ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย | วิศวกรรมศาสตร์

สาขา | **คณะ**

เรื่อง การวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตและระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง

Analysis of Plant Layout and Spacing for Major Unit in Aromatics Plant for Fire Prevention and Fatal Accidents

นามผู้วิจัย นายสิทธิชัย ริยาพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตและระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง

Analysis of Plant Layout and Spacing for Major Unit in Aromatics Plant for Fire Prevention and Fatal Accidents

โดย

นายสิทธิชัย ริยาพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิชัย ริยาพันธ์ 2557: การวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตและระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D. 107 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการ วิเคราะห์ผังกระบวนการผลิต และระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรง ซึ่งปัญหาการเกิดอัคคีภัยในโรงงานปิโตรเคมีหากเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลทำให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรงได้ วัตถุประสงค์ในการวิจัย เพื่อตรวจสอบผังกระบวนการผลิต และระยะห่างของหน่วยผลิตหลักโดยเทียบกับมาตรฐานสากลของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering (CCPS) และเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมกิจกรรมด้านความปลอดภัยในกระบวนการผลิต นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรง พร้อมทั้งเสนอข้อแนะนำในการปรับปรุง

โรงอะโรเมติกส์ประกอบด้วยวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ทั้งหมดมี 13 ชนิด แบ่งเป็น Class 1A, Class 1B, Class 1C และ Class II ตาม NFPA 30 โรงงานมีการแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน คือ พื้นที่กระบวนการผลิต พื้นที่ถังกักเก็บ และพื้นที่อาคารต่าง ๆ

จากผลการศึกษาระยะห่างของหน่วยผลิตหลัก และอาคารต่าง ๆ เทียบกับมาตรฐานของ CCPS พบว่าระยะห่างของถังกับเก็บกับถังกักเก็บที่มีระยะน้อยกว่าที่กำหนดตาม Table C ข้อ 5.9 รวม 5 จุด ระยะห่างของหน่วยผลิตหลักที่มีระยะน้อยกว่าที่กำหนดตาม Table E Multi-unit blowdown drums รวม 2 จุด และ Table E Grade level flares รวม 5 จุด ระยะห่างของหน่วยผลิตกับพื้นที่อาคารที่มีระยะน้อยกว่าที่กำหนดตาม Table D ข้อ 5.6.3 จำนวน 1 จุด ทั้งนี้ CCPS ได้เสนอวิธีป้องกันโดยจัดให้มีกิจกรรมด้านความปลอดภัยในกระบวนการผลิต ตรวจอุปกรณ์ดับเพลิงให้เพียงพอและใช้งานได้ ทบทวนการคำนวณรัศมีความร้อนของ Grade level flare และจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉินภายในพื้นที่ที่ไม่ผ่านตามข้อเสนอแนะของ CCPS

_____ / _____ / _____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sittichai Riyapan 2014: Analysis of Plant Layout and Spacing for Major Unit in Aromatics Plant for Fire Prevention and Fatal Accidents. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Surachai Radakarn, Ph.D. 107 pages.

This research is the study of the analysis of plant layout and spacing for major unit in aromatics plant for fire prevention and fatal accidents which fire case in petrochemical plant can cause the fatal accident. The purpose of research is conducted by reviewing the analysis of plant layout and spacing for major unit comparing to Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering (CCPS) standard for support and promote the safety activity in production unit. The result of the study are used to analyze the fire safety and fatal accident and provided the recommendations for improvement.

The aromatics plant has 13 chemical substances of material and chemical products are selected, the NFPA30 is used to classify the safe storage and location of mentioned chemical substances in Class IA, Class IB, Class IC and Class II. The plant layout is separated into 3 sections i.e. process, storage tanks and building area

The study showed that there are non-conformity from CCPS as follows; tank to tank spacing is less than guildline table C text references 5.9 for 5 findings, spacing of major unit is less than guildline table E Multi-unit blowdown drums for 2 findings and table E Grade level flares for 5 findings, spacing of process unit to building area is less than guildline table D text references 5.6.3 for 1 findings. The result of the study can conclude the recommendation of prevention and improvement from CCPS, is required to provide process safety management, review fire equipment which are substandard point, review heat radius at grade level of flare, provide the emergency exercise in case of chemical leakage at the area of non-compliance as recommended.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา, ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยรุ่น 11 ทุกคนสำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือในการเรียนมาโดยตลอด เจ้าหน้าที่โครงการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่คอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณ จำเนียรแสงอรุณ ผู้จัดการส่วนความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน และ คุณ วีระศักดิ์ วาจารสัตย์ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยอาวุโส บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5 รวมถึงพนักงานทุกคน สำหรับกำลังใจและการช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้และความสำเร็จในการศึกษาของข้าพเจ้า ขอมอบเป็นความภูมิใจให้แด่คุณแม่พิสมัยและคุณพ่อสมศักดิ์ ริยาพันธ์ ผู้ที่มีพระคุณอย่างสูงสุดในชีวิตสำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมการศึกษามาโดยตลอด

สิทธิชัย ริยาพันธ์

มิถุนายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	6
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	44
ผล	44
วิจารณ์	71
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	76
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก ผังแสดงระยะทางที่ปลอดภัยในกรณีเกิดเพลิงไหม้	80
ภาคผนวก ข ผังโรงงาน อะโรเมติกส์ 2 ที่ใช้ทำการศึกษา	84
ภาคผนวก ค มาตรฐาน NFPA 704	87
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการเลือกประเภทของถังเก็บของเหลวโดยใช้ประเภท (Liquid Classification) และจุดวาบไฟ (Flash Point) ของของเหลว	40
2	แสดงพื้นที่ชุนชน ในรัศมี 5 กิโลเมตรจากโรงงานอะโรเมติกส์	46
3	ลมประจำฤดูที่สำคัญของพื้นที่ตั้งโรงงาน อะโรเมติกส์ 2	49
4	ตารางสรุปการแบ่งประเภทสารเคมีตามข้อกำหนด NFPA 30	51
5	ปริมาณการใช้วัตถุดิบ แหล่งที่มา และการขนส่งของโรงอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2	52
6	คุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 และข้อมูลด้านความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet)	53
7	รายละเอียดกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์พลอยได้โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2	54
8	องค์ประกอบหลักและคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 รวมถึงข้อมูลความปลอดภัย	55
9	สรุปประเภทสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ตามแนวทาง NFPA 30	56
10	การกักเก็บของระบบถังเก็บในพื้นที่ลานถังโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2	57
11	รายละเอียดของถังกักเก็บในเรื่องของลักษณะ ขนาด และคันกั้นในพื้นที่ลานถัง	59
12	ระยะห่างของถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A)	61
13	ระยะห่างของถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B)	62
14	ระยะห่างของ ถังกักเก็บลาน C (Tank Farm C)	64
15	ระยะห่างของถังกักเก็บลาน D (Tank Farm D)	65
16	ระยะห่างของถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E)	65
17	ระยะห่างของถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F)	66
18	ระยะห่างพื้นที่กระบวนการผลิต	66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ระยะห่างระหว่างอาคารต่าง ๆ กับ เขตโรงงาน, สาธารณูปโภค และกระบวนการผลิต	68
20	ระยะห่างระหว่างอาคารต่าง ๆ กับ ท่อส่งสารเคมี ถังความดันสูง และพื้นที่โหลดสาร	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	PTTGC Aromatics Process Safety Benchmarking 2012	4
2	กระบวนการผลิตของโรงงานอะโรเมติกส์ บมจ. พีทีทีโกลบอลเคมิคอล สาขา 5	18
3	Layers of Safety	25
4	Block Layout Concept (1 ft equals .305 m; 1 acre equals 4046.8 m^2)	26
5	แบบโครงสร้างของ Column Supported Cone Roof	36
6	แบบโครงสร้างของ Truss Supported Cone Roof	37
7	การเกิดไอระเหยภายในถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank)	38
8	ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank) ลักษณะแบบหลังคาปิดภายนอก (Internal Floating Roof)	39
9	ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank)ลักษณะหลังคาแบบเปิดภายนอกด้านบน (External (Open Top) Floating Roof)	39
10	ที่ตั้งโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5	45
11	อาณาเขตของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5	47
12	การแบ่งพื้นที่ (Block Layout) ภายในโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5	48
13	ที่ตั้งโรงงานกับทิศทางลมประจำฤดู	50
14	การแบ่งพื้นที่ลานกักเก็บสาร (Tank Farm) ในโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก1	ระยะห่างของถังกักเก็บที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้	81
ก2	ระยะห่างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้	82
ก3	ระยะห่างพื้นที่กระบวนการผลิต ที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้	83
ข1	แผนผังแสดงพื้นที่กักเก็บสารเคมี (Tank Farm)	85
ข2	แผนผังแสดงพื้นที่กระบวนการผลิต Aromatics 2	86
ค1	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 1.	88
ค2	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 2.	89
ค3	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 3.	90
ค4	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 4.	91
ค5	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 5.	92
ค6	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 6.	93
ค7	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 7.	94
ค8	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 8.	95
ค9	มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 9.	96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค10 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 10. 97

ค11 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 11. 98

ค12 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 11. 99

ค13 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 13. 100

ค14 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 14. 101

ค15 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 15. 102

ค16 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 16. 103

ค17 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 17. 104

ค18 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 18. 105

ค19 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 19. 106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตและระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง

Analysis of Plant Layout and Spacing for Major Unit in Aromatics Plant for Fire Prevention and Fatal Accidents

คำนำ

อุตสาหกรรมปิโตรเลียม และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำเอาสารเคมีประเภทปิโตรเลียมมาทำการกลั่นแยก หรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลโดยการใช้ความร้อน ความดัน หรือการทำปฏิกริยาเคมี เพื่อให้เกิดสารเคมีตัวใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อมนุษย์ในรูปของพลังงาน หรือวัตถุดิบที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จากอดีตถึงปัจจุบัน อุตสาหกรรมปิโตรเลียม และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในแง่ของการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต การสร้างสารเคมีตัวใหม่ ๆ เพื่อมาทดแทน วัตถุดิบในธรรมชาติ เช่น ไม้ เหล็ก หรือกระดาษ บนเส้นทางของการเรียนรู้และการพัฒนาความผิดพลาดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นควบคู่มากับความสำเร็จเสมอ ทั้งในประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยี และประเทศผู้ใช้เทคโนโลยี ผลจากความผิดพลาดหลายครั้งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก เช่น คนงานได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต และชุมชนได้รับผลกระทบจากการได้รับสัมผัสสารเคมีหรือไฟไหม้ทำให้เกิดการได้รับบาดเจ็บทันที หรือการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว

ตัวอย่างของอุบัติเหตุที่ร้ายแรงในโรงงานปิโตรเลียมและปิโตรเคมีมีหลายเหตุการณ์ เช่น ในวันที่ 1 มิถุนายน ค.ศ.1974 ฟลิกซ์โบโร่ (Flixborough) ประเทศสหราชอาณาจักร เนื่องจากการออกแบบและการจัดการความเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้รับการควบคุมอย่างเพียงพอได้นำสู่ไปการรั่วไหลของสารพิษ ประมาณ 30 ตัน จากโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ส่งผลให้เกิดการระเบิดจากไอของสารไวไฟ ทำให้เกิดความเสียหายเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร ผู้คนเสียชีวิต 28 ราย บาดเจ็บ 89 ราย กรณีต่อไป ในวันที่ 10 กรกฎาคม ค.ศ. 1976 เซเวโซ (Seveso) ประเทศอิตาลี เนื่องจากไม่สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนทำให้ปริมาณสารเคมีอันตรายที่อยู่ภายในเตาปฏิกรณ์ไหลผ่าน ฝาครอบปะทุ และระบบระบายความดันทำให้ไอที่เป็นพิษและมีฤทธิ์กัดกร่อนของสารเคมีอันตรายรั่วไหลออกมาท่ามกลางสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น พบว่ามีการใช้วิธีการทำปฏิกิริยาที่อันตรายกว่าที่ควรจะเป็นและการปล่อยปละละเลยให้มีการดำเนินงานที่เป็นอันตรายโดยขาดผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ควบคุมเตาปฏิกรณ์ของการเปลี่ยนกะในเช้าวันเสาร์ ทำให้ระบบหล่อเย็นไม่เพียงพอ รวมกับการขาดความรับผิดชอบและการสื่อสารของผู้บริหารของบริษัทและการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในระดับท้องถิ่น ซึ่งหมายถึงว่า มาตรการในการป้องกันการได้รับไอสารพิษของประชาชน และการชะล้างสิ่งปนเปื้อนในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเป็นไปอย่างล่าช้าอย่างมาก มีผู้ได้รับอันตรายเป็นจำนวนมาก มีผู้คนประมาณ 410 ราย ถูกกัดกร่อนเป็นแผลไหม้จากโซดาไฟ อพยพประชาชนมากกว่า 5,700 คน จากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไอสารพิษ พื้นที่บริเวณโดยรอบได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง สัตว์เลี้ยงถูกฆ่าตายจำนวนมาก ตามมาตรการป้องกันการแพร่ระบาด สำหรับเหตุการณ์ในเม็กซิโกซิตี้ ในวันที่ 19 พฤศจิกายน ค.ศ. 1984 การแตกร้าวของท่อส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวขนาด 200 มิลลิเมตร ระหว่างถังเก็บทรงกระบอกและทรงกลม ทำให้มีการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที ซึ่งส่งผลให้กิดกลุ่มควันขนาดใหญ่ที่ติดไฟ ทำให้เกิดการระเบิดและลุกติดไฟ จากการลุกติดไฟนี้ที่ ก่อให้เกิดการระเบิดไปยังสถานีเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างต่อเนื่อง สาเหตุที่ เกิดขึ้นนี้เนื่องจากระบบการตรวจจับก๊าซไม่มีประสิทธิภาพและขาดแผนฉุกเฉินในการกั้นแยก ทำให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก เนื่องจากสถานที่ตั้งของก๊าซปิโตรเลียมเหลว อยู่ใกล้กับบริเวณที่พักอาศัยของประชาชน สถานประกอบการได้รับความเสียหายทั้งหมด สาเหตุการเกิดอุบัติภัยเนื่องจากการขาดระบบการป้องกัน รวมทั้งการวางแผนผังที่ตั้งอาคาร แผนฉุกเฉินในการกั้นแยก และระบบสเปรย์น้ำดับเพลิง เมื่อระบบน้ำดับเพลิงของสถานีไม่สามารถดับไฟในระยะเริ่มต้นได้ รวมทั้งไม่มีระบบตรวจจับก๊าซ จึงทำให้สายเกินไปที่จะทำการกั้นแยกในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินทำให้เกิดการเสียชีวิต 650 ราย บาดเจ็บอีก 6,400 ราย

อีกเหตุการณ์หนึ่งซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานความปลอดภัยในการกระบวนการผลิตสารเคมี นั้นก็คือ ในวันที่ 3 ธันวาคม ค.ศ. 1984 เมืองโบพาล (Bhopal) ประเทศอินเดีย เกิดกลุ่มควันของสารพิษออกมาจากโรงงานผลิตสารกำจัดศัตรูพืช ถือเป็นอุบัติภัยจากสารเคมีอันตรายร้ายแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ น้ำที่เติมเข้าไปยังถังเก็บนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีรุนแรง มีความดัน และอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซพิษออกจากถังเก็บและได้แพร่กระจายไปยังพื้นที่บริเวณโดยรอบเป็นระยะทางมากกว่า 8 กิโลเมตร โรงงานแห่งนี้ตั้งอยู่ในบริเวณชุมชนแออัดที่มีคนงานอาศัยอยู่ และไม่มีระบบเตือนภัยในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ทำให้มีคนเสียชีวิตจำนวนมาก และทำให้บางคนตาบอดและเจ็บป่วยเนื่องจากได้รับสารเคมีอันตรายดังกล่าว สาเหตุการเกิดอุบัติภัยและผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากโรงงานแห่งนี้มีการเก็บสารพิษไว้ในปริมาณมาก ขาดมาตรการด้านความปลอดภัยและการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ขาดการบริหารจัดการของพื้นที่ตั้งโรงงาน ที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่พักอาศัยของประชาชนจำนวนมาก ทำให้ประชาชนที่อยู่รอบ ๆ บริเวณโรงงาน เสียชีวิต มากกว่า 3,000 ราย

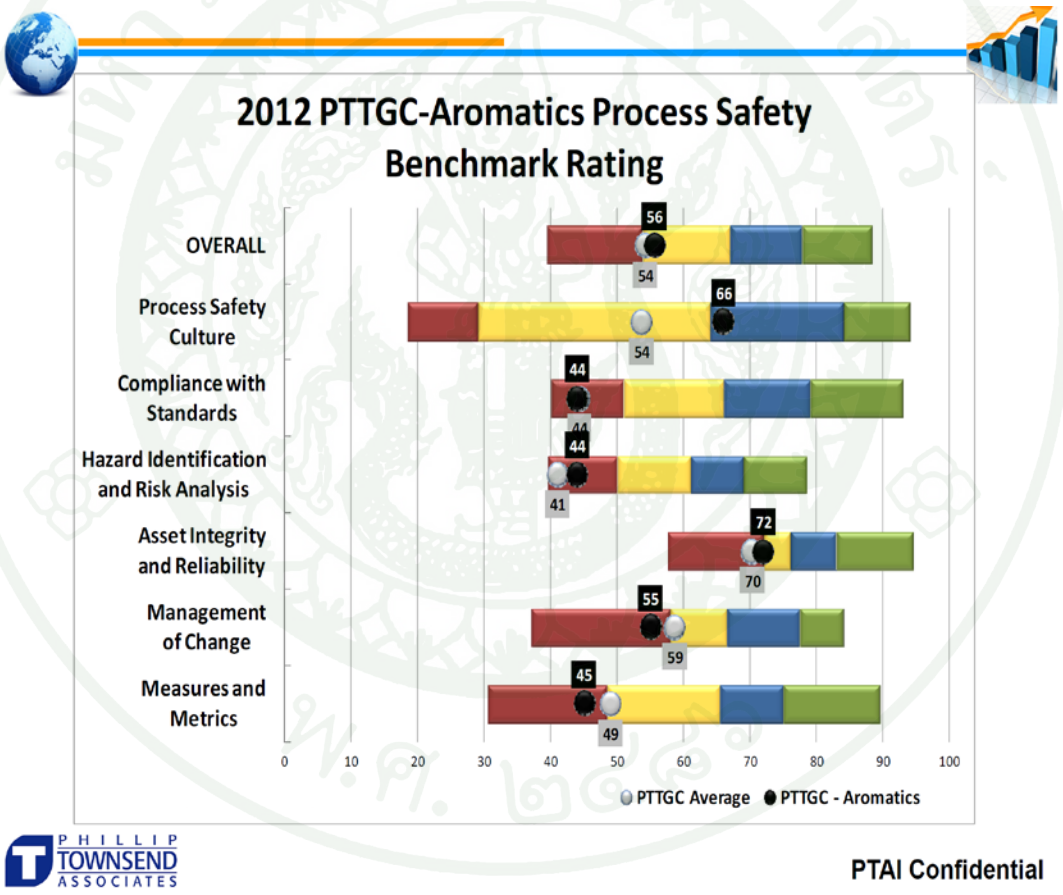
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนในวัน 11 ธันวาคม ค.ศ.2005 เมืองบันซีฟิล(Buncefiel) สหราชอาณาจักร เกิดน้ำมันปิโตรเลียมจากท่อส่งล้นออกมาจากถังบรรจุน้ำมันขนาดใหญ่ในปริมาณมาก ส่งผลทำให้เกิดการระเบิดและไฟไหม้ถังเก็บน้ำมันอีก 22 ถัง สาเหตุเกิดจากขาดการควบคุม เรื่องระบบการควบคุมการเติมสารและมาตรวัดระดับ รวมทั้งระบบการควบคุมการล้นถังที่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารโรงงานที่อยู่ข้างเคียง และทรัพย์สินของผู้ที่พักอาศัยอยู่โดยรอบ ไม่มีการสูญเสียชีวิต และเกิดการบาดเจ็บไม่มากนัก ทั้งนี้ เนื่องจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นในช่วงเช้าของวันอาทิตย์ แต่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินจำนวนมากภายในรัศมี 400 เมตร หน้าต่างที่อยู่ไกลออกไปหลายกิโลเมตรได้รับความเสียหาย

จะเห็นได้ว่าอุบัติเหตุเหล่านั้นได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อโรงงานปิโตรเลียม และอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี รวมถึงชุมชนใกล้เคียง การเกิดเพลิงไหม้และการแพร่กระจายของสารเคมีเมื่อมีการรั่วไหลนั้นขยายไปในวงกว้าง ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิดอุบัติเหตุ ในฟลิกซ์โบโร่ ซึ่งมีผลให้มีผู้เสียชีวิต เนื่องจาก ระยะห่างที่ไม่เพียงพอระหว่างอาคาร ที่กำลังทำงานอยู่ (ห้องพัก/ห้องควบคุม)และอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตเมื่ออุปกรณ์ที่มีสารเคมีอันตรายอยู่ใกล้ พื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นมีผลในการ เกิดภัยพิบัติร้ายแรง เช่นเหตุการณ์ ในเซเวโซ และโบพาล ได้มีการรั่วของ ก๊าซพิษที่ปล่อยออกมาทำให้เกิดความเสียหายไม่เพียง แต่คนงานภายในโรงงานแต่ยังส่งผลให้ประชาชนที่ อาศัยอยู่ในพื้นที่ โดยรอบได้รับอันตรายไปด้วย ส่วนกรณี ในเมืองบันซีฟิล (Buncefiel) ผู้คนไม่ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต แต่ทว่าอาคารบ้านเรือนต่าง ๆ เสียหายอย่างมาก จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาตามหลักการลำดับชั้นของความปลอดภัย (Layers of Safety) ก็จะเห็นได้ว่านอกจากจะต้องออกแบบกระบวนการผลิตให้ถูกต้องตั้งแต่เริ่มต้นสร้างโรงงานแล้วนั้น มาตรการอื่นก็มีความจำเป็นในการที่จะต้องคำนึงและตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานโดยเฉพาะระยะของอุปกรณ์และอาคารต่าง ๆ นั้นมีความความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง รองมาจากขั้นตอนการออกแบบกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพราะการพิจารณาวางตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน และหน่วยการผลิตให้อยู่ในระยะที่ปลอดภัยนั้น จะลดผลกระทบและความรุนแรง รวมถึงปฏิกิริยาต่อเนื่องของอุบัติเหตุได้ ทั้งนี้เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมเริ่มกระบวนการผลิตไปแล้ว อาจจะต้องดำเนินการต่อเติมอุปกรณ์หรือหน่วยการผลิต เพื่อให้เกิดผลผลิตที่ดีขึ้น ซึ่งระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เหล่านั้นมีความเหมาะสมมากน้อยแค่ไหน เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบให้เกิดความถูกต้องแน่ชัด เพื่อหาวิธีการป้องกันแก้ไขหากไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ทั้งนี้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุร้ายแรงที่จะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน โรงงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งนี้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5 โรงอะโรเมติกส์ ได้มีการต่อเติมอุปกรณ์ต่าง ๆ มากขึ้นเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน จึงจำเป็นต้องตรวจสอบระยะของอุปกรณ์และอาคารต่าง ๆ ว่ายังคงเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ในขณะเดียวกันเมื่อได้เชิญให้บริษัท Phillip Townsend Associates ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้บริการจัดทำ Benchmarking ระดับโลก มาดำเนินการจัดทำการเปรียบเทียบกับบริษัทชั้นนำของโลกที่เป็นอุตสาหกรรมเดียวกัน พบว่า โดยภาพรวม (Overall) บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) โรงอะโรมาติกส์ มีผลการดำเนินงานด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับ Process Safety Management อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับบริษัทชั้นนำของโลก ดังรายละเอียดในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 PTTGC Aromatics Process Safety Benchmarking 2012

ที่มา: ฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม โรงงานอะโรเมติกส์ (2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากเป้าหมายการดำเนินงาน ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) กำหนดไว้ว่า ในปี ค.ศ. 2022 ผลการดำเนินด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน เมื่อเทียบกับบริษัทชั้นนำทั่วโลกแล้วต้องตกอยู่ใน 1st Quartile Performance ดังนั้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ และ แก้ไขในส่วนของปัญหาต่าง ๆ การตรวจสอบการจัดวางหน่วยผลิตหลัก รวมถึงอาคารต่าง ๆ ภายในกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากในการส่งเสริมให้ กระบวนการ Process Safety Management สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และที่สำคัญคือสามารถป้องกันและควบคุมอันตรายต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธภาพและประสิทธิผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบผังกระบวนการผลิต และระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานอะโรเมติกส์ เทียบกับมาตรฐานสากล

2. เพื่อเป็นข้อมูลแก้ไขระยะห่างของหน่วยผลิตในโรงงานอะโรเมติกส์ สำหรับการป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรงโดยอ้างอิงตามมาตรฐานสากล

3. เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้กิจกรรมด้านความปลอดภัยในกระบวนการผลิต โดยเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถทำให้บรรลุเป้าหมายในการดำเนินงาน ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถระบุระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคาร ในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์ตำแหน่งหรือบริเวณใดที่ไม่ปลอดภัยหรือไม่ผ่านตามมาตรฐานสากล พร้อมทั้งสามารถเสนอแนะการปรับปรุงให้โรงผลิตอะโรเมติกส์มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น

2. สามารถช่วยลดความรุนแรงในการเกิดอัคภัยได้ ซึ่งทำให้ค่าประกันอัคคีภัยลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีมาตรการความปลอดภัย เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรงที่เป็นที่ยอมรับของสากล

3. สร้างความปลอดภัยของผู้ใช้บริการและประชาชนรอบ ๆ โรงงานผลิตอะโรเมติกส์ ทำให้ผู้ใช้บริการและประชาชมีความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งช่วยลดการต่อต้านหรือคัดค้าน หรือข้อร้องเรียนของชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

4. สนับสนุนส่งเสริม ทำให้ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) บรรลุเป้าหมายในการดำเนินงาน ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานตามที่ได้วางไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยแล้วเสร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ภายในระยะเวลาที่กำหนด จึงได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยไว้ ดังนี้

1. หาระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคาร ในโรงงานอะโรเมติกส์ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5 โรงอะโรเมติกส์ จ.ระยอง

2. มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ คือ Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering รวมกับ มาตรฐาน Standard for Flammable and Combustible Liquids Code (NFPA 30) ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การทำวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิต และระยะห่างของหน่วยผลิตหลัก ในโรงงานอะโรเมติกส์ เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรง ณ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5 การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ได้แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้คือ

1. ทฤษฎี แนวคิด และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหน่วยผลิตหลักของโรงงานอะโรเมติกส์ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5 รวมถึงวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์โดยรวม
3. งานวิจัย วารสาร และเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี แนวคิด และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

1.1 ความหมายของเพลิงไหม้และองค์ประกอบพื้นฐานของการเกิดเพลิงไหม้

Craig (2002) เพลิงไหม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ที่เกิดอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ในขณะเดียวกับที่เกิดปฏิกิริยานั้นจะมีความร้อนและแสงสว่างเกิดขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าเพลิงไหม้จะเป็นกระบวนการทางเคมีที่มีการสลายตัวอย่างรวดเร็วของเชื้อเพลิง และมีผลผลิตออกมาเป็นความร้อนและแสงสว่าง ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาของเพลิงไหม้จะอยู่ในระดับกลาง (Mid-Range Reaction) ตัวอย่างของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีความรวดเร็วในการเกิดปฏิกิริยาต่ำกว่าความรวดเร็วในการเกิดปฏิกิริยาของเพลิงไหม้ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดในกระบวนการกัดกร่อน (Corrosion) และตัวอย่างของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่าความรวดเร็วในการเกิดปฏิกิริยาของเพลิงไหม้ คือ การระเบิด

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม(2548ก) เพลิงไหม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ซึ่งหมายความว่า เพลิงไหม้นั้นเป็นกระบวนการทางเคมีที่มีการสลายตัวอย่างรวดเร็วของเชื้อเพลิง และมีผลผลิตออกมาเป็นความร้อน นิยามของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น คือ ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดระหว่างสารใด ๆ กับออกซิเจน และทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความร้อนที่เกิดขึ้นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การลุกไหม้ไปอย่างต่อเนื่อง องค์ประกอบพื้นฐานของการเกิดเพลิงไหม้ มี 3 องค์ประกอบ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และ ออกซิเจน การที่ไฟสามารถลุกติดได้นั้น จะประกอบไปด้วยองค์ ประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญ ก็คือเชื้อเพลิงออกซิเจน และความร้อน นอกจากนี้องค์ ประกอบอีกอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญในการที่จะทำให้ไฟนั้นลุกติดได้อย่างต่อเนื่องต่อไป คือ ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

1.2 การแบ่งประเภทของไฟ (Classes of Fire)

กระทรวงแรงงานได้ออกกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นกฎกระทรวงฉบับแรกภายใต้มาตรา 8 พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2555 เพื่อให้มีการป้องกันและระงับอัคคีภัยที่มีมาตรฐานเป็นมาตรการสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ลูกจ้างได้รับความปลอดภัยในการทำงาน โดยในกฎกระทรวงฉบับนี้ได้ แบ่งประเภทของไฟ ออก เป็น 4 ประเภท คือ

“เพลิงประเภท เอ” หมายความว่า เพลิงที่เกิดจากเชื้อเพลิงธรรมดา เช่น ไม้ ผ้า กระดาษ ยาง พลาสติก รวมทั้งสิ่งอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน

“เพลิงประเภท บี” หมายความว่า เพลิงที่เกิดจากไขหรือของเหลวที่ติดไฟได้ ก๊าซ และน้ำมันประเภทต่าง ๆ

“เพลิงประเภท ซี” หมายความว่า เพลิงที่เกิดจากอุปกรณ์หรือวัตถุที่มีกระแสไฟฟ้า

“เพลิงประเภท ดี” หมายความว่า เพลิงที่เกิดจากโลหะต่าง ๆ ที่ติดไฟได้ เช่น แมกนีเซียม เซอร์โคเนียม ไทเทเนียม รวมทั้งโลหะอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน

มาตรฐาน NFPA 10 ; Standard for Portable Fire Extinguishers ได้ทำการแบ่งประเภทของไฟ เป็น 5 ประเภท คือ

Class A ไฟที่ไหม้วัสดุที่ลุกติดไฟได้ทั่วไป เช่น เสื้อผ้า ไม้ กระดาษ ยาง และพลาสติก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Class B ไฟที่ไหม้ของเหลวไวไฟ ของเหลวติดไฟ (Flammable and Combustible liquids) ควรใช้โฟมหรือสารเคมีแบบแห้งในการดับไฟประเภทนี้

Class C ไฟที่ไหม้อุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะมีกระแสไฟฟ้าอยู่

Class D ไฟที่ไหม้พวกโลหะติดไฟ เช่น Magnesium, Titanium และ Sodium เวลาเกิดการลุกไหม้แล้วจะให้ความร้อนออกมามาก ควรใช้ก๊าซเฉื่อยในการดับไฟประเภทนี้

Class K ไฟที่ไหม้น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ หรือไขมันต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบอาหารควรใช้สารเคมีแห้ง และสารเคมีเปียกในการดับไฟประเภทนี้

2. คุณสมบัติของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ (2556ก) ได้กล่าวไว้ว่า คุณสมบัติสำคัญของเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้พิจารณาแยกประเภทของสารไวไฟ คือ จุดเดือด(Boiling point) และ จุดวาบไฟ (Flashpoint) ส่วนมากแล้วเชื้อเพลิงจะไม่สามารถเผาไหม้ได้ในสถานะของแข็งหรือของเหลว ต้องสลายตัวให้อยู่ในสถานะเป็นไอก่อน ภายใต้การกระทำจากความร้อน ในสถานะของแข็งกระบวนการสลายตัวดังกล่าว เรียกว่า กระบวนการไพโรไรซีส (Pyrolysis) ส่วนสถานะของเหลวเรียกว่ากระบวนการเกิดไอ (Vaporization) ของของเหลวนี้ทำให้เกิดเป็นไอของของผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ (ออกซิเจน) ที่พร้อมจะติดไฟได้ ณ อุณหภูมิหนึ่ง อุณหภูมินี้จะเรียกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) และเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดกลุ่มไอผสมพร้อมติดไฟได้ตลอดบริเวณผิวของของเหลว การเกิดเพลิงไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีการให้ความร้อนล่วงหน้า (Preheated Fuel) จะใช้แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟในปริมาณที่น้อยกว่า การเกิดเพลิงไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่ได้ให้ความร้อนล่วงหน้า เช่น น้ำมันเบนซินรั่วไหลลงบนพื้นปูนในบริเวณที่มีอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส จะเกิดการลุกติดไฟยากกว่าน้ำมันเบนซินที่เกิดการรั่วไหลในลักษณะเดียวกัน แต่เกิดในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ในบริเวณที่มีก๊าซออกซิเจนอยู่หนาแน่น (Oxygen-Enriched Atmosphere) เชื้อเพลิงจะสามารถเกิดการลุกติดไฟได้ง่ายกว่า บริเวณที่มีออกซิเจนอยู่เบาบางกว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณขององค์ประกอบในการเกิดเพลิงไหม้ องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบที่เหลือเสมอ นอกจากออกซิเจน (Oxygen) ที่เป็นองค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้จะเกิดจากก๊าซออกซิเจนแล้ว ยังสามารถพิจารณาสารเคมีอื่นหรือออกซิเจนจากแหล่งอื่นเป็นออกซิเจนได้ด้วยสารเคมีบางตัวจะมีคุณสมบัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใกล้เคียงกับออกซิเจน เช่น คลอรีน (Chlorine) ซึ่งเมื่อคลอรีนเป็นส่วนประกอบของสารใด ก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้สารนั้นเกิดเพลิงไหม้ได้ง่าย เนื่องจาก คลอรีนจะเป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizer) กล่าวคือเมื่อมีการลุกติดไฟเกิดขึ้นกับสารเคมีกลุ่มนี้ จะทำให้เกิดออกซิเจนขึ้นในกระบวนการเผาไหม้ ดังนั้นในการลุกไหม้กับสารเคมีกลุ่มนี้จึงไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในอากาศ นอกจากนี้ยังมีสารบางชนิด เช่น แอมโมเนี่ยมไนเตรต (Ammonium Nitrate) จะมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะไม่ต้องพึ่งออกซิเจนจากภายนอกในการทำให้เกิดเพลิงไหม้

ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดเพลิงไหม้ด้วย เช่น ขี้เลื่อยจะลุกติดไฟได้ง่ายกว่าแผ่นไม้ เนื่องจากขี้เลื่อยมีพื้นที่ผิวมากกว่าแผ่นไม้ทำให้ความร้อนสามารถกระจายตัวได้อย่างรวดเร็วและเกิดเพลิงไหม้ได้ง่ายกว่าแผ่นไม้ ฝุ่นเป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนซึ่งฝุ่นมีมวลเล็กแต่มีพื้นที่ผิวรวมกันมาก เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถทำให้เกิดระเบิดขึ้นได้ ฝุ่นที่มักมีการระเบิดเกิดขึ้นบ่อยครั้ง เช่น ฝุ่นของเมล็ดพืชและฝุ่นถ่านหินในการเกิดเพลิงไหม้ เพลิงจะลุกไหม้ที่ไอของเชื้อเพลิงไม่ว่าเชื้อเพลิงที่เกิดการลุกไหม้นั้นจะมีสถานะใดเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวจะติดไฟได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง ส่วนเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซก็จะติดไฟได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลว ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงจะมีผลต่อลักษณะและพฤติกรรมของการลุกไหม้โดยตรง

Hall and Cote (1997) ได้กล่าวไว้ว่านอกจากอัคคีภัยที่เกิดขึ้นทุกครั้ง จะประกอบไปด้วยแหล่งความร้อน เชื้อเพลิง ออกซิเจน และการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อย่างต่อเนื่องแล้ว ยังประกอบไปด้วยปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะที่มีแหล่งความร้อนและเชื้อเพลิงในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้เกิดอัคคีภัยเกิดขึ้นได้ โดยปัจจัยดังกล่าวอาจเกิดจากสภาวะร่างกายของคน หรืออาจเป็นปัจจัยอันเนื่องมาจากความผิดพลาดจากการออกแบบหรือการติดตั้งอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆ การวิเคราะห์หาวิธีป้องกันไม่ให้เกิดอัคคีภัยสามารถทำได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเกิดอัคคีภัยจากปัจจัยทั้งสาม อันได้แก่ แหล่งความร้อน เชื้อเพลิง และปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการจุดติดไฟ

มาตรฐาน NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquid Code) ได้ให้ความหมายของของเหลวไวไฟ ของเหลวติดไฟ และทำการแยกประเภท พร้อมทั้งได้ทำการจัดกลุ่มของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟไว้ ดังนี้

ของเหลวไวไฟ (Flammable liquid) หมายความว่า ของเหลวใด ๆ จากการทดสอบด้วยวิธีถ้วยปิด (Closed-cup Test) มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส) และมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความดันไอ ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ไม่เกิน 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (276 กิโลปาสคาล) หรือเรียกว่าของเหลว Class I ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

Class IA ของเหลวซึ่งมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 73 องศาฟาเรนไฮต์ (22.8 องศาเซลเซียส) และมีจุดเดือดต่ำกว่า 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส)

Class IB ของเหลวซึ่งมีจุดวาบต่ำกว่า 73 องศาฟาเรนไฮต์ (22.8 องศาเซลเซียส) และมีจุดเดือดตั้งแต่ 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส)

Class I C ของเหลวซึ่งมีจุดวาบไฟตั้งแต่ 73 องศาฟาเรนไฮต์ (22.8 องศาเซลเซียส) แต่ต่ำกว่า 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส)

ของเหลวติดไฟ (Combustible liquid) หมายความว่า ของเหลวที่มีจุดวาบไฟตั้งแต่ 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส) ขึ้นไป แบ่งเป็น ๓ กลุ่มย่อย ดังนี้

Class II ของเหลวซึ่งมีจุดวาบไฟตั้งแต่ 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.8 องศาเซลเซียส) แต่ต่ำกว่า 140 องศาฟาเรนไฮต์ (60 องศาเซลเซียส)

Class III A ของเหลวซึ่งมีจุดวาบไฟตั้งแต่ 140 องศาฟาเรนไฮต์ (60 องศาเซลเซียส)แต่ต่ำกว่า 200 องศาฟาเรนไฮต์ (93.3 องศาเซลเซียส)

Class III B ของเหลวซึ่งมีจุดวาบไฟตั้งแต่ 200 องศาฟาเรนไฮต์ (93.3 องศาเซลเซียส) ขึ้นไป

โดยจุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุด ที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอเพียงพอต่อการเริ่มต้นลุกไหม้ขึ้นเมื่อมีแหล่งจุดติดไฟ แต่มีไม่เพียงพอที่จะลุกติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง จุดวาบไฟเป็นประโยชน์ในการแบ่งประเภทของสารเคมีว่าเป็นสารไวไฟ (Flammable) สารติดไฟได้ (Combustible) และสารไม่ติดไฟ (Non-combustible) ตามมาตรฐาน NFPA 30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบจุดวาบไฟสามารถทดสอบได้ 2 วิธี คือ Open Cup (OC) และ Closed Cup (CC) จุดวาบไฟที่ระบุใน NFPA 49 ทั้งหมดจะเป็นอุณหภูมิที่หาจากวิธี Closed Cup ซึ่งเป็นตัวเลขสำหรับใช้อ้างอิงการเกิดจุดวาบไฟในถังปิด บริเวณที่อับอากาศ แต่ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Open Cup จะใช้ตัวเลขในการอ้างอิงกับสถานการณ์สารเคมีหกรั่วไหล หรือภาชนะบรรจุที่เปิดฝาไว้

3. อัตราความไวไฟของเชื้อเพลิง

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม(2548ข) เมื่อพิจารณาถึงความไวไฟของสารจะต้องใช้คุณสมบัติของสารนั้น ๆ หลายตัวในการพิจารณา คือ

3.1 จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดเปลวไฟวาบขึ้นที่ผิวของของเหลว เมื่อมีแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟภายนอกเข้าไปที่ผิวของของเหลว และเมื่อนำแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟออกจากบริเวณนั้น เปลวไฟก็จะดับลง เนื่องจากอุณหภูมินี้ยังไม่สูงเพียงพอที่จะทำให้กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Self-Sustained Combustion) จุดวาบไฟนี้จะเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาถึงความอันตรายด้านอัคคีภัยของเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลว เนื่องจากจุดวาบไฟจะเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเหลวมีโอกาสลุกติดไฟขึ้น

1.2 จุดติดไฟ (Ignition Temperature หรือ Fire Point)

จุดติดไฟเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้แหล่งความร้อนจากภายนอก เฉพาะในตอนที่เริ่มกระบวนการ โดยทั่วไปจุดติดไฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟอยู่เล็กน้อย

1.3 จุดลุกติดไฟได้เอง (Auto ignition Temperature)

จุดลุกติดไฟได้เองจะเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟขึ้นได้ โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งความร้อนจากภายนอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิด (Flammable Range or Explosion Range)

ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิดจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนร้อยละของไอของสารไวไฟ (Flammable Vapor) หรือ ก๊าซไวไฟ (Flammable Gas) ที่อยู่ในอากาศที่สามารถเกิดการลุกติดไฟได้ ช่วงของการไวไฟของเชื้อเพลิงคือพื้นที่ระหว่างค่าจุดสูงสุดในช่วงของความหนาแน่นที่ ทำให้ เกิดการลุกติดไฟ (Upper Flammable Limit) และค่าจุดต่ำสุดของช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (Lower Flammable Limit) หรือบางที่จะเรียกว่าค่า Upper Explosive Limit (UEL) และค่า Lower Explosive Limit (LEL) ตามลำดับ

4. กลไกในการดับเพลิง (Fire Extinguishment Mechanisms)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ (2556ข) วิธีการดับไฟ คือ การพยายามที่ต้องตัดองค์ประกอบของสามเหลี่ยมของไฟ (Fire Tetrahedron) ออกไป โดยมีกลไกในการดับเพลิงอยู่ 4 กลไกด้วยกัน คือ

4.1 การกำจัดเชื้อเพลิง (Physically separating the combustible substance from the flame)

การกำจัดสามารถทำได้โดยการใช้ สารดับเพลิงไฟเคลือบที่ผิวของเชื้อเพลิ งและกั้นไม่ให้ไอเชื้อเพลิงที่ลอยขึ้นมาไปยังบริเวณที่มีการลุกไหม้ ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่ใช้กลไกในการกำจัดเชื้อเพลิงที่เห็นได้ทั่วไป คือ การระบายเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวออกจากถังบรรจุที่เกิดเพลิงไหม้ หรือการใช้โฟมการดับไฟ

4.2 การตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Introducing chemicals that modify the combustion chemistry)

เป็นการควบคุมปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างกระบวนการเผาไหม้ซึ่งก็คือปฏิกิริยาลูกโซ่การดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดจากการที่สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของสารดับเพลิงเข้าไปจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งก็คือปฏิกิริยาลูกโซ่ การดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดจากการที่สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบ ของสารดับเพลิงเข้าไปจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้และยับยั้งไม่ให้กระบวนการเผาไหม้สามารถดำเนินการต่อไปได้ เช่น การดับเพลิงโดยสารดับเพลิงเคมีแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 การลดอุณภูมิของเชื้อเพลิง (Reducing the temperature of the combustible)

การลดอุณหภูมิจะสามารถหรือหยุดอัตราการเกิดของไอเชื้อเพลิง และในกรณีที่เชื้อเพลิง เป็นของแข็ง กระบวนการสลายตัวจะถูกยับยั้ง ส่วนเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวไวไฟและของเหลวที่ติดไฟได้ การลดอุณหภูมิลงจนต่ำกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) ก็จะสามารถดับไฟได้การลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงทำได้โดยการใช้น้ำหรือสารดับเพลิงเข้าไปดูดซึมความร้อนจากเชื้อเพลิงในบริเวณที่มีการลุกไหม้ จนกระทั่งอุณหภูมิของเชื้อเพลิงนั้นต่ำลงจนไม่สามารถทำให้เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่เพียงพอที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ต่อไป ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่อาศัยกลไกในการลดอุณหภูมิที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้น้ำในการดับเพลิง

4.4 การกำจัดออกซิเจน (Removing the oxygen supply)

การกำจัดออกซิเจนเพื่อดับไฟจะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ เจือจางออกซิเจนและการปิดกั้นออกซิเจนวิธีการดับเพลิงที่ใช้ กลไกในการเจือจางออกซิเจนที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้ก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการดับไฟ การปิดดกั้นออกซิเจนทำได้โดยใช้สารดับเพลิงที่มีความเหมาะสมไปปิดกั้นที่ผิวหน้าของเชื้อเพลิงไม่ให้ไอเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นสัมผัสกับอากาศ ทำให้ออกซิเจนที่อยู่ในอากาศไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในกระบวนการเผาไหม้ในบริเวณที่มีการลุกไหม้ได้จึงทำให้ไฟดับลง ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่ใช่กลไกในการปิดกั้นออกซิเจนที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้โฟมในการดับไฟ

5. ข้อมูลทั่วไปของบริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5 โรงอะโรเมติกส์

5.1 ชื่อและที่ตั้งสถานประกอบการ

ชื่อโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 สาขาที่ 5 ของบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) 98/9 ถนนทางหลวงระยอง–สาย 3191 ตั้งอยู่ภายในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21150 โดยมีอาณาเขต ดังนี้ ทิศเหนือติดกับ พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง ทิศใต้กับพื้นที่ บริษัท เคมีภัณฑ์ซีเมนต์ไทย จำกัด ทิศตะวันออกติดกับพื้นที่ว่างรอการใช้ประโยชน์ของบริษัท เคมีภัณฑ์ซีเมนต์ไทย จำกัด และทิศตะวันตกติดกับพื้นที่ บริษัท เคมีภัณฑ์ซีเมนต์ไทย จำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์และผลิตผล

5.2.1 โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 สาขาที่ 5 ของบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ได้ดำเนินการผลิต ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในสายอะโรเมติกส์ชนิดต่างๆ ได้แก่ พาราไซลีน (Paraxylene) เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์พลอยได้หลายชนิด ได้แก่ แนฟทาชนิดหนัก (Heavy Naptha) แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha) รีฟอร์เมต (Reformate) คอนเดนเสทเรซิดิว (Condensate Residue) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และสารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics) โดยผลิตภัณฑ์ของโครงการจะถูกจำหน่ายยังโรงงานต่าง ๆ ภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และมีบางส่วนส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ

5.2.2 ลักษณะการใช้ที่ดินภายในโครงการ พื้นที่โครงการแบ่งออกเป็นส่วน ตามลักษณะการใช้งาน

1) หน่วยผลิตกระบวนการรีฟอร์เมอร์ (Reformer Process) เป็นกระบวนการผลิต รีฟอร์เมต (Reformate) ซึ่งเป็นการผสมอะโรเมติกส์ของเบนซีน(Benzene) โทลูอีน(Toluene) และไซลีน(Xylenes) เป็นองค์ประกอบหลัก จากวัตถุดิบคอนเดนเสท (Full Range Condensate : FRC) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตในการผลิตสารอะโรเมติกส์ความบริสุทธิ์สูงสำหรับกระบวนการอะโรเมติกส์ต่อไป โดยในกระบวนการรีเฟอร์เมอร์ จะได้ผลิตภัณฑ์พลอยได้ คือ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG) แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha) และแนฟทาชนิดหนัก (Heavy Naptha) ก๊าซที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจน

2) หน่วยผลิตกระบวนการอะโรเมติกส์ (Aromatics Process) เป็นกระบวนการผลิตเบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และพาราไซลีน(Paraxylenes) B.T.X จากรีฟอร์เมตที่ได้จากกระบวนการรีเฟอร์เมอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ไพรโรไลซีส แก๊สโซลีน (Pyrolysis Gasoline ; Pygas) ซึ่งผลิตภัณฑ์พลอยได้ของโรงงานโอเลฟินส์ ประกอบ สารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics) แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha)

3) ลานถังเก็บกักวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ ใบโดยมีถังออกแบบตามมาตรฐาน API 650 และ ASME Section VIII

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) ระบบเสริมการผลิตต่างๆ ได้แก่ ระบบเผา (Flare System) ระบบเชื้อเพลิง (Fuel Gas) ระบบหล่อเย็น (Cooling Water System)ระบบไอน้ำและคอนเดนเสท (Stem and Condensate System) และระบบไฟฟ้า

5) ส่วนที่เป็นอาคาร ประกอบด้วย อาคารบริการ (Administration Building) โรงอาหาร (Canteen)โรงซ่อมบำรุง (Workshop) อาคารเก็บสำรอง (Warehouse)ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (Laboratory Building)

6) พื้นที่สีเขียว โครงการได้จัดให้มีพื้นที่สีเขียว ในบริเวณที่ว่างและไม่กีดขวางการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อกิจการอื่น หรือคิดเป็นร้อยละ 7.6 ของพื้นที่ทั้งหมด และในปี 2553 โครงการได้เพิ่มพื้นที่สีเขียวอีกร้อยละ 2.4 รวมเป็นร้อยละ 10.0 สำหรับพันธ์ไม้ที่ปลูกเป็นพันธ์ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม และต้นไม้ที่มีสีสวยงาม

5.3 วัตถุดิบของโครงการ

Full Range Condensate (FRC) ขนส่งทางเรือจากอ่าวไทย บริษัท ปตท. เข้าสู่บริษัทไทยแทงค์ เทอร์มินัล จำกัด (TTT) จากนั้นส่งให้โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ผ่านท่อเข้าสู่ถังกับเก็บ ส่วน Pygas ขนส่งโดยการรับ Pygas จากโรงงานผลิตโอเลฟินส์ ผ่านท่อเข้าสู่ถังกักเก็บของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 และสำหรับ Mixed Xylene จากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ผ่านท่อขนาด 4 นิ้วเข้าหน่วย Isomar Unit (Unit 2320) ของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 โดยตรง

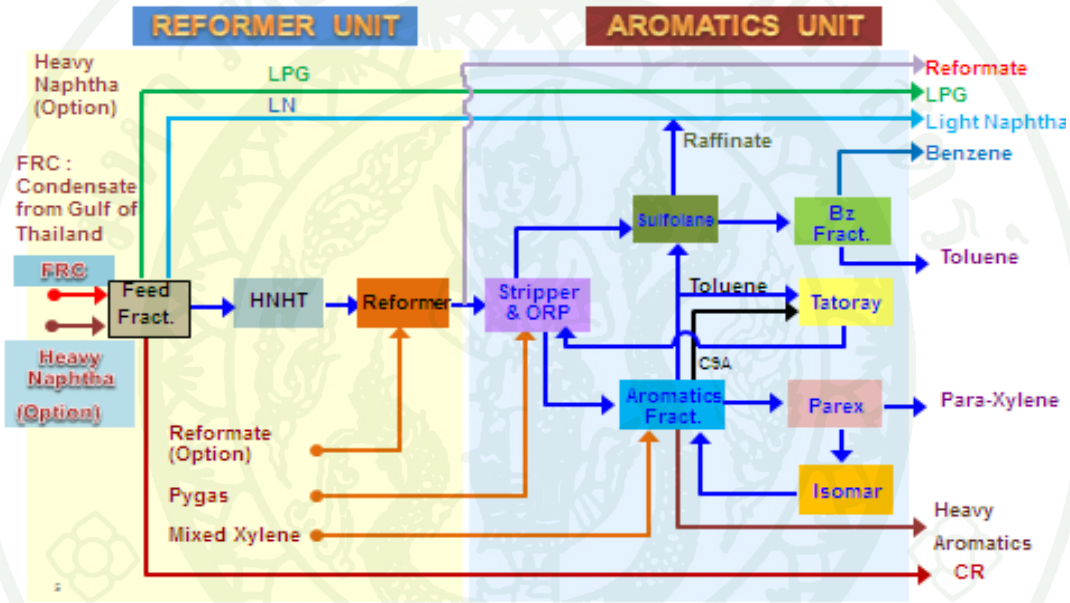
5.4 ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ของโครงการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์หลัก ประกอบด้วย เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และพาราไซลีน(Paraxylenes) และผลิตภัณฑ์พลอยได้ ประกอบด้วย สารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics) แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)

5.5 กระบวนการผลิตโดยสังเขป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการผลิตสารอะโรเมติกส์เป็นการผลิตภัณฑ์หลัก คือ เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และพาราไซลีน(Paraxylenes) หรือเรียก B.T.X. จากรีฟอร์เมตที่ได้จากกระบวนการรีฟอร์เมอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ไพรโรไลซีสแก๊สโซลีน (Pyrolysis Gasoline ; Pygas) ซึ่งเป็นผลิตผลิตภัณฑ์พลอยได้ของโรงงานโอเลฟินส์ เป็นวัตถุดิบได้ด้วย สำหรับผลิตภัณฑ์พลอยได้อื่น ๆ ของโรงงานประกอบด้วย ประกอบแนฟทาชนิดหนัก (Heavy Naphtha) แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha) รีฟอร์เมต (Reformate) คอนเดนเสทเรซิดิว (Condensate Residue) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และสุดท้ายคือ สารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics) ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตของโรงงานอะโรเมติกส์ บมจ. พีทีทีโกลบอล เคมิคอล สาขาที่ 5

ที่มา: ฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม โรงงานอะโรเมติกส์ (2556)

5.6 ระบบเสริมการผลิต

ระบบเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนในกระบวนการผลิตของโรงงานใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง สำหรับหอเผา (Flare) ใช้ก๊าซเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว ในส่วนของก๊าซที่เหลือจากการผลิต (Off gas) จากโรงงานอะโรเมติกส์ ซึ่งปัจจุบันส่งไปเผาไหม้อย่างปลอดภัยที่หอเผา (Flare) เมื่อแยกอีเทนกับโพรเพนไปใช้ประโยชน์แล้ว จะส่งก๊าซกลับมา (Fuel Gas Return) ใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงในโรงงาน ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าก๊าซที่เหลือจากการผลิต (Off gas) จากโรงงานอะโรเมติกส์ โรงงานจะมีการนำไปใช้ประโยชน์โดยส่งต่อไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิงเสริม เพื่อทดแทนในส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของน้ำมันเตา ดังนั้นในกรณีที่มีการส่งก๊าซที่เหลือจากการผลิตไปยังโรงงานโอเลฟินส์ จะไม่ส่งผลกระทบต่อภาพรวมของการดำเนินงานของระบบเชื้อเพลิงแต่อย่างใด ในกรณีที่โรงงานอะโรเมติกส์หยุดดำเนินการหรือหยุดซ่อมบำรุง ในส่วนของโรงงานโอเลฟินส์ของบริษัท มาบตาพุด โอเลฟินส์ จำกัด จะยังสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ โดยใช้แนฟทา (Naphtha)เป็นวัตถุดิบทั้งหมดแทน ระหว่างที่ไม่มีก๊าซที่เหลือจากกระบวนการผลิตของโรงงานอะโรเมติกส์ ในกรณีที่โรงงานโอเลฟินส์ หยุดดำเนินการหรือหยุดซ่อมบำรุง จะไม่มีการรับก๊าซที่เหลือจากกระบวนการผลิตจากโรงงานอะโรเมติกส์ ของบริษัท ฯ การดำเนินการจะเป็นภาวะเช่นเดียวกับปัจจุบันกล่าวคือ ก๊าซที่เหลือจากกระบวนการผลิต (Off gas) ของบริษัท ฯ จะถูกนำไปเผากำจัดอย่างปลอดภัยที่หอเผา (Flare) เช่นเดิม Tail Gas หรือ Fuel Gas Return จะมีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซมีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซธรรมชาติที่เชื้อเพลิงที่สะอาด ไม่มีองค์ประกอบของกำมะถัน ดังนั้น ในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาบางส่วนในระบบเชื้อเพลิงจะมีข้อดี โดยช่วยให้การระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโรงงานลดลง อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในระบบเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ยังคงเป็นน้ำมันเตา รวมทั้งในกรณีที่ไม่มีการส่ง Fuel Gas Return กลับมายังโรงงาน (เช่นกรณีโรงงานโอเลฟินส์หยุดการผลิตโรงงานจะใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงเหมือนในปัจจุบัน)

6. การวางผังโรงงาน

การวางผังโรงงาน หมายถึง การจัดสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการบริการให้อยู่ในรูปแบบที่เอื้ออำนวยให้การผลิตและการบริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การวางผังโรงงานนี้มิได้มีความหมาย เฉพาะการจัดอุปกรณ์การผลิต วัสดุ และพื้นที่ทำงานภายในโรงงานเท่านั้น แต่ยังมีความหมายรวมถึง การจัดสิ่งทั้งหลายในหน่วยงานซึ่งมีลักษณะของการผลิตที่แตกต่างไปจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย เช่น โรงพยาบาล สนามบิน ศูนย์การค้าและร้านค้าเป็นต้น โดยทั่วไปกระบวนการผลิตประกอบด้วยคนงาน เครื่องจักร วัสดุ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำงานต่าง ๆ องค์ประกอบเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเป็นระบบ ซึ่งเรียกรวม ๆ ว่าระบบการผลิต ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพสามารถทำให้การผลิตเป็นไปอย่างประหยัด เกิดผลผลิตในจำนวนที่ต้องการ มีคุณภาพตามที่กำหนด และผลิตได้ทันตามกำหนดเวลาที่คาดหมาย สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อองค์ประกอบของการผลิตทั้งหลายอยู่ร่วมกันอย่างเหมาะสม และผังโรงงาน ก็คือ จุดรวมดังกล่าว ดังนั้นผังโรงงานจึงมีความสำ คัญอย่างยิ่ง ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิต และระบบควบคุมทั้งมวลในโรงงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผังโรงงานที่ดีนอกจากจะทำให้การผลิตเป็นไปตามจุดมุ่งหมายแล้ว ยังทำให้คนงานมีความปลอดภัย และมีความสบายใจในขณะทำงาน ในทางตรงกันข้ามผังโรงงานที่บกพร่องจะก่อให้เกิดปัญหาในการวางแผนและควบคุมการผลิต ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลผลิต และมักพบอยู่เสมอว่าโรงงานที่มีผังโรงงานไม่ดี คนงานจะทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีผลเสียต่อสุขภาพ และมีอัตราการเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุในขณะทำงาน อย่างไรก็ตามเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหน่วยเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผังโรงงานที่ดีจึงไม่หยุดนิ่ง และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพื่อให้สามารถรองรับภาวะการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ในปัจจุบันมีการนำหลักการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้กับงานทางวางผังโรงงานมากขึ้น

6.1 วัตถุประสงค์ของการวางผังโรงงาน

วัตถุประสงค์ของการวางผังโรงงานซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ก็คือ เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด จะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์เช่นนี้ ถึงแม้ว่าจะเป็นที่ยอมรับกัน แต่ก็ยังขาดความชัดเจนและมิได้บ่งบอกแนวทางปฏิบัติแต่อย่างใด ถ้าหากจะระบุวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนกว่านี้ ผลก็คือจะเกิดวัตถุประสงค์หลาย ๆ อย่างด้วยกัน และเป็นเรื่องยากทีเดียวที่จะวางผังโรงงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหลายนั้นจนครบถ้วน อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ดังกล่าวที่มักใช้กันอยู่เสมอในการวางผังโรงงาน ได้แก่เพื่อให้การขนถ่ายวัสดุเกิดขึ้นในระยะทางที่สั้นที่สุด มีการเคลื่อนที่ย้อนกลับ มีความล่าช้าและการขนถ่าย น้อยที่สุด เพื่อให้ได้ผังโรงงานที่มีความคล่องตัว และง่ายต่อการดัดแปลง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์แรงงาน และพื้นที่ภายในโรงงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อให้คนงานมีความสบายใจในการทำงาน พึงพอใจสภาพแวดล้อมในการทำงานและสามารถทำงานด้วยความปลอดภัย เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในโรงงาน และสะดวกต่อการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต เพื่อผลผลิตที่สูงขึ้น ลดจำนวนของเสียได้มากขึ้น เพื่อใช้เครื่องจักร คนงาน และบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพเกิดประโยชน์ ในทางปฏิบัติ ผู้วางผัง ควรชั่งน้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ทั้งหลาย และในขณะที่ให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์อย่างหนึ่ง ควรพิจารณาถึงผลกระทบที่อาจมีต่อคุณลักษณะอื่นของผังโรงงานด้วย ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์ข้างบนนั้นบางข้อมีลักษณะที่ค้านกันอยู่ในตัว

6.2 หลักปฏิบัติพื้นฐานสำหรับวางผังโรงงาน

มีแนวทางปฏิบัติที่ผู้วางผังยึดถือและนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับปัญหาของงานวางผังที่ตนรับผิดชอบ แนวทางปฏิบัติเหล่านั้นได้ แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2.1 พิจารณาทุกสิ่งทุกอย่างที่เกี่ยวข้อง การวางผังโรงงานจะพิจารณาเฉพาะการทำงานของคนงานกับเครื่องจักรอย่างเดียวไม่ได้ จะต้องพิจารณาถึงความสะดวกในการปฏิบัติงานของหน่วยงานบริการ และหน่วยสนับสนุนการผลิตอื่น ๆ อีกด้วย เช่น หน่วยซ่อมบำรุง หน่วยวางแผนการผลิต และหน่วยควบคุมคุณภาพ เป็นต้น หน่วยงานเหล่านี้ต่างก็มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับกระบวนการผลิต

6.2.2 ลดการเคลื่อนที่ภายในโรงงานให้เหลือน้อยที่สุด กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป มักประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานหลายอย่าง การขนส่งวัสดุและผลผลิตกึ่งสำเร็จระหว่างขั้นตอนการผลิต (Work In Process; WIP) เป็นสิ่งที่ไม่อาจจะหลีกเลี่ยงได้ แต่การขนส่งเช่นนี้ไม่ได้เพิ่มคุณค่าให้กับการผลิตแต่อย่างไร ดังนั้นจึงควรพยายามให้ระยะทางขนส่งสั้นที่สุด ถ้าหากเป็นไปได้ก็ควรจัดให้พื้นที่สำหรับการทำงานที่ต่อเนื่องกันอยู่ใกล้ชิดกัน

6.2.3 จัดให้การเคลื่อนที่ของวัสดุภายในโรงงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ แนวทางการเคลื่อนที่ของวัสดุจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายของกระบวนการผลิตไม่จำเป็นจะต้องเป็นเส้นตรงหรือมีทิศทางไปในทางเดียวเสมอไป อาจจะเป็นรูปแบบอื่นก็ได้ เช่น เป็นเส้นโค้งหรือซิกแซก เป็นต้น ที่สำคัญก็คือ ต้องพยายามให้การเคลื่อนที่ของวัสดุเกิดการหยุดชะงักหรือสับสนน้อยที่สุด และไม่มีการเคลื่อนที่ย้อนกลับ หรือตัดเส้นทางการเคลื่อนที่เดิม

6.2.4 ใช้เนื้อที่ภายในโรงงานให้เป็นประโยชน์มากที่สุด เนื้อที่ภายในโรงงานนี้หมายถึง พื้นโรงงาน ที่ว่างซึ่งอยู่เหนือพื้นโรงงาน และส่วนที่อยู่ใต้พื้นโรงงาน ผังโรงงานที่ดีสามารถใช้ประโยชน์เนื้อที่อื่นๆ นอกเหนือจากพื้นโรงงาน ได้อย่างเหมาะสม

6.2.5 ทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่ดี และปลอดภัยแก่คนงาน เช่น จัดบริเวณให้คนงานทำงานได้สะดวก มีอุปกรณ์ผ่อนแรง จัดแสงสว่างให้เพียงพอ มีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นต้น ความพึงพอใจในการทำงานไม่อาจจะเกิดขึ้นได้ ถ้าหากว่าคนงานต้องทำงานในสิ่งแวดล้อมเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และมีอันตราย ดังนั้น ผู้วางผังโรงงานจึงควรจะตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานของคนงานด้วย

6.2.6 จัดให้ผังโรงงานมีความคล่องตัว และเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เพื่อว่าเมื่อเงื่อนไขของการผลิตเปลี่ยนแปลง หรือมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิตก็สามารถที่จะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุงหรือดัดแปลงผังโรงงานเดิมให้สามารถรองรับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

6.3 สาเหตุและลักษณะปัญหาของการวางผังโรงงาน

ปัญหาของการวางผังโรงงานมักมีสาเหตุมาจาก แบบของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมปริมาณความต้องการของตลาดเปลี่ยนแปลง มีการผลิตสินค้าชนิดใหม่ อุปกรณ์การผลิตล้าสมัย มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นอยู่เสมอ สิ่งแวดล้อมในการท างานไม่ดี ต้องการลดต้นทุนในการผลิตเปลี่ยนทำเลที่ตั้งโรงงาน สาเหตุเหล่านี้ทำให้เกิดลักษณะของปัญหาในการวางผังโรงงานที่แตกต่างกัน ปัญหาบางปัญหาอาจแก้ไขได้โดยเพียงแต่ดัดแปลงผังโรงงานเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่บางปัญหาก็กินขอบเขตของงานที่กว้าง ต้องอาศัยข้อมูล การวิเคราะห์ และการประสานงานร่วมกันของบุคลากรหลายๆ ฝ่ายในโรงงานปัญหาของการวางผังโรงงานทั้งหลาย สามารถสรุปได้เป็น 4 แบบดังนี้

1) เปลี่ยนแปลงผังโรงงานเดิมเพียงเล็กน้อย ปัญหาการวางผังโรงงานลักษณะนี้เกิดขึ้นอยู่เสมอ และเกิดขึ้นบ่อยกว่าปัญหาลักษณะอื่นๆ โดยทั่วไปแล้วเกิดจากการเปลี่ยนเงื่อนไขในการผลิต การทำงาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพียงบางส่วนของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ฝ่ายวางแผนการผลิตอาจต้องการเพิ่มกำลังการผลิต มีการปรับปรุงการทำงานหรือมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเครื่องจักร และอุปกรณ์ขนถ่าย เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดการปรับปรุงผังโรงงานเดิมบางส่วนโดยยังคงรักษารูปแบบทั่วไปส่วนใหญ่ของผังโรงงานเดิมไว้

2) จัดผังโรงงานเดิมใหม่ หมายถึง จัดอุปกรณ์การผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ภายในโรงงานเสียใหม่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงแบบของผลิตภัณฑ์ หรืออาจจะเป็นเพราะว่าต้องการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตและวิธีการทำงานให้ทันสมัยขึ้น ตามปกติแล้วการวางผังโรงงานในลักษณะนี้ มีข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของโรงงาน ตำแหน่งที่ตั้งและขนาดของพื้นที่ในโรงงาน

3) ขยายหรือย้ายโรงงาน การขยายโรงงานเดิมออกไป หรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์การผลิตทั้งหลายไปยังอาคารโรงงานใหม่เป็นโอกาสดีโอกาสหนึ่งที่จะเปลี่ยนแปลง กรรมวิธีการผลิตและอุปกรณ์การผลิตที่ล้าสมัย ปัญหาการวางผังโรงงานลักษณะนี้ ผู้วางผังมีอิสระในการวางผังมากกว่า 2 แบบแรก แต่ก็มีขอบเขตของงานกว้างกว่า

4) สร้างโรงงานใหม่ การวางผังโรงงานสำหรับโรงงานที่ยังไม่เกิดขึ้น เป็นปัญหาของการวางผังที่ซับซ้อนกว่าปัญหาอื่น ๆ ผู้วางผังมักทำงานกันเป็นกลุ่ม และทำงานประสานกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุคคลากรที่รับผิดชอบในด้านอื่น ๆ ของกิจการ เช่น ด้านการตลาด ฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ ฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต เป็นต้น มีการวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากแบบของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และจำนวนที่คาด หมายว่าจะผลิตจนกระทั่งเกิดเป็นอาคารโรงงานที่สมบูรณ์ ในกรณีนี้ขอบเขตจำกัดในการวางผังมีอยู่น้อย ผู้วางผังมีอิสระในการตัดสินใจมากขึ้น แต่ขณะเดียวกันก็มีงานให้ทำมากที่สุดด้วย ถึงแม้ว่าปัญหาของการวางผังโรงงานจะมีหลายลักษณะดังกล่าว แต่การแก้ปัญหาทุกลักษณะก็อาศัยวิธีการพื้นฐานแบบเดียวกัน

7. ตำแหน่งและการจัดวางผังโรงงานเพื่อป้องกันอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรง

ตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering ได้กำหนดหลักการและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ลำดับชั้นของความปลอดภัย (Layers of Safety)

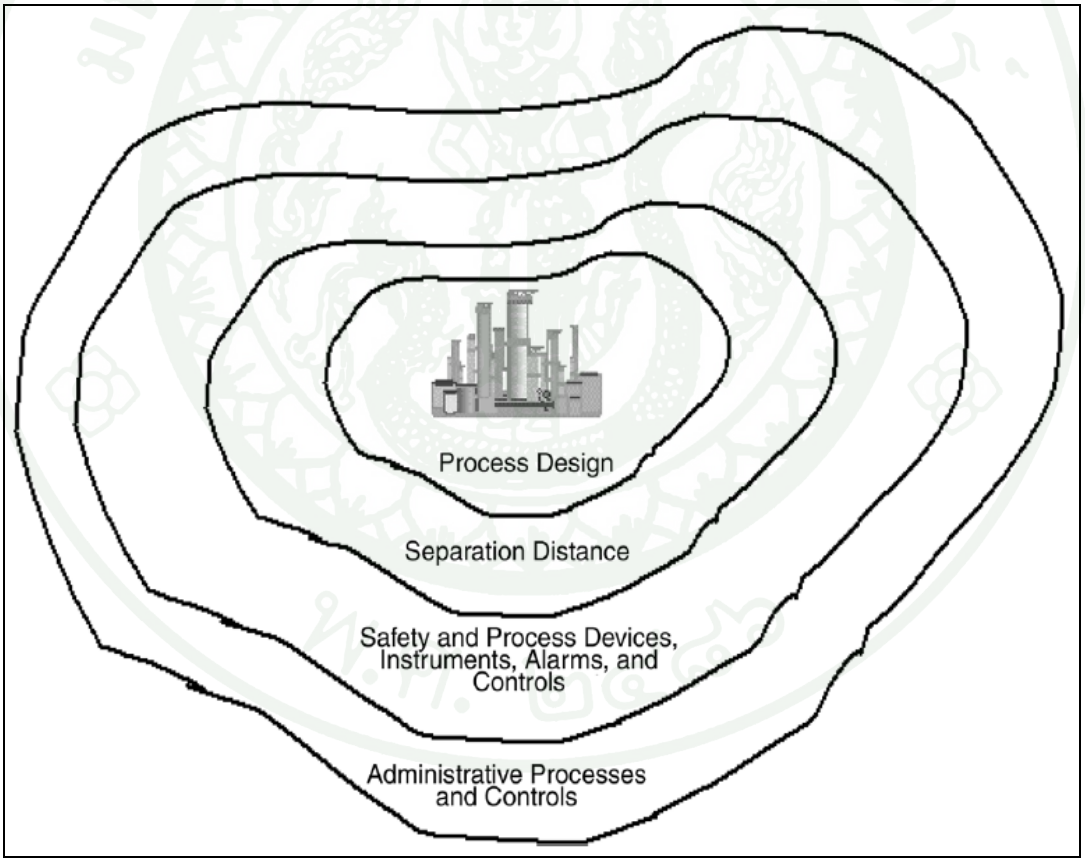
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานและการจัดวางผังโรงงาน เป็นพื้นฐานในกำหนดทิศทางในการบริหารจัดการความเสี่ยง เนื่องจากสามารถที่จะตัดแยกแหล่งที่อาจจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ การระเบิดหรืออันตรายจากสารพิษ จากพื้นที่ใกล้เคียงที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติหรือ มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตราย และนี่คือ พื้นฐานในการออกแบบกระบวนการผลิตให้เกิดความปลอดภัย มาตรการหรือกลยุทธ์ด้านความปลอดภัย ส่งผลต่อแนวโน้มในการเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติได้ โดยการป้องกันตั้งแต่เริ่มการออกแบบนั้นจะเป็นมาตรการหรือกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถป้องกันอุบัติเหตุได้ตั้งแต่เริ่มต้น สามารถลดความรุนแรงของเหตุการณ์ และป้องกันไม่ให้เกิดการลุกลามต่อไป ทั้งนี้มาตรการด้านความปลอดภัยสามารถที่จะควบคุมปัจจัยและลำดับขั้นในการเกิดเหตุการณ์ผิดปรกติได้ก่อนที่เหตุการณ์เหล่านั้นจะส่งผลกระทบต่อคน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้มาตรการอื่น ๆ ก็สามารถที่จะนำเข้ามาใช้เพื่อดำเนินการเรื่อง ตำแหน่งและการจัดวางผังโรงงาน โดย ลำดับชั้นของความปลอดภัย ถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนและเป็นแนวทางในการจัดการเพิ่มเติมนอกเหนือจากการออกแบบด้านความปลอดภัย ลำดับชั้นของความปลอดภัยหรือลำดับชั้นของการป้องกันอันตรายนั้น คือ วัฒนธรรมด้านการดำเนินการจัดการความเสี่ยง ลำดับชั้นของความปลอดภัยนี้ถือได้ว่าเป็นการป้องกัน เหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ ลดการลุกลามของเหตุการณ์ ลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ลำดับชั้นของความปลอดภัยนี้อาจหมายรวมถึงการใช้กระบวนการที่เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อันตรายน้อยกว่า การกำหนดระยะห่าง การควบคุมระบบการผลิตที่ดี ระบบหรือสัญญาณเตือนภัย อุปกรณ์ป้องกันทางกายภาพ และระบบการ ตอบสนองฉุกเฉิน

