



วิทยานิพนธ์

การปรับปรุงระบบระบายอากาศและวางแผนฉุกเฉินในการเกิดการ
รั่วไหลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกระจก

**IMPROVEMENT OF VENTILATION SYSTEM AND PREPARE
EMERGENCY PLAN OF SULPHUR DIOXIDE LEAKAGE
IN GLASS PRODUCTION**

นายณัฐพล ทองทั่ว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๕๑



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปรับปรุงระบบระบายอากาศและวางแผนฉุกเฉินในการเกิดการรั่วไหลของ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกระจก

Improvement of Ventilation System and Prepare Emergency Plan of
Sulphur Dioxide Leakage in Glass Production

นามผู้วิจัย นายณัฐพล ทองทั่ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เสรี เสวตเสถณี, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงระบบระบายอากาศและวางแผนฉุกเฉินในการเกิดการรั่วไหลของ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกระจก

Improvement of Ventilation System and Prepare Emergency Plan of
Sulphur Dioxide Leakage in Glass Production

โดย

นายณัฐพล ทองทั่ว

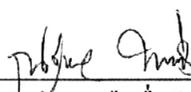
เสนอ

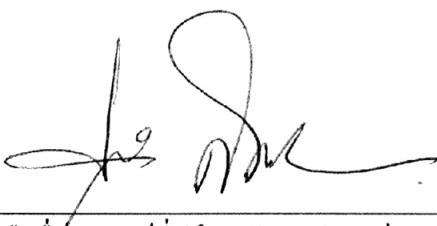
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2551

ฉัฐพล ทองทั่ว 2551: การปรับปรุงระบบระบายอากาศและวางแผนฉุกเฉินในการเกิด
การรั่วไหลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกระจก ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย
โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D. 143 หน้า

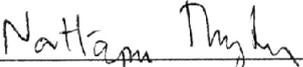
ในการผลิตกระจกแผ่นเรียบ มีความจำเป็นต้องใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ฉีดพ่นกระจก
เพื่อป้องกันรอยขีดข่วน ซึ่งก๊าซดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานใน
บริเวณดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบระบายอากาศให้เกิดความ
ปลอดภัยต่อพนักงาน โดยใช้โปรแกรมอโรโลฮา (Areal Location Of Hazardous Atmospheres)
จำลองทิศทางการแพร่กระจายและความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แพร่กระจายใน
บริเวณทำงาน จากผลการศึกษาพบว่าค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์
ไดออกไซด์ที่รั่วไหลจากการผลิตในพื้นที่ทำงาน จึงได้ออกแบบระบบระบายอากาศเพื่อให้เป็น
ข้อมูลในการติดตั้ง โดยออกแบบมาตรฐาน ACGIH (American Conference of Government
Industrial Hygienist) โดยเลือกใช้แรงพัดลมเหวี่ยงต้นกำลังขนาด 23 แรงม้า หัวดูดแบบช่องแคบ
(Slot hood) จำนวน 6 หัว ใช้ท่อพีวีซีในการระบายอากาศจำนวน 13 ท่อ และจัดทำแผนฉุกเฉิน
กรณีเกิดการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์


ลายมือชื่อนิสิต


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Nattapon Thongtour 2008: Improvement of Ventilation System and Prepare Emergency Plan of Sulphur Dioxide Leakage in Glass Production. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Chawalit Kittichaikarn, Ph.D. 143 pages.

In the process of making float glass, Sulphur dioxide is used for coating on surface of a sheet glass to prevent scratch. However, the leakage of Sulphur dioxide during the process itself deteriorated employees' health. Therefore, this research was aims to design the ventilation system to overcome this problem. ALOHA program (Areal Location of Hazardous Atmospheres) was used to simulate the spreading direction and a concentration of Sulphur dioxide in the working area. The result obtained was found to be similar to the measured data. Ventilation system was designed according to ACGIH Standard (American Conference of Government Industrial Hygienist). A 23 hp blower together with 6 slot hoods and stainless steel pipe were used in the design systems. Finally, Emergency plan was proposed to be applied when there is the leakage of Sulphur dioxide in the working area.


Student's signature


Thesis Advisor's signature

28th May / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต กิตติชัยการ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนวางแผนงานงานวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เสรี เสวตเศรษฐี กรรมการวิชาเอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) โรงงานระยอง ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณเบญจพล เพชรสมนึก ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องและเพื่อนๆ วิศวกรรมความปลอดภัย รุ่นที่ 6 ทุกคน ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาและเป็นกำลังใจต่อผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ณัฐพล ทองทั่ว

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	74
ผล	74
วิจารณ์	99
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก การคำนวณออกแบบระบบระบายอากาศของโรงงานผลิตกระจก ตามมาตรฐาน ACGIH	104
ภาคผนวก ข คุณลักษณะของพัดลมที่ใช้ในระบบ	121
ภาคผนวก ค ปัจจัยต่างๆค่าความสูญเสียต่างๆในการคำนวณระบบระบายอากาศ	124
ภาคผนวก ง ข้อมูลของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์	127
ภาคผนวก จ ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดระยอง	135
ภาคผนวก ฉ การดาวน์โหลดโปรแกรมและการติดตั้งโปรแกรม ALOHA	138
ภาคผนวก ช การใช้งาน Google Earth	140
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เทคนิคการควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีในโรงงาน	6
2	ช่วงของอัตราความเร็วลมในการดูดจับสิ่งปนเปื้อน	19
3	การประเมินทิศทางลมจากสิ่งแวดล้อม	41
4	ตัวอย่างของความขรุขระ (Roughness length, Z0)	43
5	ความเร็วจับยึดที่จำแนกตามลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน	64
6	ความหนาของท่อมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา	66
7	ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้ในพื้นที่ทำงาน	81
8	หน้าที่และผู้รับผิดชอบในแผนบรรเทาทุกข์	96
9	หน้าที่และผู้รับผิดชอบในแผนการปฏิบัติฟื้นฟู	97
10	เบอร์โทรศัพท์ภายในเครือข่ายฉุกเฉิน	98
ตารางผนวกที่		
ค1	ค่าคงที่ความเสียหายของอากาศที่ภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อ	125
ค2	การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด	125
ค3	แฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเหลี่ยมหน้าตัดกลม	126
จ3	สภาพภูมิอากาศจังหวัดระยองเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2504 – พ.ศ. 2533)	137

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงระบบระบายอากาศแบบ Negative Pressure Ventilation	8
2	แสดงระบบระบายอากาศแบบ Positive Pressure Ventilation	9
3	แสดง Hood ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและแสดงรูปการไหลของอากาศที่ขึ้นอยู่กับความสูงของกรอบหน้าต่าง	10
4	แสดง bypass hood ที่ใช้ในห้อง Lab. Bypass air จะถูกควบคุมปริมาณโดยการเปิดหน้าต่าง Hood	11
5	แสดงลักษณะของ Local Exhaust hood และอธิบายคำศัพท์เฉพาะ	14
6	แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Local Exhaust Hood	15
7	แสดงการเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “boundary layer separation”	16
8	แสดง Hood ชนิด Enclosing Hood	17
9	แสดง Hood ชนิด Exterior Hood	17
10	แสดงจุดดูดที่บริเวณพื้นผิวทรงกลม	20
11	เมื่อระยะห่างระหว่าง Hood กับแหล่งกำเนิดมากขึ้นยังต้องการปริมาตรอากาศมากขึ้นหรือความเร็วลมลดลงแปรผกผันเป็น 2 เท่าของระยะ X	21
12	แสดง Hood กรณีไม่มีกริบและแผ่นกั้นทำให้กระแสลมถูกดูดเข้า Hood ในทุกทิศทาง	22
13	แสดง Hood ที่มีกริบและแผ่นกั้นทำให้สามารถกั้นลมที่ไม่ต้องการไม่ให้ถูกดูดเข้าใน Hood	23
14	แสดงการติดตั้ง Slot เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของอากาศก่อนเข้าไปใน Hood	24
15	แสดงตำแหน่งการยืนของพนักงานที่มีผลต่อการได้รับอันตรายจากสารมีพิษ	26
16	เครื่องมือที่วัดค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	26
17	รูปหน้าโปรแกรมอโลฮา (ALOHA) เวอร์ชัน 5.4	26
18	ภาพจำลองการผลิตกระจกแผ่นเรียบ	28
19	แสดงลักษณะการฉีดพ่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อเคลือบผิวกระจก	28
20	แสดงวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเจ้าหน้าที่ห้องแล็บ	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	แสดงแผนผังของเครื่องจักรที่ทำการวัดค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	30
22	หน้าต่าง Location Information	32
23	หน้าต่าง Location Input	33
24	การเลือกประเทศและเวลา (โปรดสังเกตว่าประเทศไทยมีค่า Offset ติดลบ)	34
25	หน้าต่าง Chemical Information	35
26	หน้าต่าง Infiltration Building Parameters	37
27	หน้าจอ Text Summary ที่แสดงข้อมูลสารเคมีที่สนใจ เช่น IDLH และ TLV	39
28	หน้าต่างสำหรับกรอกข้อมูลภูมิทางอากาศ	40
29	หน้าต่าง Atmospheric 2	44
30	หน้าต่าง “User Input Source Strength”	46
31	หน้าต่าง Tank Size and Orientation สำหรับเลือกชนิดถัง	49
32	หน้าต่าง Chemical State and Temperature	50
33	การเลื่อนขีดบ่งระดับของเหลวในถัง	51
34	Footprint ของตัวอย่างของโปรแกรม ALOHA	55
35	แสดงการหาความเข้มข้นของสารเคมี ณ จุดหนึ่งจุดใด	56
36	หน้าต่างแสดงความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศ	57
37	กราฟแสดง Dose ณ จุดที่วัดความเข้มข้น (Concentration)	58
38	อัตราการรั่วไหล (Source Strength)	59
39	แสดงที่ตั้งของโรงงานและลักษณะอาคาร ในการศึกษาเลือกบริษัท กระจกไทย	74
40	แสดงการกำหนดสารเคมีที่ต้องการศึกษาคือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	75
41	แสดงการตั้งค่าความเร็วลม	75
42	แสดงค่าที่กำหนดในการตั้งค่า	76
43	แสดงหน้าต่างเลือกค่าแหล่งรั่วไหล	76
44	แสดงหน้าต่างเลือกค่าความดันในท่อ	77
45	แสดงค่าที่กำหนดในโปรแกรม	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
46	แสดงลักษณะการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	78
47	แสดงค่าที่ป้อนในโปรแกรมและมีการประมวลผลการรั่วไหลของสารเคมี	79
48	แสดงทิศทางและระดับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไฮไดรด์	79
49	แสดงค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของก๊าซซัลเฟอร์ไฮไดรด์	80
50	แสดงพื้นที่จุดรวมพลที่ปลอดภัย	80
51	แสดงแผนผังของเครื่องจักรที่จะติดตั้งระบบระบายอากาศ	83
52	แสดงแผนผังภาพขยายของเครื่องจักรที่จะติดตั้งระบบระบายอากาศ	84
53	แสดงภาพจำลองด้านหน้าของระบบระบายอากาศ	85
54	แสดงภาพจำลองด้านบนของระบบระบายอากาศ	87
55	การปฏิบัติเบื้องต้นกรณีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วไหล	88
56	โครงสร้าง หน้าที่มีความรับผิดชอบในการปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน	87
57	แผนการดับเพลิงขั้นต้น (กรณีนอกเวลาทำงานปกติ 17.00 - 08.00 น. และวันหยุด	93
58	แผนฉุกเฉินของสารเคมีกรณีรั่วไหล	94
ภาพผนวกที่		
ก1	การคำนวณออกแบบระบบระบายอากาศของโรงงานผลิตกระจกตาม มาตรฐาน ACGIH	105
ข1	กราฟคุณลักษณะสมรรถนะเชิงสมรรถนะพัคลมรุ่น FY-36BCD-D	122
ข2	พัคลมยี่ห้อ National รุ่น FY-36BCD-D	123
จ1	สภาพภูมิอากาศจังหวัดระยอง	136
จ2	โปรแกรมการแปลงหน่วยความเร็วลม	136
ช1	ที่ตั้งโรงงานกระจกไทยอาชีพระยอง	141
ช2	รายการแผนที่ที่ปิดหมุด	141
ช3	โรงงานกระจกไทยอาชีพโรงงานระยอง ที่บันทึกไฟล์แผนที่จาก Google Earth	142

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ACGIH	American Conference Of Government Industrial Hygienist
A	พื้นที่หน้าตัด
f	แฟกเตอร์ความสูญเสียในท่อจากความเสียดทาน ของ Moody
F	สัมประสิทธิ์ความสูญเสียจากการผันผวนของอากาศ
F_h	แฟกเตอร์ความสูญเสียจากการเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อ
FSP	Fan Static Pressure (ความดันสถิตย์ของพัดลม)
FTP	Fan Total Pressure (ความดันทั้งหมดของพัดลม)
FVP	Fan Velocity Pressure (ความดันเคลื่อนที่ของพัดลม)
H	ความร้อน
H	Head (ความสูงของอากาศ)
h_e	ความสูญเสียจากการเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อ
h_f	ความสูญเสียในท่อเนื่องจากความเสียดทาน
H_f	แฟกเตอร์ความสูญเสียในท่อจากความเสียดทานของ Loeffler
h_L	ความสูญเสียจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
ppm	parts per million
Q	อัตราการไหลของอากาศ
RF	Return Fan (พัดลมดูดอากาศกลับ AHU)
SF	Supply Fan (พัดลมส่งอากาศไปยังห้อง)
SP	Static Pressure (ความดันสถิตย์)
Sp.gr.	Specific gravity (ความถ่วงจำเพาะ)
STP	Standard Temperature and Pressure (สภาวะมาตรฐาน)

การปรับปรุงระบบระบายอากาศและวางแผนฉุกเฉินในการเกิดการรั่วไหลของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตกระจก

Improvement of Ventilation System and Prepare Emergency Plan of Sulphur Dioxide Leakage in Glass Production

คำนำ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารเคมีที่ใช้งานในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย โดยในอุตสาหกรรมการผลิตกระจกได้นำสารดังกล่าวมาใช้เพื่อป้องกันรอยขีดข่วนของกระจกและทำให้กระจกแข็งตัว และในโรงงานกระจกไทยอาซาฮีสาขาโรงงานระยองซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตกระจกชนิดบางพิเศษ และจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ต้องใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการฟ่นเคลือบผิวกระจกจำนวนมาก เป็นผลทำให้ พื้นที่ทำงานมีความเข้มข้นของก๊าซดังกล่าวจำนวนมากมีการวัดปริมาณความเข้มข้นได้ ประมาณ 10-30 ppm และส่งผลกระทบต่อพนักงานที่ทำงานในบริเวณดังกล่าวเกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น หายใจไม่ออก เกิดอาการระคายเคืองและเวียนศีรษะ ฯลฯ ในเบื้องต้นทางโรงงานฯ ได้แก้ไข โดยการจัดหาหน้ากากป้องกันสารเคมี (Respirator) ให้พนักงานสวมใส่เพื่อป้องกันผลกระทบในเบื้องต้น ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าวส่งผลทำให้พนักงานทำงานไม่สะดวกและเป็นการแก้ไข ปัญหาที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอนอกจากนี้จากการประเมินสาเหตุในเบื้องต้นทำให้พบว่าปัญหาน่าจะเกิดจากการระบายอากาศไม่เพียงพอและไม่เหมาะสมการปิดกั้นการรั่วไหลของก๊าซจากเครื่องจักรไม่ดีพอ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยได้เลือกศึกษากรณีการระบายอากาศ ของโรงงานผลิตกระจกในบริเวณที่มีการใช้งานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ฉีดพ่นผิวกระจก การฟุ้งกระจาย และลอยตัวไปยังพื้นที่ข้างเคียงในบริเวณพื้นที่โรงงาน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้นคนที่อยู่ในบริเวณที่คว้นพิษ พาดผ่านสูดดมเข้าไปการฟุ้งกระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นพิษนั้น ขึ้นกับทิศทางลมและการกระจายในพื้นที่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปALOHA ในการกระจายตัวของสารเคมี
2. เพื่อออกแบบระบบดูดอากาศแบบเฉพาะที่สำหรับ โรงงานผลิตกระจก (Local Exhaust Hood)
3. วางแผนฉุกเฉินกรณีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วไหล

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาสารเคมีที่จะระบายอากาศและศึกษาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกแบบระบบระบายอากาศในโรงงานกระจกไทยอาชีพโรงงานระยอง
2. ศึกษาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
3. ออกแบบระบบหรือวิธีระบายอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ทำงานโดยใช้หลักการระบายอากาศและโปรแกรมอลอฮา (ALOHA)

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยได้ทบทวนเอกสาร รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้และใช้ในการอ้างอิง โดยในส่วนของ การทบทวน วรรณกรรมได้ทำการแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประภาวรินทร์ (2549) ได้ทำการศึกษากรณีการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลสในสถานที่จัดเก็บของบริษัททริคีสศึกษาสถานที่ตั้งจังหวัดสมุทรปราการ โดยการเปรียบเทียบกับ การระเบิดของ TNT (TNT Equivalent) พบว่าในระยะจากจุดเกิดเหตุถึง 70 เมตร โครงสร้างอาคาร เครื่องจักรหนัก องค์ประกอบในโครงสร้างจะถูกทำลาย ที่ระยะห่าง 150 เมตรจะทำลายระบบโครงสร้างของบ้านเรือน ประมาณ 50 % ในระยะห่าง 700 เมตรจะทำลายโครงสร้างของบ้านเรือนได้เล็กน้อย และที่ 1,000 เมตร ขึ้นไปถือเป็นระยะที่ปลอดภัย (Safety Distance)

การประเมินผลกระทบจากสารมลพิษที่ได้จากการระเบิดที่นำมาพิจารณาคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ การฟุ้งกระจายของสารเคมีในระยะตามแนวระนาบทั้งสามชนิด พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ ต่อสุขภาพ (IDLH) คือระดับความเข้มข้นที่ 40,000 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 13 เมตร ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ระดับความเข้มข้นที่ 1,200 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 243 เมตร และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ในปริมาณที่อาจ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ระดับความเข้มข้นที่ 50 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 663 เมตร

สุกิต (2548) ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมลฮาเพื่อประเมินความเสี่ยงภัยสำหรับกรณีเหตุการณ์สารคลอรีนเหลวรั่วไหลกับกรณีศึกษา 2 แบบ คือ แหล่งอยู่กับที่ และแหล่งเคลื่อนที่ ซึ่งแหล่งอยู่กับที่ที่กำหนดสถานการณ์จำลองการรั่วไหลจากถังเก็บขนาดใหญ่ สำหรับ โรงงานผลิตสารเคมีบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปู ทำให้สามารถทราบถึงขอบเขตและ ผลกระทบ โดยถึงเก็บ

สารคลอรีนที่ใช้เป็นต้นแบบการประเมินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เมตร สูง 10 เมตร สามารถบรรจุได้ 283 ตัน มีสารคลอรีนบรรจุอยู่ 20 ตัน (50% ของปริมาณบรรจุ) โดยมีการรั่วไหลจากถังเก็บมีรั่วรัวขนาดกว้าง 0.5 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว รอยรั่วสูงจากระดับพื้นดินเท่ากับ 50 เซนติเมตร ทำให้มีปริมาณการรั่วไหลทั้งหมดเท่ากับ 2,595 กิโลกรัม ลักษณะการรั่วไหลมี 2 ลักษณะ ทั้งก๊าซระเหยและของเหลว โดยกำหนดความหนาแน่นของประชากรภายในบริเวณโดยรอบเท่ากับ 200 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร เมื่อนำมาแปรผลโดยหลักสถิติจะพบว่าขอบเขตผลกระทบเท่ากับ 10.179 ตารางกิโลเมตร ผู้คนที่อาจได้รับผลกระทบเท่ากับ 2,036 คน เมื่อติดตั้งระบบ Safety Scrubber จะสามารถลดขอบเขตผลกระทบลงเหลือเท่ากับ 0.19 ตารางกิโลเมตร โดยผู้ที่อาจได้รับผลกระทบเท่ากับ 38 คน ซึ่งสามารถลดความรุนแรงลงได้มากกว่า 98% สำหรับแหล่งเคลื่อนที่ ใช้กับกรณีสารคลอรีนรั่วไหลบนทางด่วนช่วงทางแยกบ่อนไก่จากด้านบางนามุ่งสู่ถนนสาธุประดิษฐ์ เนื่องจากเป็นช่วงโค้งและมีการจราจรหนาแน่น

โดยสถานการณ์จำลองได้กำหนดให้รถบรรทุกสารคลอรีนเกิดพลิกคว่ำสารคลอรีนรั่วไหลออกมาในลักษณะเจ็บบนผิวทางด่วน ช่วงการจราจรหนาแน่น การประเมินด้วยโปรแกรมโลฮาพบว่าอาจมีผู้ได้รับบาดเจ็บถึง 581 คน เนื่องจากไม่สามารถออกจากบริเวณจุดเกิดเหตุได้ทัน และไม่มีช่องทางให้รถฉุกเฉินเข้ามาสู่สถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว จึงควรมีศึกษาสร้างทางเข้าออกฉุกเฉินเพิ่มเติมสำหรับรถกู้ภัยบนทางด่วน รวมทั้งเส้นทางอพยพสำหรับผู้ใช้เส้นทางบนทางด่วนเพิ่มเติม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมื่อศึกษาถึงรูปแบบการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของสารเคมีในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า มีหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลเรื่องเหล่านี้คือ U. S. Environmental Protection Agency's Chemical Emergency and Prevention Office (EPA CEPO) และหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration (NOAA OR&R) ซึ่งทั้งสองหน่วยงานได้ร่วมกันพัฒนาโปรแกรม ALOHA เพื่อเป็นแนวทางในการทราบการกระจายตัวของสารเคมี

Crowl and Louvar (2002) กล่าวว่าค่าขีดจำกัดความเข้มข้นในสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (Threshold Limit Value; TLV) เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ร่างกายได้รับแล้ว สามารถกำจัดออกได้ โดยไม่เกิดผลกระทบใดๆต่อร่างกาย ทั้งนี้ค่า TLV ยังจำแนกประเภทได้ดังนี้

ค่าขีดจำกัดเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน

ค่าขีดจำกัดเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (Threshole Limit Value Time Weight Average; TLV-TWA) เป็นค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงานเฉลี่ยที่ 8 ชม. ต่อวัน หรือ 40 ชม. ต่อสัปดาห์ที่พนักงานสัมผัสทุกวัน โดยไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย

ค่าขีดจำกัดสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆเป็นค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงานสูงสุดที่พนักงานสัมผัสได้ในระยะสั้นๆประมาณ 15 นาที โดยไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย

ค่าขีดจำกัดสูงสุดในตลอดช่วงเวลาการทำงานจะต้องไม่เกิดความเข้มข้นของสารเคมีที่กำหนด ในบรรยากาศการทำงานค่า TLVs จะใช้หน่วยเป็น ppm (Part per million by volume) ,mg/m³ สำหรับไอสารเคมีสามารถแปลงหน่วยจาก mg/m³ เป็น ppm ได้โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{C}_{\text{ppm}} &= 22.4/M [T/273][1/P](\text{mg}/\text{m}^3) \\ &= 0.08250 [T/\text{PM}] \text{mg}/\text{m}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

โดยที่	C _{ppm}	คือ	ความเข้มข้นของสารเคมีppm
	T	คือ	อุณหภูมิ, เคลวิน
	P	คือ	ความดันสมบูรณ์, atm
	M	คือ	มวลโมเลกุล, gm/gm-mole

การควบคุมให้ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงานที่ไม่เกินมาตรฐาน จะต้องใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและต้องมั่นใจว่าเทคนิคที่เลือกใช้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายอย่างอื่นขึ้นมาแทนหรือ เป็นอันตรายมากกว่าปัญหาเดิม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เทคนิคการควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีในโรงงาน

วิธีการและคำอธิบาย	ตัวอย่าง
Substitution ใช้สารเคมีหรืออุปกรณ์ที่มีอันตรายน้อยกว่าแทน	ใช้ mechanical pump seals vs packing ใช้ welded pipe vs flanged sections ใช้ตัวทำละลายที่มีพิษน้อยกว่า ใช้สารเคมีที่มีจุดวาบไฟ จุดเดือดที่สูงกว่าและอันตรายน้อยกว่า ใช้น้ำนำความร้อนแทนการใช้ Hot oil
Attenuation ใช้สารเคมีที่ภายใต้สภาวะที่จะทำให้เกิดอันตรายน้อยกว่า	ใช้สูญญากาศลดจุดเดือด ลดอุณหภูมิและความดันในกระบวนการแช่เย็นต่อเก็บ พิจารณาความเป็นอันตรายของสารเคมีด้วยตัวทำละลายที่ปลอดภัย ปฏิบัติงานภายใต้สภาวะที่ปฏิกิริยา run-away เกิดขึ้นไม่ได้
Isolation แยกอุปกรณ์หรือแหล่งกำเนิดอันตราย	จัดตำแหน่งห้องควบคุมแยกจากห้องปฏิบัติงาน แยกห้องปั๊มจากห้องอื่น หุ้ม Insulate อุปกรณ์หรือ Line ที่มีเสียงดัง กั้นแยกห้องควบคุมกับถังเก็บ
Intensification ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้	เปลี่ยนตั้งปฏิกิริยาจากถังใหญ่เป็นถังเล็กแบบต่อเนื่อง
Intensification ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้	ลดปริมาณการจัดเก็บ ลดการจัดเก็บในกระบวนการผลิต
Local Ventilation จำกัดพื้นที่และมีปล่องระบายของสารเคมี	ใช้ Hood ใช้หลักการระบายอากาศ ณ จุดที่มีการใช้สารเคมี

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วิธีการและคำอธิบาย	ตัวอย่าง
Dilution Ventilation ควบคุมระดับความเป็นพิษให้ต่ำด้วยการ ออกแบบระบบระบายอากาศ	ออกแบบห้อง Locker ให้มีการระบายอากาศที่ ดี มีพื้นที่พิเศษหรือปิดกันสำหรับเสื้อผ้าที่ ปนเปื้อนสารเคมี ออกแบบระบบระบายอากาศแยกสำหรับห้อง ปฏิบัติงานกับสำนักงาน ออกแบบห้อง filter press ด้วยระบบระบาย อากาศโดยตรง
Wet Methods ใช้ wet Methods สำหรับป้องกัน การปนเปื้อนจากฝุ่นขนาดเล็ก	ใช้ Water spray ในการทำความสะอาด ทำความสะอาดพื้นที่บ่อยๆ
Personal Protection เป็นสิ่งสุดท้ายที่ใช้ในการป้องกัน	ใช้แว่นตานิรภัยและกระบังหน้า สวมอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจอย่าง เหมาะสมหรือต้องมีถึงอากาศเมื่ออากาศใน พื้นที่มี ความเข้มข้นน้อยกว่า 19.5 %

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

การระบายอากาศ

การควบคุมการฟุ้งกระจายของสารเคมีสู่สภาพแวดล้อมในการทำงาน ส่วนใหญ่มักจะเลือก
วิธีการระบายอากาศ เนื่องจาก

1. การระบายอากาศสามารถลดความเข้มข้นของสารไวไฟหรืออันตรายของสารเคมีได้เร็ว

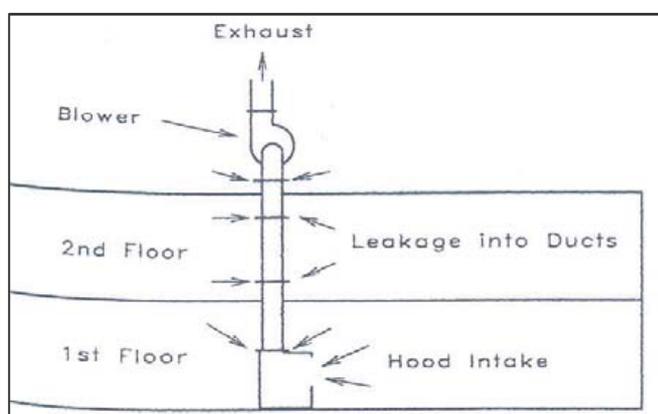
2. การระบายอากาศสามารถจำกัดพื้นที่ในการระบายอากาศได้ช่วยลดปริมาณอากาศที่ถูกกำจัดออกไปรวมทั้งลดขนาดของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบระบายอากาศ

3. อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศสรรหาได้ง่ายและติดตั้งง่าย

4. อุปกรณ์ในระบบระบายอากาศสามารถติดตั้งภายนอกอาคารได้

ข้อเสียที่สำคัญของระบบระบายอากาศ คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลม ค่าใช้จ่ายในการทำอากาศให้อุ่นหรือเย็น

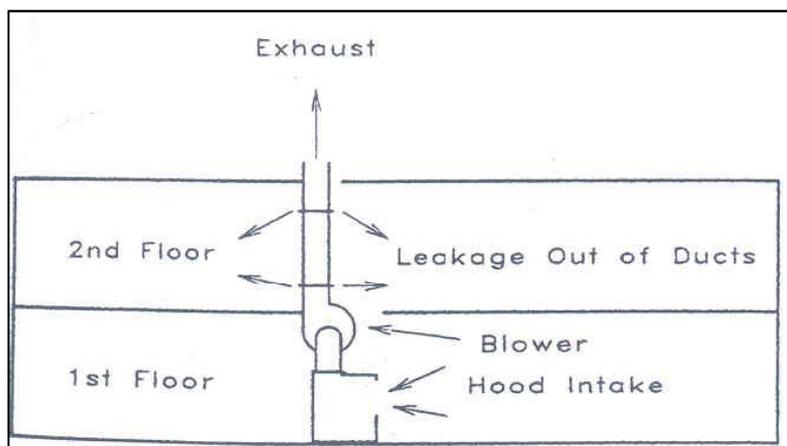
หลักการระบายอากาศ ประกอบด้วยพัดลมและท่อ พัดลมจะทำหน้าที่ในการลดความดัน (น้อยกว่า 0.1 psi) เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการไหลอากาศ ระบายอากาศที่ดีที่สุดจะต้องเป็นระบบ Negative Pressure Ventilation ด้วยพัดลมที่ติดตั้ง ณ ปล่องระบายออกที่จุดปลายสุดของระบบที่จะดูดอากาศออกไปข้างนอกดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงระบบระบายอากาศแบบ Negative Pressure Ventilation

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

การทำงานของระบบจะต้องมั่นใจได้ว่าจะไม่มีส่วนของท่อส่วนหนึ่งส่วนใดที่จะทำให้สิ่งปนเปื้อนหรือสารเคมีรั่วออกสู่พื้นที่ทำงานที่เป็นทางผ่านของท่อดูดอากาศนั้น ดังแสดงในภาพที่ 2 ที่ระบบระบายอากาศเป็นแบบ Positive Pressure Ventilation



ภาพที่ 2 แสดงระบบระบายอากาศแบบ Positive Pressure Ventilation

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

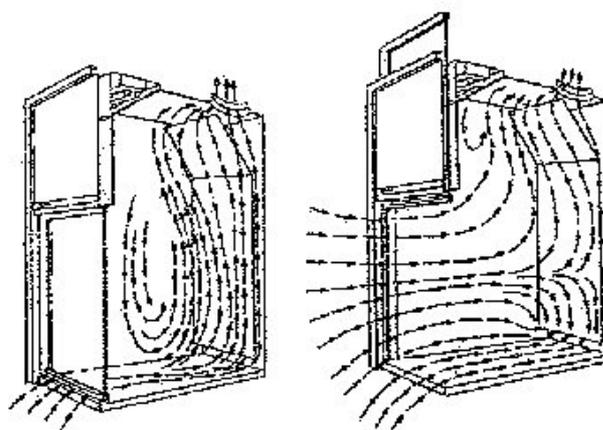
จากภาพที่ 2 จะพบว่าระบบระบายอากาศแบบ Negative Pressure Ventilation จะทำงานโดยการติดตั้งพัดลมดูดอากาศที่ปล่องปล่อยออกมา ทำให้ความดันในท่อดำกว่าความดันนอกท่อ เมื่อแนวท่อมีรอยรั่วหรือแตกรั่ว อากาศที่อยู่บริเวณนั้นก็จะถูกดูดเข้าตามแนวท่อซึ่งดีกว่าแบบ Positive Pressure Ventilation ที่พัดลมจะถูกติดตั้งที่ชั้น 1 แล้วดูดอากาศเป่าเข้าไปในท่อทำให้แรงดันในท่อดำกว่านอกท่อ ดังนั้นเมื่อแนวท่อมีรอยรั่วหรือแตกรั่ว อากาศที่ปนเปื้อนสารเคมีจะถูกเป่าออกตามรอยรั่วหรือรอยแตกนั้น

เทคนิคการออกแบบระบบระบายอากาศมี 2 แบบ คือแบบเฉพาะที่ (Local Exhaust System) และแบบเจือจาง (Dilution Ventilation System) แบบเฉพาะที่ที่พบได้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ hood ซึ่งสามารถกำจัดสารปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดได้อย่างสมบูรณ์แบบ hood มีหลากหลายชนิดดังนี้

1. The enclosed hood จำกัดการฟุ้งกระจายของสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดได้อย่างสมบูรณ์
2. The exterior hood ดูดสารปนเปื้อนออกไปปล่อยที่ปล่องระบายอย่างต่อเนื่อง
3. The receiving hood เป็น hood ที่ติดตั้งอยู่ภายนอก ซึ่งใช้ในการดักเก็บสารปนเปื้อน

4. The push-pull hood ใช้หลักการไหลของอากาศในการผลักดันสารปนเปื้อนออกไปที่ปล่องระบายในห้องปฏิบัติการ

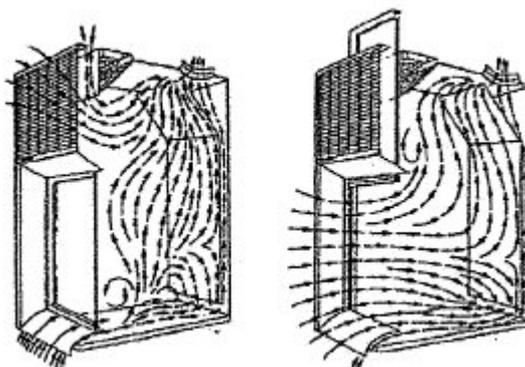
ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ enclosed hood ดังแสดงในภาพที่ 3 อากาศจะไหลเข้าบริเวณหน้าต่างของ hood และถูกกำจัดออกทางท่อด้านบนอากาศบริสุทธิ์จะไหลเข้ามาหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกรอบหน้าต่างเป็นสิ่งสำคัญการเปิดกรอบหน้าต่างของ Hood ควรเปิดขึ้นเพียงไม่กี่นิ้วเพื่อให้ได้ ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เหมาะสมไม่ควรเปิดหน้าต่างเต็มที่จนกว่าสารปนเปื้อนจะถูกกำจัดออกไป หมดทางท่อด้านบนใน hood จะมีแผงกั้นด้านหลังเพื่อควบคุมการไหลของอากาศโดยต้องมั่นใจว่า สารปนเปื้อนถูกกำจัดออกจากพื้นที่ผิวและมุมหลังด้านล่างจริง ๆ



ภาพที่ 3 แสดง Hood ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและแสดงรูปการไหลของอากาศที่ขึ้นอยู่กับความสูงของกรอบหน้าต่าง

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

Hood อีกรูปแบบที่มีการใช้ในห้องปฏิบัติการเป็นแบบ bypass hood ดังแสดงในภาพที่ 4 การออกแบบจะให้อากาศไหลผ่านตะแกรงด้านบนออกไปสู่ด้านบนของ hood ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่าอากาศบริสุทธิ์ได้พัดพาสารปนเปื้อนออกไปนอก hood อากาศที่ไหลผ่านตะแกรงจะมีปริมาณลดลงเมื่อหน้าต่างของ hood ถูกเปิดขึ้น



ภาพที่ 4 แสดง bypass hood ที่ใช้ในห้อง Lab. Bypass air จะถูกควบคุมปริมาณ โดยการเปิดหน้าต่าง Hood

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ข้อดีของ enclosed hoods คือ

1. กำจัดสารปนเปื้อนได้อย่างสมบูรณ์แบบ
2. ต้องการอากาศบริสุทธิ์น้อยที่สุดในการกำจัดสารปนเปื้อน
3. กำจัดสารปนเปื้อนไม่ให้เกิดการติดไฟหรือการระเบิดได้
4. ประสิทธิภาพของ hood ทำหน้าที่เสมือนกำแพงให้กับพนักงาน

