



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย
สาขา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา
ภาควิชา

เรื่อง การออกแบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงโดยใช้การจำลองด้านพลศาสตร์
อัคคีภัย

Fire Protection Design for High-rise Buildings Using Fire Dynamics Simulator

นามผู้วิจัย นายสุรินทร์ สุจินต์ธรรมสาร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วันัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๒๕ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๙

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสูง โดยใช้การจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย

Fire Protection Design for High-rise Buildings Using Fire Dynamics Simulator

โดย

นายสุรินทร์ สุจินต์ธรรมสาร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

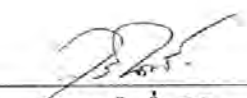
พ.ศ. 2549

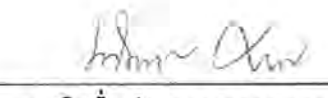
ISBN 974-16-1560-4

สุรินทร์ สุจินต์ธรรมสาร 2549: การออกแบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงโดยใช้
การจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรม
ความปลอดภัย) สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับ
บัณฑิตศึกษา ประชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, Ph.D.
93 หน้า
ISBN 974-16-1560-4

การเกิดอัคคีภัยในอาคารสูงนั้น มักจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็น
จำนวนมาก เนื่องจากพฤติกรรมของไฟและควันจะเคลื่อนที่จากที่ต่ำสู่ที่สูง จึงทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ใน
อาคารชั้นที่สูงกว่าชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ไม่สามารถหนีไฟลงสู่ชั้นล่างได้ วิทยานิพนธ์นี้เป็นการ
ประยุกต์ใช้โปรแกรม Fire Dynamics Simulator ในการวิเคราะห์พฤติกรรม การพัฒนาตัวของไฟ
และการแพร่กระจายตัวของควันไฟ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง และ
ศึกษาการออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย รวมถึงระบบควบคุมควันไฟ

ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่าเมื่อเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง โดยต้นเพลิงมาจากกอง
เอกสารไฟและควันจะพัฒนาตัวอย่างรวดเร็ว โดยเมื่อความร้อนของเพดานจะมีอุณหภูมิ
สูงถึง 620 องศาเซลเซียส และควันจะใช้เวลาประมาณ 3 นาทีก็จะกระจายตัวหนาแน่นเต็มห้อง
อุณหภูมิในแต่ละชั้นความสูงของห้องจะมีค่าต่างกัน โดยที่เวลา 100 วินาที ที่ความสูงจากพื้นห้อง
3.2 , 2.1 และ 1.0 เมตร อุณหภูมิห้องโดยรอบจะมีค่าประมาณ 140 , 77 และ 30 องศาเซลเซียส
ตามลำดับ ในส่วนของการออกแบบจำนวนการติดตั้งอุปกรณ์ตัวจับความร้อน และระบบหัว
กระจายน้ำดับเพลิง จะต้องติดตั้งทั้งหมด 50 และ 64 หัวตามลำดับ จึงจะเหมาะสมกับประเภทของ
พื้นที่และเป็นไปตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2545, 2548) สำหรับการ
ออกแบบระบบควบคุมควันนั้น จะต้องใช้ปริมาณอากาศอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟเท่ากับ 7.74
ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อนำมาจำลองสถานะโดยใช้การสร้างภาพเสมือน พบว่าปริมาณอากาศที่
ใช้สามารถผลักดันไม่ให้ควันเข้าสู่บันไดหนีไฟได้


ลายมือชื่อนิติศ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

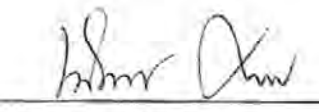
18 / 12.ช./ 42

Surin Sujinthammasarn 2006: Fire Protection Design for High-rise Buildings Using Fire Dynamics Simulator. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Penjit Srinophakun, Ph.D. 93 pages.
ISBN 974-16-1560-4

Fire in high-rise buildings often causes a great deal of life and property loss. Due to the upwards movement of fire and smoke, occupants who live in the floors higher than a fire storey are unable to safe escape to the ground floor. To understand fire phenomena in high-rise buildings, this thesis, with the application of Fire Dynamics Simulation, analyzes the fire growth and smoke transport. After that, the design introduction for fire prevention and suppression system including smoke control methods are proposed.

According to the study, fire and smoke from paper sources will rapidly grow. Within 3 minutes, the ceiling temperature can rise up to 620°C and smoke densely fullfilled the room. Temperature varied with the height. At the time of 100 seconds and the heights of 3.2 , 2.1 and 1.0 meter from the ground floor, temperature approximately are 140, 77 and 30°C respectively. To efficiently prevent and suppress fire, 50 heat detectors and 64 sprinklers should be installed. As for smoke control, air discharge of $7.74\text{ m}^3/\text{s}$ into an exit stairway is needed. Nevertheless, the simulation of air discharge system by Fire Dynamics Simulation indicates that the air discharge system enables to prevent smoke from propagation into the exit stairway.


Student's signature


Thesis Advisor's signature

18 / Apr / 2006

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธงไชย ศรีนพคุณ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต กิตติชัยการ กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และ รองศาสตราจารย์ ประเสริฐ แสงวชิระภิบาล อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ บิдамารดา และญาติพี่น้อง ที่ชักนำให้ทำแต่สิ่งดีงาม

ขอขอบคุณ คุณชนัญญา สุจินต์ธรรมสาร ที่ดูแลและเอาใจใส่ตลอดจนเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่น้องชาววิศวกรรมความปลอดภัย รุ่นที่ 4 ทุกท่าน ที่ทำให้ช่วงชีวิตหนึ่งของข้าพเจ้ามีความหมาย

สุรินทร์ สุจินต์ธรรมสาร
มีนาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(3)
สารบัญภาพ.....	(4)
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ของการวิจัย.....	3
การตรวจเอกสาร.....	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้.....	4
หลักการออกแบบการป้องกันและระงับอัคคีภัย.....	6
ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของไฟในพื้นที่ปิดล้อม.....	12
การถ่ายเทควัน.....	18
มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง.....	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
อุปกรณ์และวิธีการ.....	37
อุปกรณ์.....	37
วิธีการวิจัย.....	37
ข้อกำหนดและข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	38
ผลและวิจารณ์.....	43
ผลจากการศึกษา.....	43
ผลการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริง	
ในการศึกษาการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง.....	44
ผลการศึกษาออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และการใช้โปรแกรม	
พลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการติดตั้งและทำงาน	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้.....	49
ผลการศึกษาออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และการใช้โปรแกรม พลศาสตร์อวกาศสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการติดตั้งและทำงาน ของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	52
ผลการศึกษาการออกแบบระบบอัดอากาศภายในบันไดหนีไฟ และการใช้ โปรแกรมพลศาสตร์สร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการทำงานของระบบ อัดอากาศ.....	59
วิจารณ์ผลการศึกษา.....	66
สรุป.....	72
สรุปผลการวิจัย.....	72
ข้อเสนอแนะ.....	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก ฐานข้อมูลคุณสมบัติและปฏิกิริยาการเผาไหม้ของวัสดุ.....	79
ภาคผนวก ข ฐานข้อมูลคุณสมบัติของหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน.....	16
2 แสดงอุณหภูมิทำงาน ระดับอุณหภูมิ และรหัสสีของหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	29
3 พื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	29
4 ระยะห่างสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	30
5 เวลาการประมวลผลของโปรแกรม FDS กับ CFAST.....	36
6 อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม FDS ชนิดของวัสดุ และสีของวัสดุที่กำหนด.....	40
7 พฤติกรรมการพัฒนาตัวของไฟและควันในเวลาต่างๆ.....	44
8 การทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและหัวกระจายน้ำดับเพลิง.....	57
9 ลำดับผลการทดสอบการติดตั้งระบบอัดอากาศ.....	62

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 องค์ประกอบพื้นฐานในการติดไฟ.....	4
2 องค์ประกอบของการลุกลามของไฟ.....	5
3 แนวคิดของการวางระบบป้องกันอัคคีภัยของ NFPA 550.....	7
4 สถาปัตยกรรม กับการป้องกันอัคคีภัย.....	8
5 ขั้นตอนการเกิดไฟซึ่งจะเป็นตัวกำหนดอุปกรณ์ตรวจจับของไฟ.....	10
6 คว้นที่เกิดจากการพาความร้อนลอยตัวไปสะสมที่เพดาน.....	14
7 การแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟที่ตกกระทบและกระจายออกไป.....	17
8 ความกดดันบนเพดานห้อง อันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ.....	18
9 การถ่ายเทของคว้นในอาคารสูง มีลมจากภายนอก.....	21
10 ห้องดันเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางด้านลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก.....	21
11 แบบจำลองอุโมงค์ลมในอาคาร 5 ชั้น.....	22
12 การเปลี่ยนแปลงของความกดดันภายในอาคาร อัตราส่วนการรั่วไหลสำหรับทิศ ทางลม 0 , 45 และ 90 องศาตามลำดับ.....	23
13 การควบคุมคว้นด้วยการไหลของอากาศเอง.....	24
14 การควบคุมคว้นด้วยระบบความดันอากาศ.....	25
15 ความเร็วของอากาศน้อยเกินไป คว้นจะเคลื่อนที่ย้อนทวนทิศทางการไหลของ อากาศ.....	25
16 การจำลองการระบายคว้นในพื้นที่ส่วนแบ่งแบบโซนโมเดล.....	27
17 การไหลแบบ Jet บนเพดาน.....	28
18 มาตรฐานระยะห่างของการวางอุปกรณ์ตรวจจับของ ว.ศ.ท.....	31
19 การลุกลามไหม้ของไฟที่ชั้นวางสินค้า.....	33
20 พิกัดการคายความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ ความสูงตั้งแต่ 0-25 เมตร.....	34
21 ตำแหน่งการจุด LPG burner เพื่อให้เกิดไฟ.....	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
22 แบบแปลนของอาคารชั้นที่ 2.....	39
23 อาคารชั้น 2 ที่สร้างโดยโปรแกรม FDS.....	40
24 การสร้างและการกำหนดตำแหน่งวัสดุต้นเพลิง.....	41
25 อาคารทั้ง 7 ชั้นที่สร้างจากโปรแกรม FDS.....	42
26 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน.....	49
27 ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจากโปรแกรม FDS.....	50
28 ลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่โปรแกรม FDS สร้าง.....	51
29 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน.....	52
30 ตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ได้จากการคำนวณ.....	54
31 ตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงจากโปรแกรม FDS.....	54
32 การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวแรกเมื่อเวลา 16.7 วินาที.....	55
33 อุณหภูมิบริเวณหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะลดลงเมื่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงาน....	56
34 การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 6 หัว เมื่อเวลา 18.3 , 52.0 , 65.3 , 67.7 และ 68.0 วินาที ตามลำดับ.....	56
35 อุณหภูมิบริเวณเพดาน เมื่อหัวกระจายน้ำทั้ง 6 หัวทำงาน.....	57
36 ตำแหน่งการสร้างช่องอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟ.....	61
37 แถบสีแสดงความเร็วลมที่เข้าสู่ภายในอาคารชั้น 2 และจุดสีแดงภายในช่องบันไดหนีไฟแสดงอนุภาคของอากาศ.....	65
38 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 3.2 เมตรจากพื้นห้อง.....	67
39 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 2.1 เมตรจากพื้นห้องที่เวลา 100 วินาที.....	67
40 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 1.0 เมตรจากพื้นห้องที่เวลา 100 วินาที.....	68
41 เปรียบเทียบการแพร่กระจายตัวของอุณหภูมิในอาคารที่ไม่ติดตั้ง (ก) และติดตั้งระบบกระจายน้ำดับเพลิง (ข) ในช่วงเวลาเดียวกัน.....	69
42 การเคลื่อนที่ของควันจากแหล่งต้นเพลิงจนถึงประตู ที่เวลา 15.7 วินาที (ก) และเวลา 50 วินาที (ข).....	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
43	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของควัน ที่เวลา 120 นาที ของอาคารที่ไม่ติดตั้งระบบอัดอากาศ (ก) และอาคารที่ติดตั้งระบบอัดอากาศ (ข).....
	70

การออกแบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงโดยใช้การจำลองด้านพลศาสตร์ อัคคีภัย

Fire Protection Design for High-rise Buildings Using Fire Dynamics Simulator

คำนำ

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นไปอย่างรวดเร็ว จะเห็นได้จากการก่อสร้างอาคารขนาดต่างๆ เป็นจำนวนมาก แต่พื้นที่ของกรุงเทพมหานครมีจำกัด การสร้างอาคารสูงจึงมีความจำเป็นเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ไม่ได้คำนึงถึงการป้องกันอัคคีภัยที่เพียงพอ เมื่อเกิดอัคคีภัยขึ้นจึงเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างร้ายแรง ตัวอย่างเช่นการเกิดอัคคีภัยของโรงแรมรอยัล จอมเทียน เหตุนี้เองทางหน่วยงานของรัฐจึงได้เริ่มมีการเข้มงวดเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาคารสูงเพิ่มมากขึ้น ได้มีการออกกฎหมายหลายฉบับ เช่น พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ปี 2522 กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 ปี 2535 ว่าด้วยการกำหนด โครงสร้างและอุปกรณ์อื่นเป็นส่วนประกอบของอาคารสูงและอาคารใหญ่พิเศษ และกฎกระทรวงฉบับที่ 39 ปี 2537 ว่าด้วยการกำหนดแบบ วิธีการเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการป้องกันอัคคีภัย ระบบแสงสว่างและการระบายอากาศ เพื่อควบคุมการสร้างอาคารสูงให้มีความปลอดภัยต่อการเกิดอัคคีภัย

ในต่างประเทศนั้นได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเกิดอัคคีภัยเป็นอย่างมาก มีการศึกษาการเคลื่อนที่ของไฟเมื่อเกิดอัคคีภัยในลักษณะต่างๆ โดยใช้หลักการ Computational Fluid Dynamics Model (CFD) มาสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัยในคอมพิวเตอร์ ต่อมาทางสถาบัน National Institute of Standards and Technology (NIST) ได้นำหลักการดังกล่าวมาพัฒนาและเรียกโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นว่า โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) ซึ่งโปรแกรม FDS นี้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่นการศึกษาการพัฒนาตัว การเคลื่อนที่ของไฟและควัน การศึกษาการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบดับเพลิงอัตโนมัติ การศึกษาผลกระทบของอัคคีภัยต่อ โครงสร้างของตัวอาคาร การศึกษาการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีของไฟ เป็นต้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำโปรแกรมการสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator; FDS) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างและศึกษาการเกิดอัคคีภัย การลุกลามของไฟ และการเคลื่อนที่ของควันไฟเมื่อเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง เพื่อสามารถเข้าใจถึงรูปแบบของการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูงได้เสมือนจริงและนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์สำหรับการออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยในอาคารสูงได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์การสร้างภาพจำลองเสมือนจริงโดยใช้โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) ในการศึกษาพฤติกรรมการเกิดไฟ การลุกลาม การเคลื่อนที่ของควันไฟในอาคารสูง
2. เพื่อออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยสำหรับอาคารสูง

ขอบเขตของงานวิจัย

1. การวิเคราะห์ปัญหาการเกิดอัคคีภัยจำกัดที่การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเท่านั้น โดยไม่มีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาผสมผสานกับการสร้างภาพเสมือนของ Fire Dynamics Simulator Version 4.5 ให้เห็นภาพแต่ละมิติของการเคลื่อนที่ของไฟในทุกช่วงเวลาที่กำหนด
3. การจำลองแบบที่ใช้เป็นการจำลองแบบชั้นอาคารสำนักงานของอาคารสูง ซึ่งมีทั้งหมด 7 ชั้น มีความกว้างเท่ากับ 32.4 เมตร ยาว 32.4 เมตร สูง 23 เมตร โดยจะกำหนดให้ชั้น 2 และ 3 มีแปลนการจัดวางอุปกรณ์สำนักงานที่เหมือนกัน ส่วนชั้นอื่นๆ ไม่มีอุปกรณ์สำนักงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

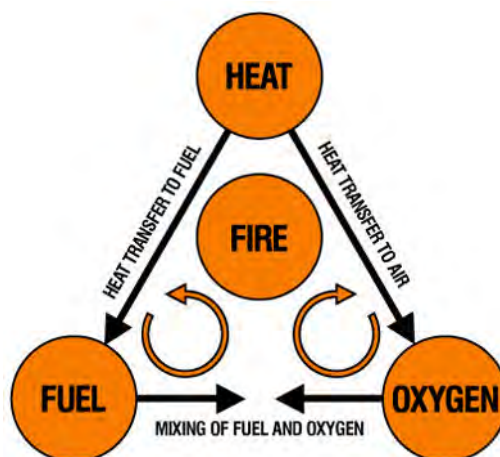
1. สามารถทราบลักษณะและพฤติกรรมการแผ่กระจายของไฟและควันไฟในพื้นที่ปิดล้อมที่เป็นอาคารสูง
2. สามารถเห็นภาพเสมือนจริงในรูปแบบ 3 มิติ ของการเกิดอัคคีภัย การทำงานของระบบป้องกันอัคคีภัยได้
3. สามารถออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบป้องกันควันไฟและสามารถนำข้อมูลจากการออกแบบมาวิเคราะห์โดยใช้การจำลองภาพเสมือนจริง
4. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษา การป้องกันและระงับอัคคีภัยในอาคารสูงได้

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Theory)

เพลิงไหม้ คือ การเผาไหม้หรือการสันดาป เป็นปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดซ์ ซึ่งโดยทั่วไปตัวออกซิไดซ์คือออกซิเจน ทำให้เกิดความร้อนและการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งการเกิดเพลิงไหม้นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน เมื่อใดก็ตามที่มีองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 3 อยู่ร่วมกันก็จะเกิดเพลิงไหม้ขึ้น เราเรียกองค์ประกอบทั้งสามนี้ว่า สามเหลี่ยมการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Triangle) แสดงตามภาพที่ 1

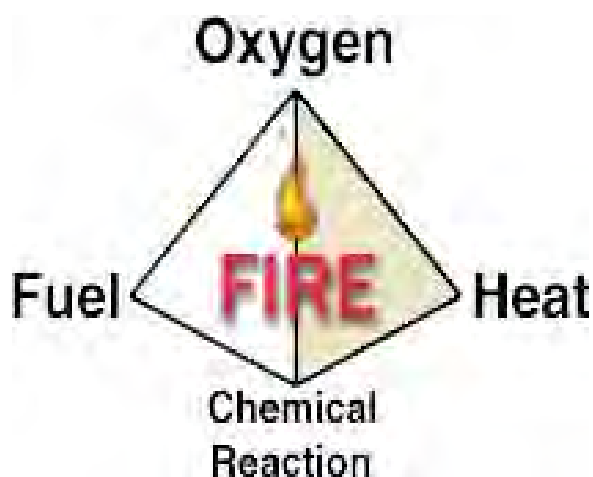


ภาพที่ 1 องค์ประกอบพื้นฐานการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา: Thermex-FR (2005)

เมื่อการเพลิงไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ไฟจะติดและลุกลามต่อไปได้จะต้องมีปัจจัยที่สามเป็นองค์ประกอบในการลุกลาม นั่นคือปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งจะเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องหลังจากการติดไฟ เงื่อนไขสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่คือต้องมีตัวก่อปฏิกิริยาเสมอ ซึ่งตัวก่อปฏิกิริยานี้จะมีความเสถียรต่ำ ตัวก่อปฏิกิริยาลูกโซ่อาจจะเป็นอิเล็กตรอนอิสระของธาตุในปฏิกิริยาหรืออาจเป็นอนุมูลอิสระอื่นๆเช่น CH_3 , C_2H_2 , $\text{OH}^\cdot$ เป็นต้น ในระหว่างที่ปฏิกิริยาลูกโซ่กำลังดำเนินไปอยู่นั้น ถ้าตัวก่อ

ปฏิกิริยาถูกโซ่ถูกดึงออกจากปฏิกิริยาหรือถูกทำให้เสถียรภาพ ปฏิกิริยาจะหยุดลงทันที ไฟก็จะดับลง ซึ่งการคิดไฟอย่างต่อเนื่องจึงต่ออาศัยองค์ประกอบ 4 ประการ คือความร้อน เชื้อเพลิง ออกซิเจน และปฏิกิริยาถูกโซ่ แสดงตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของการลุกลามของไฟ

ที่มา: Associated Fire Protection (2006)

การดับเพลิงเป็นทฤษฎีที่ตรงข้ามกับทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้ นั่นคือ การจำกัดองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งของการเกิดเพลิงไหม้ ออก เพื่อควบคุมปริมาณการเผาไหม้หรือทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้ไฟดับ โดยการจำกัดเชื้อเพลิง การจำกัดออกซิเจน การจำกัดความร้อน การจำกัดปฏิกิริยาถูกโซ่ แต่ในทางปฏิบัติการจำกัดเชื้อเพลิงและออกซิเจนนั้นทำได้ยาก ดังนั้นการจำกัดออกซิเจน การจำกัดความร้อน และการจำกัดปฏิกิริยาถูกโซ่ จึงนิยมนำมาใช้เป็นหลักในการดับเพลิง

การจำกัดออกซิเจนโดยการลดปริมาณออกซิเจนซึ่งมีอยู่ในอากาศอยู่ 21 เปอร์เซ็นต์ ลดลงให้เหลือปริมาณออกซิเจนในอากาศ 15 เปอร์เซ็นต์ ไฟจะดับลง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อกระบวนการเผาไหม้ ในการดับเพลิงจะใช้ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในการจำกัดปริมาณออกซิเจน

การจำกัดความร้อนสามารถทำได้โดยใช้สารที่สามารถดูดความร้อนออกมาจากเพลิงหรือลดปริมาณความร้อนรอบๆบริเวณการเกิดเพลิงไหม้ โดยทั่วไปเราจะใช้น้ำในการลดปริมาณความร้อนในการดับเพลิง

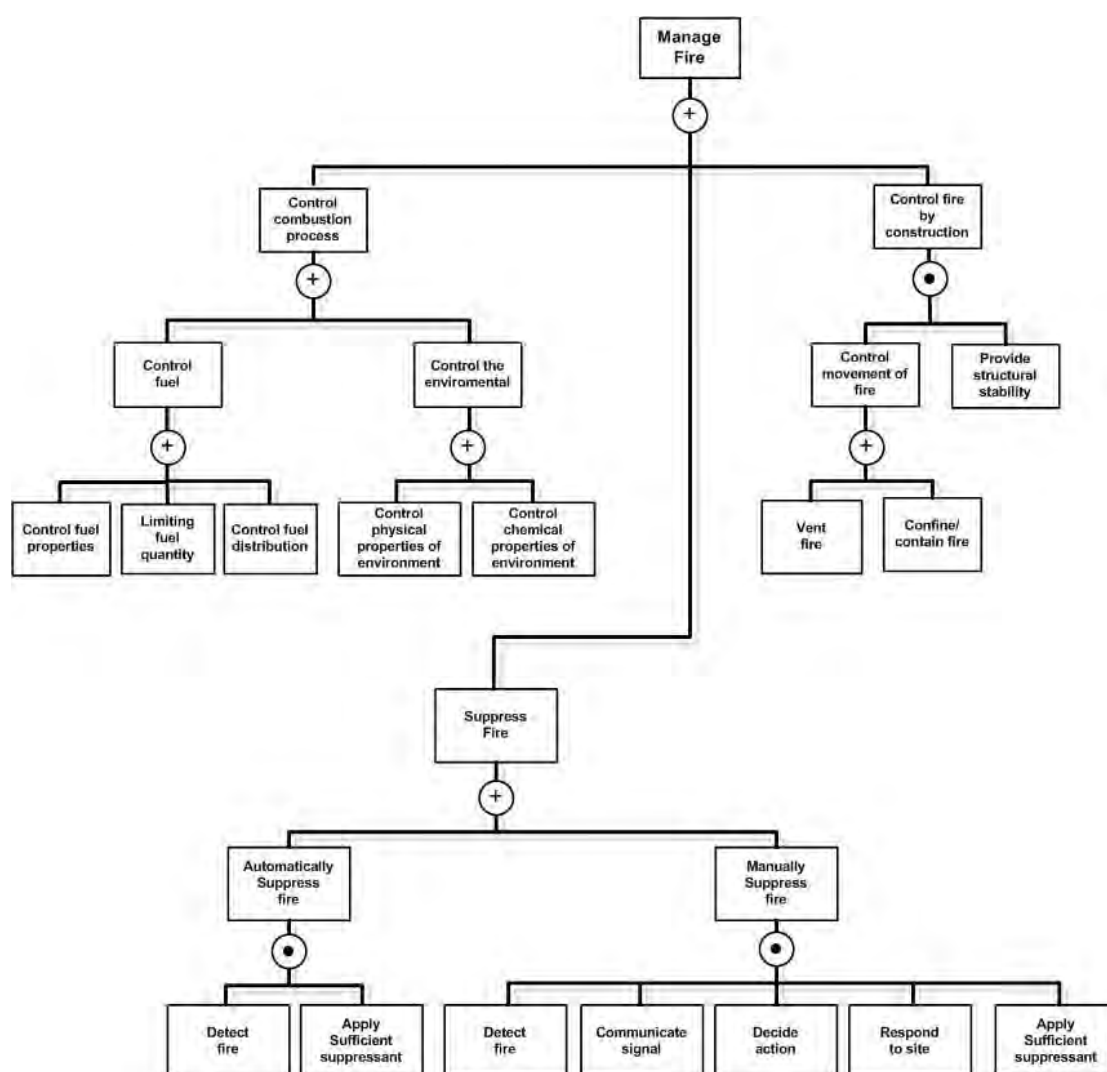
การจำกัดปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยการกำจัดตัวก่อปฏิกิริยา หรือทำให้ตัวก่อปฏิกิริยาเสถียร ซึ่งในการดับเพลิงจะใช้สารจำพวกฮาโลเจนในการดับเพลิง

2. หลักการออกแบบการป้องกันและระงับอัคคีภัย (Design Concept of Fire Prevention)

การป้องกันและระงับอัคคีภัยที่มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการออกแบบป้องกันอัคคีภัยตั้งแต่การวางผังการก่อสร้างอาคารโดยแนวคิดสำหรับการวางระบบป้องกันอัคคีภัยที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันเป็นแนวคิดของ National Fire Protection Association หรือ NFPA โดยแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการกับอัคคีภัย ซึ่งแบ่งการจัดการอัคคีภัยเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การควบคุมกระบวนการเผาไหม้ การระงับเมื่อเกิดอัคคีภัย และการควบคุมไฟโดยการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม ซึ่งในแต่ละส่วนยังมีการจำแนกสิ่งที่จะต้องจัดการควบคุมแตกต่างกันแยกย่อยออกไปคล้ายแผนภูมิต้นไม้ โดยในแต่ละแขนงมีการกำหนดในสิ่งที่ต้องควบคุมหรือจัดการร่วมกันหรือสามารถเลือกควบคุมหรือจัดการอีกสิ่งหนึ่งแทนได้ แสดงตามภาพที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ การจัดการเกี่ยวกับไฟจะต้องทำกิจกรรม 3 ส่วนร่วมกันคือ การควบคุมกระบวนการเผาไหม้ การระงับเมื่อเกิดอัคคีภัย และการควบคุมไฟโดยการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม โดยในส่วนที่ 1 การควบคุมกระบวนการเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่เชื้อเพลิงและควบคุมสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นควบคู่กัน ซึ่งการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ก็จะต้องมีการมีการควบคุมคุณสมบัติของเชื้อเพลิง การควบคุมปริมาณเชื้อเพลิง และการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อเพลิงรวมกันไป โดยในส่วนของการควบคุมสภาพแวดล้อมก็จะต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพร่วมกับทางเคมี