ลำดับชั้นของความปลอดภัย ในการจัดการด้านความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ให้พิจารณาจากภาพที่ 3 โดยเรียง ตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

1. การออกแบบกระบวนการผลิต (Process design)
2. การกำหนดระยะห่างที่เหมาะสม (Separation distance)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือความปลอดภัย อุปกรณ์การวัด ระบบการเตือน และระบบควบคุมการทำงาน (Safety and process devices, instruments, alarms, and controls)
4. การบริหารและควบคุมกระบวนการผลิต (Administrative processes and controls)



ภาพที่ 3 Layers of Safety

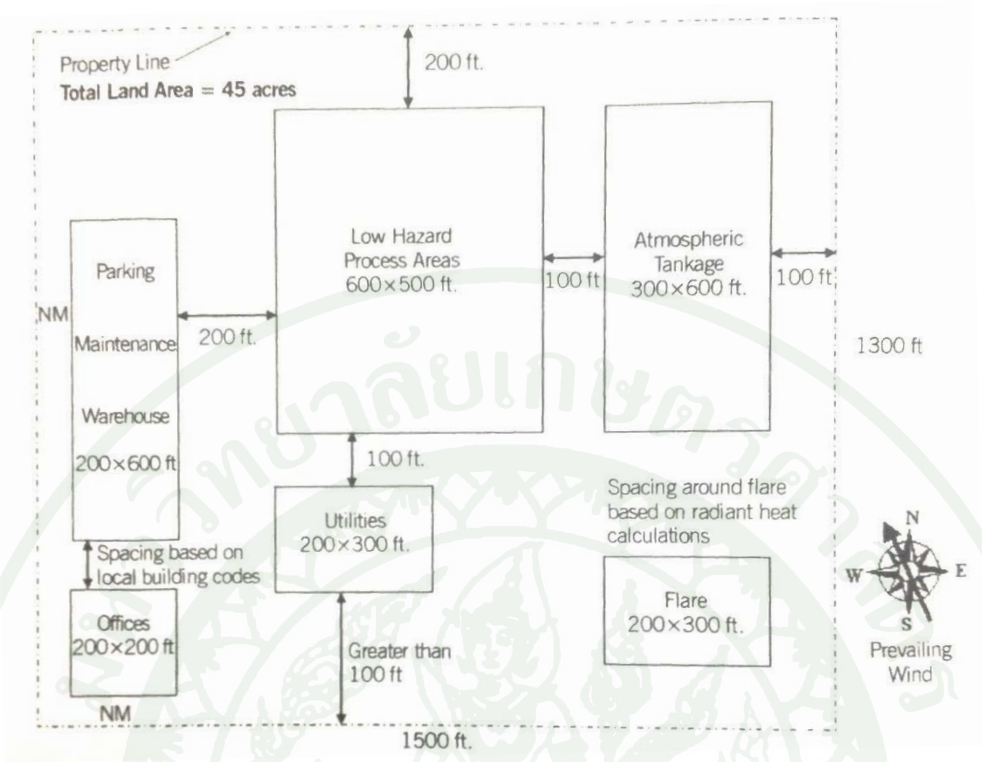
ที่มา: CCPS of the American Institute of Chemical Engineering (2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 การจัดการผังกระบวนการผลิตและระยะทางของอุปกรณ์หลักในกระบวนการผลิต

7.2.1 วิธีการจัดวางผังกระบวนการผลิต (Block Layout Methodology) นั้นเริ่มต้นด้วยการจัดกลุ่มของหน่วยที่มีลักษณะเหมือนกันรวมอยู่ในพื้นทีเดียวกัน โดยหน่วยพื้นฐานต่าง ๆ คือ พื้นที่กระบวนการผลิต พื้นที่ถังเก็บสาร หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิต พื้นที่นอกกระบวนการผลิต อาคารสำนักงาน และอาคารบริหาร ดังแสดงไว้ ตามภาพที่ 4 โดยวิธีการในการจัดวางผังกระบวนการผลิตในลักษณะนี้จะช่วยให้หน่วยที่มีความเสี่ยงแตกต่างกันถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสม หน่วยที่มีความเสียงเหมือนกันจะถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน และอาจจะถูกจัดวางไว้ห่างจากกลุ่มที่มีความเสี่ยงอื่น ๆ เช่น พื้นที่กระบวนการผลิตหลัก ถูกวางให้ห่างจากพื้นที่ถังเก็บสาร เป็นต้น วิธีการนี้ถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการจัดการผังกระบวนการผลิต เพราะเมื่อเรากำหนัดพื้นที่ของหน่วยต่าง ๆ โดยมีการกำหนดขอบเขตพื้นที่แน่นอน การวางระยะห่างที่เหมาะสมของหน่วยต่าง ๆ ก็จะสามารถทำได้โดยง่าย จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสำนักงาน (Offices) ถูกจัดให้รวมอยู่ด้วยกันในพื้นที่พื้นที่หนึ่ง ลานจอดรถ (Parking) อาคารซ่อมบำรุง (Maintenance) และอาคารคลังพัสดุ (Warehouse) จะถูกจัดวางให้อยู่ด้วยกัน โดยแยกห่างจากสำนักงาน ส่วนกระบวนการผลิตซึ่งมีความเสี่ยงสูงสุดถูกรวมไว้ด้วยกันและแยกห่างออกไปจากพื้นที่ต่าง ๆ สำหรับพื้นที่ถังเก็บสารซึ่งมีความเสี่ยงที่แตกต่างจากพื้นที่สำนักงานและกระบวนการผลิตนั้น ก็จะถูกจัดวางไว้รวมกันในอีกพื้นที่หนึ่ง นอกจากนี้ หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิต และ หอเผาจะถูกจัดวางไว้คนละกลุ่มกัน โดยในภาพที่ 4 นี้ได้แสดงระยะห่างเบื้องต้นของการจัดวางหน่วยพื้นที่ต่าง ๆ ไว้แล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 Block Layout Concept (1 ft equals .305 m; 1 acre equals 4046.8 m^2)

ที่มา: CCPS of the American Institute of Chemical Engineering (2003)

7.2.2 ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Tables) วิธีการในการกำหนดระยะห่างที่เหมาะสมของหน่วยต่าง ๆ ในโรงงานนั้น สามารถทำได้ 2 วิธีคือ ใช้ประโยชน์จาก ตางรางแสดงระยะห่าง (Spacing Tables) หรือ ใช้วิธีการคำนวนโดยการพิจารณาจากการป้องกันการกระจายตัวของไฟ ซึ่งวิธีการนี้เป็นหลักการพื้นฐานในการวางผังโรงงานและกำหนดระยะห่างของหน่วยต่าง ๆ ส่วน ระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันการระเบิดและอันตรายจากสารพิษรั่วไหลนั้น จำเป็นต้องใช้วิธีการคำนวนเพิ่มเติม จากอดีตที่ผ่านมาตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Tables) นั้นได้ถูกพัฒนาจากหลาย ๆ บริษัท โดยอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาตามหลักวิศกรรม การศึกษาจากอุบัติการณ์ต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้น กฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ รวมถึงประสบการณ์ทางด้านวิศกรรม และสำหรับตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Tables) ตามคำแนะนำของ CCPS of the American Institute of Chemical Engineering 2003 นั้นได้พัฒนาทบทวนมาจากโรงกลั่นน้ำมันชั้นนำต่าง ๆ และบริษัทที่เกี่ยวกับปิโตรเคมี ข้อแนะนำจากบริษัทประกันภัย ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระยะทางที่เหมาะสมในอดีต กฎหมาย ข้อกำหนดและมาตรฐานต่าง ๆ และรวมไปถึงประสบการณ์ทางด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรม ถึงแม้ว่า ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Tables) นั้นอาจจะไม่ตรงกับการคำนวณ แต่วิธีการนี้เป็นวิธีที่รวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้ข้อได้เปรียบอีกอย่าง คือ ในตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) นั้นได้บรรจุประสบการณ์ที่สำคัญ ๆ เกี่ยวกับการจัดผังกระบวนการผลิตไว้อีกด้วย

ในส่วนที่มีข้อกังวลในการนำตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) ไปใช้ในทางที่ไม่ถูกต้องนั้น ในอดีตที่ผ่านมา ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) มีพื้นฐานมาจากการพิจารณาสถานะการณ์จำลองขณะเกิดเพลิงไหม้ แต่มีการนำไปใช้ในสถานะการณ์หรือความเสี่ยงที่มากกว่า สำหรับการใช้ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) นั้น จะถูกใช้เป็นการประมาณในการจัดวางผังกระบวนการผลิตในเบื้องต้น ส่วนผังกระบวนการผลิตสุดท้ายนั้นควรจะพิจารณาวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงและพิจารณาดำเนินการตาม ลำดับชั้นของความปลอดภัย (Layers of Safety) ด้วย

เมื่อมีการนำตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) ไปใช้แล้วนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดกิจกรรมในการดูแลเพื่อทำให้มั่นใจว่า ระยะห่างของหน่วยต่าง ๆ ในโรงงานนั้นได้ถูกใช้ให้มีความสัมพันธ์กับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น แต่หากผมว่าในกระบวนการผลิตมีอันตรายที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) นั้น เช่น เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการระเบิด หรือ อาจเกิดสารพิษรั่วไหล นั้น ให้เลือกวิธีการอีกวิธีการในการพิจารณาระห่างที่เหมาะสม วิธีการดังกล่าว คือ การกำหนดรูปแบบจำลองโดยพิจารณาจากความเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น ไฟไหม้ สารพิษรั่วไหล และการระเบิด โดยกำหนดให้เหตุการณ์เหล่านั้นเกิดที่อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และจากนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณระยะทางที่เหมาะสม โดยวิธีการนั้นให้ใช้ระยะห่างต่าง ๆ ของอุปกรณ์ตาม ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) ซึ่งระยะห่างของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะเหมาะสมอยู่แล้ว ยกเว้นในบางหน่วยนั้น ถ้าพิจารณาพบว่ามีความเสี่ยงของการระเบิดหรือสารพิษรั่วไหลก็ให้ดำเนินการวิเคราะห์ผลหาระยะทางที่เหมาะสมโดยให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดของ API RP 752 หรือ CCPS Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explisions and Fires ดังนั้น การใช้ ตารางแสดงระยะห่าง (Spacing Table) ตามคำแนะนำของ CCPS of the American Institute of Chemical Engineering 2003 ทั้งหมดจะถูกพิจารณามาจากพื้นฐานในกรณีเกิดเพลิงไหม้ หากพื้นที่นั้น ๆ มีความเสี่ยงในการระเบิดหรือสารพิษรั่วไหลระยะห่างของอุปกรณ์และหน่วยต่าง ๆ จะต้องเพิ่มขึ้น

7.2.3 หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิต (Utilities) เช่น น้ำใช้ ไอน้ำ ไฟฟ้า และระบบลม หากระบบดังกล่าวหยุดทำงานจะเป็นสาเหตุให้เกิดการหยุดกระบวนการผลิตอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระทันหัน หน่วยดังกล่าวเหล่านี้อาจจะถือเป็นจุดวิกฤตของการของกระบวนการผลิต และ อาจเป็นจุดที่อาจก่อวินาศกรรมได้ โดยปกติแล้วหน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิตนั้นไม่ควรอยู่ใกล้กับแหล่งที่มีความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด และควรจัดวางให้ห่างจาก บริเวณที่อาจมีน้ำท่วม กระบวนการผลิต บริเวณถังเก็บสารไวไฟและสารติดไฟ พื้นที่โหลดสารเคมี หรือพื้นที่อื่น ๆ ที่มีความเสี่ยงสูง นอกจากนี้หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิตนั้นต้องจัดให้มีระบบการรักษาความปลอดภัยและให้ถือเป็นพื้นที่ควบคุมเพื่อป้องกันการก่อวินาศกรรม หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิตที่สำคัญ ได้แก่

ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Facilities) การจัดระดับให้เหมาะสมจะช่วยทำให้ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียไม่ต้องใหญ่มากนัก โดยธรรมชาติของการปล่อยน้ำเสียในพื้นที่ใกล้เคียงกันอาจจะทำการเบี่ยงเบนโดยให้ไหลไปรอบพื้นที่กระบวนการผลิตได้เพื่อลดความแรงของน้ำที่จะเข้าระบบบำบัด ของเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียควรอยู่ใต้กระแสน้ำของพื้นที่ทำการประมง พื้นที่สันทนาการต่าง ๆ และ ระบบอำนวยความสะดวกต่าง ๆ บริเวณพื้นที่ Cooling water ควรให้อยู่ในพื้นที่ควบคุม (Restric Area)

ระบบน้ำใช้ (Water Supply) เช่น น้ำดื่ม น้ำที่ใช้ในระบบหม้อน้ำ น้ำดับเพลิง น้ำที่ผ่านระบบ Cooling water และน้ำใช้ต่าง ๆ ภายในโรงงาน ซึ่งที่มาของน้ำใช้เหล่านี้อาจจะมาจากน้ำประปา แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่น ๆ เป็นต้น สถานที่นำน้ำเหล่านี้เข้าสู่โรงงานจะต้องมั่นคงแข็งแรง มีการควบคุมป้องกันการปนเปื้อนและควบคุมระดับประมาณเกลือ ความดัน และอัตราการไหล ให้เหมาะสม ระบบน้ำใช้นั้นอาจเป็นแหล่งก่อวินาศกรรมได้โดยง่าย ดังนั้นควรมีระบบป้องกันโดยกำหนดขอบเขตในการจัดวาง มีการควบคุมการเข้าออก และควรจะอยู่ในเขตพื้นที่ควบคุมก็จะดีมาก

ระบบส่งไอน้ำ (Steam Supply) ไอน้ำที่ถูกใช้ในโรงงานทั้งหมด อาจมาจากภายนอกหรือจากหน่วยผลิตไอน้ำภายในโรงงาน ถ้าในโรงงานนั้นมีการผลิตไอน้ำใช้เอง สถานที่ตั้งต้องอยู่ในพื้นที่ทำให้ความเสี่ยงน้อยที่สุดกรณีที่กระบวนการผลิตเกิดเพลิงไหม้หรือเกิดการระเบิด ระบบการผลิตไอน้ำ อาจรวมถึง หม้อต้มไอน้ำ(Boiler) , Boiler Feed Water Storage , ปั๊ม ,อุปรณ์ส่วนควบแน่น(Condensate handling equipment), ระบบท่อปล่อยความดัน (Boiler blowdown piping),ระบบนำความร้อนเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่(Waste heat recovery), ระบบควบคุม และระบบป้องกันมลพิษต่าง ๆ สำหรับภายในหน่วยผลิตไอน้ำนั้น ควรจัดให้อุปรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนหรือประกายไฟออกห่างจากเครื่องมือ หรือสารไวไฟหรือสารติดไฟ แยกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่บรรจุของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟ เช่น ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊ม และ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร้อน(Heat Exchanger) ให้ห่างจากอุปกรณ์อื่น ๆ จัดให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการซ่อมบำรุง feed water pump,หรืออุปกรณ์อื่น ๆ

ระบบเก็บเชื้อเพลิง (Fuel Gas and Liquids) เป็นระบบที่มีความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ง่าย สถานที่ในการจัดเก็บควรอยู่ห่างจากพื้นที่ที่อาจก่อให้เกิดความร้อนประกายไฟ

Intrument Air Compressors พื้นที่ติดตั้งต้องไม่เสี่ยงหรือทำลายได้โดยง่ายเมื่อกระบวนการผลิตเกิดไฟไหม้หรือระเบิด หรือต้องไม่ติดตั้งในพื้นที่ที่อาจทำให้เกิดอากาศปนเปื้อน

หอทำความเย็น (Cooling Towers) มีมากมายหลายชนิดด้วยกัน เช่น ชนิดแบบพัดลมดูด(Induced Draft) พัดลมเป่า(Forced Draft) และ ชนิดใช้ลมธรรมชาติ(Natural Draft) ชนิดที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ คือ ชนิดแบบพัดลมดูด (Induced Draft) ส่วนชนิดใช้ลมธรรมชาติ(Natural Draft) นั้นจะพบในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า เป็นส่วนใหญ่ สถานที่ในการวาง หอทำความเย็น (Cooling Towers) นั้นหากไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดปัญหาสำหรับกระบวนการผลิต และพื้นที่รอบ ๆ ได้ ดังนั้นพื้นที่ในการจัดวางที่เหมาะสมต้องพิจารณา ดังนี้

1) เนื่องจากหอทำความเย็น (Cooling Towers) นั้นมีไอหรือละอองน้ำเกิดขึ้นซึ่งอาจทำให้เกิดม่านหมอกของไอน้ำมีผลต่อการมองเห็นของผู้ปฏิบัติงานหรือพื้นที่จราจร หรือในกรณีที่เกิดการแข็งตัวของน้ำในหอทำความเย็น (Cooling Towers) ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนของโครงสร้างอาคารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนั้น พื้นที่ในการจัดสร้างหอทำความเย็น (Cooling Towers) ควรอยู่ใต้ทิศทางลม ของ ห้องไฟฟ้า(Sub-Stations) แนวท่อต่าง ๆ และ อุปกรณ์ในการบวนการผลิต

2) ในกรณีในพื้นที่เดียวกันแต่มีหอทำความเย็น (Cooling Towers) มากกว่า 1 หอ ละอองน้ำที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่สามารถลอยผ่านไปยังหอทำความเย็น (Cooling Towers)ที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งจะมีผลโดยตรงทำให้ประสิทธิภาพของหอทำความเย็น (Cooling Towers)ที่อยู่ใกล้เคียงลดลง ดังนั้น สิ่งที่ดีที่สุดในการรวมกลุ่มของ หอทำความเย็น (Cooling Towers) ไว้ด้วยกันนั้น ต้องพิจารณาทิศลางลมประจำถิ่น และ ระยะห่างที่เหมาะสม และรวมถึงมาตรการต่าง ๆ ที่จะลดผลกระทบของละอองน้ำที่จะทำให้ประสิทธิภาพของหอทำความเย็น (Cooling Towers)ใกล้เคียงลดลงด้วย

3) ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องกำเนิดความดัน(Air Compressor) เตาเผา หรือ ปล่องต่าง ๆ ที่ความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ(Negative Pressure) ควรวางให้ห่างจากผลกระทบของไอน้ำจากหอทำความเย็น (Cooling Towers)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) หอทำความเย็น (Cooling Towers) อาจทำจากไม้ หรือ คอนกรีต หรือทั้งสองอย่างรวมกัน โดยปกติแล้วพื้นที่หอทำความเย็น (Cooling Towers)นั้น จะเปียกชื้นตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตาม โครงสร้างที่เป็นไม้ก็สามารถที่จะลุกไม้ติดไฟได้ และจะถูกทำลายได้โดยง่ายถ้าเกิดการระเบิดของกระบวนการผลิต

5) เนื่องจากหอทำความเย็น (Cooling Towers) นั้นต้องสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ดังนั้นหากได้รับความเสียหายจะทำให้เกิดผลเสียตามมาอย่างแน่นอน ดังนั้นการวางตำแหน่งขอหอทำความเย็น (Cooling Towers) ที่เหมาะสมจะช่วยให้ผลเสียดังกล่าวลดลง

หอเผา (Flares) ระยะห่างของ หอเผา(Flares) ที่ถูกยกขึ้นให้สูงกว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ขึ้นอยู่กับความสูงของหอเผา ปริมาณสารที่เข้ามาในระบบ และรัศมีความร้อนที่อนุญาตให้เกิดขึ้นได้ ระยะห่างระหว่าง หอเผา(Flares) และอุปรณ์อื่น ๆ สามารถดูได้จากข้อกำหนดกฎหมายต่าง ๆ ที่ได้กำหนดขึ้นในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแล้วในมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบหอเผานั้น จะพูดถึง ระดับความร้อนและรังสีความร้อนที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ ความส่องสว่างของเปลว และระดับเสียงรบกวนที่ยอมรับได้ สำหรับระยะทางที่เหมาสมนั้นสามารถทำได้โดยอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบหรือสามารถอ้างอิงได้จากวิธีการคำนวน ตาม API RP 521 ห้ามบุคคล อุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ในเขตรัศมีความร้อนสูงของหอเผา (Sterile Exclusion Zone) โดยไม่มีความประเมินความเสี่ยง ในกรณีที่ในอนาคตอาจจะมีการขยายกระบวนการผลิตหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งอาจมีผลทำให้ หอเผามี Sterile Exclusion Zone เพิ่มมากขึ้นกว่าที่เคยกำหนดไว้แต่แรกนั้น อาจทำการเพื่ออุปกรณ์ใหม่ ๆ หรือ การขอให้สร้าง หอเผาเพิ่มเติม โดยการเพิ่มนั้น อาจเป็นหอเผาที่อยู่เหนือพื้นดิน หรือ ใช้ระบบหอเผาในหลุมก็ได้ ตำแหน่งในการสร้างหอเผานั้นควรอยู่ด้านเหนือลมของกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพื่อป้องกันการลุกไหม้ติดไฟได้ในกรณีที่มีการรั่วไหลของสารเคมีจากกระบวนการผลิต

7.2.4 ไฟฟ้าและสาธารณูปการ สาธารณูปโภค (Utility), ไฟฟ้า, สาธารณูปการ (Control Facility)เป็นสิ่งสำคัญ เพราะถ้าสิ่งเหล่านี้ขาดหายไป อาจจะทำให้เกิด Plant Shutdown อย่างรวดเร็วในมุมมองด้านความปลอดภัย ไฟฟ้าและสาธารณูปการเป็นเป้าหมายในการก่อการร้าย เพื่อเป็นการป้องกันความเสี่ยงจึงควรจัดตั้งให้ห่างจากขอบรั้วของ Plant รวมทั้งควรมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและสาธารณูปการสำรอง โดยหลายๆ บริษัทได้จัดทำระบบสำรอง 2 ระบบ (1. แบบที่มี Capacity มากกว่าที่ใช้งาน (Above Grade) 2. แบบที่มี Capacity น้อยกว่าที่ใช้งาน (Below Grade))

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานีไฟฟ้า การแยกเป็นสถานีไฟฟ้าย่อยๆ เพื่อรองรับ Site ทั้ง Site หรือหลายๆ Process ซึ่งประกอบด้วยสำนักงาน, Workshop, อาคาร Lab. เพื่อป็นการลดความผลกระทบและความเสียหายของกระบวนการที่เกี่ยวเนื่องกัน เมื่อเกิดการความล้มเหลวของระบบไฟฟ้า

สถานีไฟฟ้าหลัก คือ สถานีไฟฟ้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ Site สถานีไฟฟ้าหลักควรมีความสามารถในการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ Site ได้ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟไหม้ การระเบิด เป็นต้น สถานีไฟฟ้าหลักควรถูกแยกออกจากเครื่องจักรที่สามารถเกิดไฟไหม้ได้ หรือเครื่องจักรที่มีโอกาสเกิดการรั่วไหลของไอสารไวไฟ คือ ออกแบบให้สถานีไฟฟ้าหลักเป็นแบบป้องกันแรงระเบิด ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีโอกาสเกิดการระเบิด จัดตั้งสถานไฟฟ้าหลักให้ห่างจากบริเวณที่มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้ และบริเวณที่มีท่อสารเคมี และยกพื้นของสถานีไฟฟ้าหลังให้สูงเพื่อป้องกันน้ำท่วม

สถานีไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่การผลิต (Unit) ควรแยกสถานีไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่การผลิตให้ห่างจากเครื่องจักรที่มีสารไวไฟ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้

รางสวิทช์ไฟฟ้าที่อยู่ภายนอกอาคาร แยกรางสวิทช์ไฟฟ้าสำหรับรองรับการ Shutdown หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินให้ห่างจากเครื่องจักรที่สารไวไฟอย่างน้อย 20 ฟุต (6 เมตร) และห่างจากเตาและเครื่องเพิ่มความดันแก๊ส 50 ฟุต (15 เมตร)

อาคารอุปกรณ์ควบคุม (Satellite Instrument House – SIH) คือ อาคารที่มีอุปกรณ์วัดและควบคุมสำหรับกระบวนการผลิต ถ้าอาคารอุปกรณ์ควบคุมเกิดความเสียหายจะส่งผลให้เกิดการ Shutdown ของหย่วยการผลิตนั้น เพราะฉะนั้นจึงควรพิจารณาระยะห่างระหว่างอาคารและแผนผังการจัดตั้งอาคารในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้และการระเบิดด้วยเพื่อป้องกันการระเบิดจากเพลิงไหม้ ควรวางอาคารอุปกรณ์ควบคุมให้ห่างจากเครื่องจักรที่มีสารไวไฟ 50 ฟุต (15 เมตร)

7.2.5 กระบวนการผลิต กระบวนการผลิตจะถูกจัดวางอยู่ใกล้ๆ กัน และแยกออกจากบริเวณอื่น ๆ เพื่อลดผลกระทบของการเกิดเพลิงไหม้ และระเบิด เครื่องจักรในกระบวนการผลิตประกอบด้วย อุปกรณ์สำหรับเร่งปฏิกิริยาเคมี (Reactor) ถังความดัน (Vessel) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) และเครื่องจักรที่เคลื่อนไหวได้ (Rotating Equipment)หน่วยการผลิตคือบริเวณที่มีกลุ่มของเครื่องจักรที่ทำให้สารเคมีตั้งต้นผ่านการผสม แลกเปลี่ยนความร้อน และเปลี่ยนความดัน แยกสาร และการทำปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อให้กลายเป็นสารเคมีอีกรูปแบบหนึ่งหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตภัณฑ์ โดยปกติหน่วยกาผลิตแต่ละหน่วยสามารถแยกกันทำงาน และสามารถ Shutdown และ Start up ได้โดยไม่ต้องทำพร้อมๆ กันทุกหน่วย แต่บาง Plant ก็ต้องทำพร้อมกันทุกหน่วยการผลิต Battery Limit คือขอบเขตของหน่วยการผลิตนั้นๆ โดยปกติกระบวนการผลิตจะอยู่ในที่โล่ง แต่ในบางกรณีกระบวนการผลิตจะอยู่ภายในอาคาร หรือโครงสร้าง ซึ่งเกิดจากสภาพอากาศ การระบายสารพิษ การควบคุมกลิ่น การควบคุมคุณภาพ การที่กระบวนการผลิตอยู่ภายในอาคารหรือโครงสร้าง อาจส่งผลให้ระยะห่างระหว่างเครื่องจักรลดลง ทางเข้าออกฉุกเฉินต้องจัดให้มีทางออกฉุกเฉินสำหรับทุกพื้นที่การผลิตอย่างน้อย 2 ช่องทาง โดยที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการผลิต ทางเข้าออกฉุกเฉินจะต้องมีในทุกๆ 200 ฟุต (61 เมตร) และต้องกว่างอย่างน้อย 20 ฟุต (6 เมตร) และจะต้องไม่ผ่านท่อทาง เครื่องจักร หรือโครงสร้างใด ๆ

ทางเข้าออกสำหรับงานบำรุงรักษาต้องจัดให้มีทางเข้าออกสำหรับงานบำรุงรักษาสำหรับขนส่งเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในงานบำรุงรักษา จะต้องพิจารณาถึงความสูงของท่อทางและโครงสร้างอื่น ๆ และต้องพิจารณาการเข้าออกและสถานที่สำหรับการวางปั้นจั่นเคลื่อนที่ด้วย

ที่ว่างภายในกระบวนการผลิตสำหรับหน่วยการผลิตที่มีราคาสูง หรือมีคุณค่าสูง ให้แยกหน่วยการผลิตนี้ให้ห่างจากกระบวนการผลิตอื่นๆ เพื่อลดความเสียทางด้านการเงิน ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ ข้อกำหนดนี้อาจจะเป็นข้อกำหนดจากทางประกันภัย เครื่องจักรควรจะอยู่ห่างจากเครื่องจักรที่มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้อย่างน้อย 100 ฟุต (30 เมตร) ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงของต่อการเกิดเพลิงไหม้ในขณะที่มีงานบำรุงรักษา แต่เครื่องจักรตัวอื่นๆ ยังคงใช้งานปกติ แต่สำหรับหน่วยการผลิตที่ต้อง Shutdown พร้อมๆ กันระยะห่างนนี้จะลดเหลือ 50 ฟุต (15 เมตร) ต้องพิจารณาถึงชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถเกิดประกายไฟได้

พื้นที่นอกกระบวนการผลิต และพื้นที่สำหรับการขนส่งพื้นที่สำหรับการขนถ่าย การบรรจุ และการขนส่งสารเคมี โดยปกติแล้วจะมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนักในการสร้าง และมีปัจจัยเสี่ยงน้อย เมื่อพื้นที่เหล่านี้อยู่นอกกระบวนการผลิต แต่บางครั้งพื้นที่เหล่านี้ก็จำเป็นต้องสร้างภายในกระบวนการผลิต ซึ่งควรพิจารณาดังนี้ ต้องอยู่บริเวณขอบนอกของกระบวนการผลิต มีทางเข้าออกสำหรับรถบรรทุก ฟอร์คลิฟท์ รถรางที่จอดรถบรรทุก ฟอร์คลิฟท์ รถพ่วง ขณะขนถ่ายสารเคมีจะต้องไม่กีดขวางเส้นทางการเข้าออกของยานพาหนะอื่นๆจะต้องมีที่ว่างเพียงพอสำหรับการเคลื่อนย้ายรถบรรทุก และยานพาหนะอื่นๆ เพราะฉะนั้นจะต้องไม่กีดขวางกับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จะต้องมีระยะห่างระหว่างเส้นทางการวิ่งของรถรางกับถังเก็บสารเคมีและเครื่องจักรอื่น ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2.6 พื้นที่นอกกระบวนการผลิต พื้นที่สาธารณูปการ ประกอบด้วยอาคาร Lab สถานีน้ำมัน โรงจอดรถ อาคาร Workshop พื้นที่สำหรับงานทำความสะอาดดยการพ่นทราย คลังพัสดุ พื้นที่เหล่านี้ควรอยู่เหนือลมของกระบวนการผลิต

พื้นสำหรับเหตุฉุกเฉิน จะต้องมีอาคาร เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ เพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งจะต้องอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัย มีโอกาสในการเกิดไฟไหม้หรือการระเบิดน้อย และมีการป้องกันอันตรายในกรณีที่มีสารเคมีรั่วไหล พื้นที่นี้สามารถจัดวางสถานีดับเพลิง ห้องพยาบาล และอาคารจัดเก็บอุปกรณ์ดับเพลิงได้

การขนส่ง เส้นทางการขนส่งสารเคมีเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเช่นกัน เพราะเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดระเบิด เพลิงไหม้ และสารเคมีรั่วไหลเช่นกัน จะต้องจัดวางเส้นทางขนส่งให้ห่างจากชุมชนและบริเวรกระบวนการผลิตที่มีความเสี่ยงในการขนส่งจะต้องพิจารณาถึงหัวข้อต่างๆ ดังนี้ ควบคุมการเข้าออก ลดความเร็วในการขับขี่ ลดระยะทางในการขับขี่ และเส้นทางการขนส่งควรห่างจากบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง

สถานีวัดปริมาณสารเคมี เป็นบริเวณที่มี่โอกาสเกิดการรั่วไหลของสารเคมีสูง ให้จัดวางสถานีวัดปริมาณสารเคมีอันตรายในพื้นที่ที่ห่างจากประกายไฟ บริเวณที่ไม่มีมลพิษ

ปั๊มสำหรับขับดันสารเคมีปั๊มที่ภายในเป็นสารเคมีที่สามารถติดไฟได้ สามารถระบิดได้ จะต้องจัดวางนอก Battery Limit และอยู่นอกเขื่อนรอบถังเก็บสารเคมี สำหรับปั๊มที่มีสารเคมีแบบมีพิษร้ายแรงจะต้องจัดวางภายในเขื่อน หรือบริเวณที่จัดทำเพื่อกั้นไม่ให้สารเคมีที่รั่วไหลออกมากระจายไปยังบริเวณอื่น ๆ

โครงสร้างรองรับท่อ คือโครงสร้างที่มีหน้าที่รองรับท่อ สายไฟฟ้า และสายไฟของเครื่องมือวัดคุม ในท่ออาจจะบรรจุด้วยสารที่เป็นพิษ หรือไม่เป็พิษก็ได้ ให้พิจารณาถึงสารที่อาจไม่สามารถเข้ากันได้ให่อยู่ห่างจากกัน และห่างจากสายไฟด้วย ท่อหลักจะส่งผ่านสารเคมีไปยังถังเก็บหรือพื้นที่สาธารณูปโภค โดยท่อประเภทนี้ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่สูง ท่อหลักควรจะอยู่นอกพื้นการผลิตย่อย ท่อใต้ดิน เมื่อมีการจัดทำแผนผังของกระบวนการผลิต จะต้องพิจารณาของท่อใต้ดินและสาธารณูประการด้วย แต่ในบางครั้ง เนื่องด้วยสภาพทางของพื้นที่ อาจจะต้องออกแบบท่อใต้ดินก่อน แล้วจึงค่อยออกแบบโครงสร้างและสาธารณูปการอื่นๆ ให้สอดรับกัน โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการออกแบบท่อใต้ดินนี้ประกอบด้วย แหล่งน้ำใต้ดิน ระบบท่อใต้ดินที่มีก่อนแล้ว สภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดิน และข้อกำหนดในการสร้างโครงสร้างหรืออาคารต่างๆ การวางแผนผังของท่อใต้ดินเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับ Site งานท่ออาจจะมีการขยายในอนาคตควรพิจารณาถึงหัวข้อต่าง ๆ ตามด้านล่างในการออกแบบและวางแผนผังของท่อใต้ดิน พยายามให้ท่อมีขนาดสั้นที่สุด เพื่อจะได้ลดการตรวจสอบและงานบำรุงรักษา อย่าฝังท่อใต้อาคาร หรือเครื่องจักรสำคัญ อย่าฝังท่อในพื้นที่ที่จะมีการขยาย Site ออกแบบให้ท่ออยู่ใกล้ถนน และช่องทางสำหรับบำรุงรักษา เพราะเป็นพื้นที่ที่สามารถรองรับยานพาหนะและเครื่องมือต่างๆ ในกรณีที่มีงานตรวจสอบ หรืองานบำรุงรักษาได้ ต้องพิจารณาถึงช่องทางในการเข้าไปตรวจสอบ หรือบำรุงรักษาท่อใต้ดินด้วย

รถบรรทุก และรถรางสำหรับขนถ่ายสารเคมี ยานพาหนะเหล่านี้ย่อมมีสารเคมีที่สามารถติดไฟได้ ไม่การทำปฏิกิริยา และมีสารที่เป็นพิษ เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ถึงความเสี่ยงในกรณีที่สารเคมีเหล่านีรั่วไหลออกมาจึงเป็นเรื่องจำเป็น

จัดวางเครื่องแยกน้ำเสียที่สารไวไฟห่างจากแหล่งกำเนิดประกายไฟอย่างน้อย 100 ฟุต (30 เมตร) ถังเก็บสารพิษและสารเคมีที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ ต้องพิจารณาถึงสารเคมีที่เป็นพิษและสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาในการทำแผนผังด้วย โดยจะต้องเว้นระยะห่าง หรือมีการป้องกันสารเหล่านี้ในกรณีที่มีการรั่วไหล สารเคมีที่เป็นพิษได้แก่ คลอรีน ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ แก๊สแอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ส่วนสารเคมีที่สามารถเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ไพโรโฟลิค ส่วนผสมที่ไวต่อแรงสั่นสะเทือน ส่วนผสมที่ไวต่ออุณหภูมิ เป็นต้น ถังสำหรับลดแรงดันถังสำหรับลดแรงดัน มีไว้เพื่อรองรับสารพิษหรือสารเคมีในกรณีที่เกิดรั่วไหล โดยจะต้องจัดวางให้ห่างจากขอบนอกกระบวนการผลิตอย่างน้อย 100 ฟุต (30 เมตร) และจากอาคารอื่นๆ 200 ฟุต (61 เมตร)

8. ถังเก็บสาร (Storage Tank)

