิวี่ที่ได้จากโปรแกรมอโลฮา จึงเป็นค่าที่ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากถังรูปทรงสี่เหลี่ยมอย่างแท้จริง ฉะนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของถังทั้ง 2 รูปทรงเพื่อเปรียบเทียบหาค่าที่มีความแตกต่างกัน

เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติของถังเก็บน้ำมันทั้ง 2 รูปทรง คือ ถังรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ ถังรูปทรงกระบอกแนวตั้ง โดยตั้งสมมุติฐานให้ถังทั้งสองเป็นระบบปิด

1. ถังทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด กว้าง 2.3 เมตร ยาว 5 เมตร และ สูง 3 เมตร ปริมาตร 35,000 ลิตร หรือ 35 ลูกบาศก์เมตร มีการบรรจุน้ำมันในปริมาณร้อยละ 90% ของปริมาตรถัง ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 การบรรจุน้ำมันในถังรูปทรงสี่เหลี่ยม

$$\text{จากสมการ } V_{\text{ปริมาตร}} = W \times L \times H$$

$$\text{ดังนั้น } 0.9 V_{\text{ปริมาตร}} = 2.3 \times 5 \times H$$

$$\text{ระดับความสูงของน้ำมันในถังเก็บ(H)} = \frac{0.9 \times 35}{2.3 \times 5} = 2.739 \text{ m.}$$

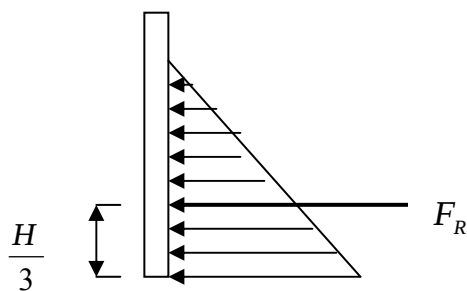
พิจารณาพื้นที่ (A) ที่น้ำมันกระทำกับผนังของถังจะได้พื้นที่รวมดังนี้

$$A = (2 \times L \times H) + (2 \times W \times H)$$

$$A = (2 \times 5 \times 2.739) + (2 \times 2.3 \times 2.739)$$

$$\text{จะได้ว่าพื้นที่ที่น้ำมันกระทำกับผนังของถัง} = 39.989 \text{ m}^2$$

พิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อผนังทั้ง 4 ด้านของถังน้ำมัน โดยใช้หลักการของปริซึมความดัน (Pressure Prism) ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ปริซึมความดันบนระนาบ

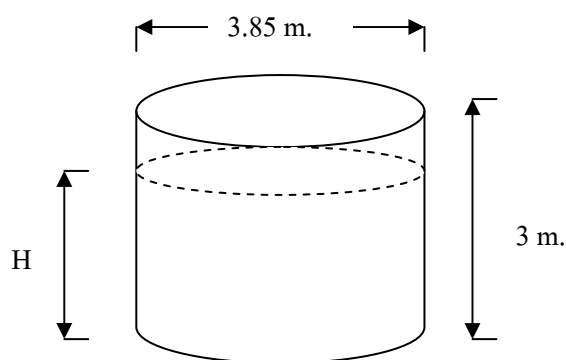
แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังทั้ง 4 ด้าน $F_R = \text{volume of pressure}$

$$\text{แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังทั้ง 4 ด้าน} = \frac{1}{2}(\rho gh)A$$

$$\text{แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังทั้ง 4 ด้าน} = \frac{1}{2}(820 \times 9.81 \times 2.739 \times 39.989)$$

$$\text{แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังทั้ง 4 ด้าน} = 440.54 \text{ kN.}$$

2. ถังทรงกระบอกมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.85 เมตร สูง 3 เมตร ปริมาตร 35,000 ลิตร หรือ 35 ลูกบาศก์เมตร มีการบรรจุน้ำมัน 90% ของปริมาตรถัง



ภาพที่ 38 การบรรจุน้ำมันในถังรูปทรงกระบอกแนวตั้ง

จากสมการ $V = \pi r^2 h$

ดังนั้น $0.9V = \pi(3.85/2)^2 H$

แทนค่า $0.9(35) = \pi(3.85/2)^2 H$

ระดับความสูงของน้ำมันในถังเก็บ $H = 2.71 \text{ m.}$

การพิจารณาแรงที่กระทำต่อถังทรงกระบอก จะได้ว่า

จากสมการ $F_R = \frac{1}{2}(\rho gh) \times (2\pi rh)$

แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังถัง $= \frac{1}{2} \times 820 \times 9.81 \times 2.71 \times 2\pi \times \left(\frac{3.85}{2}\right) \times 2.71$

แรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังถัง $= 357.24 \text{ KN (กิโลนิวตัน)}$

ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงแรงลัพธ์ที่กระทำต่อผนังของถังเก็บน้ำมันทั้ง 2 รูปทรง จะเห็นได้ว่า ภายใต้งานที่ปริมาตรของน้ำมันในถังทั้ง 2 เท่ากัน ถังรูปทรงสี่เหลี่ยมจะต้องแบกรับภาระหรือแรงที่กระทำต่อผนังมากกว่าถังทรงกระบอกอยู่ประมาณ 18.9 % อีกทั้งถังรูปทรงสี่เหลี่ยมถูกสร้างขึ้นจากการนำแผ่นวัสดุสี่เหลี่ยม นำมาประกอบเข้ากัน ซึ่งจะทำให้เกิดแนวรอยต่อหลายแนวขึ้นรอบตัวถัง และบริเวณมุมหรือขอบของรอยต่อจะเป็นจุดที่ทำให้เกิดแรงกระทำต่อรอยต่อมาก ดังนั้นบริเวณรอยต่อจึงเป็นจุดที่มีความเสี่ยงสูงต่อการรั่วไหลตามแนวรอยต่อ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับถังรูปทรงกระบอก โดยทั่วไปแล้วจะมีแนวรอยต่อไม่เกิน 2 แนว (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของถัง) และการกระจายตัวของแรงที่กระทำจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพราะไม่มีการหักเข้ามุมเหมือนถังทรงสี่เหลี่ยม และผิวของถังจะเรียบต่อกันไป

ด้วยเหตุปัจจัยข้างต้นนี้ ในทางวิศวกรรมเราจะไม่ทำการสร้างถังน้ำมันเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เพราะมีแนวโน้มที่จะเกิดการรั่วไหลได้ง่าย ถึงแม้ว่าจะต่อการสร้างก็ตาม ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วรูปทรงพื้นฐานของถังบรรจุน้ำมันจะเป็นรูปทรงกระบอกเพราะสามารถรับโหลดหรือภาระได้ดี และมีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลน้อยกว่าถังทรงสี่เหลี่ยม

แม้ว่าสิ่งที่ได้จากโปรแกรมอโลฮาและการประเมินข้างต้น ทำให้ถึงเก็บน้ำมันดีเซล
เสมือนมีอันตราอย่างมาก ถ้าเกิดการรั่วไหลน้ำมันดีเซลเกิดขึ้นจริง แต่อย่างไรก็ตามพนักงานที่
ปฏิบัติงานโดยรอบจะรับรู้เหตุการณ์ได้ก่อน ทำให้ระงับเหตุการณ์รั่วไหลได้ทันท่วงที อีกทั้งทำให้
มีการแจ้งเตือนให้พนักงานและชุมชนใกล้เคียงอพยพออกจากพื้นที่หรือกระทำการปกป้องตัวเองได้
รวดเร็ว

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการนำโปรแกรมโอโลฮา ประเมินผลกระทบจากการรั่วไหล และระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซล โดยกำหนดสถานการณ์ในการวิเคราะห์เป็น 5 รูปแบบ และนำโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ ซึ่งเป็นโปรแกรมแสดงแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม มาร์ฟล็อต ทำให้สามารถประเมินระยะรัศมีที่เกิดผลกระทบได้อย่างชัดเจน โดยเห็นภาพแผนที่ของพื้นที่เกิดเหตุจริง ทำให้ทราบความรุนแรงที่กระทบมีค่ามากและน้อยเพียงใด โดยประมวลผลตามสถานการณ์ที่กำหนดซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. การคำนวณหาระยะที่ได้รับผลกระทบด้วยโปรแกรมโอโลฮา

1.1 การศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซลแบบไม่ติดไฟ

ผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซล หากสูดดมมากๆ ไอระเหยจะเข้าไปแทนที่อากาศบริสุทธิ์ในร่างกาย จะเกิดอาการหมดสติได้ ซึ่งในระยะรัศมี 14 เมตร มีปริมาณค่าความเป็นพิษที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/m^3 จะก่อให้เกิดการระคายเคืองหรืออาจเกิดผลกระทบรุนแรงหรือเสียชีวิต หากได้รับค่าความเป็นพิษที่ระดับความเข้มข้นที่ 500 mg/m^3 ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยส่วนบุคคล

1.2 การศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซลแบบกลุ่มหมอกก๊าซ เพื่อคู่มือการติดไฟ

แสดงผลกระทบออกมาในค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด (LEL) โดยในระยะรัศมี 14 เมตร จากจุดที่รั่วไหลมีค่าความเข้มข้น 1,300 ส่วนในล้านส่วน หรือ ร้อยละ 10 ของค่าขีดจำกัดล่าง ดังนั้นในระยะรัศมีดังกล่าวต้องมีการเฝ้าระวังไม่ให้เกิดประกายไฟ

1.3 การศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันดีเซลแบบกรณีเกิดระเบิดของ กลุ่มหมอกสารไวไฟ