ข้อเสียของ enclosed hoods คือ

1. พื้นที่ทำงานจำกัด
2. สามารถใช้ได้ในงานที่ใช้พื้นที่เล็ก ๆ เช่น ห้องทดลอง

Supply System

ถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

1. เพื่อสร้างความสบายในสภาพแวดล้อมการทำงานในโรงงาน (HVAC system)
2. เพื่อเติมอากาศเข้าไปแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกไป (The Replacement system)

การออกแบบ Supply System ที่ดี จะต้องประกอบไปด้วยส่วนของอากาศเข้า ตัวกรอง อุปกรณ์ในการ Heating และ/หรือ Cooling พัดลม ท่อตะแกรงที่ใช้ในการกระจายอากาศให้ทั่วถึง ในพื้นที่ทำงานซึ่งโดยทั่วไปอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกประกอบรวมเข้าด้วยกันเรียกว่า air house หรือ air supply unit ถ้าในส่วนของ supply system ใช้ในการ re circulated ส่วนของ return system จะถูกใช้ในการดูดอากาศกลับเข้ามาใน air house

Exhaust System

เป็นระบบระบายอากาศแบบดูดออก สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบการดูดอากาศออกแบบทั่วไป (The general exhaust system) ใช้ในการควบคุมสถานะที่มีความร้อนในสถานที่ทำงาน โดยการทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงและนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ กำจัดสิ่งปนเปื้อนที่กำเนิดขึ้นจากพื้นที่หนึ่งด้วยอากาศปริมาณค่อนข้างมาก หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ระบบการระบายอากาศแบบเจือจาง (Dilution Ventilation System) การกำจัดสิ่งปนเปื้อนนี้ ต้องมั่นใจว่าอากาศข้างนอกมีเพียงพอในการเจือจางความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนได้ จนถึงระดับความปลอดภัยก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศระบบการจ่ายอากาศเข้าจะถูกนำมา ใช้ร่วมกับระบบการดูดอากาศออกแบบทั่วไปเพื่อนำอากาศเข้าแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกไป

2. ระบบการดูดอากาศแบบเฉพาะที่ (The local exhaust system) จะทำงานโดยใช้หลักการดัก จับสิ่งปนเปื้อนที่ตำแหน่งใกล้เคียงหรือที่แหล่งกำเนิด วิธีการนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและมี ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าระบบการดูดอากาศออกแบบทั่วไปเพราะดูดอากาศออกเพียงเล็กน้อย การทำงานของระบบการดูดอากาศแบบเฉพาะที่จะประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

2.1 Hood ใช้เพื่อกักรวบรวมสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นภายใน

2.2 ระบบท่อ (รวมทั้งระบบท่อดูดอากาศออกและท่อหมุนเวียนอากาศ) เพื่อนำอากาศที่ ปนเปื้อนไปสู่ส่วนการทำให้อากาศสะอาดบริสุทธิ์ หรือนำไปที่พัดลม

2.3 ส่วนของอุปกรณ์การทำให้อากาศสะอาดบริสุทธิ์ เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากอากาศ

2.4 พัดลม ต้องมีกำลังเพียงพอเหนือแรงต้านเพื่อดึงอากาศผ่านท่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ

หลักการไหลของอากาศ

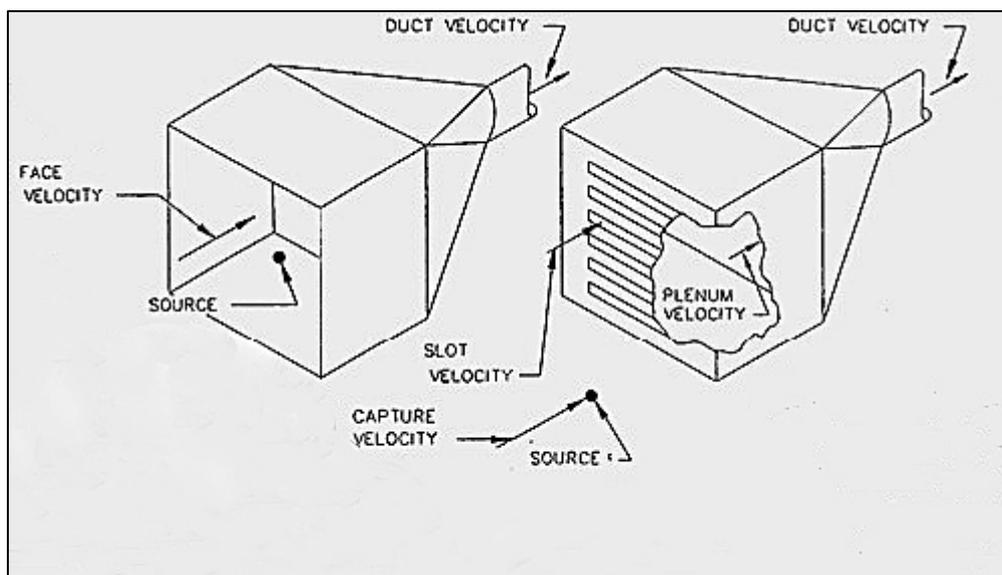
มีหลักการพื้นฐาน 2 ประการในการควบคุมเชิงกลในการไหลของอากาศในการระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมคือหลักการอนุรักษ์ปริมาณอากาศนอกจากนี้ยังมีความจำเป็นในการพิจารณากฎหมายข้อบังคับต่างๆ ด้วยอย่างไรก็ตามเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทราบ ประกอบด้วย

ความไม่ใส่ใจต่อผลกระทบการถ่ายเทความร้อน ถ้าอุณหภูมิภายในห้องมีความแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในท่อและปริมาตร การไหลลดน้อยลง

1. ความไม่ใส่ใจในผลกระทบความสามารถในการอัดอากาศ ถ้าความดันทั้งหมดลดลงมากกว่า 20 wg และความหนาแน่นเปลี่ยนไปประมาณ 5 % ปริมาตรอัตราการไหลโดยปริมาตรก็จะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน
2. น้ำหนักและปริมาณของสิ่งปนเปื้อนในกระแสลมถูกเพิกเฉย ถ้ามีการปนเปื้อนของของแข็งสูง แสดงว่ามีก๊าซอื่นมากกว่าอากาศ

Local Exhaust Hood

Local Exhaust Hood ถูกออกแบบเพื่อทำหน้าที่ในการจับและกำจัดสิ่งปนเปื้อนก่อนจะแพร่กระจายออกสู่สถานที่ ดังอธิบายไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของ Local Exhaust hood และอธิบายคำศัพท์เฉพาะ

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

Capture Velocity หมายถึง อัตราความเร็วลม ณ จุดใดๆ ที่หน้า Hood หรือช่องเปิดของ Hood ซึ่งมีความสำคัญในการเอาชนะแรงต้านของกระแสลมและยังทำหน้าที่ดักจับอากาศปนเปื้อนให้ไหลเข้าไปใน Hood

Face Velocity หมายถึง อัตราความเร็วลม ณ ช่องเปิดของ Hood

Slot Velocity หมายถึง อัตราความเร็วลมที่ไหลผ่าน ช่องเปิดเข้าไปใน Hood ชนิดที่มีช่อง โดยช่องนี้ถูกใช้เพื่อกระจายลมที่เป็น กลุ่มที่แตกตัวก่อนที่จะไหลเข้าไปในส่วนหน้าของ Hood

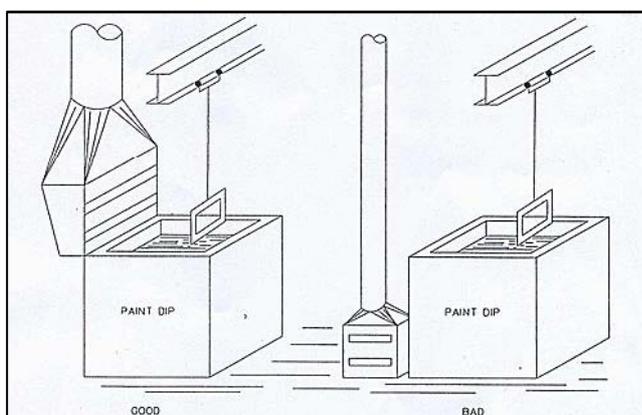
Plenum Velocity หมายถึง อัตราความเร็วลมในช่องที่มีอากาศอยู่ Plenum Velocity สูงสุด ควรมีค่าครึ่งของ Slot Velocity หรือน้อยกว่า

Duct Velocity หมายถึง อัตราความเร็วลมที่ไหลผ่านส่วนของท่อ ในกรณีที่สิ่งปนเปื้อน เป็นของแข็ง Duct Velocity ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าอัตราความเร็วลมต่ำสุดที่ต้องการในการ เคลื่อนย้ายอนุภาคในกระแสลม

ลักษณะเฉพาะสิ่งปนเปื้อน

1. สภาวะเฉื่อย (Inertial Effects) เช่น ก๊าซ ไอสารและฟุ้งสารเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยการพัดพาไปในกรณีนี้ Hood ต้องการที่จะมีรูปแบบการไหลของอากาศและ Capture Velocity ที่เพียงพอในการควบคุมความเคลื่อนไหวของอากาศที่มีสารปนเปื้อน ทั้งนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องมีกระแสลมทำหน้าที่ในการดูดและเป็นเครื่องมือในการลำเลียง

2. สภาวะที่มีความถ่วงจำเพาะ (Effective Specific Gravity) หลายครั้งที่ตำแหน่งของปล่องระบายอากาศติดตั้งผิดพลาดบนพื้นฐานการคาดเดาว่าสิ่งปนเปื้อนหนักกว่าอากาศหรือเบากว่าอากาศ อนุภาคฝุ่นละอองที่มีอันตรายนุ่ม ไอสาร และก๊าซล้วนลอยมากับอากาศได้และการที่จะบอกได้ว่าสารนั้นจะเคลื่อนที่ลงหรือขึ้นสามารถดูได้จากค่าความหนาแน่นปกติ การเคลื่อนที่ของอากาศค่อนข้างจะแน่นอน แม้ว่าจะมีการปนเปื้อนของสิ่งต่างๆ ยกเว้นสถานที่ทำงานนั้น อุณหภูมิสูงมากหรือต่ำมากๆ หรือสิ่งปนเปื้อนนั้นเกิดขึ้นในระดับสูง การควบคุมจะประสบความสำเร็จเมื่อสิ่งปนเปื้อนนั้นถูกเจือจางไป

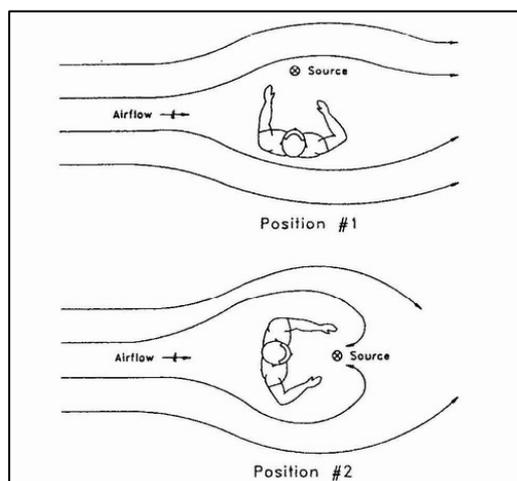


ภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Local Exhaust Hood

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

จากภาพที่ 6 ไอของตัวทำละลายในส่วนค่าของความเข้มข้นของสารเคมีที่มีค่าเกินมาตรฐานและเป็นอันตรายต่อสุขภาพไม่ สามารถที่จะบอกได้ว่าสารนั้นหนักกว่าอากาศเพราะฉะนั้นปล่องระบายจากพื้นโดยทั่วไปจะใช้เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยเท่านั้น

3. สถานะที่มีความปั่นป่วน (Wake Effects) เมื่ออากาศไหลผ่านวัตถุที่เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “boundary layer separation” ลักษณะการเกิดคล้าย ๆ กับเรือที่เคลื่อนที่ผ่านน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 7 ตำแหน่งที่ 1 ความปั่นป่วนนี้จะทำให้เกิดการผสมกันอย่างดีและเกิดการหมุนวน ถ้าวัตถุ นั้นเป็นคนที่ทำงานอยู่ด้วย หรืออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนเป็นไปได้ที่อากาศ ที่หมุนวน นั้นก็จะเข้าสู่บริเวณหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาพที่ 7 ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเป็นสิ่ง สำคัญในการพิจารณาในการออกแบบควบคุมสิ่งปนเปื้อนให้เกิดความปั่นป่วนน้อยที่สุดในบริเวณ รอบๆ ตัวคนและถ้าเป็นไปได้จำกัดขอบเขตหรือนำแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนออกจากพื้นที่ที่มีการไหลเวียนของอากาศ



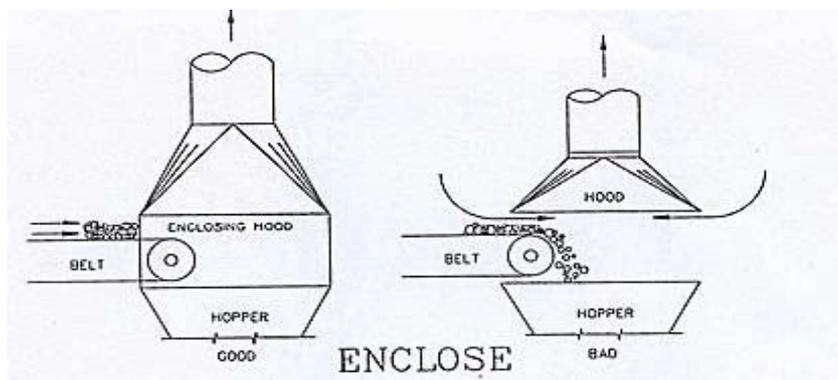
ภาพที่ 7 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “boundary layer separation”

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

ชนิดของ Hood

Hood มีหลากหลายรูปแบบ แต่ทั้งนี้สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ Enclosing และ Exterior การเลือกใช้ในแต่ละแบบขึ้นอยู่กับรูปร่างของอุปกรณ์ในกระบวนการที่นำไปใช้ รวมทั้งกลไกการเกิดการปนเปื้อน และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงาน/อุปกรณ์

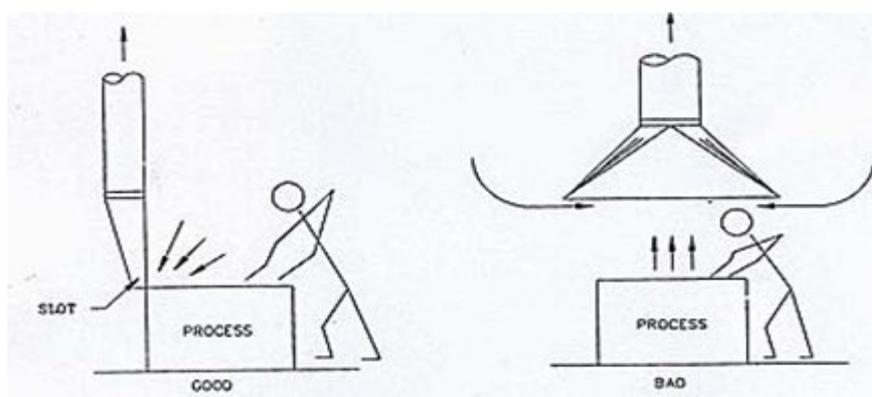
1. Enclosing Hood เป็น Hood ชนิดที่มีการปิดล้อมกระบวนการหรือจุดกำเนิดสิ่งปนเปื้อนอย่างสมบูรณ์แบบหรือบางส่วน ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยลมที่ปนเปื้อนจะถูกดูดเข้าภายใน Hood และป้องกันไม่ให้เล็ดลอดออกสู่สถานะแวดล้อมในการทำงาน



ภาพที่ 8 แสดง Hood ชนิด Enclosing Hood

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

2. Exterior Hood จะวางใกล้ๆ กับแหล่งแพร่กระจายของสิ่งปนเปื้อนดังแสดงในภาพที่ 9 เมื่อสิ่งปนเปื้อนเป็นพวกก๊าซ ไอสาร หรือเป็นฝุ่นอนุภาคละเอียด และไม่ฟุ้งกระจายออกมาด้วยอัตราความเร็วใดๆ



ภาพที่ 9 แสดง Hood ชนิด Exterior Hood

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

ถ้าในกระบวนการปล่อยอากาศร้อนออกมา ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบสูงขึ้นไปด้วยในกรณีนี้ควรจะใช้ side draft exterior hood (ติดตั้งเป็นแนวนานกับกระบวนการที่ปล่อยความร้อนออกมา) ไม่ควรใช้หลักการเพิ่มอัตราการไหลของลม ยกตัวอย่างเช่น เตาหลอมที่อุณหภูมิสูงๆ ควรติดตั้ง Hood ครอบเหนือกระบวนการเลย

ปัจจัยในการออกแบบ Hood

กระแสลมที่พัดพาสิ่งปนเปื้อนเข้าไปใน Hood มักถูกก่อกวนโดยกระแสลมนอก Hood ดังนั้น การออกแบบจึงต้องออกแบบให้กระแสลมที่ดูดเข้า Hood สูงกว่ากระแสลมนอก Hood การกำจัดแหล่งกำเนิดของการเคลื่อนที่กระแสลมภายนอกเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะประสบความสำเร็จในการควบคุมโดยปราศจากความต้องการกระแสลมมากเกินไปและต้นทุน สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ คือ

1. อุณหภูมิของกระแสลม โดยเฉพาะจากกระบวนการที่ใช้ความร้อน
2. การเคลื่อนไหวของเครื่องจักร เช่น ล้อบด สายพาน
3. การเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การขนถ่าย การบรรจุ
4. การเคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงาน
5. กระแสลมที่เคลื่อนที่ในห้อง ซึ่งปกติมีความเร็วลมต่ำสุดอยู่ที่ 50 fpm และบางครั้งอาจจะสูงกว่านี้
6. การเคลื่อนที่ของอากาศอย่างรวดเร็วจากอุปกรณ์ cooling และ heating

นอกจากนี้ รูปร่าง ขนาด จุดติดตั้งของ Hood อัตราการไหลของอากาศเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเมื่อทำการออกแบบ

1. อัตราความเร็วลมในการดูดจับ (Capture velocity) เป็นความเร็วต่ำที่สุดที่ Hood ใช้ในการดูดจับและลำเลียงสิ่งปนเปื้อนเข้าไปใน Hood อัตราความเร็วลมนี้จะเป็นตัวกำหนดอัตรา การ

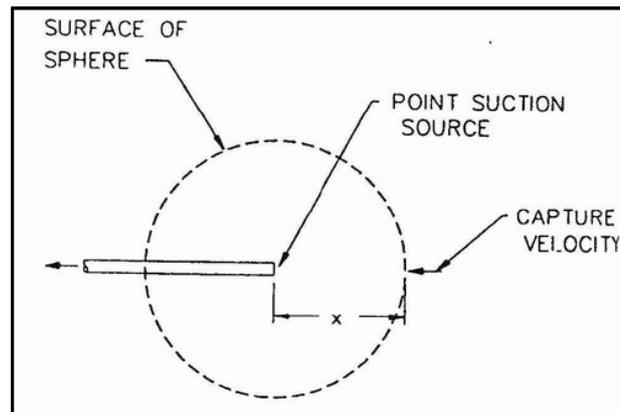
ไหลของอากาศและรูปร่างของ Hood ยกเว้น Hood ที่มีอัตราการไหลของอากาศสูง เช่น Hood ขนาดใหญ่ อาจต้องการการไหลของอากาศน้อยกว่า ทั้งนี้ได้จากค่าอัตราความเร็วในการดูดจับ (Capture velocity) ที่ถูกแนะนำให้ใช้กับ Hood ขนาดเล็ก แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงของอัตราความเร็วลมในการดูดจับสิ่งปนเปื้อน

ลักษณะของการแพร่กระจาย ของสิ่งปนเปื้อน	ตัวอย่าง	Capture Velocity, fpm
ฟุ้งกระจายในสภาพการทำงานปกติ ไม่มีความเร็วลมออกสู่สภาพอากาศนิ่ง	การระเหยจากถังบรรจุ การสกัด ไขมันออกโดยใช้สารเคมี	100 – 50
ฟุ้งกระจายในสภาพที่มีความเร็วลม ต่ำออกสู่สภาพอากาศนิ่งพอสมควร	Spray Booth , เครื่องบรรจุสายพาน	200-100
ฟุ้งกระจายอย่างรวดเร็วออกสู่สภาพ อากาศที่มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว	งานพ่นสี งานบรรจุ สายพานลำเลียง เครื่องไม้	500-200
ฟุ้งกระจายด้วยอัตราความเร็วสูงออก สู่สภาพอากาศที่มีการเคลื่อนที่อย่าง รวดเร็วสูง	งานบัดไม้ งานสกัดโดยระเบิด	2000-500
นอกเหนือจากตารางข้างบนช่วงของอัตราความเร็วลมในการดูดจับที่แสดงไว้ การเลือกใช้อย่างเหมาะสมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย		
ขอบล่างของช่วง	ขอบเขตของช่วงบน	
1. กระแสลมในห้องต่ำที่สุด	1. มีกระแสลมก่อกวน	
2. สิ่งปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษต่ำ	2. สิ่งปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษสูง	
3. การผลิตที่มีการเดิน ๆ หยุด ๆ	3. ปริมาณการผลิตสูง ใช้ในปริมาณมาก	
4. Hoodขนาดใหญ่, ปริมาตรอากาศ จำนวนมาก ในการเคลื่อนที่	4. Hood ขนาดเล็กและเป็นแบบเฉพาะที่ เท่านั้น	

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

2. การกำหนดอัตราการไหลของ อากาศภายใน Hood (Hood Flow Rate Determination)
 อากาศจะไหลเข้าทางช่องเปิดภายใต้แรงดึงดูดที่ช่องเปิดภายใต้แรงดึงดูดจากทุกทิศทางสำหรับ
 สภาวะปิดล้อม อัตราความเร็วในการดูดจับที่ด้านหน้าภายนอก Hood จะถูกกำหนดโดยอัตราไหล
 ของอากาศผ่านพื้นที่ภายใน Hood



ภาพที่ 10 แสดงจุดดูดที่บริเวณพื้นผิวทรงกลม

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

พื้นที่ผิวของรูปทรงกลมคือ $4 \pi x^2$ ใช้สูตร $V = Q/A$ อัตราความเร็วลม ณ จุด X บน
 พื้นที่ ผิวทรงกลมดังแสดงในภาพที่ 10 คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$Q = V (4 \pi X^2) = 12.57VX^2 \quad (2)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่จุดดูด, cfm
 V = อัตราความเร็ว ณ ระยะ X, fpm
 A = $4 \pi x^2$ = พื้นที่ผิวของทรงกลม, ft²
 X = รัศมีของทรงกลม, ft

กรณีที่เป็นรูปทรงกระบอกจะคำนวณหาอัตราการไหลได้ ดังนี้

$$Q = V (2 \pi X^2) = 6.28VXL \quad (3)$$

เมื่อ $L =$ Length of line source, ft

สมการข้างต้นอยู่บนพื้นฐานทฤษฎี เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของการไหล และ อัตราความเร็วในการดูดจับ และสามารถใช้ในการประเมินภาพรวมอย่างในความเป็นจริงจุดแรงดูด จะไม่อยู่เป็นจุดหรือเป็นเส้น การไหลสำหรับ Hood รูปทรงกลมหรือสี่เหลี่ยมดังแสดงในภาพที่ 11 โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ ในการคำนวณ

$$Q = V (10X^2 + A) \tag{4}$$

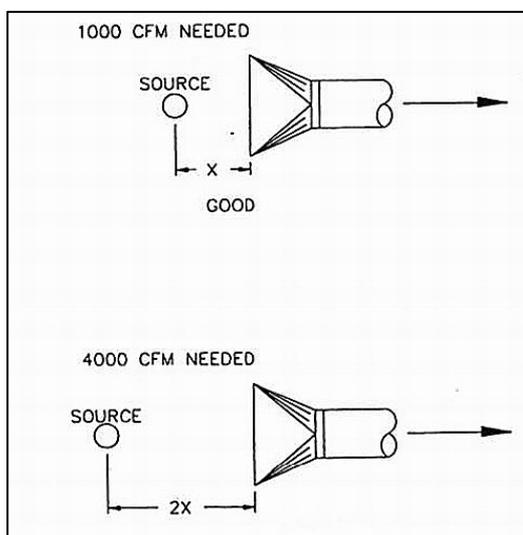
เมื่อ $Q =$ อัตราการไหล, cfm

$V =$ Centerline velocity ที่ระยะ X จาก Hood, fpm

$A =$ พื้นที่ช่องเปิดของ Hood, ft²

$X =$ ระยะห่างจากแกน (โดยที่ X ต้องไม่เกิน $1.5D$)

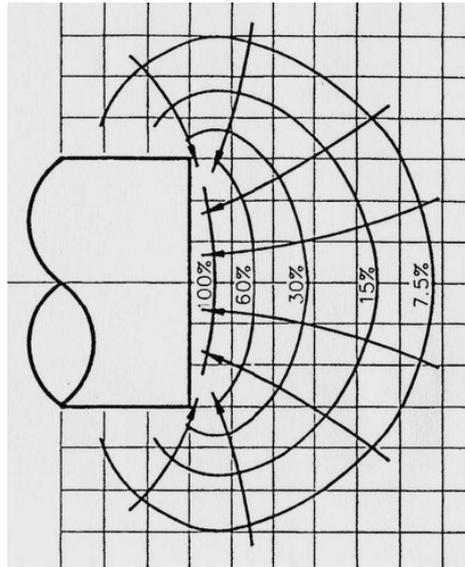
$D =$ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Hood ทรงกลม หรือ ความยาวด้านที่สำคัญของ Hood รูปเหลี่ยม



ภาพที่ 11 เมื่อระยะห่างระหว่าง Hood กับแหล่งกำเนิดมากขึ้นยังต้องการปริมาณอากาศมากขึ้น หรือความเร็วลมลดลงแปรผกผันเป็น 2 เท่าของระยะ X

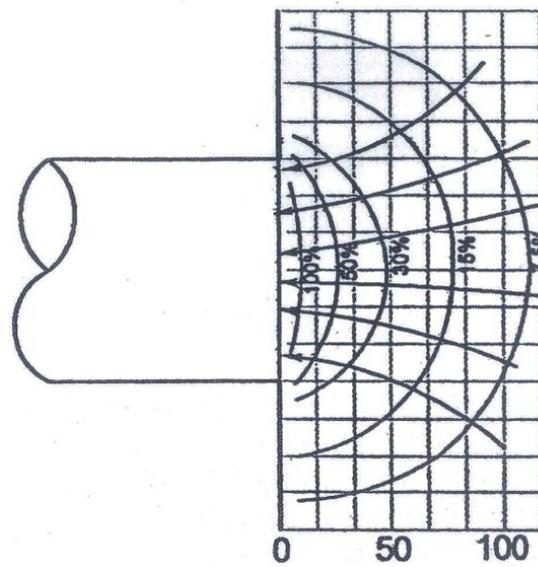
ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

3. ผลกระทบจากครีปและแผ่นกั้น (Effect of Flanges and Baffles) ครีป (Flange) คือ แผ่นที่กั้นขนานกับด้านหน้าของ Hood เพื่อป้องกันไม่ให้ลมจากด้านหลัง Hood ถูกดูดเข้าไปใน Hood แผ่นกั้น (Baffle) คือ แผ่นที่ติดตั้งไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ลมที่ต้องการดูดเข้า Hood จากทางด้านข้าง และด้านหน้า ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13



ภาพที่ 12 แสดง Hood กรณีไม่มีครีปและแผ่นกั้นทำให้กระแสลมถูกดูดเข้า Hood ในทุกทิศทาง

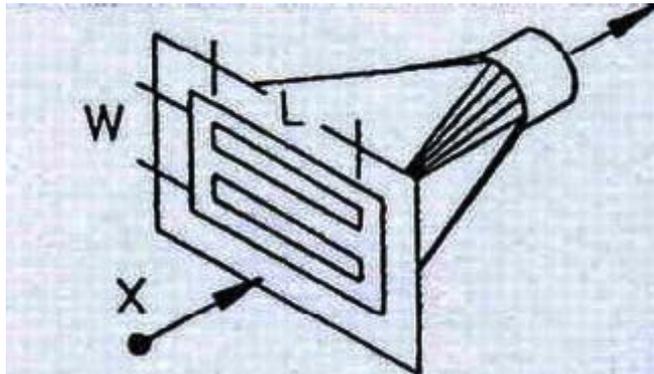
ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)



ภาพที่ 13 แสดง Hood ที่มีกริบและแผ่นกั้นทำให้สามารถกั้นลมที่ไม่ต้องการไม่ให้ถูกดูดเข้าไปใน Hood

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

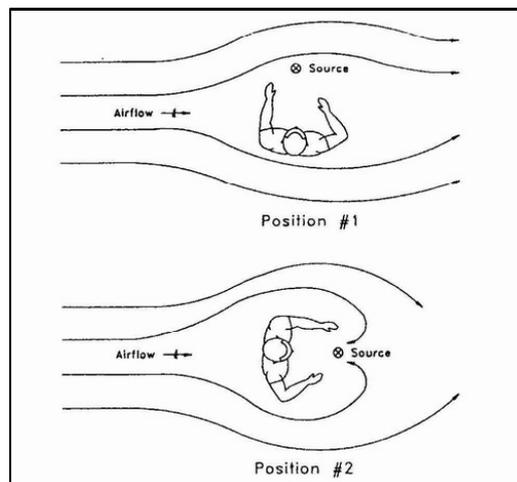
4. การกระจายตัวของอากาศ (Air Distribution) การควบคุมให้อากาศที่ถูกดูดเข้ามาใน Hood กระจายตัวโดยการเพิ่มช่อง (Slot) เข้าไปที่ด้านหน้าของ Hood โดยที่ช่องจะต้องมีอัตราความกว้างต่อ ความยาว (W/L) = 0.2 หรือน้อยกว่า ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงการติดตั้ง Slot เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของอากาศก่อนเข้าไปใน Hood

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

5. ผลกระทบจากตำแหน่งที่พนักงานอยู่ (Worker Position Effect) วัตถุประสงค์ของการออกแบบ ระบบระบายอากาศก็เพื่อลดการสัมผัสสารพิษของพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงตำแหน่งการยืนของพนักงานที่มีผลต่อการได้รับอันตรายจากสารมีพิษ

ที่มา: Committee on Industrial Ventilation (2001)

ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งการขึ้นของพนักงานที่ผิดเนื่องจาก ความปั่นป่วนของกระแสลม จะทำให้พนักงานได้รับอันตรายจากสารพิษได้ พนักงานที่ยืนอยู่ตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งการขึ้นที่ ถูกต้อง เพราะ โอกาสที่พนักงานจะได้รับอันตรายจากสารเคมีน้อยกว่า

อุปกรณ์และวิธีการ

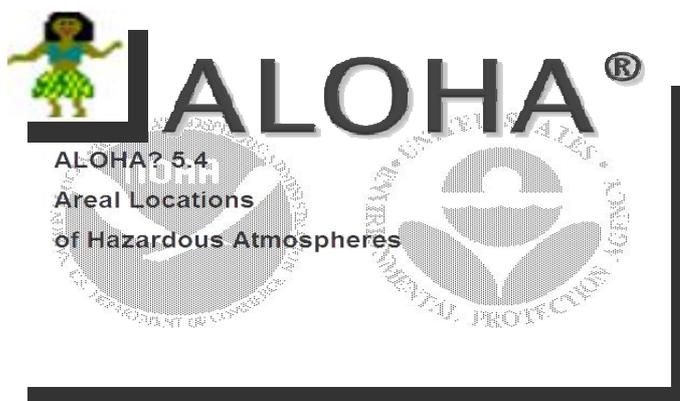
อุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณก๊าซพิษซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ทำงาน (รุ่น 350 XL ยี่ห้อ Testo ประเทศเยอรมัน) แสดงดังรูปที่ 16



ภาพที่ 16 เครื่องมือที่วัดค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพายี่ห้อ โซนี่ รุ่น VAIO-S28SP
3. โปรแกรมอลฮา (ALOHA) เวอร์ชัน 5.4 แสดงดังรูปที่ 17



ภาพที่ 17 รูปหน้าโปรแกรมอลฮา (ALOHA) เวอร์ชัน 5.4

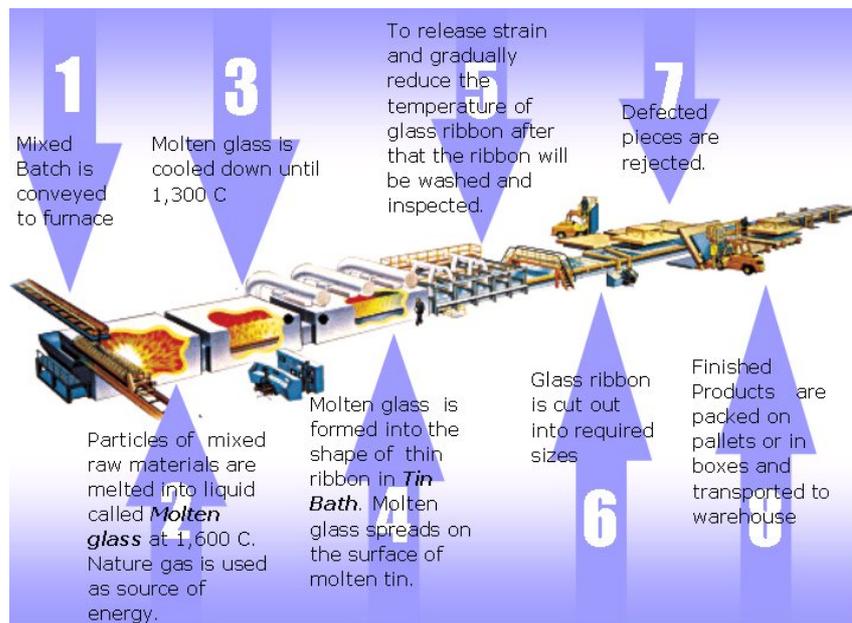
4. กล้องถ่ายภาพดิจิทัลยี่ห้อพานาโซนิค รุ่น DMC-FX8
5. เครื่องพิมพ์ยี่ห้อ hp รุ่น Laser Jet 2300n

วิธีการ

วิธีการผลิตกระจกแผ่นเรียบ

กระบวนการผลิตกระจกแผ่นเรียบดังแสดงในภาพที่ 18

1. นำวัตถุดิบเข้ามาผสมในไซโลตามปริมาณที่กำหนด (ทรายแก้ว, โดโลไม, เฟอสปาร์, เศษกระจก)
2. นำวัตถุดิบที่ผสมเข้าเตาเผาในอุณหภูมิประมาณ 1600 องศาเซลเซียส
3. จากนั้นจะได้น้ำแก้วเหลวแล้วส่งต่อไปยังอ่างตีบุกเพื่อทำให้เป็นแผ่น โดยน้ำแก้วจะลอยตัวบนน้ำดีบุกเป็นหลักการที่เรียกว่าระบบโฟลต
4. ลดอุณหภูมิลงเพื่อดึงกระจกออกเป็นแผ่น
5. เคลือบกระจกด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อให้กระจกแข็งแรงและป้องกันรอยขีดข่วน
6. กระจกแผ่นที่ผ่านการเคลือบผิว ส่งต่อไปยังเครื่องล้างกระจก
7. ตัดเป็นขนาดต่างๆตามที่ลูกค้าต้องการ
8. ทำการห่อหุ้มเพื่อเตรียมส่ง



ภาพที่ 18 ภาพจำลองการผลิตกระจกแผ่นเรียบ

การผลิตกระจกชนิดบางพิเศษต้องใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณมากเพื่อเคลือบผิวกระจกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันรอยขีดข่วนดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงลักษณะการฉีดพ่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อเคลือบผิวกระจก

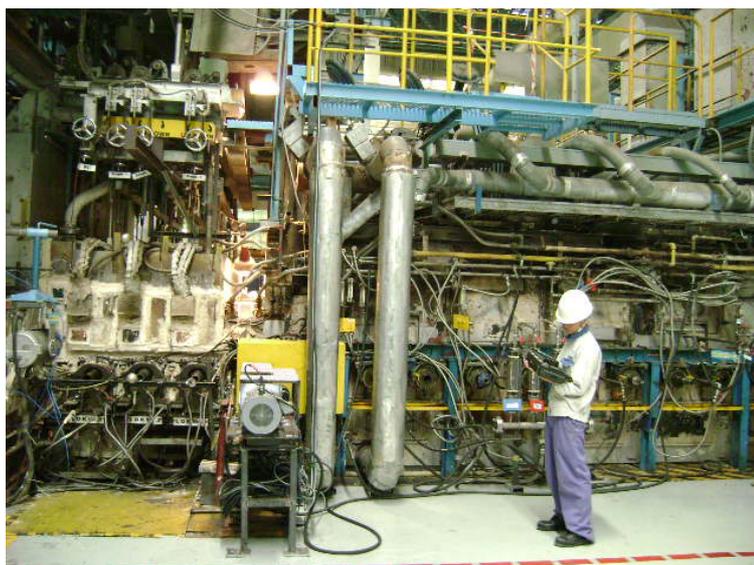
แนวทางการทดลองและการวิจัย

แนวทางแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน

1. ประเมินการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองให้ได้ผลกระทบ
2. วัดค่าของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ที่มีผลกระทบโดยใช้เครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมจำลอง
3. ออกแบบระบบระบายอากาศที่จะนำมาใช้
4. เขียนแผนฉุกเฉินเพื่อรองรับสถานการณ์กรณีเกิดการรั่วไหลจนไม่สามารถควบคุมได้เอง