Myers (1997) ได้อธิบายว่า การจัดกลุ่มถังเก็บสาร นั้นมีมากมายหลายวิธีด้วยกัน ไม่มีวิธีการที่เป็นสากล แต่ผู้ปฏิบัติงานสามารถที่จะแยกแยะได้ตามข้อกำหนด มาตรฐานหรือ กฎหมาย โดยมีพื้นฐานในการจัดแยกมากจากความดันภายในของถังเก็บสาร วิธีนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของสารที่บรรจุอยู่ภายในถังกักเก็บรวมถึง ความดันภายในและภายนอกถัง โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ Atmospheric Tanks ,Low Pressure Tanks และ Pressure Vessels

ณัฐกานต์ (2553) อธิบายว่าเราสามารถแบ่งประเภทของถังเก็บสาร (Storage Tank) ตามสถานะ (Phase) ของสารที่จะทำการจัดเก็บออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ประเภทที่หนึ่ง คือ สารที่จะ

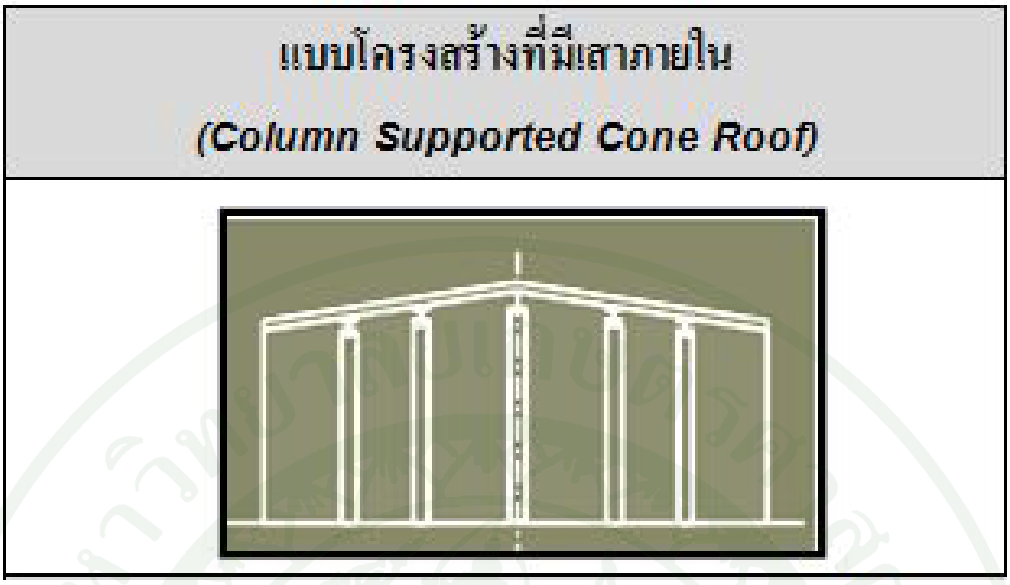
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการจัดเก็บอยู่ในสถานะของเหลว (Liquid Phase) ถังเก็บที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอก (Cylinder) ในแนวตั้ง-นอนเนื่องจากของเหลวมีแรงดันค่อนข้างต่ำจึงสามารถเก็บไว้ในถังเก็บทรงกระบอกซึ่งมีความต้านทานความดันต่ำได้ ส่วนประเภทที่สอง คือ สารที่จะทำการจัดเก็บอยู่ในสถานะก๊าซ (Gas Phase) ถังเก็บที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกลม (Sphere) เนื่องจากก๊าซมีแรงดันสูง ซึ่งถังเก็บทรงกลมสามารถรองรับแรงดันได้ดีกว่าถังเก็บทรงกระบอก สำหรับถังเก็บของเหลวที่สภาวะความดันบรรยากาศ หรือ Low Pressure Atmospheric Storage Tank สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Cone Roof/Fixed Roof Storage Tank) และถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Storage Tank) โดยถังเก็บของเหลวทั้งสองประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank) คือ ถังเก็บของเหลวรูปทรงกระบอกแนวตั้ง (Vertical Cylinder Storage Tank) ด้านล่างของถัง (Bottom) เรียบติดกับพื้นสนิท ส่วนหลังคาด้านบน (Top Roof) เชื่อมติดสนิทกับผนังของถัง (Shell) ซึ่งหลังคาด้านบนจะเป็นลักษณะแบบทรงแหลม(Cone Shape) หรือบางครั้งจะมีการใช้เป็นรูปทรงโดม (Dome Shape) อย่างไรก็ตามถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะโครงสร้างภายใน (Internal Structure) ของถังเก็บ ดังนี้

แบบที่ 1 แบบโครงสร้างที่มีเสาภายใน (Column Supported Cone Roof) มีความชันของหลังคาเท่ากับ 1:16 (Gentle Slope) โครงสร้างภายในของถังจะมีการต่อโครงเสาภายในจากก้นถัง (Bottom Tank) จนถึงหลังคา (Top Roof) เพื่อเป็นการค้ำยันและรับน้ำหนักของหลังคาทั้งหมด ข้อดีของถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank) ในแบบที่ 1 นั้น คือ หลังคามีความชันน้อย และมุมด้านล่างของหลังคาจะต่อถูกทำการเชื่อมติดกับผนังของถัง (Roof-to-Shell Connection) ซึ่งในกรณีที่ถังเก็บของเหลวมีความดันภายในสูงมากเกินไป (Overpressure) หลังคาจะหลุดเปิดออกง่าย เพื่อป้องกันการแตก ระเบิดของถัง และไม่จำกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนข้อเสีย คือ พื้นที่ติดตั้งบริเวณก้นถังเก็บของเหลว (Bottom Settlement) อาจจะเกิดการเสียหายได้จากโครงเสาภายในที่ต่อจากก้นถัง (Bottom Tank) จนถึงหลังคา (Top Roof) และพื้นล่างของถังเก็บของเหลว(Colum Base) อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อท่อเข้าสู่ถังเก็บของเหลวที่บริเวณด้านล่างของถังเก็บของเหลว(Bottom Lining) ได้(ถ้ามี)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 แบบโครงสร้างของ Column Supported Cone Roof

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)

แบบที่ 2 แบบโครงสร้างที่มีคานยึดติดเฉพาะส่วนใต้หลังคา (Trus Supported Cone Roof) มีความชันของหลังคาเท่ากับ 1:5 (Steep Slope) โครงสร้างภายในของถังจะไม่มีการต่อโครงเสาภายในจากก้นถัง (Top Roof) จนถึงหลังคา (Top Roof) เพื่อรับน้ำหนักของหลังคา แต่จะทำการวางคานรับน้ำหนักจากมุมล่างด้านซ้าย (Top Roof Left Angle) ของหลังคาไปยังมุมล่างด้านขวา (Top Roof Right Angle) และทำการต่อเสาโครงสร้างจากคานไปยังหลังคาเพื่อรองรับน้ำหนักหลังคา ข้อดีของโครงสร้างแบบนี้ คือ หลังคามีความชันมาก สามารถกระจายแรงดันได้ดี เนื่องจากบริเวณใต้หลังคามีพื้นที่ว่างปริมาณมากซึ่งจะช่วยให้ถังเก็บมีความดันภายในต่ำ ถังแบบนี้น้ำหนักของหลังคาทั้งหมดจะถูกรองรับโดยโครงสร้างของผนัง (Shell) ของถังเก็บของเหลว และทำให้ลดความเสี่ยงของการเกิดการยกตัว(Uplift) รวมถึง ไม่มีโครงสร้างที่ใช้สำหรับรองรับน้ำหนักของหลังคากีดขวางภายในพื้นที่ของถังเก็บของเหลว ทำให้ง่ายต่อการทำการเปลี่ยนแปลงเป็นถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่(Internal Floating Roof) ในภายหลัง ส่วนข้อเสีย คือ มุมด้านบนของหลังคา (Top Angle) มีขนาดใหญ่และหลังคามีความชันมาก โดยหลังคาจะถูกเชื่อมติดกับคานขวางภายในทำให้หลังคาเกิดการหลุดเปิดออกเพื่อทำการระบายความดันได้ยาก ส่งผลทำให้ต้องทำการติดตั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

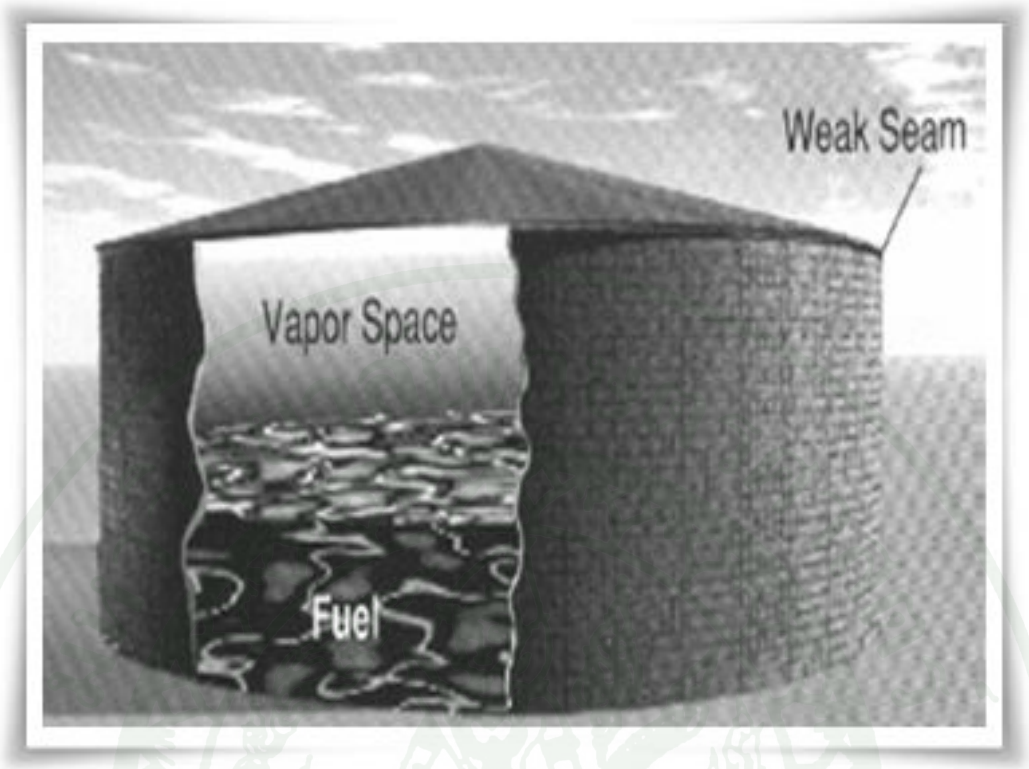
อุปกรณ์ระบายความดัน(Relief Equipment) เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังหรือก้นถังของถังเก็บของเหลวเสียหาย นอกจากนี้ยังจำกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังอีกด้วย คือในการสร้างถังแบบนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดที่อนุญาตให้สร้าง คือ 54 เมตร หรือ 180 ฟุต

ภาพที่ 6 แบบโครงสร้างของ Truss Supported Cone Roof

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)

อย่างไรก็ตาม ภายในถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่จะมีการระเหยของไอ (Vapour) อยู่ที่บริเวณผิวด้านบนของของเหลว (Surface Area) ของเหลวจะสัมผัส (Contact) กับบรรยากาศ (Atmosphere) ที่ไหลเข้ามาในถัง ซึ่งถ้าของเหลวมีการเกิดการระเหยมากเพียงพอจะทำให้ไอของของเหลวผสมรวมกับอากาศกลายเป็นสารผสมที่ติดไฟได้ (Flammable Mixture) ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดบรรยากาศที่สามารถติดไฟได้ (Flammable Atmosphere) ในถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่จะต้องมีระบบควบคุม (Control System) ที่เหมาะสมรวมถึงควรจะมีระบบการปกคลุมด้วยก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซเฉื่อย (Nitrogen/Inert Blanketing) ด้วย อีกประการหนึ่ง ของเหลวที่ทำการส่งมาเข้าเพื่อจัดเก็บในถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ควรจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟ (Flash Point) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลุกไหม้เมื่อมีประกายไฟเกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

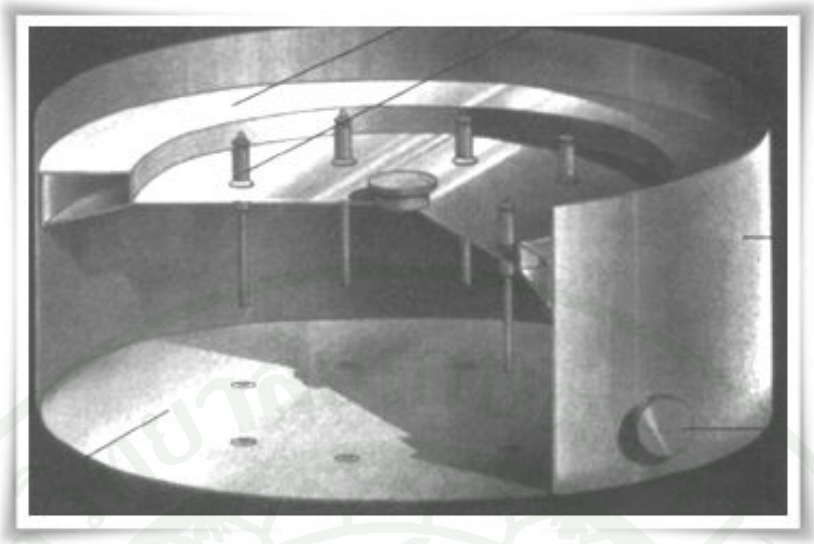


ภาพที่ 7 แสดงการเกิดไอระเหยภายในถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank)

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)

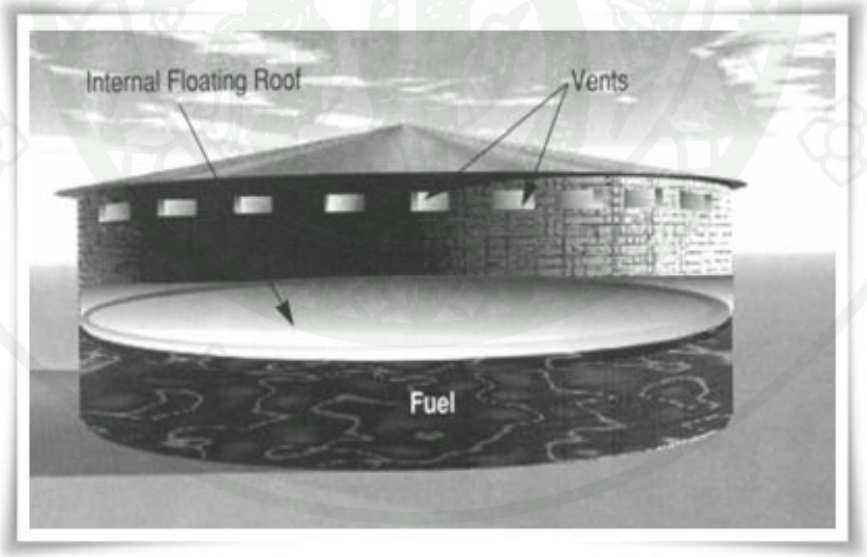
(2) ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank) คือ ถังเก็บของเหลวรูปทรงกระบอกแนวตั้ง (Vertical Cylinder Storage Tank) ด้านล่างของถัง (Bottom) เรียบติดกับพื้นสนิท ส่วนหลังคาด้านบน (Top Roof) มีหลายลักษณะ เช่น หลังคาแบบเปิดภายนอกด้านบน (External (Open Top) Floating Roof) ที่สามารถเลื่อนขึ้นหรือลงตามระดับของของเหลวภายในถังได้ แสดงดังภาพที่ 7 หรือแบบหลังคาปิดภายนอก (Internal Floating Roof) ที่มีลูกลอยภายในถังที่สามารถเลื่อนขึ้นหรือลงตามระดับของของเหลวภายในถังได้เช่นกัน แสดงดังภาพที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank) ลักษณะแบบหลังคาปิดภายนอก (Internal Floating Roof)

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)



ภาพที่ 9 ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank) ลักษณะหลังคาแบบเปิดภายนอกด้านบน (External Floating Roof - Open Top)

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับหลักวิธีการเลือกใช้ถังเก็บของเหลวที่มีชนิดแตกต่างกันว่าจะต้องทำการพิจารณาถึงสิ่งใดบ้าง ซึ่งโดยปกติแล้ว การเลือกชนิดของถังเก็บของเหลวจะถูกพิจารณาจากข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น รวมถึงอาจจะคำนึงค่าใช้จ่ายสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาถังเก็บของเหลวด้วย เช่น การเกิดการสูญเสียจากการระเหย อย่างไรก็ตาม

ในที่นี้จะข้อเสนอหลักการพิจารณาเลือกใช้ถังเก็บของเหลว โดยพิจารณาจากประเภทและจุดวาบไฟ (Flash Point) สำหรับการเลือกประเภทของถังเก็บของเหลวโดยใช้ประเภท (Liquid Classification) และจุดวาบไฟ (Flash Point) ของของเหลว จะทำการพิจารณาโดยใช้หลักการแบ่งประเภทของของเหลวว่าเป็นของเหลวไวไฟ (Flammable Liquid) หรือ ของเหลวติดไฟ (Combustible Liquid) ตามข้อกำหนดของ NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquid Code) โดยการแบ่งประเภทของของเหลวนั้นจะพิจารณาจาก จุดวาบไฟ (Flash Point) และจุดเดือด (Boiling Point) ของของเหลว โดยมาตรฐาน NFPA 30 ได้ทำการจัดกลุ่มของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟไว้ คือ ของเหลวไวไฟ (Flammable liquid) มีการแบ่ง เป็น Class IA , Class IB และ Class I C ส่วนของเหลวติดไฟ (Combustible liquid) แบ่งเป็นกลุ่มย่อย คือ Class II , Class III A และ Class III B ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเลือกประเภทของถังเก็บของเหลวโดยใช้ประเภท (Liquid Classification) และจุดวาบไฟ (Flash Point) ของของเหลว

ประเภทสารเคมี (NFPA 30)		ชนิดของถังเก็บของเหลว(Tank Type)
สารไวไฟ (Class I)	Class 1A	แบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank)
	Class 1B	แบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank)
	Class 1C	แบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank)
สารติดไฟได้ (Class II, III)	Class II	แบบหลังคาเคลื่อนที่ (Floating Roof Tank)
	Class III A	แบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank)
	Class III B	แบบหลังคาคงที่ (Fixed Roof Storage Tank)

ที่มา: ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering ได้กำหนดหลักการและข้อเสนอแนะต่าง สำหรับถังเก็บสาร คือ ตำแหน่งที่ตั้งของนั้น เนื่องจากถังเก็บสารถูกจัดให้เป็นถังสำหรับเก็บสารที่มีคุณสมบัติลุกติดไฟได้ ซึ่งการแบ่งแยกประเภทของถังกับเก็บจะทำให้ง่ายต่อการควบคุมความเสี่ยง และการจัดการกับระบบการป้องกันเพลิง ตำแหน่งของถังกักเก็บไว้บริเวณใต้ลมของแหล่งกำเนิดประกายไฟ เพื่อลดความเสี่ยงในการติดไฟขณะของเหลวภายในถังถูกปล่อย ควรทำการแยกถังกักเก็บประเภทที่ถูกออกแบบให้ทำงานในความดันบรรยากาศ (Atmospheric Tank) ถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว ควรแยกออกจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยง จากการเกิดความเสียหายของถังกักเก็บในขณะที่เกิดจากไฟไหม้และการระเบิด ในการเลือกพื้นนั้นต้องพิจารณาถึงผลของการแผ่รังสีความร้อนในกรณีที่ถังกักเก็บเกิดไฟไหม้ โดยการแผ่รังสีความร้อนอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่หรือ ถังข้างเคียง การเว้นระยะห่างต้องคำนึงถึงขนาด ประเภท ฉนวนความร้อนของถังกักเก็บ การทำเขื่อน และสารที่อยู่ในถังกับเก็บ สำหรับถังที่บรรจุสารไฮโดรคาร์บอน ที่มีความดันหรือที่อยู่ในสภาวะถูกแช่แข็ง จะต้องมีการแบ่งแยกเพิ่มเติม

เขื่อนกั้นจะถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในกรณีที่ถังกักเก็บเกิดการหกรั่วไหล และลดโอกาสในการลุกลามของไฟไปยังถังอื่น ๆ หรือพื้นที่ใกล้เคียง จำนวนถังกักเก็บและขนาดของเขื่อนมีผลกระทบต่อพื้นที่ และแบบแปลนของพื้นที่วางถัง (Tank Farm) ในกรณีที่ต้องการลดขนาดของเขื่อนคือต้องทำช่องระบายเป็นแนวตรงและขนาดใหญ่ เพื่อลำเลียงสารไปปล่อยในที่กักเก็บที่อยู่ไกลออกไปและเหมาะสม ข้อกำหนดในการสร้างเขื่อนและที่กักเก็บสารที่หกรั่วไหลระบุใน NFPA30 ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากถังกักเก็บเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ ซึ่งง่ายต่อการพบเห็น เพียงจัดการควบคุมการเข้าออกของผู้คนในบริเวณพื้นที่วางถัง (Tank Farm) ก็สามารถลดความเสี่ยงในการก่อวินาศกรรมภายในได้แล้ว แต่สำหรับการการก่อวินาศกรรมจากภายนอกค่อนข้างจะเป็นเรื่องยาก ซึ่งอาจจะต้องจัดเก็บถังให้ห่างจากแนวรั้วในระยะทางที่มาก สำหรับ Tank เก็บน้ำมันดิบ หรือผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะ Boilover ต้องห่างอย่างน้อยในรัศมี 500 ฟุต (หรือ 152 เมตร) จากชุมชน Boilover เป็นถังกักเก็บที่หายากแต่มีอันตรายสูง เนื่องจากมีพลังงานและน้ำมันปริมาณมากออกมาจากถัง สำหรับที่ว่างรอบ ๆ และการจัด ถังกักเก็บความดันต่ำ ที่มีความดันใช้งานระหว่าง 0.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(3.45 บาร์เกจ) ถึง 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกจ (103 บาร์เกจ) ให้อ้างอิงตาม NFPA 30 สำหรับถังกักเก็บทรงกลม ทรงกระบอกที่มีความดัน ถังกักเก็บที่ถูกให้ความเย็น ถังกักเก็บที่ถูกให้ความเย็นแบบยิ่งยวด ที่บรรจุสารลุกติดไฟได้จากกระบวนการผลิต และมีแหล่งกำเนิดประกายไฟแบบต่อเนื่อง เช่น เตาที่ใช้ไฟเผา ต้องวางถังกักเก็บพวกนี้ไว้ต่ำกว่า และใต้ลมของแหล่งกำเนิดประกายไฟ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. มาตรฐานด้านความปลอดภัย NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code Handbook 2008 Edition

2. Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering

3. แบบแปลนของโรงงานที่ทำวิจัย

4. คอมพิวเตอร์ Notebook ระบบปฏิบัติการ Windows XP

5. โปรแกรม Bentley View XM Edition

6. กล้องถ่ายรูปและอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ

วิธีการ

รายละเอียดการทำวิจัยในแต่ละหัวข้อ มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหาข้อมูล การจัดวางผังโรงงานของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2

2. ศึกษาสมบัติของสารเคมีในกระบวนการผลิตสารอะโรเมติกส์

3. ตรวจสอบขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่บรรจุสารเคมีรวมถึงปริมาณสารเคมีที่บรรจุ

4. วัดระยะตำแหน่งของหน่วยผลิตหลักและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นำผลการตรวจ วัดระยะและขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาคำนวนและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

5. สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

รายละเอียดการทำวิจัยในแต่ละหัวข้อ มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหาข้อมูล การจัดวางผังโรงงานของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2
2. ศึกษาสมบัติของสารเคมีในกระบวนการผลิตสารอะโรเมติกส์
3. ตรวจสอบขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่บรรจุสารเคมีรวมถึงปริมาณสารเคมีที่บรรจุ
4. วัดระยะตำแหน่งของหน่วยผลิตหลักและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นำผลการตรวจวัดระยะและขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาคำนวนและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

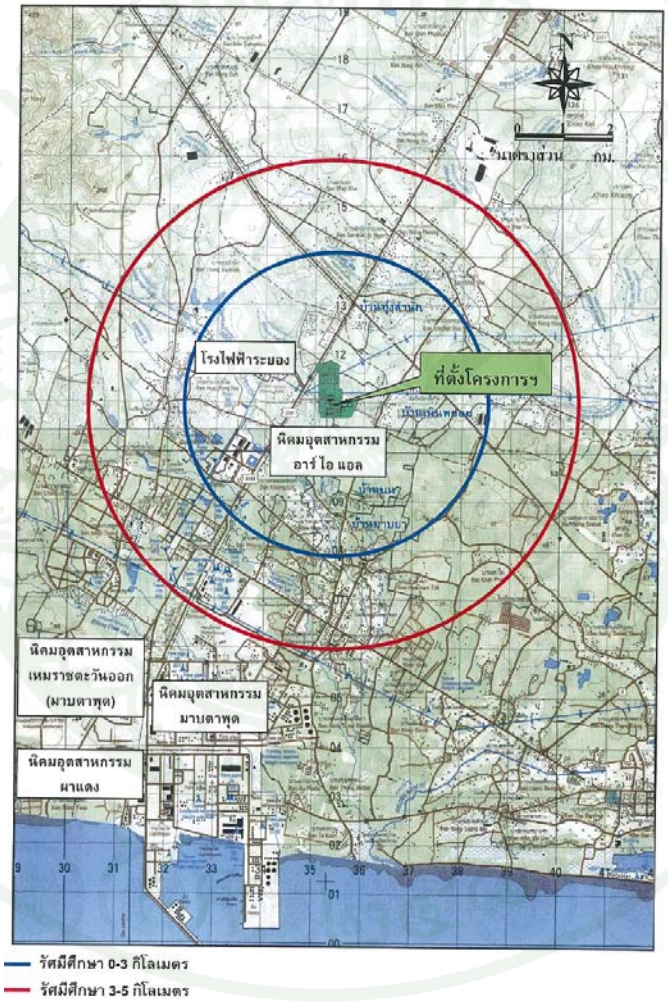
1. ศึกษาหาข้อมูล การจัดวางผังโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วย ที่ 2

ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานและการจัดวางผังโรงงาน บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) โรงงานอะโรเมติกส์ สาขาที่ 5 นั้นได้มีการดำเนินการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการระเบิดและติดไฟไฟได้ ทำการตัดแยกแหล่งที่อาจจะทำให้เกิดเพลิงใหม้ การระเบิด หรืออันตรายจากสารพิษ จากพื้นที่มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตราย โดยมีพื้นฐานในการออกแบบกระบวนการผลิตให้เกิดความปลอดภัย มีมาตรการหรือกลยุทธ์ด้านความปลอดภัย ที่ส่งผลต่อแนวโน้มในการยับยั้งและลดการเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติได้ โดยมีการป้องกันตั้งแต่เริ่มการออกแบบซึ่งถือเป็นมาตรการหรือกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถป้องกันอุบัติเหตุได้ตั้งแต่เริ่มต้น สามารถลดความรุนแรงของเหตุการณ์ และป้องกันไม่ให้เกิดการลุกลามต่อไป ในการก่อสร้างโรงงานตั้งแต่ต้น ได้มีการพิจารณา ลำดับชั้นของความปลอดภัย ในการจัดการด้านความปลอดภัยในโรงงาน ซึ่งได้แก่ การออกแบบกระบวนการผลิต (Process design) โดยในการออกแบบระบบนั้นได้จ้างบริษัทชั้นนำของโลกเพื่อออกแบบระบบ มีการกำหนดระยะห่างที่เหมาะสม (Separation distance) โดยอ้างอิงได้จากระเบียบการทำงาน เรื่อง Engineering Standard ATC CPX I Efficiency Improvement Project Equipment Spacing บังคับใช้เมื่อ เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 ซึ่งเป็นระเบียบการทำงานของบริษัท อะโรเมติกส์และการกลั่น ซึ่งเป็นบริษัทเก่าก่อนการควบรวมกลายมาเป็นบริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5 ในปัจจุบัน โดยเอกสารดังกล่าวถูกยกเลิกการใช้งานแล้วเมื่อมีการควบรวมบริษัท นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์และเครื่องมือความปลอดภัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์การวัด ระบบการเตือน และระบบควบคุมการทำงาน (Safety and process devices, instruments, alarms, and controls) รวมถึงการบริหารและควบคุมกระบวนการผลิต (Administrative processes and controls)

ทำเลที่ตั้งของโรงงาน โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอลแสดงดังภาพที่ 10 แยกตัวออกมาจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดประมาณ 8.4 กิโลเมตร



ภาพที่ 10 ที่ตั้งโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5

ที่มา: บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนชุมชนใกล้เคียงในรัศมี 5 กิโลเมตร จากโรงงานอะโรเมติกส์ ที่ต้องดูแลรับผิดชอบตามเอกสารรายงานผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (EIA) มีจำนวน 21 หมู่บ้าน ดังนี้

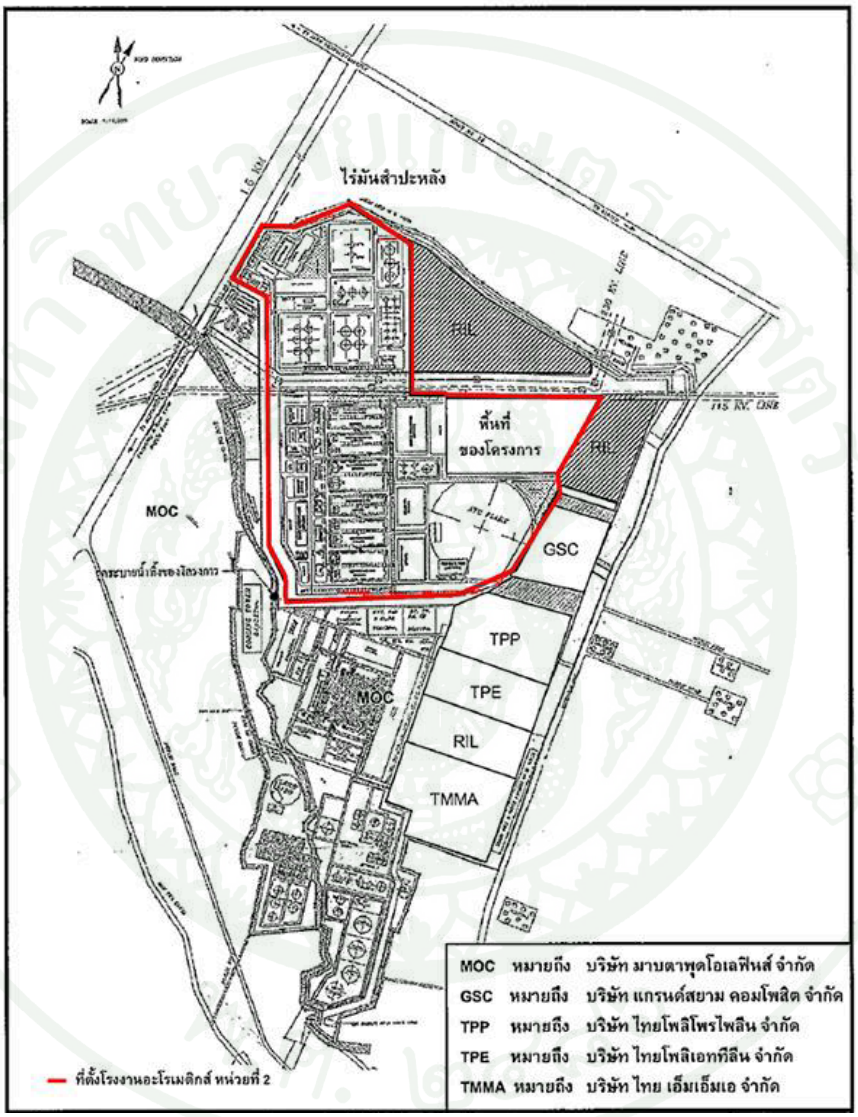
ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่ชุนชน ในรัศมี 5 กิโลเมตรจาก โรงงานอะโรเมติกส์

เขตการปกครอง	ชุมชน
เทศบาลเมืองมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง	1. บ้านบน 2. บ้านมาบยา 3. วัดมาบตาพุด 4. สำนักกะบาก 5. หัวโป่งใน 6. บ้านมาบข่า 7. บ้านอิสลาม 8. บ้านพลง 9. ตลาดห้วยโป่ง 10. ตลาดมาบตาพุด 11. บ้านล่าง 12. บ้านโขดหิน 13. วัดโสภณ 14. วัดมาบชลูด
องค์การบริหารส่วนตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง	1. หนองกระบาก
องค์การบริหารส่วนตำบลมาบข่า อำเภอนิคมพัฒนา	1. บ้านหนองผักหนาม 2. บ้านกระเฉดบน 3. บ้านทุ่งต้นเสียบ 4. บ้านมาบข่า 5. บ้านทุ่งสำนัก 6. บ้านสำนักอ้ายงอน

โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 มีอาณาเขตติดพื้นที่ดังต่อไปนี้ ทิศเหนือ ติดกับ ไร่มันสำปะหลัง ทิศใต้ ติดกับ บริษัท มาบตาพุด โอเลฟินส์ จำกัด (MOC) ซึ่งเป็นบริษัทในเคลือ เอสซีจี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

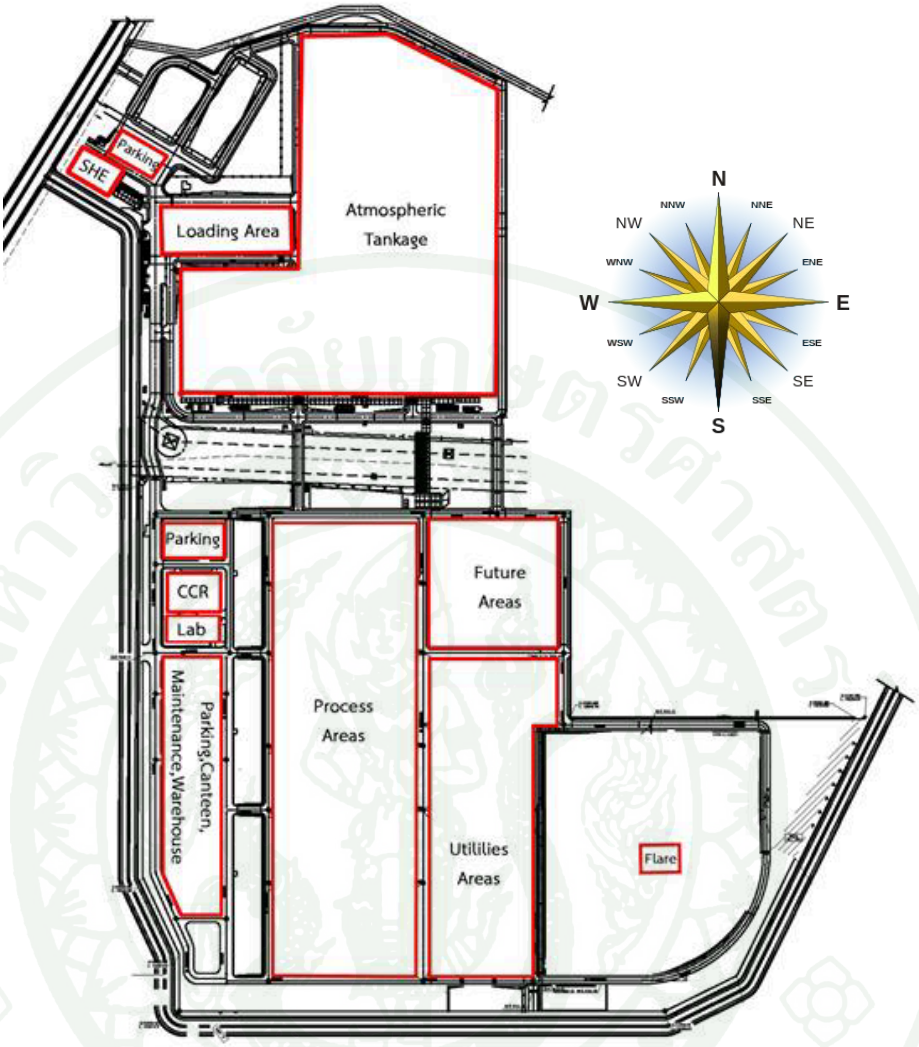
(SCG) และไทยโพลิโพรไพลีน จำกัด(TPP) ทิศตะวันออก ติดกับพื้นที่ว่างรอการใช้ประโยชน์และ บริษัท แกรนด์สยาม คอมโพสิต จำกัด(GSC) และทิศตะวันตก ติดกับ บริษัท มาบตาพุด โอเลฟินส์ จำกัด (MOC) แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 อาณาเขตของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5

