ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย | วิศวกรรมศาสตร์

สาขา | **คณะ**

เรื่อง การพยากรณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

Prediction of LPG Leakage, Fire and Explosion from Accidents on Expressway around the Higher Education Institutions in Bangkok

นามผู้วิจัย นางสาวบุริมนาถ ประทุมวัน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์เกียรติไกร อายุวัฒน์, วศ.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ธงไชย โรหิตะดิษฐ ศรีนพคุณ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพยากรณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

Prediction of LPG Leakage, Fire and Explosion from Accidents on Expressway around the Higher Education Institutions in Bangkok

โดย

นางสาวบุริมนาถ ประทุมวัน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุริมนาถ ประทุมวัน 2557: การพยากรณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เกียรติไกร อายุวัฒน์, วศ.ม. 100 หน้า

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบ กรณีมีการรั่วไหลแพร่กระจาย การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจีบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้โปรแกรม ALOHA ประเมินร่วมกับโปรแกรม Google earth และ Google map

โดยกำหนดสถานการณ์การจำลอง สาเหตุจากรถบรรทุกก๊าซแอลพีจีขนาดความจุ 17,800 ลิตร บนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร 3 เส้นทาง ที่อยู่ในความรับผิดชอบของการทางพิเศษ ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช และทางพิเศษฉลองรัช ที่มีผลกระทบต่อสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 74 แห่ง

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การได้รับรังสีความร้อนจาก การระเบิดเนื่องจากไอของของเหลวเดือด (BLEVE) มีผลกระทบมากที่สุด คือ 541 เมตร รองลงมาเป็นการรั่วไหลและก่อให้เกิดเป็นพื้นที่ที่มีสารไวไฟ มีผลกระทบในระยะ 512 เมตร โดยทั้งสองกรณีมีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 13 แห่ง ถัดมาเป็นการรั่วไหลและเกิดพื้นที่เป็นพิษของไอระเหย ผลกระทบระยะ 329 เมตร การได้รับผลกระทบโดยคลื่นความดัน จากการระเบิดของไอระเหย ในระยะ 258 เมตร และการเกิดรังสีความร้อนจากเพลิงไหม้ซึ่งลุกไหม้ทันทีและพุ่งออกไปตามทิศทางที่ สารเคมีรั่วออกมา (Jet fire) ผลกระทบระยะ 55 เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 7, 5 และ 1 แห่ง ตามลำดับ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Burimnat Prathumwan 2014 : Prediction of LPG Leakage, Fire and Explosion from Accidents on Expressway around the Higher Education Institutions in Bangkok. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kiatkrai Ayuwat, M.Eng. 100 pages

This study is aimed to study the impact from the case of leakage, dispersion, fire and explosion of LPG on the expressway near Higher Education Institutions within the Bangkok area using ALOHA program as assessment tool together with Google earth and Google map.

Simulation study defined the situation of truck carrying 17,800 liters of LPG running on the expressway of the 3 routes in Bangkok area which includes the Chalerm Mahanakorn Expressway, Si Rat Expressway and Chalong Rat Expressway impacts on 74 Higher Education Institutions within Bangkok area were evaluated.

The results indicated that getting the thermal radiation from a BLEVE explosion had the most impact, affected the distance of 541 meters, following by the leakage which caused flammable area of the vapor cloud, affected the distance of 512 meters. Eleven Higher Education Institutions were affected by both cases. The following cases were the effect of leakage that caused toxic area of the vapor cloud with the distance of 329 meters, the effect of overpressure from the explosion of vapor cloud which affected 258 meters, and thermal radiation from Jet fire which affected 55 meters. Numbers of Higher Education Institutions affected were 7, 5, and 1, respectively.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. เกียรติไกร อายุวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. ธงไชย โรหิตะดิษฐ ศรีนพคุณ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชารอง ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ผู้แทนบัณฑิตวิยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัยทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัยทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

บุริมนาถ ประทุมวัน

พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	38
อุปกรณ์	38
วิธีการ	38
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	78
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุบัติภัยจากการขนส่งก๊าซแอลพีจี ปี 2533-2556	10
2	แหล่งกำเนิดและสถานการณ์ที่สามารถเรียกใช้ใน ALOHA	19
3	การประมาณค่าความเสียหายจากคลื่นความดันของการระเบิด	24
4	รังสีความร้อนและเกณฑ์การบาดเจ็บ	27
5	ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร	33
6	ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษศรีรัช	34
7	ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษฉลองรัช	35
8	สถิติอุบัติเหตุบนทางพิเศษ ตั้งแต่ปี 2548-2556	36
9	สถิติอุบัติเหตุบนทางพิเศษปี 2556	36
10	รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร	38
11	ข้อมูลสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร	44
12	ข้อมูลอุณหภูมิปี 2556	45
13	ข้อมูล ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพการปกคลุมของเมฆ และความเร็วลม ปี 2556	45
14	จำนวนรถบรรทุกก๊าซแอลพีที่ขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงาน	47
15	จำนวนรถบรรทุกก๊าซแอลพีที่ขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงาน แบ่งตามความจุของถัง	48
16	สรุปผลการประเมินผลกระทบจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด	55
17	ระยะทางจากจุดบนทางพิเศษที่ใกล้สถานศึกษามากที่สุด	57
18	สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษเฉลิมมหานครไม่เกิน 541 เมตร	64
19	สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษศรีรัชไม่เกิน 541 เมตร	64
20	สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษฉลองรัชไม่เกิน 541 เมตร	65
21	สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของ Toxic area of the vapor cloud	65
22	สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของ Flammable area of the vapor cloud	66
23	สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของคลื่นความดัน (Overpressure or Blast force)	67
24	สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire	67
25	สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแพร่กระจายโดยแบบจำลอง Gussian	21
2	การแพร่กระจายตามแรงโน้มถ่วงของโลก	22
3	แผนที่ทางพิเศษรวมทั้งหมด	31
4	แผนที่ทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร	32
5	ภาพจำลองรูปแบบทางด่วนขั้นที่ 3 สายเหนือที่ตัดผ่านถนนหน้า	49
6	Footprint พื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย (Toxic area of the vapor cloud)	52
7	Footprint พื้นที่ไวไฟของไอระเหย (Flammable Area of the Vapor Cloud)	53
8	Footprint พื้นที่มีคลื่นความดัน (Overpressure or Blast force) จากการระเบิดของไอระเหย	53
9	Footprint พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire	54
10	Footprint พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE	55
11	ผลการจำลองพื้นที่เป็นพิษของไอระเหย ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น	69
12	พื้นที่ไวไฟของไอระเหย ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น	69
13	พื้นที่มีคลื่นความดัน จากการระเบิดของไอระเหยในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น	70
14	พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน จากการเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น	70
15	พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน จากการระเบิดแบบ BLEVE ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

1	แสดงการระบุสถานที่เกิดเหตุ	79
2	แสดงการเพิ่มสถานที่นอกจากสถานที่ที่มีในโปรแกรม	80
3	แสดงการใส่สถานที่ที่เกิดเหตุ	81
4	แสดงการระบุชื่อเมือง และเวลาที่แตกต่างของสถานที่เกิดเหตุ	81
5	แสดงข้อมูลสถานที่ที่เพิ่มเข้าไป การระบุสถานที่ที่ได้รับผลกระทบ	82
6	แสดงการเลือกลักษณะอาคารข้างเคียงที่เกิดเหตุ	83
7	แสดงหน้าต่างการระบุวันที่ และเวลาที่เกิดเหตุตามเครื่องคอมพิวเตอร์ หากผู้ใช้ต้องการ	83
8	หน้าต่างการระบุวันที่และเวลาที่เกิดเหตุที่ผู้ใช้กำหนดเอง	84
9	แสดง Test Summary ข้อมูลที่ระบุไว้	84
10	แสดงการเลือกสารเคมี	85
11	แสดงข้อมูลสารเคมีในรูปข้อมูล	85
12	แสดงการเลือกหน้าต่างในการใส่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	86
13	แสดงหน้าต่างที่ใส่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	86
14	แสดง Footprint	92

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพยากรณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

Prediction of LPG Leakage, Fire and Explosion from Accidents on Expressway around the Higher Education Institutions in Bangkok

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้สารเคมีและวัตถุอันตรายเป็นจำนวนมาก จากความเจริญเติบโตทางอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีในการผลิต ที่มีความต้องการใช้ สารเคมีและวัตถุอันตราย ซึ่งข้อมูลการใช้และอุบัติภัยที่เกิดขึ้นจากสารเคมี โดยหน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ระบุว่า สถิติอุบัติเหตุภัยจากสารเคมี ช่วงมกราคม 2549-มิถุนายน 2555 ประเภทวัตถุเคมีที่เกิดอุบัติภัยสูงสุด ได้แก่ วัตถุเคมี รองลงมา เป็นก๊าซไวไฟ น้ำมันเชื้อเพลิง และวัตถุระเบิด/พลุ/ดอกไม้ไฟ ตามลำดับ โดยจำนวนการเกิดอุบัติภัยในแต่ละปีค่อนข้างคงที่โดยเฉลี่ยจะเกิดอุบัติภัยสารเคมีประมาณ 100 ครั้งต่อปี เฉลี่ย 3 ครั้งในแต่ละเดือน ประเภทกิจกรรมการเกิดอุบัติภัย เกิดจากการจัดเก็บมากที่สุด รองลงมาเป็น การขนส่ง การใช้ การผลิต การการจัดกากของเสียตามลำดับ มูลเหตุหลักของการเกิดอุบัติภัยด้านสารเคมี 3 ประการ คือ ความผิดพลาดจากคน อุปกรณ์บกพร่อง/ชำรุด และลักลอบผลิต/ทิ้ง แนวโน้มของการเกิดอุบัติภัยด้านสารเคมียังอยู่ในปริมาณสูงต่อเนื่องไปทุกปี และจากสถิติอุบัติภัยวัตถุเคมี พ.ศ. 2521 – 2556 มีอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสารเคมีและวัตถุอันตราย จำนวน 245 ครั้ง และในสถิติการดังกล่าวพบว่าเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางด่วนหรือทางพิเศษจำนวน 14 ครั้ง

ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งสารเคมีและวัตถุอันตราย ที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมกับผู้คน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม การเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับการขนส่งสารเคมีและวัตถุอันตราย ผ่านทางด่วนหรือทางพิเศษ ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของปัญหา เนื่องจากทางพิเศษ รถบรรทุกใช้ความเร็วในการขับขี่ และเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น จึงอาจเกิดความรุนแรงมากกว่าพื้นที่ปกติ และวิธีการในการเข้าควบคุมระงับเหตุอุบัติภัย ยังมีความแตกต่างจากพื้นที่จราจรตามปกติ นอกจากนี้ หากทางด่วนยกระดับดังกล่าว อยู่บนพื้นที่ชุมชน หรือสถานที่สำคัญ เช่น สถานศึกษา โรงพยาบาล เป็นต้น ก็อาจส่งผลกระทบกับบุคลากรในสถานที่ดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามากมาย และปริมาณการใช้ก๊าซในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนสูง เป็นสารไวไฟ ดังนั้นจึงเป็นอันตรายอย่างยิ่ง หากขาดการควบคุม ดูแลและตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ดังจะเห็นได้ว่า อุบัติภัยของก๊าซแอลพีจีที่เกิดขึ้นในอดีต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของอัคคีภัย การระเบิดของไอหรือ การรั่วไหลของก๊าซแอลพีจี นั้นมีศักยภาพในการก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมหาศาล โดยมีสถิติอุบัติภัยที่เกิดจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การขนส่งก๊าซแอลพีจี ตั้งแต่ปี 2521-2556 มาแล้วเป็นจำนวน 13 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต ได้รับบาดเจ็บ และทรัพย์สินเสียหายเป็นจำนวนมาก

ด้วยเหตุดังกล่าวส่งผลให้มีการศึกษา เพื่อพยากรณ์การระเบิดของก๊าซแอลพีจี เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุของรถบรรทุกก๊าซแอลพีจี บนทางพิเศษ โดยทำการจำลองสถานการณ์ ทางพิเศษที่อยู่ใกล้สถาบันอุดมศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อให้เข้าใจสภาพปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และสามารถนำผลของการศึกษาไปใช้ในการดำเนินการแก้ไขและป้องกัน รวมทั้งการหามาตรการต่างๆ เพื่อลดผลกระทบจากการเกิดการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจีได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจลงทุนก่อสร้างโครงการทางด่วนอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบกับสถาบันอุดมศึกษาด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพื้นที่สถาบันอุดมศึกษา ที่อาจได้รับผลกระทบ จากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี บนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาผลกระทบ ระยะปลอดภัยในพื้นที่โดยรอบ กรณีมีการจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด ของก๊าซแอลพีจี

3. เพื่อศึกษาแนวทางป้องกัน และลดความรุนแรงของจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของ ก๊าซแอลพีจี บนทางพิเศษ ที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้กับสถาบันอุดมศึกษา

ขอบเขตการศึกษา

1. กำหนดขอบเขตการศึกษาในพื้นที่ทางพิเศษ ที่อยู่ในความรับผิดชอบของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในเขตกรุงเทพมหานคร 3 เส้นทาง ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช และทางพิเศษฉลองรัช

2. กำหนดสถานศึกษาที่ระดับอุดมศึกษา และอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร

3. กำหนดการศึกษาเฉพาะถังบรรจุก๊าซที่มีขนาด 17,800 ลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาวิจัย เพื่อทำการพยากรณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจี จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษใกล้สถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากหนังสือ และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ของก๊าซแอลพีจี
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. แบบจำลองและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง
4. สภาพปัจจุบันของระบบทางพิเศษ

1. คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของก๊าซแอลพีจี

LPG หรือก๊าซแอลพีจี หมายถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว หรือ โพรเพน โพรพิลีน นอร์มัลบิวเทน ไอโซบิวเทน หรือบิวทีลีน อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างผสมกันเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปเรามักเรียกก๊าซแอลพีจีนี้ว่า ก๊าซ แก๊ส แก๊สเหลว หรือแก๊สหุงต้ม ส่วนในวงการค้า และอุตสาหกรรม ชื่อที่เรารู้จักกันดี คือ แอล พี (LP gas) หรือ แอล พี จี (LPG) ซึ่งเป็นอักษรย่อ มาจาก Liquefied Petroleum Gas ก๊าซแอลพีจี มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ โดยมีน้ำหนักประมาณ 1.5-2 เท่าของอากาศ

การที่ได้ชื่อว่าแอลพีจี เนื่องจากก๊าซจะถูกอัดให้อยู่ในสภาพของของเหลวภายใต้ความดันเพื่อสะดวกต่อการเก็บ และการขนส่ง เมื่อลดความดัน ก๊าซเหล่านี้จะกลายเป็นไอ สามารถนาไปใช้งานได้ ก๊าซแอลพีจี จะถูกเก็บไว้ในลักษณะเป็นของเหลวภายใต้ความดัน เมื่อรั่วไหลออกมาจากภาชนะบรรจุจะเป็นของเหลว แล้วระเหยเป็นไอหรือก๊าซ ก๊าซนี้หนักกว่าอากาศ ไอสารเคมีอาจวิ่งเข้าหาแหล่งติดไฟ และเปลวไฟวิ่งย้อนกลับได้ ภาชนะบรรจุสารเคมีอาจระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อน และอาจพุ่งออกไปอย่างรวดเร็ว

1.1 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Data)

ก๊าซแอลพีจี ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน (C) 3 อะตอม และคาร์บอน (C) 4 อะตอม ใน 1 โมเลกุล ไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ประกอบด้วย

โพรเพน (Propane) = C_3H_6
โพรพิลิน (Propylene) = C_3H_6
บิวเทน (Butane) = C_4H_{10}
บิวทิลิน (Butylene) = C_4H_8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ปรากฏอยู่ในส่วนผสมของก๊าซแอลพีจี อาจแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ พวกไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) และไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon) กลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) ได้แก่ โพรเพน (Propane) นอร์มัลบิวเทน (n-Butane) ไอโซบิวเทน (iso-Butane) ก๊าซแอลพีจีได้มาจากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ จะประกอบด้วย โพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของ C_3 กับ C_4 ขึ้นอยู่กับแหล่งของก๊าซธรรมชาติ หากได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบจะประกอบด้วยบิวเทน (Butane) เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีการผสม C_3 และ C_4 ในรูปของไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (un-saturate hydrocarbon) ซึ่งมักประกอบด้วย โพรพิลีน (Propylene) นอร์มัลบิวทิลิน (n-butylene) ไอโซบิวทีลิน (iso-butylene) และ butylenes-2

1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Data)

ก๊าซแอลพีจีที่ใช้กันอยู่มี 2 สถานะ คือ ของเหลวและก๊าซ ดังนั้น จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซแอลพีจี ทั้งสองสถานะ ดังนี้

1.2.1 ก๊าซแอลพีจี เมื่ออยู่ในสถานะเป็นของเหลว

1.2.1.1 จุดเดือด และสภาวะวิกฤต

เนื่องจากแอลพีจีมีจุดเดือดต่ำมาก คือ โพรเพน มีจุดเดือดเท่ากับ -42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทน เท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทน เท่ากับ -11.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นแอลพีจี มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ และความดันบรรยากาศ เว้นเสีย แต่จะถูกอัดให้เป็นของเหลวอยู่ในถังภายใต้ ความดัน หรือนำถังไปแช่เย็นเอาไว้ ค่าความดันที่ทำให้แอลพีจีเป็นของเหลว คือ ค่าความดันไอ (Vapor Pressure) เช่น ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความดันไอของโพรเพน เท่ากับ 7.3 บรรยากาศ และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความดันไอจะสูงขึ้นด้วย

1.2.1.2 ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของโพรเพนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับส่วนกลับของความหนาแน่นก็คือ ปริมาตรจำเพาะโพรเพนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตร ต่อตัน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บโพรเพนไว้ใช้ 10 วัน โดยในแต่ละวัน มีความต้องการ 0.5 ตัน จะต้องใช้ถังที่มีความจุอย่างน้อยที่สุด 10 ลูกบาศก์เมตร

สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซแอลพีจีที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง กับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างเช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของโพรเพนเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.5077 ส่วนนอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มัลบิวเทน เท่ากับ 0.5844 และไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5631 ดังนั้นก๊าซแอลพีจีในสถานะที่เป็นของเหลว จะเบากว่าน้ำ ถ้าเกิดมีก๊าซรั่วเกิดขึ้นในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และก๊าซแอลพีจีเกิดไหลลงไปในรางระบายน้ำ คูคลอง ก๊าซแอลพีจี ก็จะลอยไปกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอัคคีภัยที่อาจไหลจากบริเวณที่ก๊าซแอลพีจี รั่วออกไปได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าความหนาแน่น คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของสารเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง

1.2.1.3 ความหนืด

ความหนืดคือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของไหล (ของเหลวหรือก๊าซที่มีต่อภาชนะ หรือท่อของไหลต่างชนิดกัน จะมีความหนืดแตกต่างกัน) จะเห็นได้ว่า ก๊าซแอลพีจีในสภาพของเหลวจะมีความหนืดน้อยมาก (ความหนืดของน้ำเท่ากับ 1 เซนติพอยส์) จากคุณสมบัติ อันนี้ ทำให้ก๊าซเหลวรั่วซึมได้ง่ายกว่าของเหลวชนิดอื่น และนอกจากนี้ก๊าซแอลพีจี ไม่มีคุณสมบัติในการหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดต่ำ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปั๊ม จึงมีความสึกหรอสูง เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซแอลพีจี จึงต้องออกแบบให้เหมาะสม ทนต่อการสึกหรอ และแรงดันสูงได้ และอุณหภูมิ จะมีผลต่อความหนืดของของไหล กล่าวคือ ของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง แต่ถ้าเป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดก็จะสูงขึ้นด้วย

1.2.1.4 ค่าความดันไอ (Vapor Pressure)

ก๊าซแอลพีจี เมื่อถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิด ภายใต้ความดัน จะมีสถานะเป็นของเหลว แอลพีจีเหลวจะระเหยเป็นไอ เติมช่องว่างที่อยู่เหนือระดับส่วนที่เป็นของเหลว จนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (Saturated Point) จึงจะหยุดระเหย ค่าความดันของก๊าซแอลพีจี ที่จุดอิ่มตัวนี้เรียกว่า “ค่าความดันไออิ่มตัว”

1.2.1.5 ค่าความร้อนแฝงในการระเหย

ค่าความร้อนแฝงในการระเหย คือปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสาร เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่จุดเดือดปกติ (ณ ความดันบรรยากาศ) หรือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสาร เพื่อให้ได้กลั่นตัวเป็นของเหลว ที่ความดันบรรยากาศ และค่าความร้อนแฝง จะมีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งก๊าซแอลพีจี มีค่าความร้อนแฝงน้อยกว่าน้ำมาก

1.2.1.6 ค่าความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา มีหน่วยเป็น กิโลแคลอรี่ / กิโลกรัม / องศาเซลเซียส หรือ บีทียู / ปอนด์ / องศาฟาเรนไฮต์ เช่น เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนจำเพาะของโพรเพน เท่ากับ 0.6023 นอร์มัลบิวเทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่ากับ 0.5748 ไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5824 commercial propane เท่ากับ 0.60 และ commercial butane เท่ากับ 0.57

1.2.1.7 สัมประสิทธิ์การขยายตัว

ก๊าซแอลพีจีมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 15 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.30 องศาเซลเซียส สำหรับโพรเพน และ 0.002 องศาเซลเซียส สำหรับบิวเทน อุณหภูมิยิ่งสูงการขยายตัวยิ่งมาก ตัวเลขนี้จำเป็นอย่างยิ่ง ที่ใช้การคำนวณปริมาตรสูงสุดที่สามารถจะบรรจุก๊าซลงภาชนะหรือถังเก็บได้ในสภาพอุณหภูมิต่างๆกัน ดังนั้นการบรรจุก๊าซแอลพีจีลงในถัง จะต้องเหลือที่ว่างเหนือก๊าซเหลวไว้ โดยในส่วนของช่องว่างนี้ จะมีไอก๊าซอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความดัน ที่เกิดการขยายตัวของของเหลวในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติ นอกจากนี้ระบบท่อส่งต่างๆ ที่ส่งก๊าซแอลพีจี จำเป็นต้องมีกลอุปกรณ์นิรภัย แบบระบาย (Hydrostatic relief value) ไว้ในระบบด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างหนึ่ง

1.2.2 ก๊าซแอลพีจี เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ

1.2.2.1 ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่า ก๊าซแอลพีจี เมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (เมื่อความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1) ดังนั้นก๊าซแอลพีจีในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้น ก๊าซจะไปรวมตัวอยู่ในต่ำ และบริเวณที่ต่ำนั้น เป็นรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซอาจจะไหลตามน้ำไป ทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ ณ จุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่วได้

1.2.2.2 ความสามารถในการอัดตัวของก๊าซแอลพีจี (Compressibility factor)

สำหรับก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันและปริมาตร สามารถแสดงโดย สมการสภาวะ (Equation of State) คือ PV = nRT (P= ความดัน, V=ปริมาตร n=จานวนโมล, R=gas constant, T=อุณหภูมิ) แต่สำหรับก๊าซแอลพีจี จะมีลักษณะเบี่ยงเบนไปจากก๊าซอุดมคติ ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้สมการสภาวะได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (Compressibility factor, Z) เข้าไปในสมการคือ PV = ZnRT สำหรับก๊าซไม่อุดมคติ โดยที่ Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 คือที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ โพรเพน นอร์มัลบิวเทน และไอโซบิวเทน มีค่า Z = 0.984, 0.969 และ 0.971 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2.3 ช่วงการลุกไหม้ (Flammability Limits in Air)

ก๊าซที่สันดาปได้ จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียว ที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ได้ จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้เรียกว่าค่าขอบบน ส่วน ทางด้านต่าเรียกว่าค่าขอบล่าง ก๊าซแอลพีจี จะสามารถลุกไหม้ หรือติดไฟได้ ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศ 2-9% คือถ้ามีก๊าซแอลพีจีต่ากว่า 2 ส่วนหรือมากกว่า 9 ส่วน ในส่วนผสมของก๊าซกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมนั้นก็จะไม่ติดไฟ

1.2.2.4 อุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition Temperature)

เมื่อค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลขอุณหภูมิมีค่าหนึ่งแล้วเชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้เอง แม้จะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่อสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้ เรียกว่าอุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition Temperature) เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโพรเพน คือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทน คือ 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซแอลพีจี จึงติดไฟได้ยากกว่า เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียส และน้ำมันดีเซล 250-340 องศาเซลเซียส ดังนั้นเกี่ยวกับเรื่องนี้ จึงกล่าวได้ว่าก๊าซแอลพีจี มีความปลอดภัยสูงกว่า

1.2.2.5 อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame Temperature)

อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของแอลพีจี สูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่างๆ ได้ เช่น หลอมเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเนียม และแก้ว เป็นต้น โดยโพรเพน มีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ นอกจากนี้ยังสามารถนาไปใช้ในการอบเครื่องเคลือบดินเผา อบสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2.6 ค่าอ๊อกเทน (Octane Number)

ก๊าซแอลพีจี มีค่าอ๊อกเทนสูง ประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าค่าอ๊อกเทนของน้ำมันเบนซิน จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

1.2.2.7 อัตราส่วนปริมาตรของเหลว ก๊าซ (Liquid / Vapor Volume Ratio)

แอลพีจีเหลว เมื่อระเหย และเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส (60 องศาฟาเรนไฮต์) โพรเพนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซ จะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วย ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย ดังนั้นแอลพีจี ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้ารั่วออกมาจะมีอันตรายมากกว่าที่เป็นก๊าซ เพราะจำนวนที่ออกมาเป็นของเหลว เมื่อกลายเป็นก๊าซจะเพิ่มปริมาตร มากขึ้น ปริมาณก๊าซมาก อันตรายและความรุนแรงก็ย่อมมีมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2.8 ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air Requirement)

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีส่วนผสมอยู่ในอากาศ 21 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร และเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้น ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ จะต้องมีปริมาณที่แน่นอน ในกรณีที่ก๊าซแอลพีจีเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทั้งหมด ก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ และการเปลี่ยนแปลงนี้ เขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้

โพรเพน $C_3H_8 + 5O_2 \text{------.>} 3\ CO_2 + 4H_2O$ .....(1)

บิวเทน $C_4H_{10} + 6.5O_2 \text{----->} 4CO_2 + 5H_2O$ .....(2)

ดังจะเห็นได้จากสมการเหล่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่า ในกรณีของโพรเพน และ 6.5 เท่าในกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ /21 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นในการเผาไหม้ โพรเพนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว แอลพีจีต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

1.2.2.9 ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion)

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี หมายถึงค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอาก๊าซแอลพีจีหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรการเผาไหม้ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิปกติ 25 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนของการเผาไหม้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง และใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องจักร

1.2.2.10 สี กลิ่น และการละลาย

ก๊าซแอลพีจีบริสุทธิ์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้น บริษัท ผู้ผลิตก๊าซ แอลพีจี จึงต้อง เติมสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นลงไปด้วย เพื่อให้ผู้ใช้รู้ตัว เมื่อก๊าซแอลพีจีเกิดรั่วไหล หรือลืมเปิดวาล์วใช้ก๊าซ สารประกอบที่เติมลงไป เพื่อทำให้ก๊าซแอลพีจีมีกลิ่นเหม็น ก็เป็นสารพวกเมอร์แคบเทน (Mercaptane) นอกจากนี้ก๊าซแอลพีจี มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) เช่นเดียวกับพวกน้ำมันระเหย จึงสามารถละลาย หรือทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำมาจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้ เช่น ปะเก็น หรือซีลต่างๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นามาใช้กับถังที่บรรจุก๊าซแอลพีจี ควรใช้วัสดุอื่น ที่ไม่ได้ทำมาจากยางธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

1.3 อุบัติภัยที่เกิดขึ้นจากการขนส่งก๊าซแอลพีจี

จากการเก็บข้อมูลโดย หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ปี 2533-2556 พบว่ามีอุบัติภัยจากการขนส่งก๊าซแอลพีจี จำนวน 13 ครั้ง ดังตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 อุบัติภัยจากการขนส่งก๊าซแอลพีจี ปี 2533-2556