วิธีการวัด

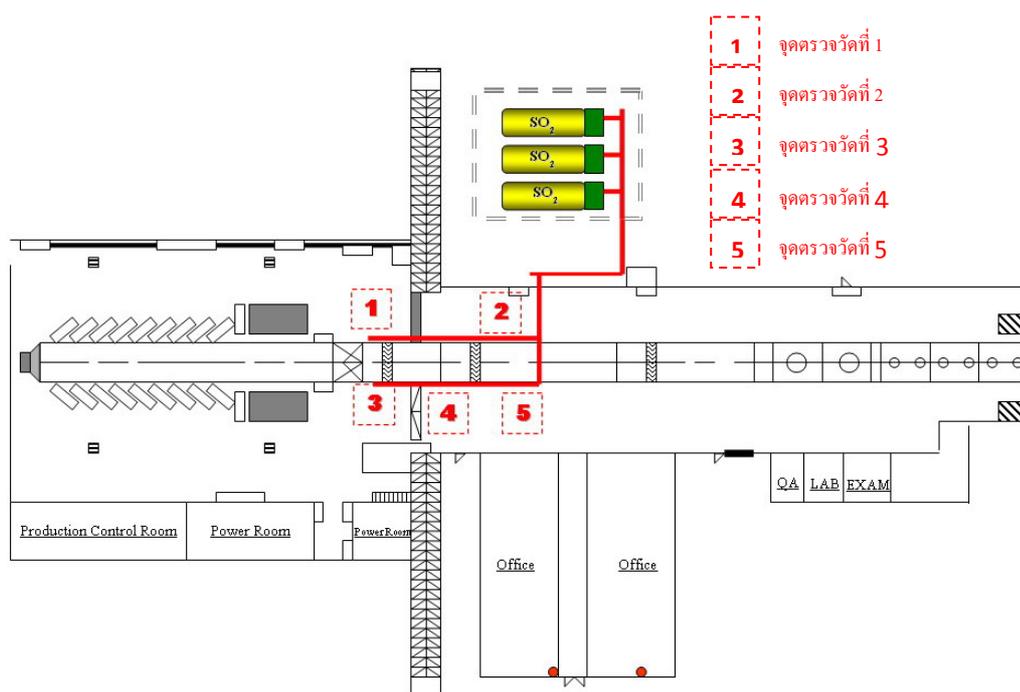
การวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณพื้นที่ทำงานดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แสดงวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเจ้าหน้าที่ห้องแล็บ

ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณที่ปนเคลือบกระจก

การวัดค่าความเข้มข้นในพื้นที่ทำงานและบริเวณที่พนักงานเดินทางผ่าน ภาพที่ 21 แสดงแผนผังจุดที่ทำการวัด โดยเจ้าหน้าที่จากห้องแล็บของโรงงานและบริษัทตรวจด้านสิ่งแวดล้อม ในการเก็บตัวอย่าง บริษัทได้ใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบ Testo 350 XL ยี่ห้อ Testo ประเทศเยอรมัน



ภาพที่ 21 แสดงแผนผังของเครื่องจักรที่ทำการวัดค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิธีการใช้โปรแกรมอลฮา

ALOHA

ALOHA ย่อมาจาก Areal Location of Hazardous Atmospheres เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ทำนายการกระจายตัวของสารเคมีในอากาศรวมทั้งระดับที่จะเกิดอันตราย ดังนั้นฐานข้อมูลสารเคมีที่ ALOHA รวบรวมจึงมักเป็นก๊าซหรือของเหลวที่สามารถระเหยเป็นก๊าซได้

ALOHA มีลักษณะบางอย่างคล้ายกับ Module ซึ่ง CAMEO ใช้ทำนายการเกิดอุบัติเหตุ (Module Screenings and Scenarios : S&S) แต่ ALOHA มีฐานข้อมูล Latitude และ Longitude

ข้อมูล Latitude และ Longitude ทำให้ ALOHA คำนวณความหนาแน่นของอากาศ ความสูงของพื้นที่ และการทำมุมของแสงอาทิตย์ต่อพื้นที่ได้ สิ่งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการกระจายของสารเคมีในอากาศโดยเฉพาะในกรณีที่สารเคมีรั่วไหลลงบนพื้นดินแบบเจ็มนอง (Puddles)

นอกจากนี้ ALOHA ยังมีความรู้ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นอย่างดี เช่น สามารถคำนวณความแตกต่างระหว่างวันที่มีฝนตก กับแดดจ้า เข้าใจความแตกต่างระหว่างสถานที่โล่งแจ้งกับสถานที่รกรงรัง ในขณะที่ S&S ของ CAMEO ไม่ค่อยเข้าใจนัก ทั้งนี้เพราะ S&S ในส่วนของ Screening จะสมมติให้เหตุการณ์เลวร้ายที่สุดอยู่เสมอ ส่วน ALOHA เน้นที่ความถูกต้อง ดังนั้น S&S ควรใช้ในกรณีที่ต้องวางแผนรับมืออุบัติเหตุ แต่ ALOHA ควรใช้เวลาเกิดเหตุจริง

การ Set Up ALOHA

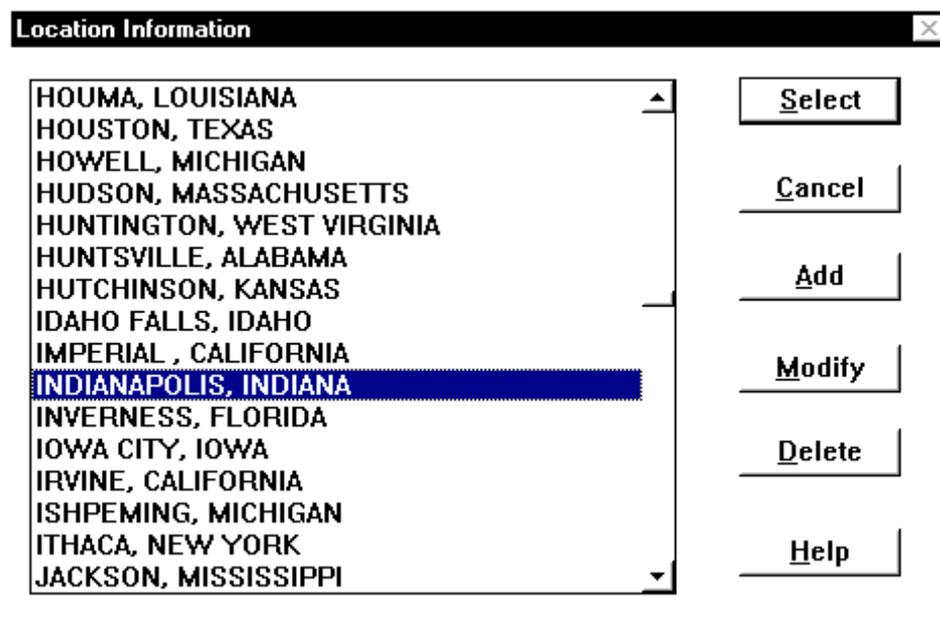
การตั้งค่าที่จำเป็นใน ALOHA เริ่มจากสองสิ่งที่สำคัญก่อน คือ สถานที่เกิดเหตุและสารเคมี

Location

เป็นส่วนของฐานข้อมูลทางด้านสถานที่ ซึ่งจะครอบคลุมทุกเมืองของสหรัฐ โดย ALOHA จะมีข้อมูลว่าแต่ละเมืองอยู่ในรัฐใด และรัฐนั้นๆมีสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นอย่างไร เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล ค่า Latitude และ Longitude ของสถานที่นั้นๆ

การดูแลและแก้ไขข้อมูลของสถานที่ จาก Menu SiteData -> Location ผู้ใช้จะได้หน้าต่างที่เป็นตัวจัดการกับสถานที่คือ Windows “Location Information” (ภาพที่ 22) จากหน้าต่างนี้ผู้ใช้สามารถแก้ไข (Modify) ลบ (Delete) เพิ่มเติม (Add) เลือก (Select) และการยกเลิกแก้ไข (Cancel)

ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการแก้ไข/ดูข้อมูลของเมืองนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นเมืองที่เราใส่ลงไปเองหรือ ALOHA ใส่ให้ก็ตามให้เปิดหน้าต่างดังกล่าว แล้วใช้ Mouse Click ที่ชื่อเมืองในตาราง เช่น MADISON, WISCONSIN จากนั้น Click ที่ปุ่ม Modify เราจะได้หน้าต่างที่แสดงว่า Madison อยู่ในรัฐ Wisconsin และมีระดับสูงกว่าน้ำทะเลประมาณ 860 ฟุต สถานที่ตั้งอยู่ที่ Latitude 43 Degree 2.40 Min North, Longitude Degree 13.2 Min East เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 หน้าต่าง Location Information

ถ้าผู้ใช้ต้องการจะลบเมืองออกจากรายชื่อเมือง แม้ดูเหมือนไม่มีประโยชน์อะไรที่จะทำ เช่นนี้ แต่ก็สามารถทำได้โดยการ Click เลือกชื่อเมืองจากราย จากนั้นกดปุ่ม delete ซึ่งจะทำให้เกิดกล่องข้อความถามว่า “การลบชื่อเมืองออกจากฐานข้อมูลนี้เป็นการลบแบบถาวร คุณจะลบแน่หรือไม่” และมีปุ่มกด Cancel/OK ให้เลือก OK ถ้าต้องการลบจริง

ค่า Latitude และ Longitude อาจค้นหาได้จากแผนที่ประเทศไทย โดยค่า Latitude ของไทย อยู่ที่ประมาณ 12 North และ Longitude อยู่ที่ประมาณ 100 East (ต้องระวังตรงนี้ เพราะค่า Default ของ ALOHA จะเป็น West ถ้าเรากรอกข้อมูลผิด เวลากรอกข้อมูลจะเกิด Error) ขึ้น ดังภาพที่ 23

ส่วนค่าที่ถูกต้องของเมือง แต่ละเมืองในประเทศไทย ผู้ใช้ต้องค้นหาจากแผนที่ เพราะแต่ละสถานที่ก็จะมีตำแหน่ง Lat/Long ที่ต่างกัน

และผู้ใช้ก็จะพบความจริงที่ว่าประเทศไทยเรามีข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์น้อยมาก จนน่าใจหาย

Location Input [X]

Enter full location name:
 Location is

Is location in a U.S. state or territory ?
 In U.S. Not in U.S.

Enter approximate elevation
 Elevation is ft m

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="13"/>	<input type="text" value="45.0"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="31.0"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

ภาพที่ 23 หน้าต่าง Location Input

สำหรับพวก Non US ก็จะมีกล่องข้อความให้เติมข้อมูลเพิ่มเติมอีก เช่น ชื่อประเทศ ชื่อเวลาที่ต่างจาก GMT (Greenwich Mean Time) และเวลาแบบ Standard Time หรือ Daylight Savings Time ดังนั้นภาพที่ 23 เมื่อเราเลือกและกด OK ก็เป็นอันว่าเสร็จสิ้นการเพิ่มชื่อเมืองลงในฐานข้อมูล เราจะกลับมาที่หน้าจอ “Location Information” จากนั้นให้เลือก Select ที่ปุ่ม Select ดังแสดงในภาพที่ 24 (ถ้าเรากด Cancel ชื่อเมืองที่สร้างใหม่ก็จะหายไป)

Foreign Location Input [X]

Country name:

Offset from local STANDARD time to GMT: hours

Is current model time standard or daylight savings time ?

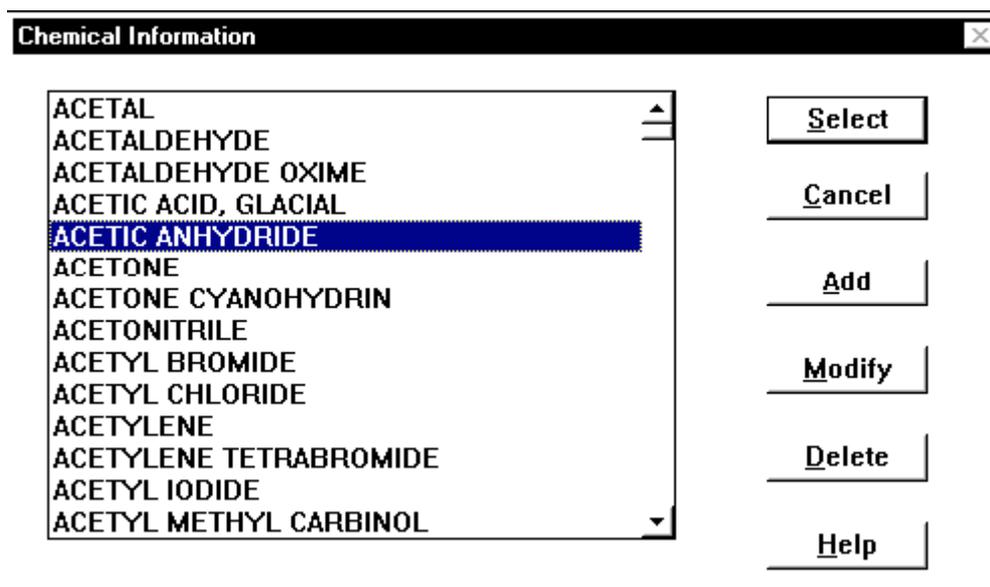
Standard Time Daylight Savings Time

ภาพที่ 24 การเลือกประเทศและเวลา (โปรดสังเกตว่าประเทศไทยมีค่า Offset ติดลบ)

สารเคมี

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารเคมีหรือเพิ่มรายชื่อของสารเคมีนั้นทำได้เช่นเดียวกับชื่อเมือง

การแก้ไขคุณสมบัติของสารเคมี เริ่มแรกให้เราเลือก Menu SetUp -> Chemical ซึ่งจะทำให้เกิดหน้าต่าง (Windows) ที่ชื่อว่า “Chemical Information” เกิดขึ้น ในหน้าต่างจะมีรายชื่อสารเคมีเรียงลำดับตามลำดับอักษร ส่วนทางด้านขวาเป็นปุ่มที่ควบคุม Function ต่างๆ คล้ายกับหน้าจอของ “Location Information” ดังแสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 หน้าต่าง Chemical Information

ถ้าเราต้องการแก้คุณสมบัติของสารเคมี ให้ใช้ Mouse Click ที่รายชื่อสารเคมีแล้วกดปุ่ม Modify จะทำให้เกิด Windows ที่ชื่อว่า “Input Available Information” ซึ่งจะประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ จำนวนมาก ทั้งในด้านฟิสิกส์เช่นจุดเดือด ค่าความดันวิกฤต และด้านสุขภาพ เช่น ค่า IDLH จากนั้นให้กด OK

แม้ว่าความจำเป็นที่ผู้ใช้จะต้องเข้าไปแก้ไขข้อมูลนั้นมีน้อยมาก แต่สิ่งที่น่าจะได้ประโยชน์มากที่สุดก็คือการได้อ่านข้อมูลต่างๆ เช่น ค่า IDLH ของสารนั้นๆ

การเพิ่มเติมข้อมูลสารเคมี จากหน้าต่าง “Chemical Information” ถ้าเราต้องการเพิ่มเติมสารเคมี ให้เลือก Add ซึ่งก็จะเกิดหน้าต่าง “Input Available Information” ขึ้น

ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีนั้นๆ เข้าไปเช่น น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด ควรจะเติมให้ครบเกือบทุกช่องแล้วกด OK

อย่าลืมว่าถ้าจะออกจาก Windows “Chemical Information” ด้วย มิฉะนั้นการเพิ่มเติมจะถูกยกเลิก

การเพิ่มเติมข้อมูลอาจไม่ค่อยจำเป็นนัก เพราะสารเคมีเกือบทุกชนิดที่ระเหยเป็นไอได้มีอยู่ในฐานข้อมูลของ ALOHA หมดแล้ว

การลบสารเคมี การลบสารเคมีออก อาจไม่ค่อยมีประโยชน์มากนักและลบได้เฉพาะสารเคมีที่ User ใส่เข้าไปเอง แต่ก็ทำได้โดยเลือกสารเคมีจากราย แล้ว Click ที่ปุ่ม “Delete” ซึ่งจะมีกล่องข้อความถามว่าจะลบจริงหรือไม่ (Cancel/OK) ให้เลือก OK สารนั้นก็จะถูกลบออกไป

การใช้งาน ALOHA ในการวางแผนและรับมืออุบัติเหตุ

การใช้งาน ALOHA เป็นของง่าย ผู้ใช้เพียงกรอกข้อมูลที่จำเป็นเข้าไป ALOHA จะคำนวณการกระจายของสารเคมี แล้วให้ผลออกมาเป็น Footprint หรือรูปร่างและขนาดรอยเท้าของสารเคมีที่ประทับลงบนพื้นที่และกราฟแสดงความเข้มข้นของสารเคมีในแต่ละจุด

ถ้าผู้ใช้กรอกข้อมูลผิด ALOHA จะคอยเตือนเสมอ ผู้ใช้จึงควรอ่านข้อความที่เตือนทุกครั้งให้ละเอียด และโปรดคิดว่าการเตือนของ ALOHA นั้นเพื่อพยายามจะแก้ไขข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งบางครั้งก็แก้ไขให้โดยอัตโนมัติเลยและไม่ใช้ทางตัน (ต่างจากโปรแกรมอื่นๆ ที่เมื่อเตือนแล้วไม่ยอมแก้ไขให้)

ข้อมูลของ ALOHA แบ่งได้เป็นสองส่วน คือส่วนที่ Set แล้วจะอยู่ไปเรื่อยๆ ทุกครั้งที่มีการใช้งาน จนกว่าจะเปลี่ยนแปลงใหม่ ข้อมูลในส่วนนี้ได้แก่ข้อมูลในส่วนของ Menu SiteData และข้อมูลอีกส่วนหนึ่งคือข้อมูลในส่วนที่ต้องใส่ทุกครั้งที่ทำงาน ซึ่งอยู่ใน Menu SetUp

ทุกครั้งที่เรากรอกข้อมูลลงไปไม่ว่าจาก Menu หรือแบบหน้าต่างใด ก็จะปรากฏข้อมูลเหล่านั้นขึ้นบนหน้าต่างที่อยู่ตรงกลางจอ ซึ่งเรียกกันว่า “Text Summary” (ภาพที่ 26)

Text Summary จะสรุปทุกอย่างที่เรา Click บนหน้าจอออกมาเป็นข้อเขียนที่สื่อความหมาย ข้อมูลในหน้าต่างนี้จะถูกเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัย (Update) เสมอเมื่อมีการเพิ่มเติมข้อมูลเข้าไปใหม่ หน้าต่างนี้ยังช่วยเป็น Guide ในการลงข้อมูล ทำให้เรารู้ว่าต้องลงข้อมูลใน Module ใดต่อ เช่นถ้าถึงเวลาที่จะต้องลงข้อมูลเกี่ยวกับบรรยากาศ (Atmospheric) ที่ Text Summary ก็จะปรากฏข้อความเตือนว่า “Select Atmospheric”

เราลองมาตั้งค่าตัวแปรใน Menu SiteData ก่อน

การเลือกเมือง (Location)

จาก Menu SiteData -> Location เราจะเข้าสู่หน้าจอ “Location Information” ให้ Click ที่ชื่อเมือง แล้วกดปุ่ม Select หรือ Double Click ก็ได้ จะเห็นว่าข้อมูลในหน้าต่าง Text Summary จะถูก Update โดยอัตโนมัติ

การเลือกชนิดของอาคาร จาก Menu SiteData -> Building Type เราจะเข้าสู่หน้าต่าง “Infiltration Building Parameter” ดังแสดงในภาพที่ 26 ซึ่งเราจะต้องเลือกชนิดของอาคารที่เป็น “เหยื่อของอุบัติเหตุ” ไม่ใช่อาคารที่เกิดการรั่วไหลของสารเคมี โดยอาจเลือกเป็น

1. อาคารปิดทึบ (Enclosed Office Building)
2. อาคารชั้นเดียว (Single Storied Building)
3. อาคารสองชั้น (Double Storied Building) หรือ
4. ถ้าเรารู้สึกมากกว่านี้ให้ใส่ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศไปเลย (No. of Air changes is.....per hour)

Infiltration Building Parameters [X]

Select building type or enter exchange parameter

Enclosed office building Help

Single storied building

Double storied building

No. of air changes is per hour

OK Cancel

ภาพที่ 26 หน้าต่าง Infiltration Building Parameters

อัตราการถ่ายเทอากาศหมายถึงปริมาตรอากาศที่ถ่ายเทในหนึ่งชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็นเท่าของปริมาตรอาคาร เช่นอาคารขนาด 250 ลูกบาศก์เมตร มีการถ่ายเทอากาศชั่วโมงละ 500 ลูกบาศก์เมตร ก็ถือว่าอัตราการถ่ายเทอากาศเป็น 2

การตั้งวันและเวลา

จาก Menu SiteData -> Date & Time เมื่อเราเลือกก็จะเกิดหน้าต่างที่เรียกว่า “Date and Time Options” ซึ่งเราสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เวลาของเครื่อง (User Internal Clock) หรือตั้งเวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งเป็นเวลาคงที่ (Set a Constant Time) ก็ได้

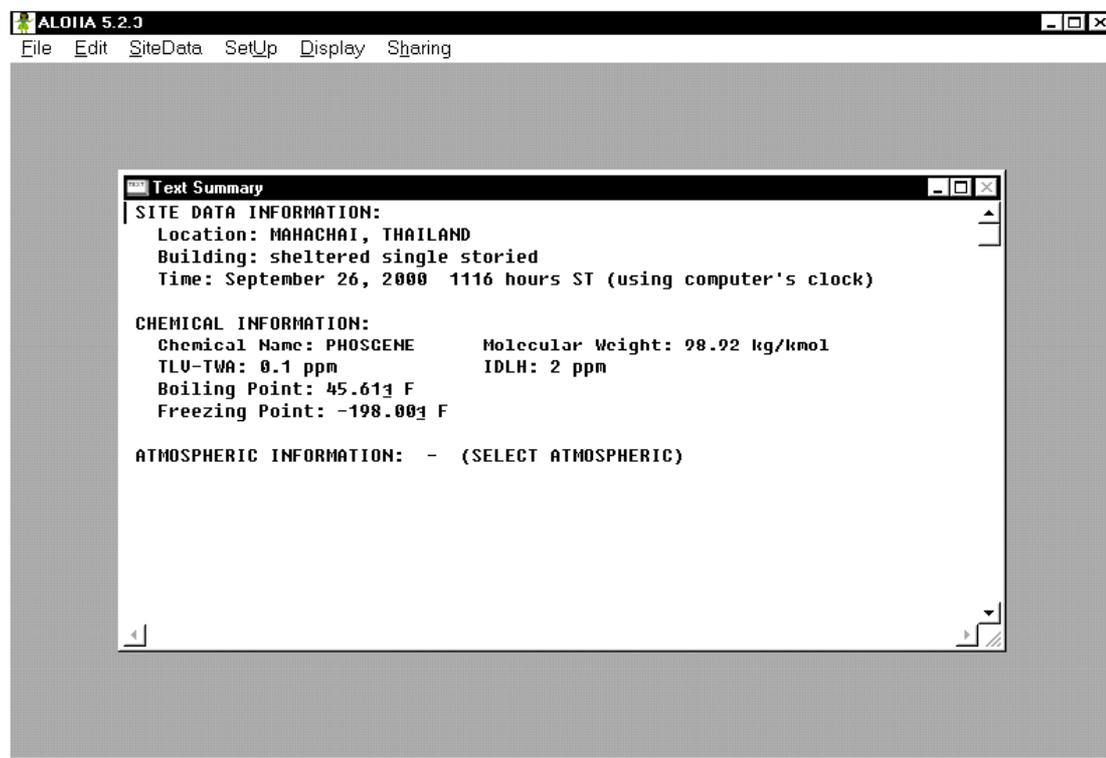
การเพิ่มข้อมูลที่แปรเปลี่ยนอยู่เรื่อยๆ

ข้อมูลที่แปรเปลี่ยนอยู่เรื่อยๆ ได้แก่ข้อมูลของสารเคมี ข้อมูลของสภาพอากาศ และข้อมูลของแหล่งรั่วไหล

การเลือกสารเคมี

จาก Menu SetUp -> Chemical เมื่อเราเลือกก็จะได้อีกหน้าต่าง “Chemical Information” จากนั้นให้หาสารเคมีที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม Select หรือ Double Click ที่ชื่อสารเคมีที่ต้องการ

ชื่อของสารเคมีที่เลือกจะไปปรากฏอยู่ในหน้าต่าง “Text Summary” ดังแสดงในภาพที่ 27 พร้อมกับรายละเอียดต่างๆ เช่น น้ำหนักโมเลกุล ค่า IDLH ค่า TLV จุดเดือดและจุดเยือกแข็ง เป็นต้น



ภาพที่ 27 หน้าจอ Text Summary ที่แสดงข้อมูลสารเคมีที่สนใจ เช่น IDLH และ TLV

ถ้าชื่อของสารเคมีนั้นหายาก เราสามารถกดแป้นพิมพ์ตามตัวอักษรตัวหน้าของชื่อที่ต้องการหาได้ เช่น ถ้าต้องการหา “PHOSGENE” ก็กดแป้นตัวอักษร “P” แถบสว่างจะเลื่อนไปที่ PHOSGENE แต่วิธีนี้ไม่สามารถหาสารเคมีที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษร “P” ตัวถัดไปได้

การตั้งค่าตัวแปรทางด้านบรรยากาศ

ปกติเราจะได้รับข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา เช่นความเร็วลม ความชื้น จากสองแหล่งคือ

1. จากการวัดโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ซึ่งผู้ใช้จะต้องอ่านผลแล้วนำมากรอกด้วยตัวเอง (User Input)
2. โดยการใช้เครื่องมืออัตโนมัติ เครื่องมือนี้สามารถต่อเข้ากับ Port ขนานของคอมพิวเตอร์ ทำให้ ALOHAสามารถรับข้อมูลได้โดยตรง แต่ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการใช้เครื่อง SAM

การใส่ข้อมูลภูมิอากาศด้วยมือ

จาก Menu SetUp -> Atmospheric -> User Input เมื่อเราเลือกจะได้หน้าต่าง “Atmospheric Option” เปิดขึ้น ในหน้าต่างนี้จะมีช่องให้กรอกข้อความดังนี้ ดังแสดงในภาพที่ 28

ภาพที่ 28 หน้าต่างสำหรับกรอกข้อมูลภูมิทางอากาศ

ส่วนประกอบของหน้าต่าง Atmospheric Options

Wind Speed is: (ความเร็วลม) ผู้ใช้ต้องใส่ความเร็วลมที่วัดได้จากเครื่องวัดลงไป แต่ไม่ควรใส่เกิน 106.57 miles/ชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดที่โปรแกรมยอมรับ

ถ้าเราไม่มีเครื่องวัดอาจจะใช้ตารางที่ 3 ช่วยประเมินความเร็วลมได้

ตารางที่ 3 การประเมินทิศทางลมจากสิ่งแวดล้อม

ความเร็วลมเป็น เมตร/วินาที	Knots (1.15 ไมล์/ชม)	International Description	Specifications
< 1	< 1	Calm	ลมสงบ คำนลอยขึ้นตรงๆ
< 1 – 2	1 – 3	Light air	คำนไฟลอยไปตามทิศทางลม แต่ กั้นลมยังไม่สามารถแสดง ทิศทางลม
2 – 3	4 – 6	Light breeze	รู้สึกพัดลมกระทบใบหน้าใบไม้ เริ่มพลิ้วไหว กั้นลมยับตามลม
4 – 5	7 – 10	Gentle breeze	ใบไม้และก้านใบยับไปมา ซงเล็กๆ โบกสะบัด
5 – 8	11 – 16	Moderate	ฝุ่นปลิว กระจาดลอยไป กิ่งก้าน ต้นไม้สั่นไหว
8 – 11	17 – 21	Fresh	ต้นไม้เล็กๆเริ่มไหว ผิวหน้าเริ่มมี รอยคลื่นเล็กๆ
11 – 14	22 – 27	Strong	กิ่งไม้เริ่มยับ สายโทรเลขส่งเสียง หวีดหวิวใช้ร่มลำบาก
14 – 17	28 – 33	Near gale	ต้นไม้ทั้งต้นเริ่มยับ เดินทวน กระแสลมลำบาก
17 - 21	31 - 40	Gale	ใบไม้หลุดปลิวจากต้นเดินทาง ต้านลมด้วยความลำบาก

ที่มา: นิธิวัฒน์ (2548)

Wind is from ให้ใส่ทิศทางลมที่พัดเข้ามาสู่แหล่งกำเนิดก๊าซ โดยอาจใส่ได้สองแบบคือ

1. ใส่เป็นตัวอักษร เช่น ตะวันออกคือ “E” ตะวันตกคือ “W” ได้คือ “S” เป็นต้น ถ้าหากทิศทางอื่นๆที่เอาค่าเหล่านี้มาประกอบกัน เช่น ตะวันตกเฉียงใต้ คือ “SW” แต่จะใส่ว่า “WS”ไม่ได้ (จะต้องใส่ทิศเหนือหรือใต้ก่อนทิศตะวันออกหรือตะวันตก) ถ้าทิศที่อยู่ระหว่าง SW กับ S ให้ใส่ SWS หรือถ้าทิศนั้นอยู่ระหว่าง SE กับทิศตะวันออก ก็ให้ใส่ว่า ESE เหมือนเช่นในตัวอย่าง

2. ไล่เป็น Degrees True คือมุมที่ทิศทางลมพัดมาเป็นองศา เช่นจากเหนือลงใต้ไล่ 0 องศา จากตะวันตกไปตะวันออกไล่ 90 องศา เป็นต้น

รายละเอียดของทิศและมุมมีดังนี้

N = 0 degrees or 360 degrees

NNE = 22.5 degrees

NE = 45 degrees

ENE = 67.5 degrees

E = 90 degrees

ESE = 112.5

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 = 337.5 degrees

Ground Roughness is: (ความระเกะระกะของพื้นที่) มีสองแบบคือ Open Country คือพื้นที่โล่งๆ มีเฉพาะต้นไม้เตี้ยๆ หรือเป็นทุ่งหญ้า แบบ Urban or Forest คือมีต้นไม้ใหญ่หรืออาคารอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ถ้าเรารู้ค่าความรก ก็สามารถใส่ลงไปในช่อง Input Roughness ได้ (ดูตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างของความขรุขระ (Roughness length, Z0)

สภาพพื้นที่	Z0 (cm)
โคลน น้ำแข็ง (Mud flats, ice)	0.001
พื้นสนามบิน (Smooth tarmac: airport runway)	0.002
ผิวน้ำซึ่งกว้างใหญ่ (Large water surface)	0.01 – 0.06
หญ้าตัดสูง 1 ซม. (Grass lawn to 1 cm high)	0.1
หญ้าในสนามบิน (Grass: airpost)	0.45
หญ้าในทุ่งหญ้า (Grass: prairie)	0.64
หญ้าเทียม (Grass: artificial, 7.5 cm high)	1.0
หญ้าสูง 10 ซม. (Grass: thick to 10 cm high)	2.3
หญ้าสูง 50 ซม. (Grass: thin to 50 cm)	5.0
ทุ่งนา (Wheat stubble plain: 18 cm)	2.44
ทุ่งหญ้าและพุ่มไม้ (Grass with bushes, some trees)	4
พืชสูง	20
ต้นไม้สูง	40 – 70
ป่าละเมาะ (Savannah scrub: trees, grass, sand)	40
เมืองใหญ่ (Large city: Tokyo)	165

หมายเหตุ ค่า Z0 ที่โปรแกรมยอมให้ใส่ (ALLOWABLE INPUT)

ค่าของ Z0 จะต้องอยู่ระหว่าง 0.001 centimeters (0.0004 inches) และ 200 centimeters (78 inches).

Select Cloud Cover: (ปริมาณเมฆ) วิธีที่ดีที่สุดคือให้เลือกตามภาพ เช่นเมฆที่บมากที่สุดให้เลือก complete cover ถ้าแดดจัดให้เลือก clear การเลือกให้ Click ที่ปุ่มข้างใต้ภาพ

นอกจากนี้ยังมีปุ่มที่อยู่ตรงระหว่างภาพให้เลือกอีกในกรณีที่มีสภาพเมฆในตอนนั้นอยู่กลางๆ ระหว่างสองภาพเช่นเมฆน่าจะอยู่ระหว่าง partly cloudy กับ clear

ถ้าต้องการใส่เป็นตัวเลข ให้ใส่ตัวเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0 – 10 10 คือระดับที่มีเมฆปกคลุมสูงสุด

ALOHA ต้องการค่า Cloud Cover เพราะต้องนำไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมี ซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา โดยเฉพาะสารเคมีที่กระจายออกมาในแบบ Paddle คือเป็นของเหลวไหลนองออกมาก่อนจะระเหย

เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วให้กด OK ก็จะเป็นการปิดหน้าต่าง Atmospheric Options ไป และเข้าสู่หน้าต่างที่สอง (Atmospheric Options 2) ถ้าเราใส่ข้อมูลไม่ครบจะมีหน้าต่างเตือนให้กลับไปใส่ใหม่ ให้พยายามอ่านข้อความที่ปรากฏขึ้นให้ดี ๆ เช่นอาจลืมใส่ข้อมูลความเร็วลมหรือทิศทางลม เป็นต้น หน้าต่างที่สอง (Atmospheric Options 2) ประกอบด้วย

The screenshot shows a dialog box titled "Atmospheric Options 2" with the following fields and options:

- Air Temperature is :** A text box containing "30", followed by "Degrees" and radio buttons for "F" and "C". A "Help" button is to the right.
- Stability Class is :** A "Help" button followed by radio buttons for "A", "B", "C", "D", "E", and "F". An "Override" button is at the end.
- Inversion Height Options are :** A "Help" button.
- No Inversion** (selected) and **Inversion Present** (radio buttons). **Height is :** A text box followed by radio buttons for "Feet" and "Meters".
- Select Humidity :** A "Help" button.
- Three icons representing humidity levels: "wet" (umbrella), "medium" (sun and cloud), and "dry" (cactus). Radio buttons are below each icon.
- OR** **enter value :** A text box containing "50" followed by a "%" sign. Below it is "(0 - 100)".
- OK** and **Cancel** buttons at the bottom.