ที่มา: บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 การแบ่งพื้นที่ (Block Layout) ภายในโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5

จากภาพที่ 12 แสดงให้เห็นผลการวิเคราะห์และตีกรอบให้เห็นว่าภายในโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ในนิคมอุตสาหกรรม อาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5 ได้แบ่งพื้นที่ (Block Layout) ออกเป็นพื้นที่ ดังนี้

1) พื้นที่ถังเก็บ (Atmospheric Tankage)
2) พื้นที่โหลดและบรรจุ (Loading Area)
3) อาคารความปลอดภัยและเหตุฉุกเฉิน (SHE and Emergency Building)
4) พื้นที่กระบวนการผลิต (Process Areas)
5) หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิต (Utility Areas)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) พื้นที่จอดรถ (Parking Areas)

7) โรงอาหาร (Canteen Area)

8) หน่วยงานซ่อมบำรุง (Maintenance Area)

9) คลังพัสดุ (Warehouse)

10) อาคารควบคุม (CCR and Laboratory)

11) หอเผา (Flare)

12) พื้นที่ว่าง (Future Areas)

ลมประจำฤดูของพื้นที่ตั้งโรงงาน ซึ่งตรวจสอบจาก ผังลมในคาบ 10 ปี (พ.ศ.2524-2533) ของสถานีตรวจอากาศสัตหีบ กรมอุตุนิยมวิทยา สามารถสรุปได้ ตามตารางที่ 3

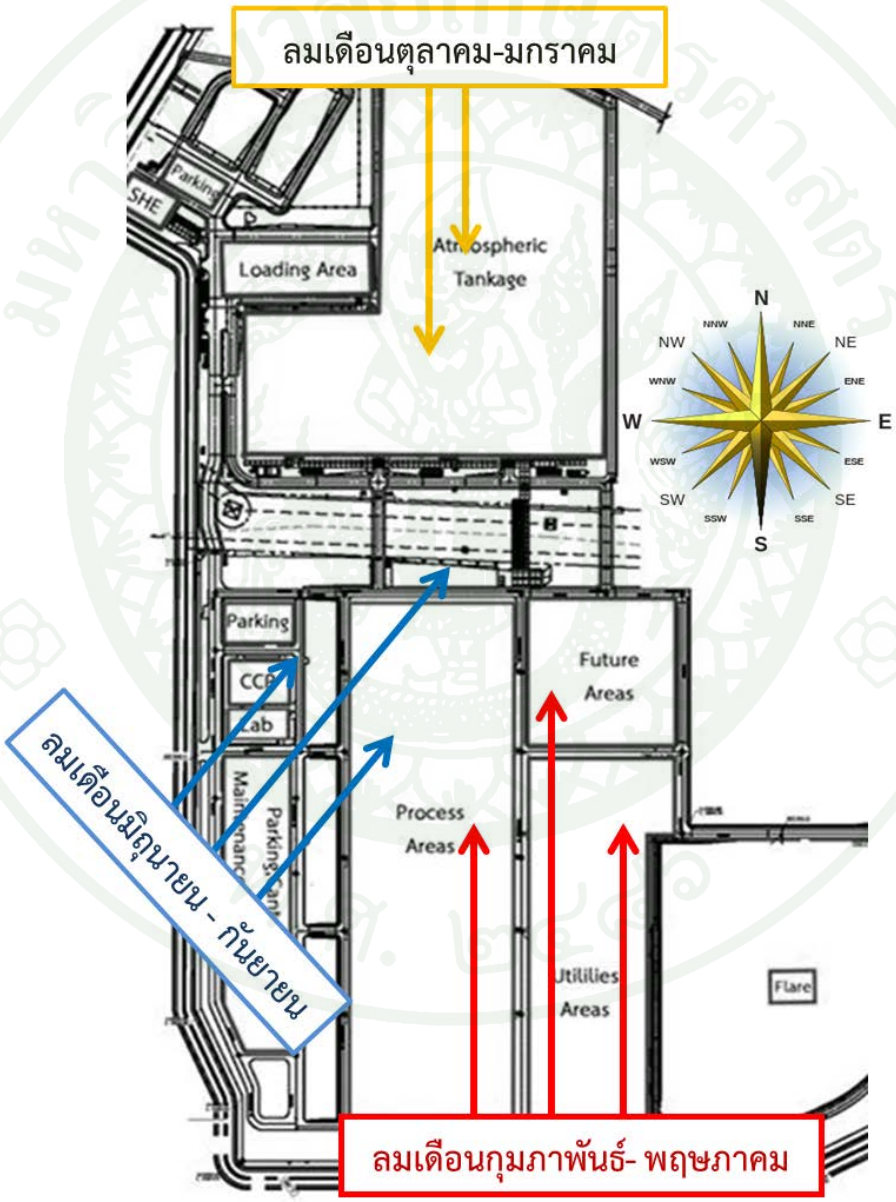
ตารางที่ 3 ลมประจำฤดูที่สำคัญของพื้นที่ตั้งโรงงาน อะโรเมติกส์ 2

เดือน	ทิศทางลม
กุมภาพันธ์- พฤษาคม	ทิศใต้
มิถุนายน -กันยายน	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
ตุลาคม-มกราคม	ทิศเหนือ

เมื่อพิจารณาทิศทางลมดังกล่าว พบว่า ทิศทางลมที่สำคัญได้แก่ ลมที่พัดมาจากลมที่พัดมาจากทิศใต้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษาคม ลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน และทิศเหนือในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ซึ่งเมื่อพิจารณา จากภาพที่ 12 ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด(มหาชน) สาขาที่ 5 โรงอะโรเมติกส์ 2 นั้นวางตัวในทิศเหนือใต้ โดย การจัดวาง Tank Farm ได้ด้านทิศเหนือและ Process Area วางไว้ในทิศใต้ และจากข้อกำหนดการจัดวาตำแหน่งของ Tank Farm นั้นควรอยู่ใต้ลมของแหล่งกำเนิดไฟ เช่น กระบวนการผลิต ซึ่ง หากพิจารณาจากข้อมูลของทิศทางลม จะเห็นไว้เป็นไปตามข้อเสนอแนะ เพราะทิศทางลมโดยส่วนใหญ่แล้วตลอดทั้งปี พัดจากทิศใต้ไปทิศเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม เท่านั้นที่ลมพัดจากทิศเหนือซึ่งเป็นทิศของที่ตั้ง Tank Farm พัดมายังกระบวนการผลิต และนอกจากนี้ กระบวนการผลิตและ Tank ก็ถูกแยกพื้นที่ออกจากกัน ไม่ได้อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งถือว่า โดยภาพรวมแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นไปตามข้อเสนอแนะตาม Guidelines for Facility Siting and Layout ของ CCPS นอกจากนี้แล้ว การวางอาคารต่าง ๆ ที่เป็นส่วนสนับสนุนการผลิต จากแผนผังจะเห็นได้ว่า ได้ถูกวางไว้นอกพื้นที่กระบวนการผลิต และอยู่ทิศเหนือลมจากกระบวนการผลิต และ Tank Farm ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามข้อเสนอแนะตาม Guidelines for Facility Siting and Layout ของ CCPS สามารถสรุปที่ตั้งโรงงานและทิศทางลมได้ตามภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ที่ตั้งโรงงานกับทิศทางลมประจำฤดู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ศึกษาสมบัติของสารเคมีในกระบวนการผลิตสารอะโรเมติกส์

บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)โรงงานอะโรเมติกส์ สาขาที่ 5 ลักษณะการประกอบการ ดำเนินการผลิต ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในสายอะโรเมติกส์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ พาราไซลีน (Paraxylene), เบนซีน (Benzene) และโทลูอีน (Toluene) มีผลิตภัณฑ์พลอยได้หลายชนิด ได้แก่ แนฟทาชนิดหนัก (Heavy Naptha), แนฟทาชนิดเบา (Light Naptha), รีฟอร์เมต (Reformate), คอนเดนเสทเรซิดิว (Condensate Residue), ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG), สารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics) การศึกษาสมบัติของสารเคมีในกระบวนการผลิตสารอะโรเมติกส์ จะทำการศึกษาเกี่ยวกับ คุณสมบัติทางเคมี จากข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี(Safety Data Sheet) จากนั้นจึงนำไปเปรียบเทียบกับ มาตรฐาน NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquid Code) ดังนี้

ตารางที่ 4 ตารางสรุปการแบ่งประเภทสารเคมี ตามข้อกำหนด NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquid Code 2008)

ประเภทสารเคมี	จุดวาบไฟ		จุดเดือด	
	องศา ฟาเรนไฮต์ (°F)	องศา เซลเซียส (°C)	องศา ฟาเรนไฮต์ (°F)	องศา เซลเซียส (°C)
สารไวไฟ (Class I)	<100	<37.8	-	-
- Class 1A	<73	<22.8	<100	<37.8
- Class 1B	<73	<22.8	≥100	≥37.8
- Class 1C	<100 - 73	<37.8 - 22.8	-	-
สารติดไฟ (Class II, III)	≥ 100	≥37.8	-	-
- Class II	<140 - 100	<60 – 37.8	-	
- Class III A	<200 -140	<93.3 - 60	-	
- Class III B	≥200	≥93.3	-	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 วัตถุดิบ

ปัจจุบันวัตถุดิบที่ใช้ในการบวนการผลิต ประกอบด้วย ฟูลเรนจ์คอนเดนเสท (Full Range Condensate; FRC), ไพโรไลซีสแก๊สโซลีน (Pygas), มิกซ์ไซลีน (Mixed Xylene) และ รีฟอร์เมต (Reformate) โดยรีฟอร์เมตนี้นำมาจากกระบวนการผลิตของโรงงานเองและรับจากภายนอกคือ โรงกลั่นน้ำมันของบริษัท พีทีทีโกลบอลเคมิคอล จำกัด(มหาชน) รายละเอียดปริมาณการใช้วัตถุดิบ แหล่งที่มา และการขนส่ง ของโรงอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ แหล่งที่มา และการขนส่งของโรงอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2

วัตถุดิบ	ปริมาณ (ตันต่อปี)	การใช้ประโยชน์	แหล่งที่มาและการขนส่ง
ฟูลเรนจ์คอนเดนเสท (Full Rang Condensate; FRC)	2,906,800	เป็นวัตถุดิบหลัก และป้อนเข้าหน่วยกลั่นแยกคอนเดนเสท(Feed Fractionation)	- ขนส่งทางเรือจากอ่าวไทย โดย บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และเก็บกักในถังเก็บกักที่ท่าเทียบเรือก่อนสูบถ่ายผ่านท่อเข้าสู่ถังกักเก็บของโรงงาน - รับจากโรงกลั่นนำมันส่งผ่านทางท่อเข้าสู่ถังกักเก็บ
ไพโรไลซีสแก๊สโซลีน (Pygas)	115,600	เป็นสารป้อนเข้าหอกลั่น Stripper เพื่อผลิตเบนซีนและโทลูอีน	รับจากโรงงานผลิตสารโอเลฟินส์ผ่านทางท่อ เข้าสู่ถังกักเก็บของโรงงาน
มิกซ์ไซลีน(Mixed Xylene)	62,000	เป็นสารป้อนเข้าสู่หน่วยการผลิต Isomer เพื่อผลิตพาราไซลีน	รับจากโรงงานอะโรเมติกส์ผ่านทางท่อเข้าสู่หน่วยไอโซมาร์ (Isomar Unit)
รีฟอร์เมต (Reformate)	325,000	เป็นสารป้อนเข้าสู่หอกลั่นเข้าสู่การผลิตอะโรเมติกส์	รับจากโรงกลั่นน้ำมันส่งผ่านท่อเข้าสู่ถังกักเก็บ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 และข้อมูลด้านความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet) ดังตางรางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 และข้อมูลด้านความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet)

วัตถุดิบ	จุดวาบไฟ (°C)	จุดเดือด (°C)	ประเภทสารเคมี NFPA30	ค่ามาตรฐานความปลอดภัย(ppm)				
				ACGIH		OSHA		Thai
				TWA	STEL	TWA	STET	TWA
Full Rang Condensate	-43	38	Class 1B	-	-	-	-	-
Pygas	-11.11	40-200	Class 1B	0.5	2.5	1	-	10
Mix Xylene	25	137-143	Class 1C	100	150	100	150	100
Reformate	-1	96-197	Class 1B	-	-	-	-	-

2.2 ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการผลิต ได้แก่ พาราไซลีน(Paraxylene),เบนซีน(Benzene),โทลูอีน (Toluene) และออร์โธไซลีน (Orthoxylene) ส่วนผลิตภัณฑ์พลอยได้ประกอบด้วย แนฟทาชนิดเบา (Light Naphtha) รีฟอร์เมต (Reformate) คอนเดนเสทเรซิดิว (Condensate Residue) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และสารอะโรเมติกส์หนัก (Heavy Naphtha)

รายละเอียดกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ รวมถึงการขนส่งไปจำหน่าย แสดงดังตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 รายละเอียดกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์พลอยได้โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2

ประเภทผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (ตันต่อปี)	การขนส่ง
ผลิตภัณฑ์หลัก	พาราไซลีน (Paraxylene)	819,100	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังลูกค้า เช่น Tuntex บริษัท สยามมิตซุย พีทีเอ จำกัด เป็นต้น - ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังท่าเทียบเรือ เพื่อส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ
	เบนซีน (Benzene)	438,000	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังท่าเทียบเรือ เพื่อส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ
	โทลูอีน (Toluene)	52,700	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บ ไปยังโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 1
	ออร์โธไซลีน (Orthoxylene)	21,900	- ส่งไปยังลูกค้าผ่านทางรถบรรทุก
ผลิตภัณฑ์พลอยได้	แนฟทาเบา (Light Naphtha)	613,600	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังลูกค้า เช่น บริษัท ระยอง โอเลฟินส์ จำกัด บริษัท ไทยแท้งค์เทอร์มินัล จำกัด เป็นต้น
	รีฟอร์เมต (Refomale)	0	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บเข้าสู่กระบวนการผลิต
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	189,400	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังลูกค้า เช่น ปตท. โรงงานผลิตสารโอเลฟินส์ เป็นต้น
	อะโรเมติกส์หนัก (Heavy Aromatics)	28,000	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังลูกค้า เช่น บริษัท ไทยแท้งค์เทอร์มินัล จำกัด
	คอนเดนเสทเรซิดิว (Condensate Residue)	878,400	- ส่งผ่านท่อจากถังกักเก็บไปยังโรงกลั่นน้ำมันและลูกค้า เช่น บริษัท ไทยแท้งค์เทอร์มินัล จำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปองค์ประกอบหลักและคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 รวมถึงข้อมูลความปลอดภัย โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบหลักและคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ ประเภทของสารเคมีตาม NFPA 30 รวมถึงข้อมูลความปลอดภัย

ชื่อสารเคมี	จุดวาบไฟ (°C)	จุดเดือด (°C)	ประเภทสารเคมี NFPA30	ค่ามาตรฐานความปลอดภัย(ppm)				
				ACGIH		OSHA		Thai
				TWA	STEL	TWA	STET	TWA
Paraxylene	32.22	137.5-139	Class 1C	100	150	100	150	100
Benzene	-11	80	Class 1B	10	-	-	5	10
Toluene	4.4	111	Class 1B	20	-	100	150	200
Ortho-Xylene	26.11	137-143	Class 1C	100	150	100	150	100
Light Naphtha	-40	33-124	Class 1A	-	-	-	-	-
Reformate	-1	96-197	Class 1B	-	-	-	-	-
LPG	-60	(-40)-(80)	-	1000	-	-	-	-
Heavy Aromatic	58	≥175	Class II	-	-	-	-	-
Condensate Residue	>37.8	≥175	Class II	-	-	-	-	-

จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถสรุปประเภทสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ ของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ตามแนวทาง NFPA 30 ได้ดังนี้ คือ เป็นสารไวไฟ Class I จำนวน 10 สาร แบ่งเป็น Class 1A ทั้งหมด 1 สาร คือ Light Naphtha เป็น Class 1B จำนวน 6 สาร คือ Full Rang Condensate(FRC), Pygas, Reformate, Benzene, Toluene และ Reformate เป็น Class 1C จำนวน 3 สาร คือ Mix Xylene, Paraxylene และ Ortho-Xylene เป็นสารติดไฟได้ (Class II, III) จำนวน 2 สาร เป็นประเภท Class II ทั้งหมด Heavy Aromatic และ Condensate Residue ส่วน ประเภท Class III ไม่มีในโรงงานผลิต อะโรเมติกส์หน่วยที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นตามตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

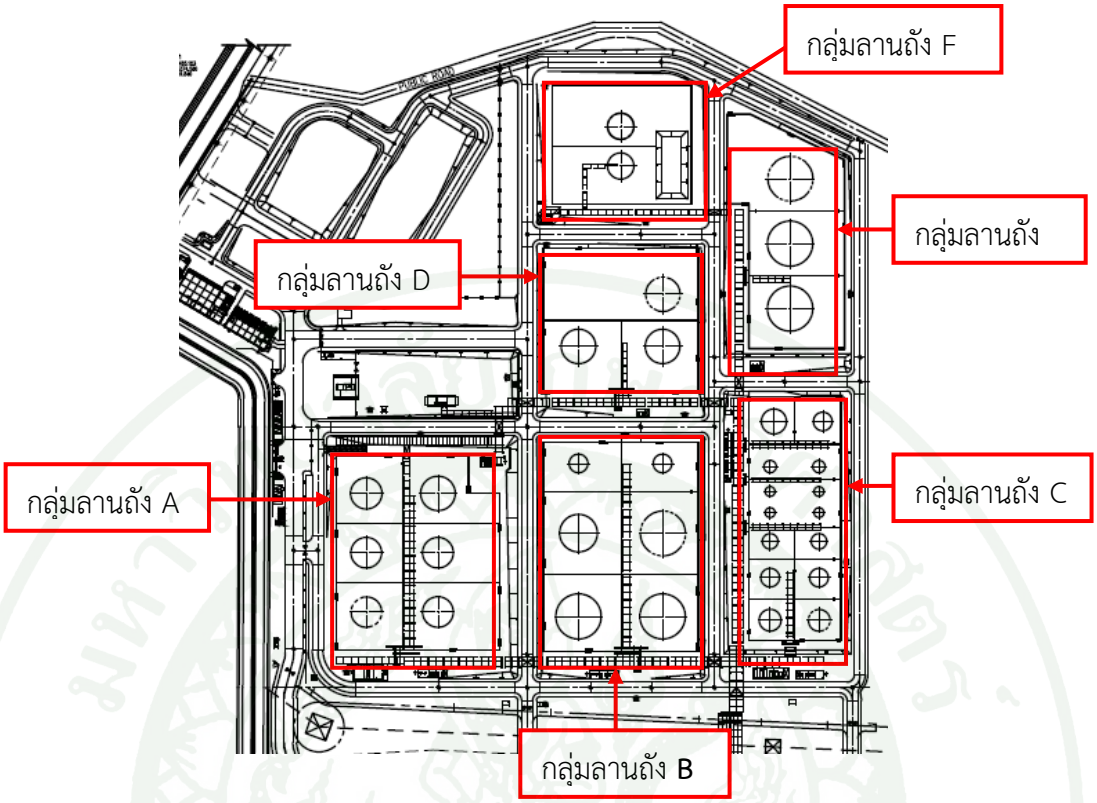
ตารางที่ 9 สรุปประเภทสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์พลอยได้ ของโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ตามแนวทาง NFPA 30

ประเภทสารเคมี (NFPA 30)		ชื่อสารเคมี	**ประเภทผลิตภัณฑ์**
สารไวไฟ	Class IA	Light Naphtha	ผลิตภัณฑ์พลอยได้
(Class I)	Class IB	Full Rang Condensate(FRC)	วัตถุดิบ
		Pygas	วัตถุดิบ
		Reformate	วัตถุดิบ
		Benzene	ผลิตภัณฑ์หลัก
		Toluene	ผลิตภัณฑ์หลัก
		Reformate	ผลิตภัณฑ์พลอยได้
	Class IC	Mix Xylene	วัตถุดิบ
		Paraxylene	ผลิตภัณฑ์หลัก
		Ortho-Xylene	ผลิตภัณฑ์หลัก
สารติดไฟได้	Class II	Heavy Aromatic	ผลิตภัณฑ์พลอยได้
(Class II, III)		Condensate Residue	ผลิตภัณฑ์พลอยได้
	Class III A	-	-
	Class III B	-	-

3. ตรวจสอบขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่บรรจุสารเคมีรวมถึงปริมาณสารเคมีที่บรรจุ

โรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 มีการกักเก็บวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์พลอยได้ รวมทั้งสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในถังเก็บกักที่มีการออกแบบตามมาตรฐานของประเทศไทย และมาตรฐานสากล และตั้งอยู่ภายในกลุ่มพื้นที่ลานถัง A B C D E และ F ที่มีคันกั้นล้อมรอบ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารออกสู่ภายนอก รูปภาพโดยรวมของพื้นทีกักเก็บสารเคมีเป็นไปตามภาพที่ 14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 การแบ่งพื้นที่ลานกักเก็บสาร (Tank Farm) ภายในโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 ใน นิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 5

กรณีที่มีการรั่วไหลของสารจากถังกักเก็บ ซึ่งขนาดรองรับของคันกั้นสามารถรองรับปริมาณของสารได้เท่ากับปริมาตรของถังกักเก็บที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ปัจจุบันโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2 มีถังกักเก็บ 35 ถัง รายละเอียดของถังกักเก็บ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกักเก็บของระบบถังเก็บในพื้นที่ลานถังโรงงานอะโรเมติกส์ หน่วยที่ 2

กลุ่มลานถัง	หมายเลขถัง	สารที่บรรจุ	จำนวน (ถัง)	ชนิดถัง*
A	2945-TK50A/B/C	Full Range Condensate	3	IFRN
	2945-TK50 D	Full Range Condensate (Future)	1	IFRN
	2945-TK61	Reformate	1	IFRN
	2945-TK62	Sweet Naphtha	1	IFRN

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กลุ่มลานถัง	หมายเลขถัง	สารที่บรรจุ	จำนวน (ถัง)	ชนิดถัง*
B	2945-TK51	Condensate Residue	1	CRN (Class II)
	2945-TK59A/B	Light Naphtha Product	2	IFRN
	2945-TK59C	Light Naphtha (Future)	1	IFRN
	2945-TK66A/B	Heavy Naphtha	2	IFRN
C	2945-TK52	Future	1	-
	2945-TK53	Pygas	1	IFRN
	2945-TK54A/B	Paraxylene Day Tank	2	CRN (Class I)
	2945-TK56A/B	Benzene Day Tank	2	IFRN
	2945-TK58	Toluene Product	1	IFRN
	2945-TK60A/B	Heavy Aromatics	2	CRN (Class II)
	2945-TK63A/B	Slop Tank (Re-run)	2	IFRN
	2945-TK64A/B	Slop Tank (Disposal/CR back wash)	2	IFRN
	2945-TK65	Aromatic off Specification	1	IFRN
D	2945-TK57A/B	Benzene Product	2	IFRN
	2945-TK57C	Benzene Product (Future)	1	IFRN
	2945-TK67A/B	Orthoxylene (Future)	2	CRN (Class I)
E	2945-TK55A/B/C	Paraxylene Product	3	CRN (Class I)
F	2945-V2/V3	LPG	2	Sphere

*<u>หมายเหตุ</u>

1. IFRN คือ Internal Floating Roof Tank with N2 Blanket
2. CRN คือ Cone Roof Tank with N2 Blanket
3. CRN Class I,II คือ Cone Roof Tank with N2 Blanket ที่บรรจุสารประเภท Class I หรือ Class II ตามข้อกำหนดของ NFPA30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากถังกักเก็บทั้งหมด 35 ถัง รายละเอียดของถังกักเก็บ ในเรื่องของลักษณะ ขนาด และคันกั้นในกลุ่มพื้นที่ลานถัง แสดงตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายละเอียดของถังกักเก็บในเรื่องของลักษณะ ขนาด และคันกั้นในกลุ่มพื้นที่ลานถัง

กลุ่มลานถัง	หมายเลขถัง	ลักษณะของแต่ละถัง			คันกั้น		
		เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	สูง (เมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สูง (เมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)
A	2945-TK50A/B/C/D	24.4	16.6	7,762	19,400	3.1	57,585
	2945-TK61	25.0	16.6	8,149			
	2945-TK62	27.5	15.4	9,147			
B	2945-TK51	30.0	18.15	12,830	20,541	3.5	68,377
	2945-TK59A/B/C	36.0	16.0	16,286			
	2945-TK66A/B	15.0	14.8	2,615			
C	2945-TK52	17.5	11.8	2,838	14,235	1.6	21,161
	2945-TK53	17.5	11.8	2,838			
	2945-TK54A/B	15.0	15.15	2,677			
	2945-TK56A/B	12.5	10.6	1,301			
	2945-TK58	15.0	10.0	1,767			
	2945-TK60A/B	10.0	7.95	624			
	2945-TK63A/B	8.0	5.2	261			
	2945-TK64A/B	8.0	5.2	261			
	2945-TK65	20.0	16.3	5,121			
D	2945-TK57A/B/C	27.5	17.4	10,330	14,145	2.6	35,278
	2945-TK67A/B	10.7	9.1	819			
E	2945-TK55A/B/C	36.0	16.35	16,642	14,046	3.2	42,466
F	2945-V2/V3	21.0	-	4,849	10,450	0.3	3,054

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. วัดระยะตำแหน่งของหน่วยผลิตหลักและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นำผลการตรวจวัดระยะและขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาคำนวนและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

4.1 พื้นที่ถังกับเก็บ จากถังกักเก็บทั้งหมด 35 ถัง รายละเอียดระยะห่างของถังแต่ละถัง ตามตารางที่ 12 จะแสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A), ตารางที่ 13 แสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ ถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B), ตารางที่ 14 แสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ ถังกักเก็บลาน C (Tank Farm C), ตารางที่ 15 แสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ ถังกักเก็บลาน D (Tank Farm D), ตารางที่ 16 แสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ ถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E) ตารางที่ 17 แสดงระยะห่างของถังแต่ละถังพื้นที่ ถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F)

จากผลการตรวจวัดระยะของถังกักเก็บทั้งหมด ปรากฏว่าไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 5 จุด คือ ถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A) จำนวน 2 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-50A กับ 2545-TK-50B และ 2545-TK-50C กับ 2545-TK-61 ถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-59A กับ 2545-TK- 59B ถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-55A กับ 2545-TK-55B และ ถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-V2 กับ 2545-V3 ส่วนลานเก็บถัง C (Tank Farm C) และ D (Tank Farm B) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ระยะห่างของถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ผลการวัดระยะห่าง (เมตร)					
				50A	50B	50C	61	62	
IFRN	7,762	24.40	50A	-	**23.10***	73.24	109.82	67.05	ผลการวัด (เมตร)
IFRN	7,762	24.40	50B	24.40	-	32.60	73.22	20.55	
IFRN	7,762	24.40	50C	24.40	24.40	-	**22.80***	73.18	
IFRN	8,149	25.00	61	25.00	25.00	25.00	-	30.75	
IFRN	9,147	27.50	62	27.50	27.50	27.50	27.50	-	
				มาตรฐาน (เมตร)					

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ระยะห่างของถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ระยะห่าง (เมตร)					
				66A	66B	51	59A	59B	
IFRN	2,615	15.00	66A	-	51.00	33.50	96.00	114.12	ผลการวัด (เมตร)
IFRN	2,615	15.00	66B	15.00	-	86.44	114.12	97.00	
CRN (Class II)	12,830	30.00	51	30.00	30.00	-	32.50	61.40	
IFRN	16,286	36.00	59A	36.00	36.00	36.00	-	**31.00***	
IFRN	16,286	36.00	59B	36.00	36.00	36.00	36.00	-	
				มาตรฐาน (เมตร)					

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ระยะห่างของถัง พื้นที่ ถังกักเก็บลาน C (Tank Farm C)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ระยะห่าง(เมตร)												
				53	54A	54B	56A	56B	58	60A	60B	63A	63B	64A	64B	65
IFRN	2,838	17.50	53	-	17.75	35.49	48.00	59.08	148.28	109.2	115.30	73.25	81.68	99.00	97.40	140.2
CRN (Class I)	2,677	15.00	54A	17.50	-	24.01	15.25	34.89	116.85	116.9	84.64	40.53	53.47	57.50	67.75	107.5
CRN (Class I)	2,677	15.00	54B	17.50	15.00	-	34.85	15.24	110.04	97.08	76.51	53.66	40.50	67.80	57.59	112.6
IFRN	1,301	12.50	56A	17.50	15.00	15.00	-	26.51	90.96	48.75	60.26	12.75	34.88	48.75	45.62	79.81
IFRN	1,301	12.50	56B	17.50	15.00	15.00	12.50	-	82.35	60.40	48.75	35.06	12.79	26.60	29.75	86.30
IFRN	1,767	15.00	58	17.50	15.00	15.00	15.00	15.00	-	60.40	23.59	72.75	61.57	90.97	44.60	21.49
CRN (Class II)	624	10.00	60A	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	-	29.00	28.02	44.76	11.00	34.82	21.21
CRN (Class II)	624	10.00	60B	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	5.00	-	44.76	27.98	60.35	11.01	35.91

ผลการวัด (เมตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ระยะห่าง(เมตร)												
				53	54A	54B	56A	56B	58	60A	60B	63A	63B	64A	64B	65
IFRN	261	8.00	63A	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	5.00	5.00	-	31.00	12.79	34.54	59.11
IFRN	261	8.00	63B	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	5.00	5.00	4.00	-	53.52	17.00	67.39
IFRN	261	8.00	64A	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	5.00	5.00	4.00	4.00	-	31.30	42.47
IFRN	261	8.00	64B	17.50	15.00	15.00	6.25	6.25	15.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	-	52.49
IFRN	5,121	20.00	65	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	-
				มาตรฐาน (เมตร)												

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ระยะห่างของถังกักเก็บลาน D (Tank Farm D)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ระยะห่าง(เมตร) 57A	57B	ผลการวัด (เมตร)
IFRN	10,330	27.50	57A	-	39.50	
IFRN	10,330	27.50	57B	27.50	-	
				มาตรฐาน (เมตร)		

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ตารางที่ 16 ระยะห่างของถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945-TK)	ระยะห่าง(เมตร) 55A	55B	ผลการวัด (เมตร)
IFRN	16,642	36.00	55A	-	**16.00***	
IFRN	16,642	36.00	55B	36.00	-	
				มาตรฐาน (เมตร)		

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ระยะห่างของถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F)

ชนิดถังกักเก็บ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (เมตร)	ชื่อถัง (2945)	ระยะห่าง(เมตร) V2	ระยะห่าง(เมตร) V3	ผลการวัด (เมตร)
Spheres	4,849	21.00	V2	-	**11.18***	
Spheres	4,849	21.00	V3	21.00	-	
				มาตรฐาน (เมตร)		

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

4.2 พื้นที่กระบวนการผลิต ได้ดำเนินการตรวจวัดระยะห่างของหน่วยผลิต อาคาร และแนวขอบเขตโรงงาน รายละเอียด ตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ระยะห่างพื้นที่กระบวนการผลิต

ระยะห่างจาก	ถึง	ผลการวัด (เมตร) มาตรฐาน	ผลการวัด (เมตร) ผล
Process-unit battery limit	- ถนนทิศใต้	15	**10.37***
	- ถนนตะวันออก	15	22.10
	- ถนนทิศตะวันตก	15	55.30
	- ถนนทิศเหนือ	15	126.30
Wastewater separators (930-ME-22)	Process Area	30	51.45
	Main Pipe Rack	30	30.10
	Intermediate Tank	30	145.80
Multi-unit blowdown drums (2915-V1)	Process Area	30	111.72
	2930-XC-20	61	**45.00***
	Process-unit battery limit	61	61.56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ระยะห่างจาก	ถึง	ผลการวัด (เมตร)	
		มาตรฐาน	ผล
Multi-unit blowdown drums (2915-V1)(ต่อ)	Main Pipe Rack	61	85.00
	Waste Materials Storage Shelter	61	**53.83***
Cooling Tower (large, multi-cell, combustible)	Offiec (Field Operator House 2)	61	336.23
	Laboratory	61	405.36
	Main Substation (Sub A)	61	457.56
	MCB-A	61	403.40
	Emergency Center	61	866.65
	Warehouse	15	386.22
	Single or Mulit-Unit Substation (Sub C)	15	334.38
	MCB-B	15	447.24
	FAR B	15	334.12
Grade level flares(2930-ME3) (if calculations are not used to determine the radiation levels)	Process Aromatic 3	152	**64.36***
	Process-unit battery limit	152	**9.58***
	Waste Materials Storage Shelter	152	**132.0***
	Main Pipe Rack	152	**10.66***
	Utility Unit	152	**100.6***
Fifld Operator House 1	Process Area	15	68.69
Fifld Operator House 2	Process Area	15	84.43
Fifld Operator House 3	Process Area	15	39.45

หมายเหตุ * หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการตรวจวัดระยะของพื้นที่กระบวนการผลิตทั้งหมด ปรากฏว่าไม่ผ่านเกฑฑ์มาตรฐาน ตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 7 จุด คือ ระยะห่างระหว่างถนนทิศใต้กับ Process-unit battery limit , ระยะห่างระหว่าง Multi-unit blowdown drums (2915-V1) กับ 2930-XC-20 และระยะห่างระหว่าง Grade level flares(2930-ME3) กับ Process Aromatic 3, Process-unit battery limit, Waste Materials Storage Shelter, Main Pipe Rack และ Utility Unit

4.3 พื้นที่อาคารต่าง ๆ รายละเอียดระยะห่างของอาคารแต่ละอาคาร ตามตารางที่ 19 และตารางที่ 20 โดย Subsatation A คือ Main Substation ในส่วนของ Subsatation B จ่ายไฟให้กับ Reformer 1 Subsatation C จ่ายไฟให้กับ Reformer 3, Aromatic 1, Aromatic 2 (บางส่วน) และ Utility สำหรับ Subsatation D จ่ายไฟให้กับ Aromatics 2, Aromatic 3 ETP, ส่วน Subsatation E จ่ายไฟให้กับ Tank Farm ในส่วนของ FAR A เป็น Satellite Instrument House ให้กับ Reformer 1, FAR B สนับสนุน Reformer 3, Aromatic 1, Aromatic 2 (บางส่วน) และ Utility และ FAR C เป็น Satellite Instrument House ให้กับ Aromatics 2, Aromatic 3 และ ETP

จากผลการตรวจวัดระยะของพื้นที่อาคารทั้งหมด ปรากฏว่าไม่ผ่านเกฑฑ์มาตรฐาน ตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 1 จุด คือ ระยะห่างระหว่าง Substation E (One Unit) กับ เขตโรงงาน (Property Boundary)

ตารางที่ 19 ระยะห่างระหว่างอาคารต่าง ๆ กับ เขตโรงงาน, สาธารณูปโภค และ กระบวนการผลิต

อาคาร	ระยะห่าง (เมตร)					
	เขตโรงงาน		สาธารณูปโภค		กระบวนการผลิต	
	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล
Office Maintenance	NM	45.22	61	315.85	61	94.72
Laboratory	NM	22.70	61	344.12	61	97.51
Warehouse	NM	69.49	61	314.40	61	88.58
Canteen	NM	63.17	61	410.87	61	91.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 (ต่อ)

อาคาร	ระยะห่าง (เมตร)					
	เขตโรงงาน		สาธารณูปโภค		กระบวนการผลิต	
	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล
Fire Station	NM	9.50	61	833.37	61	86.70
Emergency Command Center	NM	9.50	61	833.37	61	86.70
First Aid Room	NM	123.40	61	847.80	61	75.03
SHE Office	NM	6.15	61	882.43	61	120.61
Main Substation (Sub A)	15	125.58	NM	407.53	61	138.97
Substation B (One Unit)	15	177.60	30	333.84	15	77.05
Substation C (More than One Unit)	15	123.33	30	264.08	15	236.77
Substation D (More than One Unit)	15	174.00	30	291.63	15	40.74
Substation E (One Unit)	15	**9.86***	30	793.02	15	39.43
MCB-A (Main Control Room)	NM	62.18	30	347.33	61	94.73
MCB-B (Main Control Room)	NM	34.17	30	385.11	61	129.60
FAR B(More than One Unit)	NM	178.59	30	262.60	30	42.12
FAR C(More than One Unit)	NM	112.12	30	270.34	30	36.13

หมายเหตุ NM หมายถึง ไม่ได้กำหนดระยะมาตรฐานขั้นต่ำ (No minimum spacing requirement)

* หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ระยะห่างระหว่างอาคารต่าง ๆ กับท่อส่งสารเคมี ถังความดันสูง และพื้นที่โหลดสาร

อาคาร	ระยะห่าง (เมตร)							
	ท่อส่งหลัก		ท่อส่งภายในกระบวนการผลิต		ถังความดันสูง (Sphere Tanks)		พื้นที่โหลดสาร	
	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล	มาตรฐาน	ผล
Office Maintenance	30	315.74	30	134.90	107	807.50	61	602.65
Laboratory	30	294.12	30	201.46	107	704.57	61	480.85
Warehouse	30	288.41	30	130.59	107	879.06	61	668.12
Canteen	30	286.16	30	135.50	107	750.20	61	532.67
Fire Station	30	587.94	30	136.11	107	323.46	61	115.01
Emergency Command Center	30	587.94	30	136.11	107	323.46	61	115.01
First Aid Room	30	593.93	30	201.22	107	315.42	61	105.00
SHE Office	30	635.28	30	188.77	107	340.94	61	152.44
Main Substation (Sub A)	30	242.60	30	159.33	107	616.95	61	428.54
Substation B	3	264.43	3	216.15	76	563.80	61	367.91
Substation C	8	236.77	8	80.65	76	743.10	61	539.36
Substation D	8	233.83	8	82.73	76	970.72	61	753.00
Substation E	3	569.71	3	98.85	76	289.71	61	64.50
MCB-A	30	309.09	30	116.92	107	641.70	61	421.91
MCB-B	30	318.34	30	152.70	107	652.44	61	425.84

หมายเหตุ NM หมายถึง ไม่ได้กำหนดระยะมาตรฐานขั้นต่ำ (No minimum spacing requirement)

* หมายถึง ผลตรวจไม่เป็นไปตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ CCPS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิต ตามมาตรฐานสากล CCPS Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering มาตรฐานนี้ครอบคลุมระยะห่างของหน่วยผลิตหลักต่าง ๆ ตั้งแต่ พื้นที่ถังเก็บ (Atmospheric Tankage) พื้นที่โหลดและบรรจุ (Loading Area) อาคารความปลอดภัยและเหตุฉุกเฉิน (SHE and Emergency Bulideng) พื้นที่กระบวนการผลิต (Process Areas) หน่วยสนับสนุนกระบวนการผลิต (Utilitys Areas) พื้นที่จอดรถ (Parking Areas) โรงอาหาร (Canteen Area) หน่วยงานซ่อมบำรุง (Maintenance Area) คลังพัสดุ (Warehouse) อาคารควบคุม (CCR and Laboratory) หอเผา (Flare) พื้นที่ว่าง (Future Areas) เนื่องจากการตรวจสอบครั้งเป็นการตรวจเฉพาะหน่วยผลิตหลักพร้อมทั้งอาคารต่าง ๆ เท่านั้นไม่ได้เจาะจงเฉพาะอุปกรณ์ ฉะนั้นอาจจะไม่เพียงพอในการป้องกันอัคคีภัยได้ครอบคลุมทั้งหมด

จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตของ พื้นที่ Aromatics ที่ทำการวิจัยพบว่ามีจุดบกพร่องที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน ซึ่งการปรับปรุงมีส่วนที่สามารถปฏิบัติได้ เช่น เพิ่มระบบรักษาความปลอดภัยในแนวเขตรั้วรอบโรงงาน ตรวจสอบแนวกำแพงทนไฟพร้อมทั้งอุปกรณ์ดับเพลิงต่าง ๆ บริเวณถังกักเก็บที่ระยะห่างไม่ได้มาตรฐาน หรืออาจพิจารณาปริมาณการจัดเก็บในถังกักเก็บที่ไม่ตรงตามคำแนะนำ สำหรับ Grade level flares ต้องมีการทบทวนการคำนวณเพื่อให้มั่นใจว่าระยะต่าง ๆ มีความปลอดภัย กรณีเกิดการรั่วไหล มีการซ้อมแผนกรณีเกิดเหตุการณ์รั่วไหลของสารเคมีภายในพื้นที่โรงงาน ซึ่งจะสามารถแก้ไข หรือระงับเหตุ และลดความรุนแรง ที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแผนการสื่อสารกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ซึ่งเมื่อปรับปรุงแล้วจะทำให้ขีดความสามารถก็จะสามารถ ลดความรุนแรงและโอกาศในการเกิดเพลิงไหม้หรืออันตรายร้ายแรงได้

วิศวกรและสถาปนิกผู้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงงาน ต้องตระหนักถึงความปลอดภัยต่อชีวิตผู้ปฏิบัติงาน ชุมชน โดยการออกแบบโครงการต่างๆ ควรจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานให้ถูกต้องมากกว่าปฏิบัติให้ถูกต้องตามทางธุรกิจเท่านั้น นอกจากนี้ในการออกแบบโรงงานหรือหน่วยผลิตต่าง ๆ จำเป็นต้องกำหนดระยะห่างที่ปลอดภัย ก่อนลงมือสร้างและตรวจสอบให้มีความถูกต้องอยู่เสมอ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมอย่างสูงสุดในแง่ของความปลอดภัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. เมื่อวัดระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคารต่าง ๆ ภายในโรงงานอะโรเมติกส์แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering และ NFPA 30 โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่าเป็นไปตามข้อเสนอแนะ แต่พบว่ามีความไม่สอดคล้อง จำนวน 13 จุด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ระยะห่างของถังกักเก็บไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 5 จุด คือ ถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A) จำนวน 2 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกักเก็บ 2545-TK-50A กับ 2545-TK-50B และ 2545-TK-50C กับ 2545-TK-61 ถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-59A กับ 2545-TK- 59B ถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-55A กับ 2545-TK-55B และ ถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F) จำนวน 1 จุด เป็นระยะห่างระหว่างถังกับเก็บ 2545-V2 กับ 2545-V3

ระยะห่างพื้นที่กระบวนการผลิต ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 7 จุด คือ ระยะห่างระหว่างถนนทิศใต้กับ Process-unit battery limit ,ระยะห่างระหว่าง Multi-unit blowdown drums(2915-V1) กับ 2930-XC-20 และ ระยะห่างระหว่าง Grade level flares (2930-ME3) กับ Process Aromatic 3, Process-unit battery limit, Waste Materials Storage Shelter, Main Pipe Rack และ Utility Unit

ระยะห่างของพื้นที่อาคารไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่ CCPS กำหนด ทั้งหมด 1 จุด คือ ระยะห่างระหว่าง Substation E (One Unit) กับ Property Boundary

2. สำหรับจุดที่ไม่ผ่าน จำนวน 13 จุดนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติภัยร้ายแรงโดยอ้างอิงตามมาตรฐานสากล นั้น จึงขอเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขดังต่อไปนี้

2.1 พิจารณาการเพิ่มระบบรักษาความปลอดภัยตามแนวรั้วรอบโรงงาน เช่น ติดตั้งกล้องวงจรติดเพิ่มเติม หรือเพิ่มรอบการตรวจสอบพื้นที่ ของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยบริเวณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนว Process-unit battery limit ด้านทิศใต้ และแนว Property Boundary บริเวณ Substation E ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการโจรกรรมหรือทำวิศนาศกรรมได้

2.2 จัดทำกำแพงทนไฟหรือพิจารณาปรับปรุงโครงสร้างหลักต่าง ๆ เป็นชนิด Fire Proof รวมถึงทบทวนอุปกรณ์ดับเพลิงต่าง ๆ ในพื้นที่ ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ถังกักเก็บลาน A (Tank Farm A) จำนวน 2 จุด คือ ระหว่างถัง 2545-TK-50A กับ 2545-TK-50B และ 2545-TK-50C กับ 2545-TK-61
- พื้นที่ถังกักเก็บลาน B (Tank Farm B) จำนวน 1 คือ ระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-59A กับ 2545-TK- 59B
- พื้นที่ถังกักเก็บลาน E (Tank Farm E) จำนวน 1 จุด คือ ระหว่างถังกับเก็บ 2545-TK-55A กับ 2545-TK-55B
- พื้นที่ถังกักเก็บลาน F (Tank Farm F) จำนวน 1 จุด คือ ระหว่าง Sphere 2945-V2 กับ 2945-V3
- พื้นที่ระหว่าง Multi-unit blowdown drums(2915-V1) กับ Unit 2930-XC-20

2.3 สำหรับ Grade level flare ควรดำเนินการทบทวนการคำนวณเพื่อให้มั่นใจว่ารัศมีความร้อนอยู่ในระยะที่ปลอดภัย โดยสามารถคำนวณได้ตามมาตรฐาน Pressure-relieving and Depressuring Systems ANSI/API Standard 521 Fifth Edition, 2007 และหากผลการคำนวณรัศมีความร้อนไม่อยู่ในรัศมีที่ปลอดภัย แนะนำให้ทำกำแพงทนไฟล้อมรอบ Grade level flare เพื่อป้องกันรังสีความร้อนและการลุกลามของไฟ

2.4 มีการตรวจสอบสารเคมีก่อนนำเข้ามาใช้ในโรงงาน โดยมีคณะทำงานเพื่อตรวจสอบถึงคุณสมบัติ อันตรายที่อาจเกิดจากสารเคมี วิธีการจัดการ และข้อควรระวังต่างๆ และให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับภาชนะรองรับ และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ กรณีเกิดการรั่วไหล

2.5 มีการซ้อมแผนกรณีเกิดเหตุการณ์รั่วไหลของสารเคมีภายในพื้นที่ที่ไม่ผ่านตามข้อเสนอแนะ ซึ่งจะสามารถแก้ไข หรือระงับเหตุ และลดความรุนแรง ที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ถือได้ว่าการตรวจสอบระยะของหน่วยผลิตและอาคารต่าง ๆ พร้อมแนวทางเสนอแนะปรับปรุงต่าง ๆ เป็นกิจกรรมที่ดีอย่างหนึ่ง ในการสนับสนุนและส่งเสริมให้กิจกรรมด้านความปลอดภัยในกระบวนการผลิต สามารถทำให้บรรลุเป้าหมายในการดำเนินงาน ด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของ บริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการที่ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ผังกระบวนการผลิตและระยะห่างของหน่วยผลิตหลักในโรงงานผลิตสารอะโรเมติกส์เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยและอุบัติเหตุร้ายแรงตามข้อกำหนดของมาตรฐาน Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering และ NFPA 30 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เนื่องระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคารต่าง ๆ ในมาตรฐานดังกล่าวมีหลักการพื้นฐานมาจากการพิจาณาเพื่อป้องกันการกระจายตัวของไฟ เท่านั้นส่วนระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันการระเบิดและอันตรายจากสารพิษรั่วไหลนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการคำนวนและศึกษาเพิ่มเติม

2. เมื่อมีการนำระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคารต่าง ๆ ในมาตรฐานดังกล่าว ไปใช้แล้วนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดกิจกรรมในการดูแลเพื่อทำให้มั่นใจว่า ระยะห่างของหน่วยต่าง ๆ ในโรงงานนั้นถูกใช้ให้อย่างเหมาะสมกับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น แต่หากพบว่าในกระบวนการผลิตมีอันตรายที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้ระยะห่างดังกล่าว เช่น ระเบิด สารพิษรั่วไหล ให้ใช้การคำนวนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม

3. ให้ผู้ศึกษาเพิ่มเติม โดยพิจารณาและชี้บ่งอันตรายตาม NFPA 704 เป็นแนวทางเพิ่มเติมเพื่อดำเนินการในการวิเคราะห์ระยะห่างที่ปลอดภัยจากการระเบิดและสารเคมีรั่วไหล ซึ่งอาจทำได้โดยเลือกดำเนินการเฉพาะจุดที่มีความเสี่ยงสูงสุด ตามแนวทางของ NFPA 704

4. ให้ผู้ศึกษา พิจารณาการประเมินความเสี่ยง ระยะห่างของหน่วยผลิตและอาคารต่าง ๆ ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าวข้างต้น โดยที่ระยะห่างที่ไม่เป็นมาตรฐานนั้น ในแต่ละระยะที่แตกต่างกันจะมีความเสี่ยงอยู่ในระดับใดบ้าง เพื่อใช้เป็นแนวทางในคัดเลือกและเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **คู่มือมาตรการความปลอดภัยโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี.** สวิชาญการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการมาตรฐานป้องกันอัคคีภัยและคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล. 2551. **มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

ณัฐกานต์ กันยาประสานกิจ. 2553. **ถังแตก.** แหล่งที่มา: http://www.npc-se.co.th, 20 กรกฎาคม 2553.

ทวิช ชูเมือง. 2555. **ข้อปฏิบัติทางวิศวกรรมที่ไม่ถูกต้องในการออกแบบระบบนิรภัย**. แหล่งที่มา: http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=16305&section=9}, 24 กุมพาพันธ์ 2555.

ธนายุทธ สิรินุตานนท์. 2556. **การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations กรณีศึกษา: อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แผนงานสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP). 2555. **กรอบแนวคิดที่ยืดหยุ่นสำหรับการป้องกันและการเตรียมความพร้อมรับอุบัติภัยสารเคมี.** แผนกเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ (DTIE) , ฝรั่งเศส.

พรพิมล กองทิพย์. 2545. **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม.** โรงพิมพ์นำอักษณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. 2556. **กลุ่มเชื้อเพลิงตามชนิดขององค์ประกอบและการป้องกัน**. NIDA Center for Research and Development of Disaster Prevention & Management, กรุงเทพ ฯ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. 2556. **การออกแบบระบบดับเพลิงโดยใช้สารฮาโลคาร์บอน(Halocarbon Agent).** NIDA Center for Research and Development of Disaster Prevention & Management, กรุเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. **คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก และโฟม.** บริษัท ไฟร์เทค อินโนเวชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ

ANSI/API Standard 521 Fifth Edition. 2007. **Pressure-relieving and Depressuring Systems.** American Petroleum Institute, Washington D. C.

API 752. 2003. **Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Buildings**. American Petroleum Institute, Washington D. C.

Benedetti, R.P. 1997. **Flammable and Combustible Liquids Code Handbook.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

CCPS (Center for Chemical Process Safety). 2003. **Guidelines for Facility Siting and Layout**. American Institute of Chemical Engineers, New York.

Hall, J.R and Cote. 1997. **A.E. America's Fire Problem and Fire Protection**. pp. 3-25. In A.E. Cote. Fire Protection Handbook of 18th edition, Section 1 Basics of Fire and Fire Science. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Ladwig, T. H. 1991. **Industrial Fire Prevention and Protection.** Van Nostrand Reinhold, New York.

National Fire Protection Association. 2008. **NFPA 30 Standard for Flammable and Combustible Liquids Code.** USA.

National Fire Protection Association. 2008. **NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response.** USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Philip E. Myers .1997. **Aboveground Storage Tanks**. Chevron research and Technology, New York.

Raymond Friedman. 1996. **Principles of Fire Protection Chemistry.** National Fire Protection Association, USA.

Robert G. Zalosh. 2003. **Industrial Fire Protection Engineering.** Worcester Polytechnic Institute, USA.

Schroll, R. Craig. 2002. **Industrial fire protection handbook**. CRC Press LLC, USA.

Seungho Jung. 2010. **Facility Siting and Layout Optimization Based on Process Safety.** Doctor of Philpsophy's Thesis, Chemical Engineering Faculty, Texas A&M University, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ผังแสดงระยะทางที่ปลอดภัยในกรณีเกิดเพลิงไหม้ตาม Guidelines for Facility siting and layout ปี ค.ศ. 2003 ของ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineering

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

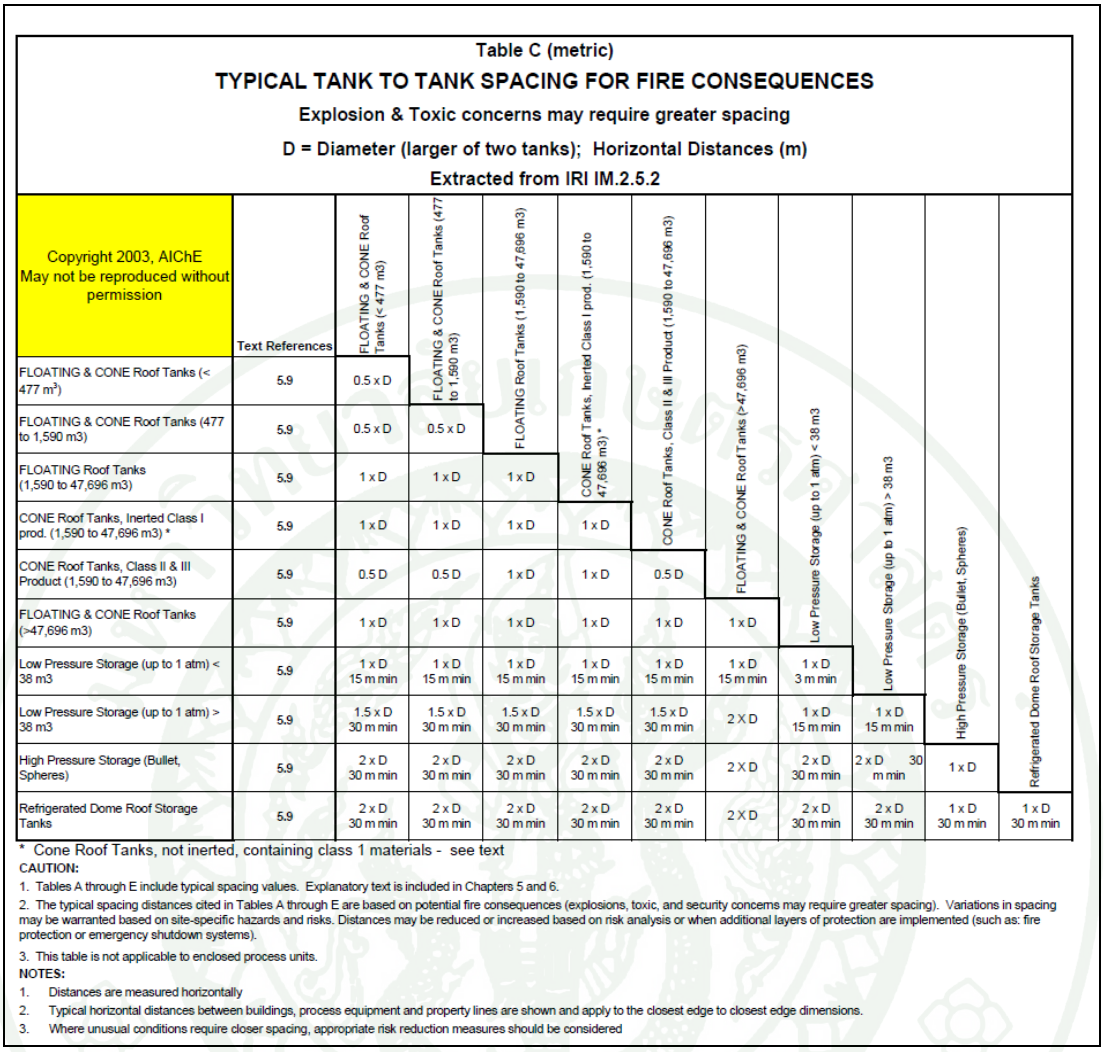


Table C (metric)

TYPICAL TANK TO TANK SPACING FOR FIRE CONSEQUENCES

Explosion & Toxic concerns may require greater spacing

D = Diameter (larger of two tanks); Horizontal Distances (m)

Extracted from IRI IM.2.5.2

Copyright 2003, AIChE
May not be reproduced without permission

	Text References	FLOATING & CONE Roof Tanks (< 477 m3)	FLOATING & CONE Roof Tanks (477 to 1,590 m3)	FLOATING Roof Tanks (1,590 to 47,696 m3)	CONE Roof Tanks, Inerted Class I prod. (1,590 to 47,696 m3) *	CONE Roof Tanks, Class II & III Product (1,590 to 47,696 m3)	FLOATING & CONE Roof Tanks (>47,696 m3)	Low Pressure Storage (up to 1 atm) < 38 m3	Low Pressure Storage (up to 1 atm) > 38 m3	High Pressure Storage (Bullet, Spheres)	Refrigerated Dome Roof Storage Tanks
FLOATING & CONE Roof Tanks (< 477 m^3)	5.9	0.5 x D									
FLOATING & CONE Roof Tanks (477 to 1,590 m3)	5.9	0.5 x D	0.5 x D								
FLOATING Roof Tanks (1,590 to 47,696 m3)	5.9	1 x D	1 x D	1 x D							
CONE Roof Tanks, Inerted Class I prod. (1,590 to 47,696 m3) *	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D						
CONE Roof Tanks, Class II & III Product (1,590 to 47,696 m3)	5.9	0.5 D	0.5 D	1 x D	1 x D	0.5 D					
FLOATING & CONE Roof Tanks (>47,696 m3)	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D				
Low Pressure Storage (up to 1 atm) < 38 m3	5.9	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min	1 x D 3 m min			
Low Pressure Storage (up to 1 atm) > 38 m3	5.9	1.5 x D 30 m min	1.5 x D 30 m min	1.5 x D 30 m min	1.5 x D 30 m min	1.5 x D 30 m min	2 X D	1 x D 15 m min	1 x D 15 m min		
High Pressure Storage (Bullet, Spheres)	5.9	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 X D	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	1 x D	
Refrigerated Dome Roof Storage Tanks	5.9	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	2 X D	2 x D 30 m min	2 x D 30 m min	1 x D 30 m min	1 x D 30 m min

* Cone Roof Tanks, not inerted, containing class 1 materials - see text

CAUTION:

1. Tables A through E include typical spacing values. Explanatory text is included in Chapters 5 and 6.
2. The typical spacing distances cited in Tables A through E are based on potential fire consequences (explosions, toxic, and security concerns may require greater spacing). Variations in spacing may be warranted based on site-specific hazards and risks. Distances may be reduced or increased based on risk analysis or when additional layers of protection are implemented (such as: fire protection or emergency shutdown systems).
3. This table is not applicable to enclosed process units.

NOTES:

1. Distances are measured horizontally
2. Typical horizontal distances between buildings, process equipment and property lines are shown and apply to the closest edge to closest edge dimensions.
3. Where unusual conditions require closer spacing, appropriate risk reduction measures should be considered

ภาพผนวกที่ ก1 ระยะห่างของถังกักเก็บที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table D (metric)

TYPICAL SPACING REQUIREMENTS FOR ON-SITE BUILDINGS FOR FIRE CONSEQUENCES

Caution: Explosion & Toxic concerns may require greater spacing (refer to Section 5.9)

Horizontal Distances (m)

Copyright 2003, AIChE
May not be reproduced without permission

On-Site Building	Text Reference	Property Boundary	Utilities	Process Equipment	Main Pipe Racks	Process Unit Pipe Racks	Atmospheric & Low Pressure Flammable & Combustible Storage Tanks (up to 15 PSIG) <10,000 gals	Atmospheric & Low Pressure Flammable and Combustible Storage Tanks (up to 15 PSIG) >10,000 gals	High Pressure Flammable Storage	Any Loading and Unloading Racks (non-LPG and LFG)	Any LPG and LFG Loading and Unloading Racks
Text Reference		5.2.5	5.5	5.7.3 6.8.1	5.8.6	6.8.19	5.9 and 6.8.20			5.8.8	5.8.8
Office, Lab, Maintenance, Warehouse	5.10.3	NM	30	61	30	30	15	76	107	61	107
Fire Station, Medical, Emergency Command Center	5.8.2	NM	30	61	30	30	30	76	107	61	107
Substation, Motor Control - Main	5.6.2	15	NM	61	30	30	30	76	107	61	107
Substation, Motor Control - More than One Unit	5.6.3 6.8.21	15	30	15	8	8	30	76	76	61	76
Substation, Motor Control - One Unit	5.6.3 6.8.21	15	30	15	3	3	15	76	76	61	76
Control Room - Main	5.10.1	NM	30	61	30	30	30	76	107	61	107
Control Room - More than One Unit	5.10.1	NM	30	30	9	30	30	76	107	61	107
Control Room - One Unit	5.10.1	NM	30	15	3	3	15	76	76	61	76
Satellite Instrument House - More than One Unit	5.6.5	NM	30	30	9	30	30	76	107	61	107
Satellite Instrument House - One Unit	5.6.5	NM	30	15	3	3	15	76	76	61	76

CAUTION:

1. Tables A through E include typical spacing values. Explanatory text is included in Chapters 5 and 6.
2. The typical spacing distances cited in Tables A through E are based on potential fire consequences (explosions, toxic, and security concerns may require greater spacing). Variations in spacing may be warranted based on site-specific hazards and risks. Distances may be reduced or increased based on risk analysis or when additional layers of protection are implemented (such as: fire protection or emergency shutdown systems).
3. This table is not applicable to enclosed process units.

NOTES:

1. Distances are measured horizontally
2. Typical horizontal distances between buildings, process equipment and property lines are shown and apply to the closest edge to closest edge dimensions.
3. Where unusual conditions require closer spacing, appropriate risk reduction measures should be considered

ภาพผนวกที่ ก2 ระยะห่างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table E (metric)

Miscellaneous Typical Spacing Distances for Fire Consequences

Explosion & Toxic Concerns may require greater spacing
Horizontal Distances (m)

Copyright 2003, AIChE
May not be reproduced without permission

Spacing From	To	Minimum Distances
Process-unit battery limit	On-site unrestricted roadway	15
Emergency shutdown valve, manually operated	Edge of a potential pool fire involving the equipment the valve is isolating	15
Wastewater separators	Equipment handling flammables, continuous ignition sources	30
Multi-unit blowdown drums	Process Unit Battery Limits	30
	All other facilities	61
Transfer pumps, OSBL, handling flammable and combustible liquids	Unit Substation	15
	Main Substation	61
Off-property main railway	Equipment and storage tanks handling flammables	61
On-property main railway	Equipment and storage tanks handling flammables	30
On-property railway loading or platform	Equipment and storage tanks handling flammables	30
On-property railway spur	Equipment and on-site storage tanks handling flammables	8
	Off-site storage tanks handling flammables	30
Wharves handling flammable liquids	Equipment handling flammables	61
	Continuous sources of ignition	76
Wharves handling LPG and LFG	All other facilities	76
Cooling Tower (large, multi-cell, combustible)	Office, Lab, Emergency Center, Main Substation, Main Control Room	61
	Warehouse, Single or Mulit-Unit Substation, Control Room, or SIH	15
Unit Substations	Process equipment handling Flammables	15
Electrical switch racks supporting shutdown or emergency functions	Equipment handling hydrocarbons	6
	Fired heaters or gas compressors	15
Elevated and Grade level flares and burn pits (if calculations are not used to determine the radiation levels)	All other facilities	152
Enclosed ground flares	Property line, equipment handling flammables	30
Fire training areas	All other facilities	61
Atmospheric storage tanks within process unit battery limits	Equipment handling flammables	9
Satellite Instrument House - Blast resistant	Adjacent unit equipment containing flammables	15
Satellite Instrument House	Equipment in the same unit that contains flammables	15
Operator Shelter	Equipment handling flammables	15

Spacing From	To	Maximum Distances
One process unit accessway	Another accessway	61
Fire hydrants protecting process units	Another fire hydrant	61
Fire hydrants in tank farms	Another fire hydrant	61
Firewater Monitors	Fire risk area	15

CAUTION:

1. Tables A through E include typical spacing values. Explanatory text is included in Chapters 5 and 6.
2. The typical spacing distances cited in Tables A through E are based on potential fire consequences (explosions, toxic, and security concerns may require greater spacing). Variations in spacing may be warranted based on site-specific hazards and risks. Distances may be reduced or increased based on risk analysis or when additional layers of protection are implemented (such as: fire protection or emergency shutdown systems).
3. This table is not applicable to enclosed process units.

NOTES:

1. Distances are measured horizontally
2. Typical horizontal distances between buildings, process equipment and property lines are shown and apply to the closest edge to closest edge dimensions.
3. Where unusual conditions require closer spacing, appropriate risk reduction measures should be considered

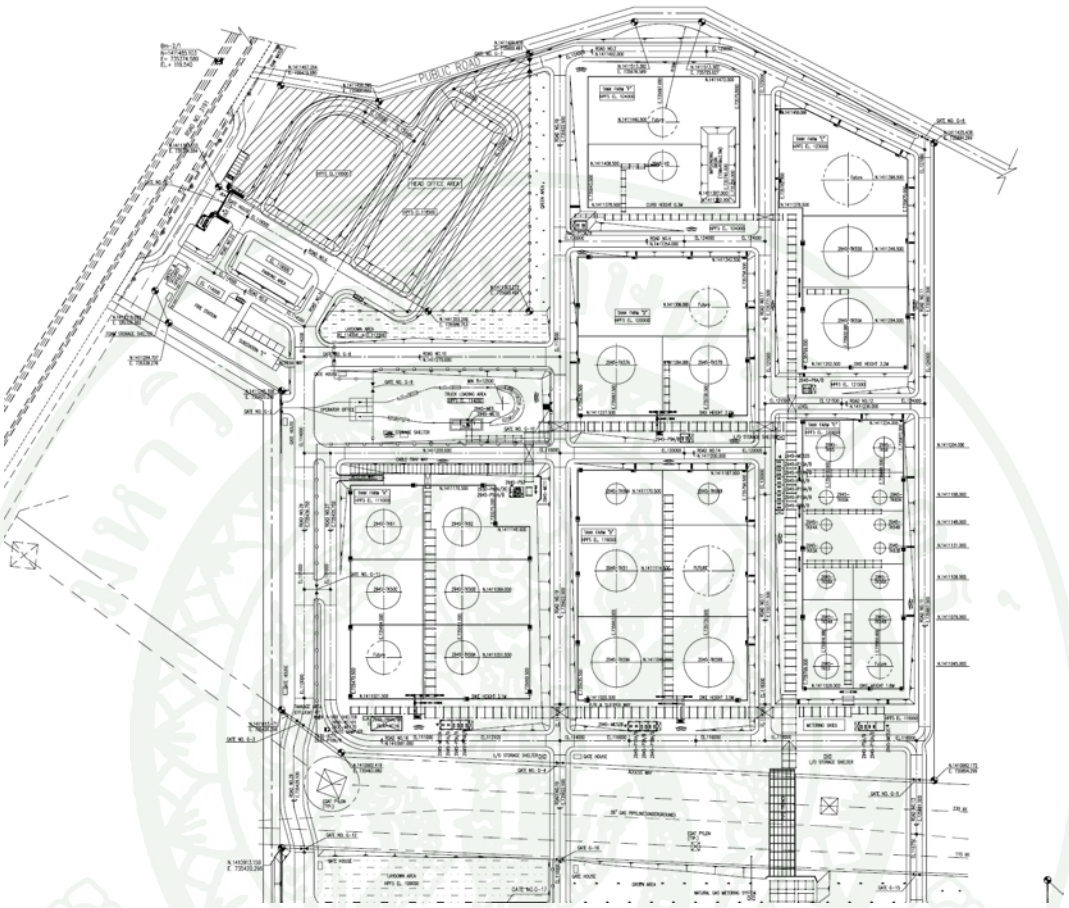
ภาพผนวกที่ ก3 ระยะห่างพื้นที่กระบวนการผลิต ที่ปลอดภัย สำหรับกรณีเพลิงไหม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

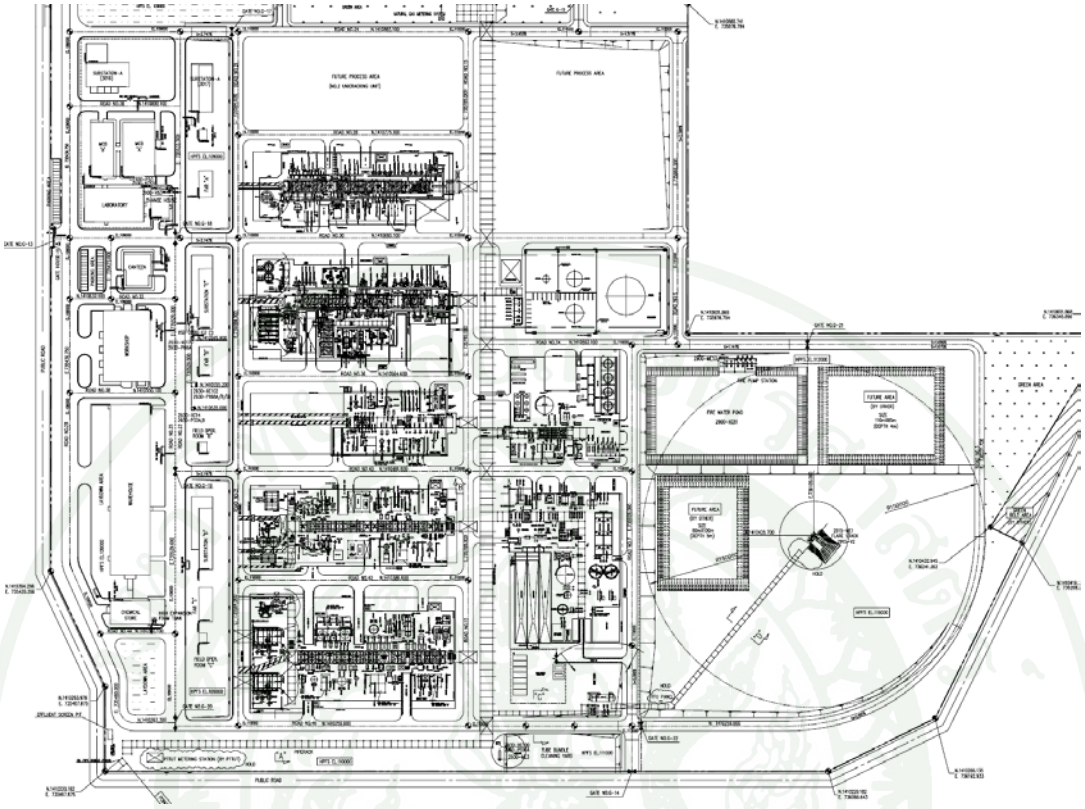
ผังโรงงาน อะโรเมติกส์ 2 ที่ใช้ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข1 แผนผังแสดงพื้นที่กักเก็บสารเคมี (Tank Farm)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข2 แผนผังแสดงพื้นที่กระบวนการผลิต Aromatics 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

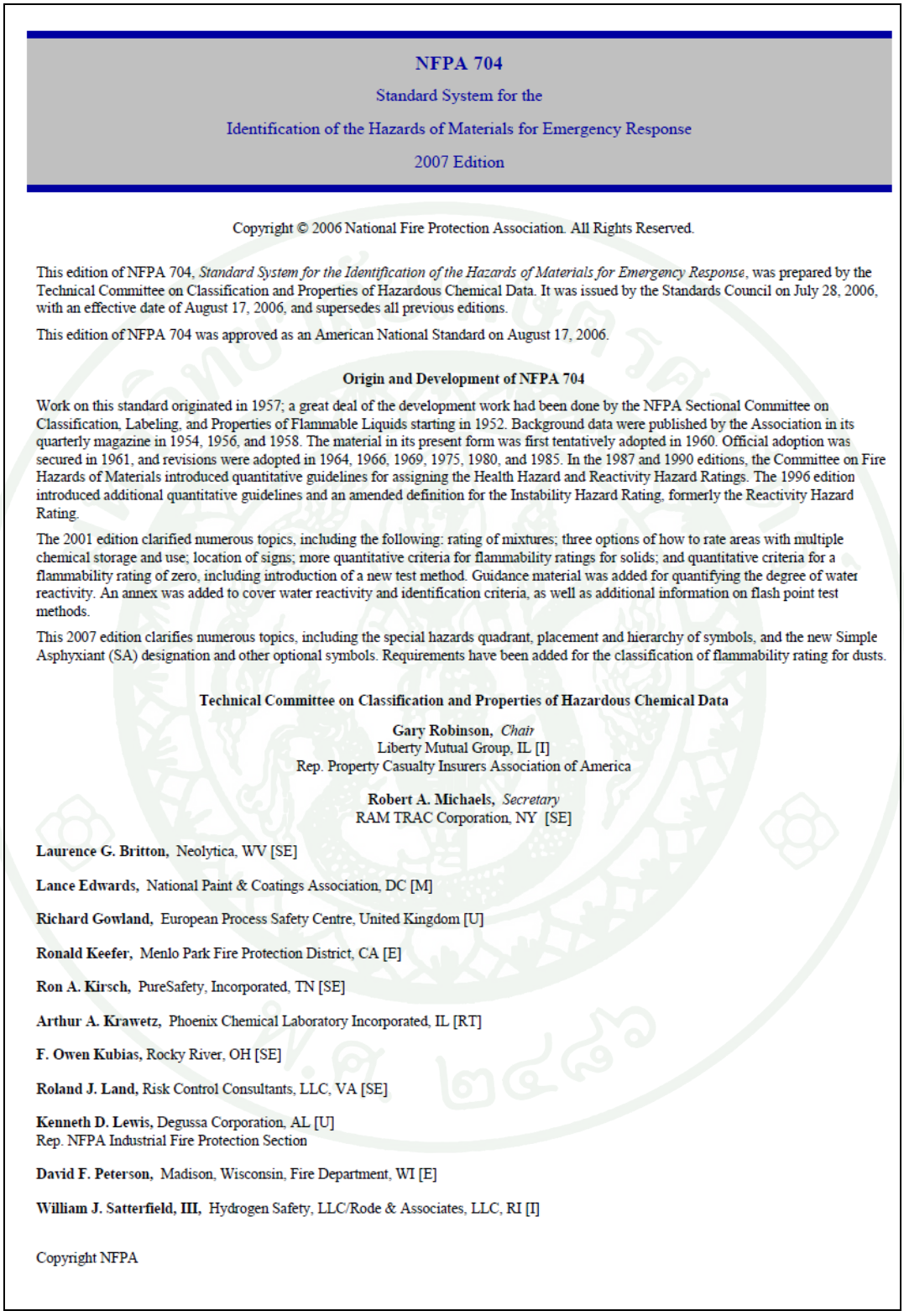
ภาคผนวก ค

มาตรฐาน NFPA 704

Standard System for the Identification

of the Hazards of Materials for Emergency Response

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



NFPA 704

Standard System for the

Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response

2007 Edition

Copyright © 2006 National Fire Protection Association. All Rights Reserved.