ส่วนที่ 2 การระงับอัคคีภัยจะต้องมีการดำเนินงาน 2 ส่วนร่วมกันคือ การใช้ระบบระงับอัคคีภัยอัตโนมัติซึ่งอาจจะใช้ระบบตรวจจับไฟ หรือใช้อุปกรณ์ระงับอัคคีภัยที่เพียงพอ และการใช้ระบบระงับอัคคีภัยด้วยมือซึ่งอาจจะเลือกระบบการตรวจจับไฟ ระบบสัญญาณเตือนภัย การดำเนินการตามข้อกำหนด การตอบสนองภายในพื้นที่ การใช้อุปกรณ์ระงับอัคคีภัยที่เพียงพอซึ่งเราสามารถเลือกการจัดการในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือหลายรูปแบบพร้อมกันก็ได้

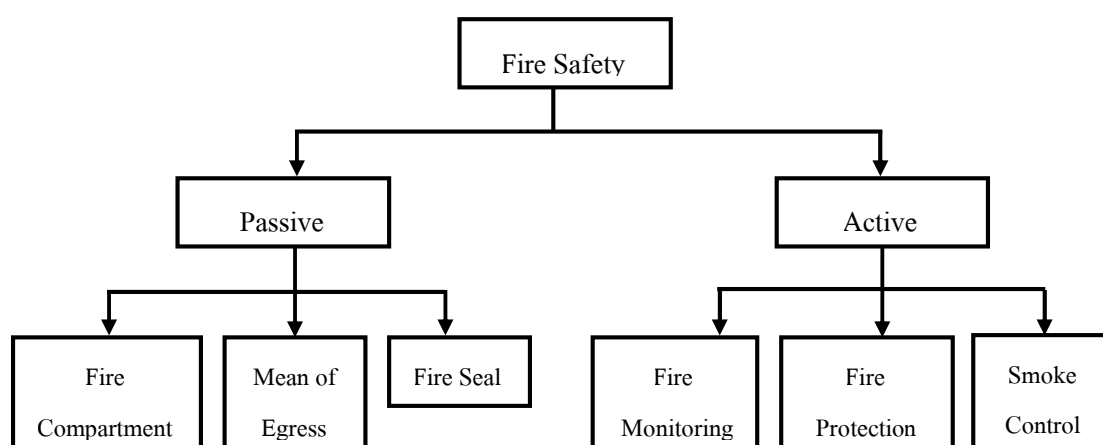
ส่วนที่ 3 การควบคุมไฟโดยการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม โดยสามารถเลือกการดำเนินการควบคุมโดยการจัดให้มีโครงสร้างที่มีเสถียรภาพ เช่นการสร้างกำแพงทนไฟ การใช้วัสดุทนไฟหรือการควบคุมการเคลื่อนที่ของไฟ ซึ่งในกรณีที่เลือกการควบคุมการเคลื่อนที่ของไฟ จะต้องควบคุมทิศทางลมของไฟและควบคุมขอบเขตของไฟให้ได้ด้วย



ภาพที่ 3 แนวคิดของการวางระบบป้องกันอัคคีภัยของ NFPA 550

ที่มา: National Fire Protection Association (2002)

สำหรับในประเทศไทย (2545) มีแนวความคิดในการนำการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมกับการป้องกันอัคคีภัยผนวกไว้ร่วมกัน ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการออกแบบเพื่อการป้องกันอัคคีภัยเชิงรุก (Active) และการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยเชิงรับ (Passive) แสดงตามภาพที่ 4 โดยการออกแบบเพื่อการป้องกันอัคคีภัยเชิงรุกจะประกอบด้วย การแบ่งส่วนพื้นที่อาคารให้เหมาะแก่การใช้งาน การสร้างเส้นทางหนีไฟให้เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน การปิดในส่วนช่องเปิดต่างๆของตัวอาคาร เช่น ช่องลิฟท์ ช่องระบายอากาศต่างเพื่อไม่ให้ไฟลุกลามผ่านไปยังส่วนอื่นของอาคาร ส่วนการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยเชิงรับ ได้แก่การติดตั้งระบบเฝ้าระวังอัคคีภัย เช่น อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไฟชนิดต่างๆตามความเหมาะสม การติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัย เช่น ระบบดับเพลิงแบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟไม่ให้แพร่กระจายไปยังส่วนพื้นที่ปลอดภัย เช่น ระบบอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟ



ภาพที่ 4 สถาปัตยกรรม กับการป้องกันอัคคีภัย
ที่มา: เกชา (2545)

2.1 การป้องกันอัคคีภัยเชิงรับ (Passive Fire Safety) เป็นการเน้นการป้องกันในส่วนของการออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อจำกัดการลุกลามของไฟ

2.1.1 ควบคุมการเกิดควันไฟและการกระจายตัวของควันไฟ เพื่อระบายควันไฟออกนอกบริเวณขณะเกิดเพลิงไหม้อาคาร ลดหรือป้องกันการแพร่กระจายของควัน ด้วยการออกแบบการใช้งาน การติดตั้ง การทดสอบ และซ่อมบำรุงระบบรวมถึงการเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้แกระบบปรับ

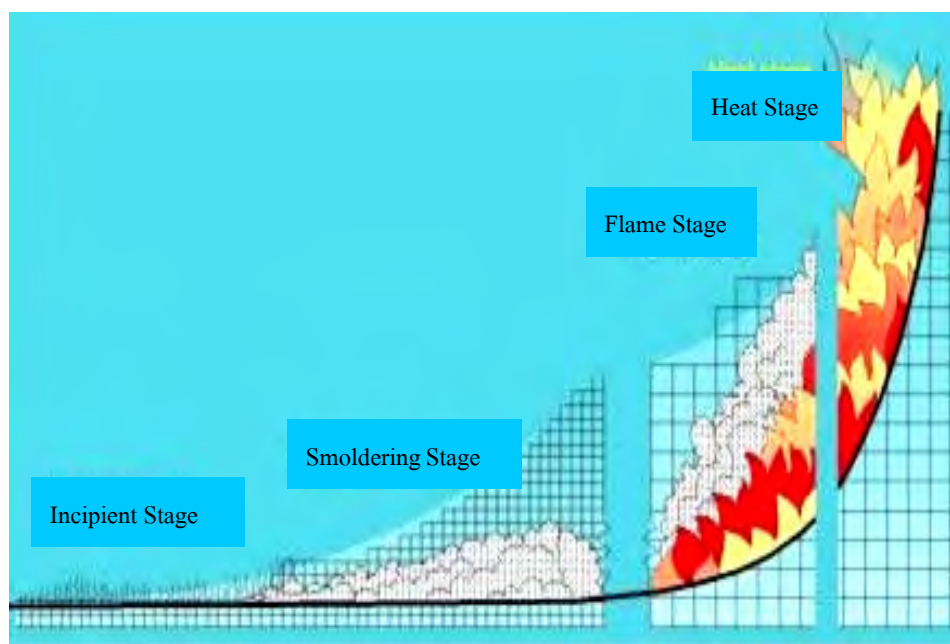
อากาศและระบบหัวกระจายน้ำในระบบดับเพลิงให้ทำงานร่วมกับระบบควบคุมควันไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2 การป้องกันการลามไฟเมื่ออพยพหนีไฟให้เป็นไปได้อย่างปลอดภัย โดยที่ผนังปิดล้อมพื้นที่ต้องมีอัตราทนไฟ 2 ชั่วโมง และมีระบบอัดอากาศเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเข้ามาในพื้นที่ปิดล้อมมีความดันขณะใช้งานไม่น้อยกว่า 38.6 ปาสคาล โดยมีการพิจารณาความเร็วอากาศที่ผ่านประตูหนีไฟเพื่อป้องกันควันย้อนกลับ โดยให้อาคารที่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง มีความเร็วอากาศที่ผ่านประตูต่ำสุดที่ยอมรับได้คือ 0.30 เมตรต่อวินาที และอาคารที่ไม่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง มีความเร็วอากาศที่ผ่านประตูต่ำสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.80 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วของอากาศที่จ่ายออกจากช่องท่ออัดอากาศจะต้องอยู่ในช่วง 2-3 เมตรต่อวินาที วัสดุที่ใช้ในงาน ท่อลมทั้งหมดจะต้องไม่ติดไฟ และวัสดุจะต้องมีค่าอุณหภูมิของการหลอมละลายไม่น้อยกว่า 1,000 องศาเซลเซียส

2.1.3 การใช้วัสดุประเภทไม่ลามไฟหรือสร้างความเสถียรภาพของโครงสร้าง เป็นวัสดุประเภทป้องกัน โครงสร้างของอาคารขณะเกิดเพลิงไหม้ ไม่ให้เกิดการแตกร้าว การทลายตัว เป็นการเลือกวัสดุของสร้างอาคารให้มีโครงสร้างทนไฟตั้งแต่เริ่มการออกแบบ

2.2 การป้องกันอัคคีภัยเชิงรุก (Active Fire Safety) เป็นการป้องกันอัคคีภัยเมื่อไฟได้เกิดขึ้นแล้ว ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์การเฝ้าระวัง อุปกรณ์การป้องกันการลุกลามของไฟ และอุปกรณ์สำหรับการควบคุมควันไฟ

2.2.1 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ นั้น ความสามารถของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้จะจำแนกตามระยะเวลาของการเกิดไฟ เริ่มต้นตั้งแต่การเป็นสถานะของเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง กลายเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสถานะก๊าซ จากนั้นควันไฟจะก่อตัวขึ้น ต่อมาจะเกิดเปลวไฟ และในที่สุดจะเกิดความร้อนจากเปลวไฟแพร่กระจายออกไปดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเกิดไฟซึ่งจะเป็นตัวกำหนดอุปกรณ์ตรวจจับของไฟ

ที่มา: National Fire Protection Association (1999)

จากภาพที่ 5 สามารถแบ่งระยะเวลาการเกิดไฟเป็น 4 ระยะคือ

ระยะที่ 1 ระยะเริ่มต้น (Incipient Stage) ซึ่งระยะนี้เราจะไม่สามารถมองเห็นอนุภาคของควัน ควันไฟ เปลวไฟ และจะไม่มีรู้สึกถึงความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับไอออน และก๊าซจากการเผาไหม้

ระยะที่ 2 ระยะเกิดควัน (Smoldering Stage) ซึ่งระยะนี้เราไม่สามารถมองเห็นเปลว และจะไม่มีรู้สึกถึงความร้อน แต่จะมองเห็นควันไฟ อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ

ระยะที่ 3 ระยะเกิดเปลวไฟ (Flame Stage) ซึ่งระยะนี้เราสามารถมองเห็น เปลวไฟ ควันไฟ และเริ่มรู้สึกถึงความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ

ระยะที่ 4 ระยะเกิดความร้อน (Heat Stage) ซึ่งระยะนี้เราสามารถมองเห็นเปลวไฟ ควันไฟ จะไม่สามารถควบคุมความร้อนได้ อากาศร้อนจะแผ่ขยายตัวออกไป อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

2.2.2 ระบบดับเพลิงอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบที่ใช้ระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น โดยปกติอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบนี้คือหัวกระจายน้ำดับเพลิง

2.2.3 ระบบควบคุมควัน เนื่องจากควันไฟเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้เสียชีวิตขนาดเกิดเพลิงไหม้ จึงต้องมีระบบควบคุมควันไฟ เพื่อระบายควันไฟไปยังพื้นที่ที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต

ความสามารถของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้แต่ละชนิดนั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาการเกิดเพลิงไหม้ เมื่อระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงานจะส่งสัญญาณไปทั่วทั้งอาคารและระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler) จะทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อความร้อนแพร่กระจายจนทำให้อุณหภูมิบริเวณหัวกระจายน้ำดับเพลิงสูงถึงอุณหภูมิทำงานที่ 74 องศาเซลเซียส

การควบคุมควันไฟเป็นสิ่งสำคัญมากในการป้องกันชีวิต เนื่องจากควันเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตมากกว่าความร้อน เพราะควันสามารถแพร่กระจายตัวได้อย่างรวดเร็วและสามารถไหลผ่านช่องเปิดต่างๆได้ รวมทั้งยังลดความสามารถในการมองเห็นจึงทำให้ไม่สามารถหาทางออกจากอาคารเมื่อเกิดอัคคีภัยได้ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของระบบควบคุมควันไฟ คือ ป้องกันไม่ให้ควันไฟเข้าสู่บริเวณบันได โถงลิฟต์ และชะลอการแพร่กระจายของควันไฟ รวมทั้งการระบายควันก๊าซพิษ และความร้อนออกจากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย

ดังที่กล่าวแล้วในขั้นต้นว่าการเสียชีวิตส่วนใหญ่เกิดจากควันไฟ เนื่องจากองค์ประกอบของควันจะมีก๊าซพิษอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ก๊าซแอมโมเนีย และเขม่าและควันไฟ เป็นต้น แต่ก๊าซที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเสียชีวิตของการเกิดอัคคีภัยในอาคารสำนักงานทั่วไปคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเขม่าและควันไฟ

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) เป็นก๊าซพิษที่มีอันตรายอย่างสูงต่อคนและเกิดขึ้นได้มากเสมอในการเผาไหม้ในบริเวณจำกัด ก๊าซนี้มีอันตรายต่อคน คือ ถ้าผสมอยู่ในอากาศคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ถ้ามีอยู่ 0.16 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หมดสติ ใน 2 ชั่วโมง ถ้ามีอยู่ 1.26 เปอร์เซ็นต์ จะหมดสติภายใน 1 ถึง 3 นาที นอกจากความเป็นพิษแล้วก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ยังเป็นก๊าซเชื้อเพลิงอีกด้วย เมื่อมีความเข้มข้นในอากาศปริมาณมาก สามารถลุกไหม้และเกิดการระเบิดได้อีกด้วย

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) เกิดจากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ไม่เป็นเชื้อเพลิง และไม่ก่ออันตรายแก่ร่างกายโดยตรง แต่จะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน ถ้าก๊าซนี้มี ความเข้มข้นในอากาศเกินกว่า 5.0 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร จะมีอันตรายและทำให้ผู้สูดดมหมดสติได้

3. เเขม่าและควันไฟ (Soot and Smoke) เเขม่า คือ ก้อนหรือเศษของวัสดุที่ยังเผาไหม้ไม่หมด จะมีลักษณะเป็นผงหรือละออง ส่วนควันไฟ เป็นสารผสมระหว่างเเขม่า จี๊ไฉ้ และวัสดุต่าง ๆ ที่เกิดมาจากกองเพลิง รวมทั้งพวกก๊าซและไอต่าง ๆ ด้วย ผลของเเขม่าและควันไฟ คือทำให้ผู้ช่วย ตำลักและอาจถูกเผาที่ผิวหนังหรือตามตัว รวมทั้งปิดบังทางออกต่าง ๆ ทำให้หนีออกจากบริเวณ เกิดเพลิงไหม้ไม่ได้

3. ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของไฟในพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure Fire Dynamics)

การเคลื่อนที่ของไฟภายในพื้นที่ปิดล้อมเป็นทฤษฎีที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษาการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคาร โดยการจำลองการเกิดเพลิงไหม้นั้นจะเป็นการศึกษาและคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะต่างๆที่เกิดขึ้นภายในห้องขณะเกิดเพลิงไหม้ พฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและการพัฒนาของเพลิงไหม้ในระยะเวลาต่างๆ รวมทั้งการตอบสนองของอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบป้องกันอัคคีภัยที่ติดตั้งภายในห้องนั้นๆ ในการจำลองพฤติกรรมของเพลิงไหม้ภายในห้องสามารถจำลองได้ 2 แบบคือ

1. การจำลองแบบโซน (Zone Model) เป็นการจำลองแบบแบ่งสถานะของก๊าซภายในห้อง ออกเป็น โซนตามคุณสมบัติทางกายภาพของการเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ช่วงระยะเริ่มต้นของการเกิดเพลิงไหม้ควันร้อนจะลอยตัวอยู่ติดบนเพดาน ในขณะที่อากาศเย็นจะลอยอยู่ด้านล่างบนพื้นห้อง ทำให้สามารถแบ่งห้องออกเป็น 2 โซน คือ โซนด้านบนที่เป็นควันร้อนและโซนด้านล่างที่เป็นอากาศเย็น โดยในการวิเคราะห์สถานะต่างๆในแต่ละโซนของห้องจะใช้สมการการอนุรักษ์ต่างๆ เช่น สมการอนุรักษ์พลังงาน สมการอนุรักษ์มวล เป็นต้น อย่างไรก็ตามการจำลองแบบโซนนี้สามารถใช้ได้ดีกับห้องหรืออาคารที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก

2. แบบจำลองพลศาสตร์การไหล (Computational Fluid Dynamics Model; CFD) เป็นแนวคิดที่สร้างแบบจำลอง โดยการแบ่งห้องหรืออาคารที่เกิดเพลิงไหม้ออกเป็นปริมาตรเล็กๆ (Finite Volume) เป็นจำนวนมากทั่วทั้งห้องหรืออาคาร จากนั้นใช้สมการการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ คำนวณหาสถานะและคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของไฟและควันไฟในปริมาตรเล็กๆเหล่านั้น โดยการแก้สมการจะต้องอาศัยการคำนวณขั้นสูงและต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ ระยะเวลาในการคำนวณอาจนานเป็นนาที ชั่วโมง วันหรือเป็นสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของห้องหรืออาคารเหล่านั้น และจำนวนความละเอียดของปริมาตรเล็กที่แบ่งออกผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองจะคล้ายกับเหตุการณ์จริง แต่ความถูกต้องของการจำลองจะขึ้นอยู่กับความรู้และความเชี่ยวชาญพื้นฐานทางวิศวกรรมของผู้ใช้ ตัวอย่างของ CFD ที่ใช้เพื่อค่าต่างๆที่สนใจแบ่งออกได้อีก 3 แบบ ซึ่งจะอยู่รวมกันหรือแยกกันได้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้นำไปใช้งานประเภท

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โมเดลสำหรับการคำนวณ เพื่อวิเคราะห์การเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้น มีมาตั้งแต่ประมาณปี 1960 จนถึงปัจจุบันนี้ จุดประสงค์หนึ่งของการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนและเป็นเครื่องมือสำคัญในการใช้ประเมินความเสี่ยงอันตรายจากเพลิงไหม้ จึงได้มีการนำโปรแกรมพลศาสตร์การไหลมาช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดไฟและการลามของเพลิงไหม้จนพัฒนาเป็นโปรแกรม Fire Dynamics Simulator และ Smokeview ของสถาบัน National Institute of Standards and Technology เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของไฟด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เทียบเคียงกับการทดลองจริง ผลการศึกษารายละเอียดประกอบของไฟในพื้นที่ปิดล้อม ทำให้ทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้และการพัฒนาของเพลิง การส่งถ่ายพลังงานความร้อนในรูปแบบต่างๆ ตลอดจนการเคลื่อนที่ของควันไฟและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

สำหรับการศึกษาด้านการถ่ายเทความร้อน กลไกการแพร่กระจายหรือการลุกลามของเพลิงไหม้นั้น โปรแกรม Fire Dynamics Simulator จะใช้ทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) คือการถ่ายเทความร้อนเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ โดยกลไกการถ่ายเทความร้อนจะประกอบด้วย

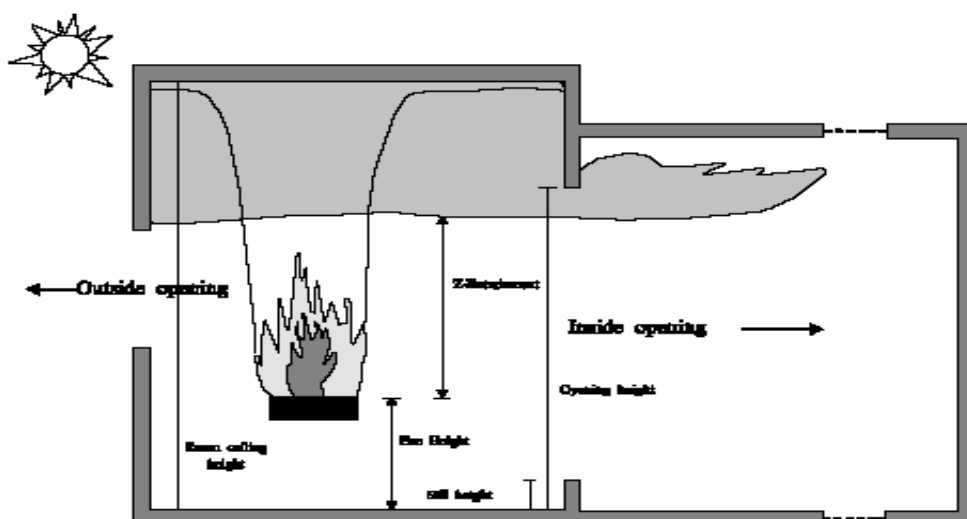
1. การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในวัตถุดังกล่าวจะมีความร้อนถ่ายเทจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำของวัตถุนั้น ค่าการนำความร้อน (Thermal

Conductivity; k) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน ฉะนั้นอัตราการนำความร้อนจึงเป็นตามสมการที่ 1

$$Q_{cond} = \frac{-kA\Delta T}{L} \quad (1)$$

- Q_{cond} = อัตราความร้อนที่ไหลผ่านผนัง หน่วยเป็น วัตต์
 k = ค่าการนำความร้อนของผนัง หน่วยเป็น วัตต์/เมตร.องศาเซลวิน
 A = พื้นที่หน้าตัดของผนังที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล หน่วยเป็น ตารางเมตร
 ΔT = อุณหภูมิผิวที่แตกต่างกัน หน่วยเป็น องศาเซลวิน
 L = ความหนาของผนัง หน่วยเป็น เมตร

2. การพาความร้อน (Convection Heat Transfer) เมื่อความร้อนสัมผัสกับผิววัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับวัตถุ การแลกเปลี่ยนความร้อนนี้เรียกว่าการถ่ายเทความร้อนแบบการพา ในที่นี้ควันที่เกิดจากการเผาไหม้จะลอยตัวขึ้นไปสู่เพดานสูง โดยหลักการพาความร้อนซึ่งถ้ามีอุณหภูมิของควันไฟสูงก็สามารถจะทำให้เกิดการลุกไหม้ของเพลิงไฟได้ แสดงตามภาพที่ 6 ควันที่เกิดจากการพาความร้อนลอยตัวไปสะสมที่เพดาน กระบวนการนี้สามารถจำแนกออกได้ 2 ประเภท



ภาพที่ 6 ควันที่เกิดจากการพาความร้อนลอยตัวไปสะสมที่เพดาน

ที่มา: Walter (2004)

2.1 การพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) เกิดมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิในอากาศ เนื่องมาจากการที่อากาศสัมผัสผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันและทำให้เกิดแรงลอยตัวขึ้น

2.2 การพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) เกิดจากแรงภายนอกมาบังคับให้ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนหรือเย็นกว่า เนื่องจากอากาศจากการพาความร้อนแบบบังคับมีความเร็วที่สูงกว่าแบบอิสระ ดังนั้นความร้อนที่ถ่ายเทได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีขนาดเท่าๆกันกับการพาความร้อนแบบอิสระจึงมีปริมาณความร้อนมากกว่าแต่อย่างไรก็ตามอัตราการถ่ายเทความร้อนเป็นไปตามทฤษฎีกระบวนการของการลุกลามและการเคลื่อนที่ของไฟ (Flammability Theory) ตามสมการที่ 2

$$Q_{conv} = hA(T_2 - T_1) \quad (2)$$

Q_{conv} = อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน หน่วยเป็น วัตต์

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน หน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร.องศาเคลวิน

T_1 = อุณหภูมิเฉลี่ยของเปลวไฟสูงสุด หน่วยเป็น องศาเคลวิน

T_2 = อุณหภูมิเฉลี่ยรอบข้าง หน่วยเป็น องศาเคลวิน

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection Heat Transfer Coefficient) เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากในทางปฏิบัติ ดังนั้นเพื่อความสะดวกจะใช้ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective Coefficient; h)

สภาวะการไหล (Fluid Condition)	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h)
1. การไหลแบบลอยตัวในอากาศ (Buoyant Flow in Air)	5-10
2. เปลวไฟแบบต่อเนื่อง (Laminar Match Flame)	ประมาณ 30
3. ไฟที่ลุกท่วมบนผิวหน้าของของเหลวที่ ไหลวน (Turbulent Liquid Pool Fire Surface)	ประมาณ 20
4. เปลวไฟที่กระทบฝ้า (Fire Plume Impinging on a Ceiling)	5-50
5. ที่ความเร็วลมในอากาศ 2 เมตรต่อวินาที (Wind Speed in Air)	ประมาณ 10
6. ที่ความเร็วลมในอากาศ 35 เมตรต่อวินาที (Wind Speed in Air)	ประมาณ 75

ที่มา: Quintiere (1998)

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer) คือการถ่ายเทความร้อนจากผิวของวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง พลังงานที่ถ่ายเทของการแผ่รังสีจะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือในรูปของโฟตอน อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสี คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$q_{rad} = \varepsilon \sigma T_2^4 \tau F_{1 \rightarrow 4} \quad (3)$$

q_{rad} = พลักซ์ความร้อนของการแผ่รังสี หน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร

ε = ค่าสภาพเปล่งรังสี ของผิววัตถุ มีค่าอยู่ในช่วง 0-1

σ = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann Constant 5.67×10^{-11} กิโลวัตต์/(ตารางเมตร. องศาเคลวิน⁴)

T_2 = อุณหภูมิของเปลวไฟหรือผิวหน้าของวัตถุที่เกิดความร้อน หน่วยเป็น

องศาเคลวิน

$F_{1 \rightarrow 4}$ = ปัจจัยจากรูปร่างภายนอกกระหว่างเปลวไฟและเป้าหมาย ไม่มีหน่วย

τ = ค่าการส่งถ่ายไปยังอากาศโดยรอบที่แผ่ออกผ่านอากาศ ไม่มีหน่วย
โดยที่

$$\tau = 1 - \alpha \quad (4)$$

เมื่อ α = ค่าความดูดกลืนของอากาศ (Atmospheric absorptive)

ในการหาลำดับความร้อนจากการแผ่รังสีประกอบด้วยขั้นตอนที่สนใจว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วจุดกระทบที่ความร้อนจากการแผ่รังสีจะมีผลให้วัสดุใกล้เคียงเกิดการติดไฟหรือผนังจะสามารถทนความร้อนได้เท่าไรเมื่อเกิดการลามไฟขึ้นนั้น สามารถคำนวณอัตราของพลังงานในการแผ่รังสีที่กระจายต่อพื้นผิวของเปลวไฟไปกระทบวัตถุเป้าหมาย แสดงตามภาพที่ 7