ภาพที่ 29 หน้าต่าง Atmospheric 2

ส่วนประกอบของหน้าต่าง Atmospheric Option 2

Air Temperature is: (อุณหภูมิของอากาศ) ให้ใส่ตัวเลขลงไปเลย อย่าลืมเลือกเป็นเซลเซียส หรือ ฟาเรนไฮต์

Stability Class คือเสถียรภาพของบรรยากาศ เช่นในเวลาที่แดดจัด อุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดินจะสูง ทำให้เกิดกระแสลมบริเวณเหนือผิวดินขึ้นทำให้อากาศมีเสถียรภาพต่ำ ในกรณี

เช่นนี้การกระจายของสารเคมีจะเพิ่มขึ้น แต่ระยะทางที่แพร่กระจายอาจต่ำลง (เพราะสารเคมีกระจายออกไปในระยะทางใกล้ๆหมด)

ปกติ ALOHA จะทำนาย Stability Class ให้เองจากข้อมูลที่กรอกมาแล้ว แต่ถ้า User อยากกรอกเองก็สามารถ Click ที่ปุ่ม Override ได้ แต่ไม่ควรทำเพราะต้องแน่ใจจริงๆ ว่ามีความเชี่ยวชาญพอที่จะประเมินได้อย่างถูกต้อง

Select Humidity ให้ Click ได้ภาพที่แสดงสภาพความชื้น เช่นฝนตก แห้งแล้ง หรือกลางๆ (Medium) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปุ่มที่อยู่ระหว่างภาพเพื่อแสดงภาวะที่อยู่กลางๆ ระหว่างภาพ ถ้าหากที่ใดมีเครื่องมือวัดความชื้นก็สามารถใส่ตัวเลขลงไปตรงๆ ในช่อง enter value เลขก็ได้ จากนั้นเมื่อกด OK หน้าต่าง Atmospheric Options 2 ก็จะปิดลงและก็จะเป็นการเสร็จสิ้นการใส่ค่าบรรยากาศดังแสดงในภาพที่ 29

การใส่ข้อมูลภูมิอากาศแบบอัตโนมัติ

จาก Menu SetUp -> SAM Station จะเป็นการเรียกส่วนของโปรแกรมที่เชื่อมต่อกับเครื่องวัดค่าทางอุตุนิยมวิทยา (Station for Atmospheric Measurement: SAM)

แม้ว่าเราอาจไม่มีโอกาสที่จะใช้ SAM แต่ก็ควรทำความรู้จักไว้สักเล็กน้อย

SAM เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถวัด ทิศทางลม ความเร็วลม ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศได้โดยอัตโนมัติ และสามารถส่งข้อมูลมาให้ ALOHA โดยการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยการติดต่อนี้อาจใช้สายสัญญาณ หรืออาศัยคลื่นวิทยุในการติดต่อก็ได้ (ALOHA ไม่สามารถใช้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของ SAM)

การเลือกแหล่งรั่วไหล

จาก Menu SetUp -> Source เมื่อเรา Click ที่ Menu นี้ก็จะเข้าสู่ช่วงของการใส่ข้อมูลแหล่งของการรั่วไหลซึ่งเป็นข้อมูลช่วงสุดท้ายที่จะต้องกรอก โดยจะมี Menu ย่อยเกิดขึ้นเพื่อให้เลือกชนิดของแหล่งแพร่กระจายเช่น Direct, Puddle, Tank, Pipe

1. Direct หมายถึงการกระจายโดยตรง และเรารู้ปริมาณของสารที่กำลังกระจายอย่างแน่ชัด
2. Puddle หมายถึงการกระจายของสารเคมีในแบบไหลนองกับพื้น
3. Tank หมายถึงการกระจายจากถัง ไม่ว่าจะแบบทรงกระบอก หรือแบบทรงกลม
4. Pipe หมายถึงการรั่วออกจากท่อ ไม่ว่าจะที่ท่อนั้นจะออกจากถังหรือเป็นท่อตัน

ถ้าเราเลือก Direct

Direct หมายถึงการรั่วไหลโดยตรง ตัวอย่างเช่นกรณีพวกลักขีในญี่ปุ่นเตสสาร Sarin ในรถไฟใต้ดินถ้าเราเลือก Direct ก็จะเกิดหน้าต่างชื่อว่า “User Input Source Strength” ดังแสดงในภาพที่ 30

ภาพที่ 30 หน้าต่าง “User Input Source Strength”

โดยในส่วนแรกจะเป็นส่วนที่ User ต้องใส่หน่วยวัดน้ำหนักของสารที่กำลังแพร่กระจาย เช่น กรัม กิโลกรัม ปอนด์ หรือหน่วยวัดปริมาตร เช่นลิตร ลูกบาศก์เมตร ลูกบาศก์ฟุต

ในส่วนที่สองต้องระบุว่าการกระจายนั้นเกิดขึ้นอย่าง Continuous Source หรือ Instantaneous Source

1. Continuous Source คือการกระจายที่เกิดขึ้นเกินกว่า 1 นาที
2. Instantaneous Source คือการกระจายที่เกิดขึ้นในเวลาต่ำกว่า 1 นาที

ส่วนที่สามต้องระบุว่าจำนวนสารที่กระจายเข้าสู่บรรยากาศ (ไม่ใช่ตกลงสู่พื้น) เป็นจำนวนเท่าใด ถ้าไม่ทราบก็ไม่ต้องเลือกหัวข้อ Direct แต่ควรเลือก Puddle, Tank, and Pipe จะดีกว่า

ส่วนที่สี่ให้เลือกระดับความสูงของบริเวณที่เกิดการรั่วไหลเมื่อวัดจากระดับพื้น จากนั้นให้กด OK เป็นอันจบการใส่ข้อมูล ขั้นตอนต่อมาให้กดปุ่ม Menu Display Calculate การคำนวณก็จะเกิดขึ้น (ความจริงอาจเกิดขึ้นตั้งแต่ใส่ Source Strength เสร็จแล้ว)

ถ้าเลือก Puddle

Puddle คือสารเคมีไหลนองพื้น ถ้าเลือกก็จะมีหน้าต่าง “Puddle Input” เกิดขึ้น ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลดังนี้

Puddle Area/Diameter ให้ Click ปุ่มใดปุ่มหนึ่งเพื่อใส่ปริมาณหรือปริมาตรของสารที่กระจาย โดยอาจเลือกเป็นขนาดพื้นที่ หรือ ความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางก็ได้ อย่าลืมเลือกหน่วยเป็น ฟุต หลา หรือเมตรด้วยในช่องต่อมา User จะต้องกรอกข้อมูลน้ำหนักของของเหลว หรือความหนาของการไหลนอง หรือปริมาตรก็ได้เพื่อให้ ALOHA รู้ว่าสารนี้มีน้ำหนักเท่าใด (ALOHA สามารถรู้น้ำหนักสารได้จากปริมาตรของมัน เพราะ ALOHA รู้ความหนาแน่นของสารอยู่แล้ว)

หน้าต่างถัดไป คือหน้าต่างที่ชื่อว่า “Soil Type, Air and Ground Temperature” ในส่วนนี้เราต้องเลือกชนิดของพื้น (Select ground type) ว่าเป็น

1. Default: พื้นดินแห้ง ไม่มีหินหรือคอนกรีตปกคลุม
2. Concrete: คอนกรีต ซีเมนต์ ยางมะตอย
3. Sandy: พื้นทราย
4. Moist: พื้นทรายหรือดินเปียก

ต่อไปต้องเลือกอุณหภูมิของพื้นดิน (Input ground temperature)

อาจเลือกกว่าเป็นอุณหภูมิอากาศ (Use air temperature) หรือใส่ตัวเลขโดยตรงเลย (Ground temperature is) อย่าลืมเลือกหน่วยเป็นเซลเซียส หรือฟาเรนไฮต์ ด้วย ขั้นตอนต่อไปคือ Input Initial puddle temperature หรืออุณหภูมิเริ่มแรกตอนที่การไหลนอง (Puddle) เริ่มเกิดขึ้นใหม่ๆ ซึ่งอาจเท่ากับอุณหภูมิพื้นดิน (Use ground temperature) เท่ากับอุณหภูมิอากาศ (Use air temperature) หรือให้ใส่อุณหภูมิเอง (Initial puddle temperature is ...) ก็ได้

จากนั้นก็กดปุ่ม OK

ALOHA อาจแสดงหน้าจอเตือนอะไรบางอย่าง ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาของมัน

ALOHA มักจะเตือนอยู่เรื่อยๆ ถ้าข้อมูลที่ใส่ไม่ตรงกับความเป็นจริง แต่มันมักจะแก้ไขให้ถูกต้องไปเลย และถ้าผู้ใช้ตั้งใจอ่านคำเตือนของมัน และทำตามที่โปรแกรมแนะนำ ผู้ใช้ก็จะพบว่า การเตือนของมันไม่ใช่ปัญหาและไม่ทำให้โปรแกรมรวนแต่อย่างใด

ตัวอย่างเช่นถ้าสารที่เราพูดถึงคือ Ammonia แต่เราเลือกอุณหภูมิเริ่มต้นของ Puddle เป็นอุณหภูมิอากาศ ALOHA จะเตือนว่าอุณหภูมิเริ่มต้นจะต้องเป็น -33.4 องศาเซลเซียสเท่านั้น เพราะถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้มันจะกลายเป็นก๊าซหมด

ถ้าเลือก Tank

จะเข้าสู่ หน้าต่าง “Tank Size and Orientation” ซึ่งหน้าต่างนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ Select tank type and orientation: ซึ่งมีสามแบบคือ ถังนอน (Horizontal cylinder), ถังตั้ง (Vertical cylinder), และถังทรงกลม (Sphere) ให้เลือกโดย Click ที่ปุ่มเล็กๆ ได้ภาพ

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder Vertical cylinder Sphere

Enter two of three values:

diameter: feet meters

length: liters cu meters

volume:

ภาพที่ 31 หน้าต่าง Tank Size and Orientation สำหรับเลือกชนิดถัง

หลังจากนั้นผู้ใช้ต้องมาใส่ข้อมูลในช่วงล่างที่ชื่อว่า “Enter two of three values:” ถ้าเลือกถังทรงกระบอกชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือ “Enter one of two values:” ถ้าเลือกถังทรงกลม

เวลาผู้ใช้กรอกข้อมูลบางส่วนลงไป ส่วนที่เหลือจะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติ เช่นในกรณีของถังทรงกระบอก ถ้าเรากรอกเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter) ลงไป และใส่ปริมาตรของถัง มันจะคำนวณความยาวให้โดยอัตโนมัติดังแสดงในภาพที่ 31

จากนั้นให้กดปุ่ม OK ซึ่งจะทำให้เข้าสู่หน้าจอถัดไปที่ชื่อว่า “Chemical State and Temperature”

ภาพที่ 32 หน้าต่าง Chemical State and Temperature

หน้าจอส่วนแรกจะชื่อว่า “Enter state of the chemical:” ซึ่งมีสามแบบคือ

1. Tanks contains liquid ให้เลือกปุ่มนี้ ถ้าใน Tank มีของเหลวแม้แต่เพียงเล็กน้อย
2. Tanks contains gas only ถ้าใน Tank มีแต่ก๊าซ
3. Unknown ถ้าไม่ทราบ (ผู้เรียบเรียงคิดว่าโดยทั่วไปน่าจะเลือกหัวข้อนี้ เพราะ

ALOHA สามารถตัดสินใจได้ว่าจากอุณหภูมิ และแรงดันหนึ่งๆ สารนั้นจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือก๊าซ) ดังแสดงในภาพที่ 32

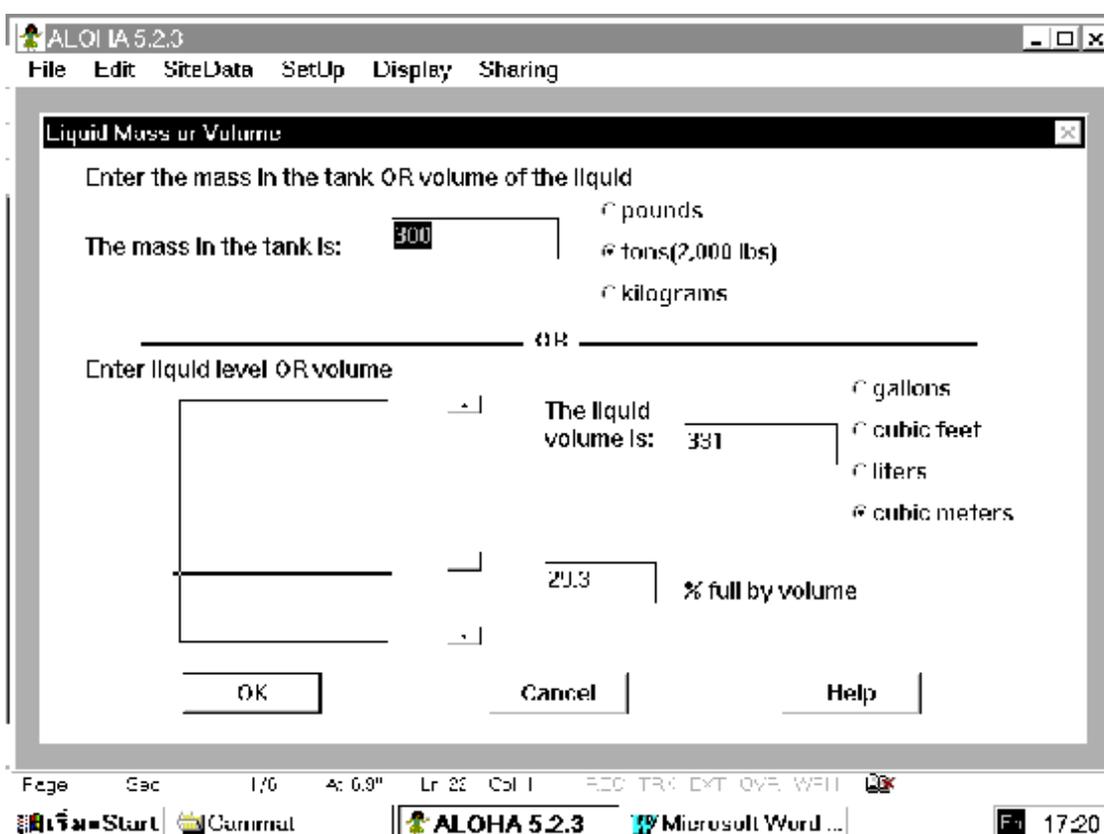
หน้าจอส่วนล่างจะเป็นเรื่องของอุณหภูมิของ Tank คือ

1. Chemical stored at ambient temperature อุณหภูมิปกติ (68 ฟาเรนไฮต์)
2. หรือกรอกอุณหภูมิเอง (Chemical stored atdegrees)

จากนั้นให้กด OK

ถ้าเราเลือก Tanks contains liquid เราก็จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Liquid Mass of Volume” ซึ่งหน้าจอส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะให้ใส่น้ำหนักหรือปริมาตรของสาร (Enter the mass in the tank OR volume of the liquid) ให้เติมจำนวนลงในช่องที่เขียนว่า The mass in the tank is.....ดังแสดงในภาพที่ 33

วิธีที่สี่อีกวิธีหนึ่งคือเลือกจากส่วนล่างของหน้าต่าง โดยผู้ใช้จะเห็นแถบเลื่อนอยู่ตรงกลาง ให้ใช้ Mouseกดที่ส่วนที่เลื่อนได้ ของแถบเลื่อนแล้วลากขึ้นลง จะเห็นว่าตัวเลขต่างๆ จะเปลี่ยนไป และขีดที่อยู่ในภาพของถังก็จะเปลี่ยนไปด้วย (ขีดนี้คือผิวบนของสารในส่วนที่เป็นของเหลว) จากนั้นให้กด OK



ภาพที่ 33 การเลื่อนขีดบ่งบอกระดับของเหลวในถัง

จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Area and Type of Leak” ซึ่งจะกล่าวถึงรูรั่วที่ถึง

หน้าจอนี้จะแบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกจะกล่าวถึงรูปร่างของรอยรั่วที่ถึงว่าเป็นวงกลม (Circular Opening) หรือสี่เหลี่ยม (Rectangular Opening)

หน้าจอในส่วนที่สองจะกล่าวถึงขนาดของรอยร้าว เช่นถ้าตอนแรกเราเลือกวงกลม ก็จะมีช่องให้เติมเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว หรือถ้าตอนแรกเลือกรอยร้าวแบบสี่เหลี่ยม เราก็จะต้องใส่ค่าความกว้างและความยาว เป็นต้น

หน้าจอในส่วนที่สามจะถามว่ารอยร้าว^{นั้น}เกิดที่ผนัง Tank โดยตรง (Hole) หรือท่อสั้น (Short pipe/valve)

ท่อสั้นคือท่อสั้นที่ติดกับผนังของ Tank แต่ต้องยาวเกิน 10 ซม.

จากนั้นให้กด OK จะเข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Height of the tank opening” ซึ่งทางซ้ายจะมีภาพแสดงระดับของของเหลวในถัง ผู้ใช้มีหน้าที่ต้องระบุว่ารูรั่วอยู่ตรงที่ใดเทียบกับผิวของของเหลว (คืออยู่ใต้วงของเหลว หรืออยู่เหนือผิวของเหลว คือในช่วงที่เป็นก๊าซ) ผู้ใช้สามารถที่จะเลื่อนแถบเลื่อนที่อยู่ตรงกลางภาพขึ้นลง ได้โดยที่ตัวเลขต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากนั้นให้กด OK

ผู้ใช้อาจจะเข้าสู่หน้าต่างของ “Puddle Parameter” ถ้าหาก ALOHA เชื่อว่าเมื่อสารชนิดนี้ตกลงไปที่พื้นจะก่อตัวเป็น Puddle ก่อนแล้วจึงค่อยระเหยไป แต่บางครั้งก็ไม่เข้าหน้าจอนี้ถ้า ALOHA เชื่อว่าสารเคมีจะรั่วออกมาในสภาพของก๊าซ (ผู้ใช้ ALOHA จะต้องคำนึงว่า ALOHA เป็นโปรแกรมประเภท Expert System ดังนั้นหน้าจอที่ขึ้นมาให้ผู้ใช้ดูในแต่ละครั้งอาจไม่เหมือนกันแล้วแต่ข้อมูลที่ใส่ลงไป)

หน้าจอ Puddle Parameter นี้จะต่างจากกรณีที่เข้า Menu Puddle ในกรณีที่เลือกการรั่วไหลเป็น Puddle ตั้งแต่แรก เล็กน้อยและจะประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

1. ชนิดของพื้น (Select ground type) default/concrete/sandy/moist
2. อุณหภูมิของพื้น (Input ground temperature) ซึ่งอาจจะใช้อุณหภูมิเดียวกับอากาศ (Use air temperature) หรือใส่โดยตรง (Ground temperature isdeg)
3. บริเวณที่กว้างที่สุดของการไหลนอง (Maximum Puddle diameter or area)
unknown/maximum diameter/maximum area

เมื่อเลือก OK ก็จะเป็นการสิ้นสุดการ Input ข้อมูล

ถ้าตอนแรกผู้ใช้เลือก Tanks contains gas only ผู้ใช้จะพบว่า ALOHA จะพยายามบังคับให้เราใส่อุณหภูมิการเก็บให้เหมาะสมกับการที่สารอยู่ในสภาพก๊าซ คือต้องอยู่ในอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของมัน

เมื่อกดปุ่ม OK เราก็จะได้หน้าต่างอีกบานหนึ่งคือ หน้าต่าง “Mass or pressure of gas” ซึ่งมีส่วนประกอบของหน้าต่างดังนี้

1. ใส่จำนวนก๊าซหรือแรงดันในถัง (Enter either tank pressure or amount of gas) โดยเราต้องใส่แรงดันให้เหมาะสม และเลือกหน่วยวัดซึ่งอาจเป็น มิลลิเมตรปรอท (mmHG), บรรยากาศ (atm), ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi), และ Pa

2. น้ำหนักของก๊าซ

ถ้าไม่ใส่แรงดันก๊าซก็ต้องใส่น้ำหนักของก๊าซในส่วนล่างของหน้าต่าง (มีหน่วยเป็นปอนด์ตัน ฯลฯ)

การใส่แรงดันก๊าซหรือน้ำหนักก๊าซนี้ต้องใส่ให้เหมาะสม มิฉะนั้นเมื่อกด OK ALOHA อาจเตือนว่าในสภาพที่ผู้ใช้กำหนดนั้นสารเคมีอาจไม่อยู่ในสภาพก๊าซ เช่นมีแรงดันสูงเกินไปทำให้ก๊าซกลายเป็นของเหลว ผู้ใช้ควรอ่านคำเตือนของ ALOHA ให้ละเอียดและปรับค่าแรงดันให้เหมาะสม

ในกรณีที่ไม่รู้แน่ชัดว่าสารนั้นอยู่ในฐานะเป็นก๊าซ หรือของเหลวให้เลือก Unknown (ALOHA จะคำนวณให้เองโดยดูจากน้ำหนักของสารเคมีและขนาดถัง แรงดัน และอุณหภูมิ) ที่หน้าจอ “Chemical state and temperature” ให้เลือก Unknown แล้วกด OK จะได้หน้าต่างชื่อ “Mass of chemical in tank” ซึ่งสิ่งมีช่องให้กรอกข้อความเพียงช่องเดียวคือ “The amount of chemicals in.....”

ให้เราใส่น้ำหนักของสารนั้นลงไป ซึ่งควรจะเหมาะสมกับขนาดของถังด้วย จากนั้นให้กด OK ซึ่ง ALOHA มักหยุดทักว่าในสภาพที่กำหนดนี้สารอาจมีสภาพเป็นของเหลว หรือก๊าซแล้วแต่กรณี

จากนั้นก็เข้าสู่หน้าจอที่เรียกว่า “Area and Type of Leak” และหน้าจอถัดๆ ไปเหมือนกับในกรณีที่เลือกว่า Tank Contains Liquid ทุกประการ

ถ้าเราเลือก Pipe จาก Menu Setup -> Source -> Pipe เราจะได้หน้าจอ Pipe Input ซึ่งประกอบด้วยสิ่งที่น่าสนใจคือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (Input pipe diameter) ความยาวของท่อ Input pipe length และส่วนต่อมาจะถามว่าท่อด้านที่ยังคืออยู่ต่อกับถัง (Connected to infinite tank source) หรือปิดอยู่ และส่วนสุดท้ายคือถามความขรุขระของผิวถัง Smooth pipe/Rough pipe จากนั้นให้กด OK เราจะได้เข้าสู่หน้าจอ “Pipe Pressure and Hole size” ซึ่งเราจะต้องใส่ข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันในท่อ (Input pipe pressure), อุณหภูมิ (Input pipe temperature) ส่วนขนาดของรูทะลุที่ท่อนี้จะเท่ากับขนาดท่อพอดี เมื่อเรากด OK ก็เป็นอันว่าจบการกรอกข้อมูล

Menu SetUp -> Computational จะเข้าสู่หน้าต่าง “Computational Preference” ซึ่งในส่วนนี้มีตัวเลือกสามตัวคือ

1. ให้โปรแกรมตัดสินใจ (Let model decide) ซึ่งเป็นค่า Default ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่แน่ใจว่าจะใช้ Model แบบใด
2. ใช้การกระจายแบบ Gaussian (Gaussian dispersion only) ใช้ในกรณีที่เรารายว่ากลุ่มก๊าซมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับอากาศ
3. ใช้การกระจายแบบก๊าซหนัก (Heavy gas dispersion only) ใช้ในกรณีที่เรารายว่ากลุ่มก๊าซมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ

ในส่วนล่างของหน้าต่างจะเป็นการกำหนดสูตรที่ใช้ในการคำนวณ Dose ที่บุคคลจะได้รับ ซึ่งดีที่สุดคืออย่าไปยุ่งกับมัน

จากนั้นให้กด OK

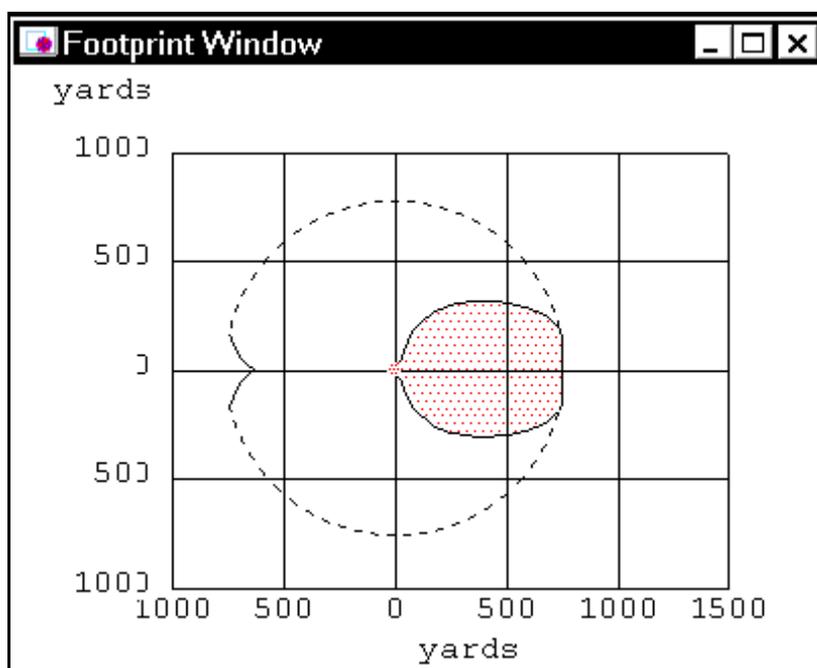
Menu ที่อาจใช้ประโยชน์ได้อีกส่วนหนึ่งคือ Display -> Options เราสามารถ Set ค่าของ IDLH ของสารเคมีในการคำนวณแต่ละครั้งได้ ในกรณีที่

1. ค่า IDLH ของสารเคมีนั้นไม่มีใน ALOHA
2. ค่า IDLH ของสารเคมีนั้นมีการเปลี่ยนแปลง ตามกลุ่มประชากร เช่นในเด็กอาจมี IDLH ต่ำกว่าผู้ใหญ่

นอกจากนี้ยังสามารถตั้งค่าหน่วยวัดได้ด้วยว่าจะใช้ระบบอังกฤษ (ฟุต ปอนด์ หลา) หรือระบบเมตริก (เมตร กิโลกรัม)

ส่วนของ Menu ที่เกี่ยวกับการแสดงผล

Menu Display -> Footprint จะแสดงสิ่งที่เรียกว่า Footprint ซึ่งก็คือกราฟที่วาดขึ้นเพื่อแสดงบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับสารเคมีในระดับที่เกิน LOC (Level of Concern) โดยรูปร่างของ Footprint มักเป็นทางยาวตามกระแสลม(บริเวณที่แรงเงา) รอบๆ Footprint จะเป็นบริเวณที่แสดงด้วยเส้นประ (Wind Confidence Line)ถือว่าเป็นบริเวณที่สารเคมีอาจจะกระจายได้ตามกระแสลมที่แปรเปลี่ยน โดยประมาณว่าอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ของการกระจายจะต้องอยู่ภายในเส้นประเท่านั้นดังแสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 34 แสดงภาพ Footprint ของตัวอย่างของโปรแกรม ALOHA

Menu Display -> Concentration จะแสดงความเข้มข้นที่จุดใดจุดหนึ่งซึ่งอยู่ได้ลมที่พัดจากแหล่งของการกระจายของสารเคมี โดยที่โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างที่เรียกว่า “Concentration and Dose Location” ซึ่งในหน้าต่างนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าจะใส่ตำแหน่งแบบดังแสดงในภาพที่ 35

1. สัมพันธ์กับทิศทางลม (Downwind, Crosswind) หรือ
2. ตำแหน่งที่กำหนดตามทิศ (Fixed coordinate) ซึ่งจะพิจารณาตามสถานที่ตั้งของบริเวณที่จะคำนวณความเข้มข้นโดยคิดตามทิศทาง เหนือ-ใต้ และตะวันออก – ตะวันตก เมื่อเราใส่ค่าระยะทางเสร็จแล้วกดปุ่ม OK

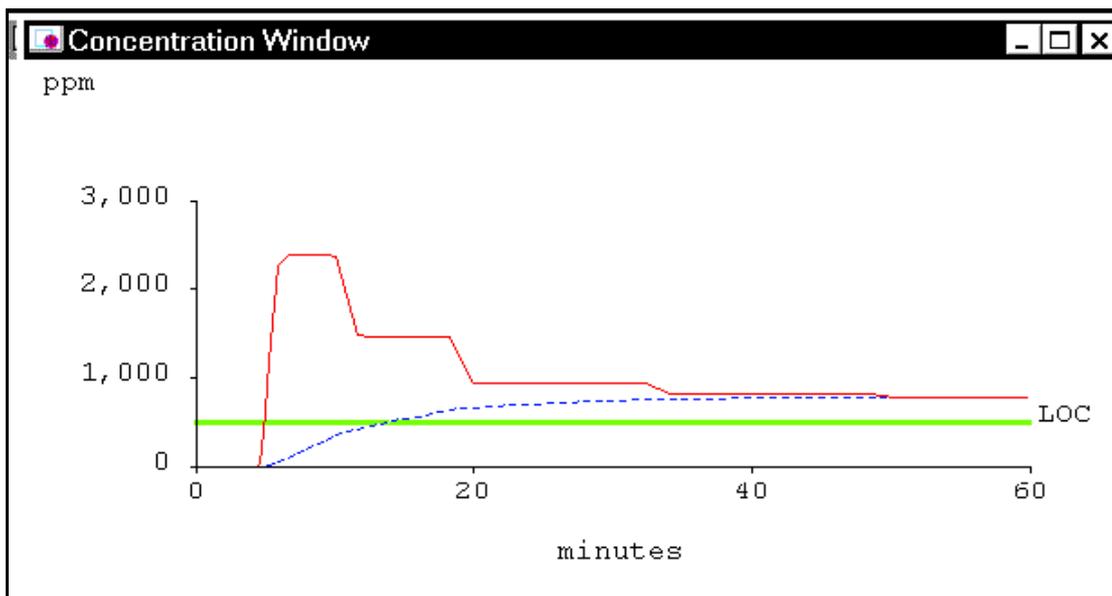
ภาพที่ 35 แสดงการหาความเข้มข้นของสารเคมี ณ จุดหนึ่งจุดใด

ALOHA จะแสดงความเข้มข้นของสารเคมีที่จุดนั้นให้ในรูปแบบของกราฟ

สามารถทำความเข้าใจเรื่องตำแหน่งได้ดีขึ้น ถ้าเราเข้าไปที่หน้าต่าง Footprint แล้ว Double Click ที่ภายใน Footprint ซึ่งจะทำให้เกิดหน้าต่างแสดงความเข้มข้นของสารเคมีที่จุดนั้นๆ

เช่นเดียวกันกับที่ได้จาก Menu Concentration และสิ่งที่ดีที่สุดก็คือเมื่อเรา Double Click ตรงนี้แล้วไปเปิด Menu Concentration เราก็จะได้ระยะทางไปปรากฏอยู่บนช่องสำหรับเติมระยะทางโดยอัตโนมัติ

ในการอ่านกราฟแสดง Concentration นี้ เราต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้ ดังแสดงในภาพที่ 36

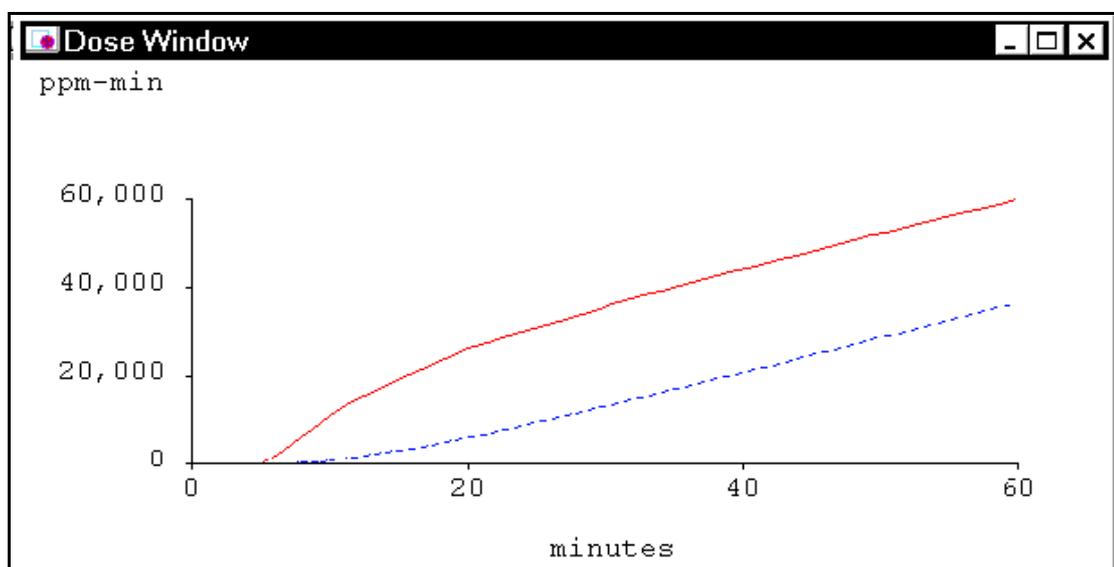


ภาพที่ 36 หน้าต่างแสดงความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศ

1. แกน X หรือแกนในแนวนอนจะแสดงระยะเวลาเป็นนาทีหลังเกิดการรั่วไหลของสารเคมี
2. แกน Y หรือแกนในแนวตั้งแสดงความเข้มข้นของสารเคมีในเวลาหนึ่งๆ
3. เส้นสีแดง แสดงความเข้มข้นของสารเคมีภายนอกตัวอาคาร
4. เส้นสีน้ำเงินแสดงความเข้มข้นของสารเคมีภายในตัวอาคาร
5. เส้นสีเขียวแสดงค่า LOC

จะพบว่าบางครั้งกราฟ ไม่ได้แสดงอย่างชัดเจนทั้งสามสี เช่นในกรณีที่มีความเข้มข้นของสารสูงเป็นแสน PPM ในขณะที่ LOC ต่ำไม่กี่ร้อย PPM ทำให้ค่า LOC ไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ (อาจเห็นเป็นเส้นเขียววางอยู่บนแกน X เท่านั้น)

Menu Display -> Dose แสดงปริมาณสารเคมีที่บุคคลในจุดหนึ่งๆ ได้รับ โดยที่จุดนั้นคือจุดเดียวกับบริเวณที่แสดง Concentration ทั้งนี้เพราะใน Menu Dose ไม่มีส่วนที่อนุญาตให้กำหนดตำแหน่ง ดังนั้นการใช้ Menu Dose จะต้องตามหลังการเปิดหน้าต่าง Concentration เสมอ ดังแสดงในภาพที่ 37



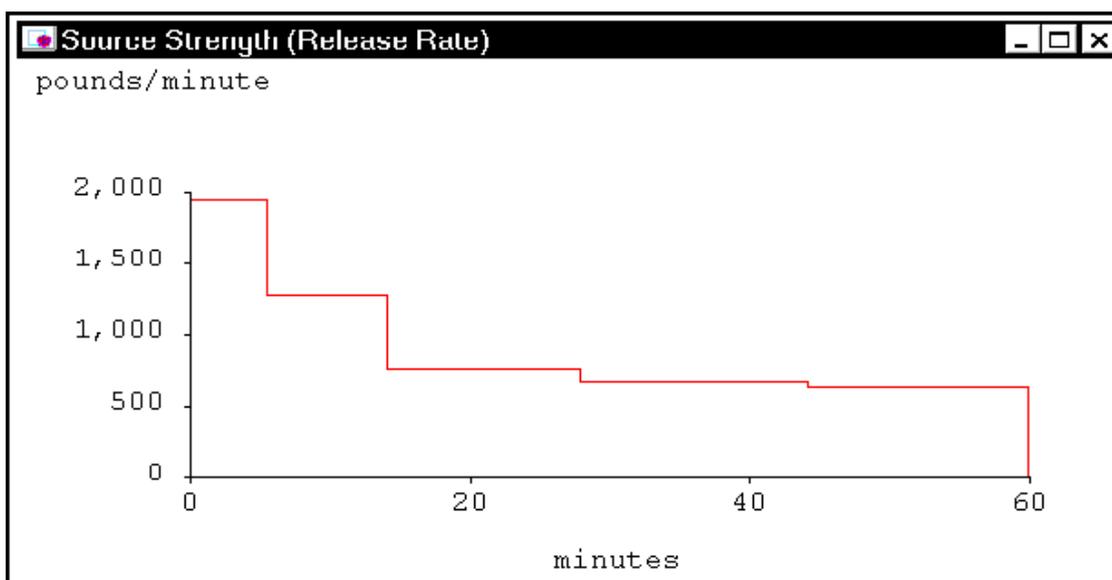
ภาพที่ 37 กราฟแสดง Dose ณ จุดที่วัดความเข้มข้น (Concentration)

กล่าวโดยสรุปวิธีเปิดหน้าต่าง Dose ก็คือเมื่อเปิดหน้าต่าง Concentration ขึ้นมาโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเช่นเลือกจาก Menu หรือ Double Click ใน Footprint แล้ว จาก Menu ให้ Click Display -> Dose ก็จะได้ Dose ณ จุดดังกล่าว

วิธีตีความ Graph Dose

1. แกน X คือเวลาเป็นนาทีหลังจากเกิดการรั่วไหลของสารเคมี
2. แกน Y คือ Dose เป็น PPM-min
3. เส้นสีแดงคือ Dose ที่บุคคลที่อยู่ภายนอกอาคารได้รับ
4. เส้นสีน้ำเงินคือ Dose ที่บุคคลที่อยู่ในอาคารได้รับ

Menu Display -> Source Strength แสดงอัตราการรั่วไหลของสารเคมี ตามระยะเวลาที่ผ่านไป ALOHA อาจคำนวณโดยแบ่งช่วงเวลาออกเป็นจำนวนมากถึง 150 ช่วง แต่เวลาแสดงบนกราฟมักจะจัดออกเป็น 5 Stepsใหญ่ๆ ซึ่ง ALOHA ใช้ในการคำนวณ Footprint ด้วย ค่าสูงสุดของการรั่วไหลที่เห็นบนกราฟคือ Maximum Averaged Release Rateดังแสดงในภาพที่ 38