ลำดับ	วัน/เวลา เกิดเหตุ	เหตุการณ์ / สถานที่	ความเสียหาย / การจัดการ
1	2533	- รถบรรทุกถังแก๊ส LPG ของบริษัท สยามแก๊ส ขนาดใหญ่พลิกคว่ำ เกิดแก๊สรั่วไหลออกจากถังเป็นจำนวนมาก แล้วเกิดเพลิงลุกไหม้ - ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ กรุงเทพฯ	- มีผู้เสียชีวิต ไม่ทราบจำนวน ทรัพย์สินเสียหายมาก
2	2544	- รถบรรทุกก๊าซ LPG เสียหลักชนราวสะพานพลิกคว่ำเกิดก๊าซระเบิด และไฟไหม้ - สะพานข้ามถนนวิภาวดี หลักสี่ กทม.	- มีผู้เสียชีวิต 10 ราย และมีผู้บาดเจ็บ 1 ราย
3	12/11/2544	- รถบรรทุกก๊าซ LPG พลิกคว่ำและเกิดเพลิงลุกไหม้ - ถ.แจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ	- รถบรรทุกได้รับความเสียหาย การจราจรติดขัด
4	11/1/2550 22:30 น.	- รถบรรทุก 10 ล้อ ซึ่งบรรทุกก๊าซแอลพีจีหนัก 6 ตัน ของบริษัท ปตท.ชนกับรถบรรทุก 18 ล้อ ทำให้เกิดก๊าซรั่วไหลออกจากถังอย่างต่อเนื่อง และส่งกลิ่นกระจายทั่วถนน - ถนนบางนา-ตราด หลักกิโลเมตรที่ 4 แยกวัดศรีเอี่ยม กรุงเทพฯ	- ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต
5	21/2/2550 06:00 น.	- รถบรรทุกก๊าซแอลพีจี ของบริษัท เวิลด์แก๊ส บรรทุกก๊าซมาเต็มถังแบบพ่วงตลอดทั้งคัน ขนาดบรรจุประมาณ 50,000 ลิตร เสียหลักพลิกคว่ำกลางถนน - หลัก กม.ที่ 38-39 ม.5 ต.พิมพา อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 2 ราย
6	26/4/2550 16:00 น.	- รถบรรทุกถังก๊าซแอลพีจีบรรจุ 15 ตัน เกิดอุบัติเหตุพลิกคว่ำ - บริเวณทางโค้งต่างระดับข้ามแยกบางนา ถนนบางนา-ตราด แขวงและเขตบางนา กรุงเทพฯ	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 3 ราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	วัน/เวลา เกิดเหตุ	เหตุการณ์ / สถานที่	ความเสียหาย / การจัดการ
7	20/11/2550 13:00 น.	- รถบรรทุกก๊าซ LPG น้ำหนักกว่า 8,000 ลิตร พลิกคว่ำตกข้างทาง - บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 7 ถ.สวนสัตว์-เสาเดียว ต.ท่าอ่าง อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บสาหัส 1 ราย นอกจากนี้ยังมีก๊าซรั่วไหลออกมาตลอดเวลา ได้กลิ่นฟุ้งกระจายในรัศมีกว่า 300 เมตร
8	3/7/2551 13:50 น.	- รถสิบล้อบรรทุกก๊าซแอลพีจี เสียหลักพลิกคว่ำ - ถนนสาย 304 ฉะเชิงเทรา-กบินทร์บุรี กม.ที่ 8-9 ต.บางไผ่ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา	- ก๊าซแอลพีจีกว่า 8 ตัน รั่วไหลออกมา ส่งกลิ่นเหม็นฟุ้งกระจายไปทั่วบริเวณ
9	26/10/2552	- รถบรรทุกก๊าซ LPG พลิกคว่ำและก๊าซรั่วไหล - บริเวณ กม.12 ถ.พระราม 2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ	- ยานยนต์เสียหาย 1 คัน
10	2/9/2553 02:30 น.	- รถบรรทุกก๊าซแอลพีจีพุ่งชนรถพ่วง 18 ล้อ ทำให้รถบรรทุกก๊าซแอลพีจีเสียหลักพลิกคว่ำตกร่องน้ำกลางถนน ก่อนที่จะเกิดไฟลุกไหม้ท่วมรถ พร้อมมีเสียงระเบิดดังสนั่นหวั่นไหว - บริเวณแยกศรีเอี่ยม ถนนบางนา - ตราด ขาออก กม.4 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บสาหัส 1 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 1 ราย ทั้งรถบรรทุกก๊าซแอลพีจีและรถพ่วงถูกไฟไหม้เสียหายทั้ง 2 คัน
11	5/2/2555 06:50 น.	- มีรถบรรทุกแก๊สLPG พลิกตะแคงคว่ำตกร่องกลางถนน - บริเวณ ถ.ลำลูกกา จุดตัดวงแหวนตะวันออก	- ทำให้มีแก๊สรั่วไหลออกมาเป็นจำนวนมาก การจราจรติดขัดกว่า 5 กิโลเมตร จนถึงแยกคลอง 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	วัน/เวลา เกิดเหตุ	เหตุการณ์ / สถานที่	ความเสียหาย / การจัดการ
12	23/3/2555 05:30 น.	- เกิดอุบัติเหตุ รถ 6 ล้อ บรรทุกแก๊ส LPG ชนิดแคปซูลขนาด 4,000 ลิตร ของบริษัทสยามแก๊ส พุ่งชนราวสะพาน เกิดแก๊สระเบิดและเกิดเพลิงลุกไหม้สูง - บริเวณถนนพัฒนาการ 20-22 กรุงเทพฯ	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 1 ราย แก๊สรั่วไหลออกมาบนพื้นถนนเป็นจำนวนมาก ท่อน้ำประปาที่อยู่บนสะพานได้รับความเสียหายแตกยาวประมาณ 40 ซม.
12	23/3/2555 05:30 น.	- เกิดอุบัติเหตุ รถ 6 ล้อ บรรทุกแก๊ส LPG ชนิดแคปซูลขนาด 4,000 ลิตร ของบริษัทสยามแก๊ส พุ่งชนราวสะพาน เกิดแก๊สระเบิดและเกิดเพลิงลุกไหม้สูง - บริเวณถนนพัฒนาการ 20-22 กรุงเทพฯ	- มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 1 ราย แก๊สรั่วไหลออกมาบนพื้นถนนเป็นจำนวนมาก ท่อน้ำประปาที่อยู่บนสะพานได้รับความเสียหายแตกยาวประมาณ 40 ซม.
13	15/4/2556 12:00 น.	เกิดอุบัติเหตุรถแคปซูลบรรทุกก๊าซแอลพีจี ถังขนาด 8 ตัน ได้เกิดเบรกแตก ไม่สามารถหยุดรถขณะวิ่งลงทางโค้งได้ก่อนจะพลิกคว่ำ -ทางด่วนสุขุมวิท 50	ไม่มีทรัพย์สินเสียหาย ไม่บาดเจ็บ

ที่มา : หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย (2556)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทิพวรรณ (2550) ได้ทำการประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในถังเก็บ ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.35 เมตร ยาว 10.96 เมตร โดยใช้โปรแกรม ALOHA และแสดงระยะที่ได้รับผลกระทบด้วยแผนที่อิเลคทรอนิกส์จากโปรแกรม Marplot และโปรแกรม Google earth พบว่า ผลกระทบจากการรั่วไหลที่สำคัญ คือ การเกิดเพลิงไหม้และระเบิด ซึ่งเมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซจะเกิดการแพร่กระจายในรัศมี 29 เมตรและ การระเบิดแบบ BLEVE จะทำให้เกิดลูกไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 208 เมตร แผ่รังสีความร้อนในรัศมี 447 เมตร ซึ่งเป็นอันตรายต่อโครงสร้างอาคาร รวมทั้งทำอันตรายถึงแก่ชีวิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาติชาย (2549) ได้ทำการประเมินความรุนแรงของบลีวีสำหรับถังทรงกลมบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยเครื่องมือในการจำลองแบบคณิตศาสตร์ “Shell FRED” พบว่า เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ถังทรงกลมบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เมตร เมื่อเกิดการระเบิดแบบ BLEVE จะทำให้เกิดลูกไฟขนาด 406 เมตร ระยะเวลาในการเกิดลูกไฟ 49.3 วินาทีสร้างความเสียหายให้กับบ้านเรือนอย่างรุนแรงในระยะ 41.9 เมตร และการแผ่รังสีความร้อน 300 เมตร

ณัฏฐพงษ์ (2550) ทำการประเมินผลกระทบกรณีการรั่วไหลและการระเบิดของวัตถุอันตรายเพื่อสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยนำโปรแกรม ALOHA มาใช้ในการจำลองสถานการณ์และนำผลการจำลองมาประยุกต์ร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ซึ่งจำลองการรั่วไหลและระเบิดของถังเก็บสารเคมีขนาดใหญ่จำนวน 4 ถัง ได้แก่ Ethane, Ethylene, Propane และ Propylene พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบระยะทางการรั่วไหล Propane มีการรั่วไหลเป็นระยะทางไกลที่สุด ส่วนระยะรัศมีการระเบิดจาก Propylene มีผลกระทบมากที่สุด

ทวี (2550) ได้ทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการหาจุดอันตรายบนทางเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) และทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินตรา-อาจณรงค์) โดยใช้โปรแกรม Arc View 3.2a พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องมือให้มีความยืดหยุ่น โดยใช้ Arc View Avenue พบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษทุกระบบมีความสัมพันธ์กัน คือ จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงในบริเวณทางร่วม ทางแยก ทางโค้ง หรือทางลาดชัน และจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในสภาวะที่มีทัศนวิสัยไม่ดี เช่น กรณีมีฝนตก หรือในช่วงกลางคืน

รักชาติ (2549) ได้ทำการศึกษาสาเหตุและปัจจัยต่อการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกอันตราย พบว่า ปัจจัยด้านคน เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.5 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านยานพาหนะ คิดเป็นร้อยละ 16.7 ลำดับสุดท้ายคือปัจจัยด้านถนนและสิ่งแวดล้อม คิดเป็นร้อยละ 14.8 นอกจากนั้นยังพบว่าสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกวัตถุอันตรายเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยนี้ โดยสาเหตุที่พบมากที่สุดคือ ผู้ขับขี่รถบรรทุกวัตถุอันตรายขับรถเร็วกว่าอัตราที่กำหนด

3. แบบจำลองและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 โปรแกรมอโลฮา ALOHA : (Ariel Location of Hazardous Atmosphere)

คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ ออกแบบมาโดยเฉพาะ สำหรับการใช้ในตอบสนองต่อการรั่วไหลของ สารเคมี เพื่อใช้ใน การวางแผนฉุกเฉิน และการฝึกอบรม ถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในช่วงสถานการณ์คับขัน เป็นเหมือนห้องสมุดสารเคมีที่มีข้อมูลเกี่ยวกับ คุณสมบัติทางกายภาพของสารเคมีอันตรายที่พบบ่อยประมาณ 1,000 ชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ALOHA ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่อย่างรวดเร็ว และลดข้อผิดพลาด โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบข้อมูล ที่ถูกป้อนและแจ้งเตือนเมื่อมีการป้อนข้อมูลผิดพลาด

ALOHA เป็นโปรแกรมที่ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) พัฒนาร่วมกับ Environmental Protection Agency (EPA).

ในการใช้โปรแกรม ALOHA ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ทำการระบุสถานที่ที่ปล่อยสารเคมี วันที่และเวลา

ในการใส่ข้อมูลเบื้องต้น ต้องทำการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการจำลองสถานการณ์ ได้แก่ เมืองที่อยู่ วัน และเวลาที่เกิดเหตุการณ์

1.1.2 ทำการเลือกสารเคมีที่ต้องการประเมินที่อยู่ใน ALOHA's library

1.1.3 ทำการใส่รายละเอียดสภาพอากาศ

1.1.4 ทำการใส่แหล่งกำเนิดสารเคมี และอธิบายถึงสถานการณ์ที่มีการรั่วไหลออกจากภาชนะบรรจุ

1.1.5 กำหนดให้โปรแกรมทำการแสดงผลการประเมิน (threat zone) พื้นที่ที่ได้รับอันตราย ได้แก่

- พื้นที่ที่ได้รับพิษของสารเคมี (Toxicity)
- พื้นที่ที่มีสารไวไฟ (Flammability)
- พื้นที่ที่ได้รับรังสีความร้อน (Thermal Radiation)
- พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน (Damaging Overpressure)

ในการแสดงผลการประเมิน (Threat zone) จะแสดงเป็นค่า LOCs (Level of Concern) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงเกณฑ์การเกิดอันตราย (Threshold Value of a Hazard) ถ้าทำการใส่ข้อมูลในแสดงผล 3 ค่า โปรแกรม ALOHA จะทำการแสดงผลเป็นสีแดง สีส้ม และสีเหลือง โดยค่าการประเมินที่เป็นสีแดง เป็นตัวแทนของอันตรายที่ร้ายแรงที่สุด ส่วนสีส้มและสีเหลืองเป็นตัวแทนของอันตรายที่ลดลงมาตามลำดับ

ถ้ามีการจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดอันตราย ทั้งการได้รับพิษของสาร และการเกิดพื้นที่ที่มีสารไวไฟ จะมีการแสดงผลที่แตกต่างกันไป ตามที่เลือกให้ทำการแสดงผล และทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ เช่น เปรียบเทียบระหว่างระยะทางที่ได้รับพิษของสาร และระยะทางที่มีสารไวไฟที่อาจเกิดการติดไฟหากมีแหล่งประกายไฟ หรือระยะทางที่อาจได้รับผลกระทบจากแรงระเบิด หากมีการระเบิดขึ้น เป็นต้น แต่ถ้าสารเคมีที่ทำการประเมิน เป็นสารที่ไม่ไวไฟ โปรแกรม ALOHA จะทำการเลือกให้เฉพาะสถานการณ์ที่เกิดพื้นที่ที่อาจได้รับพิษของสาร สถานการณ์ไฟไหม้และระเบิดจะไม่สามารถใช้งานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การนำผลการประเมินออกแสดงบนแผนที่ สามารถนำออกสู่โปรแกรมที่แสดงแผนที่ เช่น

- โปรแกรม MARPLOT
- โปรแกรม Esri's ArcView
- โปรแกรม ArcMap
- Google Maps
- Google Earth

3.1.1 การระบุสถานที่ที่ปล่อยสารเคมี วันที่และเวลา

ในการเลือกสถานที่ จะเป็นการกำหนดพื้นที่เกิดเหตุให้เหตุการณ์ โดยการกำหนด

- ตำแหน่งที่ตั้ง (Location) ซึ่งมีให้เลือกในโปรแกรม แต่ถ้าไม่มีให้เลือก สามาถเพิ่มสถานที่ตั้งได้ โดยต้องทำการกำหนดละติจูด และลองติจูด แต่ถ้าสถานที่ที่ต้องการเพิ่มตำแหน่งไม่อยู่ในสหรัฐอเมริกา ต้องมีการกำหนดโซนเวลา (Time Zone) เพิ่ม

- ประเภทของอาคาร (Building Type)

ในสถานการณ์การรั่วไหลของสารเคมี ALOHA สามารถคาดการณ์ความเข้มข้นของสารเคมีในทิศทางที่อยู่ใต้ลมของอาคารนั้นได้ ในกรณีที่มีการซึมผ่านตัวอาคารสามารถกำหนดรายละเอียดของอาคารได้ ซึ่งในการคาดการณ์อัตราการซึมผ่านอาคาร ALOHA จำให้มีการระบุชนิดของอาคาร หรืออัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ (อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ คือ ระยะเวลาต่อชั่วโมงที่ปริมาณของอากาศภายในอาคารจะถูกแทนที่อย่างสมบูรณ์โดยอากาศใหม่ที่อยู่ภายนอก เมื่อประตูและหน้าต่างถูกปิด อัตรานี้จะน้อยกว่า 1.0 ถ้าจะใช้เวลามากกว่าหนึ่งชั่วโมงในการเปลี่ยนอากาศภายในอาคารโดยสมบูรณ์)

- ในโปรแกรม ALOHA จำมีประเภทของอาคารให้เลือก ได้แก่ Enclosed office building, Single storied buildings, Double storied buildings หรือ ให้มีการกำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศที่แน่นอน

- ถ้าทำการเลือก Enclosed office building ALOHA จะใช้อัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ ค่าคงที่ 0.5 เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในอาคารถูกปิดล้อม และมีการควบคุมใกล้เคียงค่าคงที่ อ้างอิงจาก A heating, ventilating, and air conditioning (HVAC) system –ของ The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers ที่แนะนำค่าอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศอยู่ในช่วง 0.5-1.0 ในการแลกเปลี่ยนอากาศโดยสมบูรณ์ต่อชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ถ้าทำการเลือก Single or Double storied buildings ALOHA จะทำการประมาณการอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศให้ โดย โดยสมมติว่าประตูทุกบานและหน้าต่างถูกปิดและคำนึงถึงผลกระทบของความเร็วลม, อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมของอาคาร ตัวอย่างเช่น

- อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจะเพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วลมเพิ่มขึ้น เนื่องจากลมออกแรงในการผลักดันอากาศผ่านช่องเล็ก ๆ ในผนังของอาคารได้เร็วขึ้น

- อัตราแลกเปลี่ยนอากาศลดลงถ้าอาคารถูกสกัดกั้นเพราะเป็นที่กำบังจากลม

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเพิ่มขึ้นถ้าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศในร่มและกลางแจ้ง เพิ่มขึ้น เพราะมวลอากาศของอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีความกดดันที่แตกต่างกัน (ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศ) โดยไม่สำคัญว่าไม่ว่าอากาศภายในอาคารเป็นอุ่นหรือเย็นกว่าอากาศภายนอก (ALOHA ถือว่าอุณหภูมิภายในอาคารให้เป็น 68 ° F/20 ° C.)

- นอกจากต้องทำการเลือกประเภทของอาคารแล้ว ต้องทำการเลือกว่าอาคารมีการถูกบดบังหรือไม่ โดยหากเลือกประเภทของอาคารเป็น Single or double storied building type ต้องมีการระบุเพิ่มเติมด้วยว่า อาคารถูกบดบังจากลมหรือไม่ โดยถ้าเลือก Sheltered buildings หมายถึงมีการถูกบดบังจากสิ่งกีดขวางรอบ ๆ เช่น อาคารอื่น ต้นไม้ พุ่มไม้ เป็นต้น ซึ่งเป็นการปิดกั้นการไหลเวียนของลม ถ้าเลือก Unsheltered buildings หมายถึง พื้นที่โล่ง ไม่มีอุปสรรคในการไหลเวียนของลม ทั้งนี้ หากไม่มั่นใจว่าควรเลือกแบบใด ให้ใช้เป็น Unsheltered surroundings เนื่องจากมีการไหลเวียนของลมมากกว่า และมีความเข้มข้นสารมากกว่าแบบ Sheltered buildings

- วันและเวลา (Date and Time) สามารถกำหนดวันและเวลาเกิดเหตุ โดยเลือกใช้นาฬิกาของคอมพิวเตอร์ขณะนั้น หรือกำหนดวันและเวลาขึ้นเองได้

3.1.2 การเลือกสารเคมีที่ต้องการประเมินที่อยู่ใน ALOHA's library

ALOHA ได้มีการใส่ข้อมูลของสารเคมีไว้เป็นฐานข้อมูลในโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลของสารเคมีประกอบไปด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ ข้อมูลความเป็นอันตราย โดยสารเคมีจะมีการเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วยสารเดี่ยวจำนวน 100 สาร และสารละลายที่รู้จักกันดี 5 สาร ซึ่งสามารถเพิ่มสารเคมีหรือแก้ไขคุณสมบัติของสารได้

3.1.3 การใส่รายละเอียดสภาพอากาศ

ในการกำหนดข้อมูลสภาพอากาศ ต้องประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ความเร็วลมและทิศทางลม (Wind Speed and Direction)

เพื่อเป็นการทำนายความเร็วในการเคลื่อนที่และทิศทางการเคลื่อนที่ของก๊าซในบรรยากาศ โปรแกรม ALOHA ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วลมและทิศทางลม โดยทิศทางลมจะเป็นตัวบอกทิศทางที่สารจะเคลื่อนที่ไป ส่วนความเร็วลม จะเป็นตัวบอกความเร็วที่สารเคลื่อนที่ไปทิศทางใต้ลม โดยถ้าความเร็วลมช้า สารจะเคลื่อนที่ช้าด้วย ในโปรแกรม ALOHA มีการกำหนดทิศทางลม ดังนี้

N	=	0 องศา หรือ 360 องศา
NNE	=	22.5 องศา
NE	=	45 องศา
ENE	=	67.5 องศา
E	=	90 องศา
ESE	=	112.5 องศา
SE	=	135 องศา
SSE	=	157.5 องศา
S	=	180 องศา
SSW	=	202.5 องศา
SW	=	225 องศา
WSW	=	247.5 องศา
W	=	270 องศา
WNW	=	292.5 องศา
NW	=	315 องศา
NNW	=	337.5 องศา

- ความสูงของระยะวัดของลม (Wind Measurement Height)

โปรแกรม ALOHA ต้องการข้อมูลความสูงของระยะวัดความเร็วลมและทิศทางลม เพื่อดูรูปแบบของลม ในระยะใกล้พื้นดิน แรงเสียดทานจะทำให้ลมมีความช้าลง ในระดับที่สูงขึ้นความเร็วลมจะมีความเร็วมากขึ้น ในระดับที่สูงมากพอ เช่น มากกว่า 100 เมตร แรงลมจะถึงระดับสูงสุด เนื่องจากจะไม่ได้รับผลกระทบจากแรงเสียดทาน

- ความราบเรียบของพื้นที่ (Ground Roughness)

ความราบเรียบของพื้นที่ เป็นการวัดจำนวนและขนาดของอุปสรรค ที่สารเคลื่อนผ่าน ถ้าสารมีการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่ขรุขระ การไหลเวียนของอากาศจะถูกรบกวนเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นดินและอากาศ เนื่องจากเป็นการเพิ่มของความปั่นป่วนของบรรยากาศ เพราะอากาศใกล้พื้นดินจะชะลอตัวมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ALOHA จะต้องมีการประเมินความหยาบของพื้นดินในพื้นที่ที่สารจะเดินทาง เพราะระดับของความปั่นป่วนของบรรยากาศมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสารเคมี และความเร็วในการผสมกับอากาศที่อยู่รอบตัว ซึ่งมีผลทำให้ค่าระดับ LOC ลดต่ำลง ค่าผลการประเมินการสัมผัสจะน้อยลง ถ้าเลือกค่าความขรุขระของพื้นที่มาก

- การปกคลุมของเมฆ (Cloud Cover)

ค่าการปกคลุมของเมฆ ใช้เพื่อประมาณค่ารังสีจากสสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่มีการรั่วไหล รังสีจากแสงอาทิตย์มีความสำคัญในการระเหยของสารเคมีที่หกกองรวมเป็นแอ่ง (Puddle) เพราะความร้อนจากแสงอาทิตย์จะทำการเร่งให้เกิดการระเหยเร็วมากขึ้น ในสหรัฐอเมริกา ค่าการปกคลุมของเมฆจะมีการแบ่งระดับค่าเป็น 10, 5 และ 0 ซึ่งเป็นค่าที่เป็นตัวแทนของการปกคลุมของเมฆโดยสมบูรณ์ การถูกปกคลุมโดยเมฆบางส่วน และไม่มีเมฆปกคลุมเลย ตามลำดับ

- อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature)

อุณหภูมิของอากาศ ที่อยู่ในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดที่รั่วไหล มีอิทธิพลกับการประมาณการอัตราการระเหยของผิวหน้าแอ่งสารเคมี ในจุดที่มีอุณหภูมิของอากาสสูง ผิวหน้าสารเคมีจะถูกทำให้ร้อน และอัตราการระเหยจะสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิมีผลกระทบกับกระบวนการทางกายภายที่เกี่ยวข้องกับการรั่วไหลของสาร ดังนั้น ควรใช้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

- ระดับความเสถียรของอากาศ (Stability Class)

ความเสถียรของบรรยากาศ คือ สภาพของบรรยากาศที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ โดยกำหนดเป็นระดับ A, B, C, D, E และ F ซึ่งระดับ A หมายถึงบรรยากาศที่ไม่เสถียรอย่างมาก ความเสถียรของบรรยากาศหาได้จากความเร็วลม การแผ่รังสีของแสงแดดในเวลากลางวัน และปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าในเวลากลางวัน ซึ่งในการเลือกระดับความเสถียรของอากาศ โปรแกรม ALOHA จะเลือกให้โดยอัตโนมัติ

- ความสูงผกผัน (Inversion Height)

การผกผันคือ สภาวะในชั้นบรรยากาศที่เป็นชั้นที่ไม่แน่นอนของอากาศใกล้พื้นดินอยู่ใต้ชั้นมีเสถียรภาพมากของอากาศดังกล่าวข้างต้น ความสูงของการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันของความมั่นคงบรรยากาศที่เรียกว่าความสูงผกผัน ชนิดของการผกผันเกี่ยวข้องการรูปแบบการแพร่กระจาย โดยการแพร่กระจายโดยแบบ Gaussian จะมีการคำนึงถึงเรื่องการผกผัน แต่กรณีการแพร่กระจายแบบ Heavy gas จะไม่นำไปคำนวณ

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Relative)

ความชื้นสัมพัทธ์คืออัตราส่วน ของปริมาณไอน้ำ ที่มีในอากาศ ณ ขณะนั้นเทียบกับ ปริมาณไอน้ำที่อากาศจะรองรับได้ ที่อุณหภูมิห้องและความดันในขณะนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ แรงดันไอน้ำ และความสามารถในการรองรับปริมาณไอน้ำ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะมีมากกว่าแรงดันไอน้ำ และ ความสามารถ ในการรองรับปริมาณไอน้ำ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า ALOHA ใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในการประเมินค่าสำหรับการส่งผ่านบรรยากาศ ประมาณการอัตราการระเหยจากแอ่งสารเคมี และใช้ในการคำนวณการแพร่กระจายของก๊าซ

3.1.4 ใส่แหล่งกำเนิดสารเคมี และอธิบายถึงสถานการณ์ที่มีการรั่วไหลออกจากภาชนะบรรจุ

ALOHA ช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีจาก 4 แหล่งกำเนิด ได้แก่

1. การรั่วไหลโดยตรง (Direct)
2. การกระจายของสารเคมีในแบบไหลนองกับพื้น (Puddle)
3. การกระจายจากถัง ไม่ว่าแบบทรงกระบอก หรือแบบทรงกลม (Tank)
4. การรั่วออกจากท่อ ไม่ว่าท่อนั้นจะออกจากถังหรือเป็นท่อตัน (Gas Pipeline)

ซึ่งแต่ละแหล่งกำเนิดสามารถสามารถก่อให้เกิดสถานการณ์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แหล่งกำเนิดและสถานการณ์ที่สามารถเรียกใช้ใน ALOHA

Source	Toxic Scenarios	Fire Scenarios	Explosion Scenarios
Direct Direct Release	Toxic Vapor Cloud	Flammable Area (Flash Fire)	Cloud Explosion Vapor
Puddle Evaporating Burning (Pool Fire)	Toxic Vapor Cloud	Flammable Area (Flash Fire) Pool Fire	Vapor Cloud Explosion
Tank Not Burning Burning BLEVE	Toxic Vapor Cloud	Flammable Area (Flash Fire) Jet Fire or Pool Fire BLEVE (Fireball and Pool Fire)	Vapor Cloud Explosion

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Source	Toxic Scenarios	Fire Scenarios	Explosion Scenarios
Gas Pipeline			
Not Burning	Toxic Vapor Cloud	Flammable Area (Flash Fire)	Vapor Cloud Explosion
Burning (Jet Fire)		Jet Fire	

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2007)

แบบจำลอง ALOHA มีการแบ่งอันตรายออกเป็นสามประเภท ได้แก่ การแพร่กระจายก๊าซพิษ การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด โดยแบ่งออกเป็นหลายแบบจำลองที่แตกต่างกัน รวมไปถึงแบบจำลองการกระจายตัวของอากาศ (air dispersion model) ที่จะใช้ในการประเมินการเคลื่อนไหวและการกระจายตัวของหมอกสารเคมี จากแบบจำลองนี้ ALOHA สามารถที่จะคาดการณ์การแพร่กระจายก๊าซพิษ ค่าแรงดันเกินจากการระเบิดของไอหมอกสารเคมี หรือพื้นที่ไวไฟของไอหมอกสารเคมี นอกจากนี้ ยังใช้ในการประเมินอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดอีกด้วย

ALOHA สามารถแก้ปัญหาอย่างรวดเร็วและให้ผลในแบบจำลองกราฟิกที่ง่ายต่อการใช้งาน ทำให้มีประโยชน์ในระหว่างที่มีการตอบสนองฉุกเฉิน หรือในการวางแผนสำหรับการตอบสนองเหตุฉุกเฉิน