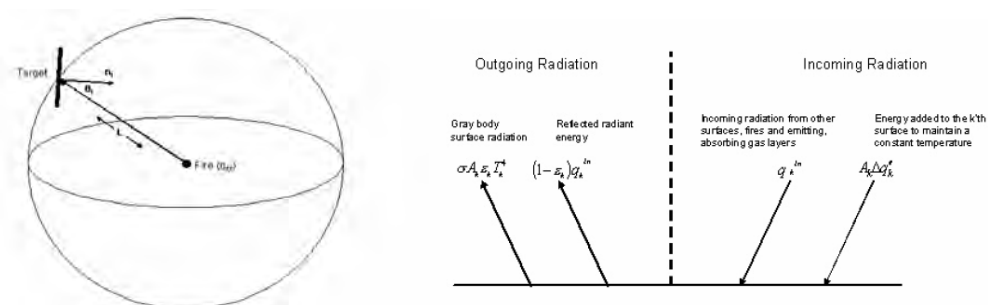
และ

$$\varepsilon = 1 - e^{-kl} \quad (5)$$

เมื่อ

k = สัมประสิทธิ์การกระจายหรือการดูดกลืนของเปลวไฟ (Flame Emission Absorption Coefficient)

l = ขนาดของเปลวไฟที่พุ่งออกมา



ภาพที่ 7 การแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟที่ตกกระทบและกระจายออกไป

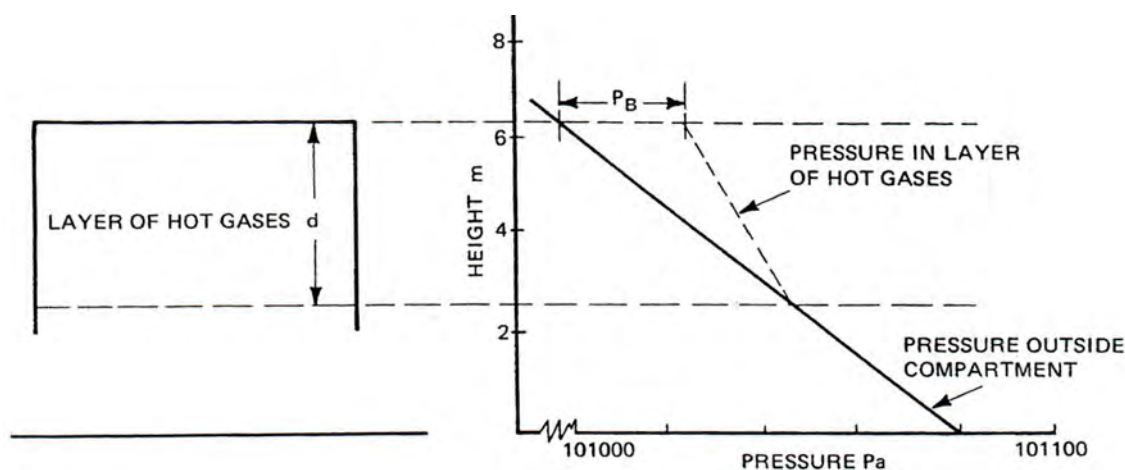
ที่มา: Walter (2004)

4. การถ่ายเทของควัน

ควันคือสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ นอกจากควันจะเป็นพิษแล้วยังทำให้ผู้ติดอยู่ในอาคารขาดออกซิเจน และเป็นตัวปิดทางหนีไฟทำให้ไม่สามารถหนีออกสู่บริเวณที่ปลอดภัยได้ ควันสามารถแพร่กระจายจากจุดที่เกิดเพลิงไหม้ไปตามช่องเปิดต่างๆ การที่ควันสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล จึงอาจทำให้ผู้ที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณไฟไหม้เสียชีวิตได้เช่นกัน สาเหตุหลักที่ทำให้ควันสามารถเคลื่อนที่ได้ เกิดจากแรงลอยตัว ความกดดันของลม และความดันที่เพิ่มสูงขึ้นจากช่องเปิด

4.1 พื้นฐานของการเคลื่อนที่ของควัน (Basic Principles of Smoke Movement)

4.1.1 แรงลอยตัว (Buoyancy) ความกดดันมาตรฐานของบรรยากาศ (Standard Pressure of The Atmosphere) ที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 101300 ปาสคาล และจะลดลงประมาณ 12 ปาสคาล ต่อความสูงหนึ่งเมตร เมื่อชั้นของความร้อนมีความสูงมากขึ้น ความกดดันภายในชั้นของก๊าซร้อนได้เพดานจะลดลงอย่างช้าๆ แสดงตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ความกดดันบนเพดานห้อง อันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ

ที่มา: Hinkley (1995)

ในภาพที่ 8 เมื่อความสูงของชั้นความร้อนมากขึ้น หากมีช่องเปิดสู่อากาศภายนอก อยู่ได้ระดับของชั้นก๊าซร้อน ความกดดันที่ฐานของชั้นความร้อนจะเท่ากับ ความกดดันของบรรยากาศที่ระดับเดียวกัน ดังนั้นความแตกต่างของความกดดันระหว่างภายในและภายนอกที่ระดับเพดาน คือ

$$P_B = g\rho_o\theta d / (T_o + \theta) \quad (6)$$

โดยที่

P_B = ความกดดันเนื่องจากการลอยตัว หน่วยเป็น ปาสคาล

d = ความลึกของ Layer ของ ก๊าซร้อน หน่วยเป็น เมตร

T_o = อุณหภูมิโดยรอบ หน่วยเป็น องศาเซลวิน

θ = อุณหภูมิเหนือสภาพ โดยรอบของชั้นก๊าซร้อน หน่วยเป็น องศาเซลวิน

ρ_o = ความหนาแน่นของสภาพอากาศโดยรอบ หน่วยเป็น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4.1.2 ความกดดันของลม (Wind Pressure) ผลกระทบของลมจะขึ้นอยู่กับรูปทรงและขนาดของอาคารรวมทั้งอาคารที่อยู่โดยรอบ ความกดดันภายนอก (Exterior Pressure) ที่มีต่ออาคารมีความสัมพันธ์กับความเร็วของลม ดังสมการต่อไปนี้

$$\rho_w = C_p \rho_o V_w^2 / 2 \quad (7)$$

โดยที่

ρ_w = ความกดดันที่เพิ่มขึ้น จากลมที่อยู่เหนือสายลมที่เคลื่อนไหวย่างอิสระไม่ถูกรบกวน หน่วยเป็น ปาสคาล

C_p = สัมประสิทธิ์ความกดดัน

V_w = ความเร็วของสายลมที่เคลื่อนไหวย่างอิสระไม่ถูกรบกวน หน่วยเป็น เมตร/วินาที

C_p อาจเป็นแรงดูดอากาศบวก (Positive Suction) หรือลบ (Negative Suction) ขึ้นอยู่กับพื้นผิวของอาคาร ทิศทางของลม ตำแหน่งของอาคาร ตลอดจนลักษณะภูมิประเทศ

โดยปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ความกดดันของลม ที่พัดเป็นแนวตั้งฉากกับด้านหนึ่งของอาคาร โดยลักษณะของอาคารเป็นทรงสี่เหลี่ยม หลังคาแบน ตั้งอยู่โดดเดี่ยว) คือ + 0.7 ด้านเหนือลม , - 0.5 ด้านใต้ลม, - 0.5 ด้านข้างๆ และเฉลี่ยบนหลังคาจะมีค่าประมาณ - 0.8

4.1.3 ความกดดันที่เพิ่มสูงขึ้นจากมีช่องเปิด ในอาคารที่มีช่องเปิดสู่ภายนอก ความกดดันจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิโดยเฉลี่ย ของก๊าซในอาคารสูงขึ้น สำหรับความกดดันที่เพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในส่วนแบ่งพื้นที่ของห้อง และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิคำนวณได้จากสมการ

$$P_E = 180(BhA_C)^2 / [C_d^2 A_L^2 (T_o + \theta)^3] \quad (8)$$

โดยที่

P_E = การเพิ่มสูงขึ้นของความกดดัน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการขยายตัว หน่วยเป็น ปาสคาล

B = อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ หน่วยเป็น ปาสคาล/วินาที

h = ความสูงของส่วนแบ่งกัน หน่วยเป็น เมตร

A_C = พื้นที่ของส่วนแบ่งกัน หน่วยเป็น ตารางเมตร

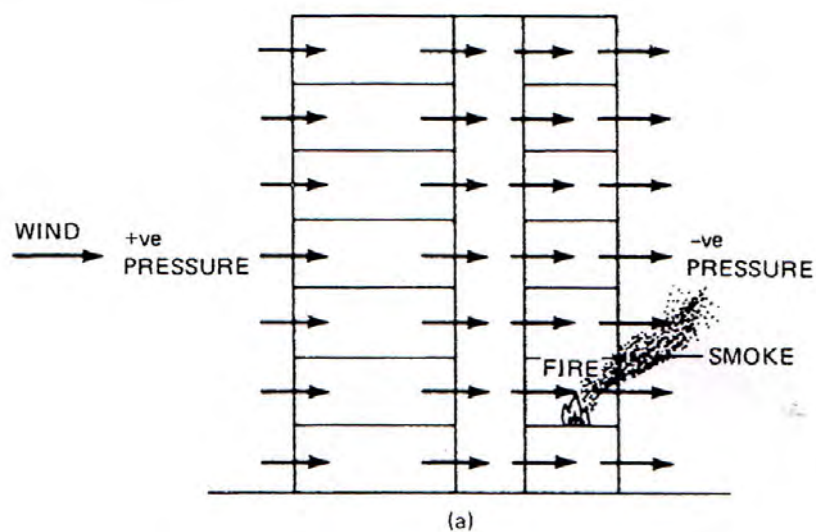
A_L = พื้นที่ทั้งหมดของช่องเปิดภายในส่วนแบ่งกัน หน่วยเป็น ตารางเมตร

C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของกระแสลมที่พัดเท่ากับ 0.6

ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในอัตราคงที่ ความกดดันสูงสุดจะเกิดขึ้น เมื่อก๊าซในส่วนแบ่งกันเย็นลง

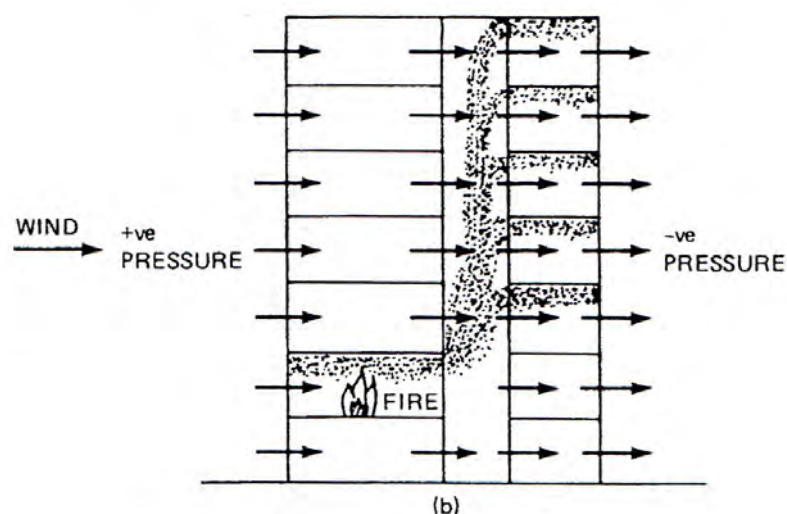
4.2 การถ่ายเทของควันในอาคารสูง Kandola (1978) อธิบายหลักการถ่ายเทของควัน โดยเฉพาะในอาคารสูงว่า เมื่อมีอัคคีภัยเกิดขึ้นในอาคาร การเคลื่อนตัวของควันและก๊าซพิษสู่ส่วนอื่นๆภายในอาคารก็จะเกิดขึ้น จากลมภายนอกพัดพาไป และลักษณะช่องเปิดของอาคารเป็นเงื่อนไขสำคัญของการถ่ายเทดังกล่าว

ถ้าเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในห้องที่มีหน้าต่างบนผนังที่อยู่ทางด้านความกดดันอันเกิดจากลมเป็นลบ ควันส่วนมากจะถ่ายเทออกจากตัวอาคาร แสดงตามภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การถ่ายเทของควันในอาคารสูง จากปัจจัยลมภายนอก
ที่มา: Kandola (1978)

อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ห้องชั้นเพดานเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางเหนือลมแรงผลักดันของลมที่เป็นบวกจะทำให้ควันเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวอาคารและแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นๆ ของอาคาร แสดงตามภาพที่ 10

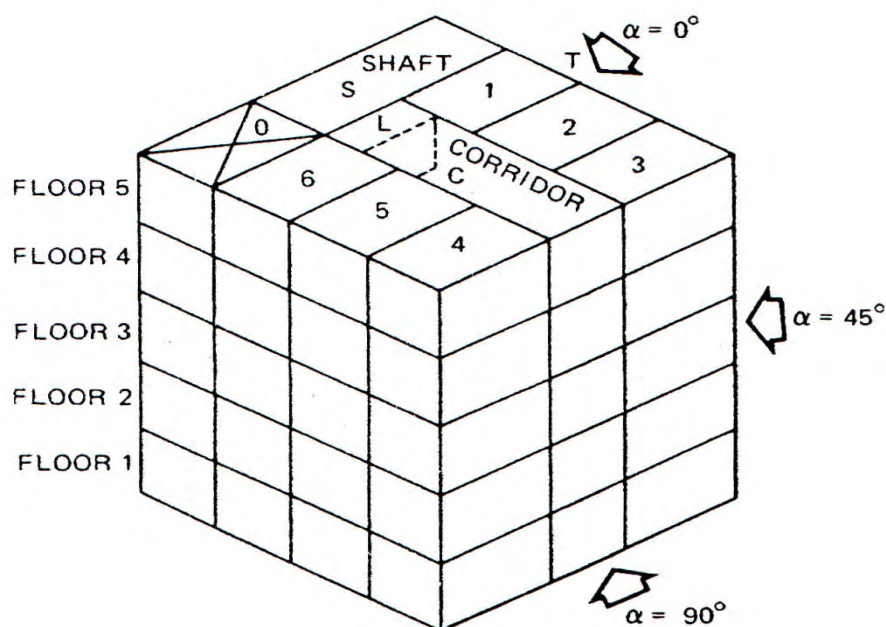


ภาพที่ 10 ห้องชั้นเพดานมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางดันลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก
ที่มา: Kandola (1978)

ในกรณีที่อาคารนั้นมีระบบอัดอากาศ การออกแบบจะต้องคำนึงถึงแรงผลักดันของลมจากภายนอกด้วย มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดแรงดันมากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อการหนีไฟหรืออาจก่อให้เกิดความกดดันที่ต่ำเกินไปภายในอาคาร ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมการถ่ายเทของความีประสิทธิภาพลดลง

4.3 การไหลของมวลอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารที่ปิดกั้นไม่ให้มีช่องเปิดต่างๆ ลมจากภายนอกอาคารจะไม่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของมวลภายในอาคาร ลมที่พัดจากภายนอกอาคารจะมีอิทธิพลต่อรูปแบบการไหลของมวลภายในอาคารที่มีประตูและหน้าต่างเปิดอยู่ภายนอกเท่านั้น ขนาดของการแพร่กระจายความกดดันภายในอาคาร จะสัมพันธ์กับความเร็วของลม ในลักษณะเรขาคณิตของอาคาร และช่องเปิดต่างๆของอาคาร

เพื่อทำการทดลองเกี่ยวกับอุโมงค์ลมภายในอาคาร Kandola ได้จำลอง Wind-Tunnel Model ในอาคารห้าชั้นขึ้นมา แสดงในภาพที่ 11

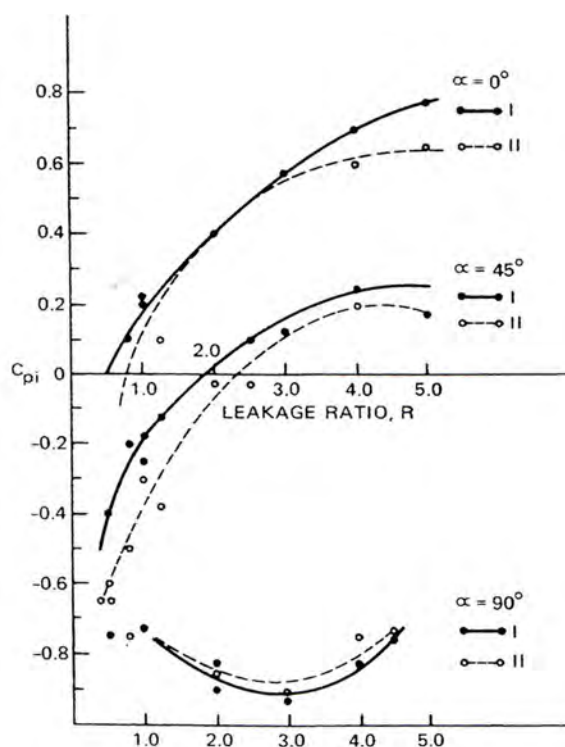


ภาพที่ 11 แบบจำลองอุโมงค์ลมในอาคาร 5 ชั้น

ที่มา: Kandola (1978)

ผลการทดลอง ปรากฏว่าความกดดันภายในอาคารที่เกิดจากลมสัมพันธ์กับความกดดันภายนอกอาคารที่กระทำต่อผนังที่มีช่องเปิดสูงที่สุด

ภาพที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความกดดันภายในอาคารพร้อมทั้งอัตราส่วนการรั่วไหล สำหรับทิศทางลมที่ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของความกดดันภายในอาคาร อัตราส่วนการรั่วไหลสำหรับทิศทางลมที่ 0 , 45 และ 90 องศาตามลำดับ
ที่มา: Kandola (1978)

โดยกำหนดให้อัตราส่วนการรั่วไหล (Leakage Ratio, R) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่รั่วไหลทั้งหมดของผนังด้านที่รับลม กับ พื้นที่รั่วไหลทั้งหมดของผนังด้านหลัง

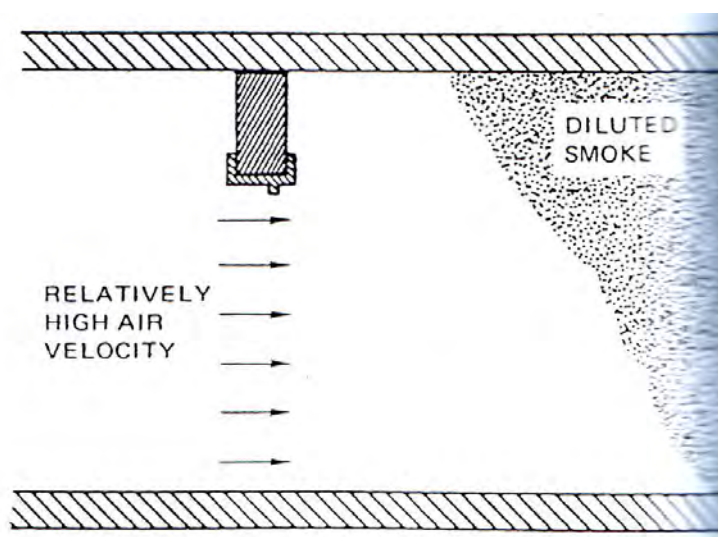
เส้นกราฟสำหรับที่ 0 องศา แสดงว่า เมื่อพื้นที่รั่วไหลของผนังด้านรับลมเพิ่มขึ้น ความกดดันภายในก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

สำหรับกรณี 90 องศาผนังที่มีรอยรั่วทั้งสองด้านจะอยู่ภายใต้ความกดดันภายนอกที่เป็นลบและความกดดันภายในก็จะเป็นลบด้วย

ดังนั้นการที่ความกดดันภายในอาคารมีมาก อันเนื่องมาจากอิทธิพลของลมภายนอก จะส่งผลกระทบต่อระบบควบคุมควัน

4.4 การควบคุมควัน (Smoke Control) มีหลักการพื้นฐาน อยู่สองประการ คือ

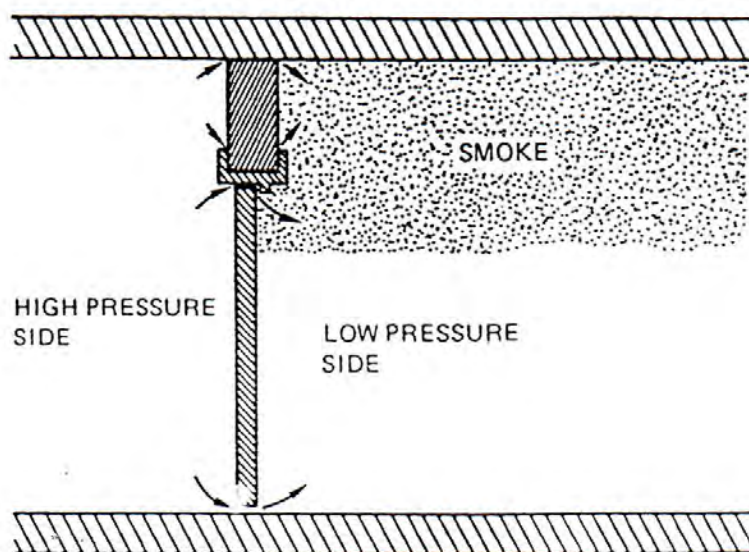
4.4.1 การควบคุมควันด้วยการไหลของอากาศเอง ในกรณีที่ความเร็วของอากาศโดยเฉลี่ยมีขนาดมากเพียงพอ แสดงตามภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การควบคุมควันด้วยการไหลของอากาศเอง

ที่มา: Klote (1995)

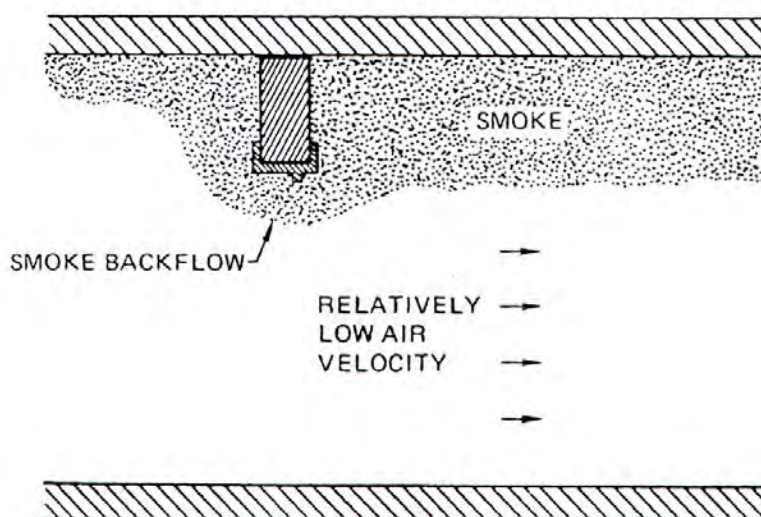
4.4.2 การควบคุมควันด้วยระบบความดันอากาศ คือการสร้างความแตกต่างของความกดดันอากาศตลอดแนวเครื่องปิดกั้น (Across Barriers) ความดันอากาศจะก่อให้เกิด การไหลของอากาศในช่องว่างเล็กๆ ณ บริเวณรอบๆประตูที่ถูกปิด และช่องแคบอันเป็นผลจากการก่อสร้างช่องว่างเล็กๆเหล่านี้จะช่วยป้องกันการไหลย้อนกลับของควัน (Smoke Backflows) ผ่านช่องเหล่านี้ได้ แสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 การควบคุมควันด้วยระบบความดันอากาศ

ที่มา: Klote (1995)

หากเปิดประตูที่เครื่องปิดกั้นออก อากาศก็จะไหลผ่านประตูที่เปิด และถ้าความเร็วของอากาศน้อยเกินไป ควันก็จะเคลื่อนที่ย้อนทวนทิศทางการไหลของอากาศเข้าสู่พื้นที่ปลอดภัยหรือเส้นทางหนีภัยเช่นบันไดหนีไฟได้ แสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ความเร็วของอากาศน้อยเกินไป ควันก็จะเคลื่อนที่ย้อนทวนทิศทางการไหลของอากาศ

ที่มา: Klote (1995)

การไหลย้อนกลับของควันสามารถป้องกันได้ ถ้าความเร็วของลมสูงมากเพียงพอ และขนาดความเร็วของลมที่สามารถป้องกันการไหลย้อนกลับของควันได้ จะขึ้นอยู่กับอัตราการปล่อยพลังงานของการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้น

4.5 การไหลผ่านช่องเปิด (Vent Flows)

เมื่อเพลิงปล่อยความร้อนออกมาก๊าซร้อนจะมีการขยายตัว การขยายตัวของก๊าซร้อนจะผลักดันให้ก๊าซบางส่วนเคลื่อนที่ออกจากห้องได้ ในห้องที่เกิดอัคคีภัยช่องเปิด อาจเป็นประตู หน้าต่าง และ ท่อระบายอากาศที่ช่วยให้ก๊าซร้อนไหลผ่านแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ โดยทั่วไปห้องในอาคารส่วนมากประตูหน้าต่างจะปิดหมด ก๊าซก็จะไหลซึมออกจากช่องว่างแคบๆ รอบประตู หน้าต่างที่ปิด หรือจากช่องโหว่ที่วางท่อและเดินสายไฟภายในอาคารได้ด้วยเช่นกัน

หากห้องถูกปิดกันอย่างสนิทไม่มีช่องเปิดใดๆ การเกิดเพลิงไหม้ขนาดเล็กก็สามารถเพิ่มความกดดันในห้องให้สูงมากขึ้นจนทำให้หน้าต่างประตูและผนังพังได้ การเคลื่อนที่ของก๊าซหรือควันนั้นจะต้องอาศัยปัจจัย 2 อย่างคือ ความกดดันของก๊าซ (Gas Pressure) และแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) แรงโน้มถ่วงของโลกจะผลักดันในแนวตั้ง โดยปกติแล้วจะทำให้ก๊าซไหลผ่านช่องว่างที่พื้นและเพดานเท่านั้น การไหลของก๊าซที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก ทั้งทางตรงและทางอ้อม เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการไหลแบบลอยตัว (Buoyant Flow) ซึ่งการเกิดความกดดันที่แตกต่างกัน ของไหลไม่ว่าจะเป็นของเหลวหรือก๊าซจะถูกผลักดันให้ไหลผ่านช่องเปิด