This edition of NFPA 704, *Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response*, was prepared by the Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemical Data. It was issued by the Standards Council on July 28, 2006, with an effective date of August 17, 2006, and supersedes all previous editions.

This edition of NFPA 704 was approved as an American National Standard on August 17, 2006.

Origin and Development of NFPA 704

Work on this standard originated in 1957; a great deal of the development work had been done by the NFPA Sectional Committee on Classification, Labeling, and Properties of Flammable Liquids starting in 1952. Background data were published by the Association in its quarterly magazine in 1954, 1956, and 1958. The material in its present form was first tentatively adopted in 1960. Official adoption was secured in 1961, and revisions were adopted in 1964, 1966, 1969, 1975, 1980, and 1985. In the 1987 and 1990 editions, the Committee on Fire Hazards of Materials introduced quantitative guidelines for assigning the Health Hazard and Reactivity Hazard Ratings. The 1996 edition introduced additional quantitative guidelines and an amended definition for the Instability Hazard Rating, formerly the Reactivity Hazard Rating.

The 2001 edition clarified numerous topics, including the following: rating of mixtures; three options of how to rate areas with multiple chemical storage and use; location of signs; more quantitative criteria for flammability ratings for solids; and quantitative criteria for a flammability rating of zero, including introduction of a new test method. Guidance material was added for quantifying the degree of water reactivity. An annex was added to cover water reactivity and identification criteria, as well as additional information on flash point test methods.

This 2007 edition clarifies numerous topics, including the special hazards quadrant, placement and hierarchy of symbols, and the new Simple Asphyxiant (SA) designation and other optional symbols. Requirements have been added for the classification of flammability rating for dusts.

Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemical Data

Gary Robinson, *Chair*
Liberty Mutual Group, IL [I]
Rep. Property Casualty Insurers Association of America

Robert A. Michaels, *Secretary*
RAM TRAC Corporation, NY [SE]

Laurence G. Britton, Neolytica, WV [SE]

Lance Edwards, National Paint & Coatings Association, DC [M]

Richard Gowland, European Process Safety Centre, United Kingdom [U]

Ronald Keefer, Menlo Park Fire Protection District, CA [E]

Ron A. Kirsch, PureSafety, Incorporated, TN [SE]

Arthur A. Krawetz, Phoenix Chemical Laboratory Incorporated, IL [RT]

F. Owen Kubias, Rocky River, OH [SE]

Roland J. Land, Risk Control Consultants, LLC, VA [SE]

Kenneth D. Lewis, Degussa Corporation, AL [U]
Rep. NFPA Industrial Fire Protection Section

David F. Peterson, Madison, Wisconsin, Fire Department, WI [E]

William J. Satterfield, III, Hydrogen Safety, LLC/Rode & Associates, LLC, RI [I]

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค1 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 1.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

David B. Wechsler, The Dow Chemical Company, TX [M]

Nonvoting

Ira Wainless, U.S. Department of Labor, DC [E]

Amy B. Spencer, NFPA Staff Liaison

This list represents the membership at the time the Committee was balloted on the final text of this edition. Since that time, changes in the membership may have occurred. A key to classifications is found at the back of the document.

NOTE: Membership on a committee shall not in and of itself constitute an endorsement of the Association or any document developed by the committee on which the member serves.

Committee Scope: This Committee shall have primary responsibility for documents on the classification of the relative hazards of all chemical solids, liquids, and gases and to compile data on the hazard properties of these hazardous chemicals.

NFPA 704
Standard System for the
Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response
2007 Edition

IMPORTANT NOTE: This NFPA document is made available for use subject to important notices and legal disclaimers. These notices and disclaimers appear in all publications containing this document and may be found under the heading "Important Notices and Disclaimers Concerning NFPA Documents." They can also be obtained on request from NFPA or viewed at www.nfpa.org/disclaimers.

NOTICE: An asterisk (*) following the number or letter designating a paragraph indicates that explanatory material on the paragraph can be found in Annex A.

Changes other than editorial are indicated by a vertical rule beside the paragraph, table, or figure in which the change occurred. These rules are included as an aid to the user in identifying changes from the previous edition. Where one or more complete paragraphs have been deleted, the deletion is indicated by a bullet (•) between the paragraphs that remain.

A reference in brackets [ ] following a section or paragraph indicates material that has been extracted from another NFPA document. As an aid to the user, the complete title and edition of the source documents for extracts in mandatory sections of the document are given in Chapter 2 and those for extracts in informational sections are given in Annex G. Editorial changes to extracted material consist of revising references to an appropriate division in this document or the inclusion of the document number with the division number when the reference is to the original document. Requests for interpretations or revisions of extracted text shall be sent to the technical committee responsible for the source document.

Information on referenced publications can be found in Chapter 2 and Annex G.

Chapter 1 Administration

1.1 Scope.

This standard shall address the health, flammability, instability, and related hazards that are presented by short-term, acute exposure to a material under conditions of fire, spill, or similar emergencies.

1.2 Purpose.

1.2.1 This standard shall provide a simple, readily recognized, and easily understood system of markings that provides a general idea of the hazards of a material and the severity of these hazards as they relate to emergency response.

1.2.2 The objectives of the system shall be as follows:

(1) To provide an appropriate signal or alert and on-the-spot information to safeguard the lives of both public and private emergency response personnel

(2) To assist in planning for effective fire and emergency control operations, including cleanup

(3) To assist all designated personnel, engineers, and plant and safety personnel in evaluating hazards

1.2.3 This system shall provide basic information to fire-fighting, emergency, and other personnel, enabling them to easily decide whether to evacuate the area or to commence emergency control procedures.

1.2.4 This system also shall provide those personnel with information to assist in selecting fire-fighting tactics and emergency procedures.

1.2.5 Local conditions can have a bearing on evaluation of hazards; therefore, discussion shall be kept in general terms.

1.3 Application.

1.3.1 This standard shall apply to industrial, commercial, and institutional facilities that manufacture, process, use, or store hazardous materials.

1.3.2* This standard shall not apply to transportation or use by the general public and is not intended to address the following:

(1) Occupational exposure

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค2 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 2.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2) Explosive and blasting agents, including commercial explosive material as defined in NFPA 495, *Explosive Materials Code*

(3) Chemicals whose only hazard is one of chronic health hazards

(4) Teratogens, mutagens, oncogens, etiologic agents, and other similar hazards

1.4 Retroactivity.

The provisions of this standard reflect a consensus of what is necessary to provide an acceptable degree of protection from the hazards addressed in this standard at the time the standard was issued.

1.4.1 Unless otherwise specified, the provisions of this standard shall not apply to facilities, equipment, structures, or installations that existed or were approved for construction or installation prior to the effective date of the standard. Where specified, the provisions of this standard shall be retroactive.

1.4.2 In those cases where the authority having jurisdiction determines that the existing situation presents an unacceptable degree of risk, the authority having jurisdiction shall be permitted to apply retroactively any portions of this standard deemed appropriate.

1.4.3 The retroactive requirements of this standard shall be permitted to be modified if their application clearly would be impractical in the judgment of the authority having jurisdiction and only where it is clearly evident that a reasonable degree of safety is provided.

1.5 Equivalency.

Nothing in this standard is intended to prevent the use of systems, methods, or devices of equivalent or superior quality, strength, fire resistance, effectiveness, durability, and safety over those prescribed by this standard.

1.5.1 Technical documentation shall be submitted to the authority having jurisdiction to demonstrate equivalency.

1.5.2 The system, method, or device shall be approved for the intended purpose by the authority having jurisdiction.

Chapter 2 Referenced Publications

2.1 General.

The documents or portions thereof listed in this chapter are referenced within this standard and shall be considered part of the requirements of this document.

2.2 NFPA Publications.

National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 70, *National Electrical Code®*, 2005 edition.

NFPA 495, *Explosive Materials Code*, 2006 edition.

2.3 Other Publications.

2.3.1 ASTM Publications.

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure*, 2001.

ASTM D 92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup*, 1998.

ASTM D 6668, *Standard Test Method for the Discrimination Between Flammibility Ratings of F = 0 and F = 1*, 2001.

2.3.2 UN Publications.

United Nations, UN Plaza, New York, NY 10017.

Manual of Tests and Criteria, 3rd revised edition.

Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations, 11th revised edition.

2.3.3 U.S. Government Publications.

U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Title 49, Code of Federal Regulations, "Method of Testing for Sustained Combustibility," Part 173, Appendix H.

2.3.4 Other Publications.

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 11th edition, Merriam-Webster, Inc., Springfield, MA, 2003.

2.4 References for Extracts in Mandatory Sections.

NFPA 1, *Uniform Fire Code™*, 2006 edition.

NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, 2003 edition.

Chapter 3 Definitions

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค3 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 3.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2) Explosive and blasting agents, including commercial explosive material as defined in NFPA 495, *Explosive Materials Code*

(3) Chemicals whose only hazard is one of chronic health hazards

(4) Teratogens, mutagens, oncogens, etiologic agents, and other similar hazards

1.4 Retroactivity.

The provisions of this standard reflect a consensus of what is necessary to provide an acceptable degree of protection from the hazards addressed in this standard at the time the standard was issued.

1.4.1 Unless otherwise specified, the provisions of this standard shall not apply to facilities, equipment, structures, or installations that existed or were approved for construction or installation prior to the effective date of the standard. Where specified, the provisions of this standard shall be retroactive.

1.4.2 In those cases where the authority having jurisdiction determines that the existing situation presents an unacceptable degree of risk, the authority having jurisdiction shall be permitted to apply retroactively any portions of this standard deemed appropriate.

1.4.3 The retroactive requirements of this standard shall be permitted to be modified if their application clearly would be impractical in the judgment of the authority having jurisdiction and only where it is clearly evident that a reasonable degree of safety is provided.

1.5 Equivalency.

Nothing in this standard is intended to prevent the use of systems, methods, or devices of equivalent or superior quality, strength, fire resistance, effectiveness, durability, and safety over those prescribed by this standard.

1.5.1 Technical documentation shall be submitted to the authority having jurisdiction to demonstrate equivalency.

1.5.2 The system, method, or device shall be approved for the intended purpose by the authority having jurisdiction.

Chapter 2 Referenced Publications

2.1 General.

The documents or portions thereof listed in this chapter are referenced within this standard and shall be considered part of the requirements of this document.

2.2 NFPA Publications.

National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 70, *National Electrical Code®*, 2005 edition.

NFPA 495, *Explosive Materials Code*, 2006 edition.

2.3 Other Publications.

2.3.1 ASTM Publications.

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure*, 2001.

ASTM D 92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup*, 1998.

ASTM D 6668, *Standard Test Method for the Discrimination Between Flammibility Ratings of F = 0 and F = 1*, 2001.

2.3.2 UN Publications.

United Nations, UN Plaza, New York, NY 10017.

Manual of Tests and Criteria, 3rd revised edition.

Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations, 11th revised edition.

2.3.3 U.S. Government Publications.

U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Title 49, Code of Federal Regulations, "Method of Testing for Sustained Combustibility," Part 173, Appendix H.

2.3.4 Other Publications.

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 11th edition, Merriam-Webster, Inc., Springfield, MA, 2003.

2.4 References for Extracts in Mandatory Sections.

NFPA 1, *Uniform Fire Code™*, 2006 edition.

NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, 2003 edition.

Chapter 3 Definitions

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค4 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 4.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 General.

The definitions contained in this chapter shall apply to the terms used in this standard. Where terms are not defined in this chapter or within another chapter, they shall be defined using their ordinarily accepted meanings within the context in which they are used. *Merriam-Webster's Collegiate Dictionary*, 11th edition, shall be the source for the ordinarily accepted meaning.

3.2 NFPA Official Definitions.

3.2.1* Approved. Acceptable to the authority having jurisdiction.

3.2.2* Authority Having Jurisdiction (AHJ). An organization, office, or individual responsible for enforcing the requirements of a code or standard, or for approving equipment, materials, an installation, or a procedure.

3.2.3 Shall. Indicates a mandatory requirement.

3.3 General Definitions.

3.3.1* Boiling Point. The temperature at which the vapor pressure of a liquid equals the surrounding atmospheric pressure. For purposes of defining the boiling point, atmospheric pressure shall be considered to be 14.7 psia (760 mm Hg). For mixtures that do not have a constant boiling point, the 20 percent evaporated point of a distillation performed in accordance with ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure*, shall be considered to be the boiling point. [30, 2003]

3.3.2 Fire Point. The lowest temperature at which a liquid will ignite and achieve sustained burning when exposed to a test flame in accordance with ASTM D 92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup*.

3.3.3* Flash Point. The minimum temperature at which a liquid or a solid emits vapor sufficient to form an ignitible mixture with air near the surface of the liquid or the solid.

3.3.4* Frostbite. Frostbite is a localized condition that occurs when the layers of the skin and deeper tissue freeze.

3.3.5 Materials.

3.3.5.1 Stable Materials. Those materials that normally have the capacity to resist changes in their chemical composition, despite exposure to air, water, and heat as encountered in fire emergencies.

3.3.5.2 Unstable Materials. A material that, in the pure state or as commercially produced, will vigorously polymerize, decompose or condense, become self-reactive, or otherwise undergo a violent chemical change under conditions of shock, pressure, or temperature.

3.3.6 Simple Asphyxiant Gas. A gas that does not provide sufficient oxygen to support life and that has none of the other physical or health hazards. [1, 2006]

Chapter 4 General

4.1 Description.

4.1.1 This system of markings shall identify the hazards of a material in terms of the following three principal categories:

(1) Health

(2) Flammability

(3) Instability

4.1.2 The system shall indicate the degree of severity by a numerical rating that ranges from four, indicating severe hazard, to zero, indicating minimal hazard.

4.1.3 The information shall be presented by a spatial arrangement of numerical ratings, with the health rating always at the nine o'clock position, the flammability rating always at the twelve o'clock position, and the instability rating always at the three o'clock position.

4.1.4* Each rating shall be located in a square-on-point field (commonly referred to as a diamond), each of which is assigned a color as follows:

(1) Blue for health hazard

(2) Red for flammability hazard

(3) Yellow for instability hazard

4.1.5 Alternatively, the square-on-point field shall be permitted to be any convenient contrasting color and the numbers themselves shall be permitted to be colored. *(See Figure 9.1(a) through Figure 9.1(c) for examples of the spatial arrangements.)*

4.1.6 The fourth quadrant, at the six o'clock position, shall be reserved for indicating special hazards and shall be in accordance with Chapter 8. No special color is associated with this quadrant.

4.2 Assignment of Ratings.

4.2.1 The hazard evaluation required to determine the correct hazard ratings for a specific material shall be performed by persons who are technically competent and experienced in the interpretation of the hazard criteria set forth in this standard.

4.2.2* Assignment of ratings shall be based on factors that encompass a knowledge of the inherent hazards of the material, including the extent of change in behavior to be anticipated under conditions of exposure to fire or fire control procedures.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค5 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 5.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.3 The system shall be based on relative rather than absolute values, requiring considerable judgment be exercised.

4.2.3.1 Based on professional judgment, the hazard rating shall be permitted to be either increased or decreased to more accurately assess the likely degree of hazard that will be encountered.

4.2.3.2* It shall be anticipated that different physical forms of the material or conditions of storage and use could result in different ratings being assigned to the same material.

4.2.3.3* Where more than one chemical is present in a building or specific area, professional judgment shall be exercised to indicate ratings using the following methods:

(1) *Composite Method.* Where many chemicals are present, a single sign shall summarize the maximum ratings contributed by the material(s) in each category and the special hazard category for the building and/or the area.

(2) *Individual Method.* Where only a few chemicals are present or where only a few chemicals are of concern to emergency responders (taking into account factors including physical form, hazard rating, and quantity), individual signs shall be displayed. The chemical name shall be displayed below each sign.

(3) *Composite–Individual Combined Method.* A single sign shall be used to summarize the ratings via the Composite Method for buildings or other areas containing numerous chemicals. Signs based on the Individual Method shall be used for rooms or smaller areas within the building containing small numbers of chemicals.

4.2.3.4* When mixtures of chemicals are being rated, actual data on the mixture itself shall be used to obtain the ratings for health, flammability, and instability.

4.3* Location of Signs.

Signs shall be in locations approved by the authority having jurisdiction and as a minimum shall be posted at the following locations:

(1) Two exterior walls or enclosures containing a means of access to a building or facility

(2) Each access to a room or area

(3) Each principal means of access to an exterior storage area

Chapter 5 Health Hazards

5.1 General.

5.1.1* This chapter shall address the capability of a material to cause personal injury due to contact with or entry into the body via inhalation, skin contact, eye contact, or ingestion.

5.1.2 Injury resulting from the heat of a fire or from the force of an explosion shall not be considered.

5.1.3* Health hazards that can result from chronic or repeated long-term exposure to low concentrations of a hazardous material shall not be considered.

5.1.4* If the oral toxicity values indicate a health hazard rating that is significantly different from other, more likely routes of exposure or if the oral toxicity values would tend to either exaggerate or minimize the hazards likely to be encountered, then professional judgment shall be exercised in assigning the health hazard rating.

5.1.5* For purposes of assigning the health hazard rating, only the inherent physical and toxic properties of the material shall be considered. However, if the combustion or decomposition products are known, are generated in significant quantities, and present a significantly greater degree of risk, they shall be rated accordingly.

5.1.6 The degree of hazard shall indicate to fire-fighting and emergency response personnel one of the following:

(1) They can work safely in the area only with specialized protective equipment.

(2) They can work safely in the area with suitable respiratory protective equipment.

(3) They can work safely in the area with ordinary clothing.

5.2* Degrees of Hazard.

The degrees of health hazard shall be ranked according to the probable severity of the effects of exposure to emergency response personnel detailed in Table 5.2.

Table 5.2 Degrees of Health Hazards

Degree of Hazard*	Criteria†
4 — Materials that, under emergency conditions, can be lethal	Gases whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is less than or equal to 1000 parts per million (ppm) Any liquid whose saturated vapor concentration at 20°C (68°F) is equal to or greater than 10 times its LC_{50} for acute inhalation toxicity, if its LC_{50} is less than or equal to 1000 ppm Dusts and mists whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is less than or equal to 0.5 milligram per liter (mg/L) Materials whose LD_{50} for acute dermal toxicity is less than or equal to 40 milligrams per kilogram (mg/kg)

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค6 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 6.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table 5.2 Degrees of Health Hazards

Degree of Hazard*	Criteria†
	Materials whose LD_{50} for acute oral toxicity is less than or equal to 5 mg/kg
3 — Materials that, under emergency conditions, can cause serious or permanent injury	Gases whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 1000 ppm but less than or equal to 3000 ppm Any liquid whose saturated vapor concentration at 20°C (68°F) is equal to or greater than its LC_{50} for acute inhalation toxicity, if its LC_{50} is less than or equal to 3000 ppm, and that does not meet the criteria for degree of hazard 4 Dusts and mists whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 0.5 mg/L but less than or equal to 2 mg/L Materials whose LD_{50} for acute dermal toxicity is greater than 40 mg/kg but less than or equal to 200 mg/kg Materials that are corrosive to the respiratory tract Materials that are corrosive to the eye or cause irreversible corneal opacity Materials that are corrosive to skin Cryogenic gases that cause frostbite and irreversible tissue damage Compressed liquefied gases with boiling points at or below -55°C (-66.5°F) that cause frostbite and irreversible tissue damage Materials whose LD_{50} for acute oral toxicity is greater than 5 mg/kg but less than or equal to 50 mg/kg
2 — Materials that, under emergency conditions, can cause temporary incapacitation or residual injury	Gases whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 3000 ppm but less than or equal to 5000 ppm Any liquid whose saturated vapor concentration at 20°C (68°F) is equal to or greater than one-fifth its LC_{50} for acute inhalation toxicity, if its LC_{50} is less than or equal to 5000 ppm, and that does not meet the criteria for either degree of hazard 3 or degree of hazard 4 Dusts and mists whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 2 mg/L but less than or equal to 10 mg/L Materials whose LD_{50} for acute dermal toxicity is greater than 200 mg/kg but less than or equal to 1000 mg/kg Compressed liquefied gases with boiling points between -30°C (-22°F) and -55°C (-66.5°F) that can cause severe tissue damage, depending on duration of exposure Materials that are respiratory irritants Materials that cause severe but reversible irritation to the eyes or lacrimators Materials that are primary skin irritants or sensitizers Materials whose LD_{50} for acute oral toxicity is greater than 50 mg/kg but less than or equal to 500 mg/kg
1 — Materials that, under emergency conditions, can cause significant irritation	Gases and vapors whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 5000 ppm but less than or equal to 10,000 ppm Dusts and mists whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 10 mg/L but less than or equal to 200 mg/L Materials whose LD_{50} for acute dermal toxicity is greater than 1000 mg/kg but less than or equal to 2000 mg/kg Materials that cause slight to moderate irritation to the respiratory tract, eyes, and skin Materials whose LD_{50} for acute oral toxicity is greater than 500 mg/kg but less than or equal to 2000 mg/kg
0 — Materials that, under emergency conditions, would offer no hazard beyond that of ordinary combustible materials	Gases and vapors whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 10,000 ppm Dusts and mists whose LC_{50} for acute inhalation toxicity is greater than 200 mg/L Materials whose LD_{50} for acute dermal toxicity is greater than 2000 mg/kg Materials whose LD_{50} for acute oral toxicity is greater than 2000 mg/kg Materials that are essentially nonirritating to the respiratory tract, eyes, and skin

*For each degree of hazard, the criteria are listed in a priority order based on the likelihood of exposure.
†See Section B.3 for definitions of LC_{50} and LD_{50}.

5.2.1 Data from all routes of exposure shall be considered when applying professional judgment to assign a health hazard rating.

Chapter 6 Flammability Hazards

6.1 General.

6.1.1 This chapter shall address the degree of susceptibility of materials to burning.

6.1.2* Because many materials will burn under one set of conditions but will not burn under others, the form or condition of the material shall be considered, along with its inherent properties.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค7 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 7.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1.1.3* In the evaluation of the hazards of organic peroxides, additional factors shall be taken into account.

7.1.2* Because of the wide variations of unintentional combinations possible in fire or other emergencies, these extraneous hazard factors (except for the effect of water) shall not be applied to a general numerical rating of hazards. Where large quantities of materials are stored together, inadvertent mixing shall be considered in order to establish appropriate separation or isolation.

7.1.3 The degree of instability hazard shall indicate to fire-fighting and emergency personnel whether the area shall be evacuated, whether a fire shall be fought from a protected location, whether caution shall be used in approaching a spill or fire to apply extinguishing agents, or whether a fire can be fought using normal procedures.

7.2 Degrees of Hazard.

The degrees of hazard shall be ranked according to ease, rate, and quantity of energy release of the material in pure or commercial form detailed in Table 7.2.

Table 7.2 Degrees of Instability Hazards

Degree of Hazard	Criteria
4 — Materials that in themselves are readily capable of detonation or explosive decomposition or explosive reaction at normal temperatures and pressures	Materials that are sensitive to localized thermal or mechanical shock at normal temperatures and pressures Materials that have an instantaneous power density (product of heat of reaction and reaction rate) at 250°C (482°F) of 1000 watts per milliliter (W/mL) or greater
3 — Materials that in themselves are capable of detonation or explosive decomposition or explosive reaction but that require a strong initiating source or must be heated under confinement before initiation	Materials that have an instantaneous power density (product of heat of reaction and reaction rate) at 250°C (482°F) at or above 100 W/mL and below 1000 W/mL Materials that are sensitive to thermal or mechanical shock at elevated temperatures and pressures
2 — Materials that readily undergo violent chemical change at elevated temperatures and pressures	Materials that have an instantaneous power density (product of heat of reaction and reaction rate) at 250°C (482°F) at or above 10 W/mL and below 100 W/mL
1 — Materials that in themselves are normally stable but that can become unstable at elevated temperatures and pressures	Materials that have an instantaneous power density (product of heat of reaction and reaction rate) at 250°C (482°F) at or above 0.01 W/mL and below 10 W/mL
0 — Materials that in themselves are normally stable, even under fire conditions	Materials that have an instantaneous power density (product of heat of reaction and reaction rate) at 250°C (482°F) below 0.01 W/mL Materials that do not exhibit an exotherm at temperatures less than or equal to 500°C (932°F) when tested by differential scanning calorimetry

Chapter 8 Special Hazards

8.1 General.

8.1.1* This chapter shall address water reactivity and oxidizing properties of the materials that cause special problems or require special fire-fighting techniques.

8.1.2 Special hazard symbols shall be shown in the fourth space of the sign or immediately above or below the entire sign.

8.2 Symbols.

Special hazards shall be represented by a spatial arrangement denoted by symbols always at the six o'clock position.

8.2.1* Materials that react violently or explosively with water (i.e., water reactivity rating 2 or 3) shall be identified by the letter "W" with a horizontal line through the center (W).

8.2.2* Materials that possess oxidizing properties shall be identified by the letters "OX."

8.2.3* For chemicals requiring both "special hazard" symbols (i.e., W and OX), the W shall be displayed inside the special hazards quadrant, and the OX shall be displayed directly below or adjacent to the special hazards quadrant.

8.2.4* Materials that are simple asphyxiant gases shall be permitted to be identified with the letters "SA" and shall be limited to the following gases: nitrogen, helium, neon, argon, krypton, and xenon.

Chapter 9 Identification of Materials by Hazard Rating System

9.1 Symbol Arrangement.

One of the systems delineated in Figure 9.1(a), Figure 9.1(b), or Figure 9.1(c) shall be used for the implementation of this standard.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค8 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 8.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

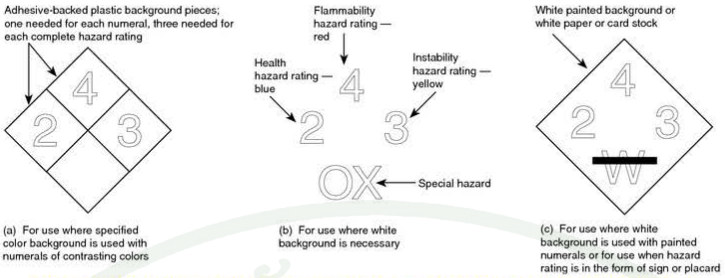
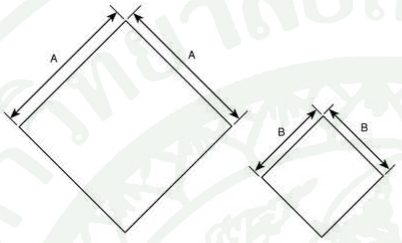


FIGURE 9.1(a) Alternative Arrangements for Display of NFPA 704 Hazard Identification System.



Minimum dimensions of white background for hazard ratings (white background is optional)

Size of hazard ratings H	W	T	A	B
25 (1)	18 (0.7)	4 (5/32)	64 (2½)	32 (1¼)
51 (2)	36 (1.4)	8 (5/16)	127 (5)	64 (2½)
76 (3)	53 (2.1)	12 (15/32)	191 (7½)	95 (3¾)
102 (4)	71 (2.8)	16 (⅝)	254 (10)	127 (5)
152 (6)	107 (4.2)	24 (15/16)	381 (15)	191 (7½)

All dimensions given in mm (in.)

Exception: For containers with a capacity of 3.78 L (1 gal) or less, symbols can be reduced in size, provided the following:
(1) The reduction is proportionate.
(2) The color coding is retained.
(3) The vertical and horizontal dimensions of the diamond are not less than 25 mm (1 in.).
(4) The individual numbers are no smaller than 3.2 mm (⅛ in.) tall.

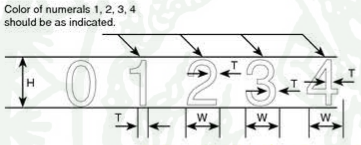


FIGURE 9.1(b) Dimensions of NFPA 704 Placard and Numerals.

Arrangement and order of hazard ratings optional form of application

Distance at which hazard ratings are legible	Minimum size of hazard ratings required
15.24 m (50 ft)	25 mm (1 in.)
22.86 m (75 ft)	51 mm (2 in.)
30.48 m (100 ft)	76 mm (3 in.)
60.96 m (200 ft)	102 mm (4 in.)
91.44 m (300 ft)	152 mm (6 in.)

Note: This shows the correct spatial arrangement and order of hazard ratings used for identification of materials by hazard.

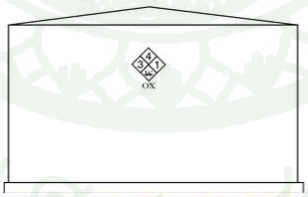


FIGURE 9.1(c) Minimum Size of Numerals for Legibility at Distance.

Annex A Explanatory Material

Annex A is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only. This annex contains

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค9 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 9.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

explanatory material, numbered to correspond with the applicable text paragraphs.

A.1.3.2 The Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemical Data recognizes that the potential exists for certain materials to cause a carcinogenic or teratogenic effect from acute exposure(s). However, sufficient data are not available to this committee to allow for the development of numerical ratings based on carcinogenic or teratogenic potential.

A.3.2.1 Approved. The National Fire Protection Association does not approve, inspect, or certify any installations, procedures, equipment, or materials; nor does it approve or evaluate testing laboratories. In determining the acceptability of installations, procedures, equipment, or materials, the authority having jurisdiction may base acceptance on compliance with NFPA or other appropriate standards. In the absence of such standards, said authority may require evidence of proper installation, procedure, or use. The authority having jurisdiction may also refer to the listings or labeling practices of an organization that is concerned with product evaluations and is thus in a position to determine compliance with appropriate standards for the current production of listed items.

A.3.2.2 Authority Having Jurisdiction (AHJ). The phrase "authority having jurisdiction," or its acronym AHJ, is used in NFPA documents in a broad manner, since jurisdictions and approval agencies vary, as do their responsibilities. Where public safety is primary, the authority having jurisdiction may be a federal, state, local, or other regional department or individual such as a fire chief; fire marshal; chief of a fire prevention bureau, labor department, or health department; building official; electrical inspector; or others having statutory authority. For insurance purposes, an insurance inspection department, rating bureau, or other insurance company representative may be the authority having jurisdiction. In many circumstances, the property owner or his or her designated agent assumes the role of the authority having jurisdiction; at government installations, the commanding officer or departmental official may be the authority having jurisdiction.

A.3.3.1 Boiling Point. For single-component liquids at the boiling point, the surrounding atmospheric pressure can no longer hold the liquid in the liquid state and the liquid boils. A low boiling point is indicative of a high vapor pressure and a high rate of evaporation.

Where an accurate boiling point is unavailable for the material in question or for mixtures that do not have a constant boiling point, for purposes of this standard the 20 percent point of a distillation performed in accordance with ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure*, can be used as the boiling point of the liquid. The user is warned that this definition of boiling point is inconsistent with that given in other flammability classification systems that generally use the initial boiling point of the distillation curve. Therefore, boiling points assigned for mixtures by these different classification systems are not interchangeable. For more information, see Britton.

A.3.3.3 Flash Point. Flash point is a direct measure of a liquid's volatility, its tendency to vaporize. The lower the flash point, the greater the volatility and the greater the risk of fire. Flash point is determined using one of several different test procedures and apparatus that are specified.

A.3.3.4 Frostbite. Frostbite causes the skin to have a pale waxy-white appearance, and the tissue becomes numb and hard. The blood vessels in the affected area constrict and decrease circulation. Ice crystals then form in the tissue and cause structural damage with death of the affected cells.

In mild cases where ice crystal formation has not yet occurred or is very limited, recovery is usually complete, and circulation and tissue will revert to their normal state. Depending on the depth at which the tissue freezes, four degrees of severity can be distinguished. The first and second degrees of severity are limited to the top layers of skin where circulation is impaired. The second degree of severity results in blistering of the skin. Both the first- and second-degree levels do not extend beyond the top layers of the skin, and tissue death is limited. The third degree of severity involves tissue death below the skin layers. The fourth and most severe degree results in deep-tissue death that involves the muscle, tendon, and bone.

When exposure to cold is prolonged or extremely low temperatures are encountered as in the case of unprotected contact with liquefied cryogenic gases, irreversible tissue damage generally occurs. In the more severe cases of frostbite, tissue viability is affected, resulting in tissue death. Depending on the severity of tissue damage and the location affected, surgical removal or amputation of affected tissue or extremity can be necessary.

A.4.1.4 No specific color shade is recommended, but the blue, red, and yellow used must provide adequate contrast so that the rating numbers are easily identified. Many environmental conditions can affect the stability of the colors.

A.4.2.2 The NFPA 704 ratings are applied to numerous chemicals in the NFPA *Fire Protection Guide to Hazardous Materials*, which contains withdrawn standards NFPA 49, *Hazardous Chemicals Data*, and NFPA 325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases, and Volatile Solids*. These were withdrawn as NFPA standards (and are therefore no longer published in the *National Fire Codes®*). However, they are maintained by NFPA staff in a database that will be available to the public electronically in the future and in updates of the NFPA *Fire Protection Guide to Hazardous Materials*. The Committee wishes to note that those documents were withdrawn solely for expediency in updating the data, which was not possible in a 3- to 5-year revision cycle.

A.4.2.3.2 Due to the large number of variables, the requirements and guidance presented in this standard are general in nature and are limited to the most important and common factors. For example, although flash point is the primary criterion for assigning the flammability rating, other criteria could be of equal importance. For example, autoignition temperature, flammability limits, and susceptibility of a container to failure due to fire exposure also should be considered. For instability, the emphasis is on the ease by which an energy-releasing reaction is triggered. These factors should all be considered when calling on one's judgment during the assignment of ratings.

A.4.2.3.3 The purpose of the Composite Method is to characterize the hazards as simply as possible where many chemicals are present. The sign reflects the rating for the area, not for individual chemicals. For example, say a building contains materials with individual chemical ratings of 1-2-1 OX, 1-2-2 ~~W~~, 3-1-2, and 2-3-4, and a specific area of the building contains individual chemicals with ratings of 1-2-1 OX and 2-3-4. This situation would result in the following:

(1) The building would be placarded as 3-3-4 OX ~~W~~.

(2) This specific area would be placarded as 2-3-4 OX.

Using the Individual Method for the same building containing the same chemicals, there would be four signs with the following ratings: 1-2-1 OX, 1-2-2 ~~W~~, 3-1-2, and 2-3-4. Each sign would include the chemical name below the sign.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค10 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 10.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The specific area of the building would have two signs with the ratings of 1-2-1 OX and 2-3-4, each of which would include the chemical name below the sign. It should be recognized that the purpose of the standard is for recognition of hazards in an emergency; therefore, the number of signs displayed in a single place generally should not exceed five.

The Composite–Individual Combined Method allows users to utilize the best features of the other two methods. The outside of the building, enclosure, or area is posted with a single Composite sign for quick recognition of the overall hazards. Areas or rooms within the building are posted using either the Individual Method or the Composite Method, depending on the number of chemicals they contain.

A.4.2.3.4 In the absence of data on the specific mixture, the most conservative rating (numerically highest) for each component of the mixture for health and instability should be used, with adjustment for professional judgment in accordance with 4.2.3. The synergistic effects or reactions of the components of the mixture should also be considered when assigning the ratings.

When different materials are mixed together, the instability hazard of the mixture can be entirely different from those of the individual components. An example discussed by Stull is the unrecognized mixing of a reducing agent with an oxidizing agent. This compares directly to mixing a fuel with an oxidizer. In this example, a green pigment was manufactured by mixing the yellow pigment lead chromate with the blue pigment ferric ferrocyanide. During fine grinding in a hammer mill, the mixture ignited and deflagrated, resulting in a severe fire. Chemists recognize lead chromate as an oxidizing agent and ferric ferrocyanide as a reducing agent. In the NFPA rating system, although lead chromate should be labeled an oxidizer (OX) in the special hazards quadrant, there is no corresponding provision for labeling reducing agents, such as ferric ferrocyanide. While the individual components involved both have NFPA instability ratings of 0 or 1, the mixture could have a higher instability rating up to 3, depending on the ratio of the components and the intimacy of mixing.

Flammability ratings should be based on measured flash point rather than an estimated value, because the mixture's flash point and boiling point can be readily tested and quantified. In advance of testing, the flash point for a mixture can be predicted using the method described in Hanley. The flammability rating is determined per Annex C.

A.4.3 The quantity and location of NFPA 704 placards are based on factors such as fire department response and access; fire department operations; location, configuration, size, and arrangement of storage areas; location, configuration, and construction of the buildings; and other factors. The authority having jurisdiction should be consulted regarding the placement of identification to assist in response to incidents at the location.

A.5.1.1 See Annex B for additional health hazard rating background information.

A.5.1.3 In general, the health hazard that results from a fire or other emergency condition is one of acute (single) short-term exposure to a concentration of a hazardous material. This exposure can vary from a few seconds to as long as 1 hour. The physical exertion demanded by fire fighting or other emergency activity can be expected to intensify the effects of any exposure. In addition, the hazard under ambient conditions will likely be exaggerated at elevated temperatures.

A.5.1.4 The oral route of exposure (i.e., ingestion) is highly unlikely under the conditions anticipated by this standard. In such cases, other routes of entry should be considered to be more appropriate in assessing the hazard. Similarly, inhalation of dusts and mists is unlikely under the conditions anticipated by this standard. In such cases, the health hazard ratings should also be based on data for the more likely routes of exposure.

A.5.1.5 Some materials have products of combustion or decomposition that present a significantly greater degree of hazard than the inherent physical and toxic properties of the original material. The degree of hazard is dependent on the conditions at the time of the incident. In limited cases, NFPA 49, *Hazardous Chemicals Data*, provides information on the hazardous products of combustion or decomposition. (Note: Although NFPA 49 has been officially withdrawn from the *National Fire Codes*, the information is still available in NFPA's *Fire Protection Guide to Hazardous Materials*.)

In general, the Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemical Data does not consider elevating ratings based on decomposition or combustion products except for unusual circumstances. An example where the health rating could conceivably be increased is vinylidene chloride. Vinylidene chloride can emit a significant amount of phosgene under fire conditions, and under certain storage and use conditions, the rating of 2 could be increased to 4 for health. Another example is polyvinyl chloride, which emits hydrogen chloride and possibly chlorine under fire conditions. The rating of 0 or 1 could be increased to 3 or 4 for health. Conditions play a large part in any rating, as noted in Section 4.2, and professional judgment should be exercised. Some materials have combustion or decomposition products that present a significantly greater degree of hazard than the inherent physical and toxic properties of the original material. The degree of hazard is dependent on the conditions at the time of the incident.

A.5.2 Certain materials upon release can cause frostbite. Frostbite, as a health hazard, should be related to the skin/eye component of the health hazard rating criteria.

A.6.1.2 The definitions for liquid classification are found in NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*.

Solids should normally be rated as pellets unless the form and handling conditions of the solid require otherwise.

A.6.2 For water-miscible solutions and liquids that do not sustain combustion in accordance with the hazard rating 1 criteria, the individual performing the hazard evaluation should recognize that in large vapor spaces, evaporation of volatile components of the mixture can create a flammable mixture, which could increase the fire or explosion hazard. This could occur even though the bulk material meets the aforementioned criteria.

In the case of mixtures stored in non-inerted tanks where the vapor space can contain ignitible vapor, the flammability rating should be based exclusively on a closed cup flash point test. In some cases, even solutions containing less than 1 percent volatile flammable materials could produce ignitible atmospheres (Britton).

A.7.1.1 The violence of a reaction or decomposition can be increased by heat or pressure. The violence of a reaction or decomposition can also be increased by mixing with other materials to form fuel–oxidizer combinations or by contact with incompatible substances, sensitizing contaminants, or catalysts.

A.7.1.1.3 Refer to NFPA 432, *Code for the Storage of Organic Peroxide Formulations*, for more specific information regarding the

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค11 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 11.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

classification of organic peroxides.

A.7.1.2 The hazards of inadvertent mixing can be addressed by a chemical compatibility chart. Information to develop such a chart can be found in NFPA 491, *Guide to Hazardous Chemical Reactions*. (Note: Although NFPA 491 has been officially withdrawn from the *National Fire Codes*, the information is still available in NFPA's *Fire Protection Guide to Hazardous Materials*.) Information can also be found in Bretherick.

A.8.1.1 Only 2 special hazard symbols (OX and ~~W~~) are required by NFPA 704, and SA is an optional symbol inside the NFPA special hazards quadrant. Outside NFPA 704, limited, special situations might exist in which individual circumstances dictate use of a unique hazard symbol. Other user-defined symbols or markings must be placed outside the NFPA "diamond." Appropriate training and communication addressing these other markings are essential. Other special hazard symbols (beyond OX and ~~W~~) should not be considered to be part of the NFPA 704 hazard rating system. In many cases, the hazards represented by these symbols are already considered in the health, flammability, or instability rating categories. For example, a polymerization hazard is covered by the numerical instability rating and does not require a separate symbol. Also, corrosive properties are considered in the health rating and, again, do not require a separate symbol. In addition, because these additional symbols are not defined by the standard, emergency responders might not recognize their significance.

A.8.2.1 Guidance on use of the ~~W~~ symbol and other associated information are located in Annex F, Water Reactivity Identification Criteria.

A.8.2.2 For further information on oxidizers, including oxidizer classes, see NFPA 430, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers*.

The severity of the hazard posed by an oxidizer can be ranked according to the classification system presented in NFPA 430. This numerical class can be included in the special hazards quadrant of the NFPA 704 placard. For example, because ammonium permanganate is a Class 4 oxidizer (per NFPA 430), the special hazards quadrant would be marked OX 4 to better define the hazard.

The adding of the quantification of the oxidation helps to better define the hazard. For example, both manganese dioxide (NFPA 430, Class 1) and ammonium permanganate (NFPA 430, Class 4) would be listed under the current system as OX in the NFPA 704 system, with no information on the degree of hazard.

A.8.2.3 Both the ~~W~~ and the OX are special hazards. However, the ~~W~~ rating should be ranked as the primary special hazard by display of the ~~W~~ symbol inside the special hazards quadrant, because it is deemed more important from a fire-fighting perspective. The Committee recognizes that water application is a common first approach to fire fighting. Responders need to be immediately alerted to the ~~W~~ rating and should not apply water without understanding the consequences of that action. The OX is still important but is secondary and is displayed outside the quadrant, as shown in Figure 9.1(c).

A.8.2.4 See defined term *simple asphyxiant gas*. Gases that are simple asphyxiants can displace the amount of oxygen in the air necessary to support life. Because these gases are colorless and odorless and offer no warning properties, the SA symbol added to the NFPA 704 diamond will alert responders to the potential hazard.

Annex B Health Hazard Rating

This annex is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only.

B.1 Development of Quantitative Guidelines for Health.

In developing this edition of NFPA 704, the Technical Committee on Classification and Properties of Hazardous Chemical Data determined that the standard should provide quantitative guidelines for determining the numerical health hazard rating of a material *(see Table B.1)*.

Table B.1 Health Hazard Rating Chart

Degree of Hazard	Gas/Vapor: Inhalation LC_{50} (ppm-v)	Gas/Vapor: Saturated Vapor Concentration ($\times LC_{50}$ in ppm-v)	Dust/Mist Inhalation LC_{50} (mg/L)	Oral LD_{50} (mg/kg)	Dermal LD_{50} (mg/kg)	Skin/Eye Contact
4	0 to 1,000	10 to >10	0.00 to 0.5	0.00 to 5	0 to 40	—
3	1,001 to 3,000	1 to <10	0.51 to 2	5.01 to 50	40.1 to 200	Corrosive, irreversible eye injury Corrosive if pH ≤2 or ≥11.5
2	3,001 to 5,000	0.2 to <1	2.01 to 10	50.1 to 500	201 to 1,000	Severe irritation, reversible injury Sensitizers Lacrimators Frostbite from compressed liquefied gases
1	5,001 to 10,000	0 to <0.2	10.1 to 200	501 to 2,000	1,001 to 2,000	Slight to moderate eye irritation Mild irritation is borderline 0/1
0	>10,000	0 to <0.2	>200	>2,000	>2,000	Essentially nonirritating

Notes:
(1)

$$ppm = \frac{mg/m^3 \times 24.45}{\text{molecular weight}}$$

(2) Saturated vapor concentration (ppm) at 20°C @ standard atmospheric pressure:

$$SVC = \frac{\text{Vapor pressure (mmHg)} \times 106}{760}$$

(3) See Section B.3 for definitions of LC_{50} and LD_{50}.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค12 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 12.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

B.1.1 Inhalation Hazard Considerations Using DOT Criteria. In addition, the Committee agreed that a health hazard rating of 4 or 3 should be assigned to any material classified as a "Poison-Inhalation Hazard" by the U.S. Department of Transportation (DOT). The poison-inhalation hazard classification was adopted by DOT from the United Nations (UN) criteria detailed in the UN publication *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods. (See also "Notice of Proposed Rulemaking," Federal Register, and "Notice of Final Rule," Federal Register.)*

B.1.2 Inhalation Hazard Considerations Using UN Criteria. The UN criteria for inhalation toxicity are based on the LC_{50} and saturated vapor concentration of the material.

B.1.3 Oral and Dermal Hazard Considerations Using UN Criteria. Furthermore, in addition to inhalation toxicity, the UN has established criteria for oral and dermal toxicity, as well as corrosivity. Based on those criteria, the UN assigns materials to categories called Packing Groups: Packing Group I materials represent a severe hazard in transport, Group II materials represent a serious hazard, and Group III materials represent a low hazard.

The Committee decided to adopt the UN criteria for toxicity and corrosivity, and to correlate Packing Groups I, II, and III with the health hazard ratings 4, 3, and 2, respectively.

B.1.4 Adoption of UN Criteria. Adoption of the UN system has several advantages.

B.1.4.1 First, it addresses hazards in transportation that are similar to the type of emergencies likely to be encountered by fire-fighting personnel and emergency responders. Most other hazard ranking systems have been developed for occupational exposures.

B.1.4.2 Second, the UN system is well established, and it is presumed that a large number of chemical manufacturers have already classified (or can easily classify) materials into the appropriate packing groups.

B.1.4.3 Finally, users of chemicals can assign a 4, 3, or 2 health hazard rating by establishing whether a chemical has been assigned to a UN packing group due to toxicity or to corrosivity.

B.1.5 Hazard Considerations Using HMIS Criteria. To establish 1 and 0 health hazard rankings, the Committee utilized criteria for the 1 and 0 ratings contained in the Hazardous Materials Identification System (HMIS) developed by the National Paint & Coatings Association (NPCA) *(see Hazardous Materials Identification System Revised, Implementation Manual)*. Although the NPCA criteria were developed for occupational exposure, the 1 and 0 criteria are on the low end of the hazard spectrum and are fairly consistent with, and complementary to, the 4, 3, and 2 ratings based on the UN criteria. No UN criteria were established for eye irritation, and the Committee adopted NPCA 3, 2, 1, and 0 criteria as health hazard ratings for eye irritation.

B.2 Additional Revisions to Health Hazard Rating.

The Committee made a number of revisions to the proposed hazard rating system to provide conformity with existing industrial practice and to recognize the limitations and availability of corrosivity and eye irritation in a single "skin/eye contact" category and to utilize descriptive terms for the health hazard ratings. Minor changes were made to the 2, 1, and 0 criteria for oral toxicity and to the 1 and 0 criteria for dermal toxicity. Specifically, the distinction between solids and liquids in the oral toxicity criteria was eliminated, and the cutoff between 1 and 0 rankings for oral and dermal toxicity was lowered from 5000 to 2000 mg/kg.

In summary, the 4, 3, and 2 health hazard rankings for oral, dermal, and inhalation toxicity are based primarily on UN criteria. The 1 and 0 health hazard rankings for oral, dermal, inhalation toxicity, and all the "skin/eye contact" rankings are based primarily on NPCA criteria.

B.3 UN Definitions.

For the user's assistance in utilizing this standard, the following definitions are extracted from Section 6.5 of *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods*. In the absence of data for the species defined as follows, the committee currently considers other mammalian species, including human data and professional judgment to assign health ratings. In addition, Table B.1 can be used for guidance.

B.3.1 LD_{50} for acute oral toxicity: That dose of the substance administered which is most likely to cause death within 14 days in one half of both male and female young adult albino rats. The number of animals tested shall be sufficient to give a statistically significant result and be in conformity with good pharmacological practice. The result is expressed in milligrams per kilogram of body weight.

B.3.2 LD_{50} for acute dermal toxicity: That dose of the substance which, administered by continuous contact for 24 hours with the bare skin of albino rabbits, is most likely to cause death within 14 days in one half of the animals tested. The number of animals tested shall be sufficient to give a statistically significant result and be in conformity with good pharmacological practice. The result is expressed in milligrams per kilogram of body weight.

B.3.3 LC_{50} for acute toxicity on inhalation: That concentration of vapor, mist or dust which, administered by continuous inhalation to both male and female young adult albino rats for one hour, is most likely to cause death within 14 days in one half of the animals tested. If the substance is administered to the animals as dust or mist, more than 90 percent of the particles available for inhalation in the test must have a diameter of 10 microns or less, provided that it is reasonably foreseeable that such concentrations could be encountered by man during transport. The result is expressed in milligrams per liter of air for dusts and mists or in milliliters per cubic meter of air (parts per million) for vapors.

B.4

The following information extracted from Section 6.4 of *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods* also applies:

The criteria for inhalation toxicity of dusts and mists are based on LC_{50} data relating to 1 hour exposures and where such information is available it should be used. However, where only LC_{50} data relating to 4 hour exposures to dusts and mists are available, such figures can be multiplied by four and the product substituted in the above criteria, i.e., LC_{50} (4 hour) × 4 is considered equivalent of LC_{50} (1 hour).

The criteria for inhalation toxicity of vapors are based on LC_{50} data relating to 1 hour exposures, and where such information is available it should be used. However, where only LC_{50} data relating to 4 hour exposures to dusts and mists are available, such figures can be multiplied by

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค13 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 13.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

two and the product substituted in the above criteria, i.e., LC_{50} (4 hour) × 2 is considered equivalent of LC_{50} (1 hour).

Annex C Flammability

This annex is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only.

C.1 Development of Flammability Ratings.

The selection of the flash point breaks for the assignment of ratings within the flammability category is based on the recommendations of the Technical Committee on Classification and Properties of Flammable Liquids of the NFPA Committee on Flammable Liquids. This Technical Committee initiated the study that led to the development of this standard. Close cooperation between the Technical Committee and the Committee on Fire Hazards of Materials has continued.

C.2 Significance of Flash Point.

Flash point indicates several things:

(1) If the liquid has no flash point, it is not a flammable liquid.

(2) If the liquid has a flash point, it has to be considered flammable or combustible.

(3) The flash point is normally an indication of susceptibility to ignition.

The flash point test can give results that would indicate if a liquid is nonflammable or if it should be rated 1 or 2 as a mixture containing, for example, carbon tetrachloride. As a specific example, sufficient carbon tetrachloride can be added to gasoline so that the mixture has no flash point. However, on standing in an open container, the carbon tetrachloride evaporates more rapidly than the gasoline. Over a period of time, the residual liquid first shows a high flash point, then a progressively lower one until the flash point of the final 10 percent of the original sample approximates that of the heavier fractions of the gasoline. To evaluate the fire hazard of such liquid mixtures, fractional evaporation tests can be conducted at room temperature in open vessels. After evaporation of appropriate fractions, such as 10, 20, 40, 60, and 90 percent of the original sample, flash point tests can be conducted on the residue. The results of such tests indicate the grouping into which the liquid should be placed if the conditions of use are such to make it likely that appreciable evaporation will take place. For open system conditions, such as in open dip tanks, the open cup test method gives a more reliable indication of the flammability hazard.

C.3 Flash Point Test Methods.

In the interest of reproducible results, the following procedures are recommended for determining flash point:

(1) The flash point of liquids having a viscosity less than 5.5 mm^2/s [5.5 centistokes (cSt)] at 40°C (104°F) or less than 9.5 mm^2/s (9.5 cSt) at 25°C (77°F) and a flash point below 93.4°C (200°F) can be determined in accordance with ASTM D 56, *Standard Method of Test for Flash Point by the Tag Closed Tester*. (In those countries that use the Abel or Abel-Pensky closed cup tests as an official standard, these tests will be equally acceptable to the Tag Closed Cup Method.)

(2) For liquids having flash points in the range of 0°C (32°F) to 110°C (230°F), the determination can be made in accordance with ASTM D 3278, *Flash Point of Liquids by Setaflash Closed Tester*, or ASTM D 3828, *Standard Test Method for Flash Point by Small Scale Closed Tester*.

(3) For viscous and solid chemicals, the determination can be made in accordance with Test Method E 502, *Standard Test Method for Selection and Use of ASTM Standards for the Determination of Flash Point of Chemicals by Closed Cup Methods*.

(4) The flash point of liquids having a viscosity of 5.5 mm^2/s (5.5 cSt) or greater at 40°C (100°F) or 9.5 mm^2/s (9.5 cSt) or greater at 25°C (77°F) can be determined in accordance with ASTM D 93, *Test Methods for Flash Point by the Pensky-Martens Closed Tester*.

Annex D Combustible Dusts

This annex is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only.

D.1

A combustible dust is considered to be a finely divided solid material that is 420 micrometers (μm) or smaller in diameter (material passing a U.S. No. 40 Standard sieve) that presents an explosion hazard when dispersed and ignited in air.

When a dust becomes suspended in air, there is a risk of a dust cloud ignition leading to a flash fire. The minimum explosible concentration (MEC) is the minimum concentration of combustible dust suspended in air, measured in mass per unit volume, that will support a deflagration as defined by the text procedure in ASTM E 1515, *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts*. Evaluation of the hazard of a combustible dust should be determined by the means of actual test data. Each situation should be evaluated and applicable tests selected. The following list represents the factors that are sometimes used in determining the deflagration hazard of a dust:

(1) MEC

(2) Minimum ignition energy (MIE)

(3) Particle size distribution

(4) Moisture content as received and as tested

(5) Maximum explosion pressure at optimum concentration

(6) Maximum rate of pressure rise at optimum concentration

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค14 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 14.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(7) K_{St} (normalized rate of pressure rise) as defined in ASTM E 1226, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts*

(8) Layer ignition temperature

(9) Dust cloud ignition temperature

(10) Limiting oxidant concentration (LOC) to prevent ignition

(11) Electrical volume resistivity

(12) Charge relaxation time

(13) Chargeability

See NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*; NFPA 664, *Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities*; and NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations*, for additional information about combustible dusts and combustible dust explosions.

For purposes of better determining the flammability for a 2 or 3 rating, the most important aspects are particle size distribution, MIE, processing experience, housekeeping, and other related factors.

Annex E Instability, Thermal Hazard Evaluation Techniques

This annex is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only.

E.1 Intrinsic Thermal Stability.

Thermal stability for hazard evaluation purposes can be done by a number of methods. Frequently used techniques include differential scanning calorimetry (DSC) and accelerating rate calorimetry (ARC). These tests should be performed in a manner meeting or exceeding the requirements outlined in ASTM E 537, *Standard Test Method for Assessing the Thermal Stability of Chemicals by Methods of Differential Thermal Analysis*, or ASTM E 1981, *Guide for Assessing the Thermal Stability of Materials by Methods of Accelerating Rate Calorimetry*.

Obtaining the instability rating through testing and Instantaneous Power Density (IPD) data is preferred. This method is discussed in Section E.2, and IPD takes precedence over other small-scale calorimetric methods. When data are unavailable to apply the IPD method, the following two alternatives are available: Data from DSC or ARC (or their equivalent) can be used to determine the adiabatic exotherm initiation temperature. This can be used to define ratings of 0, 1, or 2.

Materials that exhibit adiabatic exotherm initiation temperatures below 200°C should be rated at least 2; materials that polymerize vigorously with evolution of heat should also be rated at least 2.

Materials that exhibit adiabatic exotherm initiation temperatures between 200°C and 500°C should be rated 1; materials that might polymerize when heated should also be rated 1.

Materials that do not exhibit an exotherm at temperatures less than or equal to 500°C should be rated zero.

Professional judgment should be applied to a chemical being rated using this method that might have an instability rating of 2 or greater.

Reactive materials are far more likely to suffer catalytic or surface effects in small test containers, hence biasing the adiabatic exotherm initiation temperature.

This judgment should include comparisons with the qualitative criteria described in Table 7.2, analogy with chemicals of similar chemical structure and historical incidents, plus data obtained using the following methods.

Information to assist this professional judgment includes, but is not limited to, data obtained via DSC or ARC. ASTM D 2879, *Standard Test Method for Vapor Pressure-Temperature Relationship and Initial Decomposition Temperature of Liquids by Isoteniscope*, can be used as an indication of thermal stability when data meeting the requirements of ASTM E 537 are not available. Self-Accelerating Decomposition Temperature (SADT) test results can also be used. Alternatively, calculations based on the CHETAH program could be carried out.

It should be noted that tests performed in small-volume analytical apparatus are not predictive of the explosive behavior of large masses of material and therefore cannot distinguish instability ratings of 3 and 4.

Appropriate testing should be conducted for mixtures because the mixtures might react differently than indicated by the individual components.

E.2 Instantaneous Power Density.

IPD is calculated as the product of the enthalpy of decomposition/reaction and the initial rate of reaction, determined at 250°C (482°F). This quantity represents the amount of heat energy per unit time per unit volume (watts per milliliter) that a material will initially give at 250°C (482°F). The values that make up the power density can be obtained from thermodynamic tables, calculations, and experimental measurements. The values are obtained from appropriate measurements using DSC *(see ASTM E 698, Standard Test Method for Arrhenius Kinetic Constants for Thermally Unstable Materials)*, or ARC *(see ASTM E 1981, Guide for Assessing the Thermal Stability of Materials by Methods of Accelerating Rate Calorimetry)*. In a typical calculation, the rates of reaction as a function of temperature are obtained and expressed in terms of an Arrhenius expression and an overall, initial-rate expression (Laidler). This rate expression represents the initial rate of decomposition where the decrease in concentration of the material as a result of the decomposition/reaction has not progressed to a significant (<5%) level. This allows the initial concentration of the material to be used in the simplified rate expression. *(See Table E.2.)*

Table E.2 Instability Rating as a Result of Thermal Instability

Instability Rating	Instantaneous Power Density at 250°C

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค15 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 15.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table E.2 Instability Rating as a Result of Thermal Instability

Instability Rating	Instantaneous Power Density at 250°C
4	1000 W/mL or greater
3	At or above 100 W/mL and below 1000 W/mL
2	At or above 10 W/mL and below 100 W/mL
1	At or above 0.01 W/mL and below 10 W/mL
0	Below 0.01 W/mL

To clarify the calculation of IPD, a sample calculation is provided.

DSC was carried out, and the following parameters were obtained for a material of interest:

Enthalpy of decomposition (ΔH): -80.5 cal/g
Arrhenius activation energy (E_a): 36.4 kcal/mol
Arrhenius pre-exponential (A_{PRE}): $1.60 \times 10^{15}\ s^{-1}$
Reaction order (n) 1
Initial concentration of material or density of pure material (conc.): 0.80 g/mL

The initial rate of decomposition of the material at 250°C (482°F) can be calculated using the following Arrhenius expression, where R is the universal gas constant whose value is taken as 1.987 cal/(mol°C):

$$\text{Rate} = \text{conc}^{\text{order}} \times A_{PRE} \times e^{-E_a/RT}$$

The units used are as follows:

$$\frac{g}{mL \times s} = \left(\frac{g}{mL}\right)^{\text{order}} \times \left(\frac{g}{mL \times s}\right)^{1-\text{order}} \times e^{-\frac{\text{cal/mol}}{\text{cal/(mol·K)}\cdot K}}$$

$$\text{Rate} = 0.80^{n} \times 1.60 \times 10^{15} \times e^{-\frac{36400}{1.987\times(273+250)}}$$

$$\text{Rate} = 0.79 \frac{g}{mL \times s}$$

$$\text{Rate} = 0.80^{n} \times 1.60 \times 10^{15} \times e^{-\frac{36400}{1039}}$$

The power density is given as the product of this decomposition and the enthalpy of decomposition (the value of 4.184 W/cal/sec allows the use of units W/mL):

$$IPD = -\Delta H \times \text{Rate}$$

$$\text{Units: } \frac{W}{mL} = \frac{cal}{g} \times \frac{g}{mL \times s} \times 4.184 \frac{W}{cal/s}$$

$$IPD = -(80.5) \times 0.79 \times 4.184 \frac{W}{cal/s}$$

$$IPD = 63 \frac{cal}{s \times mL} \times 4.184 \frac{W}{cal/s}$$

$$IPD = 270 \frac{W}{mL}$$

The IPD is used as a positive value: the greater the power density, the greater the rate of energy release per volume. Therefore, the exothermic enthalpy of reaction, thermodynamically taken with a negative sign to show release of heat to the surroundings, is taken as a negative so as to rectify the sign of IPD.

This material, having an IPD of 270 W/mL, would be rated a 3 per Table E.2.

Annex F Water Reactivity Identification Criteria

This annex is not a part of the requirements of this NFPA document but is included for informational purposes only.

F.1 General.

It is again noted that with the assignment of water reactivity ratings, a considerable degree of judgment can be needed, as noted in Section 4.2, combined with the guidance in this annex.

F.2

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค16 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 16.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Numerical ratings indicating degrees of water reactivity hazards are detailed in Table F.2. The number, alongside the water reactivity symbol (e.g., W 2), can be used when the information is available to provide information about the degree of water reactivity for emergency responders.

Table F.2 Degrees of Water Reactivity Hazards

Degree of Hazard	Criteria
4	Not applicable
3 — Requires a W to be displayed in the special hazards quadrant	Materials that react explosively with water without requiring heat or confinement (qualitative description most applicable when assigning water reactivity ratings to solids because the heat of mixing is determined by physical characteristics and the degree to which the material has dissolved) Materials whose heat of mixing is greater or equal to 600 cal/g
2 — Requires a W to be displayed in the special hazards quadrant	Materials that react violently with water, including the ability to boil water, or that evolve flammable or toxic gas at a sufficient rate to create hazards under emergency response conditions (qualitative description most applicable when assigning water reactivity ratings to solids because the heat of mixing is determined by physical characteristics and the degree to which the material has dissolved) Materials whose heat of mixing is at or above 100 cal/g and less than 600 cal/g
1 — Does NOT require a W to be displayed in the special hazards	Materials that react vigorously with water, but not violently (criterion most applicable when assigning water reactivity rating to solids because the heat of mixing is determined by physical characteristics and the degree to which the material has dissolved) Materials whose heat of mixing is at or above 30 cal/g and less than 100 cal/g Materials that react with water, producing either heat or gas leading to pressurization or toxic or flammable gas hazards.
0 — Does NOT require a W to be displayed in the special hazards quadrant.	Nonreactive below 30 cal/g

It should be emphasized that the water reactivity rating is not shown in the instability hazard space in the sign, which refers specifically to the intrinsic instability of the material.

Materials that have a rating of 0 or 1 for water reactivity should not be given the W symbol in the special hazards space on the placard.

The special hazard W rating of 3 is the highest rating for water reactivity; there is no special hazard rating of 4 for water reactivity. The purpose of water reactivity is to warn of cases where the use of water (in nonflooding quantities) during emergency response can increase the hazard or change the perceived hazard due to a chemical. Heat of mixing tests between a chemical and water can provide a measure of how vigorous the reaction with water will be in a fire-fighting scenario. The following two scenarios are to be considered: a material that rapidly releases heat on contact with water and a material that rapidly releases heat and gas on contact with water. These guidelines apply only to the first scenario, that is, a chemical that reacts exothermically to release heat on contact with water but does not produce gaseous or low boiling [<100°C (<212°F)] by-products, or azeotropes. The heat of mixing shall be determined using a Two Drop Mixing Calorimeter (Hofelich et al.) or equivalent technique using a 1:1 wt/wt ratio of chemical to water. Alternatively, the heat of mixing data can be found in handbooks or calculated.

F.3 Water Reactivity Hazard Degree 0.

The chemical is essentially nonreactive with water, therefore the W symbol is not used. Using the Two Drop Mixing Calorimeter (Hofelich et al.) or equivalent technique, the heat of reaction is less than 30 calories per gram of total mixture (cal/g), using a 1:1 wt/wt ratio of chemical to water. Gas is not generated, although the evaporation rate of a volatile liquid chemical can be increased during water application. The heat of reaction can also be capable of generating sufficient water vapor pressure to damage some closed containers. An example of a water reactivity rating of 0 is diethanolamine with a -6.5 cal/g Two Drop Mixing Calorimeter Test result, with no gas release.

F.4 Water Reactivity Hazard Degree 1.

The heat of reaction is too small to preclude the use of water during emergency response. Because water is an acceptable agent for dilution of spills and for fire control, chemicals with this rating are not assigned the W symbol. Using the Two Drop Mixing Calorimeter (Hofelich et al.) or equivalent technique, the heat of reaction is greater than or equal to 30 calories per gram of total mixture (cal/g) but less than 100 cal/g, using a 1:1 wt/wt ratio of chemical to water. The heat of reaction might be capable of causing the water to boil at atmospheric pressure.

A chemical that on the basis of heat of reaction results alone would normally be assigned a water reactivity rating of 0 should be increased to a water reactivity rating of 1 if any gas is generated via reaction with water, even if the heat of reaction is below 30 cal/g.

The following are examples of chemicals whose release of gas raise them from a water reactivity rating of 0 to a water reactivity rating of 1.

(1) *50 percent sodium hydroxide.* The exothermic heat of solution measured using the Two Drop Mixing Calorimeter is -35.3 cal/g with no gas release; therefore, a water reactivity rating of 1 is assigned. It should be noted that the heat of solution of a solid material such as sodium hydroxide is not constant but decreases as the solid goes into solution. The first water that is added to sodium hydroxide could in fact boil, even though the Two Drop Calorimeter indicates a heat release of much less than 100 cal/g. Where large quantities of such solids are wetted by small quantities of water, the instability hazard might be better represented by a water reactivity rating of W 2.

(2) *Sodium hydrosulfite.* The exothermic reaction with water releases heat, which can lead to spontaneous combustion of a solid. The rating assigned to this chemical is a water reactivity rating of 1.

(3) *Acetic anhydride.* The exothermic 1:1 molar reaction with water produces 2 moles of acetic acid and no gas release. Because the reactants are not completely miscible at ambient temperature, the reaction tends to be slow unless a solubilizing agent is present. The water reactivity rating assigned to this chemical is 1.

F.5 Water Reactivity Hazard Degree 2.

The reaction with water is rapid and should be used only where it can be applied in flooding quantities (which can be impractical for large piles

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค17 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 17.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

of solids). Using the Two Drop Mixing Calorimeter test, the heat of reaction is greater than or equal to 100 cal/g but less than 600 cal/g using a 1:1 wt/wt ratio of chemical to water. The heat of reaction is likely to boil the water at 1:1 wt/wt ratios and can be sufficient both to boil the water and to vaporize the chemical. Other than carbon dioxide or steam (or other nonhazardous gases), if flammable or toxic gases are generated in hazardous quantities via reaction with water, the water reactivity rating of 1 determined on the basis of heat of reaction would be raised to a water reactivity rating of 2 (~~W~~ 2). The following are examples of chemicals whose release of gas raise them from a water reactivity rating of 1 to a water reactivity rating of 2:

(1) *Calcium carbide.* Although the dry solid does not burn, a nonviolent but vigorous exothermic reaction with water produces calcium hydroxide plus flammable acetylene gas. Trapped pockets of acetylene in a pile of solid can ignite and explode.

(2) *Dichlorosilane.* In contact with water, exothermic hydrolysis is accompanied by evaporation of the volatile liquid phase. Toxic dichlorosilane plus hydrogen chloride gases are released and spontaneous ignition of the dichlorosilane can occur.

(3) *Thionyl chloride.* The heat release using the Two Drop Mixing Calorimeter test is -61.1 cal/g with release of gas.

F.6 Water Reactivity Hazard Degree 3.

Using the Two Drop Mixing Calorimeter test, the heat of reaction is greater than or equal to 600 cal/g. This is often sufficient to cause ignition of flammable components.

The ~~W~~ 3 rating is not increased to a ~~W~~ 4 rating if gas is generated, because "explosive reaction" already implies gas generation. An example of a ~~W~~ 3 rating is triethyl aluminum. The heat release using the Two Drop Mixing Calorimeter test is -1008 cal/g with release of gas.

The Two Drop Mixing Calorimeter test data presented in this annex were published by Hofelich.

Annex G Informational References

G.1 Referenced Publications.

The documents or portions thereof listed in this annex are referenced within the informational sections of this standard and are not part of the requirements of this document unless also listed in Chapter 2 for other reasons.

G.1.1 NFPA Publications. National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471.

NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*, 2003 edition.

NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations*, 2002 edition.

NFPA 430, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers*, 2004 edition.

NFPA 432, *Code for the Storage of Organic Peroxide Formulations*, 2002 edition.

NFPA 654, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*, 2006 edition.

NFPA 664, *Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities*, 2007 edition.

Fire Protection Guide to Hazardous Materials, 13th edition, 2002.

G.1.2 Other Publications.

G.1.2.1 ASTM Publications. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D 56, *Standard Method of Test for Flash Point by the Tag Closed Tester*, 1993.

ASTM D 86, *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure*, 2000.

ASTM D 93, *Test Methods for Flash Point by the Pensky-Martens Closed Tester*, 1994.

ASTM D 235, *Standard Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent)*, 1999.

ASTM D 2879, *Standard Test Method for Vapor Pressure–Temperature Relationship and Initial Decomposition Temperature of Liquids by Isoteniscope*, 1997.

ASTM D 3278, *Flash Point of Liquids by Setaflash Closed Tester*, 1989.

ASTM D 3828, *Standard Test Method for Flash Point by Small Scale Closed Tester*, 1993.

ASTM D 6668, *Standard Test Method for the Discrimination Between Flammability Ratings of F = 0 and F = 1*, 2001.

ASTM E 537, *Standard Test Method for Assessing the Thermal Stability of Chemicals by Methods of Differential Thermal Analysis*, 1986.

ASTM E 698, *Standard Test Method for Arrhenius Kinetic Constants for Thermally Unstable Materials*, 1979.

ASTM E 1226, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts*, 2005.

ASTM E 1515, *Standard Test Method for Minimum Explosive Concentration of Combustible Dusts*, 2000.

ASTM E 1981, *Guide for Assessing the Thermal Stability of Materials by Methods of Accelerating Rate Calorimetry*, 1998.

Test Method E 502, *Standard Test Method for Selection and Use of ASTM Standards for the Determination of Flash Point of Chemicals by Closed Cup Methods*, 1984.

G.1.2.2 UN Publications. United Nations, UN Plaza, New York, NY 10017.

Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, 4th revised edition.

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค18 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 18.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

G.1.2.3 U.S. Government Publications. U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Federal Register, "Notice of Final Rule," Vol. 50, p. 41092 et seq., October 8, 1985.

Federal Register, "Notice of Proposed Rulemaking," Vol. 50, p. 5270 et seq., February 7, 1985.

G.1.2.4 Other Publications.

Bretherick, L., *Handbook of Reactive Chemicals*, 6th edition, Boston: Butterworths, 1999.

Britton, L. G., "Survey of Fire Hazard Classification Systems for Liquids," *Process Safety Progress*, Vol. 18, No. 4, Winter, 1999.

Hanley, B., "A Model for the Calculation and the Verification of Closed Cup Flash Points for Multicomponent Mixtures," *Process Safety Progress*, Summer 1998, pp. 86–97.

Hofelich, T. C., "A Quantitative Approach to Determination of NFPA Reactivity Hazard Rating Parameters," *Process Safety Progress*, Vol. 16, No. 3, p. 121, 1997.

Hofelich, T. C., D. J. Frurip, and J. B. Powers, "The Determination of Compatibility via Thermal Analysis and Mathematical Modeling," *Process Safety Progress*, Vol. 13, No 4. pp. 227–233, 1994.

Laidler, K. L., *Chemical Kinetics*, Chapter 3, New York: McGraw-Hill, 1965.

National Paint & Coatings Association, *Hazardous Materials Identification System Revised, Implementation Manual*, 1981.

Stull, D. R., "Fundamentals of Fire and Explosion," AIChE Monograph Series, No. 10, Vol. 73, 1977.

G.2 Informational References. (Reserved)

G.3 References for Extracts in Informational Sections. (Reserved)

Click here to view and/or print an Adobe® Acrobat® version of the index for this document

Copyright NFPA

ภาพผนวกที่ ค19 มาตรฐาน NFPA 704 Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response page 19.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสิทธิชัย ริยาพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 ธันวาคม 2525
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา เตรียมอุดมศึกษาภาคใต้ (2540)
	วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล (2544)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรความปลอดภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด(มหาชน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์