แบบจำลองการแพร่กระจาย (Dispersion Model)

มีแบบจำลองการกระจายตัวของอากาศอยู่หลายชนิด ที่แตกต่าง โดยจัดระดับจากสมการง่ายๆ ที่ จะสามารถแก้ไขได้ด้วยมือ ไปถึงแบบจำลองที่ซับซ้อน ที่ต้องใช้การป้อนข้อมูลจำนวนมหาศาล และ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ การจัดประเภทแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเฉพาะขึ้นอยู่กับ ขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้น ระดับของรายละเอียดที่สามารถใช้ได้สำหรับการป้อนข้อมูลและ การแสดงผล ภูมิหลังของผู้ใช้งาน และเวลาที่มีอยู่เพื่อรอจนกว่าการคำนวณแบบจำลองจะแล้วเสร็จ

ALOHA ถูกออกแบบด้วยการตอบสนองในช่วงแรก แบบจำลองการกระจายตัวของอากาศมีวัตถุประสงค์ที่จะนำมาใช้เพื่อประเมินพื้นที่ใกล้จุดที่มีการรั่วไหลของสารเคมี ในระยะสั้น โดยจะคำนวณ ความเป็นพิษ (Toxicity), ความไวไฟ (Flammability), รังสีความร้อน (Thermal radiation) หรือ แรงอัดอากาศสูง (Overpressure) (หมายเหตุ: หากสารเคมีที่รั่วไหลปล่อยออกมาไม่ได้เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

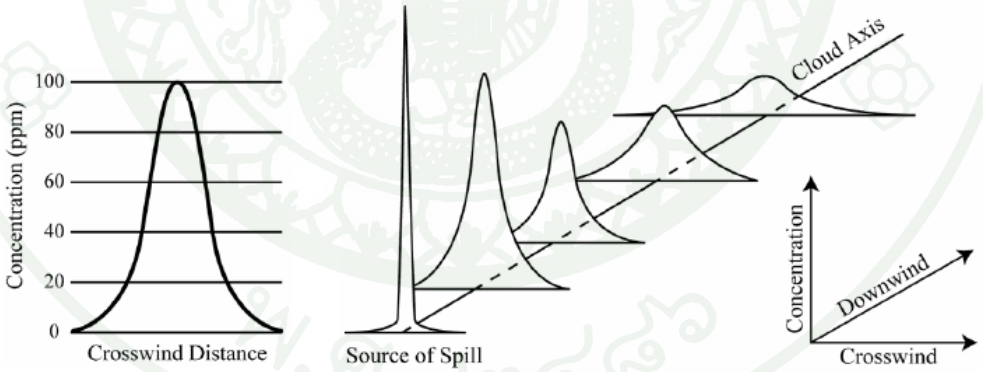
สารเคมีที่ติดไฟได้ จะเป็นการจำลองความเป็นพิษเท่านั้น) และไม่ได้มีวัตถุประสงค์ สำหรับใช้กับสารเคมีที่เป็นสารกัมมันตรังสี

การแพร่กระจาย ประกอบไปด้วย การเคลื่อนย้ายและ การแพร่กระจาย การกระจายของไอหมอก โดยทั่วไปจะเคลื่อนย้ายในทิศทางใต้ลม และแพร่กระจายในทิศทางตั้งฉากกับลม กลุ่มหมอกของก๊าซที่หนาแน่น หรือ หนักกว่าอากาศ (เรียกว่าก๊าซหนัก) ยังสามารถกระจาย อยู่เหนือลมเล็กน้อย

ALOHA สามารถจำลอง การกระจายตัว หมอกก๊าซของมลพิษในบรรยากาศ และแสดงแผนภาพ ที่แสดงให้เห็นถึงมุมมองที่อยู่เหนือศีรษะของภูมิภาคหรือเขตภัยคุกคาม เพื่อที่จะทำนายระดับ อันตรายที่สำคัญ (LOCs) ซึ่งจะเรียกว่าพล็อตเขตภัยคุกคาม (Threat zone plot)

ใน ALOHA มีการแบ่งแบบจำลองการกระจายตัว ออกเป็นสองแบบ ได้แก่ Gaussian และ heavy gas

แบบจำลอง Gussian จะใช้ทำนายแก๊สที่แพร่กระจายในบรรยากาศ จนกระทั่งแก๊สมีความหนาแน่นเท่ากับอากาศ ซึ่งลมและความแปรปรวนของบรรยากาศจะมีผลต่อการพาแก๊สที่รั่วไหลไปกับอากาศ และท้ายต้นลมจะมีความเข้มข้นของแก๊สมากกว่าท้ายลม ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การแพร่กระจายโดยแบบจำลอง Gussian

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2007)

แบบจำลอง Heavy gas จะใช้ทำนายการรั่วไหลของแก๊สที่น้ำหนักมากกว่าอากาศ เนื่องจากแก๊สมีน้ำหนักมากกว่าอากาศรอบข้าง แก๊สจะกระจายตามแรงโน้มถ่วงของโลก แสดงได้ดังภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 การแพร่กระจายตามแรงโน้มถ่วงของโลก

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2007)

แบบจำลองการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด (Fires and Explosions)

ALOHA สามารถสร้างแบบจำลองของไฟและการระเบิดจากสารเคมีได้ 6 แบบ ดังนี้

1. Flash fires (Flammable area) คือลักษณะเพลิงไหม้ที่เกิดจากหมอกควันของไอสารเคมี หรือวัตถุอันตรายที่รั่วออกมาลุกไหม้ เปลวไฟจะไปตามทางที่สารเคมีหรือวัตถุอันตรายที่รั่ว ALOHA สามารถคำนวณพื้นที่เสี่ยงที่ปกคลุมด้วยไอแก๊สหลังจากเกิดการรั่วไหล ซึ่งการไหม้อย่างรุนแรงจะเกิดอยู่ในช่วง UEL และ LEL เท่านั้น ALOHA จะใช้ค่าความเข้มข้นของสารเคมีไวไฟเฉลี่ยตามเวลา มีการทดลองบางอันแสดงให้เห็นว่า ALOHA ใช้ 60% ของ LEL เป็นค่าสำหรับเขตสีแดง และ 10% LEL สำหรับเขตสีเหลือง

2. Jet fire คือ ลักษณะเพลิงไหม้ที่เกิดจากก๊าซ หรือของเหลวและก๊าซซึ่งลุกไหม้ทันทีและพุ่งออกไปตามทิศทางที่ สารเคมีหรือวัตถุอันตรายรั่วออกมา ALOHA สามารถสร้างแบบจำลองการเกิดลำเปลวไฟจากท่อส่งแก๊สหรือถังแก๊สกัก สำหรับถังบรรจุแก๊ส ALOHA สามารถสร้างแบบจำลองสองสถานะได้คือของเหลวกลายเป็นไอและแก๊สติดไฟ ALOHA จะจำลองลำไฟพุ่งขึ้นแนวตรงขึ้นข้างบน ถึงแม้จะมีแรงลมเป็นตัวแปรก็ตาม ALOHA จะสร้างแบบจำลองของการแผ่รังสีความร้อน แต่จะไม่สร้างแบบจำลองของควันสารพิษจากไฟและการระเบิดจากสิ่งแวดล้อม บางครั้ง Jet fire เผาไหม้ภาชนะบรรจุเพิ่มความร้อนจนทำลายความแข็งแรงของมันจนทำให้เกิด BLEVE ดังจะกล่าวต่อไป

3. Pool fire คือ ลักษณะเพลิงไหม้ที่เกิดจากไอของของเหลวที่ระเหยได้ง่ายและไวไฟลุกไหม้ขึ้น อัตราการลุกไหม้ขึ้นอยู่กับอัตราการระเหยของของเหลว ALOHA จะสร้างแบบจำลองของแอ่งไฟบนพื้นดิน แต่จะไม่ทำกับผิวน้ำ ในบางครั้งแอ่งไฟเผาทำลายภาชนะบรรจุทำให้เกิด BLEVE ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหมือนกัน ซึ่งอันตรายกว่า Jet fire ในกรณีนี้ควรจะให้ ALOHA จำลองแต่ละเหตุการณ์แยกจากกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

4. การระเบิดเนื่องจากไอของของเหลวเดือด (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions: BLEVE) คือ ลักษณะการเกิดอุบัติภัยที่เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตราย ซึ่งเป็นสารไวไฟ และรั่วไหลในประมาณมาก ๆ จะเกิดขึ้นที่ภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้แรงดัน ขั้นตอนการเกิดเป็นดังนี้

- เกิดเพลิงไหม้ในบริเวณใกล้ภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้แรงดัน
- ความร้อนจากเพลิงไหม้ทำให้ผนังภาชนะบรรจุร้อนขึ้น
- อุณหภูมิของของเหลว และความดันในภาชนะบรรจุสูงขึ้น จนทำให้ของเหลวเดือด
- ความร้อนหรือเปลวไฟจะทำให้ผนังภาชนะบรรจุสูญเสียความแข็งแกร่งเนื่องจากโครงสร้างเนื้อโลหะถูกทำลาย
- ภาชนะบรรจุแตกระเบิดเนื่องจากเนื่องจากไอของสาร
- ภาชนะบรรจุที่แตกจะพุ่งออกไปเหมือนจรวด

ALOHA จะสร้างแบบจำลองเฉพาะสารไวไฟเท่านั้น การเกิดบลีวีทำให้เกิดการพังเสียหายและติดไฟของภาชนะความดันที่บรรจุของเหลวภายใต้ความดันเหนือจุดเดือดที่ความดันบรรยากาศ ถึงแม้ว่าชื่อจะบอกว่าเป็นการระเบิดแต่อันตรายของ BLEVE คือ ความร้อนมหาศาลที่แผ่ออกมาของลูกบอลไฟ ผลการแผ่รังสีความร้อนจะเทียบกับความเข้มของการแผ่รังสีไปยังตัวรับ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

5. Fireball คือ ลักษณะเพลิงไหม้เป็นลูกไฟที่วิ่งไปในอากาศเกิดขึ้นจากภาชนะบรรจุของเหลวไวไฟภายใต้ความดันแตกเนื่องจากได้รับความร้อน ของเหลวจึงลุกไหม้ มักเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดระเบิดแบบ BLEVE เมื่อสร้างแบบจำลอง BLEVE ALOHA จะถือว่ามีการเกิด fireball ด้วย ALOHA จะคาดว่าสารเคมีใน fireball จะเป็นสามเท่าของส่วนที่วาบไฟออกไป ALOHA จะคำนวณทั้งการแผ่ความร้อน fireball กับ Poolfire ในขณะที่คำนวณ BLEVE ไม่จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองคำนวณที่ละครั้ง

6. Vapor cloud explosions เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีไวไฟพุ่งไปตามทิศทางของลมเมื่อมีการติดไฟจะไหม้ด้วยความเร็วขึ้นอยู่กับขนาดความเข้มข้นของสาร ก่อให้เกิดแรงระเบิด เป็นคลื่นที่สามารถทำลายสิ่งรอบๆ ได้ ซึ่งขั้นตอนการเกิดเป็นดังนี้

- เกิดการรั่วไหลไอของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายที่มีลักษณะสมบัติไวไฟในปริมาณปกติ มักเกิดขึ้นเนื่องจากภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้ความดัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- เกิดการแพร่กระจายของไอของของเหลวและผสมรวมกับอากาศในลักษณะเป็นหมอกควัน
- หมอกควันของไอของของเหลวเกิดลุกไหม้เฉียบพลันทำให้เกิดการระเบิด

3.1.5 แสดงผลการประเมิน (threat zone)

การแสดงผลการประเมิน กรณีการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิดจากกรณีของแหล่งสารเคมีที่เป็น Tank มีทั้งหมด 5 กรณี ดังนี้

3.1.5.1 Toxic Vapor Cloud เมื่อเกิดการรั่วไหล และเกิดพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของก๊าซที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายกับผู้รับได้ โปรแกรม ALOHA จะแสดงผลพื้นที่ที่ก่อให้เกิดอันตราย 3 พื้นที่ ได้แก่

- แดง มีความเข้มข้นของสารเคมี ซึ่งอาจทำให้ประชากรทั่วไปรวมทั้งบุคคลที่อ่อนแอเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่อันตรายต่อชีวิต หรือเสียชีวิตได้
- ส้ม มีความเข้มข้นของสารเคมี ซึ่งอาจทำให้ประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่อ่อนแอเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่สามารถกลับเป็นปกติได้หรือความรุนแรงเกิดเป็นระยะเวลานานหรือทำให้ไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้
- เหลือง มีความเข้มข้นของสารเคมี ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งบุคคลที่อ่อนแอจะเกิดความไม่สบายการระคายเคือง

3.1.5.2 Flammable Area (Flash Fire) เกิดเมื่อมีการไหลของก๊าซออกมาระยะเวลาหนึ่ง แล้วติดไฟภายหลัง ทำให้เกิดไฟลามอย่างรวดเร็ว ในบริเวณที่ความเข้มข้นของก๊าซในขณะนั้นเพียงพอที่จะติดไฟได้ เหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดในด้านระยะทางที่ไปสู่ผู้ได้รับผลกระทบ คือ กรณีที่อากาศค่อนข้างเสถียรทำให้การกระจายตัวของก๊าซไม่ดี กลายเป็นกลุ่มก๊าซ หากมีลมพัดไปทางทิศใดทิศหนึ่งตรงๆ เปลวไฟอาจมีความยาวได้ อย่างไรก็ตาม หากเกิด Flash Fire แล้ว โอกาสที่จะมีผู้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บรุนแรงมีมาก โปรแกรม ALOHA จะแสดงผลพื้นที่เป็นค่า LEL (Lower Explosive Limit) ซึ่งเป็นค่าที่ระบุถึงปริมาณไอระเหยของเชื้อเพลิงขั้นต่ำ ที่สามารถทำให้การระเบิดได้ หากมีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอ ซึ่งแบ่งเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่

- แดง คือ พื้นที่ที่มีค่า LEL ของไอระเหยสารเคมี ซึ่งคิดเป็น 100% ของ LEL
- ส้ม คือ พื้นที่ที่มีค่า LEL ของไอระเหยสารเคมี ซึ่งคิดเป็น 60% ของ LEL
- เหลือง คือ พื้นที่ที่มีค่า LEL ของไอระเหงสารเคมี ซึ่งคิดเป็น 10% ของ LEL

3.1.5.3 Vapor Cloud Explosion เกิดเมื่อมีการรั่วไหลของก๊าซอย่างรุนแรง หรือมีสิ่งกีดขวางการกระจายของก๊าซ และมีประกายไฟทำให้เกิดการระเบิด เกิดเป็นคลื่นความดัน (Overpressure) คือ การขยายตัวของพลังงานจากการระเบิดแล้วขยายตัวออก อย่างรวดเร็วเกิดเป็นคลื่นพลังงาน ซึ่งมีความเร็วพอๆ กับการเดินทางของคลื่นเสียงและมีอำนาจการทำลายสูง ซึ่งการเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Vapor Cloud Explosion มีโอกาสเกิดได้น้อย และผลกระทบไม่รุนแรง โปรแกรม ALOHA จะแสดงผลพื้นที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน 3 ระดับ ได้แก่

- แดง เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน 8.0 psi ซึ่งความรุนแรงที่สามารถทำลายอาคารได้
- ส้ม เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน 3.5 psi ซึ่งความรุนแรงที่ทำให้บาดเจ็บสาหัสได้
- เหลืองเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน 1.0 psi ซึ่งความรุนแรงที่ทำแก้วแตกกระจายได้

ระดับผลกระทบจากคลื่นความดัน (Overpressure Levels of Concern: LOC) เป็นตัวบ่งบอกระดับความรุนแรงของคลื่นความดันจากการระเบิด ซึ่งโปรแกรม ALOHA แบ่งออกเป็นสามระดับ และรายละเอียดของผลกระทบดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประมาณค่าความเสียหายจากคลื่นความดันของการระเบิด

Overpressure* (psig)	**Expected Damage**
0.04	Loud noise (143 dB); sonic boom glass failure.
0.15	Typical pressure for glass failure.
0.40	Limited minor structural damage.
0.50-1.0	Windows usually shattered; some window frame damage.
0.70	Minor damage to house structures.
1.0	Partial demolition of houses; made uninhabitable.
1.0-2.0	Corrugated metal panels fail and buckle. Housing wood panels blown in.
1.0-8.0	Range for slight to serious laceration injuries from flying glass and other missiles.
2.0	Partial collapse of walls and roofs of houses.
2.0-3.0	Non-reinforced concrete or cinder block walls shattered.
2.4-12.2	Range for 1-90% eardrum rupture among exposed populations.
2.5	50% destruction of home brickwork.
3.0	Steel frame building distorted and pulled away from foundation.
5.0	Wooden utility poles snapped.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Overpressure* (psig)	Expected Damage
5.0-7.0	Nearly complete destruction of houses.
7.0	Loaded train cars overturned.
9.0	Loaded train box cars demolished.
10.0	Probable total building destruction.
14.5-29.0	Range for the 1-99% fatalities among exposed populations due to direct blast effects.
* These are peak pressures formed in excess of normal atmospheric pressure by blast and shock waves.	

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2007)

3.1.5.4 Jet Fire คือ การติดไฟจากก๊าซที่รั่วจากท่อหรือถัง แล้วติดไฟออกมาเป็นลำเพลิง ทำให้มีรังสีความร้อนออกไปโดยรอบตราบเท่าที่ไฟติดอยู่ และความร้อนจะคงอยู่ตราบที่ไฟยังติดอยู่ ดังนั้น อันตรายจะเกิดจากความร้อน และช่วงเวลาที่ได้รับผลของความร้อนต่อมนุษย์แสดงดังตารางที่ 4

3.1.5.5 Fireball ที่เกิดจากการระเบิดแบบ Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) จะเกิดเมื่อมีการติดไฟอย่างรวดเร็วหลังการแตก ซึ่งมักเกิดกับการระเบิด หรือแตกของถังก๊าซที่ถูกความร้อนโหมโดยรอบจนโลหะเสื่อมสภาพหรือแตกเพราะแรงดันก๊าซที่ร้อนในถัง

โปรแกรม ALOHA จะแสดงผลพื้นที่ที่เกิดรังสีความร้อนของ Jet Fire และ Fireball 3 พื้นที่ ได้แก่

- แดง เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน 10 kW/m2 ซึ่งอาจทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 60 วินาที
- ส้มเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน 5 kW/m2 ซึ่งอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บจากไฟไหม้ระดับที่ 2(2nd degree Burn) ภายใน 60 วินาที
- เหลืองเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน 2 kW/m2 ซึ่งอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บเล็กน้อยภายใน 60 วินาที

ผลกระทบของรังสีความร้อน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สัมผัส การสัมผัสระดับรังสีความร้อนในระยะเวลานาน ถึงแม้จะเพียงเล็กน้อย ก็อาจมีผลกระทบทางสรีรวิทยาร้ายแรง ผลประเมินที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสดงโดย ALOHA เป็นตัวแทนของรังสีความร้อน ที่บ่งบอกถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ที่สัมผัส แต่สามารถที่จะหาที่หลบภัยภายในหนึ่งนาที

ระยะเวลาที่สอดคล้องกับการบาดเจ็บหรือแผลไหม้ระดับที่สอง (2nd Degree Burns) อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ ผลกระทบดังกล่าวข้างต้นพบบนผิวเปลือยที่ได้รับการสัมผัสโดยตรงกับรังสีความร้อน เสื้อผ้าบางชนิดที่สามารถทำหน้าที่เป็นป้องกันกับความร้อนและรังสีสามารถส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่สัมผัส แต่ระยะเวลาการสัมผัสควรจะให้น้อยที่สุดแม้ จะอยู่ในที่ระดับของรังสีความร้อนต่ำ รังสีความร้อนและเกณฑ์การบาดเจ็บมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รังสีความร้อนและเกณฑ์การบาดเจ็บ

Radiation Intensity (kW/m2)	Time for Severe Pain (s)	Time for 2nd Degree Burns (s)
1	115	663
2	45	187
3	27	92
4	18	57
5	13	40
6	11	30
8	7	20
10	5	14
12	4	11

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2007)

ชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย (Hazardous fragments) หนึ่งในอันตรายที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิด ในการระเบิดแต่ละครั้ง จะมีเศษชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย ที่เกิดจาก คลื่นความดันของการระเบิด ของ โดยชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย จะมาจาก 2 แหล่งหลัก ๆ ได้แก่ เศษภาชนะ และเศษขยะจากพื้นที่โดยรอบ โดย ALOHA จะไม่จำลองภัยผลการประเมินชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย

ถ้ามีแนวโน้มที่จะเกิดการระเบิดขึ้น จะต้องตระหนักถึงชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย และใช้ความระมัดระวังในการป้องกันเศษชิ้นส่วนที่อาจทำให้เสียชีวิตได้ ทั้งนี้ แรงระเบิดและความดันอากาศสูงอาจทำให้มีชิ้นส่วนที่เป็นอันตรายบางอย่าง มีผลกระทบเกินจากพื้นที่ที่คาดการณ์ไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สภาพปัจจุบันของระบบทางพิเศษ

ทางพิเศษที่เปิดบริการ

ปัจจุบันการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้ก่อสร้างทางพิเศษและเปิดให้บริการแล้ว 7 สายทาง และทางเชื่อมต่อทางพิเศษ 3 แห่ง รวมระยะทาง 207.9 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครปริมณฑลและจังหวัดใกล้เคียง รายละเอียดของทางพิเศษสายต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1. ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ระยะทางรวม 27.1 กิโลเมตร ประกอบด้วย

- สายดินแดง-ท่าเรือ ระยะทาง 8.9 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 29 ตุลาคม 2524
- บางนา-ท่าเรือ ระยะทาง 7.9 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 17 มกราคม 2526
- สายดาวคะนอง-ท่าเรือ ระยะทาง 10.3 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 5 ธันวาคม 2530

การปรับปรุงแก้ไขทางขึ้น-ลง ทางพิเศษเฉลิมมหานคร เพิ่มเติม 3 บริเวณ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ ได้แก่ บริเวณทางแยกต่างระดับคลองเตย เปิดให้บริการ 19 เมษายน 2539

- บริเวณสุขุมวิท เปิดให้บริการ 7 พฤศจิกายน 2539
- บริเวณถนนเพชรบุรี เปิดให้บริการ 15 กุมภาพันธ์ 2540

2. ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ระยะทางรวม 38.4 กิโลเมตร ประกอบด้วย

- ส่วน A เริ่มจากถนนรัชดาภิเษกผ่านทางแยกต่างระดับพญาไทถึงถนนพระราม 9 ระยะทาง 12.4 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 2 กันยายน 2536

- ส่วน B สายหลัก มีแนวเชื่อมต่อกับส่วนเอที่บริเวณทางแยกต่างระดับพญาไท แล้วไปเชื่อมต่อกับทางพิเศษ เฉลิมมหานครที่บริเวณบางโคล่ ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 6 ตุลาคม 2539

- ส่วน C เชื่อมกับทางพิเศษส่วน A โดยเริ่มจากถนนรัชดาภิเษกถึงถนนแจ้งวัฒนะ ระยะทาง 8.0 กิโลเมตร เปิด ให้บริการ 2 กันยายน 2536

- ส่วน D เริ่มจากถนนพระราม 9 ถึงถนนศรีนครินทร์ ระยะทาง 8.6 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 1 เมษายน 2543

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา - อาจณรงค์)

มีจุดเริ่มต้นจากถนนรามอินทรา กิโลเมตรที่ 5.5 ถึงอาจณรงค์ ระยะทาง 18.7 กิโลเมตร โดยมีถนนประดิษฐ์-มนูธรรมขนานขนาบจากรามอินทราไปถึงเอกมัย ทางพิเศษฉลองรัชได้เปิดให้บริการตลอดสาย เมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2539

4. ทางพิเศษบูรพาวิถี (ทางด่วนสายบางนา - ชลบุรี)

ทางพิเศษบูรพาวิถี มีระยะทาง 55.0 กิโลเมตรมีจุดเริ่มต้นที่ บริเวณบางนา-ตราด (กม. 2+500) ไปถึงชลบุรี (กม.55+ 350) เปิดให้บริการตลอดสายเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2543

5. ทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน - ปากเกร็ด)

ระยะทางรวม 32 กิโลเมตร มีจุดเริ่มต้นจากถนนแจ้งวัฒนะ-บางไทร โดยระยะที่ 1 จากถนนแจ้งวัฒนะ-เชียงราก และต่อเชื่อมกับถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ระยะทาง 22 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 2 ธันวาคม 2541 และ ระยะที่ 2 จากเชียงราก-บางไทร ระยะทาง 10 กิโลเมตร เปิดให้บริการ 1 พฤศจิกายน 2542

6. โครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 3 สายใต้ ตอน S1

มีจุดเริ่มต้นจากปลายทางพิเศษฉลองรัชและซ้อนทับไปตามแนวทางพิเศษเฉลิมมหานครจากทางแยกต่างระดับอาจณรงค์เชื่อมต่อกับทางพิเศษบูรพาวิถี ระยะทาง 4.7 กิโลเมตร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2548

7. โครงการทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์

มีแนวสายทางต่อเชื่อมกับทางหลวงวงแหวนกาญจนาภิเษกด้านใต้ ช่วงถนนพระรามที่ 2-ถนนสุขสวัสดิ์ เริ่มต้นจากถนนสุขสวัสดิ์บริเวณพระประแดงข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาไปทางทิศตะวันออกผ่านถนนสุขุมวิท ถนนศรีนครินทร์ และถนนเทพารักษ์ ไปบรรจบกับทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา-บางปะกง) บริเวณบางพลี ระยะทาง 22.50 กิโลเมตร เปิดให้บริการโดยยกเว้นการจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษชั่วคราว ในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2550 และเปิดให้บริการโดยจัดเก็บค่าผ่านทาง (ช่วงบางพลี-สุขสวัสดิ์) ในวันที่ 23 มีนาคม 2552 (ส่วนช่วงสุขสวัสดิ์-บางขุนเทียน เป็นของกรมทางหลวง ซึ่งปัจจุบันได้ยกเว้นการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. โครงการทางพิเศษสายรามอินทรา-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร

แนวสายทางเริ่มต้นเชื่อมต่อกับทางพิเศษฉลองรัชบริเวณรามอินทราไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจนถึงถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 9.50 กิโลเมตร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2552 นอกจากนี้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้ดำเนินการก่อสร้างทางเชื่อมต่อทางพิเศษ 3 แห่ง ดังนี้

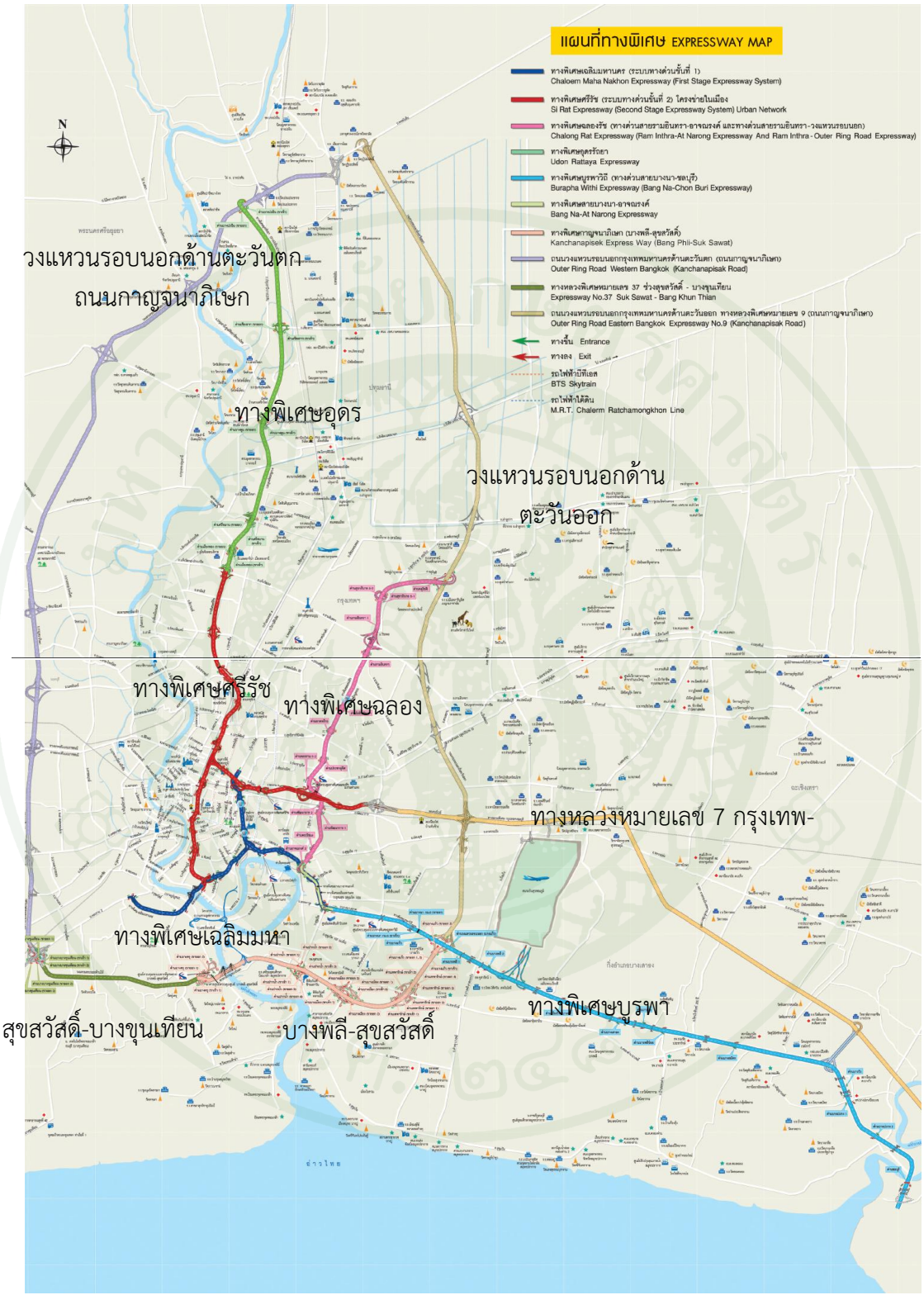
- ทางยกระดับด้านทิศใต้สนามบินสุวรรณภูมิ เชื่อมทางพิเศษบูรพาวิถี มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางพิเศษบูรพาวิถี และอำนวยความสะดวกในการเดินทางสู่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิด้วยระบบโครงข่ายทางพิเศษ เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2552