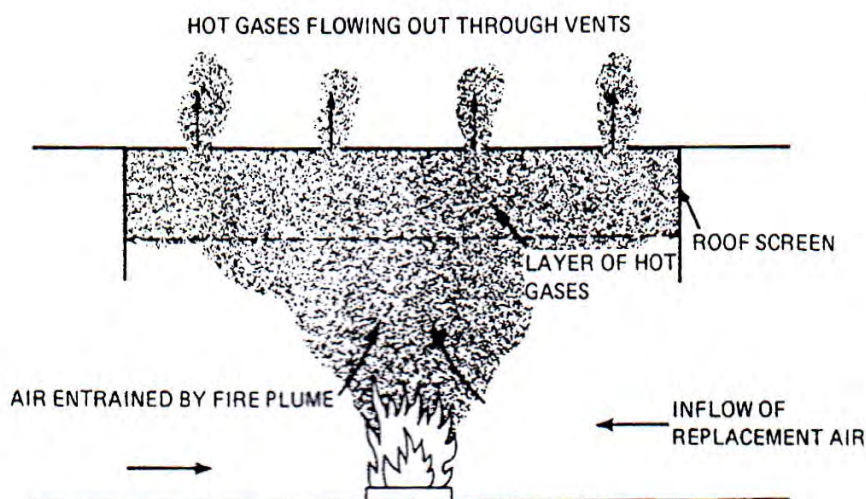
4.6 วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการระบายควันและก๊าซร้อน

4.6.1 เพื่ออำนวยความสะดวกในการหนีภัยของผู้อาศัยในอาคาร โดยการจำกัดการแพร่กระจายของควันและก๊าซร้อน ไม่ให้เข้าสู่เส้นทางหนีภัย

4.6.2 เพื่ออำนวยความสะดวก สำหรับการดับเพลิง โดยช่วยให้พนักงานดับเพลิงเข้าสู่อาคารและสามารถมองเห็นฐานเพลิงได้

4.6.3 เพื่อลดความเสียหายอันเกิดจากควันและก๊าซร้อน

การไหลของควันภายในห้อง ที่เกิดอัคคีภัยเป็นปรากฏการณ์ที่มีซับซ้อนมาก แต่เมื่อจำลองออกเป็นโมเดลแบบโซน ก็สามารถช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ง่ายขึ้น แสดงตามภาพที่ 16

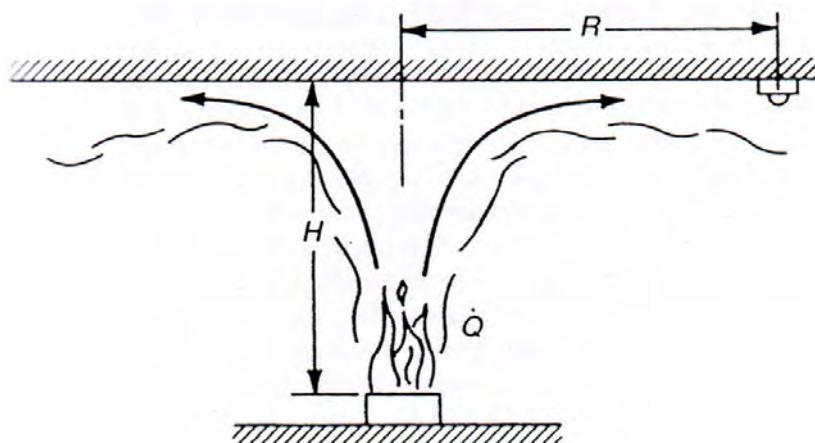


ภาพที่ 16 การจำลองการระบายควันในพื้นที่ส่วนแบ่งแบบ โซนโมเดล

ที่มา: Hinkley (1995)

จากภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่าก๊าซร้อนและเปลวเพลิงลอยขึ้นสู่เพดาน เมื่อถึงเพดาน อัตราการไหลของมวลอากาศที่เข้ามาจะมากกว่าอัตราการไหลของมวลก๊าซ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของวัสดุ

บริเวณเพดานก๊าซร้อนจะไหลออกไปข้างๆ กลายเป็น Ceiling Jet ที่มีความหนา และมีรัศมี โดยปกติประมาณ 1/10 ของ ความสูงของเพดาน แสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 17 การไหลแบบ Jet บนเพดาน

ที่มา: Evans (1995)

จากภาพที่ 17 Ceiling Jet จะนำอากาศตอนล่างเข้ามาและความเร็วจะลดลงในขณะที่มีลมพัดไฟเพิ่มสูงขึ้น ในไม่ช้า Jet ก็จะถึงฝ้าเพดานและก๊าซร้อนจะไหลกลับสู่เพลิง ทำให้เกิดเป็นชั้นความร้อนเหนืออากาศชั้นตอนล่าง

5. มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

5.1 มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) เรื่องระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

5.1.1 การเลือกใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งในระบบท่อเปียกที่ใช้ทั่วไป ให้ใช้ชนิดออริฟิซมาตรฐาน (Standard Orifice) ขนาดไม่น้อยกว่า 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ยกเว้นจะระบุขนาดออริฟิซเป็นอย่างอื่น

5.1.2 หัวกระจายน้ำดับเพลิงจะต้องเลือกอุณหภูมิทำงาน (Temperature Rating) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้งตามที่ระบุในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิทำงาน ระดับอุณหภูมิ และรหัสสีของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

อุณหภูมิสูงสุดที่ ระดับเพดาน (°ซ)	อุณหภูมิทำงาน (°ซ)	ระดับอุณหภูมิ ทำงาน	รหัสสี	
			Fusible Type	Glass Bulb
38	57 ถึง 77	ธรรมดา	ไม่มีสี	ส้มหรือแดง
66	79 ถึง 107	ปานกลาง	สีขาว	เหลืองหรือเขียว
107	121 ถึง 149	สูง	น้ำเงิน	น้ำเงิน
149	163 ถึง 191	สูงมาก	แดง	ม่วง
191	204 ถึง 246	สูงมากพิเศษ	เขียว	ดำ
246	260 ถึง 302	สูงยิ่งยวด	ส้ม	ดำ

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.1.3 การติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะต้องมีการคำนึงถึงชนิดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง พื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง สิ่งกีดขวางทางโครงสร้าง และระยะห่างของการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามที่แสดงในตาราง 3 และ 4

ตารางที่ 3 พื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง

โครงสร้างที่ขีดขวาง	พื้นที่ครอบครอง		
	อันตรายน้อย ตารางเมตร	อันตรายปานกลาง ตารางเมตร	อันตรายมาก ตารางเมตร
ไม่มีสิ่งกีดขวางจาก โครงสร้าง	20.9	12.1	9.3
โครงสร้างที่กีดขวางไม่ติดไฟ	18.6	12.1	9.3
โครงสร้างที่กีดขวางไม่ติดไฟ	15.6	12.1	9.3

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

ตารางที่ 4 ระยะห่างสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

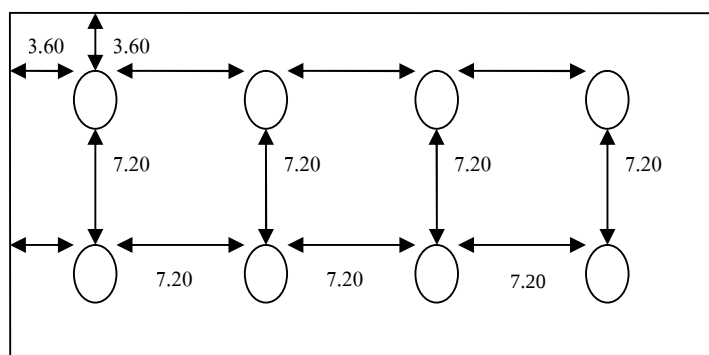
ประเภทของพื้นที่ที่ครอบครอง	ระยะห่างสูงสุดของหัวกระจาย น้ำดับเพลิงบนท่อย่อยเดียวกัน	ระยะห่างสูงสุดของหัวกระจาย น้ำดับเพลิงบนท่อย่อยแต่ละท่อ
	เมตร	เมตร
อันตรายน้อย	4.6	4.6
อันตรายปานกลาง	4.6	4.6
อันตรายมาก	3.7	3.7

หมายเหตุ ระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงจากผนังจะต้องมีระยะห่างครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิงแต่ละหัว และห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

ที่มา: คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย (2545)

5.2 มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เรื่องอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นที่ผิวแนวราบ ที่มีความสูงจากพื้นถึงเพดานไม่เกิน 4 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับบนเพดานให้มีระยะรัศมีจากจุดใดๆ บนเพดานถึงอุปกรณ์ตรวจจับตัวใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 5.10 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 7.20 เมตร ระยะห่างจากผนังกำแพงไม่เกิน 3.60 เมตร แต่ต้องไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 มาตรฐานระยะห่างของการ วางอุปกรณ์ตรวจจับ

ที่มา: คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (2548)

5.3 มาตรฐานการควบคุมควันไฟของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เรื่องระบบควบคุม ควันไฟ

การคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = ac + bN \quad (9)$$

Q = ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

a = อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอกต่อหนึ่งประตู 7.08 หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

c = จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก

b = อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วซึมบริเวณผนังและประตูของบันไดหนีไฟ 0.0944 หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

N = จำนวนชั้นของอาคาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

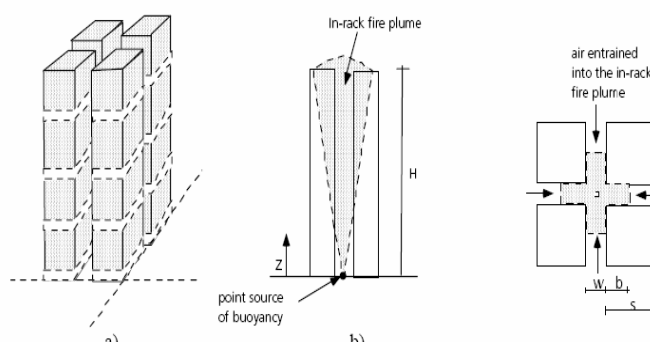
นิวัฒน์ (2542) ศึกษาเวลาที่ใช้ในการหนีไฟในอาคาร เพื่อนำไปสร้างเวลาของการเคลื่อน การอพยพคนจากอาคารเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ ก่อนที่จะมีควันไฟจะเข้ามาในพื้นที่หนีไฟเช่นบันได หนีไฟ ให้มีการกำหนดเวลาการอพยพอย่างเหมาะสมกับประเทศไทย การวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง โดยใช้นักศึกษา จำนวน 102 คน ทดลอง 20 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 20 วัน พบว่า ความเร็วเฉลี่ยในการ เคลื่อนที่บนทางราบลงบันไดมีค่า 54.12 และ 8.87 เมตรต่อนาที อัตราอพยพบนทางราผ่านประตู และลงบันไดมีค่า 81.98 , 55.01 และ 54.68 คนต่อนาทีต่อความกว้างหนึ่งเมตรตามลำดับ ผลการ ทดลองนี้สามารถสร้างเป็นสูตรคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความหนาแน่น ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (r^2) สูงเกิน 0.9 ในหลายกรณี

สุทัศน์ (2546) การอพยพคนลงจากอาคารสูง โดยพิจารณาความสามารถของพฤติกรรม มนุษย์แต่ละคนเป็นบรรทัดฐานเพื่อทำการวิจัยถึงทางหนีไฟ การปิดล้อมพื้นที่ด้วยวัสดุทนไฟและ ไม่ติดไฟ ตลอดจนลูกขึ้นบันไดว่ามีผลกระทบต่อการหนีไฟเพียงใด ในแนวคิดการออกแบบเพื่อ ป้องกันอัคคีภัย สถาปนิกต้องให้ความสำคัญในการออกแบบเพื่อการป้องกันอัคคีภัยเป็น 2 เท่า ดังนั้น ในการออกแบบสิ่งสำคัญที่สถาปนิกผู้ออกแบบควรรู้คือ

1. การป้องกันชีวิตต่ออัคคีภัยนั้น สามารถป้องกันได้โดยการหลบหนีจากควัน เพราะควัน เป็นผู้ที่ทำให้คนเสียชีวิตได้มากกว่าความร้อนของไฟ
2. การออกแบบโครงสร้าง ต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุทนไฟและไม่ติดไฟมาใช้ อีกทั้ง การออกแบบการจำกัดวงพื้นที่ของการแพร่กระจายความร้อน”

เกชา (2545) จากการศึกษาวิศวกรรมงานระบบป้องกันอัคคีภัย ได้ทำการวิเคราะห์ว่า ปัญหาในการจัดระบบการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารสาธารณะ ต้องเริ่มจากส่วนที่เรียกว่า มาตรการเชิงรับ (Passive Fire Prevention) ประกอบด้วย การแบ่งพื้นที่ป้องกัน การจัดทำทางหนีไฟ และบันไดหนีไฟ การปิดล้อมช่องแนวตั้งและช่องทางที่ไฟจะสามารถลุกลามได้ หลังจากนั้นต้อง เสริมด้วยส่วนที่เรียกว่ามาตรการเชิงรุก (Active Fire Prevention) ประกอบด้วยระบบเตือนภัย และ ระบบดับเพลิง

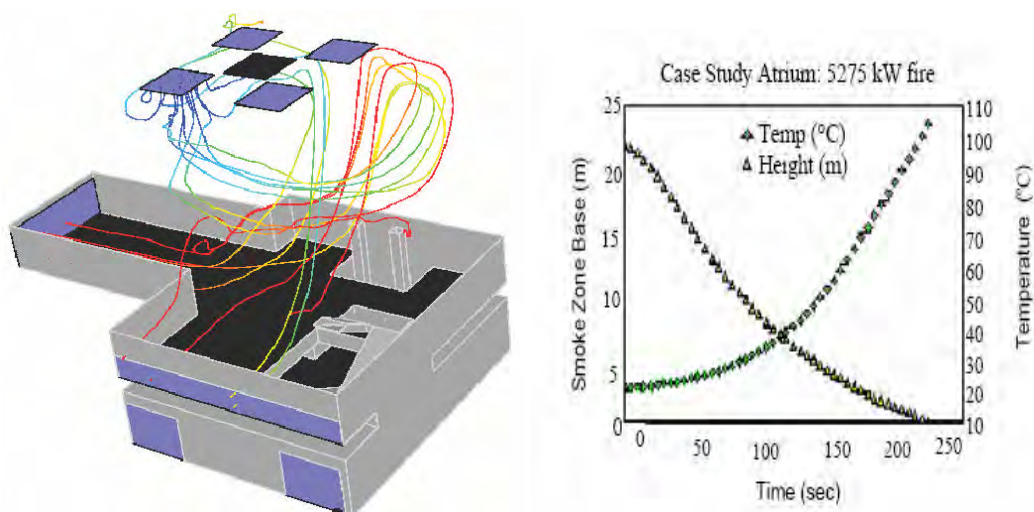
Ingason (1996) มหาวิทยาลัย Lund ประเทศสวีเดนทำการศึกษาปรับปรุงห้องแสดงสินค้าหรือชั้นวางที่ของขนาดใหญ่ที่เกิดไฟไหม้ด้วยการใช้โปรแกรม Computation Fluid Dynamics (CFD) ชื่อ JASMINE จากห้องวิจัย Fire Research Station (FRS) โดยนำเสนอแนวทางการจัดเก็บสินค้าให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน เพื่อลดปัญหาการลุกลามของเพลิงและติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในการจำกัดการเคลื่อนที่ของไฟให้อยู่ในพื้นที่เดียวกันด้วยการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน NFPA 13 และใช้ค่าในการคำนวณออกแบบระบบป้องกันและระดับอัคคีภัยให้เหมาะสมกับสินค้าภายในห้องนั้น มิให้เกิดการแพร่ขยายหรือลุกลามต่อไป ดังภาพที่ 19 พร้อมกันนี้ได้นำมามาตรฐาน NFPA 72E มาใช้ในการออกแบบเพื่อกำหนดที่ใช้ในโปรแกรมให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่วางไว้เพื่อหาเวลาที่ไฟจะพัฒนาไปถึงจุดตรวจจับได้ (Response Time Index; RTI)



ภาพที่ 19 การลุกลามไหม้ของไฟที่ชั้นวางสินค้า

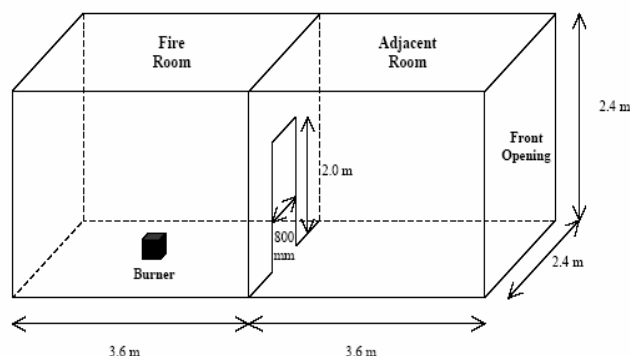
ที่มา: Ingason (1996)

Banks and Chang (2003) การใช้ Computational Fluid Dynamics Simulation (CFD) มาช่วยในการศึกษาการแพร่กระจายของควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้และการลามไฟในพื้นที่เปิดขนาดใหญ่ ตลอดจนอุณหภูมิและอัตราการคายความร้อน ณ พิกัดที่สนใจด้วย โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) ที่ได้จากการ Download จาก National Institute of Standards and Technology มาประยุกต์ใช้ในการเขียน Room fire ตามภาพที่ 20 เพื่อกำหนดระบบควบคุมควันไฟ โดยนำค่าที่ได้จากการทดสอบ โปรแกรมมาวาดกราฟเพื่อดูค่าอัตราการคายความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ ความสูงต่างๆตั้งแต่ 0-25 เมตร



ภาพที่ 20 พิกัดการคายความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ ความสูงต่างๆตั้งแต่ 0-25 เมตร
ที่มา: Banks and Chang (2003)

Nielsen (2000) ศึกษาการคาดคะเนจุดเริ่มต้นของการเกิดไฟไหม้ลูกท่วม (Pre-Flashover) ด้วยการทดลองสร้างห้อง Fire Room ขึ้นมา 2 ห้องติดต่อกันตามภาพที่ 21 ตำแหน่งการจุด LPG Burner เพื่อให้เกิดติดไฟ เพื่อดูการเคลื่อนที่ของไฟผ่านช่องประตูที่เปิดโล่ง โดยติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล Type K (Thermocouple) วัดอุณหภูมิในจุดต่างๆ และทำการจุด LPG burner เพื่อให้เกิดไฟจำนวน 1 ตำแหน่งที่บริเวณกลางห้องในสุดด้วยการให้พิกัดความร้อนที่ 55, 110, 160 กิโลวัตต์ตามลำดับ และใช้โปรแกรม SMARTFIRE มาช่วยในการหาพิกัดการค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ความร้อนที่ลอยขึ้นไปในระดับต่างๆกับ อุณหภูมิระดับบน และความเร็วของการคายไอหรือการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์กลุ่มก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้และการเผาไหม้ของมวลสารที่ส่งผลให้เกิด การรวมตัวของออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 21 ตำแหน่งการจุด LPG burner เพื่อให้เกิดไฟ

ที่มา: Nielsen (2000)

Petterson (2002) ศึกษาในเรื่องของ Assessing the Feasibility of Reducing the Grid Resolution in FDS Field Modeling ซึ่งเป็นการพัฒนาที่จะแยกเส้นแสดงขอบเขต (Grid line) ของโปรแกรมสร้างภาพเสมือนให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นและสามารถไปใช้กับโปรแกรม Zone Modeling ที่ให้ความสนใจในเรื่องของการเกิด Flashover ที่ตำแหน่ง Lower และ Upper Layer ภายในห้องด้วยการจำลองวางตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิ้ล ณ ตำแหน่งจุดใดๆของ Grid line เพื่อให้สามารถคาดคะเนอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงความเป็นจริง รวมถึงการพิจารณาถึงขนาดของ RAM เครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้งานเป็นการเปรียบเทียบตารางแสดงเวลาระหว่างโปรแกรม FDS กับ CFAST ตามตารางที่ 5

เวลาที่ใช้ทดลองประมวลผลของหน่วยความจำที่ใช้ของโปรแกรม FDS กับ CFAST โดยตัวอย่างตามตารางที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบงานวิจัยที่ทดสอบเวลาที่หน่วยความจำขนาด 511, 256, 130 เมกะไบต์ ใช้ในการประมวลผลการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ทั้งหมดและการเผาไหม้เฉพาะที่วัสดุ โดยมีขนาดของ Grid ตามตารางที่ 5 พบว่า CFAST ใช้เวลาประมวลผลทั้งสองแบบได้อย่างรวดเร็วในเวลาที่ 10 วินาที ที่หน่วยความจำ 130 เมกะไบต์

ตารางที่ 5 เวลาการประมวลผลของโปรแกรม FDS กับ CFAST

Grid Size	Entire Hanger		Draft Curtain Only	
	Run Time	RAM	Run Time	RAM
300 mm (H/48)	-	-	98.8 hrs	256 Mb
450 mm (H/32)	-	-	16.5hrs	256 Mb
600 mm (H/25)	123.2 hrs	511 Mb	5.7 hrs	130 Mb
900 mm (H/17)	13.6 hrs	256 Mb	51.6 mins	130 Mb
1800 mm (H/8)	50 mins	130 Mb	3.5 mins	130 Mb
3600 mm (H/4)	4.5 mins	130 Mb	-	-
CFAST	10 secs	130 Mb	10 secs	130 Mb

ที่มา: Petterson (2002)

Ryder et al (2004) นำคอมพิวเตอร์มาออกแบบการเคลื่อนที่ของของไหลจากโปรแกรม CFD และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Eddy ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมาสร้างแบบจำลองการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งพบว่าแบบจำลองดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้คาดการณ์ผลที่เกิดจากอัคคีภัย ซึ่งประกอบด้วยลักษณะ Plume การกระจายของเพลิง และอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อวัสดุใกล้เคียง วารสารนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของการจำลองการเคลื่อนที่ของเพลิงที่ได้รับการพัฒนาจาก NIST ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านความปลอดภัยได้จริง งานวิจัยนี้เสนอการทดลองเกี่ยวกับเพลิงไหม้ 2 แบบ คือ การเกิดเพลิงไหม้ในห้องขนาดเล็กที่เชื้อเพลิงถูกจำกัดในวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เมตร รูปแบบจำลองที่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองจริง และแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างรูปแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้รับจริง จากนั้นจะแสดงความสามารถที่นำไปประยุกต์ใช้กับความปลอดภัยในกระบวนการ โดยสร้างแบบจำลองคลังน้ำมัน และแบบจำลองของเชื้อเพลิงชนิดก๊าซติดไฟที่เก็บไว้ในห้องว่าง ซึ่งภายในห้องนี้จะเต็มไปด้วยก๊าซ โพรเพนและให้เวลาในการกระจายตัวของก๊าซและทำให้ติดไฟ ผลจากแบบจำลองให้ผลของการกระจายตัวของก๊าซได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้กำหนดความสามารถในการติดไฟและข้อจำกัดของการระเบิด ผลที่เกิดขึ้นจากการกระจายของก๊าซจากแบบจำลองถูกเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เสริมประกอบ

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล CPU 1.6 GHz Hard Disk ขนาด 60 GB

หน่วยความจำ RAM ขนาด 1 GB

1.2 เครื่องพิมพ์เอกสาร

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือน Fire Dynamics Simulator (FDS) version 4.5 และ Smokeview version 4

2.2 โปรแกรม DOS

2.3 โปรแกรม Microsoft Window XP Professional

2.4 โปรแกรม Microsoft Office 2003

2.5 โปรแกรม Acrobat Reader version 7

วิธีการวิจัย

1. กำหนดปัญหา ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อมของห้องภายในอาคารที่ใช้ ให้สอดคล้องกับปัญหา
3. ศึกษาการใช้งาน โปรแกรม FDS และ โปรแกรม Smokeview
4. ศึกษาลักษณะของวัสดุตามฐานข้อมูลที่ สถาบัน NIST (National Institute of Standards and Technology) ได้กำหนดเอาไว้
5. กำหนดขนาดของห้องต้นแบบและวัสดุที่จะใช้เขียนคำสั่งข้อมูล (Input File)
6. ศึกษามาตรฐานและออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย
7. ออกแบบสร้างอาคารจากปัญหาที่กำหนด และกำหนดพื้นที่ที่มีปัจจัยเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้จากโปรแกรม FDS

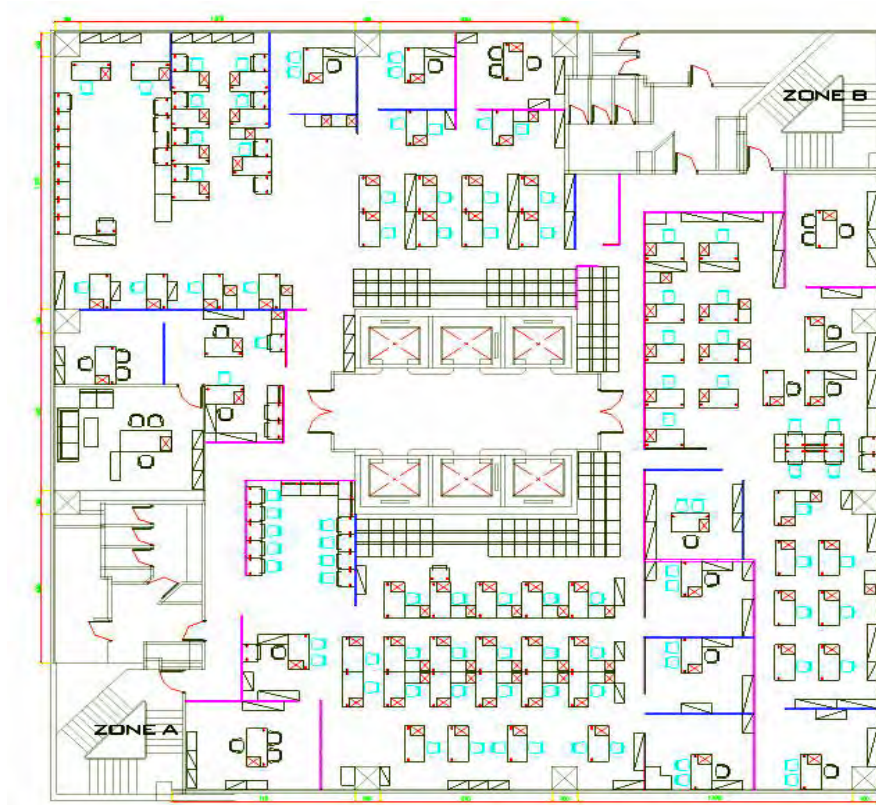
8. วิเคราะห์ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหา
9. สรุปผล วิเคราะห์ผล ข้อเสนอแนะและจัดทำวิทยานิพนธ์

ข้อกำหนดและข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

อาคารสูงตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หมายถึงอาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือใช้สอยได้ที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตร ขึ้นไป โดยอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้เป็นอาคารมีความสูงทั้งหมด 7 ชั้น ความกว้างของอาคารประมาณ 32.40 เมตร ความยาวของอาคารประมาณ 32.40 เมตร ความสูงต่อชั้นประมาณ 3.20 เมตร ลักษณะการใช้งานของอาคารจัดอยู่ในประเภทสำนักงาน โดยชั้นที่ทำการศึกษาก่อเกิดเพลิงไหม้คือชั้น 2 มีลักษณะการใช้งานเป็นสำนักงานทั่วไป มีพนักงานในชั้นนี้ประมาณ 70 คน อาคารนี้มีการสร้างโดยใช้ผนังทั้ง 4 ด้านของอาคารเป็นกระจก ไม่มีหน้าต่าง จึงมีลักษณะของอาคารเป็นพื้นที่ปิดล้อม ภายในอาคารจะมีลิฟท์อยู่กลางพื้นที่อาคารทั้งหมด 6 ตัว มีบันไดหนีไฟอยู่ทั้ง 2 ด้านของอาคาร ห่างกันประมาณ 46 เมตร บันไดหนีไฟของแต่ละชั้นจะเชื่อมต่อกันทุกชั้น