ภาพที่ 38 อัตราการรั่วไหล (Source Strength)

การ Save ผลจากการทำงานของโปรแกรม

สามารถ Save ได้สองแบบคือ แบบ SPY และแบบ ALOHA

การ Save แบบ Spy เป็นการ Save แบบที่นำมาแสดงผลได้ใหม่และพิมพ์ได้ แต่เป็นข้อมูลที่ “ตาย” แล้วไม่สามารถแก้ไขได้ก่อน Save จะต้องเปิดหน้าต่างทุกหน้าต่างให้ครบ จึงจะได้ข้อมูลอย่างครบถ้วนแฟ้มที่ได้จากการ Save จะเป็นแฟ้มนามสกุล .spy

การ Save แบบ ALOHA เป็นการ Save ที่นำมาแสดงผลได้ใหม่ พิมพ์ได้ และแก้ไขหรือดู Concentration ที่จุดต่างๆ ได้ คล้ายกับตอนที่สร้างขึ้นในครั้งแรก แฟ้มที่ได้จากการ Save จะเป็นแฟ้มนามสกุล .alo

การเปิดแฟ้มที่ Save ไว้

การเปิดแฟ้ม .spy ต้องใช้โปรแกรม AlohaSpy โดยจากปุ่ม Start ของ Windows -> Programs -> Aloha -> AlohaSpy

เมื่อเข้าไปในโปรแกรม AlohaSpy แล้ว ให้เลือก Menu File -> Open Window Archive แล้วเลือกแฟ้มที่ Save ไว้

แฟ้มนี้แก้ไขไม่ได้ แต่พิมพ์ได้โดยใช้ Menu File -> Print

การเปิดแฟ้ม .alo สามารถเปิดได้โดยโปรแกรม ALOHA เอง แต่การเปิดมีสองแบบคือ

1. Response Mode
2. Planning Mode

Response Mode ใช้ในกรณีฉุกเฉิน เช่น สมมุติว่าเราเคยวางแผนเกี่ยวกับอุบัติเหตุจากก๊าซ Phosgene เอาไว้เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น เราก็เรียกแฟ้มที่ Save ไว้มาเปิดดู ซึ่งเราจะได้เฉพาะข้อมูลที่คงที่มาใช้ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับ SiteData เช่น เมือง สถานที่ที่สนใจ (เช่น โรงเรียนอนุบาล) ส่วนวันและเวลาที่ใช้จะเป็นเวลาใหม่ ซึ่งก็คือเวลาของเครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง

Planning Mode ใช้ในการวางแผน เวลาเราเปิดแฟ้มใน Mode นี้เราจะได้ข้อมูลทุกอย่างกับมาหมดและสามารถใช้งานได้คล้ายกับตอนก่อน Save แต่เวลาจะถูกถือคือ เป็นเวลาขณะที่โปรแกรมถูก Save เอาไว้ (เป็น Constant Time)

การใช้ ALOHA คู่กับ CAMEO

การทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมทั้งสองเกิดขึ้นได้ในสองกรณีคือการขอข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีเพิ่มเติมจาก CAMEO ALOHA มีข้อมูลเฉพาะทางด้านเคมีของสารนั้นๆเท่านั้น แต่ข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลทางด้านอันตรายต่อสุขภาพ ข้อมูลทางด้านการผจญเพลิง ข้อมูลความเสี่ยงต่อการติดไฟ ฯลฯ ALOHA ต้องขอความช่วยเหลือจากส่วนที่เป็น Module หนึ่งใน CAMEO คือส่วนที่เรียกว่า RIDS

ถ้าได้เลือกสารเคมีจาก Menu ของ ALOHA แล้ว เราสามารถดูข้อมูลใน RIDS ได้โดย จาก Menu Sharing ของ ALOHA -> CAMEO -> Get RIDS info หน้าต่างของ RIDS ก็จะเปิดออก แม้ว่า ในขณะนั้นเราจะยังไม่เปิดโปรแกรม CAMEO ก็ตาม (กรณีที่ยังไม่ได้เปิดโปรแกรม CAMEO โปรแกรม ALOHA ก็จะเปิดให้เลย)

การเลือกสารเคมีจาก CAMEO ไปสู่ ALOHA

ในระหว่างที่กำลังใช้ CAMEO อยู่ เช่นอยู่ใน เราสามารถ “ค้น” สารเคมีนั้นลงใน ALOHA เลย ตัวอย่างเช่นในขณะที่เราเปิด Module Chemical Information อยู่ในรูปแบบของตาราง (Browse) และเรากำลังดูสารที่ชื่อว่า “Acrolein” อยู่เราสามารถ Click ที่ Menu Sharing -> ALOHA -> Select this Chemical in ALOHA สาร Acrolein จะถูกใส่ลงใน ALOHA เลย

ทำไมจึงต้องไปที่ CAMEO ก่อน

1. อาจเป็นเพราะใน CAMEO เราสามารถค้นหาสารเคมีได้ง่ายกว่า เช่นสามารถใช้คำสั่ง Find (CTRL+F) หรือ Quick Chemical ได้
2. อาจเพราะจาก CAMEO เราสามารถค้นหาได้โดยตรงว่าในโรงงานนั้นๆ มีสารเคมีใดที่จะรั่วไหลได้
3. ใน CAMEO สามารถค้นหาสารเคมีจากสิ่งอื่นๆ ได้ เช่นค้นหาจาก UN Number เป็นต้น ตัวอย่างของเหตุการณ์เช่นนี้เช่นในกรณีที่อุบัติเหตุที่นั่นเกิดจากรถบรรทุกและมองเห็นเฉพาะ UN Number เป็นต้น

การเชื่อมโยงกับ MARPLOT

ALOHA สามารถเชื่อมโยงกับ MARPLOT ได้ ซึ่งรายละเอียดจะอ่านได้ในส่วนของ MARPLOT

ALOHA ได้ถูกพัฒนาจากหลาย มิติซึ่งประกอบด้วย มิติด้านพิษวิทยา (Toxicology), มิติด้านการแพร่กระจายของสารเคมี (Chemical Dispersion), มิติด้านวิศวกรรมศาสตร์ และมิติด้าน

กฎหมาย และค่ามาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อประกอบรวมเป็นเกณฑ์การระบุขอบเขตผลกระทบความสำคัญของ โปรแกรมนี้ คือ การประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินระดับความเป็นอันตราย และวิธีคิดรูปแบบการกระจายตัวเพื่อทราบถึงขอบเขต และระดับความรุนแรงของเหตุฉุกเฉิน รวมทั้งสามารถ กำกับวิธีการจัดการเมื่อเกิดเหตุอย่างมีประสิทธิภาพ

ALOHA เป็นโปรแกรมการวิเคราะห์ถึงขอบเขตที่ได้รับผลกระทบ รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นของสารในเวลาต่างๆ ที่เกิดการรั่วไหล โดยมีข้อจำกัดคือโปรแกรมไม่สามารถประเมินผลจากการระเบิด, ปฏิกริยาต่อเนื่องจากเพลิงไหม้, ปฏิกริยาที่เกิดจากการรวมตัวของสารเคมีหลังจากการรั่วไหล และสารเคมีที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลที่มีอยู่ได้ ความน่าเชื่อถือของบริเวณที่ได้รับผลกระทบขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลสภาพอากาศหรือสภาพแวดล้อมภายนอก

เนื่องจากข้อจำกัดในการศึกษาผลกระทบจากการระเบิด และปฏิกริยาต่อเนื่องจากการลุกไหม้ของโปรแกรม ALOHA งานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาสารที่ได้จากการลุกไหม้ของสารไนโตรเซลลูโลสซึ่งเป็นควันพิษในลักษณะของการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ และนำโปรแกรม ALOHA มาประยุกต์ใช้กับสารที่ได้จากการเผาไหม้ดังกล่าว เพื่อใช้ทำนายลักษณะการกระจายตัวขอบเขต ตลอดจนความเข้มข้นของควันพิษในระยะต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อดูความสอดคล้องของข้อมูลและความมีนัยในการประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA ในการประเมิน ผลกระทบดังกล่าว

วิธีการคำนวณ

ขั้นตอนการออกแบบระบบระบายอากาศบริเวณ Lerh ของเครื่องจักรทั้งสองข้างเพื่อดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากพื้นที่ทำงาน

แบ่งระบบระบายอากาศออกเป็น 12 ช่วง 1-a, 2-b, 3-b, b-c, 4-d, 5-d, d-e, 6-e, e-c, c-g, g-h, h-i การหาค่าความสูญเสียความดันจะกระทำเป็นช่วงต่อเนื่องกันไปโดยเริ่มจากช่วง 1-a เป็นลำดับแรก

การหาค่าความดันช่วง

$$4 - d, 5 - d, d - e, 6 - e$$

ค่าการคำนวณจะมีค่าดังนี้ คือ

$$4 - d = 1 - a$$

$$5 - d = 2 - a$$

$$d - e = b - c$$

$$b - e = 3 - b$$

กำหนดวัสดุที่ใช้ทำท่อและความหนาของท่อแต่ละช่วง โดยคุณลักษณะทางกายภาพของท่อต้องทนต่อการกัดกร่อนจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1. เลือกชนิดและออกแบบหัวคูให้เหมาะสมกับการใช้งานพร้อมหาอัตราการไหลความเร็วต่ำสุดของอากาศที่ต้องการและแฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า

2. พิจารณาหาพื้นที่หน้าตัดท่อโดยอัตราการไหลที่ต้องการให้หัวคูต้องการด้วยความเร็วต่ำสุดของอากาศคำนวณค่าการสูญเสียความดันทุกกรณีที่เกิดขึ้น

ระบบที่ใช้จะเลือกระบบระบายอากาศเฉพาะจุดเนื่องจาก

1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกฉีดเคลือบผิวกระจก ถ้าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณมาก

2. ระยะห่างระหว่างพื้นที่แหล่งกำเนิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีไม่มาก (พื้นที่จำกัด)

3. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีลักษณะเป็นพิษโดยมาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดให้ในพื้นที่ทำงานมีปริมาณไม่เกิน 5 ppm

4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนมากในบริเวณทำงาน

อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ

การประเมินอัตราการไหลหรือปริมาณของอากาศที่ต้องการเพื่อคัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่ระบบโดยตัวแปรหลักที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดก็คือความเร็วจับยึดและความเร็วด้านหน้า

วิธีการหาอัตราการไหลที่ต้องการสำหรับหัวดูดภายนอก โดยค่าของความเร็วจับยึดที่ใช้เป็นแนวทาง

ในการออกแบบหัวดูดสามารถพิจารณาจากตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเร็วจับยึดที่จำแนกตามลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน

ลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน	ความเร็วจับยึด, fpm	ตัวอย่าง
แพร่กระจายโดยธรรมชาติสู่อากาศภายนอกที่อยู่นิ่ง	50-100 (0.25 – 0.5 m/s)	การระเหยของไอจากตัวชุบ
แพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำสู่อากาศภายนอกที่เคลื่อนที่เล็กน้อย	100-200 (0.5 – 1.0 m/s)	การเติมวัสดุเป็นช่วง การขนถ่ายวัสดุที่ความเร็วต่ำ การเชื่อมการชุบโลหะ
*แพร่กระจายด้วยการกระตุ่นให้เข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	200-500 (1.0 – 2.5 m/s)	การพ่นสีในคอกกั้น การพ่นวัสดุออก การไม่
แพร่กระจายด้วยความเร็วเริ่มต้นสูงเข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก	500-2002 (2.5 – 10 m/s)	การบด การตกของวัตถุจากที่สูงกระทบวัตถุแข็ง

ที่มา: ฉัตรชัย (ม.ป.ป.)

กรณีการออกแบบการระบายอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดที่ใช้สำหรับดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือความเร็วจับยึดจะใช้ค่า 500 fpm (2.5 m/s) เนื่องจากเป็นการแพร่กระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใส่แผ่นกระจก

ชนิดของหัวดูดจะเลือกชนิดช่องแคบ (slot) เนื่องจากสะดวกต่อการติดตั้งในพื้นที่และมีอัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาว (W/L) ประมาณ 0.2

กำหนดให้หัวดูดภายนอกมีหน้าแปลนตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 5 นิ้ว x 25 นิ้ว และติดตั้งห่างจากจุดที่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แพร่กระจายเป็นระยะ 12 นิ้ว

จะพบว่าอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ (Q) สำหรับหัวดูดสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 3.7 L V X \quad (5)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าหัวดูด, cfm
 V = ความเร็วของอากาศ (ความเร็วจับยึด) ในแนวศูนย์กลางที่ระยะห่าง X จากด้านหน้าหัวดูด, fpm จากตารางที่ 6 เลือกค่า 500 fpm ที่เหมาะสม
 A = พื้นที่หน้าตัดช่วงเปิดของหัวดูด, ft²
 L = ความยาวของหัวดูด 25 นิ้ว = 0.833 ฟุต
 จะได้อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการดังนี้
 Q = 3.7 [0.83 (ft) x 500 (fpm) x 1 (ft)]
 = 6,142 cfm

จุดที่ติดตั้งทั้งหมด 6 จุด เนื่องจากเป็นจุดที่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วออกมา

ตารางที่ 6 ความหนาของท่อมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ	ความหนา (US Standard Gauge)			
	Class I	Class II	Class III	Class IV
8 in และน้อยกว่า	24	22	20	16
มากกว่า 8 – 18 in	22	20	18	16
มากกว่า 18 – 30 in	20	18	16	14
มากกว่า 30 in	18	16	14	12

ที่มา: ฉัตรชัย (ม.ป.ป.)

การแบ่งกลุ่ม (Class) ของท่อตามตารางที่ 6 จะพิจารณาจากคุณลักษณะและความเข้มข้นของสารปนเปื้อนรวมถึงลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ โดยรายละเอียดของท่อในแต่ละกลุ่มมีดังนี้

กลุ่มที่ 1 (Class I) : งานที่ไม่มีการขัดสี (abrasive) ของสารปนเปื้อน เช่น การพ่นสี อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา รักษาโรค

กลุ่มที่ 2 (Class II) : สารปนเปื้อนที่มีความสามารถในการขัดสีปานกลางหรือที่มีความสามารถในการขัดสีสูงแต่มีความเข้มข้นต่ำ เช่น การเจียรไนหรือการขัดผิว

กลุ่มที่ 3 (Class III) : สารปนเปื้อนที่มีความสามารถในการขัดสีสูงและความเข้มข้นปานกลางถึงมาก เช่น การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยการพ่นทราย การ โม่หิน งานหล่อโลหะและการขนถ่ายวัสดุที่เป็นพิษ

กลุ่มที่ 4 (Class IV) : สารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นมาก มีอัตราการผลิตสูงและต่อเนื่อง

ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (Minimum duct velocity, V_d)

ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (Minimum duct velocity, V_d) หรือความเร็วต่ำสุดในการขนถ่าย (Minimum transport velocity) จะมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบท่อเป็นอย่างมาก เนื่องจากการใช้ความเร็วของอากาศในท่อมักเกินไปก็จะทำให้อัตราการไหลของอากาศมีค่าเพิ่ม

สูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งอาจส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสึกหรอของระบบท่ออันเนื่องมาจากการเสียดสีของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ระบบระบายอากาศ

ความเร็วจับยึดที่จำแนกตามลักษณะการแพร่กระจายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การสูญเสียความดันที่เข้าหัวดูด แบบชนิดกรวย (cone) หน้าตัดสี่เหลี่ยมค่าแฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_p) มีค่าเท่ากับ 0.17

จากคู่มือการออกแบบระบบระบายอากาศในอุตสาหกรรมของ ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienists) ลักษณะงานหัวดูดแบบฝาคอปก (Canopy hood) สำหรับสารปนเปื้อนที่เป็นก๊าซ

กรณีมีผนังกัน 4 ด้าน:

เมื่อ P = ความยาวเส้นของแหล่งกำเนิด, ft
 W = ความกว้างด้านหน้าหัวดูด, ft
 L = ความยาวด้านหน้าหัวดูด, ft

การคำนวณตามมาตรฐาน ACGIH

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดช่องเปิดของหัวดูด, ft²
 Q = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าหัวดูด, cfm
 V = ความเร็วของอากาศ (ความเร็วจับ) ในแนวศูนย์กลางที่ระยะ X จากด้านหน้าหัวดูด, fpm (500 fpm)
 X = ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากหน้าหัวดูดถึงจุดที่ต้องการถึงการปนเปื้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าหัวดูด, ft
 D = ขนาดท่อที่ใช้สำหรับหัวดูด

1. จำนวนอัตราการไหลในท่ออากาศ (Q) จะแสดงในตารางผนวกที่ ค3 ตามมาตรฐาน ACGIH ได้โดยใช้สมการ (5)

2. จำนวนหาขนาดท่อโดยใช้ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

$$\text{ตั้งสมการ } A = Q/V \quad (6)$$

$$D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}}$$

3. จำนวนหาความเร็วที่แท้จริงของอากาศในท่อ (actual duct velocity): V_d

$$V_d = (Q / A) \quad (7)$$

4. จำนวนหาความดันจลน์ของอากาศในท่อ (duct velocity pressure): VP_d

$$VP_d = (V_d / 4,005)^2 \quad (8)$$

5. จำนวนหาพื้นที่หน้าตัดของช่องแคบที่อากาศไหลผ่าน (slot area)

= ความกว้างของช่องแคบ x ความยาวของช่องแคบ

6. จำนวนหาความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ(slot velocity) : V_s

$$V_s = (Q / \text{slot area}) \quad (9)$$

7. จำนวนหาความดันจลน์ของอากาศที่ผ่านช่องแคบ(slot velocity pressure): VP_s
ตามมาตรฐาน ACGIH

8. จำนวนหาแฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลเข้าช่องแคบ(slot loss factor): h_{ed}

16. คำนวณหาความดันสถิตย์ของหัวดูด (hood static pressure): $SP_h =$ ค่าความสูญเสียความดันทั้งหมดที่เกิดกับหัวดูด

$$SP_h = h_{ed} + VP_d \quad (12)$$

17. คำนวณหาความยาวของท่อ (straight duct length): L ดูจากการออกแบบกำหนด 25 ft

18. คำนวณหาแฟกเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านท่อตรง (friction factor) : H_f ตามตารางที่ 5 วัสดุที่เป็นอลูมิเนียม

$$H_f = (aV^b) / (Q^c) \quad (13)$$

19. คำนวณหาการสูญเสียความดันของท่อตรงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (friction loss per VP_d) = ความยาวของท่อ x แฟกเตอร์ความเสียดทาน

20. จำนวนของท่อเลี้ยว 90 องศา ที่ติดตั้งใน (No. of elbows)

21. คำนวณหาการสูญเสียความดันของท่อเลี้ยวต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (elbows loss per VP_d) จากตารางที่ 7 การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม ท่อเลี้ยว 90 องศา (R = 2D) จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียความดันต่อท่อเลี้ยว 1 ตัว $F = 1.13$ ช่วงต่อ 1 - a มีท่อเลี้ยว 2 ตัว

$$\text{แฟกเตอร์การสูญเสียต่อความดันจลน์} = 2F \quad (14)$$

22. คำนวณหา การสูญเสียความดันของท่อต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (duct loss per VP_d) = การสูญเสียความดันของท่อตรงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ+ การสูญเสียความดันของท่อเลี้ยวต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ

23. คำนวณหาการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านในท่อ (duct loss) = การสูญเสียความดันของท่อต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ x ความดันจลน์ของอากาศในท่อ

24. คำนวณหาค่าการสูญเสียความดันสถิตย์ทั้งหมดในท่อ (duct SP loss) = ความดันสถิตย์ของหัวคูด + การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อ + ค่าความสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์อื่นๆ

25. คำนวณหาค่าการสูญเสียความดันสถิตย์สะสมของระบบท่อ (cumulative static pressure) = ผลรวมค่าการสูญเสียความดันสถิตย์ทั้งหมด ความดันดังกล่าวจะมีค่าเป็นลบเนื่องจากเป็นค่านดูด

26. คำนวณหาจุดเชื่อมต่อ a

การพิจารณาจุดเชื่อมต่อ a จะหาว่า ความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง 1-a มีค่าน้อยกว่าความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง 2 - a สามารถตรวจสอบอัตราส่วนความดันสถิตย์ของอากาศในท่อทั้งสอง โดยใช้สูตร

$$SP_{\text{larger}} / SP_{\text{Smaller}} \quad (15)$$

ในกรณีที่ $SP_{\text{larger}} / SP_{\text{Smaller}}$ มีค่าน้อยกว่า 1.05 ระยะเวลาจะปรับความสมดุลเองโดยไม่จำเป็นต้องทำสมดุลความดันเพราะถือว่าอยู่ในภาวะสมดุล

27. คำนวณหา จุดเชื่อมต่อ ช่วง a - b

อัตราการไหลของอากาศ = ผลรวมระหว่างอากาศในช่วง 1 -a และ 2 - a จะเลือกใช้ท่อที่มีขนาดเท่าใด คำนวณจากสูตร $A = Q/V$

$$\text{จากสูตร } A = \pi D^2 / 4$$

$$D = \sqrt{\frac{(4.09)}{3.14}}$$

$$VPr = (Q_{1-a} / Q_{a-b}) VP_{1-a} + (Q_{2-a} / Q_{a-b}) VP_{2-a} \quad (16)$$

แสดงว่า อากาศในท่อช่วง a-b ถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นเนื่องจาก $VP_{a-b} - VPr$

ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.1 in.wg. ต้องปรับแก้ค่าความดันสถิตย์ที่ท่อ หลักโดยใช้สมการ

$$SP_{a-b} = SP_{1-a} - (VP_{a-b} - VPr) \quad (17)$$

28. คำนวณหาจุดเชื่อมต่อ b

จากสมการ จะเห็นได้ว่า $SP_{larger} = SP_{a-b} / SP_{3-b}$

เนื่องจาก $SP_{larger} / SP_{smaller}$

$$\begin{aligned} Hf_{b-c} &= a (Vd_{b-c})^b / (Q_{b-c}) && \text{โดยใช้สูตรดังนี้} \\ Q_{correct} &= Q_{design} \sqrt{\frac{SP_{larger}}{SP_{smaller}}} && = Q_{design} \sqrt{\frac{SP_{a-b}}{SP_{3-b}}} \end{aligned} \quad (18)$$

เมื่อ $Q_{correct}$ = อัตราการไหลที่ปรับแก้ของอากาศซึ่งไหลผ่านท่อแยกที่มีค่าความดันทานน้อยกว่าค่าใหม่, cfm

เมื่อ Q_{design} = อัตราการไหลของอากาศในท่อแยกที่มีความดันทานน้อยกว่าค่าเดิมก่อนปรับแก้ cfm

29. คำนวณหาช่วง b-c

$$VPr = (Q_{a-b} / Q_{b-c}) VP_{a-b} + (Q_{3-b} / Q_{b-c}) VP_{3-b} \quad (19)$$

จะเห็นว่า $VP_{a-b} > VPr$ (เนื่องจาก $VP_{b-c} = 2.86$ in.wg.) แสดงว่า อากาศที่ท่อหลักจะถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนของ

$$SP_{b-c} = SP_{3-b} - (VP_{b-c} - VPr) \quad (20)$$

30. คำนวณหาจุดเชื่อมต่อ e – c

$$\text{อัตราการไหลของอากาศ} = \text{ผลรวมระหว่างช่วง } d - e + 6 - e$$

31. คำนวณหาจุดเชื่อมต่อ c – g

คำนวณหาขนาดของท่อและค่าการสูญเสียความดันโดยใช้อัตราการไหลของอากาศซึ่งเป็นผลรวมระหว่างอากาศในช่วง b – c และ e – f

32. คำนวณหาขนาดของพัดลมที่ใช้

ความดันสถิตย์ของพัดลมหาได้จากสูตร

$$FSP = SP_{\text{out let}} - SP_{\text{in let}} - VSP_{\text{out let}} \quad (21)$$

เมื่อ FSP คือ ความดันสถิตย์ของพัดลม
 $SP_{\text{out let}}$ คือ ความดันสถิตย์ของอากาศที่ทางออกของพัดลม
 $SP_{\text{in let}}$ คือ ความดันสถิตย์ของอากาศที่เข้าของพัดลม
 $VSP_{\text{out let}}$ คือ ความดันจลน์ของอากาศที่ออกของพัดลม

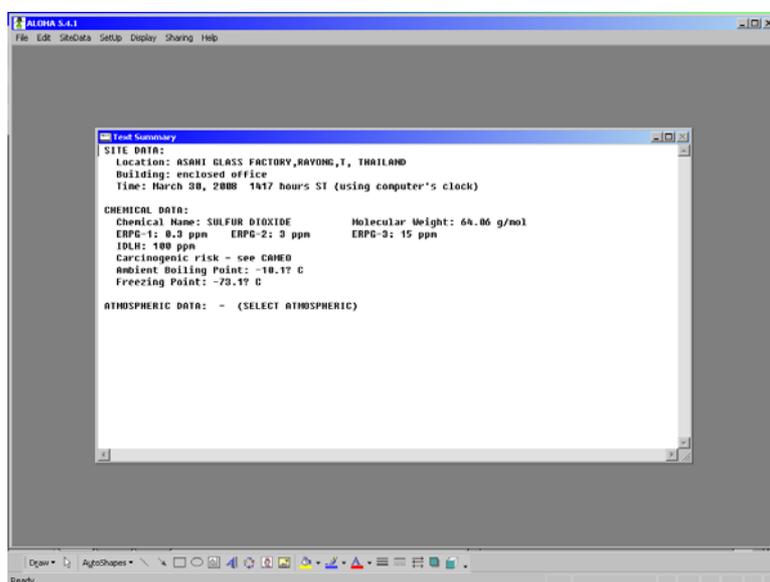
ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการประเมินการรั่วไหลโดยใช้โปรแกรม ALOHA

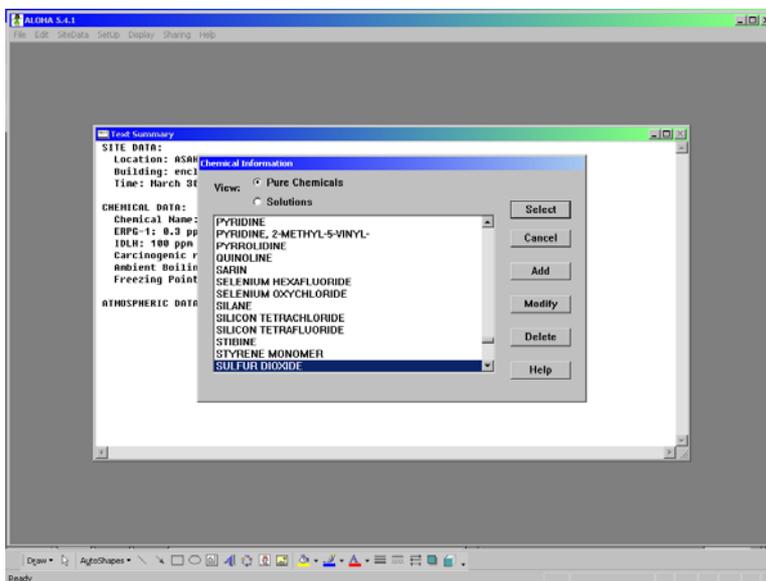
โปรแกรม ALOHA ได้นำมาใช้ในการทำนายการกระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และระดับความเข้มข้นที่จะเกิดขึ้น

1. การประเมินทิศทางความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตกระจกและแผ่นกระจกนิรภัยรั่วไหลโดยเริ่มต้นเปิดโปรแกรม
2. กำหนดที่ตั้งของโรงงานและลักษณะอาคาร ในการศึกษาเลือกบริษัท กระจกไทย-อาซาฮี จำกัด (มหาชน) โรงงานระยองลักษณะเป็นอาคารปิดและใส่พิกัดที่ตั้งเพื่อคำนวณความหนาแน่นของอากาศ ความสูงของพื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 39

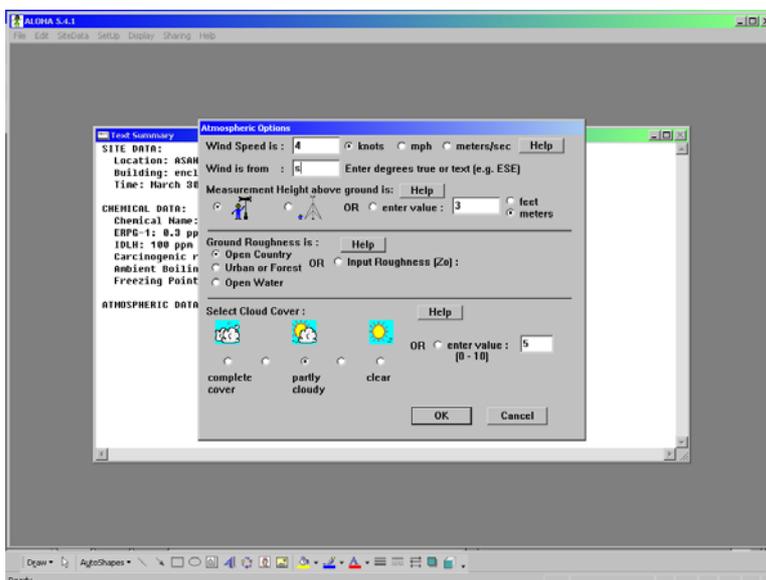


ภาพที่ 39 แสดงที่ตั้งของโรงงานและลักษณะอาคาร ในการศึกษาเลือกบริษัท กระจกไทย

3. กำหนดสารเคมีที่ต้องการศึกษาคือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยโปรแกรมจะแสดงค่ารายละเอียดของสารเคมี น้ำหนักโมเลกุล 64.08 g/mol, IDLH = 100 ppm, จุดเดือด = -10.10°C , จุดเยือกแข็ง = -73.1°C ดังภาพที่ 40

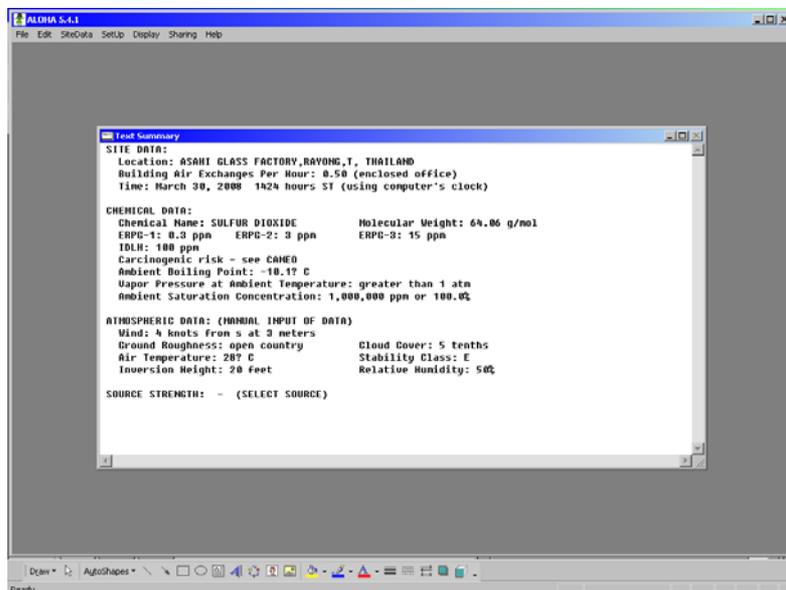


ภาพที่ 40 แสดงการกำหนดสารเคมีที่ต้องการศึกษาคือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



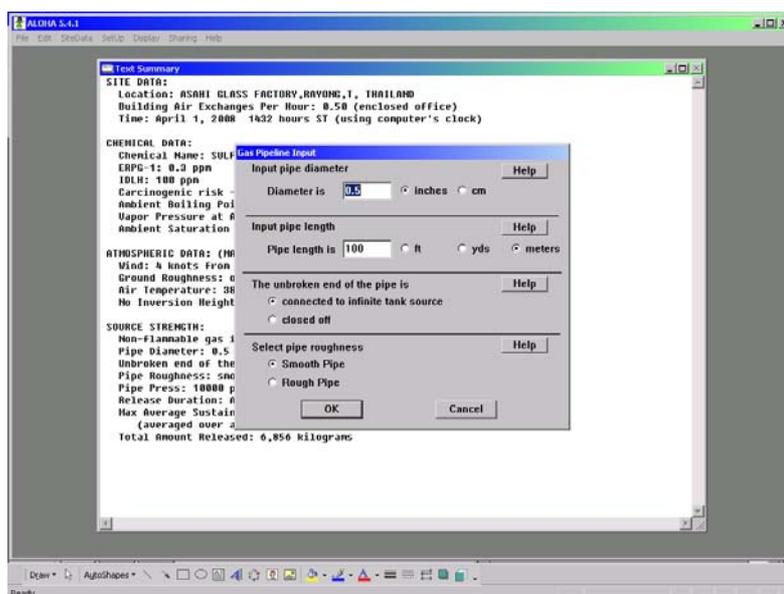
ภาพที่ 41 แสดงการตั้งค่าความเร็วลม

4. ตั้งค่าความเร็วลมที่ 4 Knots (เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาตามกรมอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ จ.ระยอง) ลมพัดมาจากทางทิศใต้ในช่วงเวลาที่ทำการประเมินดังแสดงในภาพที่ 41



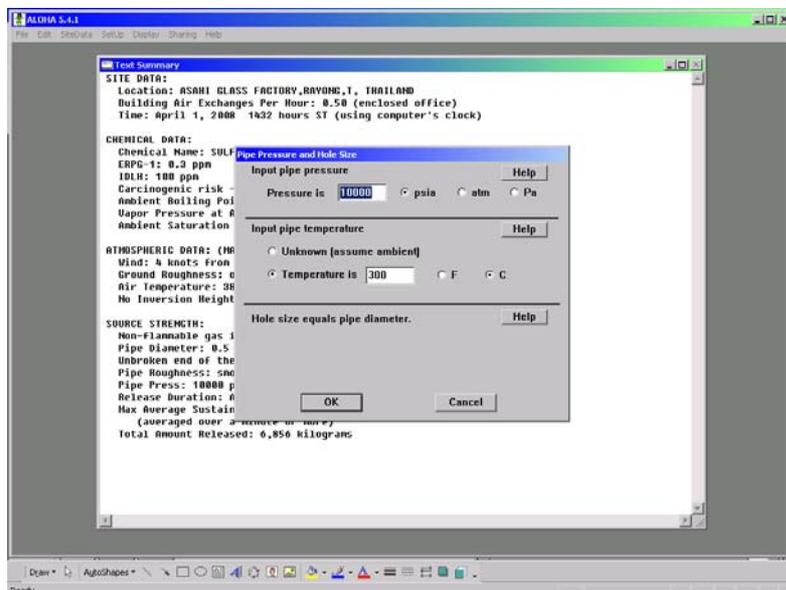
ภาพที่ 42 แสดงค่าที่กำหนดในการตั้งค่า

5. อุณหภูมิของอากาศที่ 28 องศาเซลเซียสในวันที่ทำการประเมินดังแสดงในภาพที่ 42



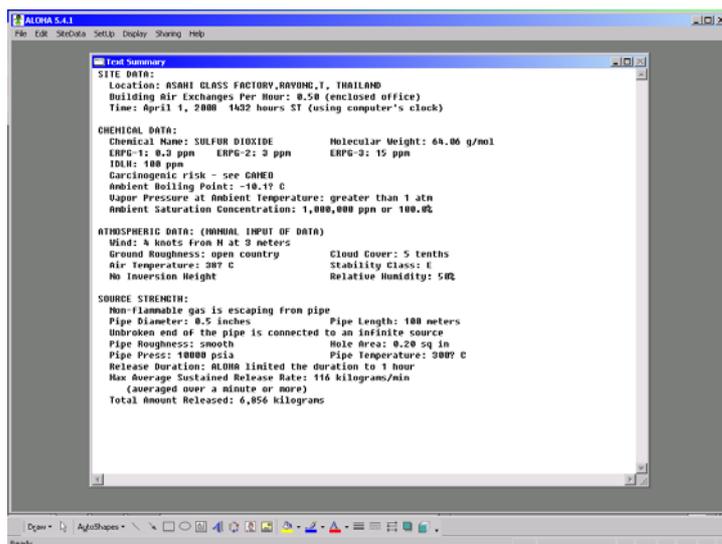
ภาพที่ 43 แสดงหน้าต่างเลือกค่าแหล่งกำเนิดรั่วไหล

6. เลือกแหล่งรั่วไหลของท่อ ขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ความยาวทั้งเส้นของท่อ 100 เมตร ซึ่งเป็นท่อที่ต่อจากถังก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังแสดงในภาพที่ 43