โปรแกรมโอโลฮาไม่สามารถแสดงผลออกมาเป็นแบบจำลองเพื่อเพื่อระดับความสำคัญของกลิ่นความดันได้ เพราะความเข้มข้นของไอระเหยน้ำมันดีเซล มีค่าไม่ถึงเปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมต่ำสุดที่เกิดการระเบิด

1.4 การศึกษาผลกระทบจากการเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire

ผลกระทบแสดงออกมาในรูปแบบการแผ่รังสีความร้อนของ Pool Fire โดยในระยะรัศมี 13 เมตร ความเข้มของรังสีความร้อน 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร มีระดับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย และที่ความเข้มของรังสีความร้อน 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเกิดแผลไหม้ระดับ 2 และในระยะรัศมี 14 เมตร จะเกิดความเข้มของรังสีความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีได้รับบาดเจ็บเป็นแผลพุพอง

1.5 การศึกษาผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีว (BLEVE)

ผลการกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีว ส่วนใหญ่เกิดจากภาชนะบรรจุแตก เนื่องจากการเกิดเพลิงไหม้ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีทั้งเกิดอันตรายจากการพุ่งกระจายของชิ้นส่วนของภาชนะบรรจุ เนื่องจากมีแรงดันจากการระเบิด ซึ่งโปรแกรมไม่สามารถประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ แต่โปรแกรมสามารถที่จะประเมินผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนได้ โดยรัศมีที่ 285 เมตร ความเข้มของรังสีความร้อน 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเกิดแผลพุพองและได้รับบาดเจ็บ และที่ระยะรัศมีที่ 548 เมตร ความเข้มของรังสีความร้อน 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเกิดแผล

จากผลการวิจัยพบว่าผลกระทบของความรุนแรงจากการเกิดเพลิงไหม้และระเบิดของถังเก็บน้ำมันดีเซลต่อสิ่งที่สนใจคือ ความปลอดภัยของพนักงานและชุมชนใกล้เคียง ซึ่งหากเกิดการรั่วไหล หลังจากที่ถูกตรวจสอบจับสัญญาณส่งสัญญาณเตือนภัย ทีมฉุกเฉินต้องดำเนินการป้องกันการติดไฟที่ระยะ 14 เมตรทันที ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นจุดเสี่ยงที่เกิดการติดไฟและลุกลามเป็นการระเบิด

2. การประเมินผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียงโดยใช้โปรแกรมโมเดลร่วมกับโปรแกรมมาร์พล็อต และโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

2.1 รัศมีการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool fire

จากภาพแผนที่สถานที่เกิดเหตุ จะเห็นว่าอาคารสำนักงาน บริเวณที่พักผ่อนของอาคารข้างเคียง และคลองน้ำ ที่อยู่ในเขตรัศมีการแผ่รังสีความร้อน 14 เมตร เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้

2.2 รัศมีการแผ่รังสีความร้อน กรณีเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว

จากภาพแผนที่สถานที่เกิดเหตุ ในเขตรัศมีการแผ่รังสีความร้อนที่รับอันตราย 548 เมตร ส่งผลกระทบต่ออาคารข้างเคียง ชุมชนเมืองโดยรอบ รวมถึงถนนหลัก เส้นทางรถไฟเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากการเกิดลูกไฟเนื่องจากการระเบิดแบบบลิ้ว

3. การศึกษาเส้นทางและระยะเวลาอพยพ และเข้าระงับเหตุด้วยโปรแกรมกูเกิล เอิร์ธ

3.1 ระยะทางและเวลาจากโรงพยาบาลใกล้เคียงเดินทางไปกลับจุดเกิดเหตุ

3.1.1 นำผู้บาดเจ็บจากจุดรวมพลส่งโรงพยาบาลที่มีระยะทางสั้นที่สุด และใช้เวลาเดินทางเร็วที่สุด และคือ โรงพยาบาลพระรามเก้า ใช้เวลาเดินทาง 5 นาที และระยะทาง 2.2 กิโลเมตร

3.1.2 รถพยาบาลของโรงพยาบาลคลองตันมารับผู้บาดเจ็บได้เร็วที่สุด โดยใช้เวลาเดินทางมาถึงจุดรวมพล 3 นาที ระยะทาง 2.2 นาที

3.1.3 รถพยาบาลของโรงพยาบาลเพชรเวชมารับผู้บาดเจ็บที่จุดเกิดเหตุ และส่งถึงโรงพยาบาลเพื่อทำการรักษาได้เร็วที่สุด โดยใช้เวลาเดินทาง 10 นาที ระยะทาง 4.8 กิโลเมตร

3.2 ระยะทางและเวลาที่รถดับเพลิงของสถานีดับเพลิงใกล้เคียงมาถึงจุดเกิดเหตุ

รถดับเพลิงของสถานีดับเพลิงบางกะปิมาถึงจุดเกิดเหตุได้เร็ว ใช้เวลาเดินทาง 4 นาที ระยะการเดินทาง 3.2 กิโลเมตร

การใช้โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ ศึกษาเส้นทางที่จะอพยพที่อยู่ใกล้เคียง หากมีผู้บาดเจ็บ และศึกษาเส้นทางกรณีที่เกิดรถพยาบาลจากโรงพยาบาลแต่ละแห่งเดินทางมาจุดเกิดเหตุ รวมถึงเส้นทางจากสถานีดับเพลิงที่จะมาระงับเหตุที่จุดเกิดเหตุ สามารถทำให้ผู้ประสานงานภายนอกฉุกเฉินตัดสินใจประสานงานแจ้งหน่วยงานที่อยู่ใกล้เคียง ให้เข้ามาช่วยเหลือได้เร็วที่สุด และใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

1. ควรเพิ่มประเภทของสภาพพื้นที่เกิดเหตุใกล้แหล่งน้ำ เพื่อประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์ของสารเคมีที่มีพิษ แล้วความรุนแรงของการเกิดเพิ่มขึ้นกรณีที่เหมาะสมกับน้ำจะทำให้การประเมินลักษณะนี้สำคัญมาก และในส่วนของสารไวไฟที่มีน้ำหนักเบาว่าก็จะมีผลต่อการเคลื่อนที่และการแพร่กระจายของก๊าซ ซึ่งเป็นการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดอัคคีภัย
2. ควรมีพัฒนาการทำงานของโปรแกรมโมโลฮา ให้สามารถประเมินผลกระทบที่เกิดการรั่วจากแหล่งกำเนิดจนหมด ซึ่งบางครั้งต้องใช้ระยะเวลาที่มากกว่า 1 ชั่วโมง เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรมโมโลฮาที่จะทำการประเมินความเข้มข้นของสารพิษที่เกิดขึ้นในช่วง 1 ชั่วโมงแรกนับจากที่เกิดการรั่วเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถประเมินผลกระทบในกรณีที่เกิดการรั่วไหลเป็นเวลานาน ที่มากกว่า 1 ชั่วโมงได้ ซึ่งผลกระทบจากการรั่วนานขึ้นก็จะมีบริเวณที่ได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้างมากขึ้น ทำให้ทราบพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมดที่อาจจะได้รับผลกระทบและสามารถจัดเตรียมแนวทางป้องกันและลดผลกระทบได้อย่างเหมาะสม
3. พัฒนาโปรแกรมให้สามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรม Google Earth โดยตรง

ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัท

ควรจัดทำแผนป้องกันและรองรับเหตุฉุกเฉินกรณีเกิดการรั่วไหลและระเบิดของน้ำมันดีเซล รวมถึงจัดให้มีการซ้อมตามแผน เพื่อทดสอบและแก้ไขกรณีที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นซึ่งจะทำให้แผนป้องกันและรองรับเหตุฉุกเฉินมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ไขสถานการณ์เมื่อเกิดเหตุขึ้นจริง อีกทั้งเป็นการบรรเทาความรุนแรงได้อย่างทันท่วงที

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. แหล่งที่มา: <http://msds.pcd.go.th>, 14 กุมภาพันธ์ 2551.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี. ส่วนสารเคมีและของเสียอันตราย. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_cameo.html, 20 กุมภาพันธ์ 2551

กรมธุรกิจพลังงาน. 2551. ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันดีเซล. แหล่งที่มา: <http://www.doeb.go.th>, 20 กุมภาพันธ์ 2551.

ชาติชาย วิจิตรตันนะ. 2549. การประเมินความรุนแรงของบลิ้วสำหรับถังทรงกลมบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แดน แสร์สุวรรณ. 2548. การประเมินความรุนแรงของเหตุเพลิงไหม้ถึงน้ำมันในคลังน้ำมันเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิริวัฒน์ วัฒนานนท์กิจ. 2548. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อกำหนดการแพร่กระจายของสารเคมีโดยใช้เส้นชั้นความเสี่ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติ บทกลอน. 2548. การประเมินความเสี่ยงของคลังเก็บและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซปิโตรเลียมเหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักพยากรณ์อากาศ. กรมอุตุนิยมวิทยา. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2550. สภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2540. แหล่งที่มา : <http://www.tmd.go.th/programs/uploads/yearlySummary/weather2549-1.pdf>, 10 กุมภาพันธ์ 2551.

สุกิต หัทยาสมบุญ. 2547. การประยุกต์ใช้โปรแกรมอลฮา Aloha ทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลวเพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจาย และทำการจัดสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติเหตุจากการรั่วไหล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฮเลน อารมณดี . 2543. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเตรียมพร้อมรับภาวะฉุกเฉิน และการจัดทำแผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน จาก โปรแกรม Cameo computer aided management of emergency operation. ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย, กรุงเทพฯ.

Jesse C. Ducommun . 2004. **Tank Farm and (un) Loading Safe Operation** .Sunbury-on-Thames. UK.