ลักษณะภายในของอาคารชั้น 2 จะมีการจัดตั้งอุปกรณ์สำนักงานต่างๆเป็นจำนวนมาก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ตู้เก็บเอกสารต่างๆ และมีการจัดแบ่งพื้นที่ให้เป็นสัดส่วนโดยใช้ฉากกั้น มีการจัดเก็บเอกสารโดยใช้ตู้เอกสารจัดตั้งอยู่บริเวณผนังคอนกรีตด้านหลังและด้านข้างของ โถงลิฟท์ แสดงตามภาพที่ 22

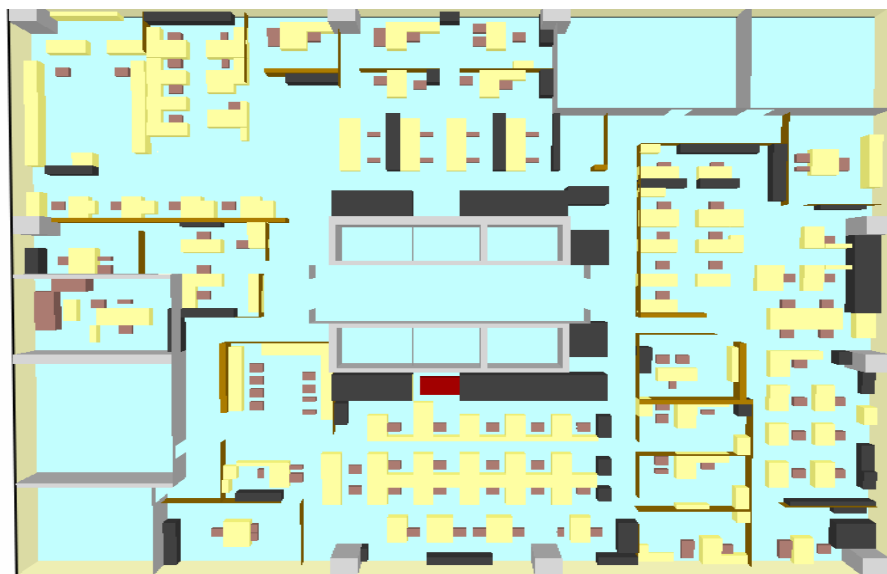
ภาพที่ 22 เป็นแปลนของอาคารชั้น 2 ซึ่งสร้างจากโปรแกรม Autocad จึงสามารถวิเคราะห์จริงของการวางตำแหน่งวัสดุต่างๆภายในอาคารได้ โดยจะนำข้อมูลตำแหน่งของวัสดุไปกำหนดตำแหน่งวัสดุของอาคารชั้น 2 ใน โปรแกรมสร้างภาพจำลองเสมือนจริง



ภาพที่ 22 แบบแปลนของอาคารชั้นที่ 2

จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยที่อาจเกิดเพลิงไหม้รุนแรง คือบริเวณพื้นที่ช่องว่างระหว่างตู้เก็บเอกสาร ซึ่งบริเวณนี้จะมีการกองสุมของเอกสารที่ไม่ได้ใช้งานเป็นจำนวนมากจึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงอย่างดี และบริเวณใต้พรมในบริเวณดังกล่าวจะมีสายไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานมานานเดินผ่านจึงมีโอกาสเกิดไฟฟ้าลัดวงจรเป็นเหตุให้เกิดแหล่งความร้อน เมื่อมีปัจจัยซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการติดไฟทั้ง 3 องค์ประกอบครบถ้วน จึงเป็นบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ได้มาก

โดยข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมา เราจะนำมาเป็นข้อมูลในการเขียน Input File ลงใน โปรแกรม Notepad เพื่อนำไปประมวลผลโดยใช้โปรแกรม FDS สำหรับการสร้างอาคารในชั้นที่ 2 ตามมาตรฐานและตำแหน่งของวัสดุจริงจากแปลน แสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 อาคารชั้น 2 ที่สร้างโดยโปรแกรม FDS

สำหรับการกำหนดวัสดุของโครงสร้างอาคารและวัสดุต้นเพลิงนั้น ใช้ข้อมูลจาก Database File ภายในโปรแกรม FDS โดยฐานข้อมูลดังกล่าวจะกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญต่างๆ ของตัววัสดุ นั้นไว้ ซึ่งวัสดุที่เลือกใช้ได้แก่ คอนกรีต ยิปซัม กระฉก แผ่นโลหะ พรม วัสดุบุเฟอร์นิเจอร์ ส่วน วัสดุที่เป็นไม้ นั้นจะกำหนดขึ้นเองโดยอ้างอิงจากตำราเอกสารต่างประเทศ (Quintiere, 1998) แสดง ตามตารางที่ 6 โดยคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดจะแสดงในภาคผนวกที่ 1

ตารางที่ 6 อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม FDS ชนิดของวัสดุ และสีของวัสดุที่กำหนด

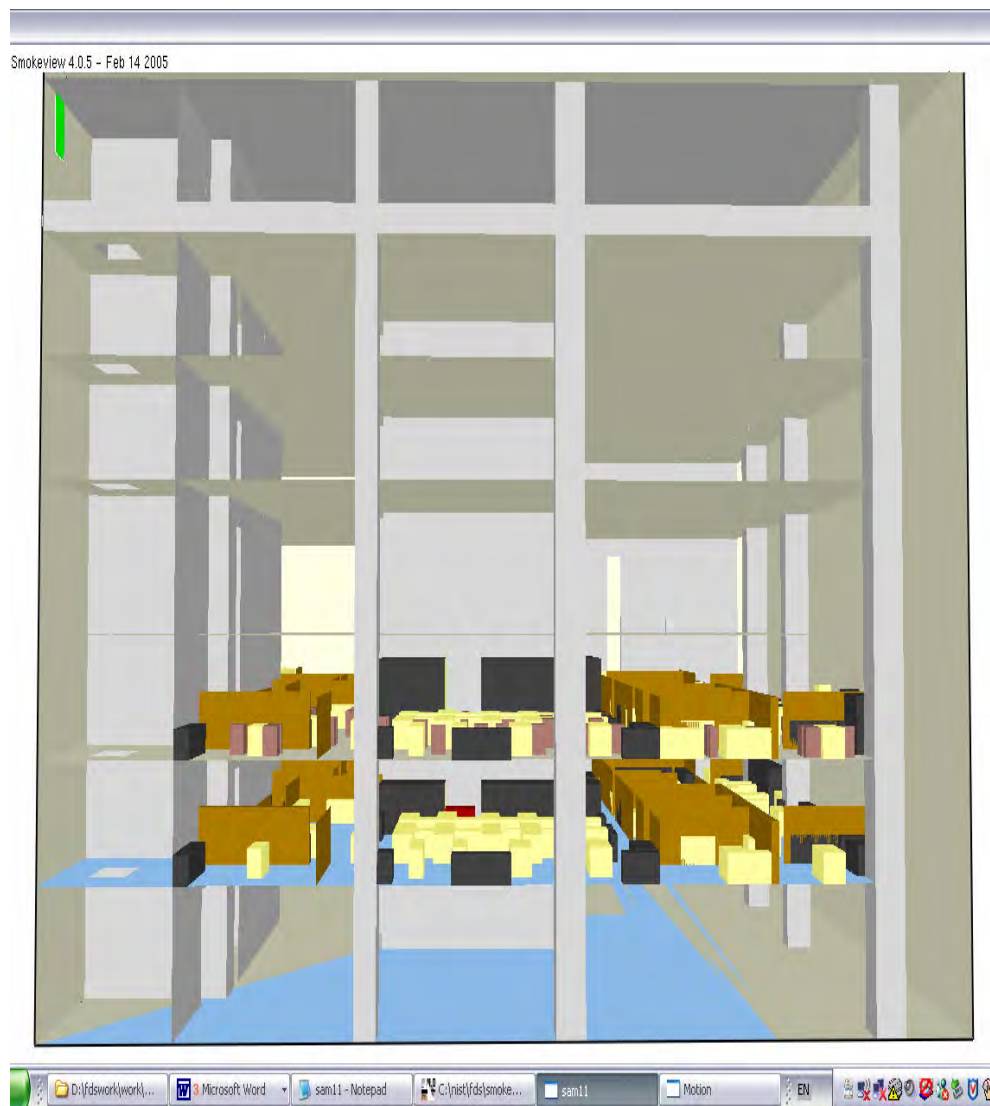
อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจาก โปรแกรม FDS	ชนิดของวัสดุ	สีของตัววัสดุที่กำหนด
กำแพงและเสาในตัวอาคาร	คอนกรีต	สีเทา
ฝ้าเพดาน	ยิปซัม	กำหนดให้มองไม่เห็น
เก้าอี้ ฉากกั้นห้อง	ผ้าบุเฟอร์นิเจอร์	สีน้ำตาล
พรม	ผ้าพรม	สีฟ้า
ตู้เก็บเอกสารเหล็ก	แผ่นเหล็ก	สีดำ
กำแพงรอบอาคาร	กระฉก	สีเหลืองอ่อน
โต๊ะและตู้ไม้	ไม้	สีเหลืองเข้ม

ในส่วนของวัสดุต้นเพลิงเราจะสร้างวัสดุที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสีแดง วางอยู่ระหว่างตู้เก็บเอกสารด้านหลังกำแพงลิฟท์ กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร สูง 98 เซนติเมตร แสดงในภาพที่ 24 และกำหนดอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนเป็น 1700 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนของเพลิงไหม้เชื้อเพลิงประเภทกระดาษ (โกวิทย์, 2548)



ภาพที่ 24 การสร้างและการกำหนดตำแหน่งวัสดุต้นเพลิง

ส่วนของอาคารชั้น 3 กำหนดให้มีแปลนเหมือนกับอาคารชั้น 2 และทำการสร้างอาคารชั้น 1 ชั้น 4 ชั้น 5 ชั้น 6 และชั้น 7 ตามลำดับ โดยกำหนดให้เป็นพื้นที่เปล่าซึ่งไม่มีอุปกรณ์สำนักงาน แสดงในภาพที่ 25 และกำหนดให้ชั้น 7 เป็นพื้นที่ปิด ไม่มีผู้ใช้งาน ชั้น 2-6 เป็นพื้นที่ใช้งานของสำนักงาน และชั้นที่ 1 เป็นพื้นที่ว่างซึ่งเป็นทางออกจากรันไดหนีไฟสู่พื้นที่ปลอดภัย



ภาพที่ 25 อาคารทั้ง 7 ชั้นที่สร้างจากโปรแกรม FDS

ผลและวิจารณ์

ผลจากการศึกษา

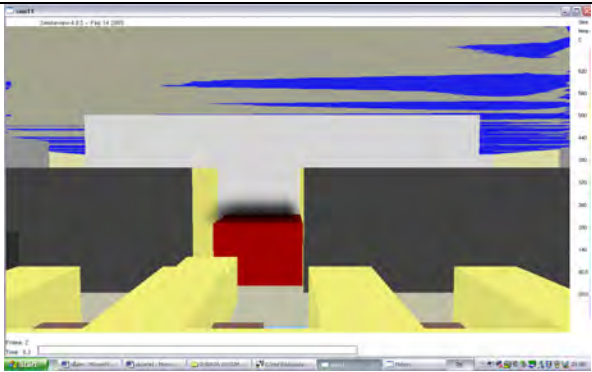
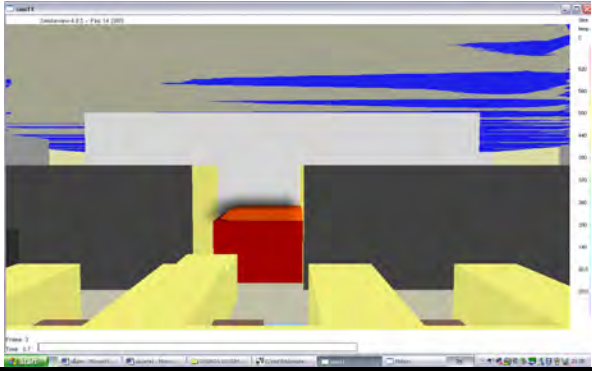
การศึกษาการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูงโดยการสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของอาคารสูง 7 ชั้น จากโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย (FDS) กำหนดให้การเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ชั้น 2 ของอาคาร จากบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงภายในห้อง จนไฟลุกลามขยายวงกว้าง คว้นไฟแพร่กระจายตัวไปรอบทิศทาง จนเกิดเป็นอัคคีภัยที่รุนแรงและยากแก่การควบคุม เพื่อศึกษาพฤติกรรมการณ์เคลื่อนที่ การแพร่กระจายของไฟและคว้น รวมถึงการกระจายตัวของความร้อนภายในอาคาร และทำการศึกษาออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย คิดตั้งและทดสอบระบบที่ออกแบบ โดยทำการสร้างภาพเสมือน ซึ่งการออกแบบจะอ้างอิงจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง การศึกษานี้สามารถลำดับผลจากการศึกษาได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง
2. ผลการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการคิดตั้งและทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
3. ผลการออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการคิดตั้งและทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
4. ผลการออกแบบระบบอัดอากาศภายในบันไดหนีไฟ และการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงการทำงานระบบอัดอากาศ

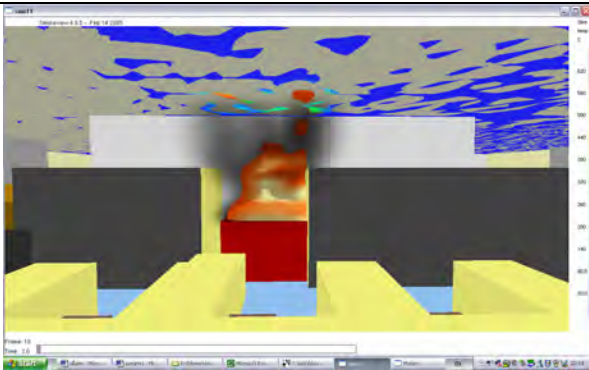
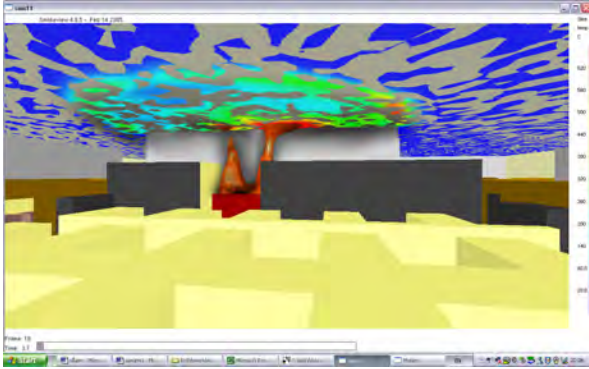
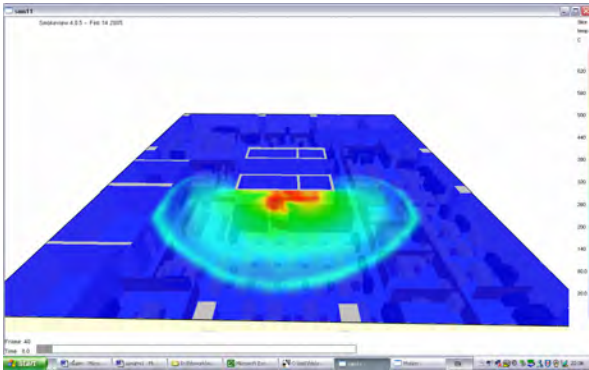
1. ผลการศึกษาโปรแกรมพลศาสตร์อวกาศสร้างภาพจำลองเสมือนจริงเพื่อศึกษาการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง

การสร้างอาคารสูง 7 ชั้น โดยในการศึกษากำหนดให้เกิดอัคคีภัยขึ้นในชั้น 2 ของอาคาร ซึ่งต้นเพลิงของการเกิดไฟเกิดจากกองเอกสารที่วางอยู่ระหว่างพื้นที่ว่างของตู้เก็บเอกสาร 2 ตู้ พฤติกรรมในการพัฒนาตัวของไฟและควันในกรณีที่เปิดประตูบันไดหนีไฟค้างไว้ สามารถเรียงลำดับตามเวลาได้ดังตาราง 7

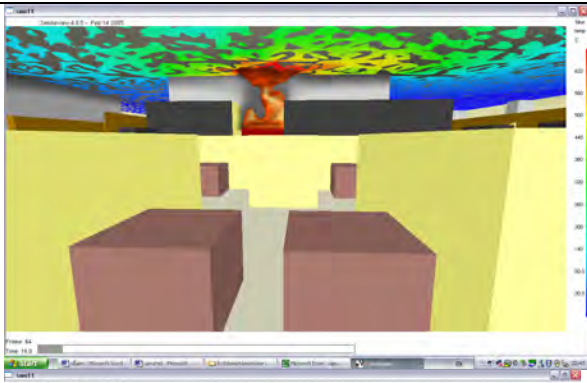
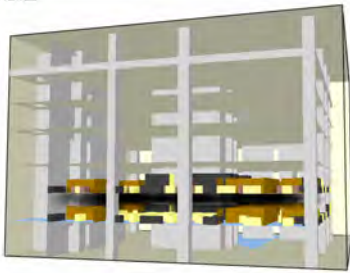
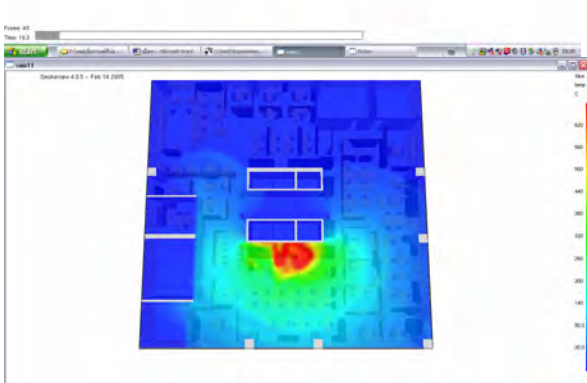
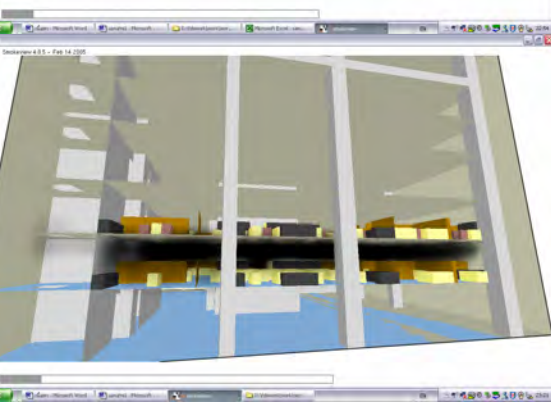
ตารางที่ 7 พฤติกรรมการพัฒนาตัวของไฟและควันในเวลาต่างๆ

ภาพแสดงการพัฒนาตัวของไฟและควัน	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	0.3	- เริ่มแรกของการเกิดอัคคีภัย ความร้อนที่วัสดุได้รับทำให้ผิวหน้าของวัสดุร้อนจนอนุภาพบริเวณผิวหน้าระเหยกลายเป็นกลุ่มควันไฟ - อุณหภูมิห้องโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 20 °ซ
	0.7	- เปลวไฟลุกติดอย่างรวดเร็ว เต็มพื้นที่ผิวของวัสดุ - อุณหภูมิห้องโดยทั่วไปยังอยู่ที่ประมาณ 20 °ซ

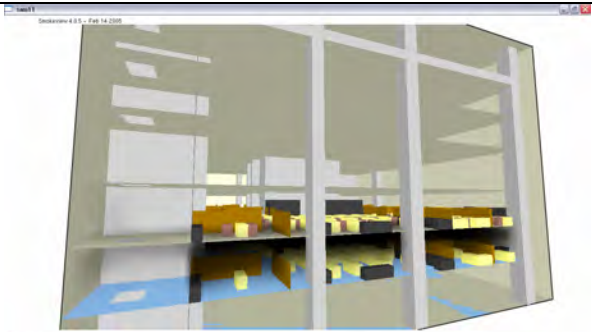
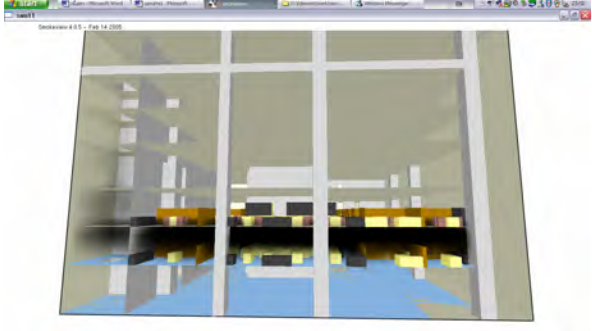
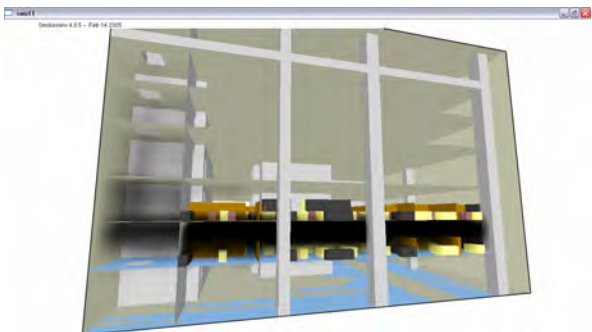
ตารางที่ 7 (ต่อ)

ภาพแสดงการพัฒนาตัวของไฟและควัน	เวลา	คำอธิบาย
(วินาที)		
	2.7	- ขนาดของเปลวไฟมีขนาดใหญ่ลุกลามขึ้นไปด้านบน กลุ่มควันลอยขึ้นสูงเริ่มกระจายตัวออกด้านข้าง - อุณหภูมิของเพดานเริ่มสูงขึ้น โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ประมาณ 140°C
	3.7	- เปลวไฟลามสูงถึงระดับเพดานมีการกระจายตัวของความร้อนไปพร้อมกับควันไฟซึ่งคลื่นความร้อนที่เคลื่อนตัวรอบนอกจะมีอุณหภูมิประมาณ 380°C ความร้อนรอบกลางจะมีอุณหภูมิประมาณ 140°C ส่วนอุณหภูมิบริเวณเพดานกลางเปลวไฟจะมีอุณหภูมิประมาณ 560°C
	8.0	- ความร้อนกระจายไปถึงกำแพงด้านซ้ายมือ การแพร่กระจายของความร้อนมีลักษณะเป็นคลื่นความร้อนโดยอุณหภูมิรอบนอกจะลดลงอยู่ที่ประมาณ 200°C อุณหภูมิรอบกลางจะอยู่ที่ 320°C ส่วนอุณหภูมิบริเวณเพดานกลางเปลวไฟจะมีอุณหภูมิประมาณ 620°C

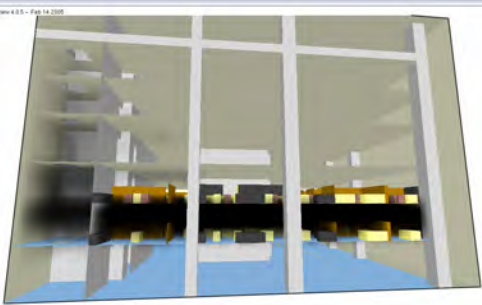
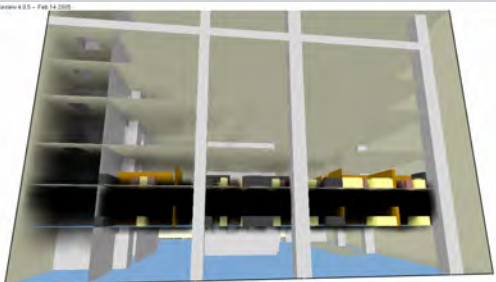
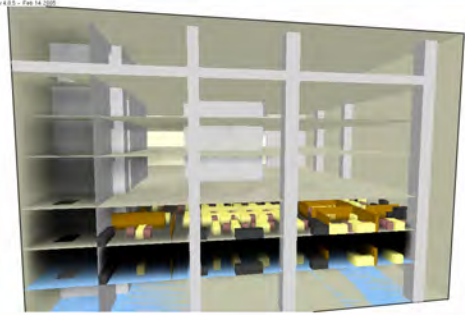
ตารางที่ 7 (ต่อ)

ภาพแสดงการพัฒนาตัวของไฟและควัน	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
 	16.0	- ควันไฟกระจายเต็มห้องส่วนหน้า อุณหภูมิในส่วนของเพดานด้านหน้าห้องอยู่ที่ประมาณ 140 °ซ แต่ในส่วนหลังห้องอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 20 °ซ
 	22.0	- ความร้อนและควันกระจายตัวเข้าสู่ประตูของบันไดหนีไฟ ความร้อนอุณหภูมิด้านหลังของบันไดหนีไฟอยู่ที่ประมาณ 80 °ซ ควันภายในชั้น 2 เริ่มหนาตัวขึ้น

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ภาพแสดงการพัฒนาตัวของไฟและควัน	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	35.0	- ควันกระจายตัวขึ้นช่องบันได หนีไฟของอาคารชั้น 3
	87.0	- ควันไฟไหลขึ้นสู่ช่องบันได ของอาคารชั้น 7 ควันไฟ ภายในชั้น 2 หนาประมาณ 2.5 เมตร จากเพดาน ซึ่งทำให้ไม่ สามารถมองเห็นทางได้ชัดเจน
	112.0	- ควันไฟจะไหลจากช่องบันได หนีไฟเข้าสู่ภายในอาคารชั้น 3

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ภาพแสดงการพัฒนาตัวของไฟและควัน	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	140.0	- ควันไฟจะไหลจากช่องบันได หนีไฟเข้าสู่ภายในอาคารชั้น 4 ปริมาณควันในชั้น 2 มาก ลอย อยู่สูงจากพื้นเพียง 0.4 เมตร
	185.0	- ควันไฟกระจายตัวเต็มพื้นที่ ของชั้น 2 และไหลเข้าสู่บันได หนีไฟอย่างหนาแน่น
	220.0	- ควันไฟกระจายตัวไหลเข้า ภายในของอาคารทุกชั้น

จากตารางแสดงพฤติกรรมการพัฒนาตัวของไฟและควันขึ้นตอน มีผลแสดงว่าก่อนเกิดการลุกไหม้จะมีควันไฟเกิดขึ้นก่อน ต่อจากนั้นจะเกิดเปลวไฟเกิดอย่างรวดเร็ว มีการลุกลามบนผิวหน้าของวัสดุ การกระจายตัวของควันและคลื่นความร้อนในช่วงแรกจะพร้อมกระจายไปพร้อมกันและปริมาณความร้อนจะลดลงเรื่อยๆตามระยะทางที่คลื่นความร้อนแพร่ออกไป แต่การแพร่กระจายของควันจะกระจายตัวอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ปริมาณจะไม่ลดลงตามระยะทางและเวลา โดยควันไฟจะใช้เวลาเพียง 16 วินาทีที่สามารถแพร่กระจายเต็มพื้นที่ของเพดานของอาคารสำนักงานชั้น