- ทางเชื่อมต่อทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) กับทางพิเศษบูรพาวิถี มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อเส้นทางคมนาคมของทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) กับทางพิเศษบูรพาวิถี และถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันออกให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม 2552

- ทางเชื่อมต่อเฉลิมราชดำริ 84พรรษา (ทางเชื่อมต่อทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) กับถนนวงแหวนอุตสาหกรรม) มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมโครงข่ายการจราจรทางด้านทิศใต้ของกรุงเทพมหานครให้สมบูรณ์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาความคับคั่งของการจราจร อีกทั้งเป็นการส่งเสริมการให้บริการทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพครอบคลุมการเดินทางมากขึ้น เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2554

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาทางพิเศษที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังนั้น จึงเป็นการศึกษาเส้นทางพิเศษ 3 เส้นทางหลัก ได้แก่ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทางพิเศษฉลองรัช(ทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์) โดยมีแผนที่ ดังภาพที่ 3-4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 แผนที่ทางพิเศษรวมทั้งหมด

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 แผนที่ทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร

เดือน	ปริมาณรถ							
	4 ล้อ		6 - 10 ล้อ		มากกว่า 10 ล้อ		รวม	
	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน
มกราคม	5,293,167	170,747	57,662	1,860	7,707	249	5,358,536	172,856
กุมภาพันธ์	4,912,271	175,438	58,881	2,103	7,325	262	4,978,477	177,803
มีนาคม	5,547,564	178,954	67,436	2,175	8,087	261	5,623,087	181,390
เมษายน	4,802,686	160,090	57,683	1,923	7,276	243	4,867,645	162,255
พฤษภาคม	5,337,820	172,188	64,858	2,092	8,445	272	5,411,123	174,552
มิถุนายน	5,411,619	180,387	64,408	2,147	8,085	270	5,484,112	182,804
กรกฎาคม	5,607,147	180,876	66,494	2,145	8,088	261	5,681,729	183,282
สิงหาคม	5,740,575	185,180	67,731	2,185	8,561	276	5,816,867	187,641
กันยายน	5,474,560	182,485	64,584	2,153	7,824	261	5,546,968	184,899
ตุลาคม	5,559,057	179,324	59,306	1,913	8,745	282	5,627,108	181,520
พฤศจิกายน	5,584,563	186,152	64,528	2,151	9,261	309	5,658,352	188,612
ธันวาคม	5,270,212	170,007	58,260	1,879	8,871	286	5,337,343	172,172
รวม	**64,541,241**	**-**	**751,831**	**-**	**98,275**	**-**	**65,391,347**	**-**
เฉลี่ย / วัน	**-**	**176,819**	**-**	**2,061**	**-**	**269**	**-**	**179,149**

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษศรีรัช

เดือน	ปริมาณรถ							
	4 ล้อ		6 - 10 ล้อ		มากกว่า 10 ล้อ		รวม	
	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน
มกราคม	20,088,111	648,004	318,112	10,262	25,664	828	20,431,887	659,093
กุมภาพันธ์	18,474,009	659,786	317,312	11,333	23,498	839	18,814,819	671,958
มีนาคม	21,310,240	687,427	357,845	11,543	27,865	899	21,695,950	699,869
เมษายน	18,501,583	616,719	308,087	10,270	23,812	794	18,833,482	627,783
พฤษภาคม	20,125,248	649,202	333,392	10,755	26,657	860	20,485,297	660,816
มิถุนายน	19,788,356	659,612	326,346	10,878	24,627	821	20,139,329	671,311
กรกฎาคม	20,238,083	652,841	336,079	10,841	24,824	801	20,598,986	664,483
สิงหาคม	20,663,803	666,574	347,661	11,215	24,650	795	21,036,114	678,584
กันยายน	19,513,337	650,445	325,438	10,848	23,013	767	19,861,788	662,060
ตุลาคม	20,285,859	654,383	296,356	9,560	23,534	759	20,605,749	664,702
พฤศจิกายน	19,791,520	659,717	309,594	10,320	23,846	795	20,124,960	670,832
ธันวาคม	18,751,624	604,891	266,348	8,592	22,842	737	19,040,814	614,220
รวม	237,531,773	-	3,842,570	-	294,832	-	241,669,175	-
เฉลี่ย / วัน	-	650,800	-	10,535	-	808	-	662,143

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณรถปี 2556 ที่เดินทางบนทางพิเศษฉลองรัช

เดือน	ปริมาณรถ							
	4 ล้อ		6 - 10 ล้อ		มากกว่า 10 ล้อ		รวม	
	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน	รวม	เฉลี่ย / วัน
มกราคม	11,215,858	361,802	302,688	9,764	60,984	1,967	11,579,530	373,533
กุมภาพันธ์	10,318,914	368,533	285,779	10,206	54,926	1,962	10,659,619	380,701
มีนาคม	11,605,717	374,378	323,079	10,422	62,479	2,015	11,991,275	386,815
เมษายน	10,168,097	338,937	278,943	9,298	58,328	1,944	10,505,368	350,179
พฤษภาคม	10,983,840	354,317	307,019	9,904	65,251	2,105	11,356,110	366,326
มิถุนายน	10,881,114	362,704	301,506	10,050	61,640	2,055	11,244,260	374,809
กรกฎาคม	11,127,805	358,961	306,900	9,900	62,023	2,001	11,496,728	370,862
สิงหาคม	11,323,997	365,290	314,876	10,157	63,903	2,061	11,702,776	377,509
กันยายน	10,688,889	356,296	294,807	9,827	57,797	1,927	11,041,493	368,050
ตุลาคม	11,119,756	358,702	296,178	9,554	60,691	1,958	11,476,625	370,214
พฤศจิกายน	10,848,288	361,610	305,714	10,190	62,660	2,089	11,216,662	373,889
ธันวาคม	10,519,249	339,331	281,724	9,088	58,596	1,890	10,859,569	350,309
รวม	130,801,524	-	3,599,213	-	729,278	-	135,130,015	-
เฉลี่ย / วัน	-	358,405	-	9,863	-	1,998	-	370,266

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 สถิติอุบัติเหตุบนทางพิเศษ ตั้งแต่ปี 2548-2556

ปี	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	จำนวนรถที่เกิดอุบัติเหตุ (คัน)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)
2548	1,226	1,946	535	17
2549	1,161	1,808	513	14
2550	1,151	1,723	401	12
2551	1,054	1,736	439	10
2552	998	1,645	552	15
2553	1,145	1,878	573	20
2554	1,408	2,408	615	23
2555	1,514	2,568	615	15
2556	1,712	2,675	609	16
เฉลี่ย/ปี	**1,263**	**2,090**	**539**	**16**

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ตารางที่ 9 สถิติอุบัติเหตุบนทางพิเศษปี 2556

เดือน	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)	จำนวนรถที่เกิดอุบัติเหตุ (คัน)
ม.ค.-56	155	39	0	227
ก.พ.-56	139	84	1	197
มี.ค.-56	154	54	2	256
เม.ย.-56	108	36	1	145
พ.ค.-56	134	35	1	220
มิ.ย.-56	149	52	1	219
ก.ค.-56	121	49	1	195
ส.ค.-56	153	56	2	242

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

เดือน	จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)	จำนวนรถที่เกิดอุบัติเหตุ (คัน)
ก.ย.-56	154	43	4	245
ต.ค.-56	114	57	0	195
พ.ย.-56	118	60	1	226
ธ.ค.-56	108	53	4	205
รวม	**1,607**	**618**	**18**	**2,572**
เฉลี่ย/เดือน	**133.92**	**51.50**	**1.50**	**214.33**
เฉลี่ย/วัน	**4.40**	**1.69**	**0.05**	**7.05**

ที่มา: ทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.1 คอมพิวเตอร์intel® Core i5-2410M Processor CPU 2.30 GHz1 ชุด สำหรับรวบรวมข้อมูล

1.2 โปรแกรม ALOHA Version 5.4.4

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) คือโปรแกรมที่ใช้ในการจำลอง เพื่อประมาณการพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเกี่ยวเนื่องกับสารเคมีอันตราย ได้แก่พื้นที่ที่มีการฟุ้งกระจายของหมอกพิษ ไฟไหม้ และการระเบิด โดยแสดงพื้นที่มีผลกระทบกับผู้สัมผัสโดยตรงเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดย Office of Emergency Management และEmergency Response Division, US Environment Protection

1.3 โปรแกรม Google Earth Version 7.1.1.1888

Google Earth เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยบริษัทกูเกิล สำหรับการใช้ดูภาพถ่ายทางอากาศพร้อมทั้งแผนที่ เส้นทาง และผังเมืองซ้อนทับลงในแผนที่

1.4 โปรแกรม Google SketchUp Version 8.0.16846

Google SketchUp เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุ 3 มิติ ใช้ในงานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม ออกแบบ ทำงานผ่านระบบ 2 มิติ ออกแบบโดยบริษัท @Last Software ในปัจจุบันบริษัทกูเกิล ได้ซื้อซอฟต์แวร์ และมีการเชื่อมต่อโมเดลของ SketchUp ให้ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Google Earth

วิธีการ

1. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์การรั่วไหลของก๊าซพิษ จากอุบัติเหตุบนทางพิเศษ ที่อยู่ใกล้สถาบันอุดมศึกษา ได้แก่ ข้อมูลแสดงสถานที่ตั้งของสถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ใกล้ทางพิเศษ ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลรถขนส่งก๊าซแอลพีจี ข้อมูลการประเมินการเกิดเหตุรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดของก๊าซแอลพีจีจากโปรแกรม ALOHA และข้อมูลการจำลองในสถานที่จริงโดยใช้โปรแกรม Google Earth

1.1 การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถาบันอุดมศึกษา ที่มีสถานที่ตั้งใกล้ทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในเขตกรุงเทพมหานคร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการรวบรวมสถาบันอุดมศึกษา ที่อยู่ในพื้นที่ใกล้ทางพิเศษ ใช้วิธีนำที่ตั้งของสถาบันอุดมศึกษา ทั้งหมด มาจำลองในแผนที่ทางพิเศษ โดยสถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครทั้งหมด 74 แห่งดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
1	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
2	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	119 ถนนพระราม 4 คลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110
3	มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	10 ถนน เลียบคลองทวีวัฒนา แขวง ทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170
4	มหาวิทยาลัยเกริก	3 ซอยรามอินทรา 1 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
5	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
6	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	1761 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร
7	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า	60 ถนนร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
8	มหาวิทยาลัยคริสเตียน ศูนย์ศึกษาสยามคอมเพล็กซ์ กรุงเทพ	328 อาคารสภาคริสตจักรในประเทศไทย ถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
9	มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น	1110 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
10	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
11	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน	83 หมู่ 8, ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล, แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150
12	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
13	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
14	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120
15	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจักรพงษภูวนารถ	122 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
16	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย	225 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10310
17	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
18	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	264 ถนน จักรวรรดิ์ แขวง จักรวรรดิ์ เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร 10100
19	มหาวิทยาลัยธนบุรี	6/248 ถนน เพชรเกษม 110 แขวง หนองค้างพลู เขต หนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160
20	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	2 ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
21	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
22	มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช	131/1 ถนนขาว แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
23	มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ	6 ซอย ทหารอากาศเขต สายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
24	มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด ศูนย์วิทยบริการ	16 ถนนสายมอเตอร์เวย์ (กม.2) ประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250
25	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย	3 แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
26	มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย	วัดบวรนิเวศวิหาร ถนนพระสุเมรุ แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
27	มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์	272 พระรามที่ 6 แขวง ทุ่งพญาไท เขต ราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
28	มหาวิทยาลัยรังสิต ศูนย์วิภาวดี	อาคาร TST TOWER ชั้น 21 - 22 เลขที่ 21 ถนนวิภาวดีรังสิต ซอย 9 แขวง จอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพ ฯ 10900

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
29	มหาวิทยาลัยรังสิต ศูนย์สาธรธานี	90/9-17 อาคาร สาธรธานี 1 ชั้น 6-8 ถนน สาทรเหนือ แขวง สีลม เขต บางรัก กรุงเทพมหานคร 10500
30	มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต	306 ซอยลาดพร้าว 107 คลองจั่น บางกะปี กรุงเทพมหานคร 10240
31	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	39/1 ถนนรัชดาภิเษก แขวงจันทรเกษม เขต จตุจักร กรุงเทพมหานคร10900
32	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี	172 ถนนอิสรภาพ แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
33	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	1061 ซอยอิสรภาพ15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
34	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
35	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	295 ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต รุงเทพมหานคร 10300
36	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
37	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
38	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	114 ซอยสุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
39	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	2410/2 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
40	มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาคารพญาไท	อาคารเอสเอ็มทาวเวอร์ ชั้น 17 ถนนพหลโยธิน สามเสนใน พญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
41	มหาวิทยาลัยศิลปากร	31 ถนนหน้าพระลาน แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
42	มหาวิทยาลัยสยาม	235 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร
43	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	126 / 1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
44	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติวิทยาเขตยศเส	120 ถนนอนันตนาค แขวงป้อมปราบ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพ 10100
45	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	592 ซอยรามคำแหง 24 แขวงหัวหมาก เขตบางกระปิ กรุงเทพมหานคร 10240
46	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	19/1 ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160
47	วิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ	489 ถนน ประชาพัฒนาเขตลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520
48	วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนามหาวิทยาลัยทักษิณ	133 อาคารซีโนบริต ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสามเสนใน เขตพญาไทยกรุงเทพ 10310
49	วิทยาลัยชุมชนกรุงเทพ (โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร)	4095/26 ซอยประชาสงเคราะห์ 17 ถนนประชาสงเคราะห์ เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
50	วิทยาลัยเซนต์หลุยส์	215 ถนน สาทรใต้ แขวง ยานนาวา เขต สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
51	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก	298 ถนนสรรพาวุธ แขวง/เขต บางนา กรุงเทพมหานคร 10260
52	วิทยาลัยดุสิตธานี	1 ซอยแก่นทอง ถนนศรีนครินทร์ แขวงหนองบอน เขต ประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250
53	วิทยาลัยทองสุข	99/79 บรมราชชนนี แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170
54	วิทยาลัยเทคโนโลยีมิตรพลบริหารธุรกิจ	111 ซอยเจริญรัถ 30 ถนนเจริญรัถ แขวงคลองต้นไทร เขต คลองสาน กรุงเทพมหานคร 10600
55	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม	ถนน จรัญสนิทวงศ์ แขวง วัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600
56	วิทยาลัยนานาชาติเซนต์เทราซา วิทยาเขตสุรวงศ์	141/53-4 อาคารสกุลไทย, สุรวงศ์, แขวงสุริยวงศ์ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร, 10500
57	วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร	64 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร10400

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
58	วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก	317/6 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
59	วิทยาลัยพยาบาลกองทัพเรือ	504/57 ถนนสมเด็จพระเจ้าตากสิน แขวงบุคคโล เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
60	วิทยาลัยพยาบาลทหารอากาศ	171/2 หมู่ที่2 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
61	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ	2/1 ถนนพญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
62	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นพรัตน์วชิระ	109/1 ถนนรามอินทรา กม.12 เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร 10230
63	วิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต	อาคารสถาบันร่วมผลิตแพทย์ ฯ ชั้น 3 ถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
64	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า	315 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
65	สถาบันการบินพลเรือน	1032/355 ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
66	สถาบันดนตรีกัลยาณิวัฒนา	2010 อรุณอมรินทร์ 36 บางยี่ขัน บางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700
67	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	เลขที่ 1771/1 ซอย พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
68	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	833 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
69	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
70	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
71	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	118 หมู่ที่ 3 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
72	สถาบันบัณฑิตศึกษาจุฬาภรณ์	54 ถนนกำแพงเพชร 6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ที่อยู่
73	สถาบันรัชต์ภาคย์	68 ซอย รามคำแหง 21แขวง พลับพลา เขต วังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310
74	สถาบันอาศรมศิลป์	เลขที่ 399 ซอยอนามัยงามเจริญ 25แขวงท่าข้าม กรุงเทพมหานคร 10150

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา 2014 , วิกิพิเดีย. 2014

1.2 การรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศ ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้งานบริการข้อมูล กลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลในปี 2556 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมินในโปรแกรม ALOHA ประกอบไปด้วยข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพการปกคลุมของเมฆ และความเร็วลม ดังตารางที่ 11-13

ตารางที่ 11 ข้อมูลสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร

CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 2013-2013				
Station	BANGKOK METROPOLIS	Elevation of station above MSL	3.01	Meters
Index Station	48455	Height of barometer above MSL	4.27	Meters
Latitude	13° 43' 35.0" N	Height of Thermometer above ground	1.25	Meters
Longitude	100° 33' 36.0" E	Height of wind vane above ground	10	Meters
		Height of rainguage	0.87	Meters

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา 2014

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ข้อมูลอุณหภูมิปี 2556

	Temperature(Celsius)				
Elements	Mean Max.	Ext.Max.	Mean Min.	Ext.Min.	Mean
N-Years	1	1	1	1	1
JAN	33.1	35.2	23.9	21.7	27.9
FEB	34.7	37.1	26.2	23.9	29.7
MAR	35.6	40.1	27.3	23	30.2
APR	36.3	39.5	27.8	24.1	31
MAY	**36.5**	39.4	27.8	25.1	31.2
JUN	34.1	37.1	26.5	25	29.1
JUL	33	36.2	26.1	25	28.5
AUG	33.9	35.3	26	24.2	28.7
SEP	32.7	36.9	25.6	23.6	28.1
OCT	32.9	35.7	25.3	23.3	28.3
NOV	33.3	35.9	25.3	23.4	28.4
DEC	30.8	34	21.1	17.8	25.2
Annual	33.9	40.1	25.7	17.8	28.9

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา 2014

ตารางที่ 13 ข้อมูล ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพการปกคลุมของเมฆ และความเร็วลม ปี 2556

	Relative Humidity (%)				Cloud Amount(1-10)	Wind (Knots)		
Elements	Mean	Mean Max.	Mean Min.	Ext. Min.	Mean	Prev. Wind	Mean	Max.
N-Years	1	1	1	1	1	1	1	1
JAN	67	83	48	34	**5**	SE	1.4	15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

	Relative Humidity (%)				Cloud Amount(1-10)	Wind (Knots)		
Elements	Mean	Mean Max.	Mean Min.	Ext. Min.	Mean	Prev. Wind	Mean	Max.
N-Years	1	1	1	1	1	1	1	1
FEB	70	86	51	38	**6**	S	1.8	15
MAR	73	87	53	24	**5**	S	2.2	16
APR	71	87	51	34	**6**	SW	2.3	20
MAY	72	89	54	41	**7**	S	2.3	16
JUN	80	93	63	47	**8**	SW	1.9	16
JUL	79	91	65	52	**8**	SW	2.3	22
AUG	79	92	62	53	8	SW	2.1	16
SEP	83	94	67	47	8	S	2.2	16
OCT	79	92	62	47	7	E	1.6	15
NOV	73	86	58	38	6	E	1.7	14
DEC	**63**	79	46	33	**5**	E	1.8	12
Annual	74.2	88.3	56.5	24	6.6	-	**2**	22

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา 2014

จากตารางที่ 12-14 ผู้วิจัย เลือกใช้อุณหภูมิ 36.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงที่สุดในปี 2556 ความชื้นสัมพัทธ์ 63% เนื่องจากเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่น้อยที่สุด ความปกคลุมของเมฆระดับที่ 5 และความเร็วลมที่ 2 น๊อต เป็นสถานการณ์จำลองในโปรแกรม ALOHA เพื่อให้มีการปประเมินสภาวะที่เลวร้ายที่สุด

1.3 ข้อมูลรถขนส่งก๊าซแอลพีจี

ผู้วิจัย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลรถขนส่งก๊าซแอลพีจี จากกรมธุรกิจพลังงาน โดยแบ่งตามบริษัท/ห้างหุ้นส่วนที่ขึ้นทะเบียน และแบ่งตามถังบรรจุที่ขึ้นทะเบียน ดังตารางที่ 14-15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 จำนวนรถบรรทุกก๊าซแอลพีจีที่ขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงาน

บริษัท/ห้างหุ้นส่วน	จำนวนรถขนส่งที่ขึ้นทะเบียน	หมายเหตุ
1. บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน)	1	
2. บริษัท เอส ซี แคริเออร์ จำกัด	175	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง ปตท.จำกัด (มหาชน)
3. บริษัท เคมิคัลส์แก๊ส ขนส่ง	85	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง ยูนิคแก๊สฯ
4. บริษัท ไพรด์ โลจีสติค จำกัด	54	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
5.บริษัท รุ่งพัฒนาทรานสปอร์ต จำกัด	3	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
6. บริษัท จี แก๊ส โลจิสติกส์ จำกัด	3	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
7. บริษัท ดี รี ไซคลิ่ง จำกัด	1	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
8. บริษัท สหผลทรานสปอร์ต จำกัด	4	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
9. บริษัท โทลล์ (ไทยแลนด์) จำกัด	3	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง เวิลด์แก๊สฯ
10. บริษัท ลัคกี้แคร์ริเออร์ จำกัด	121	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง สยามแก๊สฯ
11. บริษัท วิภาแก๊ส จำกัด	1	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง สยามแก๊สฯ
12. ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิจสมรบริการก๊าซ	1	รถขนส่งก๊าซตัวแทนค้าต่าง สยามแก๊สฯ
รวม	452	

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน 2014

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 จำนวนรถบรรทุกก๊าซแอลพีจีที่ขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงาน แบ่งตามความจุของถัง

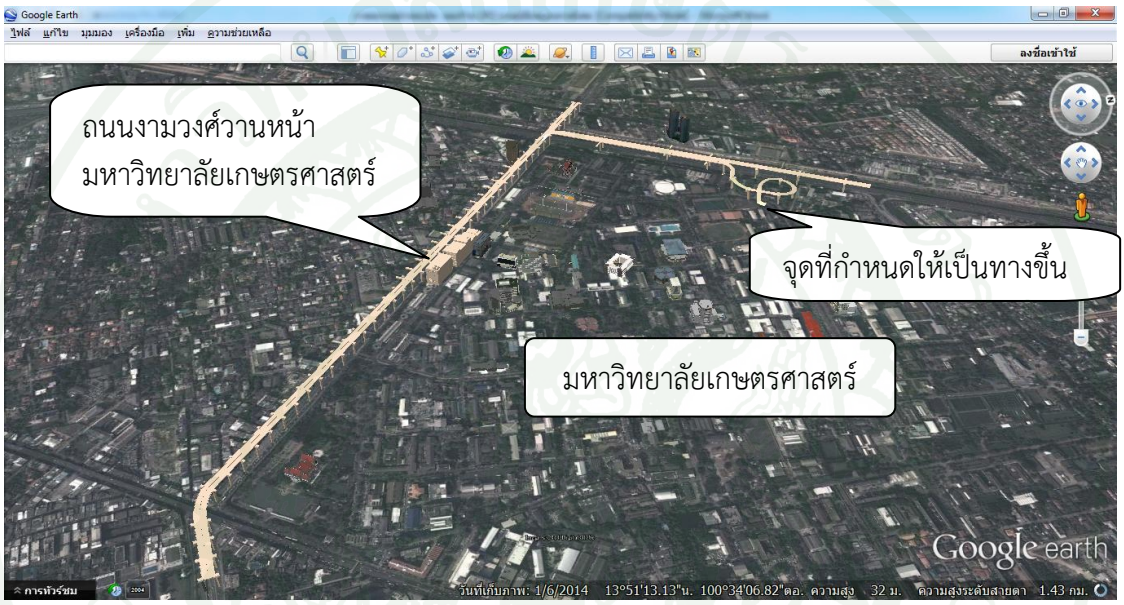
บริษัท/ห้างหุ้นส่วน	จำนวนรถที่ขึ้นทะเบียน แบ่งตามความจุของถัง (ลิตร)								รวม (คัน)
	<10,000	10,001-15,000	15,001-17,790	17,800	17,801-20,000	20,001-25,000	25,001-30,000	>30,000	
1. บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2. บริษัท เอส ซี แคริเออร์ จำกัด	0	0	2	35	30	0	0	108	175
3. บริษัท เคมิคัลส์แก๊ส ขนส่ง	3	0	24	36	1	4	0	17	85
4. บริษัท ไพรด์ โลจีสติค จำกัด	11	0	0	18	7	0	0	18	54
5. บริษัท รุ่งพัฒนาทรานสปอร์ต จำกัด	0	0	0	3	0	0	0	0	3
6. บริษัท จี แก๊ส โลจิสติกส์ จำกัด	0	0	1	2	0	0	0	0	3
7. บริษัท ดี รี ไซคลิ่ง จำกัด	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8. บริษัท สหผลทรานสปอร์ต จำกัด	0	0	0	4	0	0	0	0	4
9. บริษัท โทลล์ (ไทยแลนด์) จำกัด	1	1	1	0	0	0	0	0	3
10. บริษัท ลัคกี้แคร์ริเออร์ จำกัด	13	5	6	23	19	10	0	45	121
11. บริษัท วิภาแก๊ส จำกัด	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12. ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิจสมรบริการก๊าซ	0	0	0	1	0	0	0	0	1
รวม	28	6	35	123	58	14	0	188	452

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน 2014

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การสร้างทางพิเศษจำลองหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากประวัติการศึกษาพื้นที่เพื่อสร้างทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย พบว่าเคยมีการศึกษาโครงการทางด่วนขั้นที่ 3 สายเหนือ ซึ่งเริ่มต้นจาก ทางพิเศษศรีรัช มาตามถนนรัตนาธิเบศร์ ผ่านแครายไปตามถนนงามวงศ์วานถึงแยกเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาและประเมินผลกระทบเพิ่มเติม กรณีที่มีการสร้างทางด่วนขั้นที่ 3 สายเหนือจริงดังนั้น จึงได้มีการจำลองรูปแบบทางด่วนที่ผ่านมหาวิทยาลัยเกษตรโดยเฉพาะถนนงามวงศ์วานช่วงที่ผ่านหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพจำลองรูปแบบทางด่วนขั้นที่ 3 สายเหนือที่ตัดผ่านถนนหน้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การกำหนดตัวแปรในการทดลองกรณี เกิดการรั่วไหล และการเกิดเพลิงไหม้ในแบบต่าง ๆ ใช้สถานการณ์จำลองในสภาพภูมิอากาศและคุณสมบัติของสารเคมีที่อยู่ในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด ดังนี้