Louvar, J.F and B.D Louvar . 1998. **Health and Environment Risk Analysis Fundamentals with Applications**. Prentice Hall, Inc.,New Jersey.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2008. Chemical data sheet for FUEL OIL, DIESEL. Available Source : <http://cameochemicals.noaa.gov/chemical/11452> , April 21,2008.

United States Environmental Protection Agency. 2008. Emergency Management. **ALOHA manual**. Available Source : <http://www.epa.gov/oem/content/cameo/aloha.htm> , March 4th ,2008.

United States Environmental Protection Agency. 2008. Emergency Management. **CAMEO manual**. Available Source : <http://www.epa.gov/OEM/content/cameo/cameo.htm> , March 4th,2008.

United States Environmental Protection Agency. 2008. Emergency Management. **MARPLOT manual**. Available Source : <http://www.epa.gov/OEM/content/cameo/marplot.htm> , April 21,2008.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซล

ข้อมูลความปลอดภัยของน้ำมันดีเซล

1. ชื่อสารเคมีทั่วไป : น้ำมันดีเซล : Diesel Oil

2. ลักษณะทั่วไป

ชื่อพ้องอื่นๆ : Fuel Oil , Diesel Fuel

CAS No. : 68334-30-5



3. การใช้ประโยชน์ ใช้เป็นเชื้อเพลิง

4. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ

LD₅₀(มก./กก.) : >5000 mg/kg

IDLH(ppm) : 600 ppm

TEEL-1 : 100 mg/m³

TEEL-2 : 100 mg/m³

TEEL-3 : 500 mg/m³

TLV-TWA(ppm) : 100 mg/m³

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว

สี : สีเหลือง

กลิ่น : น้ำมันดีเซล

น้ำหนักโมเลกุล : 180 g/mol

จุดเดือด (°F) : 338

จุดเยือกแข็ง (°F) : -30

ความถ่วงจำเพาะ : 0.8 (น้ำ = 1)

ความหนาแน่นไอ : 5-6 (อากาศ=1)

ความดันไอ (มิลลิเมตรปรอท) : 2.17 mm.Hg ที่ 70 °F

ความสามารถในการละลายน้ำ (กรัม/100 มิลลิลิตร) : ไม่ละลายน้ำ

6. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้เกิดอาการไอ หายใจถี่เร็ว แสบไหม้ที่หน้าอก ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย กระสับกระส่าย และสูญเสียการควบคุม อาการเชื่องซึม และโคม่า

สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสสีกุญจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง มีอาการผื่นแดง อาการคัน และเจ็บปวด ทำให้เกิดผิวหนังอักเสบ

สัมผัสสีกุญ : การสัมผัสสีกุญทำให้เกิดอาการระคายเคืองและเจ็บปวดรุนแรง

7. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะการใช้และการเก็บปกติ

สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์เข้มข้น

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : สารที่เข้ากันไม่ได้ ความร้อน เปลวไฟ แหล่งจุดติดไฟ

สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ จะเกิดขึ้นเมื่อสลายตัวด้วยความร้อน

อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น

8. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ (°F) : 127

จุดลุกติดไฟได้เอง (°F) : 177

ค่า LEL % : 1.3% (13,000 ppm)

ค่า UEL % : 6% (60,000 ppm)

สารนี้เป็นของเหลวและไวไฟ

ภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทอาจเกิดระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อน

ส่วนผสมระหว่างไอระเหยกับอากาศจะเกิดการระเบิดได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟ

ไอระเหยสามารถไหลแพร่กระจายไปบนพื้นสู่แหล่งจุดติดไฟและเกิดไฟย้อนกลับได้

สารดับเพลิง : ผงเคมีแห้ง โฟม หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ฉีดน้ำให้เป็นฝอยสามารถควบคุมหล่อเย็นภาชนะที่ถูกเพลิงไหม้

ในการเกิดเพลิงไหม้ ควรสวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีและอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศ
ภายในตัว(SCBA) พร้อมกับหน้ากากแบบเต็มหน้า

9. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

ให้มีการป้องกันการเสียหายทางกายภาพ

เก็บในที่ๆเย็นและมีการระบายอากาศเป็นอย่างดี

แยกเก็บออกจากส่วนที่เข้ากันไม่ได้

ให้ออกห่างจากพื้นที่ที่อาจจะเกิดอันตรายจากอัคคีภัยอย่างฉับพลันได้

ให้เก็บภายนอกอาคารหรือแยกเก็บให้ถูกต้อง

พื้นที่ที่เก็บและมีการใช้งานที่ที่ใช้จะต้องไม่เป็นพื้นที่สูบบุหรี่

ให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ไม่ทำให้เกิดประกาย

ภาชนะบรรจุจะต้องต่อเชื่อมและต่อลงดินสำหรับการถ่ายเทเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดประกาย
ไฟฟ้าสถิตย์ จัดให้มีการป้องกันการระเบิดจากการระบายอากาศ

อย่าให้เกิดความดัน คัด เชื่อม ชัด บัดกรี การเจาะ การเสียดสี หรือการสัมผัสของภาชนะที่
บรรจุกับความร้อน ประกายไฟ เปลวไฟ ไฟฟ้าสถิตย์หรือแหล่งจุดติดไฟอื่นๆ

อย่าพยายามทำความสะอาดภาชนะบรรจุที่ว่างเปล่าเนื่องจากมีสารเคมีตกค้างอยู่ ยากต่อ
การเอาออก

ภาชนะบรรจุของสารนี้จะเป็นอันตรายเมื่อเป็นถึงเปล่าจะมีสารเคมีตกค้าง เช่น ไอระเหย

ให้สังเกตคำเตือนทั้งหมดและข้อควรระวังที่ระบุไว้สำหรับสารนี้

ชื่อทางการขนส่งที่เหมาะสม : ดีเซล

ประเภทอันตราย : 3 ประเภทการหีบห่อ : 3

รายงานข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์/ขนาด : 20

10. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

วิธีการเมื่อเกิดอุบัติเหตุสารเคมีรั่วไหล ให้ระบายอากาศพื้นที่ที่หกรั่วไหล

เครื่องย้ายของการจุดติดไฟทั้งหมดออกไป

ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม

กั้นแยกพื้นที่อันตรายออก

ห้ามไม่ให้บุคคลที่ไม่มีหน้าที่จำเป็นและไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเข้าไป

เก็บและเอาของเหลวคืนกลับมาใช้ใหม่ถ้าเป็นไปได้

ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ไม่ทำให้เกิดประกายไฟ

เก็บรวบรวมของเหลวในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมหรือดูดซับด้วยวัตถุเฉื่อย เช่น แร่หิน

ทราย (VERMICULITE) ทรายแห้ง (EARTH) และเก็บภาชนะบรรจุจากของเสียจากเคมี

อย่าฉีดล้างลงท่อระบายน้ำ ถ้าสารที่หกั่วไหลยังไม่ถูกดูดซับไฟ ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อสลายกลุ่มไอรระเหย เพื่อป้องกันบุคคลที่พยายามจะเข้าไปหยุดการรั่วไหล และฉีดน้ำส่วนที่หกั่วไหลออกจากการสัมผัส

การพิจารณาการกำจัด : ไม่ว่าอย่างไรก็ตามไม่สามารถประหยัดสำหรับการพ่นคืนหรือนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องส่งไปกำจัดในเตาเผาที่ได้รับความเห็นชอบจากทางราชการ

11. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล



ขอแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล :

1. การเลือกประเภทถุงมือ

แนะนำให้ใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Laminated film ซึ่งควรมีระยะเวลาที่จะทำให้เกิดการซึมผ่านผนังของถุงมือ (Permeation Breakthrough time) มากกว่า 480 นาที และควรมีอัตราการเสื่อมสภาพของถุงมือ (Degradation Rating) อยู่ในระดับดีมาก และแนะนำให้ใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Nitrile ซึ่งควรมีระยะเวลาที่จะทำให้เกิดการซึมผ่านผนังของถุงมือ (Permeation Breakthrough time) มากกว่า 360 นาที และควรมีอัตราการเสื่อมสภาพของถุงมือ (Degradation Rating) อยู่ในระดับดีมาก และแนะนำให้ใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Supported Polyvinyl Alcohol ซึ่งควรมีระยะเวลาที่จะทำให้เกิดการซึมผ่านผนังของถุงมือ (Permeation Breakthrough time) มากกว่า 360 นาที และควรมีอัตราการเสื่อมสภาพของถุงมือ (Degradation

Rating) อยู่ในระดับดีมาก และไม่แนะนำให้ใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Natural Rubber, Supported Polyvinyl Alcohol

2. การเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ

สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน $1,000 \text{ mg/m}^3$: ให้เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10

สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 2500 mg/m^3 : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจประเภทที่ใช้การส่งอากาศสำหรับการหายใจ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25 ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air- Purifying Respirator) ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25

สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 5000 mg/m^3 : ให้เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air- Purifying Respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า (Gas Mask) ซึ่งมี Canister สำหรับป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อม tight fitting facepiece และ Cartridge สำหรับป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 ให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50

ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสถานะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000 หรือ ให้ใช้

อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) หรือ แบบที่ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว และแบบความดันภายในเป็นบวก (combination with an auxiliary self-contained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000

ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า (Gas mask) ซึ่งมี Canister ที่สามารถป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ ฝุ่น ละอองไอ และฟุ้ง ให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินพร้อมอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50