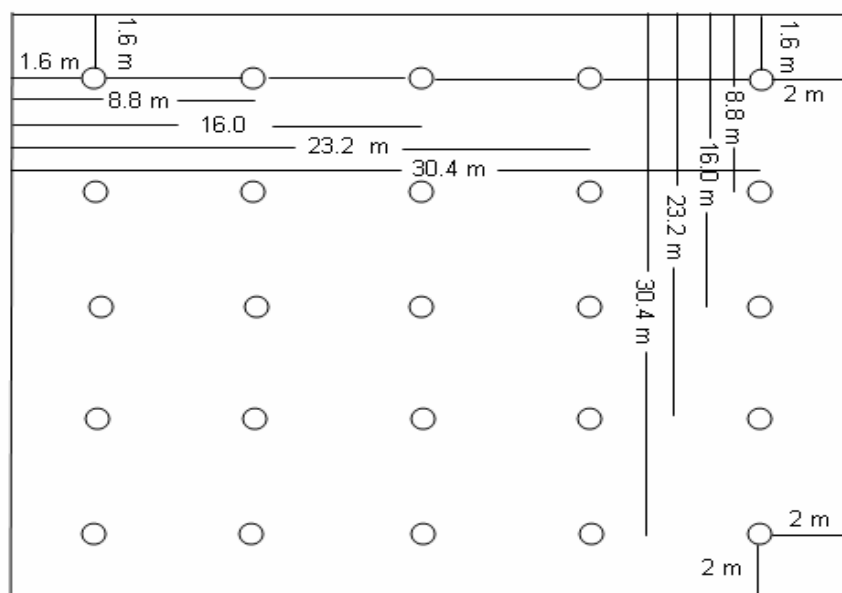
2 ได้และใช้เวลาประมาณ 185 วินาที ก็จะแพร่กระจายเต็มพื้นที่อาคารชั้น 2 ในกรณีที่ห้องบันไดหนีไฟเปิดทิ้งไว้ควันก็สามารถเคลื่อนที่แพร่กระจายเข้าสู่บันไดหนีไฟและแพร่กระจายไปยังชั้นที่สูงกว่าได้

2. ผลการศึกษาออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และการใช้โปรแกรมพลศาสตร์

อภิปรัชญาสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการติดตั้งและทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.1 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยเราใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงเป็นชนิดอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน กำหนดให้อุณหภูมิทำงานที่ 74°C ซึ่งการคำนวณระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะอ้างอิงตามคณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (2548) กำหนดให้ระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแต่ละหัวห่างกันไม่เกิน 7.20 เมตร และห่างจากผนังกำแพงไม่เกิน 3.6 เมตร และต้องไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร

จากข้อกำหนดดังกล่าว เราจะสามารถกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ดังแสดงในภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ได้จากการคำนวณ

เมื่อสามารถหาตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ตามมาตรฐานแล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดการจัดวางอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนในแบบจำลองเสมือนจริงภายในอาคารชั้นที่ 2 แสดงตามภาพที่ 27 โดยลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่โปรแกรม FDS ติดตั้งให้จะมีลักษณะแสดงตามภาพที่ 28



ภาพที่ 27 ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจากโปรแกรม FDS ในอาคารชั้น 2



ภาพที่ 28 ลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่สร้าง โดย โปรแกรม FDS ในอาคารชั้น 2

เมื่อทำการจำลองการเกิดไฟไหม้ในตำแหน่งที่เรากำหนดไว้ ไฟจะพัฒนาตัวตามเวลา ความร้อนจะแพร่กระจายไปตามกลุ่มควัน เมื่อความร้อนยังไม่ถึงค่าอุณหภูมิการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนตัวอุปกรณ์จะเป็นสีแดง และเมื่ออุณหภูมิบนเพดานรอบอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึง 74°C อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะทำงานโดยเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีเขียว เวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนตัวที่หนึ่งทำงานคือที่เวลา 11.7 วินาที ในลักษณะการทำงานจริงนั้นเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานจะส่งเป็นสัญญาณเสียงหรือสัญญาณแสงให้ผู้ที่อยู่ให้อาคารทราบว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ แสดงตามภาพที่ 29



ภาพที่ 29 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

3. ผลการศึกษาออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และการใช้โปรแกรมพลศาสตร์อวกาศ สร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการติดตั้งและทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

การออกแบบการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง โดยเราเลือกชนิดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากฐานข้อมูลในโปรแกรม FDS โดยเราเลือกหัวกระจายน้ำดับเพลิงเป็นแบบ K11 เนื่องจากเป็น ชนิดหัวกระจายน้ำธรรมดาที่ใช้กัน โดยทั่วไป

วิธีการคำนวณหาตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีขั้นตอนดังนี้

1. หาพื้นที่ของห้องที่จะติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงซึ่งขนาดของห้องจะเท่ากับ 1049.76 ตารางเมตร

2. ตรวจสอบลักษณะของพื้นที่ว่าจัดอยู่ในพื้นที่อันตรายประเภทใด โดยตรวจ

สอบจากคณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545) เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าสามารถจัดประเภทของอาคารสำนักงานเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้อย

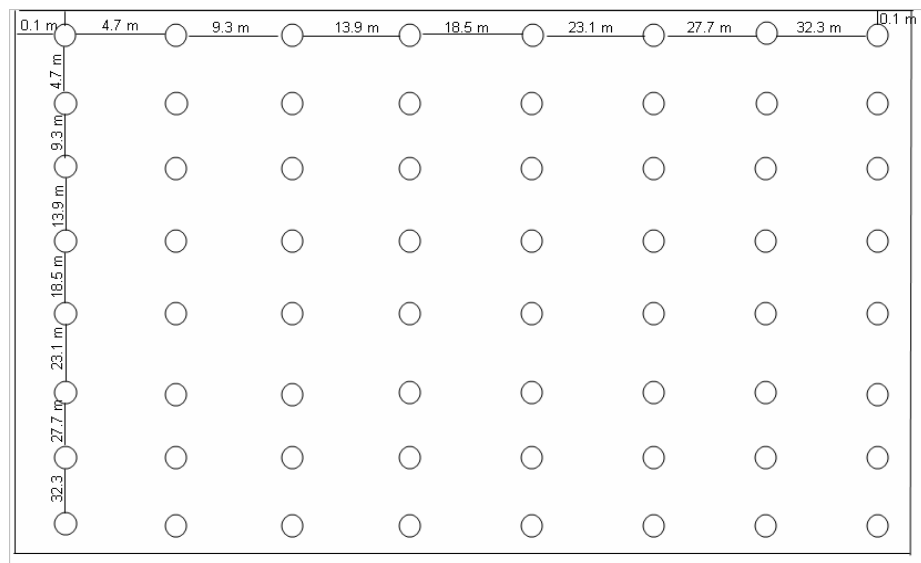
3. หาพื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงแต่ละหัว จากตารางที่ 3 จะได้ว่าพื้นที่ป้องกันสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิง 1 หัว ซึ่งใช้กับพื้นที่อันตรายน้อย และไม่มีสิ่งกีดขวางจาก โครงสร้างจะเท่ากับ 20.9 ตารางเมตร

4. คำนวณหาจำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ต้องใช้ในอาคารชั้น 2 จากสูตรของคณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร (2545)

$$\begin{aligned}\text{จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิง} &= \frac{\text{พื้นที่ห้องทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ป้องกันสูงสุดต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง}} \\ &= 1049.76 / 20.9 \\ &= 50 \text{ หัว}\end{aligned}$$

5. หาระยะห่างสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิงบนท่อย่อยเดียวกัน และระยะห่างสูงสุดของหัวกระจายน้ำดับเพลิงบนท่อย่อยแต่ละท่อ ตามตารางที่ 4 มีค่าเท่ากับ 4.6 และ 4.6 เมตร ตามลำดับ โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมว่าระยะห่างของหัวกระจายน้ำดับเพลิงจากผนังจะต้องมีระยะห่างครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิงแต่ละหัว และห่างจากผนัง ไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

จากข้อมูลและข้อจำกัดข้างต้น เมื่อทดสอบออกแบบติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงแล้ว จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่คำนวณได้ 50 หัวไปสามารถติดตั้งตามการกำหนดระยะห่างได้ จะต้องเพิ่มหัวกระจายน้ำดับเพลิงอีก 14 หัว รวมหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่จะต้องติดตั้งทั้งหมด 64 หัว จึงสามารถติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงได้ครอบคลุมและเป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งแสดงตามภาพที่ 30 และนำข้อมูลไปสร้างตำแหน่งการวางหัวกระจายน้ำดับเพลิงใน โปรแกรม FDS แสดงตามภาพที่ 31



ภาพที่ 30 ตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ได้จากการคำนวณ



ภาพที่ 31 ตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงจาก โปรแกรม FDS

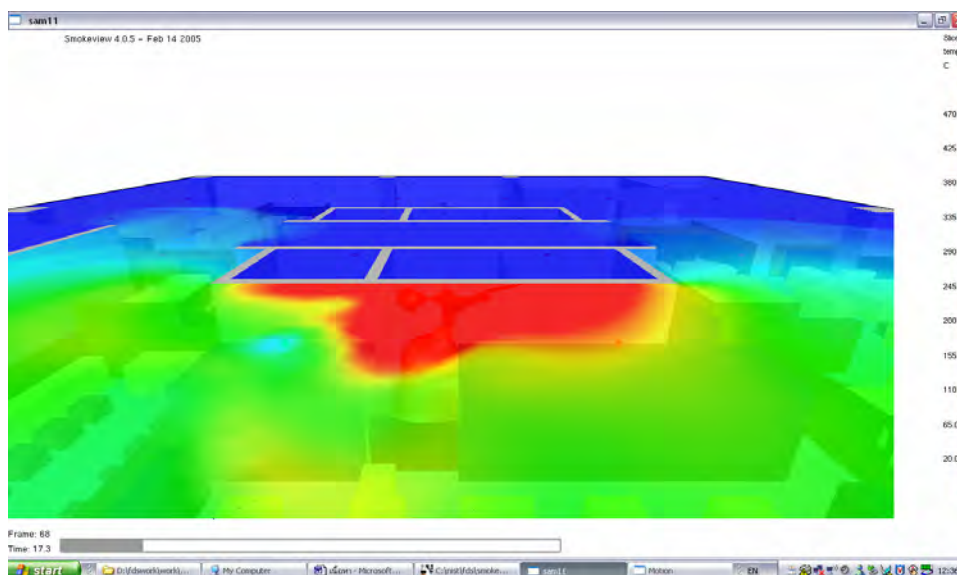
ลักษณะหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ได้รับการ โปรแกรม FDS จะมีลักษณะเดียวกับอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้คือเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเล็กๆ สีแดงและจะทำงานเมื่ออุณหภูมิที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงสูงถึง 74 °ซ การทำงานคือกล่องจะเปลี่ยนสีจากแดงเป็นสีเขียว

จากการทดสอบการสร้างแบบจำลองการเกิดอัคคีภัยด้วยโปรแกรม FDS โดยติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามที่ออกแบบไว้ และทำการทดสอบเป็นเวลา 2 นาที พบว่าหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะทำงานทั้งหมด 6 หัว โดยหัวกระจายน้ำดับเพลิงแรกจะทำงานที่เวลา 16.7 วินาที แสดงในภาพที่ 32 จะสังเกตว่าเมื่อหยดน้ำของหัวกระจายน้ำดับเพลิงกระทบกับไอความร้อนของเพลิงจะระเหยตัวเป็นไอน้ำสีขาว



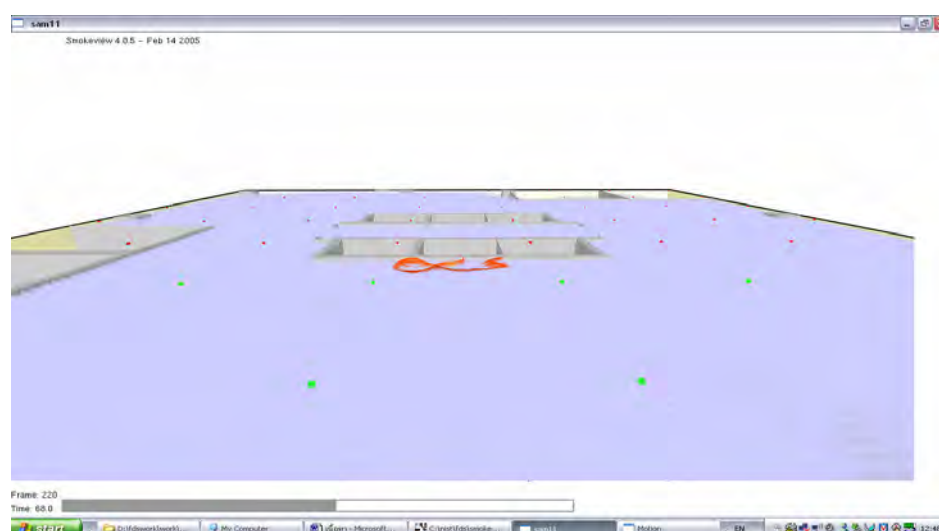
ภาพที่ 32 การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวแรกเมื่อเวลา 16.7 วินาที

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิบนเพดานจะสังเกตได้ว่า เมื่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงาน อุณหภูมิบริเวณหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะลดลงแสดงตามภาพที่ 33

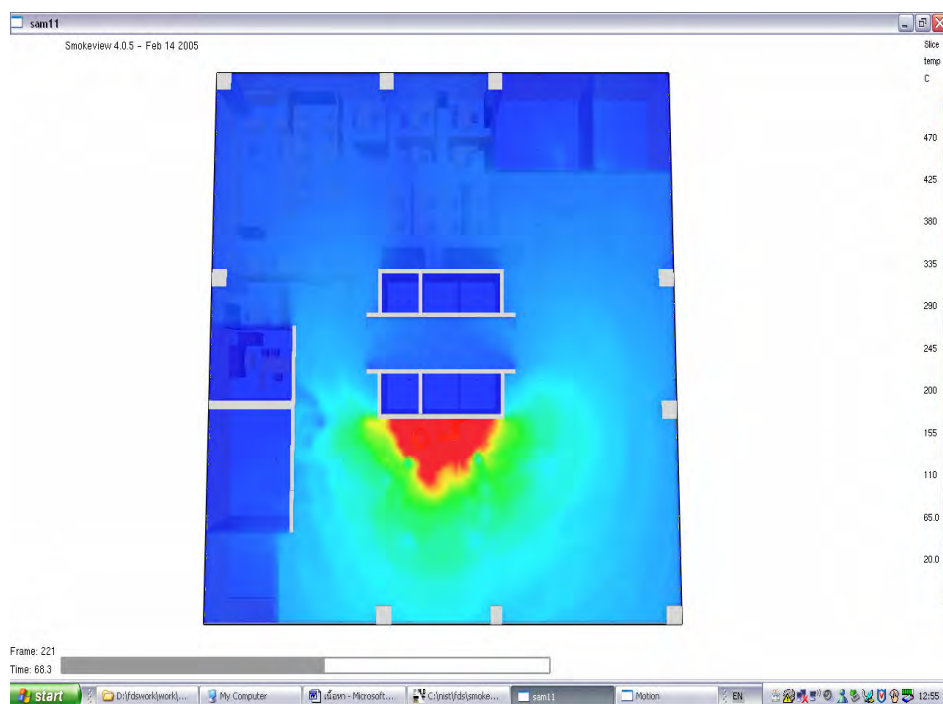


ภาพที่ 33 อุณหภูมิบริเวณหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะลดลงเมื่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงาน

ต่อจากนั้นหัวกระจายน้ำดับเพลิงอื่นๆจะเริ่มทำงานที่เวลา 18.3 , 52.0 , 65.3 , 67.7 , 68.0 วินาที ตามลำดับ โดยจะเกิดไอน้ำกระจายตัวไปรอบห้อง แสดงตามภาพที่ 34 และเมื่อสังเกต อุณหภูมิบริเวณเพดานจะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิของเพดานลดลง แสดงตามภาพที่ 35



ภาพที่ 34 การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 6 หัว เมื่อเวลา 18.3 , 52.0 , 65.3 , 67.7 และ 68.0 วินาที ตามลำดับ



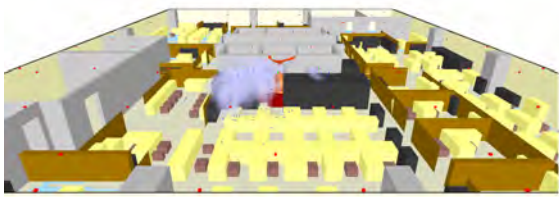
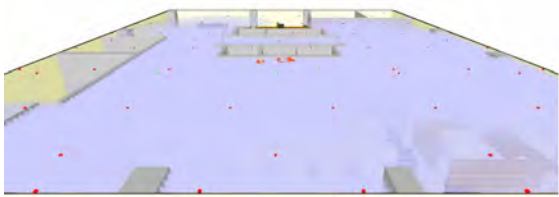
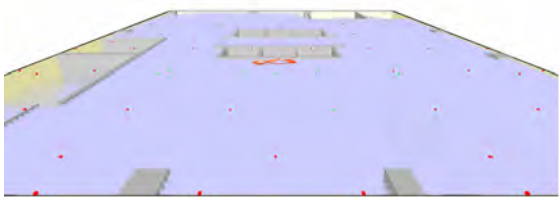
ภาพที่ 35 อุณหภูมิบริเวณเพดาน เมื่อหัวกระจายน้ำทั้ง 6 หัวทำงาน

โดยปกติในการการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะทำการติดตั้งควบคู่กันไป ซึ่งเราสามารถใช้โปรแกรม FDS สร้างการออกแบบติดตั้งเพื่อดูการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด แสดงในตารางที่ 8

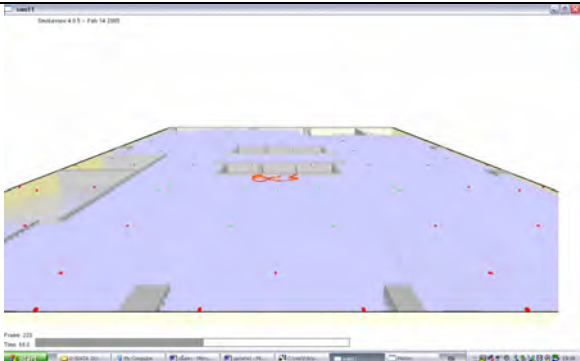
ตารางที่ 8 การทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	11.7	- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เริ่มทำงาน เมื่ออุณหภูมิบริเวณ อุปกรณ์ตรวจจับมีค่าถึง 74 °ซ

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	16.7	- หัวกระแสน้ำดับเพลิงหัวที่ 1 เริ่มทำงาน
	18.3	- หัวกระแสน้ำดับเพลิงหัวที่ 2 เริ่มทำงาน
	52.3	- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลา 46.7 วินาที และหัวกระแสน้ำดับเพลิงหัวที่ 3 เริ่มทำงานที่เวลา 52.3 วินาที
	65.3	- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลา 56.0 วินาที และหัวกระแสน้ำดับเพลิงหัวที่ 4 เริ่มทำงานที่เวลา 65.3 วินาที

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	68.0	- หัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวที่ 5 , 6 เริ่มทำงานที่เวลา 67.7 และ 68.0 วินาที ตามลำดับ

4. ผลการศึกษาการออกแบบระบบอัดอากาศภายในบันไดหนีไฟ และการใช้โปรแกรม

พลศาสตร์อณูกลศาสตร์สร้างภาพจำลองเสมือนจริงของการทำงานของระบบอัดอากาศ

ระบบอัดอากาศภายในบันไดหนีไฟนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ให้ควันไฟไหลเข้าไปในช่องบันไดหนี โดยเราสามารถคำนวณปริมาณของอากาศที่ต้องการอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟได้จากสมการตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. (2545)

$$Q = ac + bN$$

Q = ปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

a = อัตราการไหลของอากาศผ่านประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอกต่อหนึ่งประตู 7.08
หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

c = จำนวนประตูที่เปิดค้างสู่ภายนอก

b = อัตราการไหลของอากาศผ่านรอยรั่วซึมบริเวณผนังและประตูของบันไดหนีไฟ
0.0944 หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

N = จำนวนชั้นของอาคาร

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า} \quad a &= 7.08 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \\
 c &= 1 \\
 b &= 0.0944 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที} \\
 N &= 7 \text{ ชั้น}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณอากาศที่ต้องอัดเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารนี้ เท่ากับ

$$\begin{aligned}
 Q &= (7.08 \times 1) + (0.0944 \times 7) \\
 &= 7.74 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

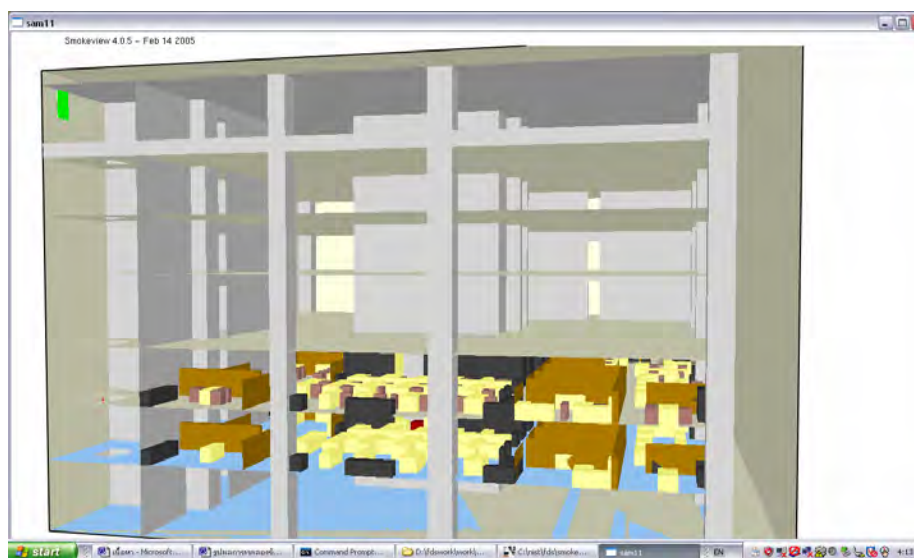
ผลการคำนวณทำให้เราทราบว่าต้องใช้ปริมาณอากาศจำนวน 7.74 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัดอากาศลงในช่องบันไดหนีไฟโดยจะมีประตูของชั้น 1 เปิดออกตลอดเวลา แต่ในโปรแกรม FDS เราไม่สามารถกำหนดการไหลของอากาศในหน่วยของปริมาตร แต่สามารถกำหนดในหน่วยของความเร็วของอากาศได้จึงต้องคำนวณหาความเร็วของอากาศที่ต้องการส่งเข้ามาในช่องบันไดหนีไฟเพื่อให้ได้ปริมาณอากาศเท่ากับ 7.74 ลูกบาศก์เมตร/วินาที โดยเราจะกำหนดให้ช่องท่อของพัดลมอัดอากาศมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตร เราจะสามารถคำนวณความเร็วของอากาศได้โดยจากการนำปริมาณอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของช่องท่อพัดลมอัดอากาศ (ตารางเมตร)

ความเร็วของอากาศ = ปริมาณอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) / พื้นที่หน้าตัดของช่องท่อพัดลมอัดอากาศ (ตารางเมตร)

สมมติให้พื้นที่หน้าตัดของช่องท่ออัดอากาศเท่ากับ 1 ตารางเมตร เพื่อคำนวณความเร็วของอากาศต่อหน่วยพื้นที่

$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วของอากาศ} &= \frac{\text{ปริมาณอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของช่องท่อพัดลมอัดอากาศ (ตารางเมตร)}} \\
 &= 7.74 / 1 \\
 &= 7.74 \text{ เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

เมื่อสามารถคำนวณหาความเร็วของอากาศที่ต้องใช้ได้แล้วก็นำไปสร้างช่องอัดอากาศบน
ชั้น 7 ของอาคารจากโปรแกรม FDS แสดงตามภาพที่ 36

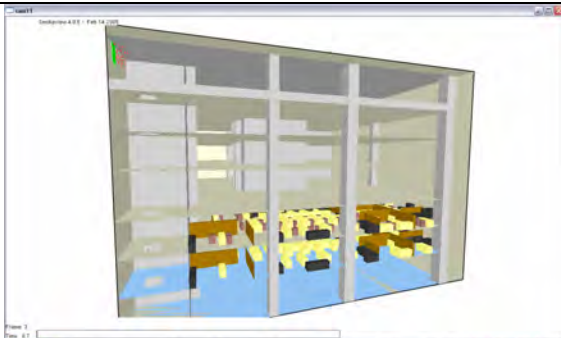
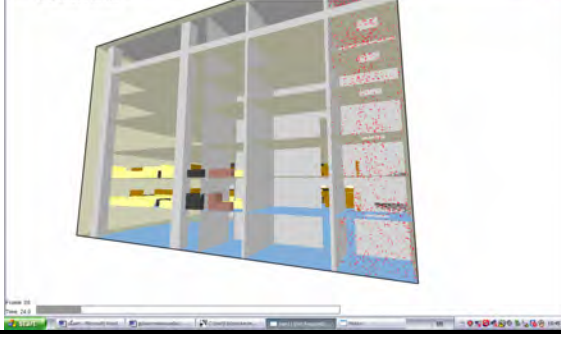


ภาพที่ 36 ตำแหน่งการสร้างช่องอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟ

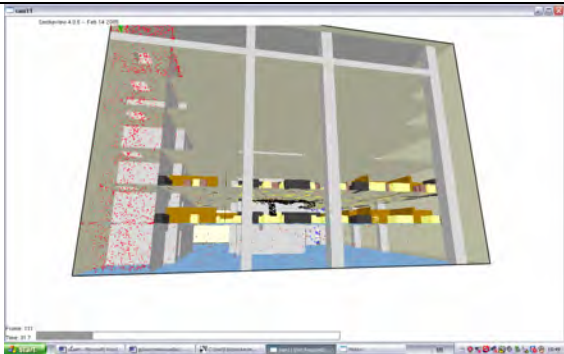
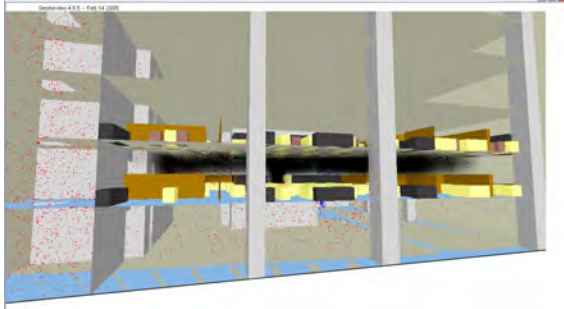
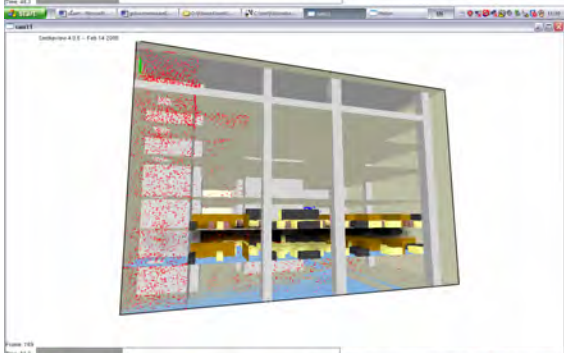
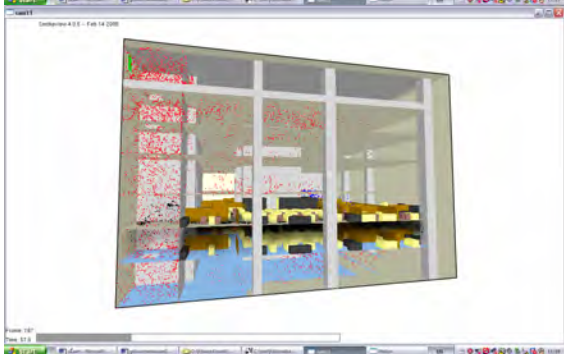
เมื่อทำการออกแบบระบบอัดอากาศแล้ว จะทำการทดสอบระบบอัดอากาศจากโปรแกรม FDS ให้เหมือนกับสถานการณ์การเกิดอัคคีภัยจริง โดยจะกำหนดข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