3.1 ก๊าซแอลพีจีที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยปัจจุบันเป็นการผสมก๊าซโพรเพนและบิวเทนในอัตราส่วน 70/30 หรือ 60/40 แล้วแต่กรณี ในกรณีที่นำสารเคมีเข้าไปใช้ในการประเมินในโปรแกรม ALOHA ทางผู้วิจัยเลือกใช้ก๊าซโพรเพนเป็นตัวแทนในการประเมิน เนื่องจากส่วนประกอบหลัก และยังมีความหนาแน่นน้อยกว่า เมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซ โพรเพนจึงเป็นก๊าซที่รั่วออกมาก่อน นอกจากนี้ยังมีอัตราการขยายตัวมากกว่าก๊าซบิวเทน ทำให้ความรุนแรงในการระเบิดมีมากกว่า และเลือกประเมินขนาดบรรจุ 17,800 ลิตร เนื่องจากมีจำนวนในการขอขึ้นทะเบียนกับกรมธุรกิจพลังงานมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การตั้งค่าตัวแปรทางด้านบรรยากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศ ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้งานบริการข้อมูล กลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลในปี 2556

3.2.1 ทิศทางลมเป็นการใส่ทิศทางลมที่พัดเข้ามาสู่แหล่งกำเนิดก๊าซ ซึ่งข้อมูลทิศทางลมในปี 2556 ที่มีความถี่มากที่สุด ทิศทางลมพัดจากทิศใต้ค่อนไปทางตะวันตกแต่เนื่องจากทิศดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อบุคคลจึงบันอุดมศึกษา ดังนั้นในการกำหนดบันอุดมศึกษาที่ต้องการประเมิน โดยแต่ละสถานที่จะมีทิศทางลมจากทางพิเศษแตกต่างกัน

3.2.2 ความเร็วลม ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลความเร็วลมได้ใช้ข้อมูลความเร็วลม 2 น็อต จากตารางที่ 12 เนื่องจากเป็นความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี 2556 และเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถใส่ข้อมูลได้

3.2.3 ความระเกะระกะของพื้นที่ในกรณีศึกษานี้เป็นแบบ Urban or Forest คือ มีต้นไม้ใหญ่หรืออาคารอยู่ทั่วไป ตามสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษาซึ่งมีต้นและอาคารข้างเคียง

3.2.4 ระดับเฆมปกคลุม เพราะต้องนำไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมีซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา ในงานวิจัยนี้จึงเลือกระดับที่เฆมปกคลุมน้อย ตามข้อมูลในตารางที่ 12

3.2.5 อุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการกระจายของสารเคมี อุณหภูมิสูงทำให้การเกิดความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยเลือก ใช้อุณหภูมิสูงที่สุดของค่าเฉลี่ยปี 2556 คือ 36.5 องศาเซลเซียส ตามตารางที่ 12

3.2.6 เสถียรภาพของบรรยากาศ เช่น ในเวลาที่แดดจัด อุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดินจะสูง ทำให้เกิดกระแสลมบริเวณเหนือผิวดินขึ้นทำให้อากาศมีเสถียรภาพต่ำ ในกรณีเช่นนี้การกระจายของสารเคมีจะเพิ่มขึ้น แต่ระยะทางที่แพร่กระจายอาจต่ำลง (เพราะสารเคมีกระจายออกไปในระยะทางใกล้ๆ หมด) ปกติโปรแกรมอโลฮาจะทำนายเสถียรภาพของบรรยากาศให้เองจากข้อมูลที่กรอกมาแล้ว

3.2.7 ความชื้นสัมพัทธ์ โปรแกรมมีการจัดสภาพความชื้นให้เลือกใช้ได้ตามลักษณะภาพที่ปรากฏ เช่น ฝนตก แห้งแล้ง หรือกลาง ๆ เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้เลือกสภาพความชื้นที่ร้อยละ 63 เนื่องจากเป็นสภาพความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุดในปี 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลการประเมินอันตรายของก๊าซแอลพีจี โดยใช้โปรแกรม ALOHA

ผู้วิจัยเลือกก๊าซโพรเพน เป็นตัวแทนของก๊าซแอลพีจี ในการประเมินการการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้และระเบิด โดยสมมติเหตุการณ์ เกิดอุบัติเหตุรถบรรทุกขนาด 10 ล้อขนส่งก๊าซโพรเพน ขนาด 17,800 ลิตร เกิดอุบัติเหตุ บนทางพิเศษยกระดับ จนเป็นเหตุให้ถังบรรจุก๊าซโพรเพนเกิดการรั่วไหลและระเบิด ที่อุณหภูมิ 36.5 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2 น็อต ทิศทางลมพัดจากทิศใต้ค่อนไปทางตะวันตก ความชื้นสัมพัทธ์ 63% โดยใช้โปรแกรม ALOHA Version 5.4.4

ในการประเมินอันตรายของก๊าซโพรเพน ผู้วิจัยเลือกใช้การประเมินอันตรายจากถัง (Tank) ซึ่ง ALOHA สามารถจำลองได้ 3 รูปแบบ คือ

1. การรั่วไหล โดยที่ไม่เกิดเพลิงไหม้
2. การรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้
3. การระเบิดแบบ BLEVE

โดยการรั่วไหลและไม่เกิดเพลิงไหม้ สามารถจำลองพื้นที่ที่เป็นพิษของสารเคมี พื้นที่ที่มีไอระเหยไวไฟ และพื้นที่ที่ได้รับคลื่นความดันจากการระเบิดของไอระเหย

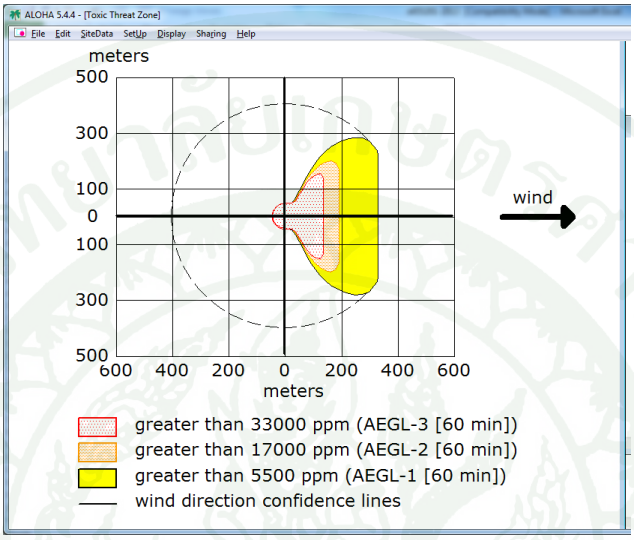
ส่วนการรั่วไหล และเกิดเพลิงไหม้ สามารถจำลองการเกิดเพลิงไหม้ จากถังตรงจุดที่เป็นรูเปิดพุ่งออกมา เรียกว่า Jet fire อันตรายหลักจากการเกิดไฟไหม้ทั้งแบบ Jet fire ประกอบไปด้วยรังสีความร้อน ควัน และสารพิษจากไฟไหม้ แต่ ALOHA สามารถจำลองอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น

BLEVE (การระเบิดเนื่องจากไอของของเหลวเดือด) เมื่อภาชนะบรรจุสูญเสียความแข็งแกร่งเนื่องจากโครงสร้างเนื้อโลหะถูกทำลายโดยสิ้นเชิง สามารถทำให้เกิด BLEVE ขึ้นได้ บางส่วนของสารเคมีที่ปล่อยออกมาจะเผาไหม้ในลักษณะลูกไฟ (Fireball) อันตรายหลักจากการเกิด BLEVE คือ รังสีความร้อน แรงดันเกิน ชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย ควัน และสารพิษจากไฟไหม้ แต่ ALOHA สามารถจำลองอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 ผลการประเมินอันตรายจากการรั่วไหล ก๊าซโพรเพนโดยใช้โปรแกรม ALOHA

1.1.1 ผลการประเมินการรั่วไหลของโพรเพนโดยไม่เกิดเพลิงไหม้ เกิดเป็นพื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย (Toxic area of the vapor cloud) ได้ผลตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Footprint พื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย (Toxic Area of the Vapor Cloud)

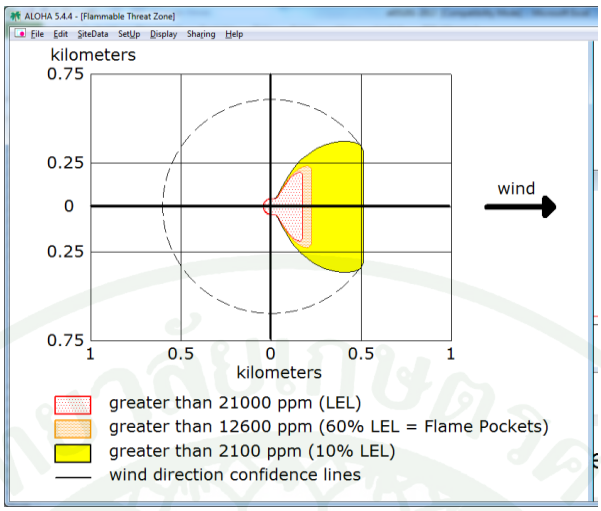
- สีแดง (ไม่ปรากฏใน Footprint) มีความเข้มข้นของโพรเพน มากกว่าหรือเท่ากับ 33,000 ppm มีระยะจากจุดเกิดเหตุ 135 เมตร

- สีส้ม มีความเข้มข้นของโพรเพน มากกว่าหรือเท่ากับ 17,000 ppm มีระยะจากจุดเกิดเหตุ 291 เมตร

- สีเหลือง มีความเข้มข้นโพรเพน มากกว่าหรือเท่ากับ 5,500 ppm มีระยะจากจุดเกิดเหตุ 329 เมตร

1.1.2 ผลการประเมินการรั่วไหลของโพรเพนโดยไม่เกิดเพลิงไหม้ เกิดเป็นพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ไวไฟของไอระเหย (Flammable Area of the Vapor Cloud) ได้ผลตามภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



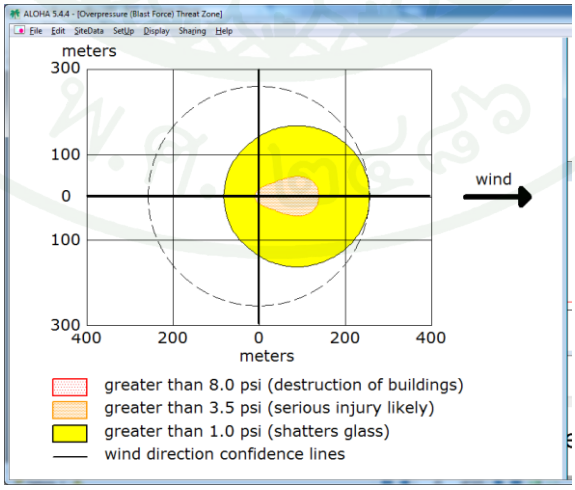
ภาพที่ 7 Footprint พื้นที่ไวไฟของไอระเหย (Flammable area of the vapor cloud)

- สีแดง อยู่ในระยะรัศมี 171 เมตรจากจุดรั่วไหล LEL โดยเป็นบริเวณที่มีไอระเหยเข้มข้นเข้มข้น 21,000 ส่วนในล้านส่วน หรือ 100% LEL

-สีส้มอยู่ในระยะรัศมี 222 เมตรจากจุดรั่วไหล โดยเป็นบริเวณที่มีไอระเหยเข้มข้นเข้มข้น 12,600 ส่วนในล้านส่วน หรือ 60% LEL

- สีเหลืองอยู่ในระยะรัศมี 512 เมตร ได้รับไอระเหยเข้มข้น 2,100 ส่วนในล้านส่วน หรือ 10% LEL

1.1.3 ผลการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน(overpressure or blast force) จากการระเบิดของไอระเหย ได้ผลตามภาพที่ 8

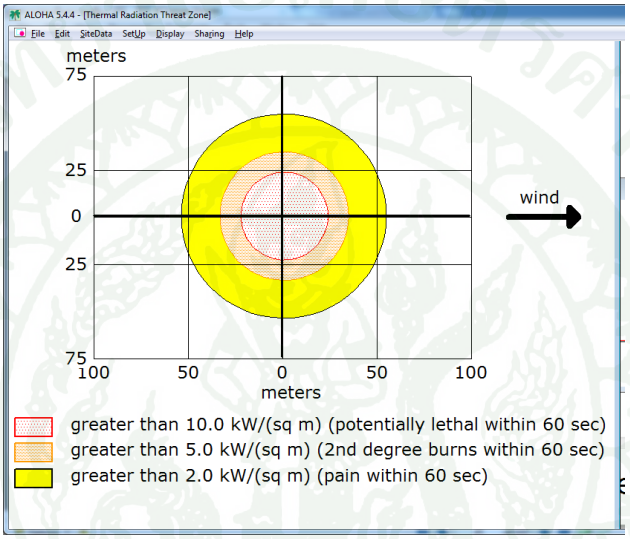


ภาพที่ 8 Footprint พื้นที่มีคลื่นความดัน (Overpressure or Blast force) จากการระเบิดของไอระเหย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- สีแดง ในการเกิดการระเบิดของไอระเหย ไม่มีพื้นที่ที่ก่อให้เกิดพื้นที่สีแดง
- สีส้มอยู่ในระยะรัศมี 140 เมตร มีแรงอัดอากาศ 3.5 psi โดยอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บสาหัสได้
- สีเหลืองอยู่ในระยะรัศมี 258 เมตร มีแรงอัดอากาศ 1 psi อาจทำให้กระจกหรือแก้วแตกได้

1.1.4 ผลการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire ได้ผลตามภาพที่ 9

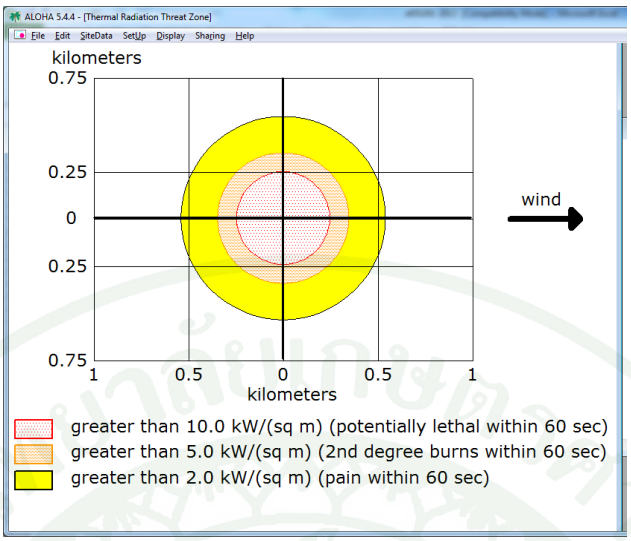


ภาพที่ 9 Footprint พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire

- สีแดง มีรัศมี 24 เมตร มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 10 kW/sqm
- สีส้ม มีรัศมี 35 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ5 kW/sqm
- สีเหลือง มีรัศมี 55เมตร เป็นพื้นที่ที่มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ2 kW/sqm

1.1.5 ผลการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE ได้ผลตามภาพที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 Footprint พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE

- สีแดง มีรัศมี 246 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 10 kW/sqm
- สีส้ม มีรัศมี 347 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ5 kW/sqm
- สีเหลือง มีรัศมี 541เมตร เป็นพื้นที่ที่มีพลังงานความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ2 kW/sqm

จากผลการประเมินของโปรแกรม ALOHA ตามสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สรุปผลการประเมินผลกระทบจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด

Source	Toxic Scenarios	Fire Scenarios	Explosion Scenarios
Not Burning	Toxic Vapor Cloud	Flammable Area (Flash Fire)	Vapor Cloud Explosion
Red	135 meters	171 meters	LOC was never exceeded
Orange	191 meters	222 meters	140 meters
Yellow	329 meters	512 meters	258 meters

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Source	Toxic Scenarios	Fire Scenarios	Explosion Scenarios
Burning		Jet Fire or Pool Fire	
Red		24 meters	
Orange		35 meters	
Yellow		55 meters	
BLEVE		BLEVE (Fireball)	
Red		246 meters	
Orange		347 meters	
Yellow		541 meters	

2. ผลการวัดระยะทางจากสถานที่ตั้งของสถาบันอุดมศึกษาและจุดที่ใกล้ที่สุดบนทางพิเศษ โดยใช้ Google Map สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ระยะทางจากจุดบนทางพิเศษที่ใกล้สถานศึกษามากที่สุด

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	13.7408, 100.5507	2.15249	13.7407, 100.5198	1.22483	13.7347, 100.6042	7.89192
2	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	13.7105, 100.5814	0.0994408	13.7519, 100.5922	4.67317	13.7034, 100.5929	1.48035
3	มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี	13.682, 100.476	17.0359	13.745, 100.520	19.1525	13.7584, 100.5956	27.1413
4	มหาวิทยาลัยเกริก	13.769, 100.550	12.6036	13.8874, 100.5392	6.66824	13.8568, 100.6418	4.84052
5	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	13.7694, 100.6284	9.30288	13.8517, 100.5332	3.70146	13.8272, 100.6284	7.05285
6	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	13.7079, 100.5870	5.62367	13.7410, 100.6268	0.234744	13.7414, 100.6046	2.40945
7	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า	13.7663, 100.591	21.0897	13.815, 100.550	20.4852	13.84800,100.639	11.9562
8	มหาวิทยาลัยคริสเตียน ศูนย์ศึกษาสยามคอมเพล็กซ์ กรุงเทพ	13.7287, 100.5519	2.24472	13.7283, 100.5173	1.47141	13.7002, 100.5914	7.2146
9	มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น	13.7687, 100.5503	4.893	13.8122, 100.5503	1.13656	13.7864, 100.6080	5.86079
10	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	13.6708, 100.4972	2.06823	13.6944, 100.5261	5.76664	13.6997, 100.5913	11.7272
11	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน	13.675, 100.483	11.6761	13.695, 100.525	15.8025	13.6739, 100.6060	20.8911

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
12	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	13.7667, 100.5493	6.95596	13.8336, 100.5397	3.06467	13.785, 100.608	10.8101
13	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	13.710, 100.583	33.0794	13.743, 100.637	26.2429	13.863,100.644	22.9727
14	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	13.7047, 100.5445	1.22812	13.7151, 100.5199	1.95962	13.6987, 100.5903	5.97393
15	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจักรพงษภูวนารถ	13.7691, 100.5507	1.20118	13.7870, 100.5359	2.40647	13.7593, 100.5959	4.75508
16	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย	13.7410, 100.5507	2.07234	13.74318, 100.52018	1.23004	13.7556, 100.5961	7.11351
17	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	13.7581, 100.5439	4.71487	13.7621, 100.5258	2.71888	13.7596, 100.5955	10.2623
18	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	13.7422, 100.5500	5.13482	13.73753,100.51915	1.85431	13.7571, 100.5956	10.1672
19	มหาวิทยาลัยธนบุรี	13.6809, 100.473	15.1353	13.728, 100.517	18.9775	13.69800,100.592	27.2158
20	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	13.7578, 100.5442	5.84534	13.7482, 100.5213	3.44678	13.7571, 100.5956	11.3459
21	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	13.767, 100.548	11.4587	13.8746, 100.5355	1.64634	13.8317, 100.6294	9.53377

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
22	มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช	13.7584, 100.5440	4.85253	13.7724, 100.5294	2.72827	13.7574, 100.5954	9.99907
23	มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ	13.771, 100.552	15.2359	13.9034, 100.5431	7.88084	13.8823, 100.6488	3.72517
24	มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด ศูนย์วิทยบริการ	13.7002, 100.5914	8.73013	13.7418, 100.6405	2.33892	13.7384, 100.6042	6.15961
25	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย	13.7034, 100.5431	8.09283	13.7491, 100.5215	3.47854	13.7524, 100.5486	6.30693
26	มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย	13.7570, 100.5449	4.79596	13.7548, 100.5232	2.55084	13.7044, 100.5440	7.86143
27	มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์	13.7584, 100.5437	1.98655	13.76398, 100.52654	0.0256948	13.7577, 100.5955	7.51182
28	มหาวิทยาลัยรังสิต ศูนย์วิภาวดี	13.7664, 100.5486	4.99217	13.81066, 100.54979	1.00217	13.7842, 100.6073	6.00529
29	มหาวิทยาลัยรังสิต ศูนย์สาธรธานี	13.7234, 100.5524	2.32438	13.7192, 100.5189	1.33024	13.6999, 100.5903	6.92018
30	มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต	13.700, 100.590	10.1443	13.7429, 100.6355	4.03729	13.7917, 100.6107	3.21201
31	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม	13.7729, 100.5522	5.73094	13.8190, 100.5494	2.97832	13.8029, 100.6155	4.53901
32	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี	13.7379, 100.5510	6.39984	13.7316, 100.5174	2.79698	13.7564, 100.5970	11.469
33	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	13.7344, 100.5510	6.72553	13.7309, 100.5174	3.06044	13.7581, 100.5943	11.7887
34	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	13.767, 100.549	25.9935	13.8933, 100.5410	5.62318	13.8494, 100.6392	6.05224

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
35	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	13.7584, 100.5437	3.96991	13.7678, 100.5281	2.00698	13.7574, 100.5956	9.33513
36	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	13.7586, 100.5441	4.21719	13.7680, 100.5281	2.1635	13.7569, 100.5958	9.47514
37	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	13.7692, 100.5505	7.32738	13.7482, 100.6046	1.8824	13.7692, 100.6036	1.90634
38	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	13.7450, 100.5503	1.61079	13.7525, 100.5663	0.788176	13.7376, 100.6042	4.26307
39	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	13.770, 100.5511	10.198	13.8547, 100.5325	5.59384	13.8338, 100.6312	5.47786
40	มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาคารพญาไท	13.7670, 100.5494	0.99604	13.76806, 100.53818	0.45121	13.7578, 100.5956	6.07268
41	มหาวิทยาลัยศิลปากร	13.7449, 100.5503	6.36082	13.7479, 100.5212	3.22711	13.7372, 100.6039	12.3027
42	มหาวิทยาลัยสยาม	13.6813, 100.4744	4.77571	13.7265, 100.5173	6.9262	13.6990, 100.5900	15.0153
43	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	13.7680, 100.5500	1.64982	13.7876, 100.5364	2.75888	13.7592, 100.5959	4.36979
44	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิทยาเขตยศเส	13.7585, 100.5447	3.41093	13.75907, 100.52464	1.24658	13.7576, 100.5956	8.91653
45	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	13.7699, 100.5507	8.39393	13.7417, 100.6297	1.51213	13.7491, 100.6046	2.49529
46	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	13.680, 100.471	13.0837	13.725, 100.517	17.5674	13.700, 100.590	25.5078
47	วิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ	13.699, 100.591	23.0231	13.7429, 100.6367	17.9392	13.724, 100.605	21.3347

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
48	วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ	13.7710, 100.5517	0.291602	13.7812, 100.5337	2.20791	13.7591, 100.5958	4.93615
49	วิทยาลัยชุมชนกรุงเทพ (โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร)	13.7709, 100.5517	0.667457	13.7556, 100.5529	1.53609	13.7579, 100.5956	4.28315
50	วิทยาลัยเซนต์หลุยส์	13.7202, 100.5527	3.04482	13.71808, 100.51902	0.610167	13.6980, 100.5919	7.47843
51	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก	13.6762, 100.6040	0.173434	13.6941, 100.5264	8.46522	13.67626, 100.60427	0.191495
52	วิทยาลัยดุสิตธานี	13.6907, 100.6012	5.21452	13.7421, 100.6396	5.04972	13.6907, 100.6012	5.21452
53	วิทยาลัยทองสุข	13.681, 100.473	14.1611	13.7711, 100.5294	14.0845	13.758, 100.596	21.3656
54	วิทยาลัยเทคโนโลยีมิตรพลบริหารธุรกิจ	13.7260, 100.5524	4.95036	13.7267, 100.5174	1.16741	13.6999, 100.5903	9.55669
55	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม	13.6808, 100.4734	6.34626	13.7364, 100.5186	5.16342	13.7584, 100.5956	13.5436
56	วิทยาลัยนานาชาติเซนต์เทราซา วิทยาเขตสุรวงศ์	13.7272, 100.5522	3.13608	13.72744, 100.51744	0.612524	13.7566, 100.5955	8.48186
57	วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร	13.76898, 100.55076	1.39604	13.7886, 100.5368	2.48832	13.7581, 100.5955	4.71671
58	วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก	13.7592, 100.5443	1.74844	13.76990, 100.52931	0.280568	13.7582, 100.5953	6.98709
59	วิทยาลัยพยาบาลกองทัพเรือ	13.6813, 100.4760	3.0939	13.7053, 100.5183	3.79115	13.6992, 100.5901	11.628
60	วิทยาลัยพยาบาลทหารอากาศ	13.76899, 100.55079	17.3832	13.90353, 100.54374	8.23196	13.8875, 100.6519	4.30899

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
61	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ	13.7589, 100.5443	0.930125	13.7655, 100.5400	0.503299	13.7581, 100.5955	6.37829
62	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นพรัตน์ วชิระ	13.76911, 100.55084	15.85960	13.7418, 100.6414	10.0074	13.8411, 100.6348	6.23744
63	วิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต	13.75875, 100.54464	0.985666	13.76568, 100.53988	0.432298	13.7576, 100.5955	6.37522
64	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า	13.7594, 100.5449	1.90051	13.76960, 100.52911	0.14743	13.7586, 100.5956	7.1632
65	สถาบันการบินพลเรือน	13.76900, 100.55079	3.529860	13.8057, 100.5465	0.921849	13.7854, 100.6082	6.18652
66	สถาบันดนตรีกัลยาณิวัฒนา	13.7084, 100.5850	5.498630	13.7457, 100.6088	0.627611	13.7487, 100.6045	0.876757
67	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	13.6987, 100.5908	6.041990	13.74122, 100.62762	0.342227	13.7373, 100.6040	2.58811
68	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	13.7574, 100.5446	2.274520	13.74833, 100.52110	0.490249	13.7569, 100.5960	7.61783
69	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	13.6847, 100.6023	19.348200	13.7424, 100.6391	14.7738	13.7230, 100.6042	18.5128
70	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	13.7701, 100.5510	6.739670	13.8367, 100.5369	3.07915	13.7837, 100.6076	10.7321
71	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	13.7083, 100.5854	9.893870	13.7422, 100.6389	3.31973	13.7894, 100.6100	5.10911

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร		ทางพิเศษศรีรัช		ทางพิเศษฉลองรัช	
		ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ละติจูด, ลองติจูด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
72	สถาบันบัณฑิตศึกษาจุฬาภรณ์	13.767, 100.550	13.013100	13.8902, 100.5403	4.25852	13.8482, 100.6387	7.38671
73	สถาบันรัชต์ภาคย์	13.7683, 100.5501	5.811830	13.7501, 100.5980	1.39047	13.7640, 100.5995	0.498752
74	สถาบันอาศรมศิลป์	13.6765, 100.4798	2.279290	13.7000, 100.5201	7.20378	13.6983, 100.5907	13.9243

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำระยะทางจากจุดบนทางพิเศษถึงสถาบันอุดมศึกษามาจัดลำดับ โดยกำหนดระยะทางไม่เกิน 541 เมตร ตามระยะผลกระทบสูงสุดที่ได้จากการประเมินจากโปรแกรม ALOHA แบ่งตามแต่ละทางพิเศษ จะได้ข้อมูลตามตารางที่ 18-20

ตารางที่ 18 สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษเฉลิมมหานครไม่เกิน 541 เมตร

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ระยะทางจากทางพิเศษเฉลิมมหานคร (เมตร)
1	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	99.4408
2	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก	173.434
3	วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ	291.602

ตารางที่ 19 สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษศรีรัชไม่เกิน 541 เมตร

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ระยะทางจากทางพิเศษศรีรัช (เมตร)
1	มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์	25.6948
2	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า	147.43
3	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	234.744
4	วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก	280.568
5	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	342.227
6	วิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต	432.298
7	มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาคารพญาไท	451.21
8	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	490.249
9	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ	503.299

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 สถาบันอุดมศึกษา ที่มีระยะห่างจากทางพิเศษฉลองรัชไม่เกิน 541 เมตร

ที่	สถาบันอุดมศึกษา	ระยะทางจากทางพิเศษฉลองรัช (เมตร)
1	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก	191.495
2	สถาบันรัชต์ภาคย์	498.752

3. ผลการประเมินผลกระทบของการเกิดการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิดที่มีผลกระทบต่อสถาบันอุดมศึกษา

3.1 พื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย (Toxic area of the vapor cloud) มีสถาบันอุดมศึกษาอยู่ในระยะกระทบจำนวน 7 แห่ง ตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของ Toxic area of the vapor cloud

Scenarios/LOCs Toxic Vapor Cloud	Red 135 meters	Orange 191 meters	Yellow 329 meters
1. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ 25.69 เมตร	✓		
2. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 99.44 เมตร	✓		
3. วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า 147.43 เมตร		✓	
4. วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก 173.43 เมตร		✓	
5. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 234.74 เมตร			✓
6. วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก 280.57 เมตร			✓
7. วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ 291.60 เมตร			✓