12. การปฐมพยาบาลเบื้องต้น

หายใจเข้าไป : ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วย นำส่งไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป : อาจเกิดอาการอาเจียนขึ้นเอง แต่อย่ากระตุ้นให้เกิดขึ้น ถ้าเกิดอาการอาเจียนให้วางศีรษะต่ำกว่าสะโพกเพื่อป้องกันการหายใจเข้าไปในปอดแล้วนำส่งแพทย์ทันที ห้ามไม่ให้สิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบแพทย์ทันที

สัมผัสผิวหนัง : ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออก ได้รับการดูแลจากทางแพทย์ ชักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่

สัมผัสดวงตา : ให้ล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที ถ้าเกิดการระคายเคืองหรืออาการอื่นๆให้ส่งพบแพทย์ทันที

13. ขั้นตอนการปฏิบัติงานฉุกเฉิน

กรณีฉุกเฉินโปรดใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติเหตุจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650 ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมโปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447, 0 2298 2457

ภาคผนวก ข

การประมวลผลจากโปรแกรมโอโลฮา

การประเมินผลจากโปรแกรมโอโลฮา กรณีน้ำมันดีเซลรั่วไหลและเกิดการระเบิด

1. ผลจากการประเมินผลจากการเกิดการรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ

SITE DATA:

Location: BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (sheltered double storied)

Time: April 6, 2008 1246 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 180.00 g/mol

TEEL-1: 100 mg/(cu m) TEEL-2: 100 mg/(cu m) TEEL-3: 500 mg/(cu m)

IDLH: 600 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 60000 ppm

Ambient Boiling Point: 170.0? C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 2.29e-004 atm

Ambient Saturation Concentration: 229 ppm or 0.023%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from S at 10 meters

Ground Roughness: 165 centimeters Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 40? C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 3.85 meters Tank Length: 3 meters

Tank Volume: 35000 liters

Tank contains liquid Internal Temperature: 40? C

Chemical Mass in Tank: 502 tons Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 3/4 inches

Opening is 70 centimeters from tank bottom

Ground Type: Concrete

Ground Temperature: equal to ambient

Max Puddle Diameter: Unknown

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 120 grams/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3.61 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 14 meters --- (500 mg/(cu m) = TEEL-3)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Orange: 14 meters --- (100 mg/(cu m) = TEEL-2)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: 14 meters --- (100 mg/(cu m) = TEEL-1)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

2. ผลจากการประมวลผลกรณีเกิดกลุ่มหมอกของสารไวไฟ

SITE DATA:

Location: BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (sheltered double storied)

Time: April 6, 2008 1246 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 180.00 g/mol

TEEL-1: 100 mg/(cu m) TEEL-2: 100 mg/(cu m) TEEL-3: 500 mg/(cu m)

IDLH: 600 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 60000 ppm

Ambient Boiling Point: 170.0? C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 2.29e-004 atm

Ambient Saturation Concentration: 229 ppm or 0.023%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from S at 10 meters

Ground Roughness: 165 centimeters Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 40? C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 3.85 meters Tank Length: 3 meters

Tank Volume: 35000 liters

Tank contains liquid Internal Temperature: 40? C

Chemical Mass in Tank: 502 tons Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 3/4 inches

Opening is 70 centimeters from tank bottom

Ground Type: Concrete

Ground Temperature: equal to ambient

Max Puddle Diameter: Unknown

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 120 grams/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3.61 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Gaussian

Red : 14 meters --- (7,800 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness

make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: 14 meters --- (1,300 ppm = 10% LEL)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness

make dispersion predictions less reliable for short distances.

3. ผลจากการประมวลผลกรณีเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกของสารไวไฟ

SITE DATA:

Location: BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (sheltered double storied)

Time: April 6, 2008 1246 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 180.00 g/mol

TEEL-1: 100 mg/(cu m) TEEL-2: 100 mg/(cu m) TEEL-3: 500 mg/(cu m)

IDLH: 600 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 60000 ppm

Ambient Boiling Point: 170.0? C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 2.29e-004 atm

Ambient Saturation Concentration: 229 ppm or 0.023%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from S at 10 meters

Ground Roughness: 165 centimeters Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 40? C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 3.85 meters Tank Length: 3 meters

Tank Volume: 35000 liters

Tank contains liquid Internal Temperature: 40? C

Chemical Mass in Tank: 502 tons Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 3/4 inches

Opening is 70 centimeters from tank bottom

Ground Type: Concrete

Ground Temperature: equal to ambient

Max Puddle Diameter: Unknown

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 120 grams/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3.61 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

The puddle spread to a diameter of 28 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Gaussian

No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

4. ผลจากการประมวลผลกรณีเกิดเพลิงไหม้ และระเบิดแบบ Pool Fire

SITE DATA:

Location: BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (sheltered double storied)

Time: April 6, 2008 1246 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 180.00 g/mol

TEEL-1: 100 mg/(cu m) TEEL-2: 100 mg/(cu m) TEEL-3: 500 mg/(cu m)

IDLH: 600 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 60000 ppm

Ambient Boiling Point: 170.0? C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 2.29e-004 atm

Ambient Saturation Concentration: 229 ppm or 0.023%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from S at 10 meters

Ground Roughness: 165 centimeters Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 40? C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical is burning as it escapes from tank

Tank Diameter: 3.85 meters Tank Length: 3 meters

Tank Volume: 35000 liters

Tank contains liquid Internal Temperature: 40? C

Chemical Mass in Tank: 502 tons Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 3/4 inches

Opening is 70 centimeters from tank bottom

Max Flame Length: 7 meters

Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Burn Rate: 186 kilograms/min

Total Amount Burned: 5,986 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.

The puddle spread to a diameter of 26 meters.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire

Red : 13 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 13 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 14 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

5. ผลประมาณผลแบบการเกิดการระเบิดแบบ BLEVE

SITE DATA:

Location: BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (sheltered double storied)

Time: April 6, 2008 1246 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 180.00 g/mol

TEEL-1: 100 mg/(cu m) TEEL-2: 100 mg/(cu m) TEEL-3: 500 mg/(cu m)

IDLH: 600 ppm LEL: 13000 ppm UEL: 60000 ppm

Ambient Boiling Point: 170.0? C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: 2.29e-004 atm

Ambient Saturation Concentration: 229 ppm or 0.023%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from S at 10 meters

Ground Roughness: 165 centimeters Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 40? C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in vertical cylindrical tank

Tank Diameter: 3.85 meters Tank Length: 3 meters

Tank Volume: 35000 liters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: 40? C

Chemical Mass in Tank: 502 tons Tank is 90% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 446 meters Burn Duration: 23 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

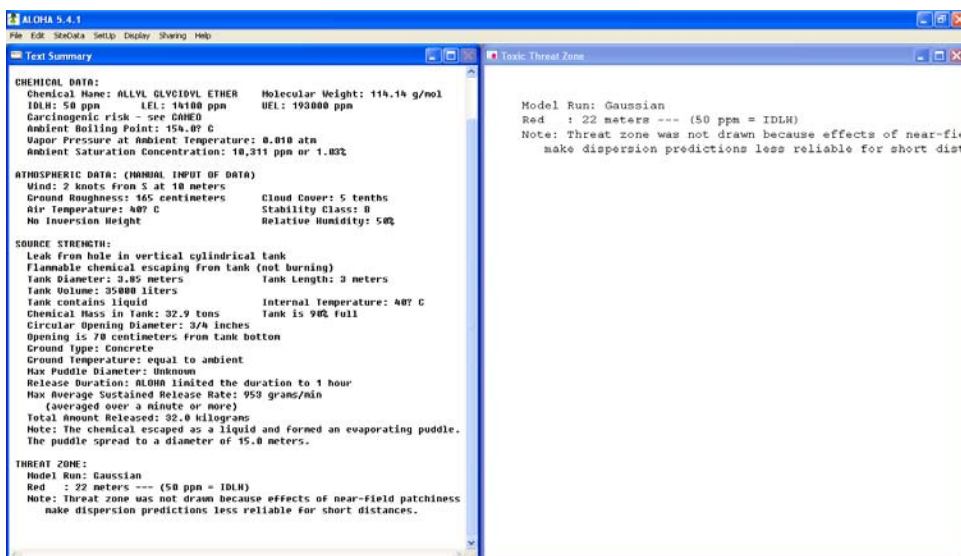
Red : LOC was never exceeded --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 285 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 548 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

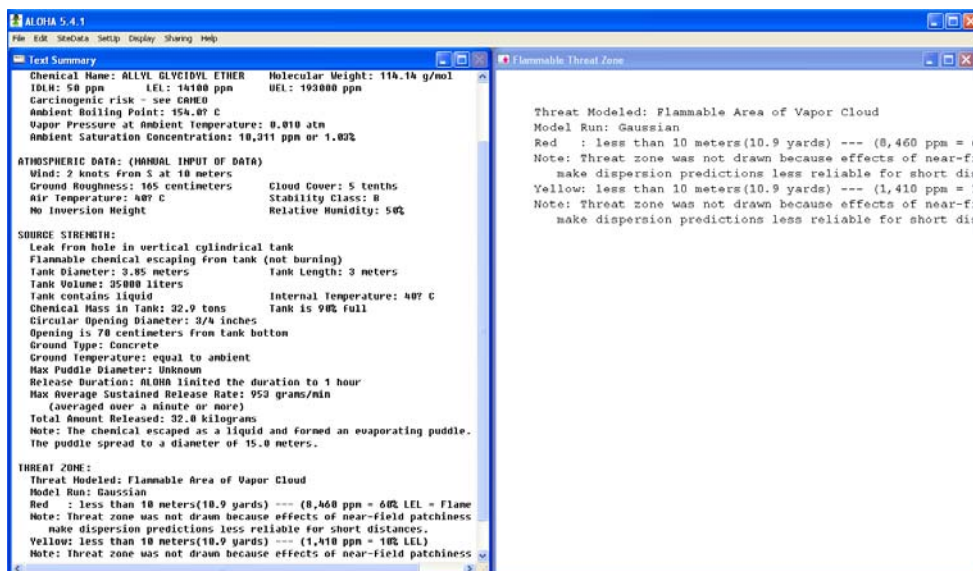
การประเมินผลจากโปรแกรมอลฮา กรณีกรณีสารไวไฟรั่วไหลและเกิดการระเบิด