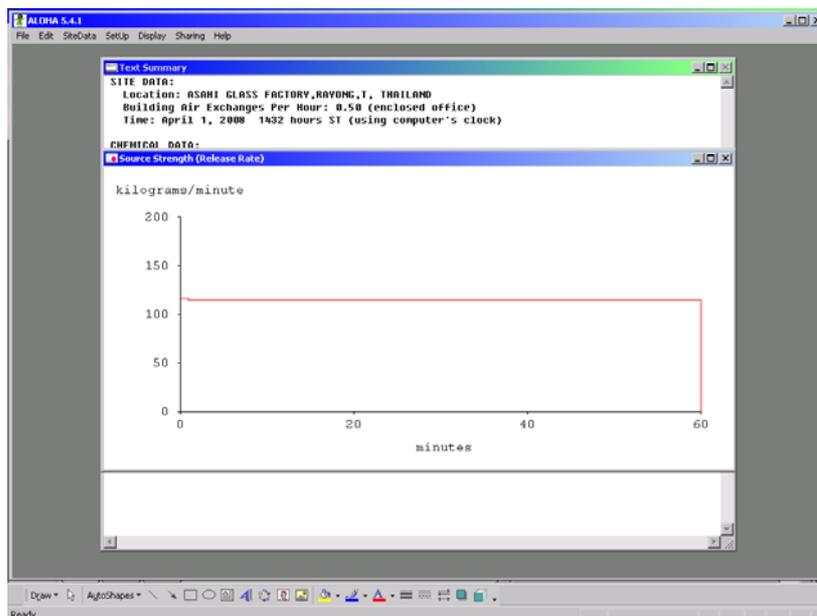


ภาพที่ 44 แสดงหน้าต่างเลือกค่าความดันในท่อ

7. กำหนดความดันท่อ 10,000 psia อุณหภูมิในท่อ 300 องศาเซลเซียสในอุณหภูมิทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 44 และแสดงสรุปค่าดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 แสดงค่าที่กำหนดในโปรแกรม



ภาพที่ 46 แสดงลักษณะการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

8. โปรแกรมแสดงอัตราการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามระยะเวลาจาก 0 นาทีถึง 60 นาที โดยมีการรั่วไหลประมาณ 110 kilograms/minute อย่างต่อเนื่องจนถึง 60 นาที จึงจะหยุดการรั่วไหล การรั่วไหลรวมทั้งหมด 6,856 กิโลกรัมดังแสดงในภาพที่ 46

9. จากการทดลองรันโปรแกรมพบว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่มีการรั่วไหลออกจากกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ระดับความเข้มข้นดังนี้

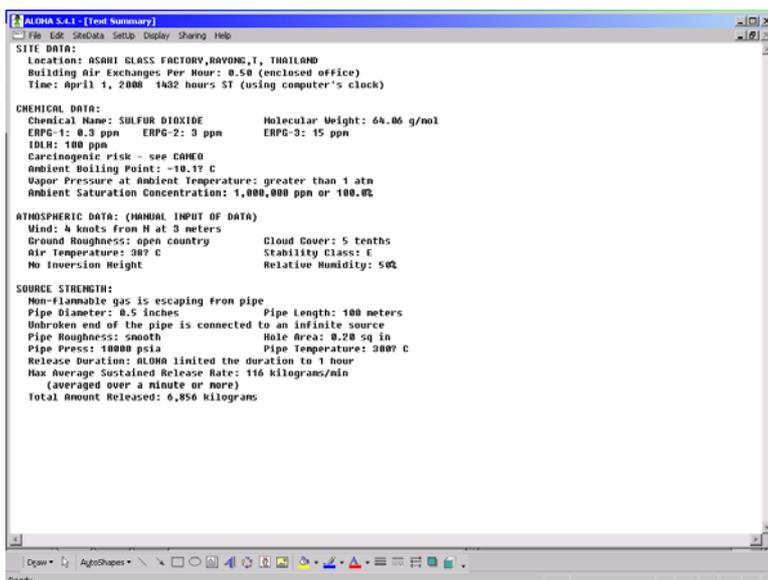
- 9.1 ERPG-3 (สีแดงที่รัศมี) 130 เมตร ใกล้เคียง 2.71 กิโลเมตร
- 9.2 ERPG-2 (สีแสดที่รัศมี) 260 เมตร ใกล้เคียง 6.68 กิโลเมตร
- 9.3 ERPG-1 (สีแสดที่รัศมี) 290 เมตร ใกล้เคียง 10.00 กิโลเมตร

ระยะประมาณจากจุดรั่วไหล 0 - 2 กิโลเมตรจะมีความเข้มข้นของสารเคมีประมาณ 15 ppm

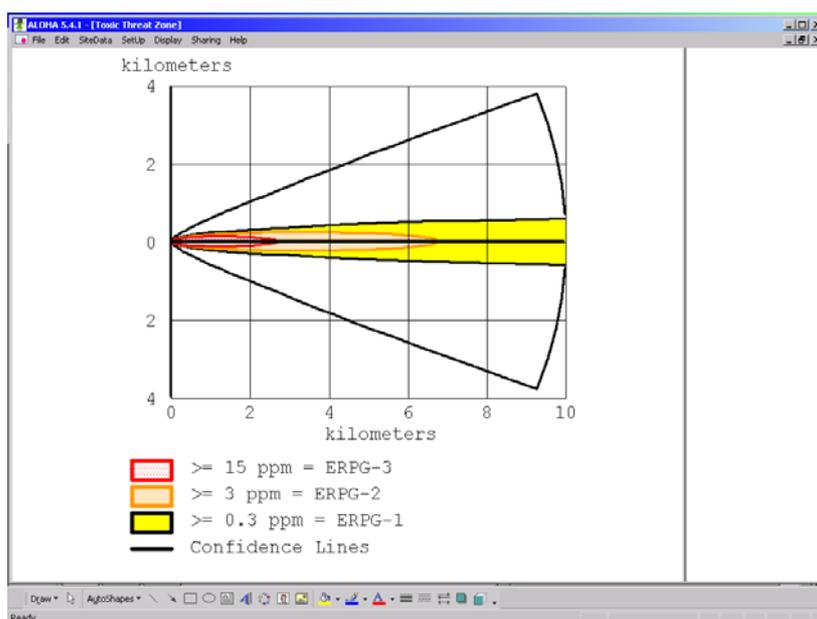
ระยะประมาณจากจุด 2 กิโลเมตรถึง 6 กิโลเมตร จะมีความเข้มข้นของสารเคมีประมาณ

3 ppm

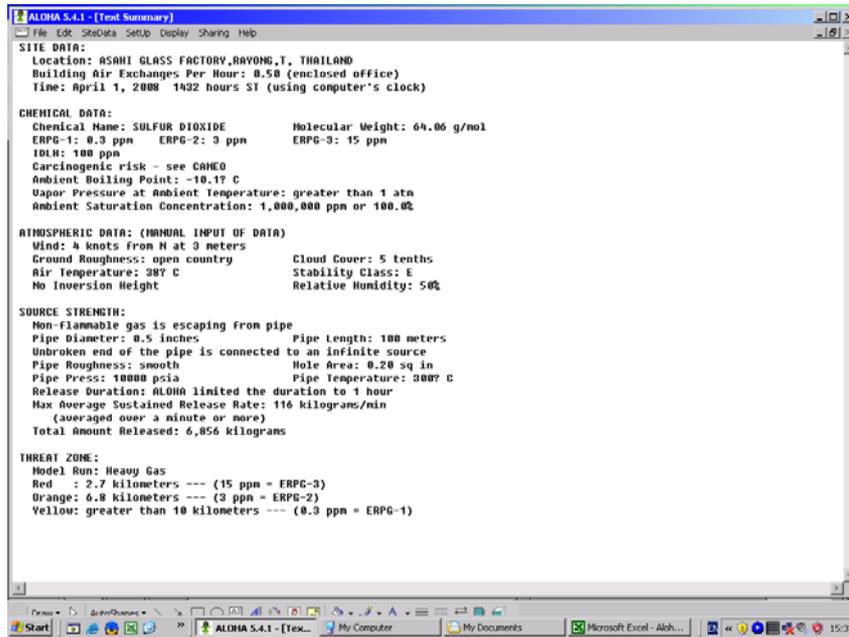
ระยะประมาณจากจุดรั่วไหล 6 กิโลเมตร ถึง 10 กิโลเมตร จะมีความเข้มข้นของสารเคมี ประมาณ 0.03 ppm และมีทิศทางการแพร่กระจายออกด้านหน้าของพื้นที่ทำงานดังแสดงในรูปที่ 47, 48, 49 และ 50 จะพบว่ามีพื้นที่ปลอดภัยจากการแพร่กระจายของก๊าซคือบริเวณจุดพลที่ 1 (ด้านหน้าโรงงาน) และบริเวณจุดพลที่ 2 (ด้านหลังโรงงาน) ดังแสดงในรูปที่ 50



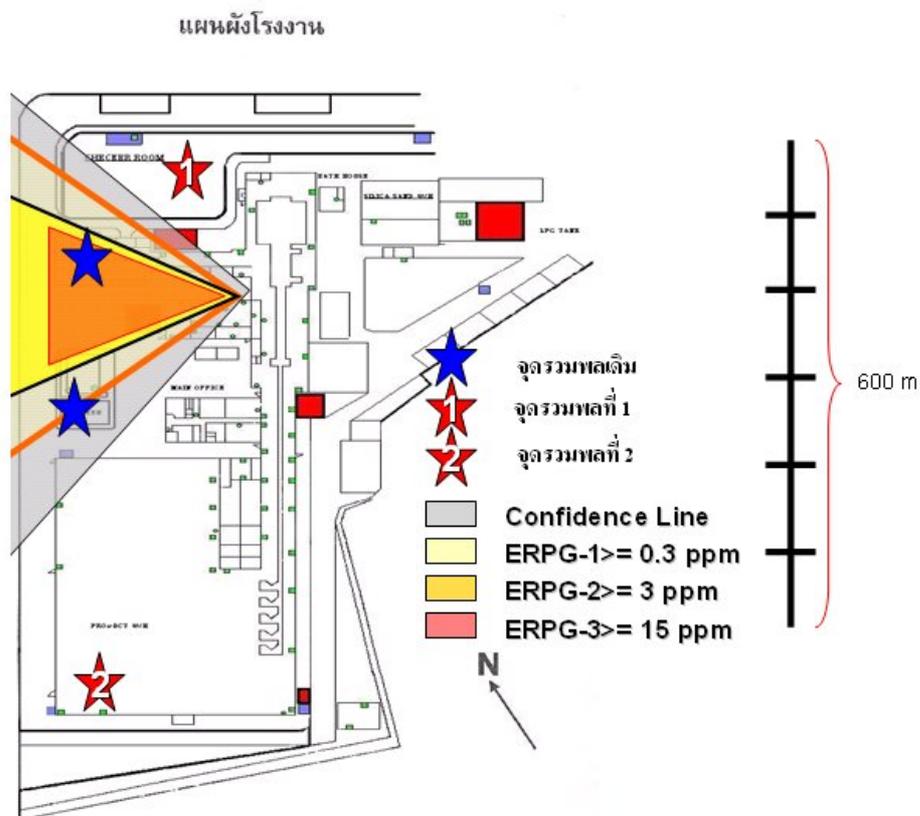
ภาพที่ 47 แสดงค่าที่ป้อนในโปรแกรมและมีการประมวลผลการรั่วไหลของสารเคมี



ภาพที่ 48 แสดงทิศทางและระดับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วไหล



ภาพที่ 49 แสดงค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



ภาพที่ 50 พื้นที่จุดรวมพลที่ปลอดภัย

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตรวจวัดในพื้นที่ทำงานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7 โดยจุดตรวจวัดที่ 1 – 5 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 24

ตารางที่ 7 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้ในพื้นที่ทำงาน

จุดที่ตรวจ	ความเข้มข้นที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (PPM)	มาตรฐานกฎหมาย
1	10	5 PPM
2	8	5 PPM
3	12	5 PPM
4	16	5 PPM
5	11.4	5 PPM

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้ในพื้นที่ทำงานมีค่าเกินกว่ากฎหมายกำหนดซึ่งมีผลกระทบต่อพนักงานที่ทำงานในบริเวณพื้นที่ทำงานและมีความสอดคล้องกับค่าที่โปรแกรมออลฮา (ALOHA) ประเมินออกมา

ผลการออกแบบและคำนวณ

ชนิดของหัวดูด

ในพื้นที่บริเวณที่มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วไหลพิจารณาใช้หัวดูดภายนอก (External hood) จะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดที่เกิดการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดึงให้เข้าสู่หัวดูดโดยอาศัยความเร็วของอากาศซึ่งไหลผ่านหัวดูดในปริมาณที่เหมาะสม

ลักษณะการแพร่กระจาย

ด้วยการถูกกระตุ้นให้เข้าสู่อากาศด้วยความเร็วสูงกรณีการออกแบบการระบายอากาศของ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดที่ใช้สำหรับดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือความเร็วจับยึดจะใช้ค่า 500 fpm (2.5 m/s) เนื่องจากเป็นการแพร่กระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใส่แผ่นกระจก

ชนิดของหัวดูดจะเลือกชนิดช่องแคบ (slot) เนื่องจากสะดวกต่อการติดตั้งในพื้นที่และมี อัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาว (W/L) ประมาณ 0.2

ความเร็วจับยึด, fpm ตามตารางที่ 8

$$\text{ความเร็วจับยึด} = 500 \text{ (2.5 m/s)}$$

ท่อที่ใช้ในระบบระบายอากาศ

ท่อที่ใช้ในระบบระบายอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงงานผลิตกระจกจะใช้ ท่อหน้าตัดวงกลม (round duct) ทำจากพีวีซี (PVC) เพื่อป้องกันการผุกร่อนเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่ใช้ จะเลือกขนาด 10 นิ้ว ความหนา 16 มิลลิเมตร โดยเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของท่อที่ทำจาก โลหะจะแสดงด้วยดัชนีที่เรียกว่าเกจ (gauge) ดังตารางที่ 7 แสดงให้เห็นถึงความหนาของท่อตาม มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา เลือก class ที่ 4

ลักษณะงาน

เป็นการแพร่ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ความเร็วด้านหน้า, fpm) = 100 – 200 (0.5 – 1.0 m/s) ท่อเหลี่ยมที่ใช้ทั้งหมดจะเป็นแบบผิวเรียบมีรัศมีโค้ง $R = 2D$

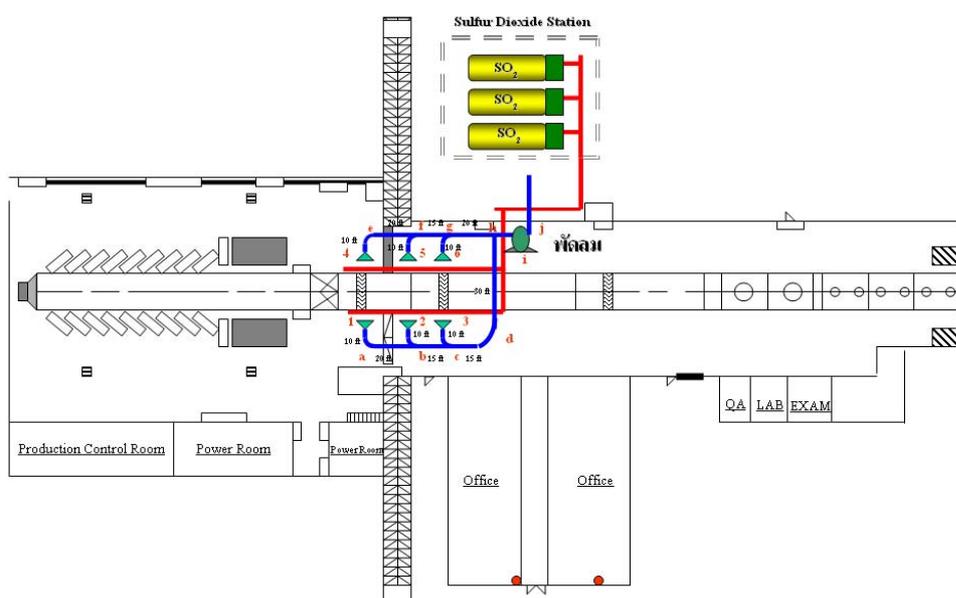
การออกแบบระบบระบายอากาศ สำหรับดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิต กระจกแผ่นเรียบมีลักษณะแบบร่างของระบบท่อรวมถึงลักษณะหัวดูดแสดงดังภาพที่ กำหนดให้ท่อ เลี้ยงที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบเรียบที่มีรัศมีโค้ง $R = 2D$ ท่อที่ใช้

โดยเลือกใช้พัดลมแรงเหวี่ยงต้นกำลัง National รุ่น FY-36BCD-D ขนาด 26.6 แรงม้า ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,050 รอบ หัวดูดแบบช่องแคบ

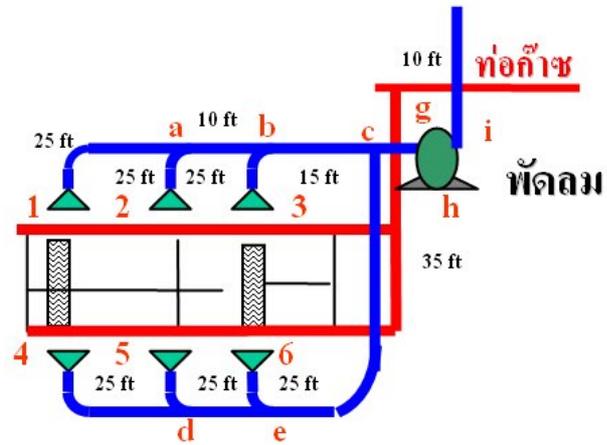
(Slot hood) ยาว 5 นิ้ว กว้าง 25 นิ้ว จำนวน 6 หัว ใช้ท่อพีวีซี (PVC duct) ในการระบาย อากาศจำนวน 13 ท่อ โดยมีขนาดและความยาวดังนี้

ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว จำนวน 7 ท่อ ยาวท่อละ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาวท่อละ 15 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 34 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาว 15 และ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาว 15 และ 10 ฟุต
 ท่อเกี่ยวหน้าตัดกลม 90 องศา (Round elbow) จำนวน 11 ชิ้น

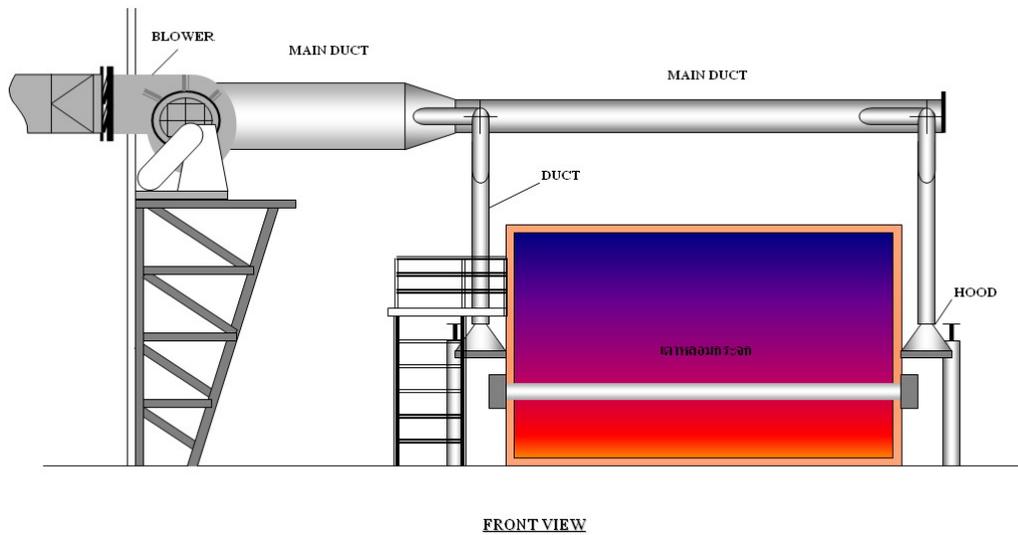
ภาพจำลองการติดตั้งระบบระบายอากาศดังแสดงในภาพที่ 51, 52, 53 และ 54



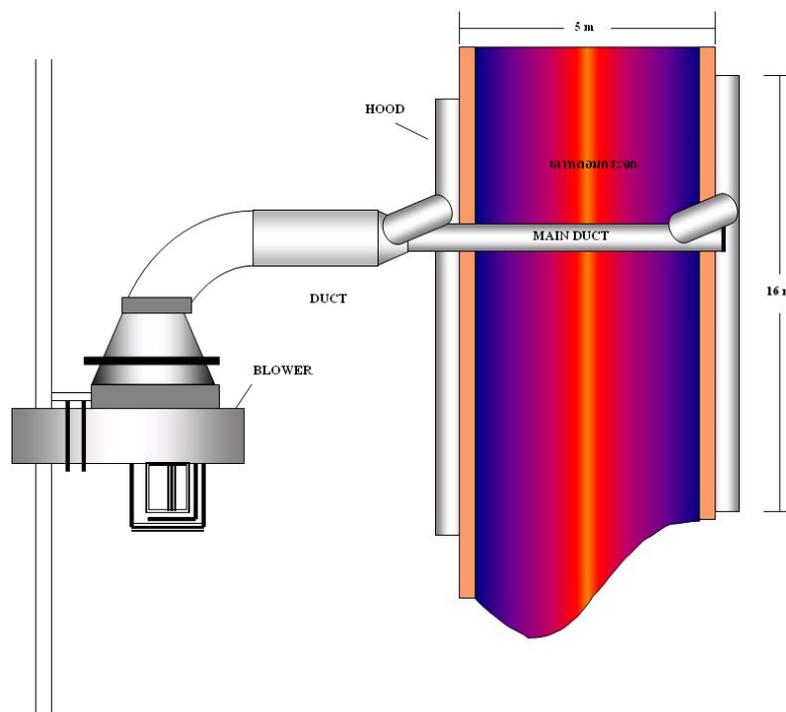
ภาพที่ 51 แสดงแผนผังของเครื่องจักรที่จะทำการติดตั้งระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 52 แสดงแผนผังภาพขยายของเครื่องจักรที่จะทำการติดตั้งระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 53 แสดงภาพจำลองด้านหน้าของระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 54 แสดงภาพจำลองด้านบนของระบบระบายอากาศ

แผนฉุกเฉิน

ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดหรือรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (การรั่วจากระบบ ไม่ใช่รั่วไหลจากระบวนการผลิต)

1. แผนระงับการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เบื้องต้น (เมื่อมีการพบเหตุ)
ขั้นตอนการปฏิบัติเบื้องต้น

1.1 พนักงานที่พบเห็น SO_2 รั่วไหลให้แจ้ง Shift Head/ Shift Engineer ให้ทราบ หลังจากนั้นให้สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ ได้แก่ หน้ากากป้องกัน SO_2 แล้วจึงเข้าไปตรวจสอบ ถ้ารั่วที่วาล์วให้ไปปิดที่วาล์วตั้งและทำการซีลใหม่

1.2 หลังจาก Shift Head/ Shift Engineer ประเมินสถานการณ์

1.2.1 ถ้าสามารถหยุดการรั่วไหลได้ให้ทำความสะอาดพื้นที่

1.2.2 ถ้าการรั่วไหลเป็นอย่างต่อเนื่องให้แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยที่เบอร์ 203 หรือ 081-6225589 และแจ้ง TIG ที่เบอร์ 02-338-6100 ต่อ 3184 (Emergency call service) เพื่อคำปรึกษา หรือให้ TIG ส่งทีมงานมาสนับสนุนและกู้สถานการณ์เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยแจ้ง ผจก.ฝ่ายผลิตถึงสถานการณ์จริง พร้อมทั้งแจ้งทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินมาพร้อมกันยังจุดเกิดเหตุ

1.3 ผจก. ฝ่ายผลิตสั่งการให้ Shift Engineer อพยพพนักงานออกจากพื้นที่ไปยังจุดหนีอลม

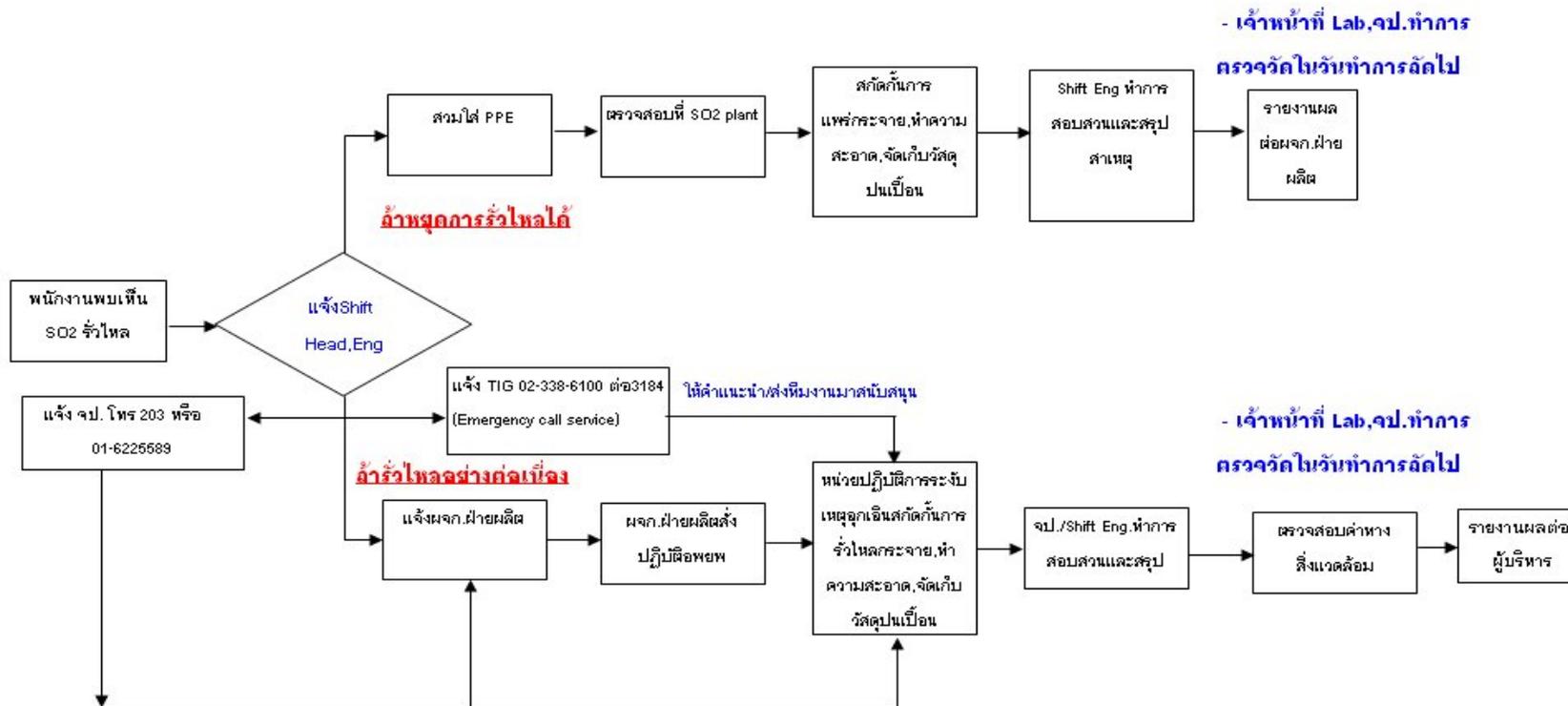
1.4 ผจก. ฝ่ายผลิตสั่งการให้ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินและทีมงานจาก TIG เข้าระงับเหตุ โดยสวมชุดป้องกัน SO₂ และเข้าทำการสกัดกั้นการรั่วไหลที่แหล่งกำเนิดของการรั่วไหล เช่น ทำการปิดวาล์ว และหรือใช้สารดูดซับ SO₂ ที่รั่วไหลแล้วหลังจากนั้นจึงนำสารดูดซับไปทิ้งที่ถังขยะสีแดงสำหรับขยะอันตราย

1.5 ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินและทีมงาน TIG สามารถหยุดการรั่วไหลได้ ผจก.ฝ่ายผลิตประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน

1.6 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยและ Shift Engineer ทำการสอบสวนการเกิดเหตุ วิเคราะห์หาสาเหตุจัดทำรายงาน และหาทางป้องกัน เสนอต่อ ผจก. ฝ่ายผลิต

แผนปฏิบัติเบื้องต้นการขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน

ในกรณีมีการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในโรงงานพนักงานผู้เกี่ยวข้องที่พบเห็นจะดำเนินการตามแผนปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นดังนี้

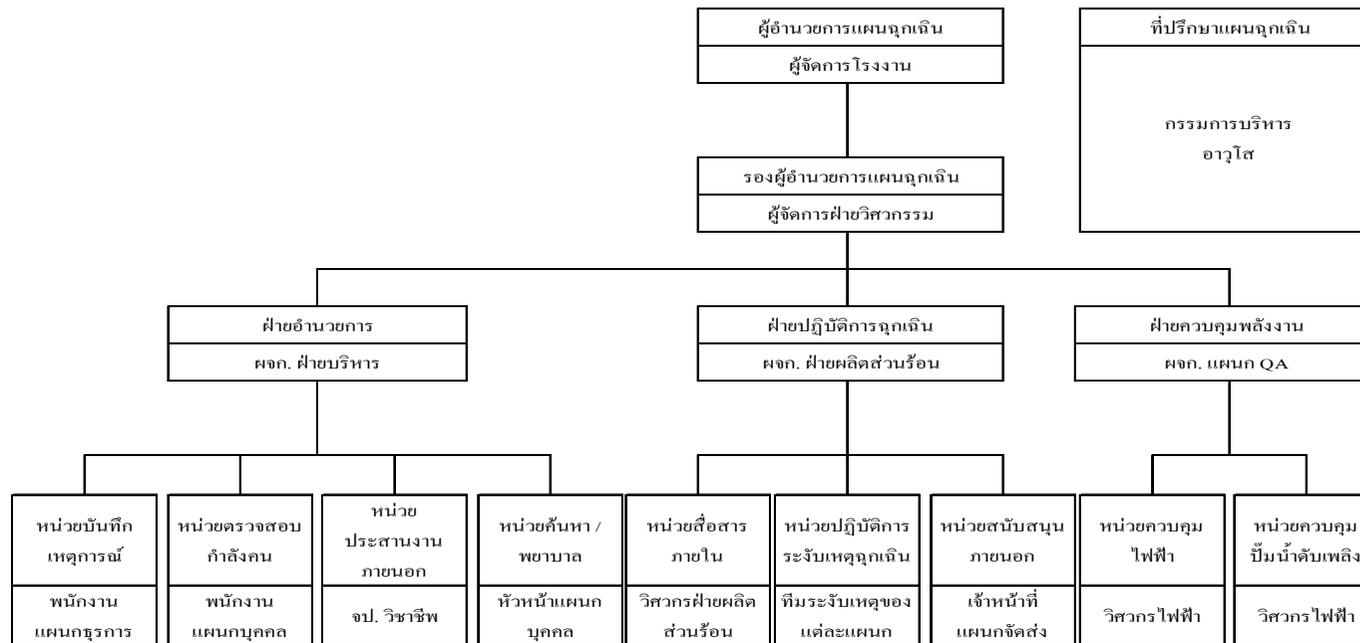


ภาพที่ 55 การปฏิบัติเบื้องต้นกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินกรณีมีการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2. แผนปฏิบัติการขณะเกิดเหตุฉุกเฉิน

ในกรณีมีการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยไม่สามารถระงับการรั่วไหลได้โรงงานจะดำเนินการตามแผนปฏิบัติการฉุกเฉินดังนี้

2.1 การกำหนดโครงสร้าง หน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติการเกิดเหตุฉุกเฉิน



ภาพที่ 56 โครงสร้าง หน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติการเกิดเหตุฉุกเฉิน

2.2 หน้าที่ความรับผิดชอบตามโครงสร้างแผนฉุกเฉิน

ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน

1. วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขด้วยความรวดเร็ว
2. พิจารณาสั่งการเพื่อให้มีการปฏิบัติการอย่างเร่งด่วน
 - 2.1 ตัดระบบพลังงานไฟฟ้า
 - 2.2 ปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉิน
 - 2.3 การขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก
3. รับข้อมูลข่าวสาร และแถลงข่าวต่อสื่อมวลชนภายนอก
4. รายงานการเกิดเหตุฉุกเฉินต่อกรรมการบริหาร
5. รองผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน สั่งการกรณี que ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินไม่อยู่

ฝ่ายอำนวยความสะดวก

1. รับคำสั่งจากผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
2. ประสานงานกับหน่วยต่างๆ ภายในฝ่าย
3. ควบคุมการอพยพให้เป็นไปตามแผนและดูแลความเรียบร้อย ณ จุดรวมพล

หน่วยตรวจสอบกำลังคน

1. ตรวจสอบรายชื่อพนักงานทั้งหมด ตามทะเบียนรายชื่อปัจจุบัน
2. แจ้งผลการตรวจนับจำนวนคนต่อหัวหน้าฝ่ายอำนวยความสะดวก
3. รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายอำนวยความสะดวก

หน่วยประสานงานภายนอก

1. จัดเตรียมยานพาหนะเพื่อนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล
2. ประสานงาน รปภ. เพื่อปิดกั้นบริเวณบริษัท และอนุญาตเฉพาะผู้เกี่ยวข้องเท่านั้นผ่านเข้า – ออกได้
3. ควบคุมดูแลผู้สื่อข่าวภายนอก
4. ควบคุมห้ามไม่ให้มีการให้ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์แก่บุคคลภายนอกที่เด็ดขาด
5. ประสานงานขอกำลังสนับสนุนจากภายนอก อ้างอิงตามเบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน
6. รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายอำนวยการ

หน่วยค้นหา / พยาบาล

1. รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายอำนวยการ
2. ออกค้นหาผู้บาดเจ็บที่สูญหาย เมื่อได้รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายอำนวยการ
3. ทำการปฐมพยาบาลผู้บาดเจ็บเบื้องต้น
4. นำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล

ฝ่ายปฏิบัติการฉุกเฉิน

1. รับคำสั่งจากผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน

2. ควบคุมสถานการณ์ฉุกเฉินให้ได้โดยเร็วที่สุด หรือให้อยู่ในขอบเขตที่จำกัดเท่าที่มีอุปกรณ์และความสามารถ

3. ประสานงานและสั่งการกับหน่วยงานภายในฝ่าย

หน่วยสื่อสาร

1. บันทึกข้อมูลการเกิดเหตุ และการดำเนินการระงับเหตุ

2. บันทึกภาพถ่าย จุดที่สำคัญของเหตุการณ์

3. ประกาศแจ้งเหตุฉุกเฉิน

4. ประกาศแจ้งสถานการณ์เป็นระยะ

5. ให้ข้อมูลการเกิดเหตุฉุกเฉินแก่ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินเพื่อแถลงข่าวแก่

ผู้สื่อข่าว

6. ประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน เมื่อสามารถควบคุมเหตุฉุกเฉินได้

7. สรุปสาเหตุ ปัญหา และมาตรการแก้ไขเสนอขออนุมัติดำเนินการป้องกัน

ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉิน (การปฏิบัติงานมี 2 สถานะ 1. ระงับเหตุเบื้องต้น 2. ระงับเหตุฉุกเฉินตามแผน)

1. ในสถานะระงับเหตุเบื้องต้น

1.1 เข้าปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินทันที ในพื้นที่ที่รับผิดชอบเมื่อได้รับคำสั่งจาก หัวหน้าชุดแผนกตนเอง

1.2 แก้ไขสถานการณ์ฉุกเฉินให้กลับคืนสู่ปกติโดยเร็ว

1.3 เคลียร์พื้นที่หลังเหตุฉุกเฉินบรรเทาผล

1.4 ประสานงานและปฏิบัติการร่วมกับหน่วยสนับสนุนจากภายนอก

1.5 รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการฉุกเฉิน

2. ในสภาวะระงับเหตุฉุกเฉินตามแผน

2.1 ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินทุกชุดที่ประจำการในบริษัทฯ รายงานตัวต่อหัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการฉุกเฉิน

2.2 เข้าปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินทันที ในพื้นที่ที่รับผิดชอบเมื่อได้รับคำสั่งจาก หัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการฉุกเฉิน

2.3 เคลียร์พื้นที่หลังเหตุฉุกเฉินบรรเทาผล

2.4 ประสานงานและปฏิบัติการร่วมกับหน่วยสนับสนุนจากภายนอก

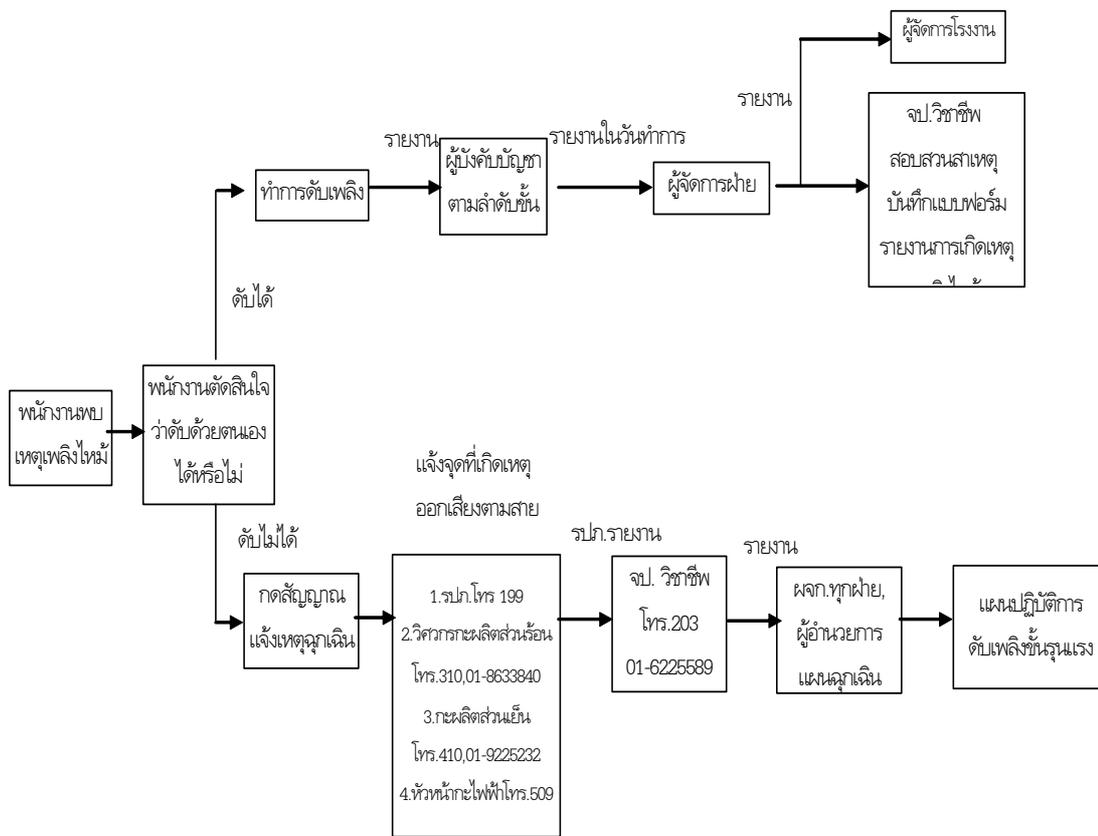
2.5 รับคำสั่งจากหัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการฉุกเฉิน

หน่วยสนับสนุนจากภายนอก

1. ประสานงานกับหน่วยสนับสนุนภายนอกและอำนวยความสะดวกไปยังจุดเกิดเหตุ

2. ให้คำแนะนำข้อกำหนดต่างๆ แก่หน่วยงานดับเพลิงภายนอกให้เข้าใจสถานะปัจจุบันของพื้นที่

3. ประสานงานและร่วมปฏิบัติการกับทีมผจญเพลิงของบริษัท



วิศวกรฝ่ายผลิตส่วนร้อน	ฝ่ายผลิตส่วนเย็น	หัวหน้ากะไฟฟ้า
ทีม A	ทีม A	ทีม A
ทีม B	ทีม B	ทีม B
ทีม C	ทีม C	ทีม C
ทีม D	ทีม D	ทีม D

ภาพที่ 57 แผนการดับเพลิงขั้นต้น (กรณีนอกเวลาทำงานปกติ 17.00 - 08.00 น และวันหยุด)

ขั้นตอน	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ประสบเหตุ	จป. วิชาชีพ	หน. ฝ่ายตาม โครงสร้างแผนฯ1	ผู้อำนวยการ แผนฉุกเฉิน	ทีมปฏิบัติการ ระงับเหตุฉุกเฉิน	หัวหน้างาน/ พนักงาน
1. สวม PPE ใช้วัสดุอุดซบสารเคมีปิดล้อม ไม่ให้เกิดการรั่วไหลแพร่กระจายและ โทรแฉ่ง จป. วิชาชีพ		สวม PPE ปิดล้อมการรั่วไหล แฉ่งเหตุ					
2. ตรวจสอบอุบัติเหตุ OK : หยุดการรั่วไหลได้ ให้หน่วยงาน ทำความสะอาดพื้นที่ นำวัสดุอุดซบ ที่ปนเปื้อนสารเคมีทิ้งถังแดง NG : สารเคมีมีการรั่วไหลอย่างต่อเนื่อง แจ้งผู้อำนวยการแผนฯ1, หน.ฝ่าย ตามโครงสร้างแผนฯ1, ทีมปฏิบัติการ ระงับเหตุฉุกเฉินพร้อมกันที่จุดเกิดเหตุ			ตรวจสอบ				
3. ผู้อำนวยการแผนสั่งการให้อพยพไปยัง จุดหนี้อุทม			ทำความสะอาด พื้นที่จัดเก็บ วัสดุปนเปื้อน	รับแจ้ง/ พร้อมกันที่ จุดเกิดเหตุ	รับแจ้ง/ พร้อมกันที่ จุดเกิดเหตุ	รับแจ้ง/ พร้อมกันที่ จุดเกิดเหตุ	อพยพพนักงาน ไปจุดหนี้อุทม
4. ผู้อำนวยการแผนสั่งการให้ทีมปฏิบัติการ ระงับเหตุฉุกเฉินสวม PPE เข้าสกัดกั้น การรั่วไหลที่แหล่งกำเนิด						สกัดกั้นการรั่วไหล ที่แหล่งกำเนิด	
5. สามารถหยุดการรั่วไหลได้ ผู้อำนวยการ แผนฉุกเฉินประกาศยกเลิกภาวะฉุกเฉิน					ประกาศยกเลิก ภาวะฉุกเฉิน		
6. จป. วิชาชีพ ทำรายงาน บันทึกสาเหตุ การรั่วไหล			ทำรายงาน บันทึกการ เกิดเหตุ				

ภาพที่ 58 แผนฉุกเฉินของสารเคมีกรณีรั่วไหล

จาก Flow Chart อธิบายได้ดังนี้

หากเกิดเหตุฉุกเฉินกรณี สารเคมีรั่วไหล ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พนักงานที่พบเห็นเหตุการณ์สารเคมีรั่วไหล ให้สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่จัดเตรียมไว้ ได้แก่ แวนตานิรภัย ถุงมือกัน สารเคมี หน้ากากกันสารเคมี และใช้วัสดุดูดซับสารเคมีเข้าปิดล้อมการรั่วไหลไม่ให้มีการแพร่กระจาย หลังจากนั้นให้โทรแจ้ง จป.วิชาชีพ โทร. 203, (01-6225589)

2. จป. วิชาชีพ ตรวจสอบที่เกิดเหตุ

OK : การรั่วไหลหยุดลง ให้แจ้งหน่วยงานเจ้าของพื้นที่ เพื่อทำความสะอาดพื้นที่ และจัดเก็บวัสดุดูดซับสารเคมีที่ปนเปื้อนทิ้งในถังขยะสีแดงสำหรับขยะอันตราย

NG : สารเคมียังคงมีการรั่วไหลอย่างต่อเนื่อง จป. วิชาชีพ แจ้งผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน, หัวหน้าฝ่ายต่างๆ ตามโครงสร้างแผนฉุกเฉิน และทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉิน พร้อมกันยังจุดเกิดเหตุ

3. ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน สั่งการให้หัวหน้างาน อพยพพนักงานออกจากพื้นที่ไปยังจุดรวมพล

4. ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน สั่งการให้ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินเข้าระงับเหตุ โดยสวมชุดป้องกันสารเคมี และเข้าทำการสกัดกั้นการรั่วไหลที่แหล่งกำเนิดของการรั่วไหล เช่น ทำการปิดวาล์ว ปิดภาชนะที่กำลังรั่วไหล และนำวัสดุดูดซับสารเคมีที่ปนเปื้อนทิ้งในถังขยะสีแดงสำหรับทิ้งขยะอันตราย

5. ทีมปฏิบัติการระงับเหตุฉุกเฉินสามารถหยุดการรั่วไหลได้ ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินประกาศ ยกเลิกภาวะฉุกเฉิน

6. จป. วิชาชีพ ทำการสอบสวนการเกิดเหตุฉุกเฉิน วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ จัดทำรายงาน เสนอแก่ คปอ. และผู้บริหาร

แผนปฏิบัติการหลังเหตุฉุกเฉินสงบลง

แผนบรรเทาทุกข์ กำหนดหน้าที่และผู้รับผิดชอบดำเนินการดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 หน้าที่และผู้รับผิดชอบในแผนบรรเทาทุกข์

การดำเนินการ	ผู้รับผิดชอบ
1. ประสานงานกับหน่วยงานของรัฐ	1. ฝ่ายบริหาร 2. จป.วิชาชีพ
2. การสำรวจความเสียหาย และการประกันวินาศภัย	1. ผู้จัดการฝ่ายบริหาร. (ประสานงาน) 2. คณะกรรมการป้องกันและระงับอัคคีภัย
3. การรายงานตัวของเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายและการรายงานตัวของบุคลากร	1. พนักงานบันทึกเวลาทำงาน
4. การช่วยชีวิตและค้นหาผู้ประสบภัยกรณีสูญหาย	1. ทีมผจญเพลิงประจำบริษัทฯ 2. ทีมกู้ภัยประจำบริษัทฯ 3. เจ้าหน้าที่พยาบาลประจำบริษัทฯ
5. การเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ทรัพย์สิน และผู้เสียชีวิต	1. คณะกรรมการป้องกันและระงับอัคคีภัย 2. ฝ่ายจัดหาและจัดส่ง
6. การประเมินความเสียหาย ผลการปฏิบัติงานและการรายงานสถานการณ์ปัจจุบัน	1. ประธานคณะกรรมการความปลอดภัย ฯ 2. ผู้จัดการฝ่ายบริหาร 3. ผู้จัดการกองอาวโศ
7. การช่วยเหลือ สงเคราะห์ผู้ประสบภัย	1. หัวหน้าส่วนธุรการ 2. คณะกรรมการสวัสดิการโรงงานระยอง
8. การปรับปรุงแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการได้โดยเร็วที่สุด	1. ผู้จัดการกองอาวโศ 2. ผู้จัดการทุกฝ่าย

แผนการปฏิรูปฟื้นฟู เป็นการนำผลการประเมินจากทุกด้าน จากสถานการณ์จริง เพื่อปรับปรุงแก้ไขมาตรการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ รวมทั้งการแก้ไขตัวบุคลากรต่างๆ ที่บกพร่อง รวมไปถึงการช่วยเหลือผู้ประสบเหตุในระยะยาวด้วย โดยมีมอบหมายหน้าที่ดำเนินการและผู้รับผิดชอบ ดังตารางที่10

ตารางที่ 9 หน้าที่และผู้รับผิดชอบในแผนการปฏิรูปพื้นที่ฟู

การดำเนินการ	ผู้รับผิดชอบ
1. การประชาสัมพันธ์ สาเหตุการเกิดอัคคีภัย และ บรรณรักษ์ป้องกันในรูปแบบต่างๆ	1. คุณพรศักดิ์ พันธุ์งาม หัวหน้าทีม 2. คณะกรรมการความปลอดภัยฯ
2. การสงเคราะห์ผู้ป่วย ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุ เพลิงไหม้	1. คุณสาธิต พวงบุญทน หัวหน้าทีม 2. คณะกรรมการสวัสดิการ TAGC
3. จัดทำแผนการปรับปรุง ซ่อมแซม และจัดหาสิ่ง สูญเสียให้กลับคืนสู่สภาพปกติ	1. คุณวิรัตน์ เจริญสันติสุข หัวหน้าทีม

แผนฟื้นฟูหลังเกิดเหตุเพลิงไหม้/สารเคมีรั่วไหล

หลังจากเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้สงบ/สารเคมีที่หกรั่วไหล ได้มีการกัก, ซ้ำบ และ / หรือบำบัด จนเข้าสู่ภาวะปกติแล้ว ฝ่ายต้นสังกัดต้องจัดให้มีการดำเนินการดังต่อไปนี้

ตรวจวัด: บริเวณที่สารเคมีหก รวมถึงน้ำที่ผ่านการดับเพลิง ต้องมีการตรวจวัดค่าหลังจาก การจัดการ/ บำบัด จนค่าผ่านมาตรฐาน

ทำความสะอาดพื้นที่: ในพื้นที่นั้นๆทันที โดยปิดกั้นบริเวณที่ปฏิบัติงาน และต้องควบคุม ให้พนักงานที่ทำการจัดเก็บ สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน โดยสิ่ง ที่เกิดจากหลังจากการทำความสะอาดต้องมีการควบคุม / บำบัดไม่ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จัดเก็บ: วัสดุ ขยะ เถ้า หรือซากอื่นๆที่เกิดจากการเผาไหม้ / สารเคมีหกรั่วไหล ในภาชนะ/ ที่มิดชิด/ที่มีการปกปิดคลุม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

กำจัด: รีไซเคิลหรือนำมาใช้ใหม่ หรือทิ้งเป็นขยะอันตราย/ อุตสาหกรรม หากไม่สามารถ นำไปใช้ประโยชน์

ฟื้นฟู: ดำเนินการฟื้นฟูสภาพแวดล้อม ภายหลังจากเกิดเหตุตามความเหมาะสม

บรรเทาทุกข์: หากมีผู้ได้รับบาดเจ็บ เจ้าหน้าที่ฝ่าย HR&บริหาร ทำการติดต่อประสานงาน กับหน่วยงานของรัฐ เพื่อขอความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เช่น การช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ การเรียกเงิน

ทดแทน ประกันสังคม หรือความช่วยเหลือด้านสวัสดิการอื่นๆหากรุนแรงติดตามช่วยเหลือ สงเคราะห์ ผู้ประสบภัย จากเหตุการณ์เพลิงไหม้ โดยการประชาสัมพันธ์ ขอเงินสนับสนุนจากพนักงานใน บริษัท หรือ วิธีการอื่นๆเท่าที่สามารถทำได้

ทำความสะอาดและตรวจเช็คอุปกรณ์: ให้เพียงพอและพร้อมใช้งาน

ตารางที่ 10 เบอร์โทรศัพท์ภายในเครือข่ายฉุกเฉิน

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	เบอร์มือถือ	เบอร์ที่บ้าน
นายคุณฤๅ ตรีสุขนธ์	ผู้จัดการกองอาวุโส	081-8414498	
นายสุพจ เหมาะพิชัย	ผู้จัดการฝ่ายบริหาร/ จัดส่งและจัดหา	081-8227234	
นายวีรชัย มีสวนทรัพย์	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	081-8564061	
นายเกรียงไกร สัจจเจริญพงษ์	ผู้จัดการฝ่ายผลิตส่วนร้อน	081-7316678	
นายสาธิต เทพเทศ	ผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ	081-7629212	
นายคุณฤๅ บวรสันติสุข	ผู้จัดการฝ่ายธุรกิจระจกพิเศษ	081-6116682	
นายสมชาย สุนทร	ผู้จัดการฝ่ายผลิตส่วนเย็น	081-8336497	
นายฉัฐพล ทองทั่ว	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ	081-6225589	038-322999
นายอภิพัฒน์ บุญทวี	เจ้าหน้าที่อาวุโสแผนกธุรการ	086-3146548	02-4765533
ป้อมรปก.		เบอร์ภายใน 199, 207	
ห้องพนักงานขับรถ		เบอร์ภายใน 192	
ห้องพยาบาล		เบอร์ภายใน 190	
ห้องไฟฟ้า (กะ)		เบอร์ภายใน 509-510	
แผนกธุรการ		เบอร์ภายใน 191, 0	

วิจารณ์

1. จากการใช้โปรแกรมและการวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากพื้นที่ทำงานจริงพบว่าค่าที่ได้มีความเข้มข้นที่เจือจางในอากาศบริเวณที่ทำงานมีค่าเกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดคือในพื้นที่ทำงานต้องมีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 5 ppm (ค่าจริงที่วัดได้ประมาณ 10 – 15 ppm)
2. หากติดตั้งระบบระบายอากาศที่ออกแบบจะสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของก๊าซให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการที่โรงงานผลิตกระจกแผ่นเรียบ ได้รับการร้องเรียนเกี่ยวกับกลิ่นของสารเคมี คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง จึงทำการตรวจวัดค่าคุณภาพอากาศในบริเวณที่เหมาะสม บริเวณที่ทำงานและได้รับการร้องเรียนด้วยการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าค่าดังกล่าวมีค่าสูงกว่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่บริเวณทำงานในจุดดังกล่าว ซึ่งเป็นจุดที่มีการฉีดพ่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เคลือบผิวกระจกและมีการกระจายออกจากกระบวนการผลิต เพื่อควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

โดยการออกแบบคำนวณตามมาตรฐาน ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) อย่างไรก็ตามการทำงานในพื้นที่ดังกล่าวพนักงานก็มีการสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (หน้ากากป้องกันสารเคมี) ทุกครั้งเพื่อไม่ให้ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีเหลืออยู่ในบรรยากาศเข้าสู่ร่างกายได้

การออกแบบระบบระบายอากาศ สำหรับจุดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการผลิต กระจกแผ่นเรียบมีลักษณะแบบร่างของระบบที่รวมถึงลักษณะห้วงดูดแสดงดังภาพที่กำหนดให้ท่อเลี้ยงที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบเรียบที่มีรัศมีความโค้ง $R = 2D$ ท่อที่ใช้

โดยเลือกใช้พัดลมแรงเหวี่ยงต้นกำลัง National รุ่น FY-36BCD-D ขนาด 26.6 แรงม้า ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,050 รอบ หัวดูดแบบช่องแคบ

(Slot hood) ยาว 5 นิ้ว กว้าง 25 นิ้ว จำนวน 6 หัว ใช้ท่อพีวีซี (PVC duct) ในการระบาย อากาศจำนวน 13 ท่อ โดยมีขนาดและความยาวดังนี้

ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว จำนวน 7 ท่อ ยาวท่อละ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาวท่อละ 15 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 34 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาว 15 และ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ยาว 15 และ 10 ฟุต
 ท่อเลี้ยวหน้าตัดกลม 90 องศา (Round elbow) จำนวน 11 ชิ้น

และจากการประเมินการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากท่อจ่ายในกระบวนการผลิตโดยใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อให้ทราบจุดรวมพลที่ปลอดภัยและนำข้อมูลที่ได้ไปจัดทำแผนฉุกเฉินที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีการเจือปนในอากาศจะไม่ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของพนักงานควรมีการเก็บตัวอย่างอากาศหลังจากติดตั้งระบบระบายอากาศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง และกำหนดให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าวสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (หน้ากากป้องกันสารพิษ) ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน
2. เพื่อให้เกิดการควบคุมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ซึ่งเป็นก๊าซพิษ) ให้ได้ผลควรมีการออกแบบบริเวณพื้นที่ดังกล่าวให้เป็นพื้นที่ปิดเพื่อระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ
3. เพื่อป้องกันความล้มเหลวในการทำงานของระบบระบายอากาศควรมีการทดสอบประสิทธิภาพงานของระบบระบายอากาศที่จะติดตั้งก่อนใช้งานและระหว่างที่มีการใช้งานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
4. เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าหากเกิดการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขึ้น จะมีการผลิตควมมีการประเมินการรั่วไหลพร้อมกับแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องรับทราบและมีการซ้อมแผนฉุกเฉินเกี่ยวกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รั่วไหลอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- นิธิวัฒน์ วัฒนานนท์กิจ. 2548. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณการแพร่กระจายของสารเคมีโดยใช้เส้นชั้นความเสี่ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยมาส สุทักดิ์. 2550. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่บริเวณที่มีการบัดกรีด้วยลวดตะกั่วในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าของรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งทิพย์ กุลเอกวัฒนา. 2539. การสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่สำหรับงานเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุกิต หัตยาสมบูรณ์. 2548. การประยุกต์ใช้โปรแกรมอิลฮาทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลว เพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจาย และสร้างแผนงานป้องกันและเสียหายจากอุบัติเหตุจากการรั่วไหล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรชาติ สีนวรรณ. 2547. การประเมินประสิทธิภาพของการระบายก๊าซอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุโรจน์ พิรมลรัตน์. 2526. หลักการออกแบบระบบปรับอากาศ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- American Conference of Government Industrial Hygienists. 2001. **Industrial Ventilation**. Lansing, Michigan, USA.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. 2001. **Chemical Hazards**. Ventilation. Available Source: http://www.worksafesaskca/files/ont_wsib/certmanual/ch_08.html, July 3, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณออกแบบระบบระบายอากาศของโรงงานผลิตกระจกตามมาตรฐาน ACGIH

1	duct segment identification		1-a	2-a	a-b	3-b	3-b	b-c	4-d	5-d	d-e	6-e	e-c	c-g	h-i		
2		volume flow rate (Q) cfm	6,142	6,142	12,284	6,142	7,088	19,372	6,142	6,142	12,284	6,142	19,372	38,744	38,744		
3		minimum duct velocity fpm	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000		
4		duct diameter (D) in	20	20	27	20	20	34	20	20	27	20	34	48	48		
5		duct area (A) ft ²	2.18	2.18	2.28	2.182	2.182	6.45	2.18	2.18	2.28	2.182	6.45	12.91	12.91		
6		actual duct velocity (V _d) (item 2 ÷ 5) fpm	2814	2814	5387	2814	3248	3003.4	2814	2814	5387	2814	3003.4	3001	3001		
7		duct velocity pressure (VP _d) in.wg	0.493	0.493	1.8	0.493	0.657	0.562	0.493	0.493	1.8	0.493	0.562	0.561	0.561		
8	H O D	S L O T	slot area ft ²	125	125	-	125	125	-	125	125	-	125	-	-	-	
9			slot velocity (V _s) (item 2+8) fpm	49.1	49.1	-	49.1	49.1	-	49.1	49.1	-	49.1	-	-	-	-
10			slot velocity pressure (VP _s) in.wg	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	0.01	-	-	-	-
11			slot loss factor	0.83	0.83	-	0.83	0.83	-	0.83	0.83	-	0.83	-	-	-	-
12			acceleration loss factor 0 or 1	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-
13			plenum loss per VP _s (item 11 + 12)	1.083	1.083	-	1.083	1.083	-	1.083	1.083	-	1.083	-	-	-	-
14			plenum SP (item 10 x 13) in.wg	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	0.01	-	-	-	-
15			hood entry loss factor (F _h)	0.17	0.17	-	0.17	0.17	-	0.17	0.17	-	0.17	-	-	-	-
16			acceleration loss factor 0 or 1	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-
17	entry loss per VP _d (item 15 + 16)	1.17	1.17	-	1.17	1.17	-	1.17	1.17	-	1.17	-	-	-	-		
18	entry loss (item 7 x 17) in.wg	0.057	0.057	-	0.057	0.76	-	0.057	0.057	-	0.057	-	-	-	-		
19	hood static pressure (SP _h) (item 14+ 18) in.wg	0.067	0.067	-	0.067	0.77	-	0.067	0.067	-	0.067	-	-	-	-		

ภาพผนวกที่ ก1 การคำนวณออกแบบระบบระบายอากาศของโรงงานผลิตกระดาษจากมาตรฐาน ACGIH

		1-a	2-a	a-b	3-b	3-b	b-c	4-d	5-d	d-e	6-e	c-c	c-g	h-i
20	straight duct length (L) ft	25	25	15	25	25	15	25	25	15	25	35	15	10
21	friction factor (H_f)	0.0089	0.0089	0.007	0.0089	0.0087	0.0067	0.0089	0.0089	0.007	0.0089	0.0089	0.003	0.003
22	friction loss per VP_d (item 20 x 21)	0.223	0.223	0.119	0.223	0.219	0.101	0.223	0.223	0.119	0.223	0.311	-0.045	0.03
23	No. of 90° elbows	2	1	-	1	1	-	2	1	-	1	1	1	-
24	elbows loss per VP_d (item 23 x loss factor)	0.26	0.223	-	0.223	0.223	-	0.26	0.223	-	0.223	0.223	-0.045	-
25	No. of entries	-	1	-	1	1	-	-	1	-	1	2	-	-
26	entry loss per VP_d (item 25 x loss factor)	-	0.223	-	0.223	0.223	-	-	0.223	-	0.223	0.146	-	-
27	special fitting loss factor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	duct loss per VP_d (item 22 + 24 + 26 + 27)	0.483	0.669	0.119	0.669	0.665	0.101	0.483	0.669	0.119	0.669	0.756	0.09	0.03
29	duct loss (item 7 x 28) in.wg	0.238	0.329	0.214	0.329	0.436	0.056	0.238	0.329	0.214	0.329	2.16	0.051	0.016
30	other loss in.wg	-	-	-	-	1.206	-	-	-	-	-	-	-	-
31	duct SP loss (item 19 + 29 + 30) in.wg	0.305	0.793	1.057	0.793	-1.206	0.056	0.305	0.793	1.057	0.793	-2.16	-0.051	0.016
32	cummulative static pressure in.wg	-0.305	-	-0.214	-0.793	-	-0.056	-0.305	-	-0.214	-0.793	-2.216	-2.267	0.016
33	governing static pressure in.wg	-	-0.305	-0.843	-	-	-	-	-0.305	-0.843	-	-	-	-
34	corrected volume flow rate cfm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	resultant velocity pressure (VP_r) in.wg	-	-	0.493	-	-	-	-	-	0.493	-	-	-	-

ภาพผนวกที่ ก1 (ต่อ)

การคำนวณตามมาตรฐาน ACGIH

แบ่งระบบระบายอากาศออกเป็น 12 ช่วง 1-a, 2-b, 3-b, b-c, 4-d, 5-d, d-e, 6-e, e-c, c-g, g-h, h-i การหาค่าความสูญเสียความดันจะกระทำเป็นช่วงต่อเนื่องกันไปโดยเริ่มจากช่วง 1-a เป็นลำดับแรก

ลักษณะแพร่กระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยการกระตุ้นให้เข้าสู่บริเวณอากาศที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง = 3,000 fpm. (ลักษณะสารปนเปื้อนเป็นก๊าซ) ขนาดหัวดูดยาว 25 นิ้ว กว้างเท่ากับ 5 นิ้ว ความสูงของหัวต่อแหล่งกำเนิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (x) = 20 นิ้ว ช่วง 1-a

- เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดช่องเปิดของหัวดูด, ft²
 Q = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าหัวดูด, cfm
 V = ความเร็วของอากาศ (ความเร็วจับ) ในแนวศูนย์กลางที่ระยะ X จากด้านหน้าหัวดูด, fpm (500 fpm)
 X = ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากหน้าหัวดูดถึงจุดที่ต้องการถึงการปนเปื้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าหัวดูด, ft
 D = ขนาดท่อที่ใช้สำหรับหัวดูด

1. คำนวณอัตราการไหลในท่อดูดอากาศ (Q) จากตารางที่ 4 ตามมาตรฐาน ACGIH ได้กำหนดค่าความเร็วในการจับอนุภาคในระบบการฉีดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ที่ 500 fpm

ดังสมการที่ (6)

แทนค่าในสมการ

$$Q = 3.7(2)(500\text{fpm})(1.66)$$

$$= 6,142 \text{ cfm}$$

2. คำนวณหาขนาดท่อโดยใช้ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

ดังสมการที่ (7) และ (8)

แทนค่า

$$\begin{aligned} A &= 6,142 \text{ cfm} / 3,000 \text{ fpm} \\ &= 2.04 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{(4 \times 2.04)}{\pi}} \\ &= 20 \text{ in} \end{aligned}$$

เพื่อให้มั่นใจว่าความเร็วของอากาศในท่อไม่ต่ำกว่า 3,000 fpm จึงเลือกให้ท่อมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D = 20$ นิ้ว

3. ความเร็วที่แท้จริงของอากาศในท่อ (actual duct velocity): V_d

ดังสมการที่ (9)

แทนค่า

$$\begin{aligned} V_d &= (6,142 \text{ cfm} / 2.04 \text{ ft}^2) \\ &= 3,010.784 \text{ fpm} \end{aligned}$$

4. ความดันจลน์ของอากาศในท่อ (duct velocity pressure): VP_d

ดั่งสมการที่ (10)

แทนค่า

$$\begin{aligned} VP_d &= (3,010.784 / 4,005)^2 \\ &= 0.565 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

5. พื้นที่หน้าตัดของช่องแคบที่อากาศไหลผ่าน (slot area)

= ความกว้างของช่องแคบ x ความยาวของช่องแคบ

$$= 5 \text{ ft} \times 25 \text{ ft}$$

$$= 125 \text{ ft}^2$$

6. ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ(slot velocity) : V_s

ดั่งสมการที่ (11)

แทนค่า

$$\begin{aligned} V_s &= (6,142 \text{ cfm} / 125 \text{ ft}^2) \\ &= 49.13 \text{ fpm} \end{aligned}$$

7. ความดันจลน์ของอากาศที่ผ่านช่องแคบ (slot velocity pressure): VP_s

ตามมาตรฐาน ACGIH

$$VP_s = 0.01 \text{ in.wg}$$

9. แฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลเข้าช่องแคบ (slot loss factor): h_{ed}
ค่าจากตารางที่ 5

ดั่งสมการที่ (12)

$$\text{แทนค่า } h_{cd} = 0.083$$

10. แฟกเตอร์การสูญเสียความดัน (acceleration loss factor) เนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าช่องแคบซึ่งจะมีค่าเป็น 1

11. การสูญเสียความดันที่ก่อลงมต่อความดันจลน์ของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ (Plenum loss per VP_s) = แฟกเตอร์การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลเข้าสู่ช่องแคบ + แฟกเตอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องจากความเร่งของอากาศ

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \\ &= 0.083 + 1 \\ &= 1.083 \end{aligned}$$

12. ค่าการสูญเสียความเร่งดันที่ก่อลงม หรือ ความดันสถิตย์ (plenum SP) = ค่าความดันจลน์ของอากาศซึ่งไหลผ่านช่องแคบ x ความสูญเสียที่ก่อลงมต่อความดันจลน์ของอากาศที่ไหลผ่านท่อ

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \\ &= (0.01) \times 1.083 \\ &= 0.010 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

13. แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด (hood entry loss factor): F_h เนื่องจากหัวดูดที่ออกแบบเป็นลักษณะกรวย (Cone) ตามตารางที่ 4 = 0.17

14. แฟกเตอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องมาจากความเร่งของอากาศ (acceleration loss factor) เนื่องจากความเร่งของอากาศที่ไหลเข้าช่องแคบซึ่งจะมีค่าเป็น 1

15. การสูญเสียความดันที่ทางเข้าต่อความดันจลน์ของอากาศที่ไหลผ่านท่อ (duct entry loss per VP_d) = แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด + แฟกเตอร์การสูญเสียความดันอันเนื่องมาจากความเร่งของอากาศ

ดั่งสมการที่ (13)

แทนค่า

$$= 0.17 + 1$$

$$= 1.17$$

16. การสูญเสียความดันที่ทางผ่านเข้าท่อ (duct entry loss) = หาได้จากความดันจลน์ของอากาศในท่อ x การสูญเสียความดันต่อความดันจลน์ของอากาศที่ไหลผ่านท่อ

แทนค่า

$$= 0.565 \times 1.17$$

$$= 0.661 \text{ in.wg}$$

17. ความดันสถิตย์ของหัวดูด (hood static pressure): SP_h = ค่าการสูญเสียความดันทั้งหมดที่เกิดกับหัวดูด

ดั่งสมการที่ (14)

แทนค่า

$$SP_h = 0.010 + 0.661$$

$$= 0.671 \text{ in.wg}$$

18. ความยาวของท่อ (straight duct length): L ดูจากการออกแบบกำหนด 25 ft

19. แฟกเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านท่อตรง (friction factor) : H_f ตามตารางที่ 6 วัสดุที่เป็นอลูมิเนียม

ดั่งสมการที่ (15)

แทนค่า

$$H_f = ((0.0425 \times 2,814.84 \text{ fpm})^{0.465}) / (6,142^{0.602})$$

$$= 0.0089$$

20. การสูญเสียความดันของท่อตรงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (friction loss per VP_d) = ความยาวของท่อ x แฟกเตอร์การสูญเสียความเสียดทาน

แทนค่า

$$= 25 \text{ ft} \times 0.0089$$

$$= 0.223$$

21. จำนวนของท่อนเอียง 90 องศา ที่ติดตั้งใน (No. of elbows) จำนวน 2 ท่อ

22. การสูญเสียความดันของท่อนเอียงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (elbows loss per VP_d) จากตารางที่ 7 การสูญเสียของท่อนเอียงหน้าตัดวงกลม ท่อนเอียง 90 องศา (R = 2D) จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียความดันต่อท่อนเอียง 1 ตัว $F = 1.13$ ช่วงต่อ 1-a มีท่อนเอียง 2 ตัว

ดั่งสมการที่ (16)

$$= 2 (1.13)$$

$$= 0.26$$

23. การสูญเสียความดันของท่อต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ (duct loss per VP_d) = การสูญเสียความดันของท่อตรงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ + การสูญเสียความดันของท่อนเอียงต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ

แทนค่า

$$= 0.223 + 0.26$$

$$= 0.483$$

24. การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านในท่อ (duct loss) = การสูญเสียความดันของท่อต่อความดันจลน์ของอากาศในท่อ x ความดันจลน์ของอากาศในท่อ

$$\begin{aligned} & \text{แทนค่า} \\ & = 0.483 \times 0.493 \\ & = 0.238 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

25. ค่าการสูญเสียความดันสถิตย์ทั้งหมดในท่อ (duct SP loss) = ความดันสถิตย์ของหัวดูด + การสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อ + ค่าการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์อื่นๆ

$$\begin{aligned} & \text{แทนค่า} \\ & = 0.671 + 0.238 \\ & = 0.909 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

26. ค่าการสูญเสียความดันสถิตย์สะสมของระบบท่อ (cumulative static pressure) = ผลรวมค่าการสูญเสียความดันสถิตย์ทั้งหมด ความดันดังกล่าวจะมีค่าเป็นลบเนื่องจากเป็นด้านดูด

$$= -0.909 \text{ in.wg.}$$

27. จุดเชื่อมต่อ a

การพิจารณาจุดเชื่อมต่อ a จะหาว่า ความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง 1-a (SP_{1-a}) = 0.305 in.wg.) มีค่าน้อยกว่าความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง 2-a (SP_{2-a} = 0.793 in.wg.) สามารถตรวจสอบอัตราส่วนความดันสถิตย์ของอากาศในท่อทั้งสอง โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} & \text{ดั่งสมการที่ (17)} \\ & \text{แทนค่า} \\ & = 0.35 / 0.793 \\ & = 0.384 \end{aligned}$$

ในกรณีที่ $SP_{\text{larger}} / SP_{\text{smaller}}$ มีค่าน้อยกว่า 1.05 ระบายจะปรับความสมดุลเองโดยไม่จำเป็นต้องทำสมดุลความดันเพราะถือว่าอยู่ในภาวะสมดุล

28. จุดเชื่อมต่อ ช่วง a – b

อัตราการไหลของอากาศ = ผลรวมระหว่างอากาศในช่วง 1 – a และ 2 – a

$$Q = 6,142 \text{ cfm} + 6,142 \text{ cfm} = 12,284 \text{ cfm}$$

จะเลือกใช้ท่อที่มีขนาดเท่าใด คำนวณจากสูตร

$$\begin{aligned} A &= Q/V \\ &= 12,284 \text{ cfm} / 3,000 \text{ cfm} \\ &= 4.09 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

ดั่งสมการที่ (18)

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{(4.09)}{3.14}} \\ &= 2.28 \text{ ft} \\ &= 27.39 \text{ in} \end{aligned}$$

จะเลือกใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 นิ้ว และมีค่าความดันสถิตย์ $SP_{a-b} = 0.214$ in.wg. หาค่า V_{Pr} เพื่อเปรียบเทียบจากสูตร

ดั่งสมการที่ (19)

$$\begin{aligned} &= (6,142 \text{ cfm} / 12,284 \text{ cfm}) (0.493 \text{ in.wg.}) + (6,142 \text{ cfm} / 12,284 \text{ cfm}) \\ &\quad (0.493 \text{ in.wg.}) \\ &= 0.493 \text{ in.wg.} \end{aligned}$$

จะเห็นว่า $VP_{a-b} > VPr$ (เนื่องจาก $VP_{a-b} = 1.80 \text{ in.wg.}$)