3.2 พื้นที่ที่เป็นพื้นที่ไวไฟของไอระเหย (Flammable area of the vapor cloud) มีสถาบันอุดมศึกษาอยู่ในระยะกระทบจำนวน 13 แห่ง ตามตารางที่ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของ Flammable area of the vapor cloud

Scenarios/LOCs Flammable Area (Flash Fire)	Red 171 meters	Orange 222 meters	Yellow 512 meters
1. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ 25.69 เมตร	✓		
2. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 99.44 เมตร	✓		
3. วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า 147.43 เมตร	✓		
4. วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก 173.43 เมตร		✓	
5. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 234.74 เมตร			✓
6. วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก 280.57 เมตร			✓
7. วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ 291.60 เมตร			✓
8. สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 342.28 เมตร			✓
9. วิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 432.30 เมตร			✓
11. มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาคารพญาไท 451.21 เมตร			✓
10. สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน 490.25เมตร			✓
12. สถาบันรัชต์ภาคย์ 498.75 เมตร			✓
13. วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ 503.30 เมตร			✓

3.3 พื้นที่ที่มีคลื่นความดัน(overpressure or blast force) จากการระเบิดของไอระเหยมีสถาบันอุดมศึกษาอยู่ในระยะกระทบจำนวน 5 แห่ง ตามตารางที่ 23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของคลื่นความดัน (Overpressure or Blast force)

Scenarios/LOCs	Red	Orange	Yellow
Vapor Cloud Explosion	-	140 meters	258 meters
1. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ 25.69 เมตร		✓	
2. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 99.44 เมตร		✓	
3. วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า 147.43 เมตร			✓
4. วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก 173.43 เมตร			✓
5. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 234.74 เมตร			✓

3.4 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire มีสถาบันอุดมศึกษาอยู่ในระยะกระทบจำนวน 1 แห่ง ตามตารางที่ 24

ตารางที่ 24 สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของรังสีความร้อน ที่เกิดจากการรั่วไหลและเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire

Scenarios/LOCs	Red	Orange	Yellow
Thermal radiation from jet fire	24 meters	35 meters	55 meters
1. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ 25.69 เมตร	✓		

3.4 ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE มีสถาบันอุดมศึกษาอยู่ในระยะกระทบจำนวน 13 แห่ง ตามตารางที่ 25

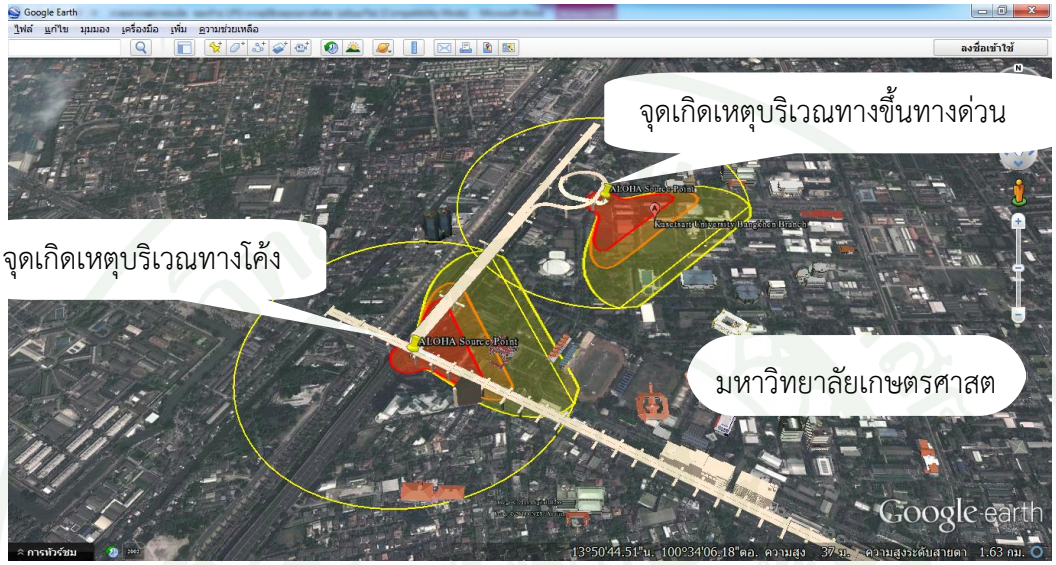
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 สถาบันอุดมศึกษาที่อยู่ในระยะของรังสีความร้อน ที่เกิดจาก Fireball จากการระเบิดแบบ BLEVE

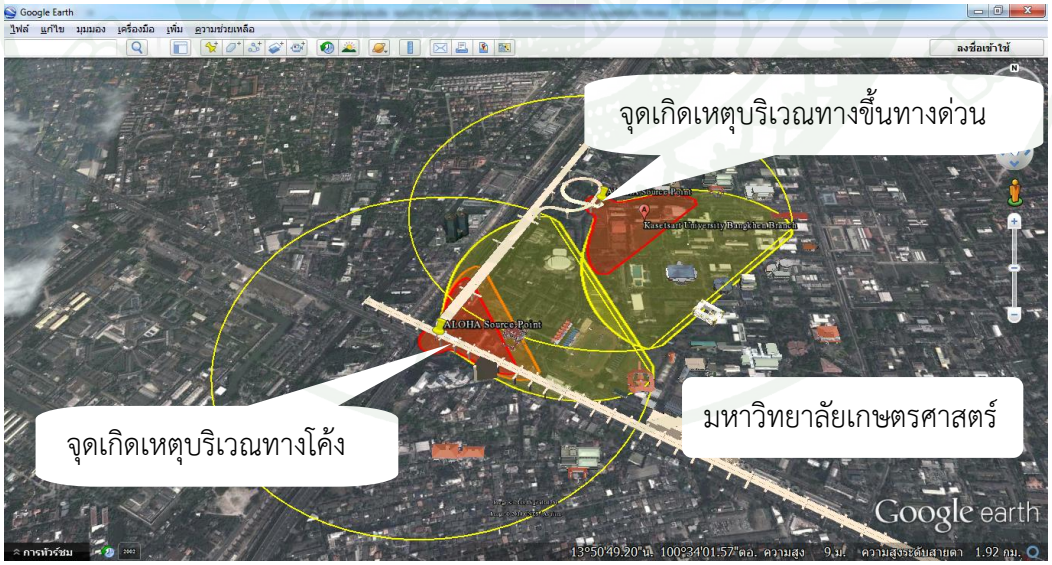
Scenarios/LOCs Thermal radiation from fireball	Red 246 meters	Orange 347 meters	Yellow 541 meters
1. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์ 25.69 เมตร	✓		
2. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 99.44 เมตร	✓		
3. วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า 147.43 เมตร	✓		
4. วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก 173.43 เมตร	✓		
5. มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 234.74 เมตร	✓		
6. วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก 280.57 เมตร	✓		
7. วิทยาลัยการจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ 291.60 เมตร		✓	
8. สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 342.28 เมตร		✓	
9. วิทยาลัยแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 432.30 เมตร			✓
11. มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาคารพญาไท 451.21 เมตร			✓
10. สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน 490.25เมตร			✓
12. สถาบันรัชต์ภาคย์ 498.75 เมตร			✓
13. วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ 503.30 เมตร			✓

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการนำข้อมูลการประเมินอันตรายลงในพื้นที่ทางพิเศษจำลองที่สร้างขึ้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยจำลองพื้นที่เกิดเหตุ 2 จุด คือ พื้นที่ทางขึ้น และพื้นที่ที่เป็นทางโค้ง ดังภาพที่ 11-15

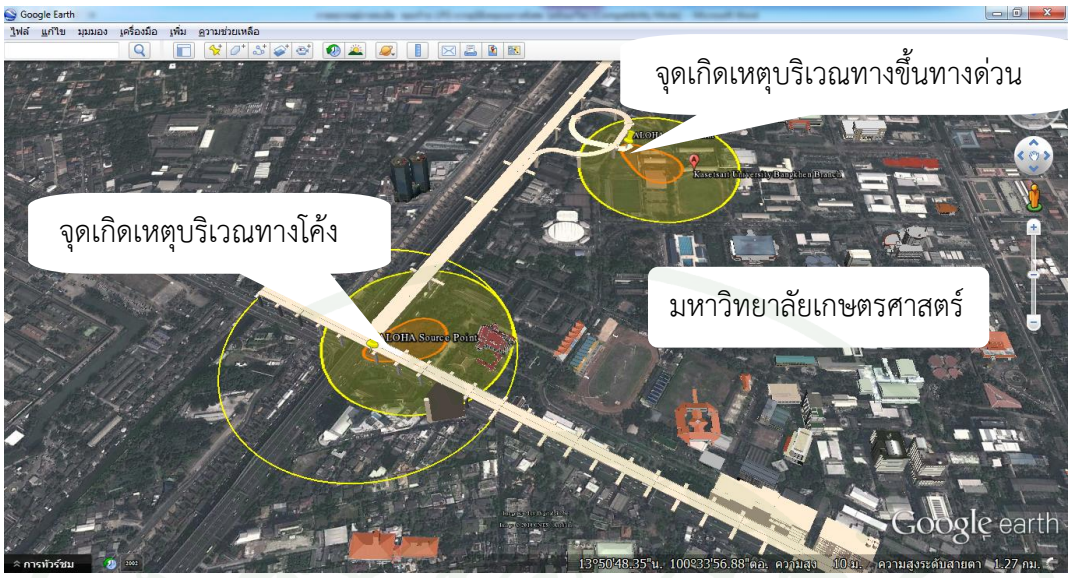


ภาพที่ 11 ผลการจำลองพื้นที่เป็นพิษของไอระเหย ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น

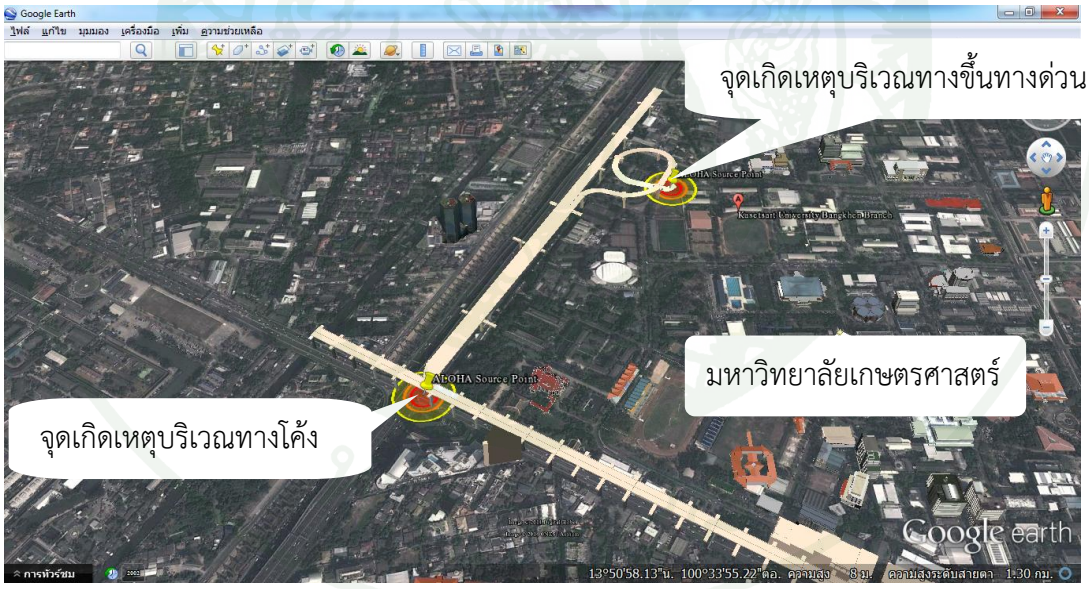


ภาพที่ 12 พื้นที่ไวไฟของไอระเหย ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

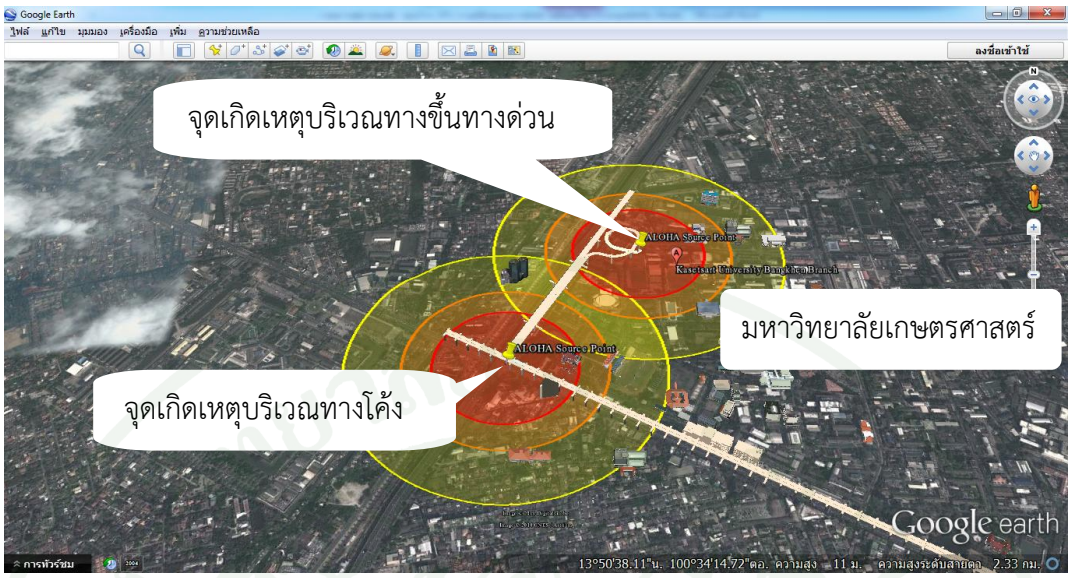


ภาพที่ 13 พื้นที่มีคลื่นความดัน จากการระเบิดของไอระเหยในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น



ภาพที่ 14 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน จากการเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน จากการระเบิดแบบ BLEVE ในพื้นที่ทางขึ้นและทางโค้งของทางพิเศษที่จำลองขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพื้นที่สถาบันอุดมศึกษา ที่อาจได้รับผลกระทบ การระเบิดของก๊าซแอลพีจี บนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร และเพื่อศึกษาผลกระทบ ระยะปลอดภัยในพื้นที่โดยรอบ เพื่อประโยชน์ในการหาแนวทางป้องกัน และลดความรุนแรงของการระเบิดของ ก๊าซแอลพีจี บนทางพิเศษ และเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาสร้างทางพิเศษในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งพอจะกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ไปประเมินอันตรายในโปรแกรม ALOHA พบว่า สามารถเกิดสถานการณ์ได้ทั้งหมด 5 สถานการณ์ ได้แก่

- การรั่วไหล และก่อให้เกิดพื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย
- การรั่วไหล และก่อให้เกิดพื้นที่ไวไฟของไอระเหย
- การระเบิดของไอระเหย และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน (Overpressure)
- การเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน
- การระเบิดเนื่องจากไอของของเหลวเดือด (BLEVE) และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน

2. เมื่อนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้น มาจำลองในพื้นที่ทางด่วน 3 เส้นทาง ในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา ทั้งหมด 74 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถเรียงลำดับ ความรุนแรงของสถานการณ์ได้ดังนี้

2.1 การระเบิด BLEVE (Fireball and Pool Fire) มีผลกระทบมากที่สุด คือมีระยะ 541 เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ 13 แห่ง

2.2 การรั่วไหล และก่อให้เกิดเป็นพื้นที่ที่มีสารไวไฟ มีระยะ 512 เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 13 แห่ง

2.3 การเกิดพื้นที่เป็นพิษของไอระเหย จากการเกิดการรั่วไหลแบบไม่มีการเกิดเพลิงไหม้ มีผลกระทบระยะ 329 เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 7 แห่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การเกิดคลื่นความดัน (Overpressure) จากการระเบิดของไอระเหย ผลกระทบระยะ 258 เมตร เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 5 แห่ง

2.5 การเกิดรังสีความร้อนจากเพลิงไหม้แบบ Jet fire ผลกระทบระยะ 55 เมตร มีสถาบันอุดมศึกษาได้รับผลกระทบ 1 แห่ง

3. ในการประเมินอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับสถาบันอุดมศึกษาในปัจจุบัน พบว่า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไม่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด บนทางพิเศษที่อยู่ในความรับผิดชอบของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย แต่หากมีการก่อสร้างทางด่วนขั้นที่ 3 สายเหนือ พบว่า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จะเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ โดยเฉพาะ ในการจำลองการเกิดเหตุในพื้นที่ทางขึ้นที่อยู่ในตัวมหาวิทยาลัย พบว่าได้รับผลกระทบในทุกสถานการณ์ส่วน การจำลองการเกิดเหตุบริเวณทางโค้ง พบว่าจะไม่ได้รับผลกระทบเฉพาะกรณีการได้รับรังสีความร้อน จากการเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire เท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

1. จากการจำลองสถานการณ์การรั่วไหล การเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด บนทางพิเศษและมีผลกระทบกับสถาบันอุดมศึกษานั้น อาจมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นน้อยมาก เนื่องจากจุดเกิดเหตุบางจุด ไม่เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว หากเกิดเหตุการณ์ตามที่จำลองขึ้นบนทางพิเศษ ณ จุดใด ก็ตาม ผู้ที่ได้รับผลกระทบลำดับแรก คือ ผู้ที่สัญจรในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงขณะเกิดเหตุ และสถานที่สำคัญในจุดเกิดเหตุนั้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลการประเมินสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น มาเทียบเคียงและปรับใช้กับพื้นที่นั้น ๆ ได้แก่ ระยะทางที่ต้องมีการกันพื้นที่ระยะปลอดภัย การควบคุมไม่ให้เกิดสถานการณ์ที่รุนแรง เช่น การระเบิดแบบ BLEVE เป็นต้น

2. การจำลองสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุกับรถบรรทุกก๊าซแอลพีจี ในการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดสภาวะการเกิดเหตุที่เฉพาะเจาะจง เช่น มีการจำลองเฉพาะขนาดถังบรรจุ 17,800 ลิตร ที่อุณหภูมิ 36.5 องศาเซลเซียส ขนาดรูรั่วเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว เป็นต้น แต่ในการเกิดเหตุการณ์จริงอาจมีสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น อาจเกิดเหตุการณ์กับรถบรรจุขนาดอื่น ๆ เช่น 8,949 ลิตร (ขนาดเล็กที่สุดที่ทำการขออนุญาต)หรือ 34,602 ลิตร (ขนาดใหญ่ที่สุดที่ทำการขออนุญาต) อาจมีขนาดรูรั่วเพียงเพียงเล็กน้อยหรือขนาดใหญ่ อาจเกิดในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงมากในหน้าร้อน เป็นต้น ดังนั้น ผู้ที่ทำการประเมินสถานการณ์ต้องมีการประเมินสภาพตามความเป็นจริง โดยต้องเน้นประเมินสภาวะเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ และควบคุมไม่ให้เกิดสถานการณ์รุนแรง ที่สำคัญ ต้องมีการประเมินระยะพื้นที่ควบคุม เพื่อควบคุมให้ผู้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด ได้แก่

2.1 ในสถานการณ์การเกิดการรั่วไหลและเกิดพื้นที่เป็นพิษของไอระเหย (Toxic area of Vapor Cloud) ควรมีการประชาสัมพันธ์แจ้งเตือนผู้ที่อยู่รอบ ๆ บริเวณ ให้มีการป้องกันตัวเอง เช่น การสวมใส่หน้ากากป้องกันสารเคมี เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ในสถานการณ์การเกิดการรั่วไหล และก่อให้เกิดเป็นพื้นที่ที่มีสารไวไฟ (Flammable Area of Vapor Cloud) ควรมีการป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟ หรือเปลวไฟ หรือแหล่งความร้อน ในพื้นที่ดังกล่าว หรือมีการกั้นเขตระยะปลอดภัย

2.3 ในสถานการณ์การเกิดการรั่วไหล พร้อมจะเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ต้องป้องกันการได้ผลกระทบจากคลื่นความดัน Overpresure จากการระเบิดของไอระเหย ต้องทำการกั้นเขตระยะปลอดภัย ในสถานการณ์การรั่วไหล และเกิดเพลิงไหม้ แบบ Jet fire ควรมีการกั้นเขตระยะปลอดภัย เพื่อป้องกันรังสีความร้อน

2.4 ในสถานการณ์ที่อาจก่อให้เกิดกรณีการระเบิด BLEVE พื้นที่รอบ ๆ อาจได้รับผลกระทบที่รุนแรง ดังนั้น หากเกิดการรั่วไหล ต้องป้องกันไม่ให้เกิดสภาวะการระเบิดในลักษณะนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. 2556. **โครงข่ายทางพิเศษที่เปิดให้ใช้บริการ.** แหล่งที่มา http://www.exat.co.th/, 18 ตุลาคม 2556

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์.** แหล่งที่มา http: //msds.pcd.go.th, 5 กันยายน 2556

กรมธุรกิจพลังงาน 2557. **ข้อมูลสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลวรถขนส่งและรถไฟขนส่ง.** แหล่งที่มา http://www.doeb.go.th/info/info_sta_lpg.php, 31 พฤษภาคม 2557

กรมอุตุนิยมวิทยา. **ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.** เข้าถึงได้จาก : http://www.tmd.go.th/service/service.php (วันที่ค้นข้อมูล : 28 มีนาคม 2557).

คงฤทธิ์ ปัญญาแก้ว. 2541. **การศึกษาการออกแบบทางด่วนพิเศษในระหว่างเมืองในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาติชาย วิชิตรัตนะ. 2549. **การประเมินความรุนแรงของบลีวีสำหรับถังทรงกลมบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราพร ทำสุนา. 2551. **การประเมินความรุนแรงจากการรั่วไหล ภายในโรงงานผลิตโพลีเมอร์ กรณีศึกษาถังเก็บเอทิลีน ไกลคอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวี อุทัยเศรษฐวัฒน. 2550. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาจุดอันตรายบนทางพิเศษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพวรรณ อังศิ. 2550. **การประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ภายในคลังเก็บ: กรณีศึกษาถังเก็บทรงกระบอกแนวนอน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐพงษ์ จุลาเกตุโพธิชัย. 2550. **การประเมินผลกระทบกรณีการรั่วไหลและการระเบิดของวัตถุอันตรายเพื่อสร้างแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน: กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซไฮโดรคาร์บอนเบาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นพดล วศินสิทธิสุข. 2556. **Sketch Up 8 + V-Ray**. บริษัท โปรวิชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ

รักชาติ ชาติศิริทรัพย์. 2549. **การศึกษาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกอันตราย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ยูนิคแก๊ส แอนด์ ปิโตรเคมิคัลส์ จำกัด (มหาชน). **แบบแจ้งรายละเอียดของสารเคมีอันตรายในสถานประกอบการ.**

วิกิพิเดีย. **รายชื่อสถาบันอุดมศึกษาในกรุงเทพมหานคร.** แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org, 5 กันยายน 2556

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.สถาบันอุดมศึกษาในสังกัด. แหล่งที่มา http://www.mua.go.th/university.html, 5 กันยายน 2556

สุกิต หัทยาสมบูรณ์ . 2547. **การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา Aloha ทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลวเพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจาย และทำการจัดสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติภัยจากการรั่วไหล** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย.ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตรายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.สถิติอุบัติภัยวัตถุเคมี.แหล่งที่มา http://www.chemtrack.org/stat-accident.asp, 10 ธันวาคม 2556

หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555. **สถิติอุบัติภัยสารเคมี (ม.ค. 49 – มิ.ย. 55) และบทวิเคราะห์**

Google. (2013). **Google Earth tutorials.** http://www.google.com/earth/learn/.

Google.(2010). **SketchUp User's Guide.** http://help.sketchup.com/en/article/116174.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2014). **Propane Chemical Datasheet.** http://cameochemicals.noaa.gov/chemical/9018.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2014). **Butane Chemical Datasheet.** http://cameochemicals.noaa.gov/chemical/5668.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2013). **ALOHA (Arial Location of Hazadous Atmosphere) 5.4.4 Technical Documentation.** Seattle, Washington.

U.S. Environmental Protection Agency. (2007). **ALOHA User's Manual**. Washington, D.C., USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

1. คู่มือการใช้งาน ALOHA (AREAL LOCATION OF HAZARDOUS ATMOSPHERES) version 5.4.4

เมื่อเปิดโปรแกรม ALOHA ขึ้นมา จะมีหน้าต่างบอกข้อจำกัดของ ALOHA ขึ้นมา โดยเนื้อหาจะบอกถึงข้อจำกัดในการใช้โปรแกรม

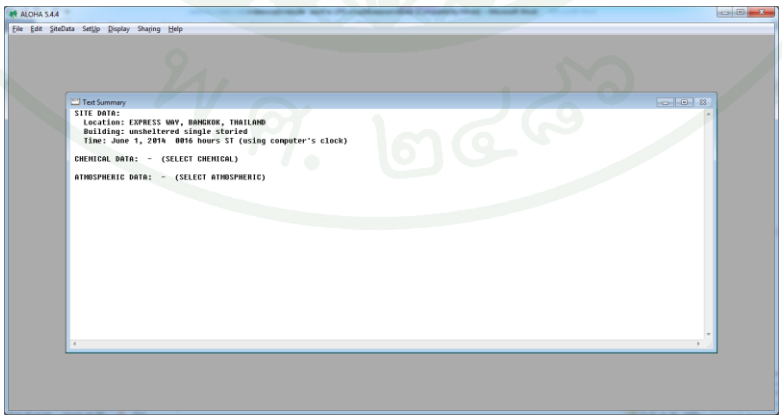
ความถูกต้อง ALOHA ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่มันทำงานด้วย แต่ถึงแม้ว่าจะทำการป้อนข้อมูลที่ดีที่สุด ก็อาจจะเป็นไปได้ที่ ALOHA อาจจะไม่น่าเชื่อถือในบางสถานการณ์และไม่สามารถจำลองได้ในบางประเภท การแสดงผลของ ALOHA อาจจะไม่น่าเชื่อถือ เมื่อมีเงื่อนไข ต่อไปนี้ : • ความเร็วลม ต่ำมาก และสภาพบรรยากาศที่เสถียรมาก

ALOHA เป็นโปรแกรมทำนายการกระจายของสารเคมีในอากาศ รวมทั้งระดับที่จะเกิดอันตราย ดังนั้นสารเคมีที่อโลฮารู้จัก จึงมักเป็นก๊าซ หรือของเหลวที่สามารถเหยเป็นก๊าซได้ การตั้งค่าที่จำเป็นในอโลฮา เริ่มจากสองสิ่งที่สำคัญก่อน คือสถานที่เกิดเหตุ และสารเคมี

1.1 Location สถานที่เกิดเหตุ

เป็นส่วนของฐานข้อมูลทางด้านสถานที่ ซึ่งจะครอบคลุมทุกเมืองของสหรัฐ โดยอโลฮา จะมีข้อมูลว่าแต่ละเมืองอยู่ในรัฐใด และรัฐนั้นๆ มีสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นอย่างไร เช่นความสูงจากระดับน้ำทะเล ค่า Latitude และ Longtitude ของสถานที่นั้นๆ ในการนำโปรแกรมมาใช้งานในประเทศไทย ซึ่งไม่มีข้อมูลอยู่ในโปรแกรม จึงจำเป็นต้องใส่ข้อมูลของประเทศไทยให้กับโปรแกรม โดยผู้ใช้ต้องทำการเพิ่มข้อมูลสถานที่ให้กับโปรแกรม ซึ่งทำได้ดังนี้