1. ผลจากการประเมินผลจากการเกิดการรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ



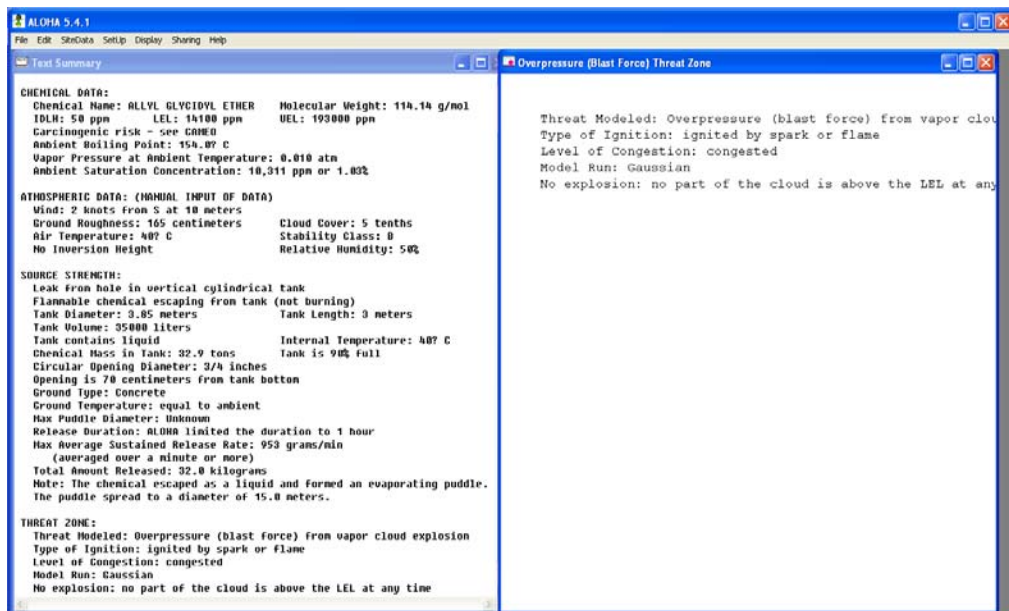
ภาพผนวกที่ ข1 ผลจากการรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ เพื่อดูค่าความเป็นพิษ

2. ผลจากการประเมินผลกรณีเกิดกลุ่มหมอกของสารไวไฟ



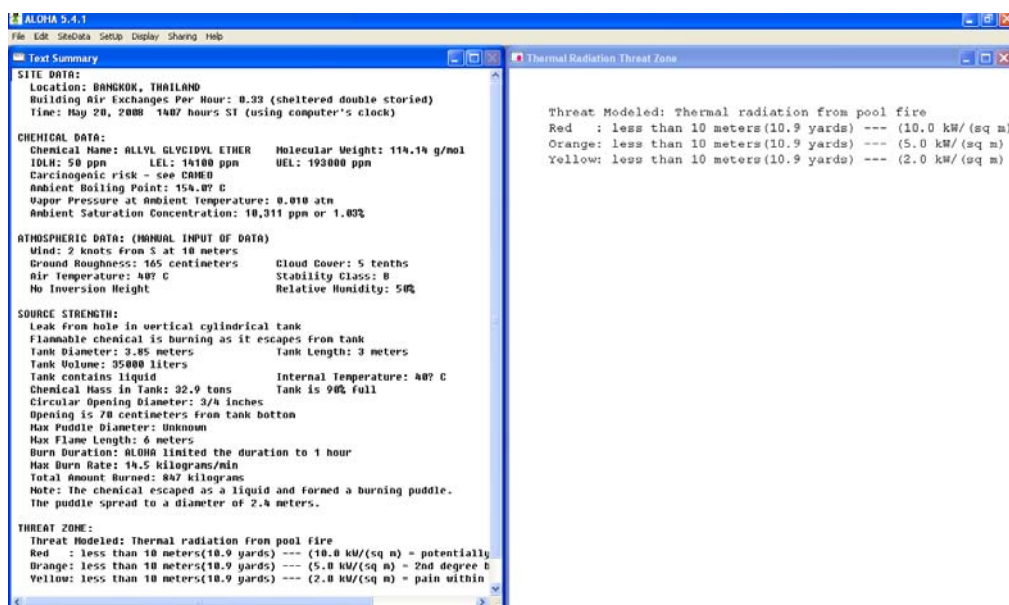
ภาพผนวกที่ ข2 ผลจากการเกิดกลุ่มหมอกของสารไวไฟ เพื่อดูค่าการติดไฟ

3. ผลจากการประมวลผลกรณีเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกของสารไวไฟ



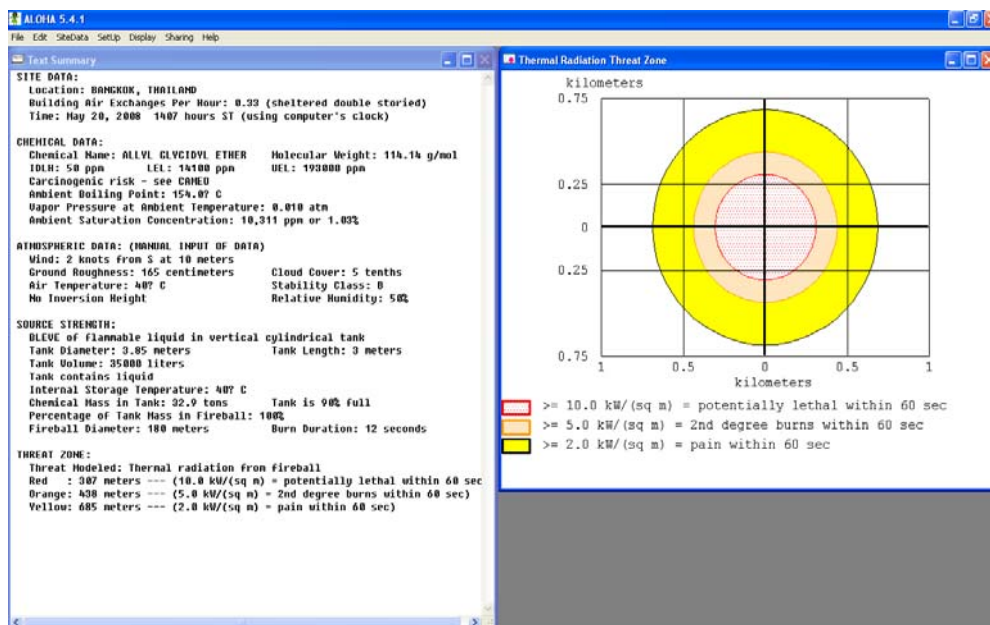
ภาพผนวกที่ ข3 ผลจากการรั่วไหลเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกของสารไวไฟ

4. ผลจากการประมวลผลกรณีเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire



ภาพผนวกที่ ข4 ผลจากการรั่วไหลเกิดเพลิงไหม้แบบ Pool Fire

5. ผลประมวลผลแบบการเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว

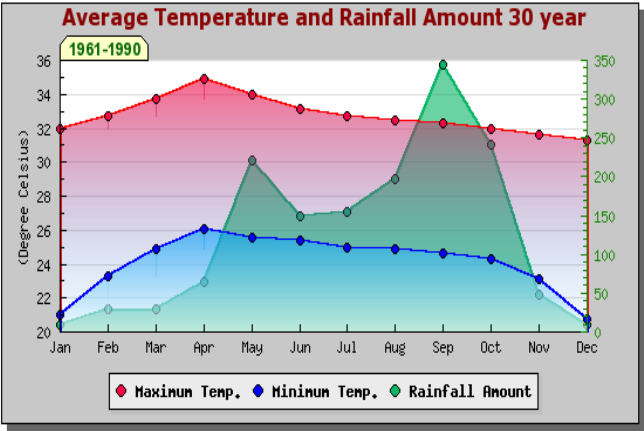


ภาพผนวกที่ ข5 ผลจากการรั่วไหลเกิดการระเบิดแบบบลิ้ว

ภาคผนวก ค
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

กรุงเทพมหานคร - ค่าเฉลี่ย 30 ปี (2504-2533)

อากาศรายภาค :เหนือ |อีสาน |กลาง |ตะวันออก |ใต้ฝั่งอ่าวไทย |ใต้ฝั่งอันดามัน



เดือน	อุณหภูมิค่าสุด (°C)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	ปริมาณฝน (มม)	จำนวนวันฝนตก(วัน)
มกราคม	21.0	32.0	9.1	1
กุมภาพันธ์	23.3	32.7	29.9	3
มีนาคม	24.9	33.7	28.6	3
เมษายน	26.1	34.9	64.7	6
พฤษภาคม	25.6	34.0	220.4	16
มิถุนายน	25.4	33.1	149.3	16
กรกฎาคม	25.0	32.7	154.5	18
สิงหาคม	24.9	32.5	196.7	20
กันยายน	24.6	32.3	344.2	21
ตุลาคม	24.3	32.0	241.6	17
พฤศจิกายน	23.1	31.6	48.1	6
ธันวาคม	20.8	31.3	9.7	1