1. ประตูปหนีไฟของช่องบันไดหนีไฟอาคารหนึ่งชั้นที่ 1 จะเปิดตลอดเวลาเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสมการในการหาปริมาณอากาศที่จะต้องอัดเข้าบันไดหนีไฟ
 2. ประตูปหนีไฟของอาคารชั้น 7 ปิดตลอดเวลา
 3. เมื่อเกิดเพลิงไหม้ที่อพยพขึ้น 2 จะใช้เวลาประมาณ 3 วินาทีเพื่อเปิดประตูปหนีไฟและจะทำการอพยพหมดใน 100 วินาที โดยการอพยพจะทำอย่างต่อเนื่องฉะนั้นประตูปหนีไฟจะเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 100 วินาที
 4. ผู้อพยพขึ้นอื่นๆจะอพยพเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้เริ่มทำงาน
 5. จะทำการหน่วยเวลาก่อนการเกิดเพลิงไหม้เพื่อให้มีการอัดอากาศลงจากช่องอัดอากาศก่อน
- โดยผลการทดสอบจะสามารถลำดับผลที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 9

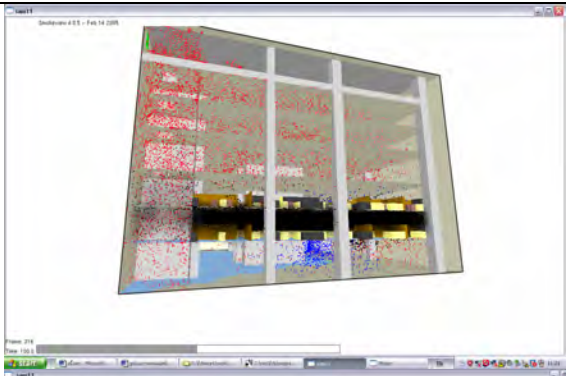
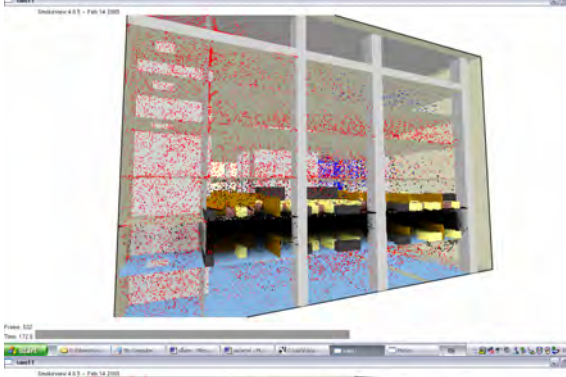
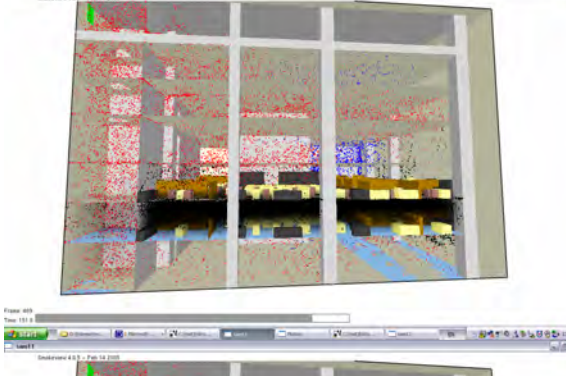
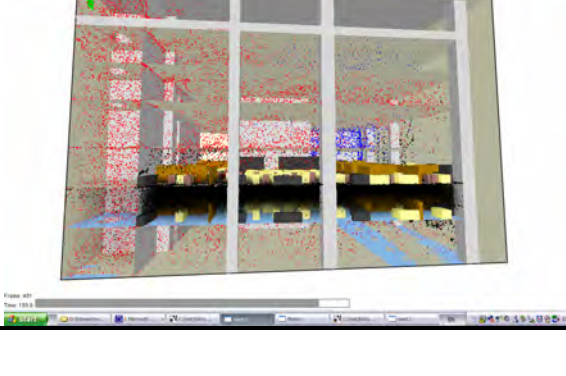
ตารางที่ 9 ลำดับผลการทดสอบการติดตั้งระบบอัดอากาศ

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	0.7	- ระบบอัดอากาศเริ่มทำงานจะ สังเกตเห็นอนุภาคของอากาศที่มี ลักษณะเป็นสีแดงในบันได ด้านหน้า และเป็นสีน้ำเงินใน บันไดด้านหลัง
	9.7	- อากาศเริ่มไหลถึงพื้นของอาคาร ชั้นหนึ่งและไหลเข้าตัวอาคารชั้น 1 ซึ่งประตูหนีไฟเปิดอยู่
	21.7	- มีการอัดอากาศเต็มพื้นที่ของ ห้องบันไดหนีไฟ เริ่มเห็นควัน จากวัสดุต้นเพลิง
	24.0	- ประตูหนีไฟของชั้นที่ 2 ถูกเปิด ออก เพื่อการอพยพ

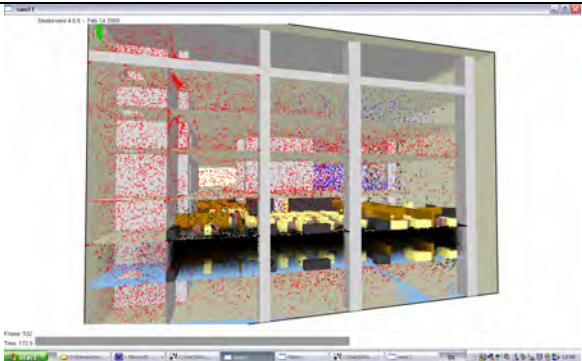
ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	31.7	- คิว้นไฟเริ่มแพร่ขยายตัว อากาศถูกอัดเข้าตัวอาคารชั้น 2 เมื่อเปิดประตู
	48.3	- อากาศจากระบบอัดอากาศมีการเคลื่อนตัวผลักดันควันไม่ให้เข้าสู่บันไดหนีไฟ
	51.0	- เมื่อประตูหนีไฟในชั้นที่ 3-6 เปิดออก อากาศจะเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร และควันบางส่วนจากอาคารชั้น 2 จะลอยเข้าสู่ช่องบันไดหนีไฟชั้น 2
	57.0	- ควันบางส่วนลอยถึงสู่ช่องบันไดหนีไฟชั้น 3

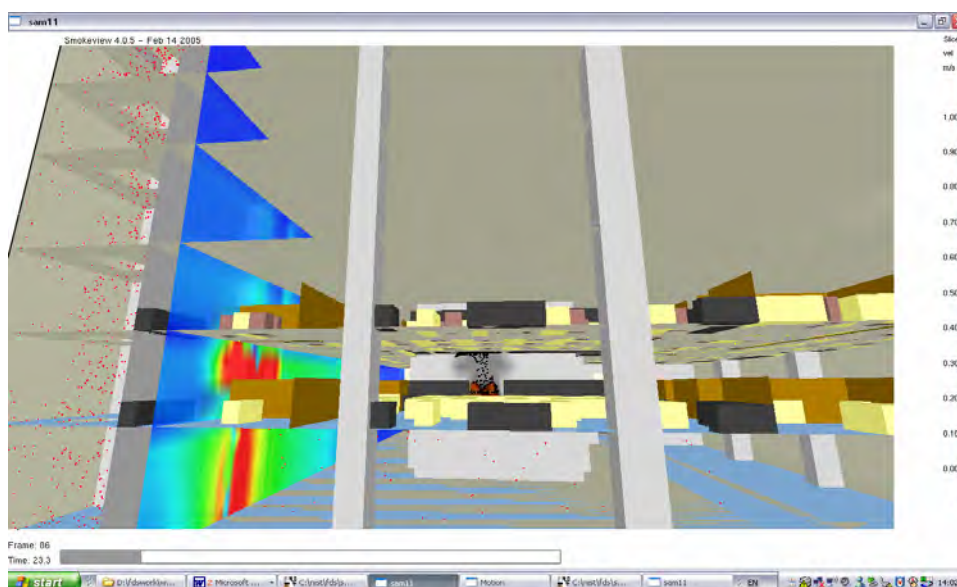
ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	100.0	- คิว้นกระจายตัวจากบันไดหนี ไฟชั้น 3 เข้าสู่ตัวอาคารชั้น 3
	130.0	- คิว้นกระจายตัวเข้าสู่อาคารชั้น 3 ไม่สามารถลอยขึ้นสูงเข้าสู่ ช่องบันไดหนีไฟชั้น 4 อุณหภูมิ ที่สูงจากพื้น 1.0 เมตร จะมี ค่าประมาณ 37 °ซ
	151.0	การอพยพเสร็จสิ้น ประตุนิไฟ ทุกบานจะปิด ยกเว้นประตุนิไฟ ชั้น 1 ที่เปิดตลอดเวลา
	155.0	ควันในช่องบันไดหนีไฟชั้น 2 และ 3 ถูกอากาศอัดลงมาจาก ช่องบันไดหนีไฟชั้น 1

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับภาพ	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	172.0	ควันในช่องบันไดหนีไฟชั้น 2 และ 3 มีปริมาณเจือจางลง

จากการจำลองการเกิดอัคคีภัยเพื่อศึกษาระบบควบคุมควัน โดยกำหนดความเร็วลมของช่องอากาศที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 7.74 เมตร/วินาที นั้น เมื่อช่องบันไดหนีไฟชั้น 2 เปิดจะมีอากาศอัดเข้าสู่ภายในอาคารชั้น 2 ด้วยความเร็ว 1 เมตร/วินาที แสดงดังภาพที่ 37



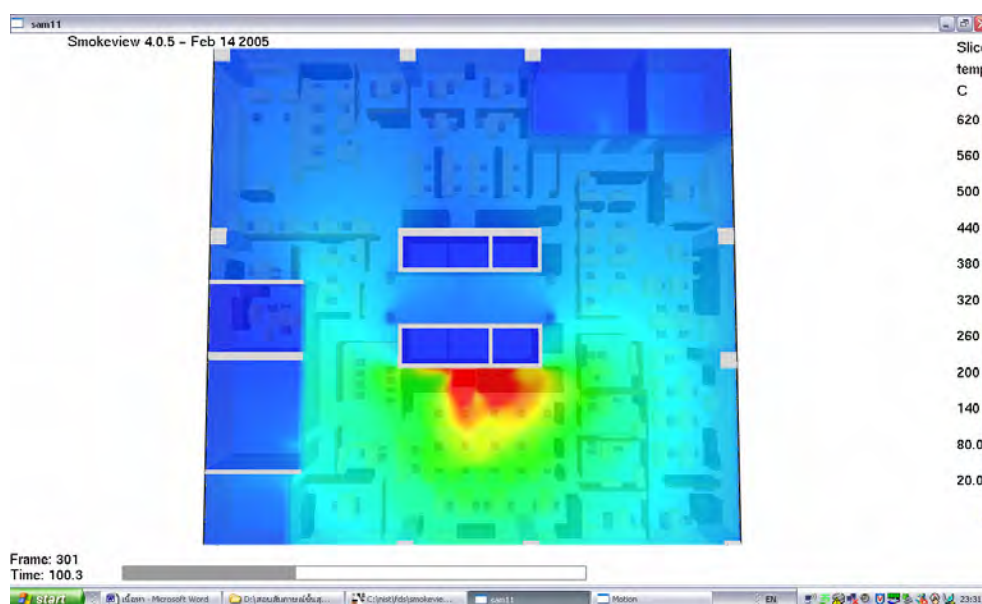
ภาพที่ 37 แถบสีแสดงความเร็วลมที่เข้าสู่ภายในอาคารชั้น 2 และจุดสีแดงภายในช่องบันไดหนีไฟ แสดงอนุภาคของอากาศ

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาการใช้โปรแกรม FDS เพื่อทำการศึกษาการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง สามารถแบ่งการวิเคราะห์จากผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน

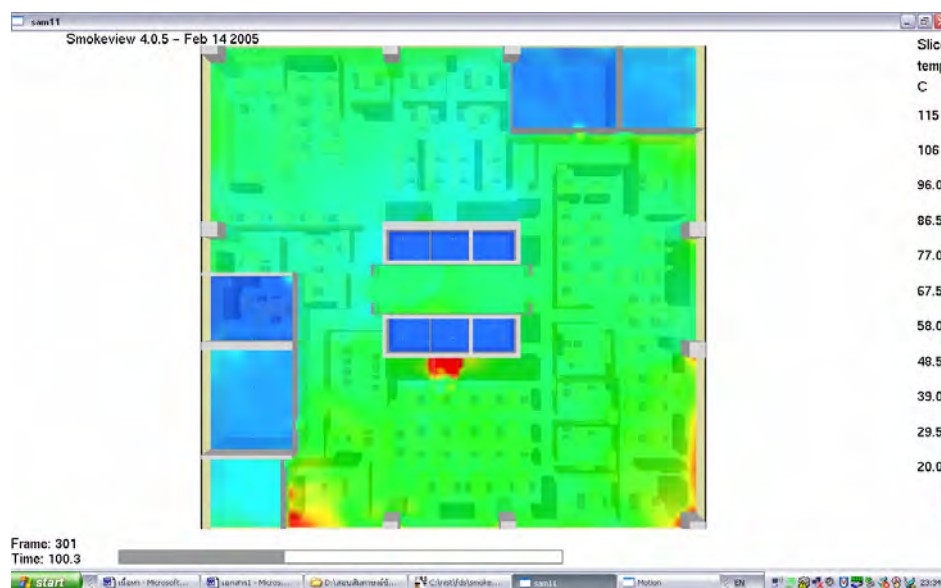
ส่วนแรก การศึกษาพฤติกรรมของการเกิดอัคคีภัยในอาคารสูง ซึ่งการจากเกิดอัคคีภัยได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบพื้นฐาน 3 การคือ ความร้อน เชื้อเพลิง และออกซิเจน ซึ่งในอาคารดังกล่าวเป็นอาคารสำนักงานที่มีเอกสารเป็นจำนวนมากจึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงอย่างดี และภายในอาคารก็มีการใช้เครื่องไฟฟ้า รวมทั้งมีการเดินสายไฟอยู่ในพรมจึงอาจเป็นแหล่งของความร้อนได้ เมื่อพื้นที่ต้นเพลิงมีองค์ประกอบทั้ง 3 ครบก็จะเกิดความร้อนสูงขึ้นในกองเอกสารและเกิดควันไฟขึ้น ต่อมาไม่ว่าวันที่ก็จะเกิดเปลวไฟขึ้น เปลวไฟจะพัฒนาตัวเองจนเกิดเป็นกองไฟขนาดใหญ่และลุกลามไปตามพื้นผิวของวัสดุและมีการปลดปล่อยพลังงานความร้อนและควันเป็นจำนวนมาก ซึ่งความร้อนจะกระจายตัวไปรอบพื้นที่โดยอาศัยควันเป็นตัวชักนำ การแพร่กระจายตัวของควันจะแพร่ไปตามพื้นเพดานของห้องไปทั่วบริเวณ ถ้าห้องนั้นมีช่องเปิด หรือปิดประตูทิ้งไว้ควันก็จะแพร่กระจายเข้าไป ในกรณีที่เปิดประตูหนีไฟทิ้งไว้ควันก็จะไหลเข้าสู่ช่องบันไดหนีไฟและไหลขึ้นสู่ที่สูงจากนั้นก็ไหลเข้าสู่ภายในอาคารของชั้นต่างๆที่เปิดประตูทิ้งไว้ในส่วนอาคารชั้น 2 การกระจายตัวของควันจะใช้เวลา 100 วินาที ควันจะมีความสูงประมาณ 2.0 เมตรจากพื้นห้องและใช้เวลาเพียง 4 นาทีก็จะกระจายตัวเต็มพื้นที่ห้อง ดังนั้นในการอพยพหนีไฟควรใช้เวลาให้น้อย 4 นาที เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายจากควันไฟ

ในส่วนการแพร่กระจายความร้อนนั้นจากโปรแกรม FDS จะเห็นได้ว่าพื้นที่ใต้เพดานจะมีอุณหภูมิสูงมาก สูงประมาณ 620 °ซ และแพร่กระจายความร้อนออกไปรอบแหล่งต้นเพลิง โดยที่ 100 วินาทีอุณหภูมิใต้เพดานรอบห้องจะอยู่ที่ 140 °ซ แสดงตามภาพที่ 38

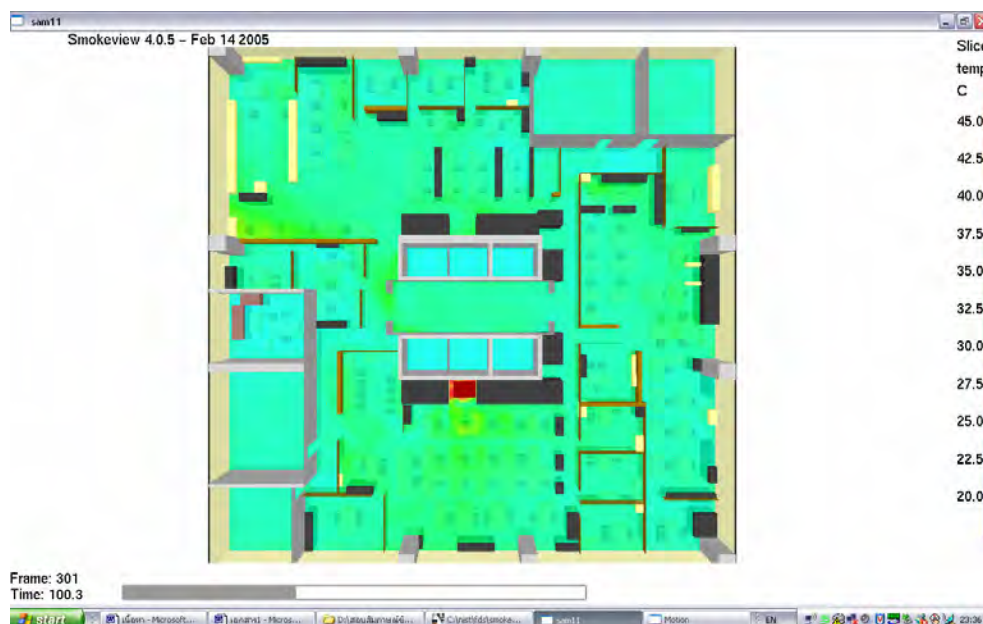


ภาพที่ 38 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 3.2 เมตรจากพื้นห้อง

แต่อุณหภูมิในห้องที่ต่ำลดลงมา คือที่ระดับ 2.1 แล 1.0 เมตรจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า คือ 77 °ซ และ 30 °ซ ตามลำดับ ที่เวลา 100 วินาที แสดงตามภาพที่ 39 และ 40



ภาพที่ 39 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 2.1 เมตรจากพื้นห้องที่เวลา 100 วินาที



ภาพที่ 40 การกระจายตัวของความร้อนที่ความสูง 1.0 เมตรจากพื้นห้องที่เวลา 100 วินาที

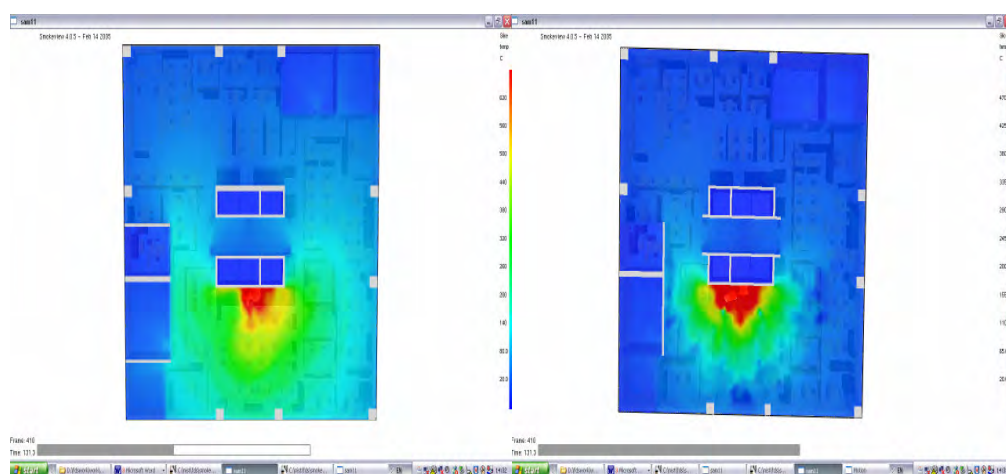
เราจึงสามารถอธิบายได้ว่าการเสียชีวิตจากการเกิดเพลิงไหม้ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากควันไฟมากกว่าความร้อน

ส่วนที่สอง การออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย พบว่าในอาคารสูงต้องมีการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงร่วมกัน เนื่องจากเมื่อเกิดอัคคีภัยในชั้นหนึ่ง ชั้นอื่นจะสามารถทราบการเกิดอัคคีภัยได้ โดยเมื่อเกิดเพลิงไหม้อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้จะเริ่มทำงานก่อนหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้งที่อุณหภูมิทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองมีค่าเท่ากันคือที่ 74 °ซ เนื่องจาก เราใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ ที่มีค่า RTI (Response Time Index) น้อยกว่าค่า RTI ของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

การออกแบบติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงนั้น จากการคำนวณนั้นจะต้องใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้งสิ้น 50 หัว แต่เมื่อตรวจสอบมาตรฐานระยะการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่เหมาะสมแล้วจะไม่สามารถติดตั้งเพียง 50 หัวได้ จึงต้องมีการคำนวณระยะใหม่โดยค่าที่คำนวณได้ใหม่จะต้องใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้งสิ้น 64 หัวจึงจะเหมาะสมตามมาตรฐาน

เมื่อติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงแล้วจะสังเกตว่ามีหัวกระจายน้ำดับเพลิงอยู่ 4 หัวที่ติดตั้งในช่องลิฟท์ซึ่งไม่จำเป็นเนื่องจากในกรณีที่เกิดอัคคีภัยจะไม่มีใบอนุญาตให้ใช้ลิฟท์ จึงควรเลื่อนการติดตั้งมาอยู่ในบริเวณ โถงทางเดินทางลิฟท์

การเปรียบเทียบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยของอาคารที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ทำให้สามารถเข้าใจถึงการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิง แสดงตามภาพที่ 41



ก

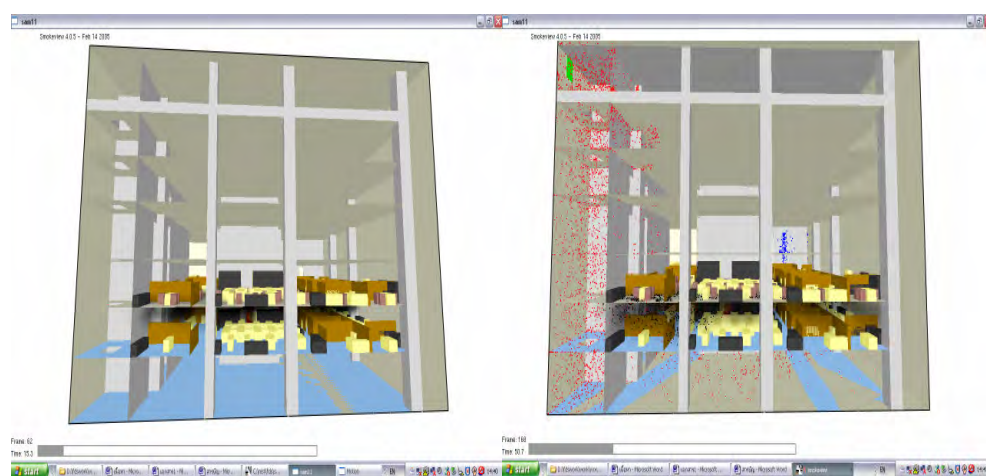
ข

ภาพที่ 41 เปรียบเทียบการแพร่กระจายตัวของอุณหภูมิในอาคารที่ไม่ติดตั้ง (ก) และติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง (ข) ในช่วงเวลาเดียวกัน

ในภาพที่ 41 จะเห็นว่าในเวลาเดียวกันภาพด้านซ้ายคืออาคารที่ไม่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงซึ่งอุณหภูมิความร้อนจะกระจายตัวไปรอบๆแหล่งกำเนิดเพลิงอย่างเป็นวงกว้างและต่อเนื่องกว่า อาคารด้านขวาที่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง เมื่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานการกระจายตัวของอุณหภูมิความร้อนจะลดลง

การออกแบบระบบควบคุมควันไฟนั้นจากผลการใช้โปรแกรม FDS ในการสร้างระบบอัดอากาศเพื่อควบคุมควันไฟไม่ให้เข้าไปในช่องบันไดหนีไฟ จะพบว่าอากาศที่ออกมาจากประตูหนีไฟชั้น 2 เมื่อมีการอพยพสามารถดันควันไม่ให้เข้ามาในช่องบันไดหนีไฟ โดยสามารถเปรียบเทียบเวลาในการกระจายควันของจากแหล่งกำเนิดไปถึงประตูบันไดหนีไฟ ซึ่งในระบบอาคารที่ไม่มีการ