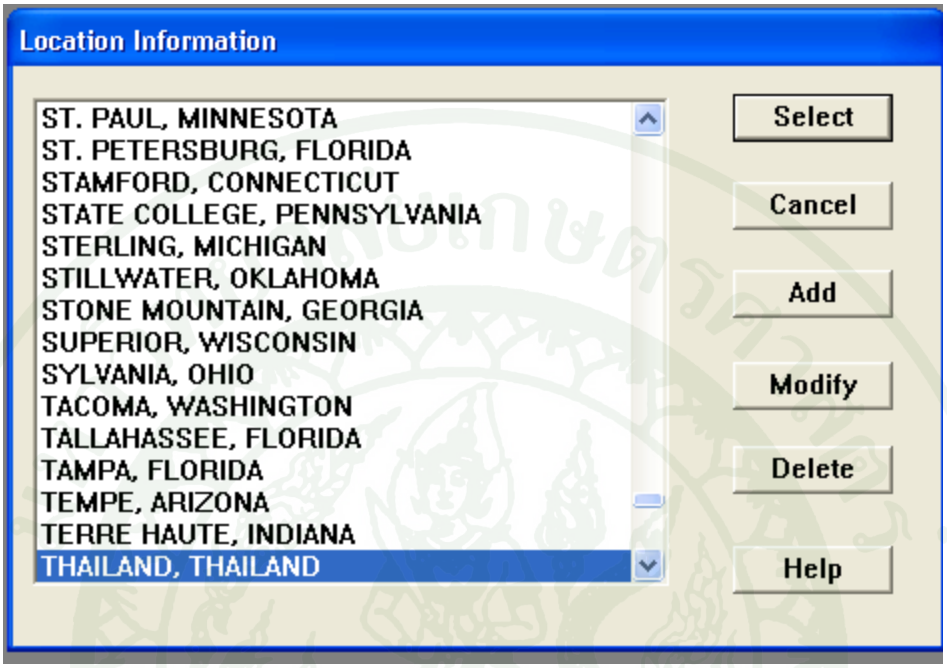
จากหน้าต่างแรกของโปรแกรม เลือกแถบคำสั่งเมนู (Menu Bar) ซึ่งประกอบไปด้วย คำสั่ง File, Edit, Site Data, Set Up, Display, Sharing, Help เลือกแถบคำสั่ง Site Data เพื่อทำการเพิ่มสถานที่เกิดเหตุในประเทศไทย ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 แสดงการระบุสถานที่เกิดเหตุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

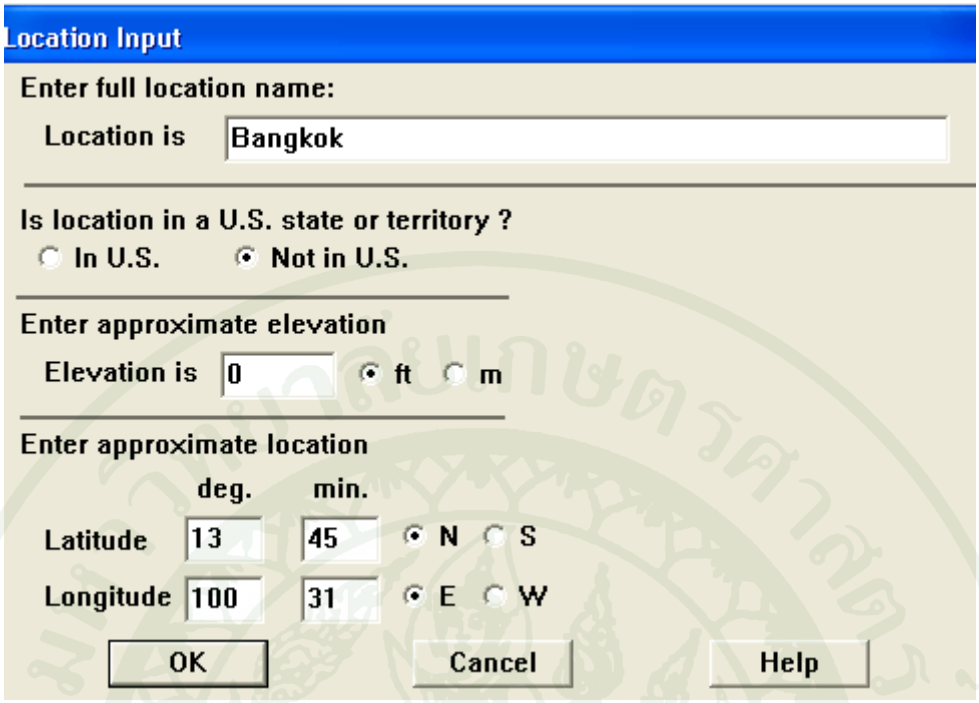
เลือก Location โปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างแสดงเมืองในประเทศสหรัฐฯ แต่เนื่องจากเมืองที่เกิดเหตุไม่ใช่เมืองในประเทศสหรัฐ จึงต้องทำการเพิ่มเมือง กรุงเทพฯ



ภาพผนวกที่ 2 แสดงการเพิ่มสถานที่นอกจากสถานที่ที่มีในโปรแกรม โปรแกรมจะปรากฏ

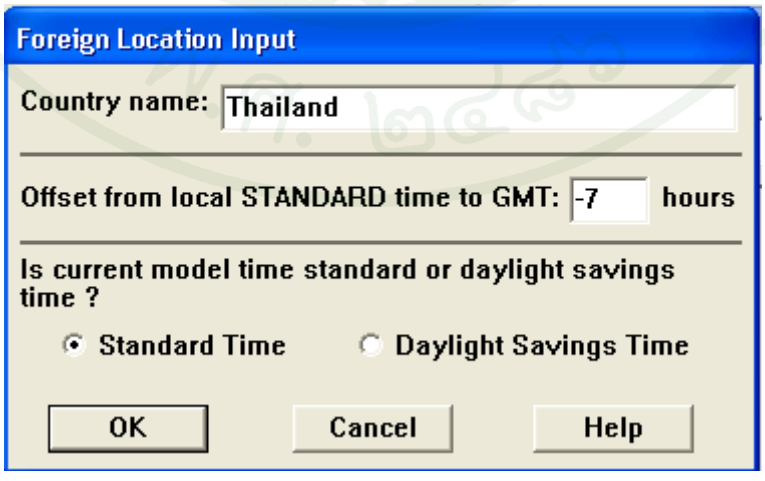
หน้าต่าง Location Input ในหน้าต่างนี้ โปรแกรมให้ใส่ สถานที่เกิดเหตุ โดยจะมีช่องว่างให้กรอกชื่อเมือง และต้องเลือกว่าเป็นเมืองในสหรัฐ (US) หรือ นอกสหรัฐ (Non US) ถ้าเลือก US ก็ต้องเลือกรัฐด้วย แต่ถ้าเลือก Non US ช่องชื่อรัฐจะหายไป จากนั้นต้องกรอกความสูงจากระดับน้ำทะเล (Elevation) ค่า Latitude และ Longtitude ค่า Latitude และ Longtitude อาจค้นหาได้จากแผนที่ประเทศไทย โดยค่า Latitude ของไทยอยู่ที่ประมาณ 12 North และ Longtitude อยู่ที่ประมาณ 100 East แล้วกดปุ่ม OK ในที่นี้ กรอกข้อมูลกรุงเทพให้กับโปรแกรม ตามภาพผนวกที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



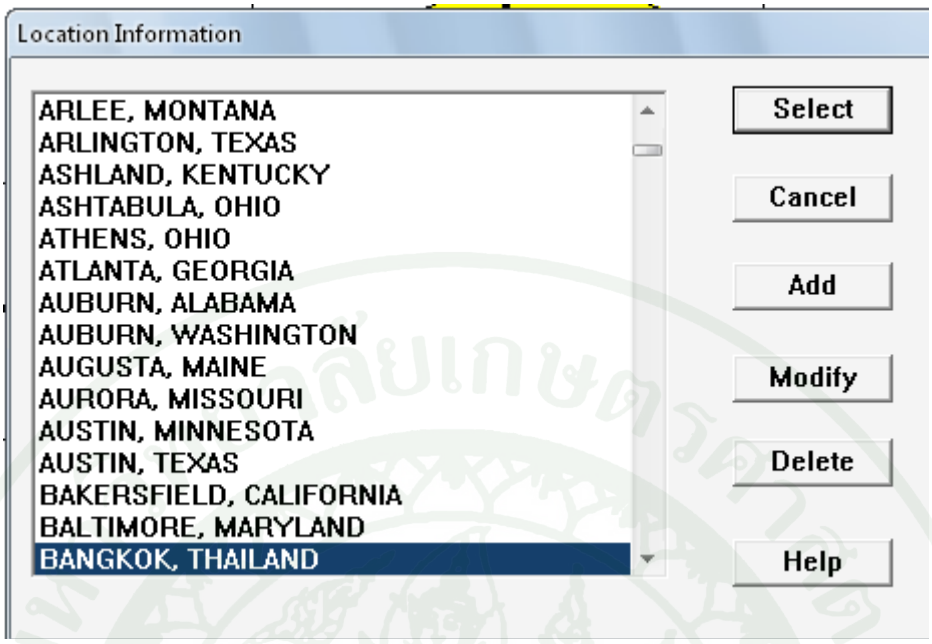
ภาพผนวกที่ 3 แสดงการใส่สถานที่ที่เกิดเหตุ

หน้าต่างต่อไป โปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกประเทศและเวลา โดยเวลาที่ใส่ จะเป็นค่าเวลาที่แตกต่างจาก GMP (Greenwich Mean Time) ของประเทศไทยจะต้องใส่ค่าติดลบ 7 ดังแสดงการใส่ค่าดังภาพผนวกที่ 4 กด OK เมื่อใส่ข้อมูลเรียบร้อย เมื่อใส่ข้อมูลสถานที่เกิดเหตุเรียบร้อย กลับไปเลือกแถบคำสั่ง Site Data เลือก Location หน้าต่าง Location Information จะปรากฏเมืองที่เพิ่มเข้าไป คือ Bangkok, Thailand เลือกสถานที่เกิดเหตุ โดยการเลือกเมืองที่ต้องการ กดคำสั่ง Select โปรแกรมจะรันคำสั่งเข้าสู่ Text Summary แสดงข้อมูล Site Data ดังภาพผนวกที่ 5



ภาพผนวกที่ 4 แสดงการระบุชื่อเมือง และเวลาที่แตกต่างของสถานที่เกิดเหตุ

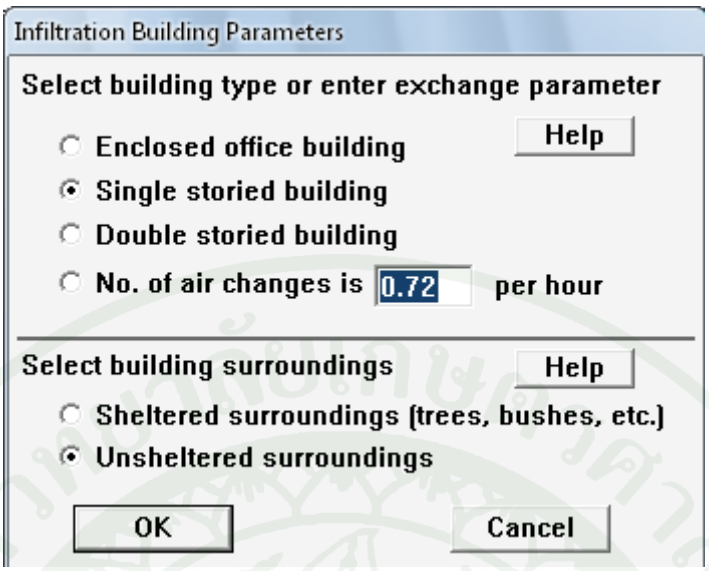
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 5 แสดงข้อมูลสถานที่ที่เพิ่มเข้าไป การระบุสถานที่ที่ได้รับผลกระทบ

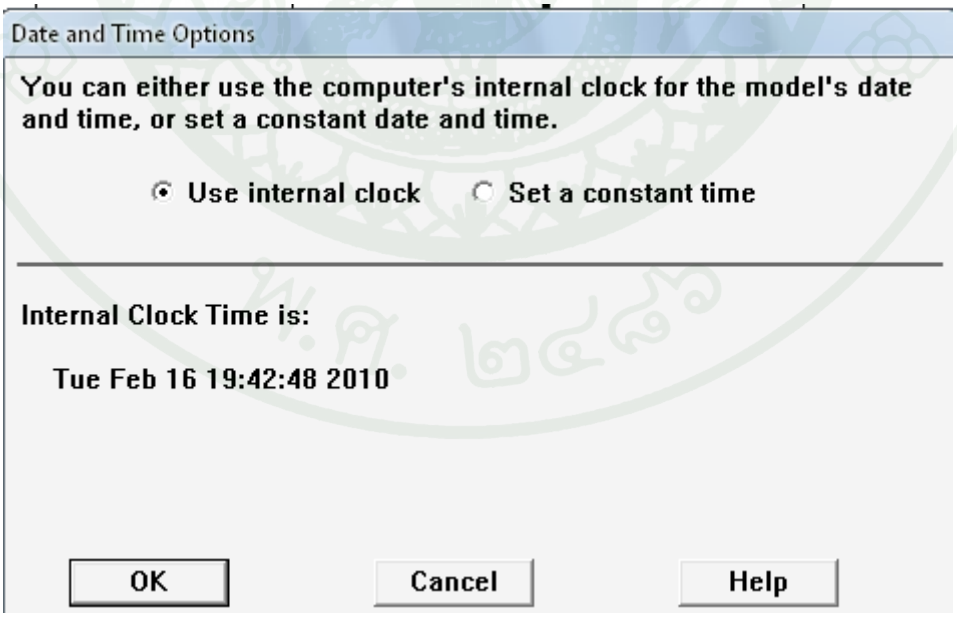
เลือกแถบคำสั่ง Site Data เลือก Building Type จะเข้าสู่หน้าต่าง “Infiltration Building Parameter” ดังแสดงในภาพผนวกที่ 6 โปรแกรมจะเลือกชนิดของอาคารที่เป็น “เหยื่อของอุบัติภัย” ไม่ใช่อาคารที่เกิดการรั่วไหลของสารเคมี โดยโปรแกรมมีลักษณะอาคารที่อยู่ใกล้เคียงที่เกิดเหตุดังนี้ อาคารปิดทึบ (Enclosed Office Building) อาคารชั้นเดียว (Single Storied Building) อาคารสองชั้น (Double Storied Building) ถ้าผู้ใช้ทราบค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ โปรแกรมอนุญาตให้ใส่ค่าได้ (No. of Air Change is) โดยอัตราการถ่ายเทอากาศ หมายถึง ปริมาตรอากาศภายใน 1 ชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็น เท่าของปริมาตรอาคาร เช่น อาคารขนาด 250 ลูกบาศก์เมตร อัตราการถ่ายเทอากาศชั่วโมงละ 750 ลูกบาศก์เมตร ใส่ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเป็น 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 6 แสดงการเลือกลักษณะอาคารข้างเคียงที่เกิดเหตุ

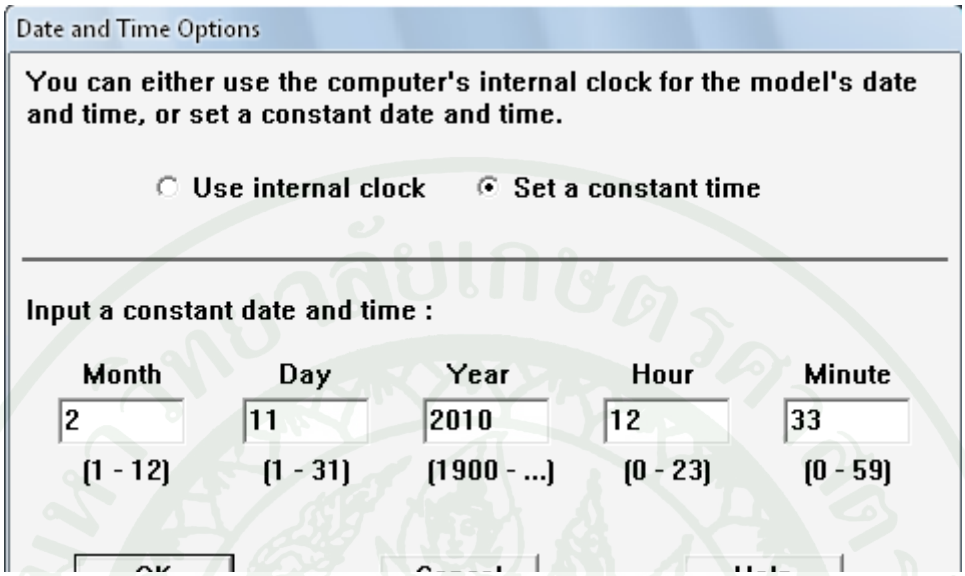
การระบุเวลาที่เกิดเหตุ การระบุเวลาที่เกิดเหตุ ผู้ใช้สามารถระบุช่วงเวลาที่เกิดเหตุได้ โดยสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เวลาที่เกิดเหตุจากเวลาที่ทำนายตามเวลาเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือผู้ใช้จะกำหนดเวลาเองได้ โดยเลือกแถบคำสั่ง Site Data เลือก Date & Time โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Date and Time Options ตามภาพผนวกที่ 7



ภาพผนวกที่ 7 แสดงหน้าต่างการระบุวันที่ และเวลาที่เกิดเหตุตามเครื่องคอมพิวเตอร์ หากผู้ใช้ต้องการ

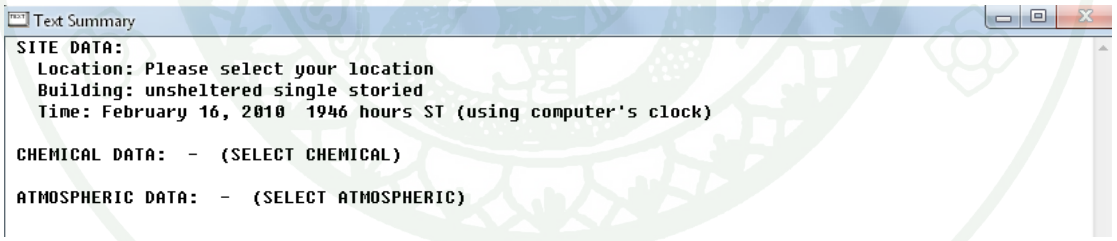
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำหนดค่าเวลาเอง สามารถทำได้โดยการเลือก ตามภาพผนวกที่ 8



ภาพผนวกที่ 8 หน้าต่างการระบุวันที่และเวลาที่เกิดเหตุที่ผู้ใช้กำหนดเอง

โปรแกรมจะรันข้อมูล โดยจะแสดงข้อมูลที่ผู้ใช้ใส่ในหน้าต่าง Text Summary ดังแสดงในภาพผนวกที่ 9

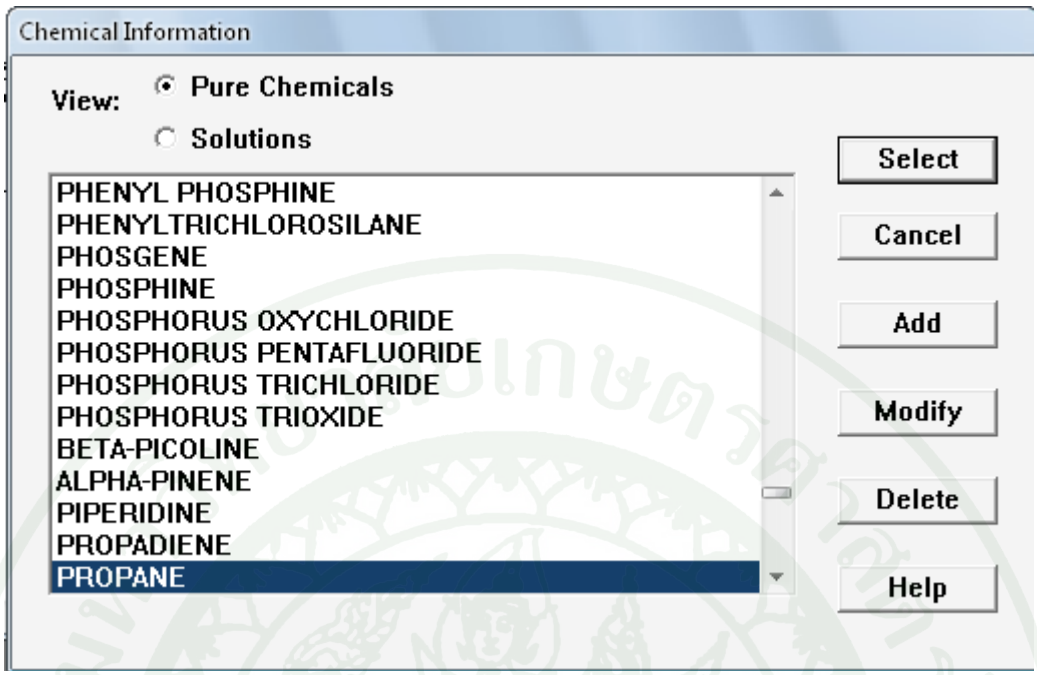


ภาพผนวกที่ 9 แสดง Test Summary ข้อมูลที่ระบุไว้

1.2 การกำหนดสารเคมี

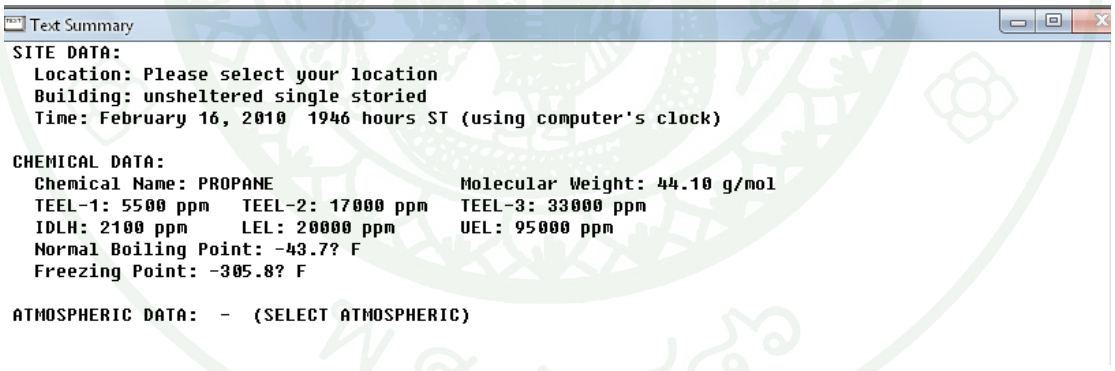
การเลือกสารเคมีไปที่แถบคำสั่ง Set Up เลือก Chemical ดังแสดงในภาพผนวกที่ 10 เลือกสารเคมี เช่น Propane

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 10 แสดงการเลือกสารเคมี

หลังจากที่เลือกโปรแกรมจะแสดงข้อมูลของสารเคมีที่เลือก ดังแสดงในภาพผนวกที่ 11



ภาพผนวกที่ 11 แสดงข้อมูลสารเคมีในรูปข้อมูล

1.3 กำหนดสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสำหรับใส่ในโปรแกรมด้านภูมิอากาศ เช่น ความเร็วลม ความชื้น จากสองแหล่ง คือ 1.3.1 จากการวัดโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ซึ่งผู้ใช้จะต้องอ่านผลแล้วนามากรอกด้วยตัวเอง (User Input) ทำได้จาก Menu SetUp →Atmospheric →User Input เมื่อเราเลือก จะได้หน้าต่าง

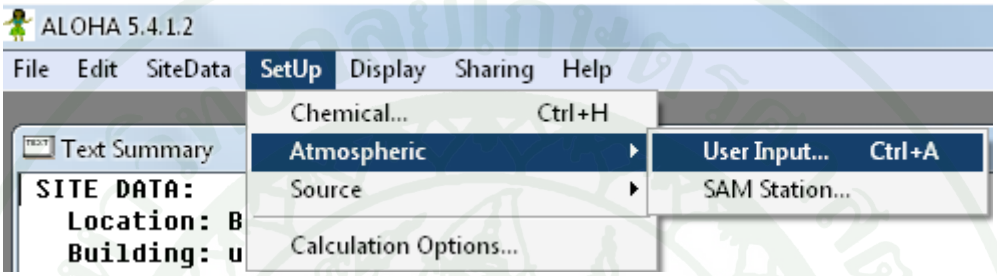
“Atmospheric Option” เปิดขึ้น ในหน้าต่างนี้จะมีช่องให้กรอกข้อความดังนี้ (ภาพผนวกที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

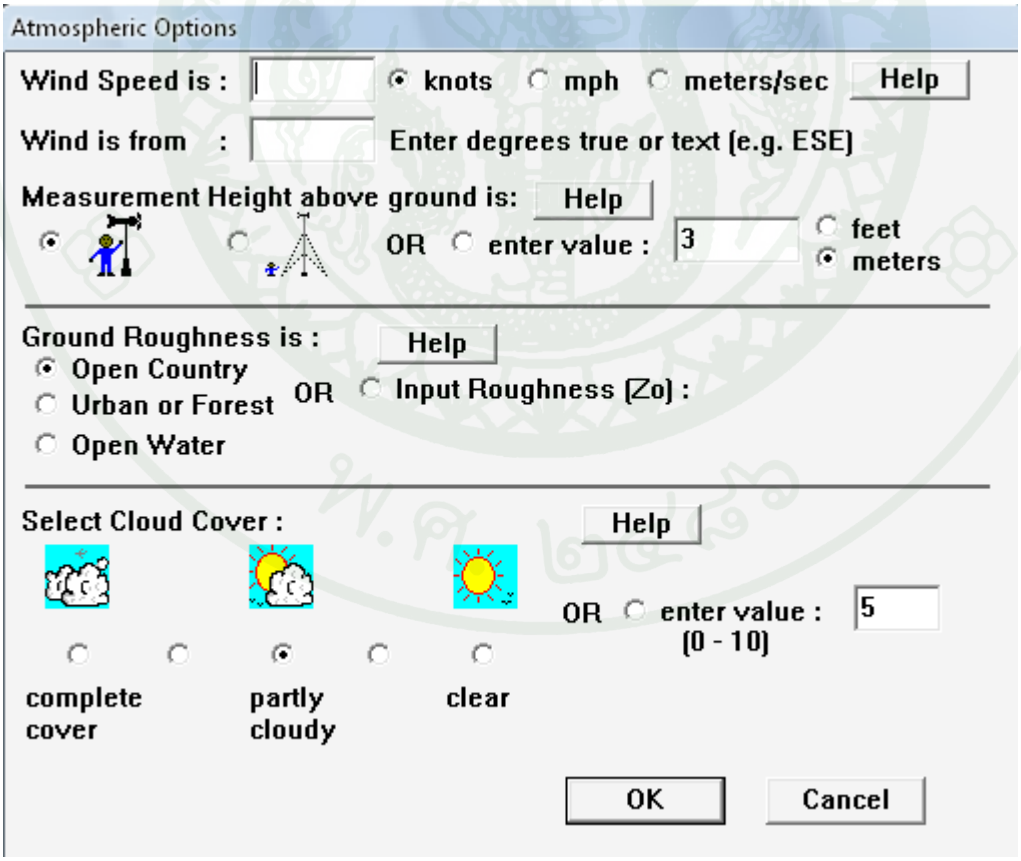
1.3.2 โดยใช้เครื่องมือวัดอัตโนมัติวัด เครื่องมือนี้สามารถต่อเข้ากับ Port ขนานของคอมพิวเตอร์ ทำให้อโลฮา สามารถรับข้อมูลได้โดยตรง แต่ในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึงการใช้เครื่อง SAM

ส่วนประกอบของหน้าต่าง Atmospheric Option

Wind Speed is: (ความเร็วลม) ผู้ใช้ต้องใส่ความเร็วลมที่วัดได้จากเครื่องวัดลงไป ถ้าไม่มีเครื่องมือวัด อาจจะใช้ตารางความเร็วลม ช่วยประเมินได้



ภาพผนวกที่ 12 แสดงการเลือกหน้าต่างในการใส่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ



ภาพผนวกที่ 13 แสดงหน้าต่างที่ใส่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wind is from: ให้ใส่ทิศทางลมที่พัดเข้าสู่แหล่งกำเนิดก๊าซ โดยอาจใส่ได้สองแบบคือ

(1) ใส่เป็นตัวอักษร เช่น ตะวันออก คือ “E” ตะวันตก คือ “W” ใต้คือ “S” เป็นต้น ถ้าหากทิศอื่นๆ ก็เอาคาเหล่านี้มาประกอบกัน เช่น ตะวันตกเฉียงใต้ คือ “SW” แต่จะใส่คาว่า “WS” ไม่ได้ (จะต้องใส่ทิศเหนือหรือใต้ก่อนทิศตะวันออกหรือตะวันตก) ถ้าทิศที่อยู่ระหว่าง SW กับ S ให้ใส่ SWS หรือถ้าทิศนั้นอยู่ระหว่าง SE กับทิศตะวันออก ก็ให้ใส่คาว่า ESE เหมือนเช่นในตัวอย่าง

(2) ใส่เป็น Degree True คือ มุมที่ทิศทางลมพัดมาเป็นองศา เช่นจากเหนือลงใต้ใส่ 0 องศา จากตะวันตกไปตะวันออกใส่ 90 องศา เป็นต้น
รายละเอียดของทิศและมุมมีดังนี้

N = 0 degrees or 360 degree NNE = 22.5 degrees NE = 45 degrees ENE = 67.5 degrees E = 90 degrees ESE = 112.5 degrees SE = 135 degrees SSE = 157.5 degrees S = 180 degrees SSW = 202.5 degrees SW = 225 degrees WSW = 247.5 degrees W = 270 degrees WNW = 292.5 degrees NW = 315 degrees NNW = 315 degrees