แสดงว่า อากาศในท่อช่วง a-b ถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มแต่เนื่องจาก

$$VP_{a-b} - VPr = 1.80 - 0.493 = 1.307 \text{ in.wg.}$$

ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.1 in.wg. ต้องปรับแก้ค่าความดันสถิตย์ที่ท่อหลักโดยใช้สมการ

ดั่งสมการที่ (20)

$$SP_{a-b} = -0.305 \text{ in.wg.} - (1.80 - 0.493) = 1.60 \text{ in.wg.}$$

จะเห็นว่าต้องเพิ่มความดันสถิตย์ที่จุดเชื่อมต่อ (ท่อหลัก) อีก 0.493 in.wg. โดยความดันสถิตย์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะถูกนำไปรวมกับความสูญเสียความดันในท่อหลัก จะได้ความดันสถิตย์สะสม

$$(-0.35 \text{ in.wg.}) + (-0.493 \text{ in.wg.}) = 0.843 \text{ in.wg.}$$

29. จุดเชื่อมต่อ b

พิจารณาที่จุดเชื่อมต่อ b จะพบว่าความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง a-b ($SP_{a-b} = 0.214 \text{ in.wg.}$) มีค่าน้อยกว่าความดันสถิตย์ของอากาศในท่อช่วง a-b ($SP_{3-b} = 0.793 \text{ in.wg.}$) และเมื่อตรวจสอบอัตราส่วนความดันสถิตย์ของอากาศในท่อทั้งสองช่วงโดยที่ $SP_{larger} = SP_{a-b} = 1.057 \text{ in.wg.}$ เป็นความดันสถิตย์ควบคุม

ดั่งสมการ (21)

$$= 1.057 \text{ in.wg.} / 0.793 \text{ in.wg.}$$

$$= 1.332 \text{ in.wg.}$$

เนื่องจาก $SP_{larger} / SP_{smaller} = 1.332$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.20 ดังนั้นต้องเพิ่มความต้านทาน ในการไหลโดยการปรับขนาดท่อช่วง 3-b

$$\begin{aligned} Hf_{b-c} &= a (Vd_{b-c})^b / (Q_{b-c}) \\ &= (0.042) (59.73) / 369.64 \\ &= 2.538 / 369.64 = 0.006 \end{aligned}$$

โดยใช้สูตรดังนี้

$$\begin{aligned} Q_{correct} &= Q_{design} \sqrt{\frac{SP_{larger}}{SP_{smaller}}} \\ &= Q_{design} \sqrt{\frac{(SP_{a-b})}{SP_{3-b}}} \\ &= 6,142 \sqrt{1.332} \\ &= 7,088 \text{ cfm} \end{aligned}$$

เมื่อ $Q_{correct}$ = อัตราการไหลที่ปรับแก้ของอากาศซึ่งไหลผ่านท่อแยกที่มีค่าความต้านทานน้อยกว่าค่าใหม่, cfm

เมื่อ Q_{design} = อัตราการไหลของอากาศในท่อแยกที่มีความต้านทานน้อยกว่าค่าเดิมก่อนปรับแก้ cfm

30. ช่วง b-c

$$\begin{aligned} Q &= 12,284 + 7,088 &= 19,372 &\text{ cfm} \\ A &= 19,372 / 3,000 &= 6.45 &\text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{4(6.45)} / 3.14 = 2.86 \text{ ft}$$

$$= 34.41 \text{ in}$$

ใช้ท่อขนาด 34 นิ้ว และมีค่าความดันสถิตย์ $SP_{b-c} = 0.289 \text{ in.wg.}$ เมื่อตรวจสอบค่าความดันจลน์ลัพท์ (VPr) ของอากาศที่จุดเชื่อมต่อ b พบว่า

ดั่งสมการที่ (22)

$$= (12,284 \text{ cfm} / 19,372 \text{ cfm}) (1.80) \text{ in.wg.} + (7,088 \text{ cfm} / 19,372 \text{ cfm}) (0.657) \text{ in.wg.}$$

$$= 1.141 + 0.24$$

$$= 1.381 \text{ in.wg.}$$

จะเห็นว่า $VP_{a-b} > VPr$ (เนื่องจาก $VP_{b-c} = 2.86 \text{ in.wg.}$) แสดงว่า อากาศที่ท่อหลักจะถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนของ

ดั่งสมการที่ (23)

$$= 1.206 - (2.86 - 1.381) / 1.479 = -0.273 \text{ in.wg.}$$

การคิดคำนวณช่วง

$$4 - d, 5 - d, d - e, 6 - e$$

ค่าการคำนวณจะมีค่าดังนี้ คือ

$$4 - d = 1 - a$$

$$5 - d = 2 - a$$

$$d - e = b - c$$

$$b - e = 3 - b$$

31. จุดเชื่อมต่อ e - c

$$\begin{aligned} \text{อัตราการไหลของอากาศ} &= \text{ผลรวมระหว่างช่วง d-e + e-f} \\ &= 12,284 + 7,088 \\ &= 19,372 \text{ cfm} \end{aligned}$$

ขนาดท่อที่ใช้ 34 นิ้ว

บันทึกค่าลงในกระดาดคำนวณ (ดูได้จากภาคผนวก)

32. จุดเชื่อมต่อ c - g

คำนวณหาขนาดของท่อและค่าการสูญเสียความดันโดยใช้อัตราการไหลของอากาศซึ่งเป็นผลรวมระหว่างอากาศในช่วง b - c และ e - f

$$\begin{aligned} Q &= 19,372 + 19,372 \\ &= 38,744 \text{ cfm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= Q/V = 38,744 \text{ cfm} / 3,000 \text{ cfm} \\ &= 12.91 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{4(12.91)^2} / 3.14 \\ &= 4.05 \text{ ft} = 48.67 \text{ in. ใช้ท่อมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง} \\ &D = 48 \text{ in.} \end{aligned}$$

33. ขนาดของพัดลมที่ใช้

ความดันสถิตย์ของพัดลมหาดังสมการที่ (24)

เมื่อ FSP	คือ ความดันสถิตยของพัดลม
$SP_{out let}$	คือ ความดันสถิตยของอากาศที่ทางออกของพัดลม
$SP_{in let}$	คือ ความดันสถิตยของอากาศที่เข้าของพัดลม
$VSP_{out let}$	คือ ความดันจลนัยของอากาศที่ออกของพัดลม
$SP_{out let}$	= + 0.016 in. wg
$SP_{in let}$	= - 2.267 in. wg
$VSP_{out let}$	= 0.561 in. wg
FSP	= (+ 0.016 in.wg) – (-2.267 in.wg) – (0.561 in.wg)

พัดลมที่นำมาใช้กับระบบนี้ต้องสามารถลำเลียงอากาศได้ในอัตรา 38,744 cfm ที่ความดันสถิตย 1.722 in. wg โดยเลือกใช้พัดลมแรงเหวี่ยงต้นกำลังขนาด 23 แรงม้า หัวดูดแบบช่องแคบ (Slot hood) ยาว 5 นิ้วกว้าง 25 นิ้ว จำนวน 6 หัว ใช้ท่อพีวีซี (PVC) ในการระบายอากาศจำนวน 13 ท่อ โดยมีขนาดและความยาวดังนี้

ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว จำนวน 7 ท่อยาวท่อละ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 นิ้ว จำนวน 2 ท่อยาวท่อละ 15 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 34 นิ้ว จำนวน 2 ท่อยาว 15 และ 25 ฟุต
 ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 นิ้ว จำนวน 2 ท่อยาว 15 และ 10 ฟุต
 ท่อเลี้ยวหน้าตัดกลม 90 องศา (Round elbow) จำนวน 11 ชิ้น

การเลือกพัดลม

เลือกใช้พัดลมยี่ห้อ National เพื่อความสะดวก โดยเปรียบเทียบกับกราฟคุณสมบัติขณะเชิงสมรรถนะของพัดลมรุ่น FY-36BCD-D ดังรูปที่ 58 โดยแสดงค่าดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการลำเลียงอากาศ} &= 38,744 \text{ cfm} \times 0.02832 \\ &= 1,097.23 \text{ cmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความดันสถิตยของพัดลม} &= 1.722 \text{ in.wg} \times 25 \\ &= 43.05 \text{ mm.wg} \end{aligned}$$

การเลือกพัดลมยี่ห้อ National ผู้ผลิตกำหนดให้เพิ่มอีก 15 % สำหรับค่าการสูญเสียจากมอเตอร์

$$\begin{aligned}\text{จะต้องเลือกพัดลมกำลังขนาด} &= 23 \times 1.15 \\ &= 26.45 \text{ แรงม้า}\end{aligned}$$

ภาคผนวก ข
คุณลักษณะของพัสดุที่ใช้ในระบบ

D/WDI CENTRIFUGAL FAN (BACKWARD CURVED BLADE)

FY-36BCD-D

Floor-Mount Type

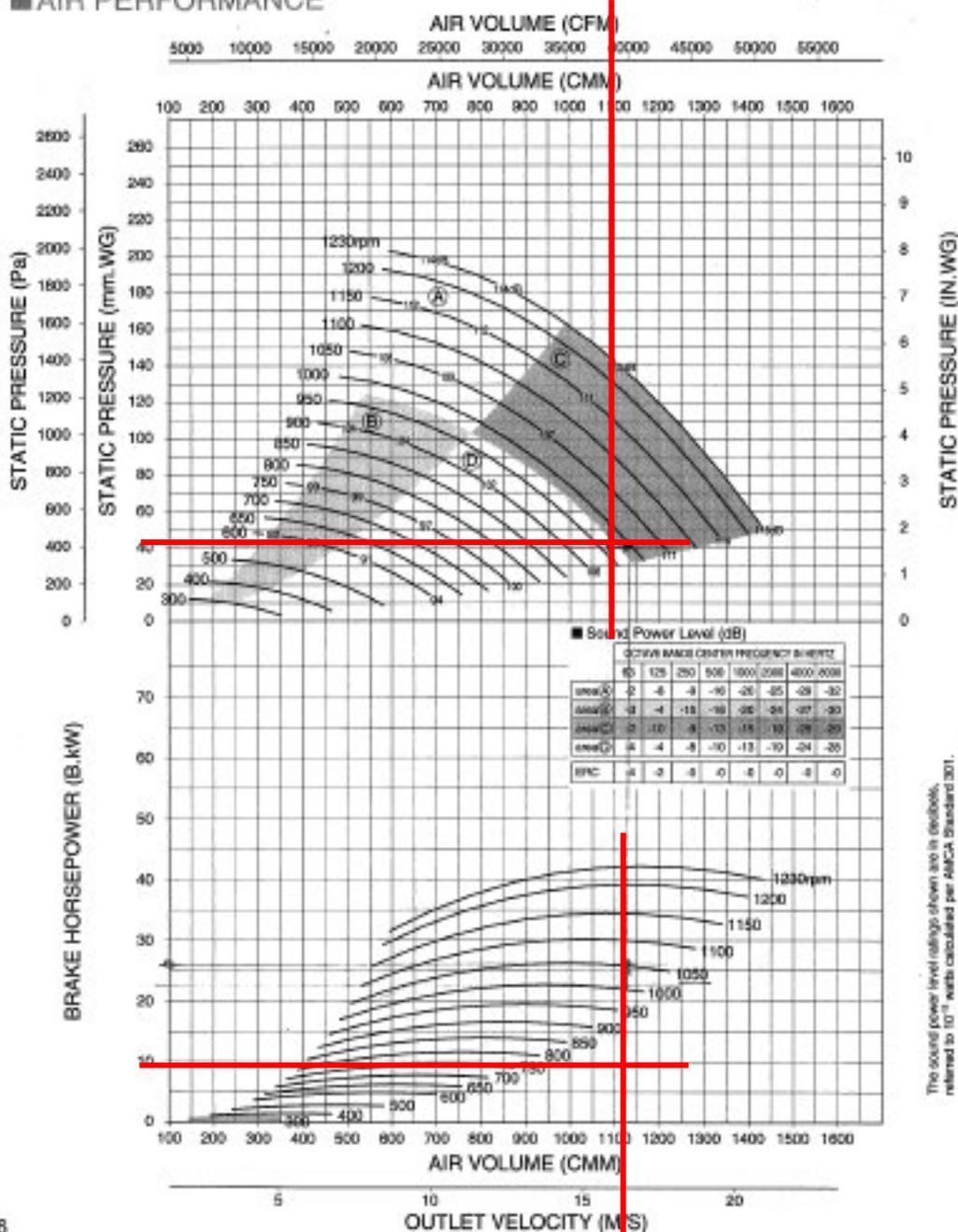
Wheel Diameter = 934.0 mm

Outlet Area = 1.1424 sq.m

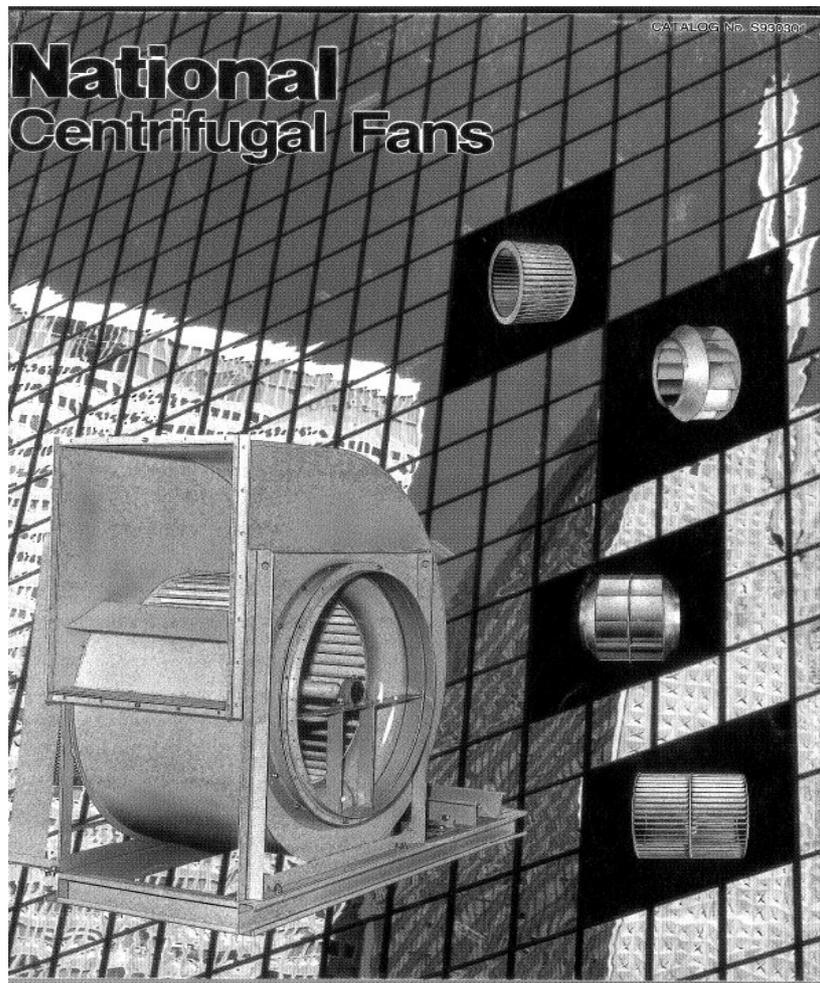
Maximum B.kW = $22.603 \times \left(\frac{\text{RPM}}{1000}\right)^3$

Tip Speed (m/s) = $0.0489 \times \text{RPM}$

AIR PERFORMANCE



ภาพผนวกที่ ข1 กราฟคุณลักษณะเชิงสมรรถนะของพัดลมรุ่น FY-36BCD-D



ภาพผนวกที่ ข2 พัดลมยี่ห้อ National รุ่น FY-36BCD-D

ภาคผนวก ค

ปัจจัยต่างๆ ค่าความสูญเสียต่างๆ ในการคำนวณระบบระบายอากาศ

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าคงที่ความเสียดทานของอากาศที่ภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อ

วัสดุที่ใช้ทำท่อ	a	b	c
เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (galvanized sheet steel)	0.0307	0.533	0.612
อะลูมิเนียม (Aluminium) เหล็กสแตนเลส (stainless steel)	0.0425	0.465	0.602
เหล็กดำ (black iron) และพีวีซี (PVC)			

ที่มา: นัตรชัย (ม.ป.ป.)

ตารางผนวกที่ ค2 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด

ลักษณะทางเข้าของหัวดูด	การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด (h_c)
ปากเรียบ ไม่มีหน้าแปลน (unflanged)	$0.93VP_d$ ($F_h = 0.93$)
ปากเรียบ มีหน้าแปลน (flanged)	$0.49VP_d$ ($F_h = 0.49$)
ล้อหินเจียรระไน (grinding hood)	$0.65VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย $F_h = 0.93$)
ปากระฆัง (bell mounth)	$0.40VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยใช้กรวย $F_h = 0.40$)
ช่องแคบ (slot)	$1.78VP_s$ ($F_h = 1.78$)
กรวย (cone)	แฟกซ์เตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h)
	องศา 15 30 45 60 90 120 150 180
	หน้าตัดวงกลม 0.15 0.08 0.06 0.08 0.15 0.26 0.40 0.50
	หน้าตัดสี่เหลี่ยม 0.25 0.16 0.15 0.17 0.25 0.35 0.48 0.50

ที่มา: นัตรชัย (ม.ป.ป.)

ตารางผนวกที่ ๓3 แฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเหลี่ยมหน้าตัดกลม

R/D	แฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor : F)					
	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
ผิวเรียบ	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12
5 ชั้น		0.46	0.33	0.24	0.39	0.17
4 ชั้น		0.50	0.37	0.27	0.24	0.23
3 ชั้น	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33

ที่มา: วิศวกร (ม.ป.ป.)

ภาคผนวก ง
ข้อมูลของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์

ข้อมูลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีและบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่าย

ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์: Sulfur dioxide

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิต/ผู้ส่ง

บริษัท: Kynochem (Pty) Limited

องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

ชื่ออื่น: Sulfurous oxide; Sulfur oxide, Sulfurous anhydride, anhydrous, 99.9%

CAS NO.: 7446-09-5

UN/ID No.: 1079

รหัส RTECS: WS455000

รหัส EUEINECS/ELINCS: 231-195-2

สูตรโมเลกุล: SO₂

การใช้ประโยชน์

ใช้เป็นสารทำให้สารลอยตัว , ในกระบวนการผลิตอาหาร , ใช้เป็นสารจับตะกั่ว , และในการรีไซเคิล

ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ

LD₅₀(มก./กก.) : (-)

LC₅₀(มก./ม³) : 6602/1

ชั่วโมง: (-)

IDLH(ppm): 100

ADI(ppm): -

MAC(ppm) : -

PEL-TWA(ppm) : 5

PEL-STEL(ppm) : -

PEL-C(ppm) : -	TLV-TWA(ppm) : 2
TLV-STEL(ppm) : 5	TLV-C(ppm) : -
พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535(ppm) : -	
พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 (ppm): -	
พรบ. ควบคุมยุทธภัณฑ์ พ.ศ. 2530: ชนิดที่ 1	
พรบ. กู้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) :	
เฉลี่ย 8 ชั่วโมง 5 ระยะสั้น	- ค่าสูงสุด
พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535: = ชนิดที่ 3	- สารเคมีอันตราย
หน่วยงานที่รับผิดชอบ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม	

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

สถานะ: เป็นก๊าซภายใต้สภาวะที่มีความดัน	สี: ไม่มีสี
กลิ่น: ชุนเฉพาะตัว	น้ำหนักโมเลกุล: 64
จุดเดือด(°ซ.): -10	จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(°ซ.): -76
ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1): 1.4	ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 2.3
ความหนืด(mPa.sec) : -	ความดันไอ(มม.ปรอท): 2538 ที่ 21°C
ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) : 23 ที่ 0°C	
ความเป็นกรด-ด่าง(pH) : - ที่ -°C	
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 2.62 มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ = 0.3 ppm ที่ 25°C	
ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ :	

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

สัมผัสทางหายใจ	- การหายใจเข้าไป จะก่อให้เกิดเป็นพิษ เกิดอาการบวมน้ำ (Edema) ในทางเดินหายใจ ไอของสารจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการน้ำท่วมปอด ซึ่งอาการนี้สามารถเกิดได้ตั้งแต่สัมผัสกับสาร 1 – 2 ชั่วโมง และอาจทำให้ตายได้
----------------	--

สัมผัสทางผิวหนัง	- การสัมผัสผิวหนัง การสัมผัสกับไอระเหยของสารที่มีความเข้มข้นสูง จะทำให้เกิดแผลไหม้
กินหรือกลืนเข้าไป	- การกินหรือกลืนเข้าไป จะทำให้เกิดแผลไหม้ในหลอดอาหารและกระเพาะอาหาร
สัมผัสดวงตา	- การสัมผัสดวงตา ทำให้เกิดการระคายเคือง เกิดแผลไหม้และอาจทำลายดวงตาได้
การก่อมะเร็ง ความผิดปกติ, อื่นๆ	- จะมีผลกระทบต่อระบบในร่างกาย ทำให้การหายใจถูกกด กระสับกระส่าย อึดอัด

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา

1. สารที่เข้ากันไม่ได้ : เบส แอมโมเนีย โลหะ โลหะออกไซด์ ฮาโลเจน สารประกอบฮาโลเจน ฮาโลเจนออกไซด์ ไฮไดรด์ ไนโตรเจนออกไซด์ เอไซด์ คาร์ไบด์ อะเซติไลด์ สารออกไซด์ อัลคีน เอมีน เอทีลินออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซิงค์ไดเอทิล
2. สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยง : ไม่มีข้อมูล
3. เป็นอันตรายเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ
4. สารนี้สามารถทำปฏิกิริยากับฮาโลเจน ลิเทียมไนเตรท โพแทสเซียมคลอเรต เมทเทิลอะเซทาไทด์ และโซเดียมไฮไดรด์ ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นเกิดเป็นโลหะที่มีฤทธิ์กัดกร่อนและโลหะออกไซด์ได้

การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ(°ซ.): ไม่เกิดการเผาไหม้	จุดจุดติดไฟได้เอง(°ซ.): -
ค่า LEL % : -	UEL % : -
LFL % : -	UFL % : -
NFPA Code : -	

1. ไอรระเหยจะหนักกว่าอากาศ
2. ใช้น้ำกำจัดไอรระเหย เพื่อลดอุณหภูมิของถังบรรจุด้วยน้ำและป้องกันไม่ให้ น้ำที่ใช้ดับเพลิงแล้ว ไหลลงสู่แหล่งน้ำบนดินหรือใต้ดิน
3. สารดับเพลิงให้ใช้สารดับเพลิงที่เหมาะสมกับวัสดุที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง
4. ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) และชุดป้องกันสารเคมี
5. ให้น้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่ถูกเพลิงไหม้

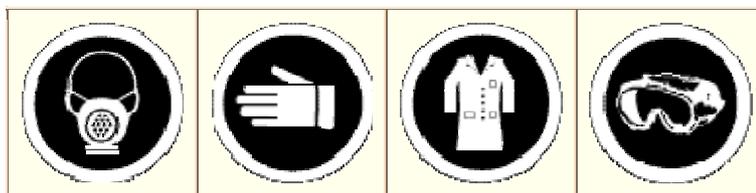
การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

1. เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิดเมื่อไม่ได้ใช้งาน
2. เก็บในที่ที่เย็นและอากาศถ่ายเทได้ดี
3. เก็บห่างจากแสงอาทิตย์
4. เก็บภายใต้ความดันและจัดให้มีวาล์วควบคุมความดัน
5. เก็บห่างจากสารที่ไหม้ไฟได้และแหล่งเกิดประกายไฟ
6. อย่าหายใจเอาไอรระเหยของสารนี้เข้าไป
7. หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผิวหนังและตา
8. เข้าได้เฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาต
9. ชื่อทางการขนส่ง : Sulphur Dioxide
10. ประเภทอันตราย : 2.3
11. รหัส UN : 1079
12. ประเภทการบรรจุหีบห่อ : กลุ่ม II

การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

1. วิธีการปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุกรณีรั่วไหล ให้เคลื่อนย้ายแหล่งของการจุดติดไฟทั้งหมดออกไป

2. ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว
3. ใช้การฉีดน้ำเป็นฝอยเพื่อลดการเกิดไอระเหย
4. ให้เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุสารออกไปอยู่ในบริเวณที่ปลอดภัย



ข้อเสนอแนะการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPD/PPE) :

1. ข้อเสนอแนะในการเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ
2. สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 20 ppm. : ให้เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10
3. สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 50 ppm. : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจประเภทที่ใช้การส่งอากาศสำหรับการหายใจ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 25
4. สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 ppm. : ให้เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจ ซึ่งใช้สารเคมีประเภทที่เหมาะสมเป็นตัวดูดซับในการกรอง (Cartridge) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า (gas mask) ซึ่งมี canister ประเภทที่เหมาะสม โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อม tight - fitting facepiece ซึ่งมี canister ประเภทที่เหมาะสม โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อม tight - fitting facepiece ซึ่งมีการทำงานของอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้

อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50

5. ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสถานะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) หรือแบบที่ใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว และแบบความดันภายในเป็นบวก (combination with an auxiliary self-contained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000

6. ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า อุปกรณ์กรองอนุภาคประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) หรือให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินพร้อมอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50

การปฐมพยาบาล (First Aid)

- | | |
|--------------------|---|
| หายใจเข้าไป: | - ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายผู้ป่วยและจัดให้ผู้ป่วยอยู่ในท่าที่สบาย พร้อมถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนสารเคมีออก ล้างทำความสะอาดเสื้อผ้าด้วยน้ำอย่างน้อย 20 นาที นำส่งไปพบแพทย์ |
| กินหรือกลืนเข้าไป: | - ถ้ากลืนกินหรือเข้าไป ให้ผู้ป่วยบ้วนล้างปากด้วยน้ำ ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ 200 – 300 มล. นำส่งไปพบแพทย์ทันที |
| สัมผัสถูกผิวหนัง: | - ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ทำการล้างหรืออาบน้ำ นำส่งไปพบแพทย์ทันที |

- สัมผัสถูกตา : - ถ้าสัมผัสถูกตา ให้นิดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆ อย่างน้อย 20 นาที โดยการถ่างเปลือกตาให้น้ำไหลผ่าน นำส่งไปพบแพทย์ทันที
- อื่น ๆ : -

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

1. ห้ามทิ้งลงสู่ระบบน้ำ น้ำเสีย หรือดิน
2. ผลกระทบทางชีวภาพ : เป็นพิษต่อปลาและสาหร่าย ผลในการฆ่าแบคทีเรีย

การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 6004

OSHA NO.: -

วิธีการเก็บตัวอย่าง: หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์: แก๊สโครมาโตกราฟี

ข้อมูลอื่นๆ:

- การเก็บตัวอย่างใช้ : cellulose ester membrane
- อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง : 0.5 ถึง 1.5 ลิตรต่อนาที
- ปริมาตรเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด : ต่ำสุด 4 ลิตร สูงสุด 200 ลิตร

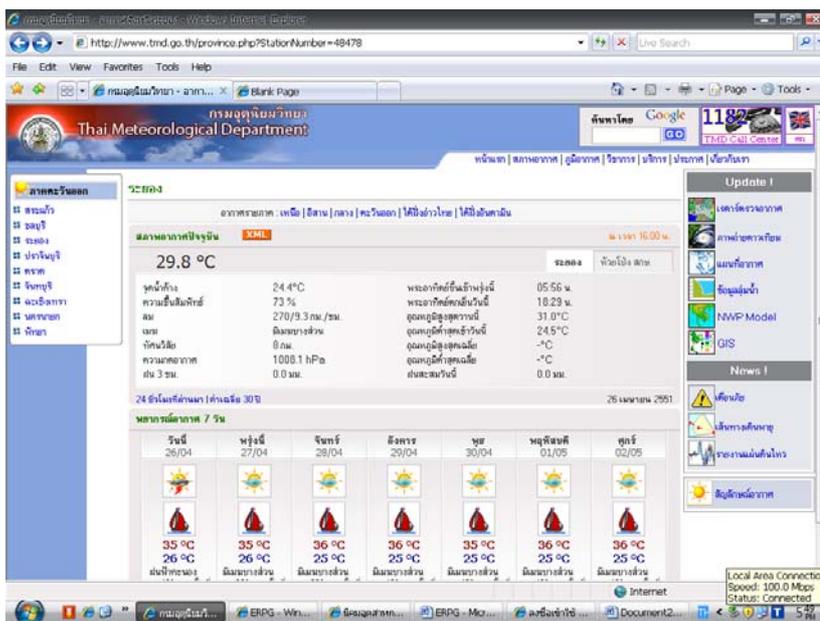
ขั้นตอนการปฏิบัติงานฉุกเฉิน (Emergency Response)

AVERS Guide: 07

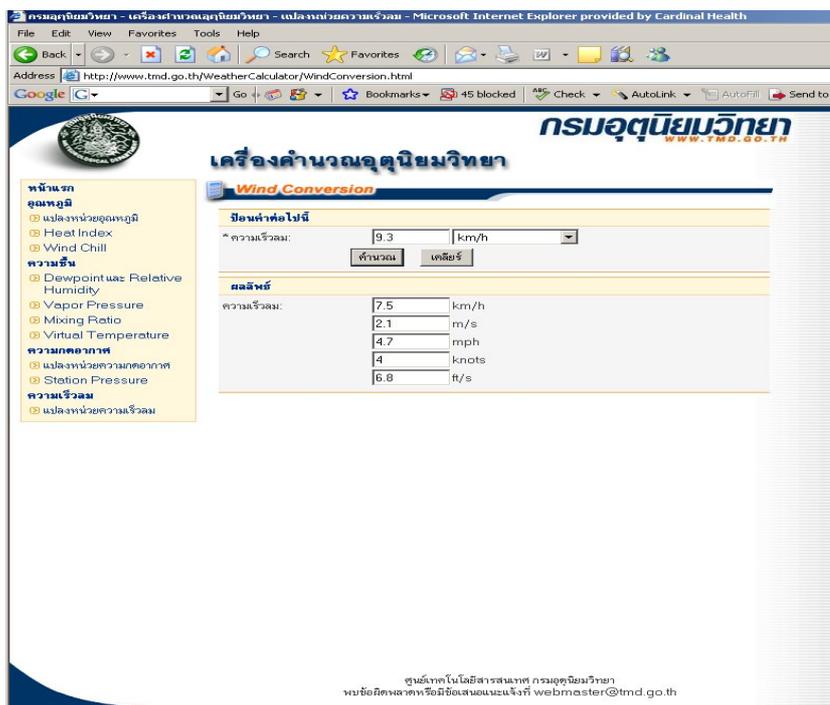
DOT Guide : 125

กรณีฉุกเฉินโปรดใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติเหตุจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650 ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมโปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447, 0 229

ภาคผนวก จ
ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดระยอง



ภาพผนวกที่ จ1 สภาพภูมิอากาศจังหวัดระยอง



ภาพผนวกที่ จ2 โปรแกรมการแปลงหน่วยความเร็วลม

ที่มา: <http://www.tmd.go.th> (2008)

ตารางผนวกที่ จ1 สภาพภูมิอากาศจังหวัดระยองเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2504 – พ.ศ. 2533)

เดือน	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	ปริมาณฝน (มม)	จำนวนวันฝนตก (วัน)
มกราคม	20.5	31.0	17.3	2
กุมภาพันธ์	24.4	31.5	40.2	4
มีนาคม	26.2	32.2	65.1	4
เมษายน	27.0	33.2	65.5	6
พฤษภาคม	26.8	32.6	189.8	15
มิถุนายน	26.9	31.8	149.3	13
กรกฎาคม	26.3	31.5	132.5	12
สิงหาคม	26.4	31.2	128.4	14
กันยายน	25.2	31.3	247.5	17
ตุลาคม	24.4	31.5	216.4	15
พฤศจิกายน	23.1	31.8	83.6	8
ธันวาคม	20.1	31.1	3.8	1

ที่มา: <http://www.tmd.go.th> (2008)

ภาคผนวก จ
การติดตั้งโปรแกรม ALOHA

การติดตั้งโปรแกรมอโลฮา (ALOHA) เพื่อใช้งานระบบจัดการวินโดว์ (WINDOWS)

หน่วยความจำและพื้นที่ในฮาร์ดดิสก์ที่โปรแกรมต้องการในเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบจัดการวินโดว์ประมาณ 2.5 Megabytes

วิธีการติดตั้งโปรแกรมอโลฮา (ALOHA)

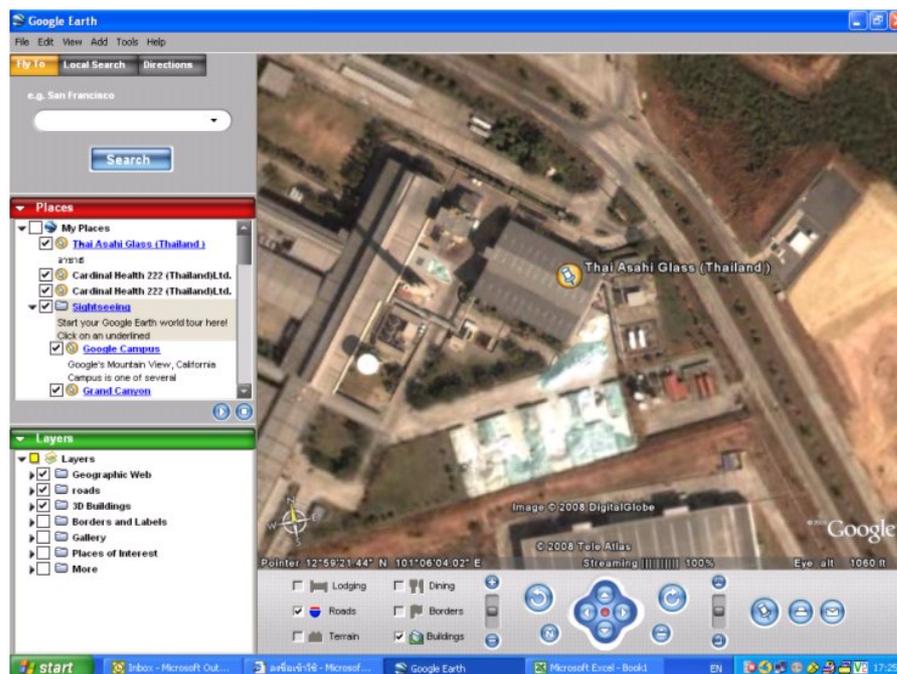
1. ปิดโปรแกรมทั้งหมดที่เปิดในวินโดว์ก่อนเริ่มการติดตั้งโปรแกรมอโลฮา (ALOHA)
2. ใส่แผ่นโปรแกรมอโลฮาในเครื่องคอมพิวเตอร์
3. ดับเบิ้ลคลิกบนไอคอนรูปโปรแกรมอโลฮา (ALOHA)
4. ทำตามคำสั่งบนหน้าจอในการติดตั้ง
5. หลังจากการติดตั้งเสร็จสิ้นให้รีสตาร์ท (RESTART) เครื่อง

การใช้งานโปรแกรมอโลฮา (ALOHA)

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเปิดไอคอนสตาร์ทเมนู (START MENU)
2. เลือกโปรแกรม
3. คลิกเลือกที่โปรแกรมอโลฮา (ALOHA)

ภาคผนวก ข

การใช้งาน Google Earth เพื่อหาพิกัดที่ตั้งเพื่อลงในรายการของโปรแกรมฮิโลฮา (ALOHA)



ภาพผนวกที่ ข1 ที่ตั้งโรงงานกระจกไทยอาซาฮีโรงงานระยอง

บริเวณ Place Panel คือรายการแผนที่ที่เราเคยปักหมุดทั้งไฟล์แผนที่ของเราเองหรือไฟล์แผนที่ของคนอื่นที่ส่งมาให้ดู ซึ่งจะถูกรวบรวมไว้ เราสามารถคลิกไปยังชื่อหมุดก็จะแสดงแผนที่ทันที



ภาพผนวกที่ ข2 รายการแผนที่ที่ปักหมุด

เราสามารถแปลงไฟล์แผนที่ใน Google Earth ให้เป็นไฟล์รูปภาพที่มีนามสกุล .jpg ได้ โดยการเลือก Program file เลือก Save และ เลือกที่ Save Image



ภาพผนวกที่ ข3 ภาพโรงงานกระจกไทยอาซาฮีโรงงานระยอง ที่บันทึกไฟล์แผนที่จาก Google Earth

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายณัฐพล ทองทั่ว
สถานที่เกิด	อำเภอคำเขื่อนแก้ว จังหวัดยโสธร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี (ไฟฟ้าสื่อสาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยอาวุโส
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท คาร์ดิแนล เซลท์ 222 (ประเทศไทย) จำกัด