"-" = ไม่มีข้อมูล

ภาพผนวกที่ ค1 อุณหภูมิเฉลี่ยใน 30 ปี กรุงเทพมหานคร

สถานี	พฤษภาคม			ธันวาคม			มกราคม			กุมภาพันธ์			คาบ (ปี)	ตั้งแต่ พ.ศ.
	(°ซ.)	วันที่	พ.ศ.	(°ซ.)	วันที่	พ.ศ.	(°ซ.)	วันที่	พ.ศ.	(°ซ.)	วันที่	พ.ศ.		
24. ไซคชัย(จ.นครราชสีมา)	9.7	17	2514	6.5	30	2518	7.2	2	2517	10.3	13	2517	37	2513
25. สกษ.ศรีสะเกษ(อ.เมือง)	13.7	25	2538	6.8	25	2542	9.2	10	2527	10.0	2	2543	24	2526
								2	2548					
26. บุรีรัมย์	16.0	30	2546	11.5	23	2549	10.0	2	2548	10.5	4	2550	4	2546
		22	2548											
27. นางรอง(จ.บุรีรัมย์)	12.0	25	2518	7.8	29	2525	9.2	1	2519	10.7	4	2550	37	2513
ภาคกลาง														
1. นครสวรรค์	11.9	28	2499	7.7	25	2542	6.1	13	2498	12.0	13	2517	56	2494
		19	2514								1	2536		
		29	2526											
2. สกษ.ตากฟ้า (จ.นครสวรรค์)	11.9	18	2514	8.1	25	2542	10.1	1	2519	13.0	4	2550	38	2512
3. สกษ.สรรพยา(อ.ชัยนาท)	13.1	29	2526	8.3	25	2542	9.7	19	2519	14.0	13	2517	37	2513
4. ลพบุรี	10.5	21	2497	10.2	25	2542	8.4	4	2503	13.5	6	2500	56	2494
											27	2507		
5. สอท.บัวชุม (อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี)	7.4	18	2514	5.7	25	2542	6.4	1	2519	11.6	4	2550	37	2513
6. สุพรรณบุรี	14.5	30	2499	10.0	31	2518	9.2	13	2498	12.0	6	2500	55	2495
		18	2514											
7. สกษ.อุททอง(จ.สุพรรณบุรี)	11.7	26	2516	7.5	25	2542	8.7	15	2519	10.2	5	2550	38	2512
8. กาญจนบุรี	11.6	17	2514	6.8	31	2518	5.5	13	2498	12.1	13	2517	55	2495
9. ทองผาภูมิ(จ.กาญจนบุรี)	9.4	17	2514	5.2	27	2536	5.4	5	2517	8.1	1	2536	37	2513
10. สกษ.กำแพงแสน (จ.นครปฐม)	12.2	29	2526	6.5	30	2518	8.2	2	2517	10.5	13	2517	34	2516
								1	2519					
11. สกษ.ราชบุรี(อ.เมือง)	16.6	23,27	2544	9.8	25	2542	12.6	2	2539	14.4	4	2550	15	2535
11. สกษ.ราชบุรี(อ.เมือง)	16.6	23,27	2544	9.8	25	2542	12.6	2	2539	14.4	4	2550	15	2535
12. สกษ.อยุธยา (อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา)	15.3	6	2543	11.1	26	2542	12.0	6	2538	13.2	6	2536	15	2535
13. สกษ.ปทุมธานี(อ.คลองหลวง)	17.3	27	2544	11.5	25	2542	15.6	3	2548	16.0	2	2543	8	2542
14. กรุงเทพมหานคร	14.2	17	2514	10.5	30	2518	9.9	12	2498	14.9	13	2517	56	2494
15. ท่าอากาศยานกรุงเทพ (เขตดอนเมือง กทม.)	15.0	25	2518	10.0	30	2518	11.4	12	2498	16.0	11	2517	56	2494
											22	2518		
16. สกษ.บางเขน (เขตจตุจักร กทม.)	15.1	25	2518	10.5	30	2518	12.4	4	2517	13.6	11	2539	31	2512-2541
17. สกษ.บางนา (เขตบางนา กทม.)	15.0	17	2514	11.5	31	2518	11.0	15	2519	14.5	12	2517	38	2512
18. สนง.อุตุนิยมวิทยาท่าเรือ (เขตคลองเตย กทม.)	19.0	20	2539	14.2	26	2542	15.8	12	2540	18.9	6	2538	13	2537
19. สถานีน้ำร่อง (อ.เมือง จ.สมุทรปราการ)	19.0	29	2526	16.0	25	2542	17.5	25	2526	19.8	2	2543	26	2524
					23	2548								

ภาพผนวกที่ ค2 สถิติอุณหภูมิต่ำที่สุดในฤดูหนาวของประเทศไทยคาบ 56 ปี พ.ศ. 2494 – 2549

หมายเหตุ : ฤดูหนาว 2549 หมายถึง พฤษภาคม 2549 - กุมภาพันธ์ 2550

ที่มา : สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กลุ่มภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

สถานี	มีนาคม			เมษายน			พฤษภาคม			คาบ (ปี)	ตั้งแต่ พ.ศ.
	° ช.	วันที่	พ.ศ.	° ช.	วันที่	พ.ศ.	° ช.	วันที่	พ.ศ.		
10.สภ.กำแพงแสน (จ.นครปฐม)	40.4	29	2529	40.8	23 13	2516 2526	41.0	3,8	2523	35	2516
11.สภ.ราชบุรี (อ.เมือง)	39.5	16	2550	40.9	24	2541	39.5	1 12 5	2536 2541 2548	15	2536
12.สภ.อยุธยา (อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา)	39.0	16,22	2541	40.6	24	2541	40.4	1	2541	14	2537
13.กรุงเทพฯ (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์)	39.8	25	2503	40.0	20	2522	39.5	22	2526	57	2494
14.ท่าอากาศยานกรุงเทพ (ดอนเมือง)	40.0	22	2526	40.0	23	2495	40.8	22	2526	57	2494
		24	2540								
15.สภ.บางเขน (เขตจตุจักร กรุงเทพฯ)	38.4	24	2541	39.4	17	2533	38.8	4	2540	31	2512-2541
16.สภ.บางนา (เขตบางนา กรุงเทพฯ)	37.6	29	2541	40.0	23	2533	39.2	1	2534	39	2512
17.สนง.อุตุฯท่าเรือกรุงเทพ (เขตคลองเตย)	38.2	29	2544	39.1	24	2541	38.4	2	2541	14	2537
18.สถานีน้ำร้อน (อ.เมือง จ.สมุทรปราการ)	35.5	31	2524	36.1	4	2524	35.5	4	2524	27	2524
19.สภ.ปทุมธานี (อ.คลองหลวง)	38.8	16	2550	40.5	15	2547	39.0	17	2541	10	2541
<u>ภาคตะวันออก</u>											
1.สภ.ฉะเชิงเทรา (อ.สนามชัยเขต)	39.1	22 19 13	2539 2541 2548	40.2	15	2547	40.2	13	2540	19	2532
2.ปราจีนบุรี	40.6	17	2541	42.2	14	2541	41.3	4	2541	57	2494
3.สภ.กบินทร์บุรี (อ.ประจักษ์ศิลปาคม)	40.8	17	2541	41.0	13	2533	41.7	4	2541	38	2513
4.สระแก้ว	39.0	26,29 31	2547 2550	40.4	11	2544	40.3	6	2548	10	2541
5.อรัญประเทศ (จ.สระแก้ว)	40.3	30	2550	41.7	14	2526	41.4	20	2526	56	2495
6.ชลบุรี	38.4	17	2534	39.9	23	2538	38.5	20 26	2526 2538	57	2494
7.เกาะสีชัง (จ.ชลบุรี)	35.8	26	2503	36.9	25	2503	36.2	5	2503	49	2502
8.พญา (อ.บางละมุง จ.ชลบุรี)	37.3	17	2534	37.0	19	2533	36.0	8	2535	27	2524
9.สัตหีบ (อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี)	39.5	9,17	2495	40.5	10	2495	40.5	2	2495	57	2494
10.แหลมฉบัง (อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี)	37.3	27 22	2541 2542	38.1	14	2541	38.7	6	2541	14	2537
11.ระยอง	37.9	26	2545	40.0	23	2544	39.5	1,12,22	2541	27	2524
12.สภ.หัวไผ่ (อ.เมือง จ.ระยอง)	37.6	23	2525	38.2	20	2522	38.7	8	2535	39	2512
13.จันทบุรี	37.2	27	2495	38.8	9	2542	36.8	1	2503	57	2494
14.สภ.พลับ (อ.พลับ จ.จันทบุรี)	36.2	3	2527	36.8	11	2522	36.1	4	2541	39	2512
15.คลองใหญ่ (จ.ตราด)	38.2	26	2524	35.6	25	2526	36.0	3	2526	56	2495
<u>ภาคใต้ฝั่งตะวันออก</u>											
1.เพชรบุรี	36.6	29	2527	37.8	23	2533	37.3	14	2539	27	2524
2.ประจวบคีรีขันธ์	38.5	26	2503	40.0	19	2544	39.1	7	2535	57	2494
3.หัวหิน (จ.ประจวบคีรีขันธ์)	36.2	26	2503	38.2	13	2528	37.7	28	2540	57	2494
4.สภ.หนองพลับ (อ.หัวหิน จ.ประจวบฯ)	40.0	30	2547	41.2	15	2541	39.6	3 21 12	2523 2526 2541	34	2517

ภาคผนวกที่ ค3 สถิติอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2494 – 2550

ที่มา : สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กลุ่มภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวก ง
การใช้โปรแกรมมาร์พล็อต

การใช้โปรแกรมมาร์พล็อตร่วมกับโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท

แม้เราจะไม่มีแผนที่ของประเทศไทยในรูปแบบที่โปรแกรมมาร์พล็อตสามารถอ่านได้ (เพิ่มสกุล .mie หรือ .map) แต่เราก็สามารถสร้างแผนที่ใหม่ให้กับ MARPLOT ในรูปแบบที่พอใช้ได้ แม้ว่ามันจะเป็นแผนที่แบบ Static ก็ตาม โดยทั่วไปเราสามารถสร้างแผนที่ใหม่ หรือแผนที่ของเมือง เมืองหนึ่งในประเทศไทยได้สองวิธีคือ

1. ใช้คำสั่ง View => Go to Lat./Long เพื่อไปยังบริเวณที่ตั้งของเมืองใหม่ สำหรับที่ตั้งของเมืองไทยในประเทศไทยอาจอยู่ในช่วง Latitude 5 Degree N, Longitude 120 Degree East จากนั้นลงมือวาดแผนที่ขึ้นมาใหม่โดยใช้ Polyline และ Polygon tools ข้อเสียของวิธีนี้คือเสียเวลามาก แต่แผนที่ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับที่ได้จากระบบ TIGER ของสหรัฐ

2. สร้างแผนที่ใหม่โดยใช้ภาพแบบ Bitmap ซึ่งภาพนี้สามารถหาได้จากโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท ซึ่งสะดวก รวดเร็ว แต่ค้นหาสถานที่ได้ไม่ลึกนักก็สามารถ Search ได้เฉพาะวัตถุที่วาดขึ้นเพิ่มเติม ซึ่งขั้นตอนการทำให้ดังนี้

การสร้างแผนที่ใหม่ในรูปแบบ Bitmap (.bmp)

1. โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท เพื่อสร้างรูปแผนที่สถานที่เกิดเหตุ

1.1 เปิดโปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท ดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต <http://earth.google.com>

1.2 ค้นหาสถานที่ โดยใส่ชื่อเมือง ประเทศ ที่ต้องการ ลงไปในช่อง Local Search จากนั้นกด Search ถ้าใส่ชื่อเมืองถูกต้อง โปรแกรมจะหมุนโลกไปใน ตำแหน่งนั้น โดยอัตโนมัติ

1.3 หากตำแหน่งที่ตั้งถึงเก็บน้ำมันดีเซล ของบริษัท ทำการปิดหมุด เพื่อให้ทราบพิกัดที่ตั้ง และเก็บตำแหน่งสถานที่นั้นไว้

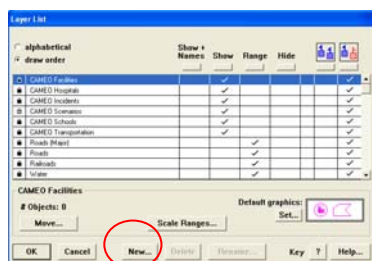
1.4 หากกำหนดพิกัดที่ตั้งของสถานที่อีก 2 จุด เพื่อใช้ในการกำหนดจุดอ้างอิงกรณีที่ต้องการรูปถ่ายในโปรแกรมมาร์พ็อต

1.5 ทำการเก็บข้อมูลรูปภาพ โดยกด File > Save Image>ตั้งไฟล์นามสกุล*.jpg

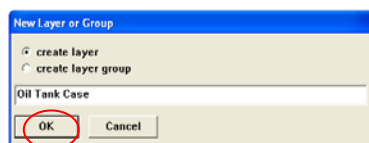
1.6 เปลี่ยนนามสกุลรูปภาพจาก *.jpg เป็น นามสกุล *.bmp

2. โปรแกรมมาร์พ็อต เพื่อสร้างแผนที่ใหม่

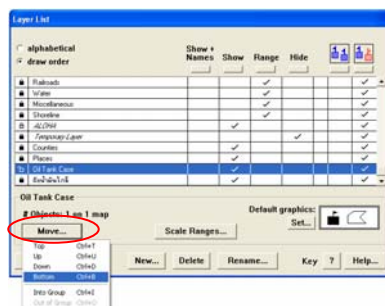
2.1 เปิดโปรแกรมมาร์พ็อต ไปที่เมนู List =>Layer List เปิดหน้าต่าง “Layer List”



2.2 กดที่ปุ่ม New เพื่อสร้าง Layer ขึ้นใหม่ และตั้งชื่อ Layer ใหม่แล้วกด OK

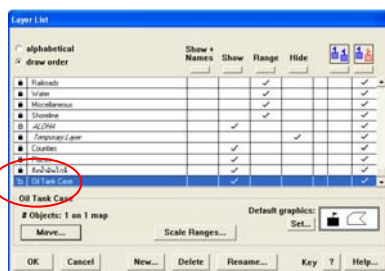


2.3 กดปุ่ม Move => Bottom เพื่อเลื่อนชั้น Oil Tank Case ลงไปชั้นต่ำสุด
วัตถุประสงค์คือไม่ใส่ภาพแผนที่ *.bmp แล้ว ภาพไม่ไปบดบังวัตถุอื่นๆ



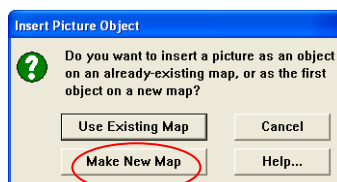
2.4 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าชั้น Oil Tank Case อยู่ในภาวะคลายล็อก และชั้นอื่นๆ ทุกชั้นถูก

ล็อกหมด

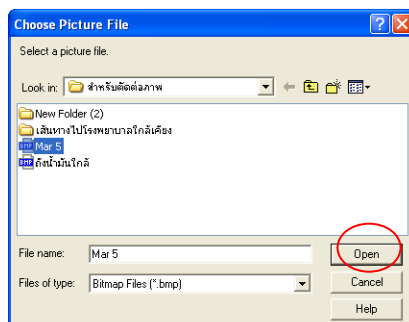


2.5 กดปุ่ม OK ออกจากหน้าต่าง Layer List

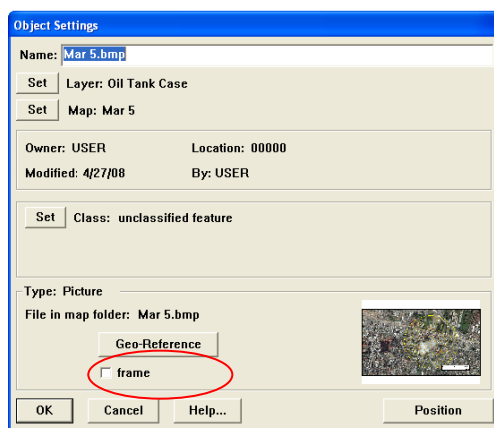
2.6 ไปที่เมนู Edit => Insert Picture Object ซึ่งจะเปิดหน้าต่าง “Insert Picture Object”



2.7 เลือก Make New Map ซึ่งจะทำให้เกิดหน้าต่างใหม่เรียกว่า Use Clipboard Picture ให้กดปุ่ม File จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างใหม่เรียกว่า “Choose Picture File” เพื่อเข้าไปยังโฟลเดอร์ที่ได้เก็บภาพแผนที่นามสกุล *.bmp ที่ได้จากการใช้โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ธ แล้วกดปุ่ม Open



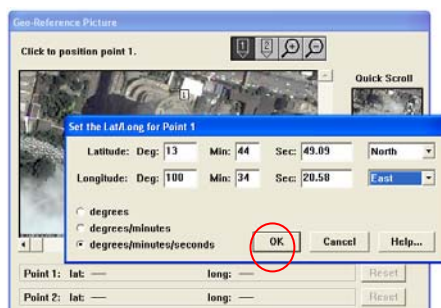
2.8 เกิดหน้าต่างที่เรียกว่า “Object Settings” ให้กดปุ่ม “Geo-Reference”



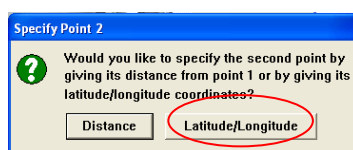
2.9 ผู้ใช้จะเข้าไปยังหน้าจอที่เรียกว่า Geo-reference Picture ขณะนี้ปุ่มลูกศรของเมาส์จะเปลี่ยนไปเป็นแถบกว้างซึ่งมีหมายเลข 1ติดอยู่



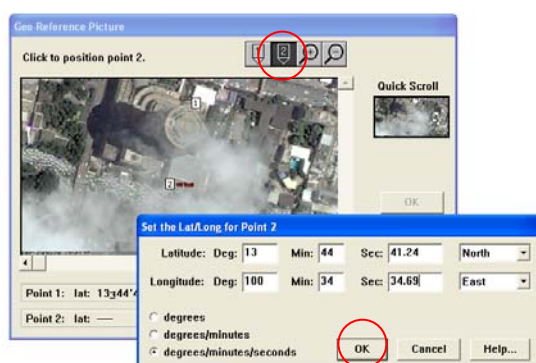
2.10 คลิกที่จุดที่ 1 ของภาพ จะมีหน้าต่างชื่อ “Set the Lat/Long for Point 1” เปิดขึ้นให้ใส่ค่า Latitude พิกัดที่ตั้ง ซึ่งได้จัดบันทึกไว้ตั้งแต่ใช้โปรแกรมกูเกิ้ล เอิร์ท แล้วกด OK



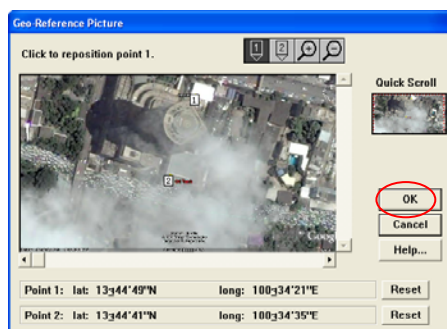
2.11 จะปรากฏหน้าต่าง “Specify Point 2” โดยถ้าทราบระยะห่างระหว่างจุดที่หนึ่งและจุดที่สองเป็น ไมล์ หรือกิโลเมตร ให้ Click ที่ปุ่ม Distance หรือถ้าทราบ Latitude/Longitude ของปุ่มสองก็สามารถใส่ได้โดยเลือกปุ่ม Latitude/Longitude ให้กรอกข้อมูลลงในช่องที่โปรแกรมกำหนดให้ ในที่นี้เลือกกดปุ่ม Latitude/Longitude



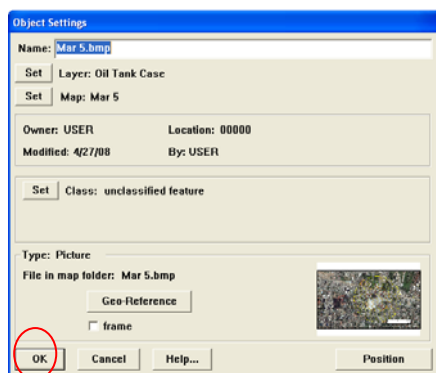
2.12 กลับมาที่หน้าจอของ Geo-reference Picture อีกครั้งหนึ่ง ในตอนนี้ลูกศรของเมาส์จะเปลี่ยนไปเป็น แถบหมายเลข 2 ใส่พิกัดที่ตั้งจุดที่ 2 กดปุ่ม OK



2.13 กด OK ทำให้กลับมาที่ Object Settings อีกครั้ง



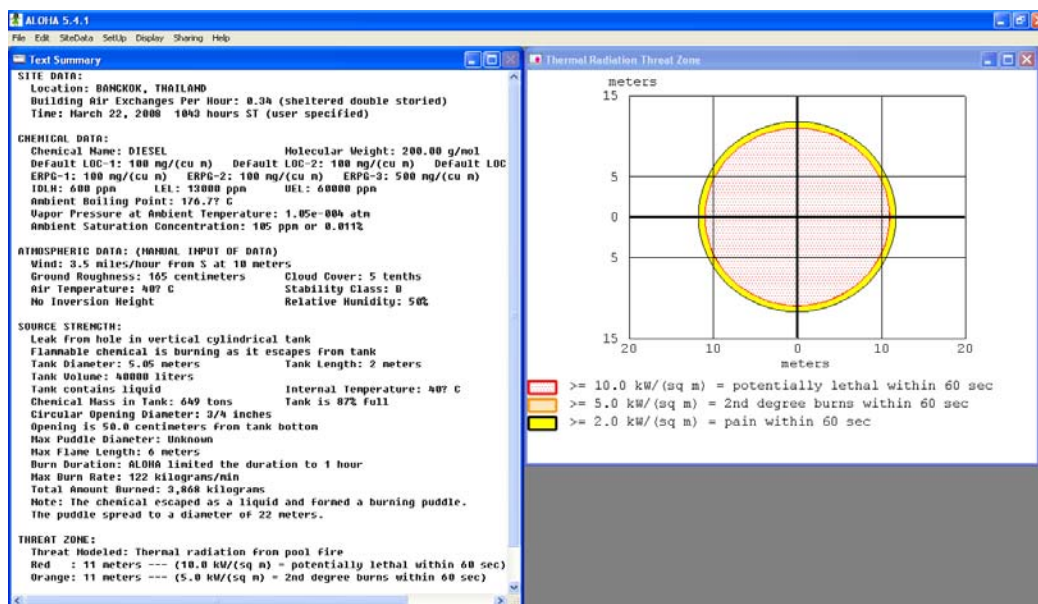
2.14 กด OK อีกครั้ง เป็นอันเสร็จสิ้น ขณะนี้เราจะพบว่าแผนที่ใหม่ได้ปรากฏขึ้นแล้ว



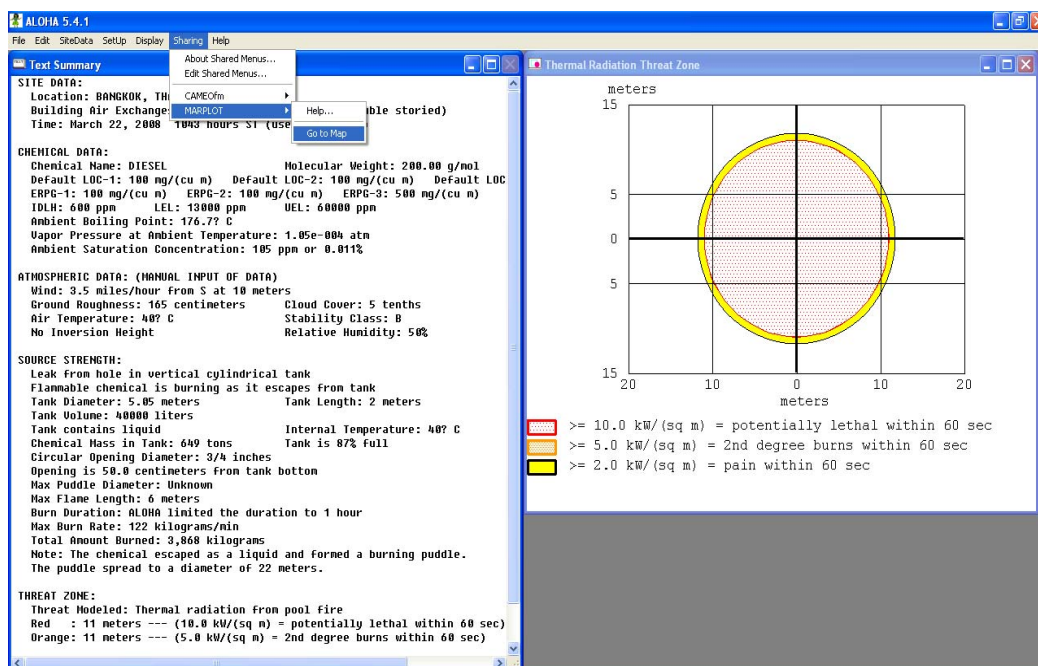
การใช้โปรแกรมมาร์พล็อต ร่วมกับโปรแกรมโอโลฮา

การ Set Source Point

1. เปิดโปรแกรมโอโลฮา จากที่ได้ใส่ข้อมูลต่างๆจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ได้ Footprint ออกมา



2. จากนั้นไปที่เมนูของโปรแกรมโอโลฮา เลือก Sharing => MARPLOT => Go to Map



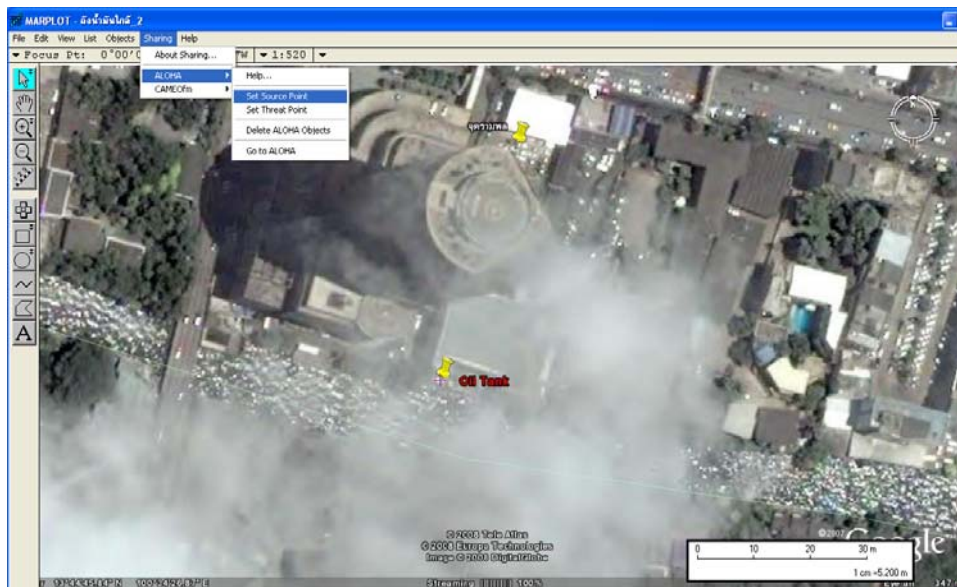
3. จากนั้นไปที่โปรแกรมมาร์พล็อต ปรากฏภาพแผนที่ ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วก่อนหน้านี้



4. กำหนดตำแหน่งจุดที่เกิดเหตุ โดยคลิกที่สัญลักษณ์ลูกศร จะเกิดสัญลักษณ์รูปกากบาท แล้วคลิกเมนูไปที่ตำแหน่งจุดเกิดเหตุ



5. จากนั้นไปที่เมนู ของโปรแกรมมาร์พล็อต เลือก Sharing => ALOHA => Set Source Point เพียงเท่านี้ Footprint ก็จะแสดงออกมาทันที



6. แสดง Footprint ก็จะแสดงออกมาทันที



7. แต่ถ้าหา Footprint ไม่พบ เป็นไปได้ว่าเรอาจกำลังดูแผนที่ที่ใหญ่เกินไป ทำให้ Footprint เทียบแล้วมีขนาดเล็กเกินไป เวลาจะมองหาอาจต้องใช้ Zoom-in tool Click จน Footprint นั้นมีขนาดใหญ่พอจะมองเห็นได้

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจันทิมา คำปัญญา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 พฤษภาคม 2521
สถานที่เกิด	ลำปาง
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขานามยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับอาวุโส
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ทู คอรัปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)