Ground Roughness is: ความระเกะระกะของพื้นที่ มีสองแบบคือ Open Country คือพื้นที่โล่งๆ มีเฉพาะต้นไม้เตี้ยๆ หรือเป็นทุ่งหญ้าแบบ Urban or Forest คือมีต้นไม้ใหญ่หรืออาคารอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ถ้าเรารู้ค่าความรก ก็สามารถใส่ลงไปในช่อง Input Roughness ได้

Select Cloud Cover: ปริมาณเมฆ วิธีที่ดีที่สุดคือเลือกภาพ เช่น เมฆทึบมาก ให้เลือกแบบ complete cover ถ้าแดดจัดให้เลือก clear การเลือกให้ click ที่ปุ่มข้างใต้ภาพ ถ้าต้องการใส่เป็นตัวเลข ให้ใส่ตัวเลขจานวนเต็มระหว่าง 0-10 ระดับ 10 คือระดับที่มีเมฆปกคลุมสูงสุด อโลฮา ต้องการค่า Cloud Cover เพราะต้องนาไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมีที่แปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา โดยเฉพาะสารเคมีที่กระจายออกมาแบบ Paddle คือเป็นของเหลวไหลนองออกมาก่อนจะระเหย เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วให้กด OK ก็จะเป็นการปิดหน้าต่าง Atmospheric Options ไป และเข้าสู่หน้าต่างที่สอง (Atmospheric Option ที่ 2) ถ้าเราใส่ข้อมูลไม่ครบ จะมีหน้าต่างเตือนให้กลับไปใส่ใหม่ ให้พยายามอ่านข้อความที่ปรากฏขึ้น เช่น อาจลืมใส่ข้อมูลความเร็วลมหรือทิศทางลม เป็นต้น

การเลือกแหล่งรั่วไหล จาก Menu Setup Source เมื่อเรา Click ที่ Menu นี้ก็จะเข้าสู่ช่วงของการใส่ข้อมูลแหล่งของการรั่วไหล ซึ่งเป็นข้อมูลช่วงสุดท้ายที่จะต้องกรอก โดยจะมี Menu ย่อยเกิดขึ้น เพื่อให้เลือกชนิดของแหล่งแพร่กระจายเช่น Direct, Paddle, Tank, Pipe

- Direct หมายถึง การกระจายโดยตรง และเรารู้ปริมาณของสารที่กาลังกระจาย อย่างแน่ชัด
- Paddle หมายถึง การกระจายของสารเคมีในแบบไหลนองกับพื้น
- Tank หมายถึง การกระจายจากถัง ไม่ว่าแบบทรงกระบอก หรือแบบทรงกลม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- Pipe หมายถึง การรั่วออกจากท่อ ไม่ว่าท่อนั้น จะออกจากถัง หรือเป็นท่อตัน

ถ้าเลือก Tank

จะเข้าสู่หน้าต่าง ‘Tank Size and Orientation” ซึ่งหน้าต่างนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ Select Tank Type and orientation ซึ่งมีสามแบบคือ ถังนอน (Horizontal cylinder), ถังตั้ง (Vertical cylinder) และถังทรงกลม (Sphere) ให้เลือกโดย Click ที่ปุ่มเล็กๆ ใต้ภาพท่อสั้น คือ ท่อสั้นที่ติดกับผนังของ Tank แต่ต้องยาวเกิน 10 ซม. จากนั้นให้กด OK จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Height of the tank opening” ซึ่งทางซ้ายจะมีภาพแสดงระดับของของเหลวในถัง ผู้ใช้มีหน้าที่ต้องระบุว่ารูรั่วอยู่ตรงตำแหน่งใด เมื่อเทียบกับผิวของของเหลว (คืออยู่ใต้ระดับของของเหลว หรืออยู่เหนือผิวของเหลว คือในช่วงที่เป็นก๊าซ) ผู้ใช้สามารถที่จะเลื่อนแถบเลื่อนที่อยู่ตรงกลางภาพลงได้โดยที่ตัวเลขต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากนั้นให้กด OK

ผู้ใช้อาจจะเข้าสู่หน้าต่างของ “Paddle Parameter” ถ้าหากอโลฮา เชื่อว่าเมื่อสารชนิดนี้ตกลงไปที่พื้นจะก่อตัวเป็น Paddle ก่อนแล้วจึงค่อยระเหยไป แต่บางครั้งก็ไม่เข้าหน้าจอนี้ถ้าอโลฮาเชื่อว่าสารเคมีจะรั่วออกมาในสภาพของก๊าซ (ผู้ใช้อโลฮา จะต้องคานึงว่า อโลฮา เป็นโปรแกรมประเภท Expert System ดังนั้น หน้าจอที่ขึ้นมาให้ผู้ใช้ดูในแต่ละครั้งอาจไม่เหมือนกัน แล้วแต่ข้อมูลที่ใส่ลงไป) หน้าจอ Paddle Parameter นี้จะต่างจากกรณีที่เข้า Menu Paddle ในกรณีที่เลือกการรั่วไหลเป็น Paddle ตั้งแต่แรก เล็กน้อย และจะประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- ชนิดของพื้น (Select Ground Type) default/concrete/sandy/moist
- อุณหภูมิของพื้น (Input ground temperature) ซึ่งอาจจะใช้อุณหภูมิเดียวกับอากาศ (Use air temperature) หรือใส่โดยตรง (Ground temperature is.....deg)
- บริเวณที่กว้างที่สุดของการไหลนอง (Maximum Paddle Diameter or area unknown/maximum diameter/maximum area)

เมื่อเราเลือก OK ก็จะเป็นการสิ้นสุดการ Input ข้อมูล ถ้าตอนแรกผู้ใช้เลือก Tanks contains gas only ผู้ใช้จะพบว่า อโลฮา จะพยายามบังคับให้เราใส่อุณหภูมิการเก็บให้เหมาะสมกับการที่สารอยู่ในสภาพก๊าซ คือต้องอยู่ในอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของมัน เมื่อเรากดปุ่ม OK เราก็จะได้หน้าต่างอีกบานหนึ่งคือ หน้าต่าง ‘Mass or pressure of gas” ซึ่งมีส่วนประกอบของหน้าต่างดังนี้

- ใส่จานวนก๊าซ หรือแรงดันในถัง (Enter either tank pressure or amount of gas) โดยเราต้องใส่แรงดันให้เหมาะสม และเลือกหน่วยวัด ซึ่งอาจเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHG), บรรยากาศ (atm), ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi), และ Pa

- น้ำหนักของก๊าซ ถ้าเราไม่ใส่แรงดันก๊าซ ก็ต้องใส่น้ำหนักของก๊าซในส่วนล่างของหน้าต่าง (มีหน่วยเป็นปอนด์ ตัน ฯลฯ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่แรงดันก๊าซหรือน้ำหนักก๊าซนี้ ต้องใส่ให้เหมาะสม มิฉะนั้นเมื่อกด OK อโลฮา อาจเตือนว่าในสภาพที่ผู้ใช้กำหนดนั้น สารเคมีอาจไม่อยู่ในสภาพก๊าซ เช่นมีแรงดันสูงเกินไป ทำให้ก๊าซกลายเป็นของเหลว ผู้ใช้ควรอ่านคาเตือนของอโลฮา ให้ละเอียดและปรับค่าแรงดันให้เหมาะสม หลังจากนั้นผู้ใช้ต้องมาใส่ข้อมูลในช่วงล่างที่ชื่อว่า ‘Enter one of two values” ถ้าเลือกถังทรงกลม เวลาผู้ใช้กรอกข้อมูลบางส่วนลงไป ส่วนที่เหลือจะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติ เช่นในกรณีของถังทรงกระบอก ถ้าเรากรอกเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) ลงไป และใส่ปริมาตรของถัง มันจะคำนวณความยาวให้โดยอัตโนมัติ จากนั้นให้กดปุ่ม OK ซึ่งจะทำให้เข้าสู่หน้าจอถัดไปที่ชื่อว่า “Chemical State and Temperature” หน้าจอส่วนแรกจะชื่อว่า “Enter state of the chemical:” ซึ่งมีสามแบบคือ

- Tanks contain liquid ให้เลือกปุ่มนี้ ถ้าใน Tank มีของเหลวแม้แต่เพียงเล็กน้อย
- Tanks contains gas only ถ้าใน Tank มีแต่ก๊าซ
- Unknown (ถ้าไม่ทราบ) ผู้เรียบเรียงคิดโดยทั่วไป น่าจะเลือกหัวข้อนี้ เพราะอโลฮาสามารถตัดสินเองได้ว่าจากอุณหภูมิ และแรงดันหนึ่งๆ สารนั้นจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือก๊าซ หน้าจอส่วนล่าง จะเป็นเรื่องของอุณหภูมิของ Tank คือ
- Chemical stored at ambient temperature อุณหภูมิปกติ (68 ฟาเรนไฮต์)
- หรือกรอกอุณหภูมิเอง (Chemical stored at.....degrees) จากนั้นให้กด OK ถ้าเราเลือก Tanks contains liquid เราก็จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Liquid Mass of Volume” ซึ่งหน้าจอส่วนนี้ จะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะให้ใส่น้ำหนัก หรือปริมาตรของสาร (Enter the mass in the tank or volume of the liquid) ให้เติมจานวนลงในช่องที่เขียนว่า The mass in the tank is .... วิธีที่ดีอีกวิธีหนึ่งคือ เลือกจากส่วนล่างของหน้าต่าง โดยผู้ใช้จะเห็นแถบเลื่อนอยู่ตรงกลาง ให้ใช้ Mouse กดที่ส่วนที่เลื่อนได้ ของแถบเลื่อนแล้วลากลง จะเห็นว่าตัวเลขต่างๆ จะเปลี่ยนไปและขีดที่อยู่ในภาพของถังก็จะเลื่ยนไปด้วย (ขีดนี้คือผิวบนของสารในส่วนที่เป็นของเหลว)

เราจะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Are and Type of Leak” ซึ่งจะกล่าวถึงรูรั่วที่ถัง หน้าจอนี้จะแบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกจะกล่าวถึงรูปร่างของรอยรั่วที่ถังว่าเป็นวงกลม (circular Opening) หรือสี่เหลี่ยม (Rectangular Opening) แถบสำหรับเลื่อนหน้าจอในส่วนที่สอง จะกล่าวถึงขนาดของรอยรั่ว เช่น ถ้าตอนแรกเราเลือกวงกลม ก็จะมีช่องให้เติมเส้นผ่านศูนย์กลางของรูรั่ว หรือถ้าตอนแรกเลือกรอยรั่วแบบสี่เหลี่ยม เราก็ต้องใส่ค่าความกว้าง และความยาวเป็นต้น

หน้าจอในส่วนที่สาม จะถามว่ารอยรั่วนั้นเกิดที่ผนัง Tank โดยตรง (Hole) หรือท่อสั้น (Short Pipe/valve) ท่อสั้นคือท่อสั้นที่ติดกับผนังของ Tank แต่ต้องยาวเกิน 10 ซม.

จากนั้นให้กด OK จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า ‘Height of the tank opening” ซึ่งทางซ้ายจะมีภาพแสดงระดับของของเหลวในถัง ผู้ใช้มีหน้าที่ต้องระบุว่ารูรั่วอยู่ตรงที่ใด เทียบกับผิวของของเหลว (คืออยู่ใต้ระดับของเหลว หรืออยู่เหนือผิวของเหลว คือในช่วงที่เป็นก๊าซ) ผู้ใช้สามารถที่จะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลื่อนแถบเลื่อนที่อยู่ตรงกลางภาพลงได้โดยที่ตัวเลขต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากนั้นให้กด OK ผู้ใช้อาจจะเข้าสู่หน้าต่างของ “Paddle Parameter” ถ้าหากอโลฮา เชื่อว่าสารชนินี้ตกลงไปที่พื้น จะก่อตัวเป็น Paddle ก่อน แล้วจึงค่อยระเหยไป แต่บางครั้งก็ไม่เข้าหน้าจอนี้ ถ้าอโลฮาเชื่อว่าสารเคมีจะรั่วไหลออกมาในสภาพของก๊าซ (ผู้ใช้อโลฮา จะต้องคานึงว่าอโลฮา เป็นโปรแกรมประเภท Expert System ดังนั้นหน้าจอที่ขึ้นมาให้ผู้ใช้ดูในแต่ละครั้งอาจไม่เหมือนกัน แล้วแต่ข้อมูลที่ใส่ลงไป) หน้าจอ Paddle Parameter นี้จะต่างจากกรณีที่เข้า Menu Paddle ในกรณีที่เลือกการรั่วไหลเป็น Paddle ตั้งแต่แรก เล็กน้อย และจะประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- ชนิดของพื้น (Select ground type) default/concrete/sandy/moist
- อุณหภูมิของพื้น (Input ground temperature) ซึ่งอาจจะใช้อุณหภูมิเดียวกับอากาศ (Use air temperature) หรือใส่โดยตรง (Ground temperature is..... deg)
- บริเวณที่กว้างที่สุดของการไหลนอง (Maximum Paddle diameter or area / unknown / maximum diameter / maximum area)

เมื่อเราเลือก OK ก็จะเป็นการสิ้นสุดการ Input ข้อมูล ถ้าตอนแรกผู้ใช้เลือก Tanks contains gas only ผู้ใช้จะพบว่า อโลฮา จะพยายามบังคับให้เราใส่อุณหภูมิการเก็บให้เหมาะสมกับการที่สารอยู่ในสภาพก๊าซ คือต้องอยู่ในอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของมัน เมื่อเรากดปุ่ม OK เราก็จะได้หน้าต่างอีกบานหนึ่งคือ หน้าต่าง “Mass or pressure of gas” ซึ่งมีส่วนประกอบของหน้าต่างดังนี้

- ใส่จานวนก๊าซ หรือแรงดันในถัง (Enter either tank pressure or amount of gas) โดยเราต้องใส่แรงดันให้เหมาะสม และเลือกหน่วยวัด ซึ่งอาจเป็น มิลลิเมตรปรอท (mmHg), บรรยากาศ (atm), ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และ Pa

- น้ำหนักของก๊าซ ถ้าเราไม่ใส่แรงดันก๊าซ ก็ต้องใส่น้ำหนักของก๊าซในส่วนล่างของหน้าต่าง (มีหน่วยเป็นปอนด์ ตัน ฯลฯ) การใส่แรงดันก๊าซหรือน้ำหนักก๊าซนี้ต้องใส่ให้เหมาะสม มิฉะนั้นเมื่อกด OK อโลฮา อาจเตือนว่าในสภาพที่ผู้ใช้กำหนดนั้น สารเคมีอาจไม่อยู่ในสภาพก๊าซ เช่นมีแรงดันสูงเกินไป ทำให้ก๊าซกลายเป็นของเหลว ผู้ใช้ควรอ่านคาเตือนของอโลฮา ให้ละเอียด และปรับค่าแรงดันให้เหมาะสม

ในกรณีที่เราไม่รู้แน่ชัดว่าสารนั้นอยู่ในฐานะเป็นก๊าซ หรือของเหลวให้เลือก Unknown อโลฮา จะคำนวณให้เองโดยดูจากน้ำหนักของสารเคมี และขนาดถัง แรงดัน และอุณหภูมิ ที่หน้าจอ ‘Chemical state and temperature” ให้เลือก Unknown แล้วกด OK จะได้หน้าต่างชื่อ “Mass of chemical in tank” ซึ่งมีช่องให้กรอกข้อความเพียงช่องเดียวคือ “The amount of chemicals in....” ให้เราใส่น้ำหนักของสารนั้นลงไป ซึ่งควรจะเหมาะสมกับขนาดของถังด้วย จากนั้นให้กด OK ซึ่งอโอฮา มักหยุดทักว่าในสภาพที่กำหนดนี้สารอาจมีสภาพเป็นของเหลว หรือก๊าซแล้วแต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณี จากนั้นเราก็จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า ‘Area and Type of Leak” และหน้าจอถัดๆไป เหมือนกับในกรณีที่เลือกว่า Tank Contains Liquid ทุกประการ

ถ้าเราเลือก Pipe จาก menu Setup – Source – Pipe เราจะได้หน้าจอ Pipe Input ซึ่งประกอบด้วยสิ่งที่น่าสนใจคือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (Input Pipe Diameter) ความยาวของท่อ Input Pipe Length และส่วนต่อมาจะถามว่าท่อด้านที่ยังดีอยู่ต่อกับถัง (Connected to infinite tank source) หรือปิดอยู่ และส่วนสุดท้ายคือถามความขรุขระของผิวถัง Smooth pipe / Rough Pipe จากนั้นให้กด OK เราจะเข้าสู่หน้าจอ “Pipe Pressure and Hole size) ซึ่งเราจะต้องใส่ข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันในท่อ (Input pipe pressure), อุณหภูมิ (Input Pipe temperature) ส่วนขนาดของรูทะลุที่ท่อนี้จะเท่ากับขนาดท่อพอดี เมื่อเรากด OK ก็เป็นอันว่าจบการกรอกข้อมูล

Menu Set Up – Computational

จะเข้าสู่หน้าต่าง “Computational Preference” ซึ่งในส่วนบนมีตัวเลือกสามตัวคือ ให้โปรแกรมตัดสินใจ (Let model decide) ซึ่งเป็นค่า Default ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่แน่ใจว่าจะใช้ Model แบบใด

- ใช้การกระจายแบบ Gaussian (Gaussian dispersion only) ใช้ในกรณีที่เราทราบว่ากลุ่มก๊าซมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับอากาศ

- ใช้การกระจายแบบก๊าซหนัก (Heavy gas dispersion only) ใช้ในกรณีที่เราทราบว่า กลุ่มก๊าซมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศในส่วนล่างของหน้าต่าง จะเป็นการกำหนดสูตร ที่ใช้ในการคำนวณ Dose ที่บุคคลจะได้รับ จากนั้นให้กด OK Menu ที่อาจใช้ประโยชน์ได้อีกส่วนหนึ่งคือ Display ---- Options เราสามารถ Set ค่าของ IDHL ของสารเคมีในการคำนวณแต่ละครั้งได้ ในกรณีที่

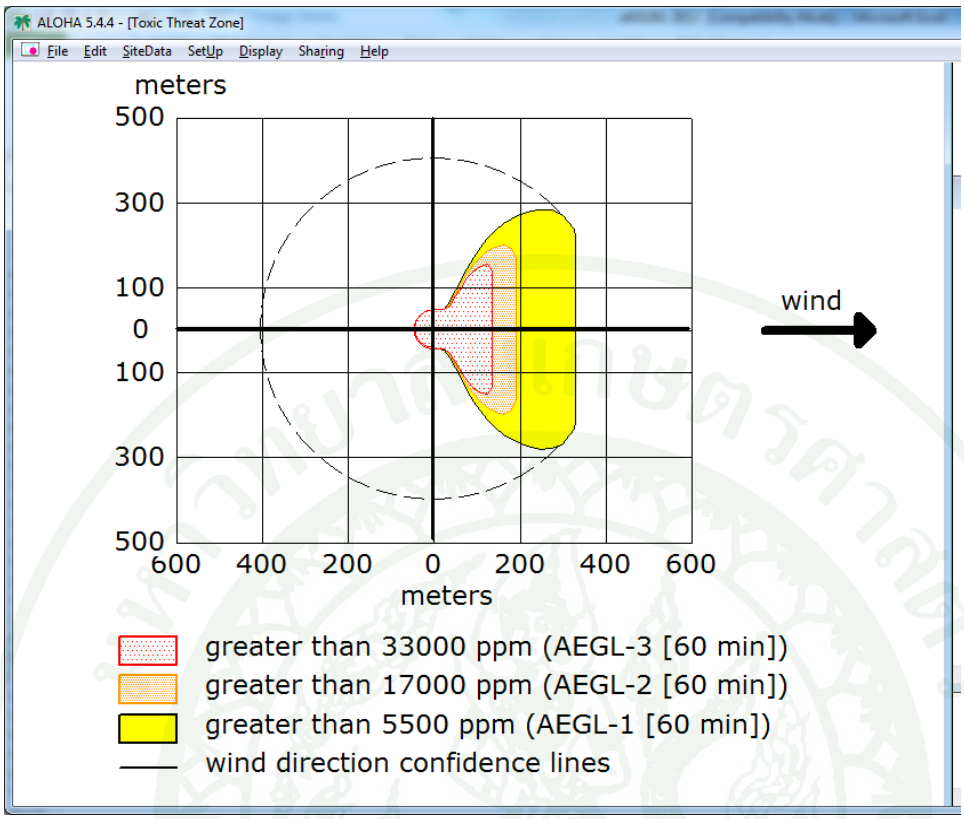
- ค่า IDHL ของสารเคมีนั้นไม่มีในอโลฮา

- ค่า IDHL ของสารเคมีนั้นมีการเปลี่ยนแปลง ตามกลุ่มประชากร เช่นในเด็ก อาจมี IDHL ต่ำกว่าผู้ใหญ่ นอกจากนี้เรายังสามารถตั้งค่าหน่วยวัดได้ด้วยว่าจะใช้ระบบอังกฤษ (ฟุต ปอนด์ หลา) หรือระบบเมตริก (เมตร กิโลกรัม)

ส่วนของ Menu ที่เกี่ยวกับการแสดงผล

Menu Display – Footprint จะแสดงสิ่งที่เรียกว่า Footprint ซึ่งก็คือกราฟที่วาดขึ้นเพื่อแสดงบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง ที่จะได้รับสารเคมีในระดับที่เกิน LOC (Level of concern) โดยรูปร่างของ Footprint มักเป็นทางยาวตามกระแสลม (บริเวณที่แรเงา) รอบๆ Footprint จะเป็นบริเวณที่แสดงด้วยเส้นประ (Wind Confidence Line) ถือว่าเป็นบริเวณที่สารเคมีอาจจะกระจายได้ตามกระแสลมที่แปรเปลี่ยน โดยประมาณว่าอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ ของการกระจายจะต้องอยู่ภายในเส้นประเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 14 แสดง Footprint

การ Save ได้สองแบบคือ SPY และแบบ ALOHA เป็นการ Save แบบที่นำมาแสดงผลได้ใหม่ และพิมพ์ได้ แต่เป็นข้อมูลที่ “ตาย” แล้วไม่สามารถแก้ไขได้ ก่อน save จะต้องเปิดหน้าต่างทุกหน้าต่างให้ครบ จึงจะได้ข้อมูลอย่างครบถ้วน แฟ้มที่ได้รับการ Save จะเป็นแฟ้มนามสกุล .spy

การ Save แบบอโลฮา

การ Save แบบอโลฮา เป็นการ Save ที่นามาแสดงผลได้ใหม่ พิมพ์ได้ และแก้ไขหรือดู Concentration ที่จุดต่างๆ ได้ คล้ายกับตอนที่สร้างขึ้นในครั้งแรก แฟ้มที่ได้จากการ Save จะเป็นแฟ้มนามสกุล .alo การเปิดแฟ้มที่ Save ไว้ การเปิดแฟ้ม.spy ต้องใช้โปรแกรม AlohaSpy โดยจากปุ่ม Start ของ Windows Programs – Aloha – AlohaSpy

เมื่อเราเข้าไปในโปรแกรม AlohaSpy แล้ว ให้เลือก Menu File – Open Window Archive แล้วเลือกแฟ้มที่ Save ไว้ แฟ้มนี้แก้ไขไม่ได้ แต่พิมพ์ได้โดยใช้ Menu File – Print การเปิดแฟ้ม .alo สามารถเปิดได้โดยโปรแกรม อโลฮา เอง แต่การเปิดมีสองแบบคือ

- Response Mode
- Planning Mode

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Response Mode ใช้ในกรณีฉุกเฉิน เช่นสมมุติว่าเราเคยวางแผนเกี่ยวกับอุบัติภัยจากก๊าซ Phosgene เอาไว้ เมื่อเกิดอุบัติภัยขึ้น เราก็เรียกแฟ้มที่ Save ไว้มาเปิดดู ซึ่งเราจะได้เฉพาะข้อมูลที่คงที่มาใช้ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับ SiteData เช่น เมือง สถานที่ที่สนใจ (เช่นโรงเรียนอนุบาล) ส่วนวันและเวลาที่ใช้จะเป็นเวลาใหม่ ซึ่งก็คือเวลาของเครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง Planning Mode ใช้ในการวางแผน เวลาเราเปิดแฟ้มใน Mode นี้ เราจะได้ข้อมูลทุกอย่างกลับมาหมด และสามารถใช้งานได้คล้ายกับตอนก่อน Save แต่เวลาจะถูกล็อค เป็นเวลาขณะที่โปรแกรมถูก Save เอาไว้ เป็น (Constant Time)

2. การนำภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth มาใช้งาน

ดาวน์โหลดโปรแกรม Google Earth จาก website หลังจากที่ดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการติดตั้งโดยดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอน เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม หลังจากนั้นจะมีสัญลักษณ์ การค้นหาสถานที่เกิดเหตุ เมื่อเปิดโปรแกรม Google Earth

ผลการประเมินจากโปรแกรม ALOHA

1. การรั่วไหล และก่อให้เกิดพื้นที่ที่เป็นพิษของไอระเหย

SITE DATA:
Location: EXPRESS WAY, BANGKOK, THAILAND
Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
Time: November 1, 2013 1330 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -42.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 knots from SE at 10 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 36.5° C Stability Class: B

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

No Inversion Height Relative Humidity: 63%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.2 meters Tank Length: 4.68 meters
Tank Volume: 17800 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 36.5° C
Chemical Mass in Tank: 7,210 kilograms
Tank is 85% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1 meters from tank bottom
Release Duration: 27 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 611 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,874 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
Model Run: Heavy Gas
Red : 135 meters --- (33000 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 191 meters --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 329 meters --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])

2. การรั่วไหล และก่อให้เกิดพื้นที่ไวไฟของไอระเหย

SITE DATA:
Location: EXPRESS WAY, BANGKOK, THAILAND
Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
Time: November 1, 2013 1330 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -42.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 knots from SE at 10 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 36.5° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 63%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.2 meters Tank Length: 4.68 meters
Tank Volume: 17800 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 36.5° C
Chemical Mass in Tank: 7,210 kilograms
Tank is 85% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1 meters from tank bottom
Release Duration: 27 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 611 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,874 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Heavy Gas
Red : 171 meters --- (21000 ppm = LEL)
Orange: 222 meters --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 512 meters --- (2100 ppm = 10% LEL)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การระเบิดของไอระเหย และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นความดัน (Overpressure)

SITE DATA:
Location: EXPRESS WAY, BANGKOK, THAILAND
Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
Time: November 1, 2013 1330 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -42.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 knots from SE at 10 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 36.5° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 63%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2.2 meters Tank Length: 4.68 meters
Tank Volume: 17800 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 36.5° C
Chemical Mass in Tank: 7,210 kilograms
Tank is 85% full
Circular Opening Diameter: 1 inches
Opening is 1 meters from tank bottom
Release Duration: 27 minutes

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Max Average Sustained Release Rate: 611 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,874 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

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: Heavy Gas
Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
Orange: 140 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)
Yellow: 258 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

4. การเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน

SITE DATA:
Location: EXPRESS WAY, BANGKOK, THAILAND
Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)
Time: November 1, 2013 1330 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -42.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2 knots from SE at 10 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 36.5° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 63%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical is burning as it escapes from tank

Tank Diameter: 2.2 meters Tank Length: 4.68 meters

Tank Volume: 17800 liters

Tank contains liquid Internal Temperature: 36.5° C

Chemical Mass in Tank: 7,210 kilograms

Tank is 85% full

Circular Opening Diameter: 1 inches

Opening is 1 meters from tank bottom

Max Flame Length: 15 meters Burn Duration: 27 minutes

Max Burn Rate: 615 kilograms/min

Total Amount Burned: 6,874 kilograms

Note: The chemical escaped from the tank and burned as a jet fire.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : 24 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 35 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 55 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

5. การระเบิดเนื่องจากไอของของเหลวเดือด (BLEVE) และก่อให้เกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อน

SITE DATA:

Location: EXPRESS WAY, BANGKOK, THAILAND

Building Air Exchanges Per Hour: 0.45 (unsheltered single storied)

Time: November 1, 2013 1330 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 knots from SE at 10 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 36.5° C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 63%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 2.2 meters Tank Length: 4.68 meters

Tank Volume: 17800 liters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: 36.5° C

Chemical Mass in Tank: 7,210 kilograms

Tank is 85% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 112 meters Burn Duration: 8 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 246 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 347 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 541 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาวบุริมนาถ ประทุมวัน
เกิดวันที่ วันที่ 29 เมษายน 2523
สถานที่เกิด จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรีอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกความปลอดภัยและอาชีวอนามัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัทอินเตอร์เนชั่นแนล แลบบอราทอรีส์ จำกัด
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์