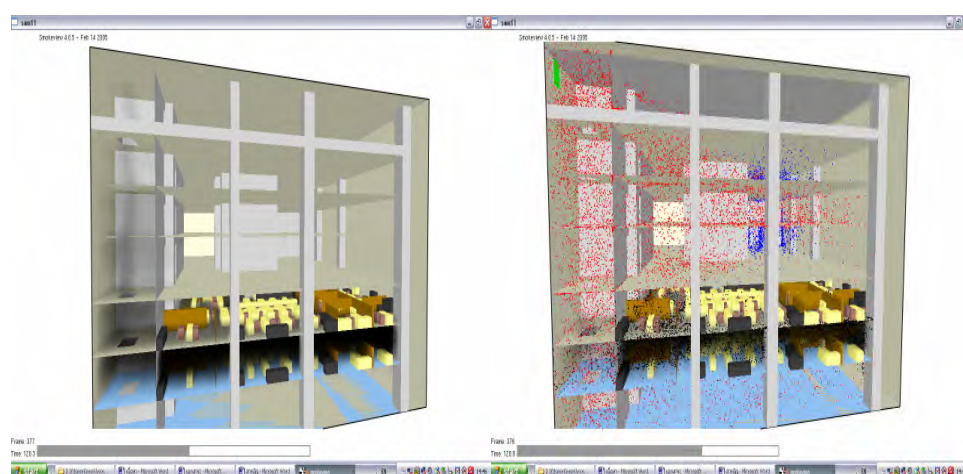
ติดตั้งระบบปรับอากาศวันจะแพร่จากแหล่งกำเนิดควันถึงประตูใช้เวลา 15.7 วินาที แต่ในอาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศวันจะแพร่กระจายถึงประตูใช้เวลา 50 วินาที แสดงตามภาพที่ 42 ตามลำดับ และเมื่อไม่มีระบบปรับอากาศกลุ่มควันจะแพร่กระจายเข้าสู่ห้องบันไดหนีไฟอย่างรวดเร็วและหนาแน่นใช้เวลาเพียง 120 วินาทีก็แพร่กระจายตัวลอยขึ้นสู่ชั้น 7 แต่ในส่วนอาคารที่มีระบบปรับอากาศถึงแม้ควันบางส่วนจะสามารถเข้าไปในช่องบันไดได้ แต่ก็มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและไม่สามารถลอยขึ้นสู่ชั้น 4 ได้ แสดงตามภาพที่ 43 ตามลำดับ



ก

ข

ภาพที่ 42 การเคลื่อนที่ของควันจากแหล่งต้นเพลิงจนถึงประตู ที่เวลา 15.7 วินาที (ก) และเวลา 50 วินาที (ข)



ก

ข

ภาพที่ 43 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของควัน ที่เวลา 120 นาทีของอาคารที่ไม่ติดตั้งระบบปรับอากาศ (ก) และอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ (ข)

จากผลการวัดความเร็วลมที่แสดงจากโปรแกรม FDS จะวัดความเร็วลมบริเวณประตูที่เข้าสู่อาคารชั้น 2 ได้ประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับค่าที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2545) แนะนำว่าอากาศที่ออกจากช่องประตูบันไดหนีไฟไม่ควรต่ำกว่า 0.8 เมตรต่อวินาที และเพื่อไม่ให้เป็นการเติมออกซิเจนเข้าสู่ภายในอาคารควรมีความเร็วลมไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที แต่จากผลที่แสดงออกมาจากโปรแกรม FDS จะเห็นว่าเมื่ออุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ส่งสัญญาณไปยังอาคารชั้น 3 – 6 จะมีการเปิดประตูบันไดหนีไฟชั้น 3 – 6 พร้อมกันทั้งที่ คิว้นไฟจากชั้น 2 จะแพร่กระจายจากภายในอาคารชั้น 2 สู่บันไดหนีไฟทันที เนื่องจากเมื่อประตูชั้น 3 – 6 เปิดออกแรงลมจากระบบอัดอากาศจะไหลเข้าสู่ตัวอาคาร 3 – 6 ทำให้แรงดันภายในช่องบันไดหนีไฟลดลง คิว้นจึงสามารถเคลื่อนที่เข้าไปสู่ช่องบันไดได้

สรุป

สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา การเกิดอัคคีภัยในอาคารสูงโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ อัคคีภัยสร้างภาพจำลองเสมือนจริงของอาคารสูง 7 ชั้นและจำลองการเกิดอัคคีภัยขึ้นในชั้นที่ 2 ของตัวอาคาร เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรม การพัฒนาตัวของควันและไฟ รวมถึงการออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

สำหรับพฤติกรรมของไฟในอาคารสูงนั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นจากกองเอกสาร ไฟพัฒนาตัวจากความร้อนก่อเป็นเปลวไฟ และลุกลามออกไป ซึ่งความร้อนสูงสุดบนเพดานบริเวณต้นเพลิงจะมีอุณหภูมิประมาณ 620 องศาเซลเซียส ความร้อนจะแพร่กระจายออกไปโดยมีควันเป็นตัวนำที่สำคัญ ควันที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่สูงและขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว โดยควันไฟนั้นจะลามไปยังชั้นอื่นๆ โดยผ่านช่องเปิดต่างๆ เช่น ช่องเปิดของบันไดหนีไฟ ช่องเปิดของลิฟท์ ช่องเปิดของช่องระบายอากาศ เป็นต้น ดังนั้นการควบคุมควันและไฟให้อยู่ในวงจำกัดจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยจึงเข้ามามีบทบาทอย่างมากในการป้องกันความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และระบบระงับอัคคีภัยที่นำมาออกแบบติดตั้งนี้ คือระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้แบบอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน จากการคำนวณจำนวนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และจำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่เหมาะสม ในพื้นที่ขนาด 1049.76 ลูกบาศก์เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทั้งหมด 50 ตัว และหัวกระจายน้ำดับเพลิงจำนวน 64 หัว การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไฟและหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะทำงานเมื่อค่าความร้อนสูงถึงอุณหภูมิทำงานคือที่ 74 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาเวลาการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะพบว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะเริ่มทำงานก่อน จากนั้นหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะเริ่มทำงาน โดยใช้เวลา 11.7 และ 16.7 วินาทีตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบอาคารที่มีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงและไม่มีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำให้ทราบว่าเมื่อมีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะสามารถควบคุมความร้อนและการแพร่กระจายของความร้อนให้อยู่ในวงจำกัดได้

ในส่วนของการควบคุมควันนั้น ได้ออกแบบระบบอัดอากาศ โดยได้คำนวณปริมาณอากาศที่ต้องอัดลงในช่องบันไดหนีไฟได้เท่ากับ 7.74 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และทำการคำนวณไปเป็นความเร็วลมที่จะต้องใช้ เมื่อกำหนดให้ช่องท่ออัดอากาศมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตร จะได้ความเร็วลมเท่ากับ 7.74 เมตรต่อวินาที และทดสอบระบบอัดอากาศโดยการสร้างภาพจำลองจากโปรแกรม FDS ซึ่งผลปรากฏว่า ระบบการควบคุมควันไฟที่ติดตั้งนั้น สามารถต้านทานควันไฟไม่ให้เข้าสู่ช่องบันไดหนีไฟได้ และมีความเร็วลมที่ออกจากประตูหนีไฟเข้าสู่ตัวอาคารที่เกิดอัคคีภัยอยู่ในช่วงที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2545) แนะนำไว้

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาวิจัยทั้งหมดที่ผ่านมาจะเห็นว่าโปรแกรม FDS มีประโยชน์อย่างมากในการนำมาวิเคราะห์การเกิดอัคคีภัย การศึกษาพฤติกรรมของไฟ การออกแบบ โครงสร้างต่างๆ ของตัวอาคารเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอัคคีภัย รวมถึงการศึกษาในด้านคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อีกหลายด้าน ซึ่งสามารถเสนอผลออกเป็นภาพใน 3 มิติ แต่ผู้ที่ศึกษาและนำโปรแกรมนี้ไปใช้งานจะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่ใช้เป็นฐานข้อมูลในการประมวลผลให้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดก่อน การประมวลผลจึงจะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น

2. ผลจากการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้นั้น จะเห็นว่าควันไฟเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากการแพร่กระจายตัวที่รวดเร็ว สามารถเคลื่อนที่ไปยังส่วนของอาคารที่สูงกว่าได้ง่าย และมีส่วนประกอบที่เป็นพิษหลายชนิดอยู่ในควันไฟ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งจะทำให้หมดสติได้ภายใน 1 – 3 นาที เมื่อผสมอยู่ในอากาศเกิน 1.26 % ดังนั้นหากเกิดอัคคีภัยในอาคารสูงการควบคุมควันไฟให้อยู่ในพื้นที่ที่เราสามารถควบคุมได้จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยจะต้องมีระบบอัดอากาศอัดอากาศเข้าสู่บันไดหนีไฟ เพื่อให้ช่องบันไดหนีไฟเป็นพื้นที่ที่ปลอดภัยที่สุดให้การหนีไฟจากอาคารสูง และจะต้องมีแผนในการควบคุมการหนีไฟด้วย เพราะจากผลการศึกษาถ้ามีการเปิดประตูหนีไฟพร้อมกันทุกชั้นความดันในช่องบันไดหนีไฟจะลดลงอย่างรวดเร็วจึงทำให้ควันบางส่วนกระจายเข้าสู่บันไดหนีไฟได้ โดยแผนการหนีไฟควรจะต้องมีลำดับของชั้นที่จะหนีไฟ ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยการควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้

แจ้งเตือนตามลำดับของความเสียหายในแต่ละชั้น ซึ่งจะเป็นการควบคุมความดันในห้องอัดอากาศให้เพียงพอต่อการป้องกันควันเข้าสู่บันไดหนีไฟ

3. ระบบที่สำคัญอีกระบบที่ควรติดตั้งในอาคารสูงคือระบบระบายควัน เนื่องจากเมื่อควันถูกผลักดันไม่ให้ออกมาสู่ช่องบันไดหนีไฟ ควันภายในอาคารชั้น 2 จะมีความหนาแน่นอย่างมาก ถ้ามีผู้ติดอยู่ภายในอาคารชั้น 2 จะทำให้ไม่สามารถมองเห็นทางสู่ประตูหนีไฟและจะชีวิตในที่สุด ระบบระบายควันจะช่วยระบบควันออกจากชั้น 2 ของอาคารซึ่งอาจติดตั้งในบริเวณผนังด้านนอกของอาคาร ระบบระบายควันจะช่วยให้ควันมีการระบายออกจากอาคาร และช่วยเพิ่มระยะเวลาในการหนีไฟของผู้อพยพได้อีกด้วยรวมทั้งยังช่วยระบายความร้อนและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งก๊าซนี้ถ้ามีอยู่ในปริมาณมากและได้รับความร้อนที่เหมาะสมอาจเกิดการระเบิดได้

4. การเลือกใช้วัสดุในอาคารสูงนั้นควรเลือกใช้วัสดุที่เป็นวัสดุทนไฟ รวมถึงการออกแบบอาคารก็ความออกแบบตามหลักวิศวกรรมความปลอดภัย รวมถึงการใช้งานของอาคารก็ต้องใช้โดยตรงประเภทกับที่ได้ออกแบบไว้

5. สำหรับอาคารสำนักงานที่เก็บเอกสารไว้เป็นจำนวนมากนั้นควรมีการจัดเก็บที่ดี จัดไว้เป็นสัดส่วน ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ใกล้เคียง เนื่องจากกระดาษนั้นเป็นวัสดุที่ติดไฟได้ง่ายและให้ค่าความร้อนสูง เมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นจะลุกลามอย่างรวดเร็วและให้ปริมาณความร้อนที่สูงซึ่งจะส่งผลถึงโครงสร้างของตัวอาคารได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกชา ชีระโกเมน. 2545. ปัญหาในการจัดระบบการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคาร, น. 1-53. ใน เกชา ชีระโกเมน และ โสภณ เหล่าสุวรรณ, บรรณาธิการ. **ประสบการณ์วิศวกรรมการระบบป้องกันอัคคีภัย**. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

โกวิทย์ วงษ์กุหลาบ. 2548. การศึกษาและประยุกต์ใช้โปรแกรม **Fire Dynamics Simulator** เพื่อการออกแบบป้องกันการเกิดเพลิงไหม้: กรณีศึกษาล้างเก็บอะไหล่รถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. 2548. **มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้**, พิมพ์ครั้งที่ 1, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย. 2545. **มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย**, พิมพ์ครั้งที่ 1, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคาร. 2545. **มาตรฐานการควบคุมควันไฟ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

นิวัฒน์ ศิริกุล. 2542. **การศึกษาเวลาในการหนีภัยในอาคาร-กรณีประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุทัศน์ จุฬามณี. 2546. เรื่องการอพยพคนลงจากอาคารสูง. **เซฟตี้ไลฟ์แมกกาซีน (45)**: 40-50.

Associated Fire Protection. 2006. How Fire Burn: **Fire Protection Basics**. Available Source: <http://www.associatedfire.com/howfiresburn>, Feb 25, 2006.

Banks, D. and Chang, C. 2003. Computational Fluid Dynamics Simulation of the Progress of Fire Smoke in Large Space Building Atria. **Tamkang Journal of Science and Engineering**, 6 (3): 151-157.

Ingason, H. 1996. **Experimental and Theoretical Study of Rack Storage fires**. Swedish National Testing and Research Institute. Available Source: [http://www.sp.se /fire /Abstracts /Abstract%202001_19.html](http://www.sp.se/fire/Abstracts/Abstract%202001_19.html), October 20, 2005.

Hinkley, P. L. 1995. **Smoke and Heat Venting**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

Quintiere, J. G. 1998. **Principles of Fire Behavior**. Thomsom Learning, Inc., United States of America.

Kandola, B. S. 1978. **Aerodynamic**. Journal of Industry, 3, 267.

Kandola, B. S. 1995. **Introduction to Mechanics of Fluids**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

Klote, J. H. 1995. **Smoke Control**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed., The National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

National Institute of Standards and Technology. 2004. **Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview**. (Computational Fluid Dynamics Model).

National Fire Protection Association. 1998. **NFPA 92A Recommended Practice for smoke control system.** Nation Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association. 1999. **NFPA 72 National Fire Alarm Code 1999 edition.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association. 2000. **NFPA 13 Standard For Sprinkler System Installation.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association. 2002. **NFPA 550 Guide to the Fire Safety Concepts Tree 2002 edition.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Nielsen, C. 2000. **An Analysis of Pre-Flashover Fire Experiments with Field Modeling Comparisons.** M.E. thesis, Canterbury University.

Petterson, N. M. 2002. **Assessing the Feasibility of Reducing the Grid Resolution in FDS Field Modeling.** M.E. thesis, Canterbury University.

Ryder , N. L ., Sutula , C. F. Schemel , A. J. Hammer and Brunt, V. V. 2004. **Consequence modeling using the fire dynamics simulator.** Journal of Hazardous Materials 115 (2004): 149-154.

Thermex-FR. 2005. Eliminating just one of these elements will kill the fire. **How Thermex-FR Work.** Available Source: <http://www.thermexfr.com/credentials>, Feb 25, 2006.

Walter, W. J. 2004. **CFAST–Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 5) Technical Reference Guide.** (Computer Program). Fire Research Division Building and Fire Research Laboratory.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ฐานข้อมูลคุณสมบัติและปฏิกิริยาการเผาไหม้ของวัสดุ

Database file for FDS 4 (Version 4.0, July, 2004)

Note the entries in this file are meant to serve as examples of gas and solid phase properties used in FDS. The user of FDS is solely responsible for verifying whether or not these parameters are appropriate for the problem at hand. Each number should be independently verified.

&REAC ID='PROPANE'

FYI='Propane, C₃H₈'

MW_FUEL=44

NU_O2=5.

NU_CO2=3.

NU_H2O=4.

SOOT_YIELD=0.01 /

&REAC ID='METHANE'

FYI='Methane, C H₄'

MW_FUEL=16

NU_O2=2.

NU_CO2=1.

NU_H2O=2.

RADIATIVE_FRACTION=0.15

SOOT_YIELD=0.01 /

&REAC ID='ETHANOL'

FYI='Ethanol, C₂ H₆ O'

EPUMO2=12842.

MW_FUEL=46.

NU_O2=3.

NU_H2O=3.

NU_CO2=2.

SOOT_YIELD=0.008

RADIATIVE_FRACTION=0.20 /

&REAC ID='ETHYLENE'

FYI='Ethylene, C₂ H₄'

NU_O2=3.

NU_CO2=2.

NU_H2O=2.

MW_FUEL=28.

SOOT_YIELD=0.010

RADIATIVE_FRACTION=0.20 /

&REAC ID='METHANOL'

FYI='Methyl Alcohol, C H₄ O'

MW_FUEL=32.

NU_O2=1.5

NU_H2O=2.

NU_CO2=1.

EPUMO2=13290.

SOOT_YIELD=0.0,

RADIATIVE_FRACTION=0.0 / Radiation will be based on CO₂, H₂O and Temperature

&REAC ID='HEPTANE'

FYI='Heptane, C₇ H₁₆'

MW_FUEL=100.

NU_O2=11.

NU_CO2=7.

NU_H2O=8.

CO_YIELD=0.006

SOOT_YIELD=0.015 /

&REAC ID='KEROSENE'

FYI='Kerosene, C₁₄ H₃₀, Tewarson, SFPE Handbook'

MW_FUEL=198.0

NU_O2=21.5

NU_CO2=14.0

NU_H2O=15.0

EPUMO2=12700.

CO_YIELD=0.012

SOOT_YIELD=0.042 /

&REAC ID='WOOD'

FYI='Ritchie, et al., 5th IAFSS, C_{3.4} H_{6.2} O_{2.5}'

SOOT_YIELD = 0.01

NU_O2 = 3.7

NU_CO2 = 3.4

NU_H2O = 3.1

MW_FUEL = 87.

EPUMO2 = 11020. /

&REAC ID='POLYURETHANE'

FYI='C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'

SOOT_YIELD = 0.10

MW_FUEL = 130.3

FUEL_N2 = 0.5

NU_CO2 = 6.3

NU_H2O = 3.55

NU_O2 = 7.025 /

&REAC ID='MMA'

FYI='MMA monomer, C_5 H_8 O_2(Methyl methacrylate) '

EPUMO2=13125.

MW_FUEL=100.

NU_O2=6.

NU_H2O=4.

NU_CO2=5.

SOOT_YIELD=0.022 /

&REAC ID='POLYSTYRENE'

FYI='Styrene, C_8 H_8'

MW_FUEL=104.

NU_O2=10.

NU_H2O=4.

NU_CO2=8.

SOOT_YIELD=0.164

CO_YIELD=0.06

RADIATIVE_FRACTION=0.45 /

&SURF ID = 'UPHOLSTERY'

FYI = 'Fleischmann and Chen, 100% acrylic'

C_DELTA_RHO = 1.29

TMPIGN = 280.

DENSITY = 40.0

RGB = 0.53,0.38,0.35

BURN_AWAY = .TRUE.

BURNING_RATE_MAX = 0.03

HEAT_OF_VAPORIZATION = 1500.

HEAT_OF_COMBUSTION = 30000. /

&SURF ID = 'CONCRETE'

FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'

RGB = 0.66,0.66,0.66

C_P = 0.88

DENSITY=2100.

KS = 1.0

DELTA = 0.1 /

&SURF ID = 'GYPSUM BOARD'

FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'

RGB = 0.80,0.80,0.70

HRRPUA = 100.

RAMP_Q = 'GB'

KS = 0.48

C_P = 0.84

DENSITY= 1440.

DELTA = 0.013

TMPIGN = 400. /

```

&RAMP ID='GB',T= 0.0,F=0.0 /
&RAMP ID='GB',T= 1.0,F=0.5 /
&RAMP ID='GB',T= 2.0,F=1.0 /
&RAMP ID='GB',T=10.0,F=1.0 /
&RAMP ID='GB',T=20.0,F=0.0 /
&RAMP ID='GB',T=30.0,F=0.0 /

```

```

&SURF ID          = 'CARPET'
  FYI              = 'Ohlemiller cone data'
  RGB              = 0.60,0.80,1.00
  BACKING          = 'INSULATED'
  TMPIGN          = 290.
  KS               = 0.16
  C_P              = 9.0
  DENSITY          = 750.
  DELTA            = 0.006
  FUEL_FRACTION    = 0.62
  BURNING_RATE_MAX = 0.05
  HEAT_OF_COMBUSTION = 22300.
  HEAT_OF_VAPORIZATION= 2000. /

```

```

&SURF ID          = 'SPRUCE'
  FYI              = 'Charring material'
  RGB              = 0.5,0.2,0.1
  PHASE            = 'CHAR'
  MOISTURE_FRACTION = 0.01
  DELTA            = 0.028
  TMPIGN           = 360.0
  HEAT_OF_VAPORIZATION = 500.

```

DENSITY = 450.
 RAMP_KS = 'KS'
 RAMP_C_P = 'CPV'
 RAMP_C_P_CHAR = 'CPC'
 RAMP_KS_CHAR = 'KSC'
 CHAR_DENSITY = 120.
 WALL_POINTS = 30
 BACKING = 'EXPOSED'/
 &RAMP ID = 'KS', T = 20., F = 0.13 /
 &RAMP ID = 'KS', T = 500., F = 0.29 /
 &RAMP ID = 'KSC', T = 20., F = 0.077 /
 &RAMP ID = 'KSC', T = 900., F = 0.16 /
 &RAMP ID = 'CPV', T = 20., F = 1.2 /
 &RAMP ID = 'CPV', T = 500., F = 3.0 /
 &RAMP ID = 'CPC', T = 20., F = 0.68 /
 &RAMP ID = 'CPC', T = 400., F = 1.5 /
 &RAMP ID = 'CPC', T = 900., F = 1.8 /

&SURF ID = 'ETHANOL'
 PHASE = 'LIQUID'
 RGB = 0.40,0.40,0.40
 HEAT_OF_VAPORIZATION = 837.
 HEAT_OF_COMBUSTION = 26800.
 BURNING_RATE_MAX = 0.015
 DELTA = 0.05
 KS = 0.16
 C_P = 2.4
 DENSITY = 780.
 TMPIGN = 78.

SURFACE_DENSITY = 5.0 /

&SURF ID = 'METHANOL'

RGB = 0.40,0.40,0.40

HEAT_OF_VAPORIZATION = 1101.

HEAT_OF_COMBUSTION = 19800.

BURNING_RATE_MAX = 0.020

PHASE = 'LIQUID'

DELTA = 0.1

KS = 0.20

DENSITY = 790.

C_P = 2.5

TMPIGN = 65. /

&SURF ID = 'HEPTANE'

RGB = 0.40,0.40,0.40

HEAT_OF_VAPORIZATION = 316.

HEAT_OF_COMBUSTION = 46112.

BURNING_RATE_MAX = 0.065

PHASE = 'LIQUID'

DELTA = 0.10

KS = 0.16

C_P = 2.24

DENSITY = 800.

TMPIGN = 98. /

&SURF ID = 'KEROSENE'

FYI = 'NIST Database, n-dodecane, C₁₂ H₂₆'

RGB = 0.40,0.40,0.40

TMPIGN = 216.0

```

HEAT_OF_VAPORIZATION = 256.0
HEAT_OF_COMBUSTION  = 42800.

DELTA                = 0.10
KS                   = 0.109
DENSITY              = 810.
C_P                  = 2.4
PHASE                 = 'LIQUID' /

&SURF ID              = 'PMMA'
FYI                   = 'Quintiere, Fire Behavior'
RGB                   = 0.90,0.90,0.90
HEAT_OF_VAPORIZATION = 1620.
HEAT_OF_COMBUSTION  = 25200.
BURNING_RATE_MAX     = 0.028
DELTA                 = 0.012
KS                    = 0.19
C_P                   = 1.42
DENSITY              = 1190.
BACKING               = 'INSULATED'
TMPIGN                = 380. /

&SURF ID              = 'MARINITE'
FYI                   = 'BNZ Materials, Marinite I'
RGB                   = 0.70,0.70,0.70
BACKING               = 'EXPOSED'
EMISSIVITY            = 0.8
DENSITY               = 737.
RAMP_C_P              = 'rampcp'
RAMP_KS               = 'rampks'
DELTA                 = 0.0254 /

```

&RAMP ID='rampks',T= 24.,F=0.13 /

&RAMP ID='rampks',T=149.,F=0.12 /

&RAMP ID='rampks',T=538.,F=0.12 /

&RAMP ID='rampcp',T= 93.,F=1.172 /

&RAMP ID='rampcp',T=205.,F=1.255 /

&RAMP ID='rampcp',T=316.,F=1.339 /

&RAMP ID='rampcp',T=425.,F=1.423 /

&SURF ID = 'CEILING TILE'

RGB = 0.95,0.95,0.95

FYI = 'Armstrong Ceramaguard (Item 602B)'

ALPHA = 2.6E-7

KS = 0.0611

DELTA = 0.016 /

&SURF ID = 'SHEET METAL'

FYI = '18 guage sheet metal'

RGB = 0.20,0.20,0.20

C_DELTA_RHO = 4.7

DELTA = 0.0013 /

&SURF ID = 'PLASTIC A'

FYI = 'FMRC Standard Plastic Commodity'

HRRPUA = 500.

RAMP_Q = 'GAP'

C_DELTA_RHO = 1.0

TMPIGN = 370.

E_COEFFICIENT = 0.5

DENSITY = 12.5

BURN_AWAY = .TRUE.

```

HEAT_OF_COMBUSTION = 40000.

POROSITY          = 0.50 /

&RAMP ID='GAP',T=  0.0,F=0.0 /
&RAMP ID='GAP',T=  1.0,F=0.6 /
&RAMP ID='GAP',T= 30.0,F=0.2 /
&RAMP ID='GAP',T= 80.0,F=1.6 /
&RAMP ID='GAP',T=100.0,F=1.0 /

&SURF ID          = 'STEEL'

  RGB              = 0.20,0.20,0.20

  C_DELTA_RHO      = 20.

  DELTA            = 0.005 /

&SURF ID          = 'BRICK'

  FYI              = 'Quintiere, Fire Behavior'

  RGB              = 0.65,0.16,0.16

  KS               = 0.69

  C_P              = 0.84

  DENSITY          = 1600.

  DELTA            = 0.10 /

&SURF ID          = 'GLASS'

  FYI              = 'Quintiere, Fire Behavior'

  RGB              = 1.0,1.0,0.75

  DELTA            = 0.005

  KS               = 0.76

  C_P              = 0.84

  DENSITY          = 2700.

  BACKING          = 'EXPOSED' /

```

ภาคผนวก ข

ฐานข้อมูลคุณสมบัติของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ชนิด K5

MANUFACTURER

Nobody

MODEL

K-5

OPERATING_PRESSURE

0.483

K-FACTOR

79.

RTI

110.

C-FACTOR

0.

ACTIVATION_TEMPERATURE

74.

OFFSET_DISTANCE

0.1

SIZE_DISTRIBUTION

1

800 2.43 0.6

VELOCITY

1

55. 75. 8.0

ชนิด K11

MANUFACTURER

Central

MODEL

K-11

OPERATING_PRESSURE

1.30

K-FACTOR

166.

RTI

148.

C-FACTOR

0.7

OFFSET_DISTANCE

0.20

ACTIVATION_TEMPERATURE

74.

SIZE_DISTRIBUTION

1

900.,2.43,0.58

VELOCITY

1

30. 80. 10.0

ชนิด K25

MANUFACTURER

Grinnell

MODEL

K-25

OPERATING_PRESSURE

1.30

K-FACTOR

363.

RTI

50.

C-FACTOR

0.3

OFFSET_DISTANCE

0.20

ACTIVATION_TEMPERATURE

74.

SIZE_DISTRIBUTION

1

1300.,2.43,0.58

VELOCITY

1

30. 90. 10.0

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นายสุรินทร์ สุจินต์ธรรมสาร

เกิดวันที่ 24 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2520

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

ประวัติการศึกษา วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ 6

สถานที่ทำงานปัจจุบัน กองควบคุมคุณภาพน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค