



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

A Numerical Simulation of Atrium Smoke Ventilation in Mechanical Engineering  
Building, Kasetsart University

นามผู้วิจัย นายเอกชัย แก้วกาญจนดิษฐ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์อภิชาติ แจ่มบำรุง, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

A Numerical Simulation of Atrium Smoke Ventilation in Mechanical Engineering  
Building, Kasetsart University

โดย

นายเอกชัย แก้วกาญจนดิษฐ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกชัย แก้วกาญจนดิษฐ์ 2553: การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารภาควิชา  
วิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย โครงการ  
สหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. 205 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลการศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยใช้โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) ซึ่ง  
พัฒนาโดย National Institute of Standards and Technology (NIST) ประเทศสหรัฐอเมริกา การวิจัยทำโดย  
จำลองการเผาไหม้ของเปลวไฟ 3 ขนาด ได้แก่ 2.2 6 และ 12 MW การจำลองได้ดำเนินการบนสมมติฐาน  
เหตุการณ์เพลิงไหม้เลวร้ายที่สุด โดยกำหนดให้เพลิงเกิดขึ้นบริเวณพื้นกลางโถง atrium ซึ่งตั้งอยู่บนชั้น 2 ของ  
อาคาร การจำลองได้ศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟภายในอาคาร โดยแบ่งกลุ่มการจำลองเป็น 3  
กรณีคือ อาคารไม่มีระบบควบคุมควันไฟติดตั้ง อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยวิธีทางกลแต่ไม่ติดตั้งบ่อดัก  
ควัน และอาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยวิธีทางกลและติดตั้งบ่อดักควัน

ผลจากการจำลองแสดงให้เห็นว่ากรณีไม่มีระบบควบคุมควันไฟติดตั้งเมื่อเกิดเพลิงไหม้ทุกขนาดกอง  
เพลิงอุณหภูมิควันไฟเฉลี่ยที่ช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 มีค่าสูงกว่า 49 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่มากกว่า 49  
องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคารตามที่ภาคผนวก B ของมาตรฐาน NFPA 130, 2000  
edition กำหนด ขณะที่กรณีเกิดเพลิงไหม้ขนาด 2.2 MW เมื่อมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ ควันไฟจะถูก  
ระบายออกจากอาคารทำให้อุณหภูมิควันไฟเฉลี่ยที่ต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส แต่เมื่อจำลองเพลิงไหม้ขนาด 6  
และ 12 MW พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบระบายควันไฟด้วยพัดลมระบายควันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ติดตั้งบ่อดัก  
ควันไม่สามารถลดอุณหภูมิควันไฟที่ช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 ให้ต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียสได้ แต่การติดตั้ง  
ระบบระบายควันไฟด้วยพัดลมระบายควันและติดตั้งบ่อดักควันจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟภายในช่อง  
ทางเดินชั้น 4 และ 5 ของอาคารลดต่ำลงจนต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส ที่ทุกขนาดกองเพลิงซึ่งทำให้สามารถใช้  
ช่องทางเดินทุกชั้นของอาคารในการอพยพหนีไฟได้

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Ekachai Kaewkanjanadit 2010: A Numerical Simulation of Atrium Smoke Ventilation in Mechanical Engineering Building, Kasetsart University. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Nathasak Boonmee, Ph.D. 205 pages.

This thesis presents a numerical simulation of mechanical smoke exhaust system in an atrium of the Mechanical Engineering building, Kasetsart University. The simulations were performed by a computational fluid dynamics program called Fire Dynamics Simulator (FDS) developed by the National Institute of Standards and Technology (NIST), USA. The simulations were carried out for 3 fire sizes: 2.2 MW, 6 MW, and 12 MW. The fire location was placed at the center of the atrium on the second floor in order to depict the worst case scenario atrium fire. For all fire sizes, the calculations were carried out for 3 main cases: no smoke exhaust system, smoke exhaust system without smoke reservoir and smoke exhaust system with smoke reservoir.

The numerical results shown that for the case of no smoke exhaust system, the average smoke temperatures on the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> floor corridors were over 49°C for all fire sizes. The temperature above 49°C is considered to be harmful for occupant according to the appendix B of NFPA 130, 2000 edition. For the case of 2.2 MW fire, the smoke exhaust system could vent out smoke reducing the temperature to be under 49°C. However, the smoke exhaust system only could not decrease the temperatures of the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> corridor to be under 49°C for the cases of 6 and 12 MW fires. As installing smoke reservoir, the smoke exhaust system could vent out smoke providing the smoke temperatures on the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> floor corridor below 49°C for all fire sizes. Therefore, the corridors of the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> floors were safe for fire evacuation.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ อนุรักษ์ศักดิ์ บุญมี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้กับข้าพเจ้า จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่มอบวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า หญิง และสาวเจ้าหน้าที่ประจำโครงการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานต่าง ๆ ตลอดจนพี่น้องร่วมสถาบันที่ได้ให้ความช่วยเหลือสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่सानต์ กิตติสันต์ ชัยพลกษณ์ และปฐเมธ ที่ช่วยเอื้อเฟื้อข้อมูล

ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทั้งหลายตั้งแต่อดีตจนปัจจุบันที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าในเรื่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์พิชญะ จันทรานูวัฒน์ ที่ได้ให้การสนับสนุนข้อมูลและช่วยสละเวลาในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วรภัทร์ ที่ทำให้เรื่องธรรมะนั้นเข้าใจง่าย และพี่ภูที่สอนให้รู้ว่าหนึ่งวันมีเพียง 24 ชั่วโมง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย น้องชาย คุณตา และเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มาโดยตลอด

เอกชัย แก้วกาญจนดิษฐ

เมษายน 2553

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	41
ผล	41
วิจารณ์	77
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก รายละเอียดการคำนวณระบบควบคุมควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204	86
ภาคผนวก ข ตัวอย่างรายละเอียดของข้อมูลคำสั่ง (Input Files)	89
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	205

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของวัสดุที่กำหนดในโปรแกรม FDS	29
2	สัมประสิทธิ์ Stoichiometric สำหรับแบบจำลองการเผาไหม้ Mixture Fraction	32
3	ค่าพิกัดความสูงที่กำหนดในการคำนวณของโปรแกรม FDS	34
4	การคำนวณอัตราการระบายควันตามมาตรฐาน NFPA 204	35
5	การคำนวณอัตราการระบายควันของพัดลมระบายควันตามมาตรฐาน NFPA 204 ที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing	35
6	กรณีศึกษาพฤติกรรมของการควบคุมควันไฟของ โถง atrium ด้วยพัดลมระบาย ควัน	40
7	เวลาในการเริ่มทำงานของพัดลมระบายควันในแต่ละกรณี	42
8	ตารางแสดงความสูงเฉลี่ยของห้องควันควันไฟภายใน โถง atrium ที่สภาวะคง ตัว	56
9	ตารางแสดงความสูงเฉลี่ยของห้องควันไฟภายใน โถง atrium ที่สภาวะคงตัว	59

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลำควันสมมาตร (Axisymmetric plume) ตาม McCaffrey 1995 เสนอ	6
2	การกำหนดตัวแปรของควันไหลใต้เพดานตามสมการของ Alpert 1972	9
3	การกำหนดตัวแปรของห้องซึ่งมีคานที่เพดานตามสมการของ Delichatsios 1978	11
4	พฤติกรรมเพลิงไหม้ภายในห้องหรือพื้นที่ปิดและการวัดความสูงของห้องควัน (Smoke interface height)	16
5	รูปแบบการระบายควันของ โถง Atrium ด้วยวิธีทางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน NFPA 204 Standard for Smoke and Heat Venting	17
6	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 1	22
7	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 2	23
8	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 3	23
9	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 4	24
10	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 5	24
11	แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นดาดฟ้า	25
12	รูปด้านทิศตะวันออก	25
13	รูปด้านทิศตะวันตก	26
14	รูปด้านทิศเหนือและใต้	26
15	ภาพตัดแสดงรายละเอียดของ โถง Atrium ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	27
16	การกำหนดตำแหน่งและชนิดของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย	29
17	ภาพแสดงตำแหน่งกองเพลิงและควันไฟในการจำลองเพลิงไหม้ภายในโถง Atrium	30
18	กราฟแสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของต้นคริสต์มาส John H. Klote 2002	31

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	กราฟแสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงที่ใช้ในการจำลอง	32
20	แบบจำลองอาคารวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อการจำลองพฤติกรรมการแพร่กระจายควันภายในอาคาร	33
21	การติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS	37
22	ภาพด้านบนอาคารแสดงการติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS	37
23	ภาพด้านหน้าอาคารแสดงการติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS	38
24	ภาพด้านทิศเหนือของอาคารแสดงการติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS	38
25	ภาพด้านหน้าอาคารแสดงการติดตั้งม่านกันควันที่บริเวณชั้น 4 และชั้น 5	39
26	ภาพด้านทิศเหนือแสดงการติดตั้งม่านกันควันบริเวณชั้น 4 และชั้น 5	39
27	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, No Vent)	43
28	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6 MW, No Vent)	44
29	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12.0 MW, No Vent)	46
30	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, No Curtain)	47
31	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, No Curtain)	48
32	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, No Curtain)	49
33	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	50
34	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	51

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	52
36	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	53
37	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	54
38	ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	55
39	แสดงตำแหน่งที่ตั้งจุดวัดความสูงของห้องควันภายในอาคาร	60
40	ความสูงของห้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 2.2 MW ภายในโถง atrium	60
41	ความสูงของห้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 6 MW ภายในโถง atrium	61
42	ความสูงของห้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 12 MW ภายในโถง atrium	61
43	ภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, No Vent)	64
44	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, No Vent)	65
45	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12.0 MW, No Vent)	66
46	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, No Curtain)	67
47	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, No Curtain)	68
48	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, No Curtain)	69

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
49	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	70
50	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	71
51	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 5 <sup>th</sup> Floor)	72
52	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	73
53	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	74
54	การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 4 <sup>th</sup> & 5 <sup>th</sup> Floor)	75
55	ภาพแสดงผลอุณหภูมิของควีนไฟบริเวณใกล้เพดานโถง atrium ในการจำลอง	76

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$A_v$	=	พื้นที่ของช่องเปิดระบายควันไฟมีหน่วยเป็นตารางเมตร ( $m^2$ )
$A_i$	=	พื้นที่ของช่องดูดอากาศมีหน่วยเป็นตารางเมตร ( $m^2$ )
$C_s$	=	ค่าคงที่ของ Smagorinsky
$C_{d,v}$	=	สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านช่องเปิดระบายควันไฟ
$C_{d,i}$	=	สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านช่องดูดอากาศ
$D$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion Coefficient)
$g$	=	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Acceleration of Gravity)
$h$	=	เอนทัลปี (Enthalpy; Heat Transfer Coefficient)
$h_{fg}$	=	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ
$H$	=	ค่าความสูงที่วัดจากฐานของกองเพลิงจนถึงเพดานมีหน่วยเป็นเมตร (m)
$k$	=	ค่าคงที่ของการนำความร้อน (Thermal Conductivity)
$L$	=	ความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
$L_v$	=	ขนาดความยาวของช่องเปิดระบายควัน มีหน่วยเป็นเมตร (m)
$\dot{m}_p$	=	อัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิง (kg/s)
$\dot{m}_v$	=	อัตราการระบายควันไฟผ่านช่องเปิดระบายควันไฟ (kg/s)
$\dot{m}_i''$	=	อัตราการผลิตมวลของสปีชีส์ที่ $i$ ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (Mass Production Rate of $i^{\text{th}}$ species per unit volume)
$p$	=	ความดัน (Pressure)
$\rho$	=	ความหนาแน่น (Density)
$\dot{Q}$	=	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW)
$\dot{Q}_c$	=	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อน โดยการพาความร้อนของกองเพลิง (kW)
$q_r$	=	เวกเตอร์การแผ่รังสีความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Radiative Heat Flux Vector)
$\gamma$	=	ค่า exhaust location factor
$S$	=	ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง (m)
$S$	=	อัตราส่วนโดยมวลของออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ (stoichiometric oxygen to fuel mass ratio)
$\tau$	=	แรงเค้นเฉือน (Viscous Stress Tensor)

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$t$	= เวลา (Time)
$T_0$	= อุณหภูมิของลำควัน
$T_p$	= อุณหภูมิของควัน
$T_\infty$	= อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
$u$	= ความเร็วของเวกเตอร์ $u$ และ $w$ (Velocity Vector)
$V_{\max}$	= อัตราการระบายควันสูงสุดที่อุณหภูมิ $T_s$ ที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )
$W_v$	= ขนาดความกว้างของช่องเปิด มีหน่วยเป็นเมตร (m)
$Y_F^L$	= เศษส่วน โดยมวลของเพลิงเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิด
$Y_F$	= เศษส่วน โดยมวลของเชื้อเพลิง
$Y_0$	= เศษส่วน โดยมวลของออกซิเจน
$Y_0^\infty$	= เศษส่วน โดยมวลของออกซิเจนในอากาศ
$Y_l$	= สัดส่วนของมวล (Mass Fraction)
$Z$	= mixture fraction
$Z_s$	= ความสูงของควัน (m)
$Z_0$	= ความสูงเสมือนของกองเพลิง (m)

### คำอธิบายคำย่อ

FDS	= Fire Dynamics Simulator
NIST	= National Institute of Standards and Technology

**การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูง อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข**

**A Numerical Simulation of A Atrium Smoke Ventilation in Mechanical  
Engineering Building, Kasetsart University**

**คำนำ**

ปัจจุบันต้นทุนในการก่อสร้างอาคารเป็นเรื่องที่ก่อให้เกิดปัญหา ทำให้การทำงานไม่เกิดประสิทธิภาพและความปลอดภัยที่เพียงพอกับต้นทุนที่แท้จริง การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงไปในจุดต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสม อาจไม่เกิดประสิทธิภาพที่สูงสุดหรืออาจไม่เกิดประสิทธิภาพเลย การที่จะทดสอบโดยสร้างแบบจำลองของจริงหรือแม้กระทั่งทดสอบโดยสภาวะแวดล้อมจริงกระทำได้โดยยาก เสียเวลาและเป็นการเพิ่มต้นทุนอย่างมาก เป็นผลให้การทำงานจริง ๆ ผู้ประกอบการมักไม่ใส่ใจในเรื่องของผลที่จะเกิดขึ้นจริง เพื่อจะเป็นแนวทางให้ผู้เป็นเจ้าของอาคารหรือกระทั่งผู้ออกแบบการก่อสร้าง ผู้ดำเนินงานก่อสร้าง ได้มองเห็นถึงผลที่เกิดจากการทำงานที่เกิดผลสูงสุดในการป้องกันอัคคีภัยในอาคาร แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เป็นทางออกทางหนึ่งที่ได้ผลและประหยัดต้นทุนในการใช้จ่าย อีกทั้งยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นไปของเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น หากมีอัคคีภัยเกิดขึ้นจริง ในอาคารที่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันและไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ

ในโครงการวิทยานิพนธ์นี้จะทำการวิจัยโดยใช้อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (อาคาร 5) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นตัวอย่าง อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลเป็นอาคาร 5 ชั้น มีชั้นดาดฟ้าเป็นหลังคา ติดระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ทั้งอาคารประกอบไปด้วยห้องเรียนห้องพักอาจารย์ ห้องประชุม ห้องเก็บน้ำสำรองในกรณีเกิดเพลิงไหม้และห้องต่าง ๆ โดยจะทำการจำลองเหตุการณ์ผ่านทางการใช้โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยซึ่งสามารถทำการศึกษา วิเคราะห์และจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของควันไฟเมื่อเกิดเพลิงไหม้ได้

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมเพลิงไหม้ภายในอาคารด้วยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยการศึกษาจะเน้นถึงพฤติกรรมของเพลิงไหม้และการกระจายตัวของควันภายใน โถงสูงและเส้นทางสู่ทางหนีไฟอาคารภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ในเหตุการณ์เพลิงไหม้สมมุติแบบเลวร้ายที่สุด (worst case scenario)
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองเพลิงไหม้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ในการจำลองเพลิงไหม้และการกระจายตัวของควันภายในอาคารภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล
3. เพื่อเปรียบเทียบถึงการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟกับการไม่ติดตั้งระบบควบคุมควันไฟของอาคารภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกลโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 92B, Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces

## ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองการศึกษาการระบายควันไฟที่เกิดในโถงสูงและทางเดินไปสู่ทางหนีไฟที่ติดอยู่กับ โถงสูงของอาคารภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เท่านั้น ไม่ได้รวมถึงการเกิดเพลิงไหม้ที่บริเวณอื่น

## การตรวจเอกสาร

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพลิงไหม้ที่เกิดโดยส่วนใหญ่ที่มีการศึกษากัน โดยมากมักจะเป็นการนำเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ตัวอย่างเช่น การวิจัยของ Madrzykowski *et al.* (1999) ได้ทำวิจัยเรื่องการศึกษาระเบียบวิธีตัวเลขโดยยกตัวอย่างไฟไหม้อาคารบ้านแฝดสองชั้นที่ไอโอวา (Iowa) เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 1999 โดยนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ซึ่งเกิดขึ้นจริงเพื่อสืบสวนหาสาเหตุที่แท้จริง และพัฒนาวัสดุในการก่อสร้าง มีการตั้งสมมติฐานว่าไฟเริ่มลุกไหม้จาก เตาไฟภายในครัวแล้วแผ่กระจายไปยังบันไดชั้นสองใช้เวลาประมาณ 9 นาทีนับตั้งแต่เกิดประกายไฟ Input ที่กำหนดในโปรแกรม FDS ประกอบไปด้วย เรขาคณิตของโครงสร้าง ขนาดของเซลล์ ที่อยู่ของต้นกำเนิดเพลิง พลังงานที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเพลิง คุณสมบัติในเรื่องอุณหภูมิของวัสดุ โครงสร้าง ตำแหน่งที่วางของเฟอร์นิเจอร์ รวมไปถึงตำแหน่งและเวลาการเปิดช่องเปิดต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของไฟ (Fire Growth) และการแพร่กระจายของเพลิง ซึ่งข้อมูลที่ได้เข้าไปได้มาจาก 3 แหล่งคือ การสืบสวนของ Bureau of Alcohol Tobacco and Firearms (ATF), การสืบสวนของ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และคุณสมบัติของวัสดุจากฐานข้อมูลของ FDS ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่ามีการลุกไหม้จากจุดที่เกิดไฟไปยังชั้นบนใช้เวลาประมาณ 8 นาที เหตุการณ์วิกฤติเริ่มขึ้นตอนเกิดแฟลชโอเวอร์ (Flashover) ขึ้นที่ครัว ณ เวลาประมาณ 8:32 น. ไฟขยายลุกลามไปในบริเวณกว้างใช้เวลาประมาณ 60 วินาที อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 200 องศาเซลเซียสไปเป็น 600 องศาเซลเซียสในเวลา น้อยกว่า 1 นาที ถ้าชรั้อนและเปลวไฟแพร่กระจายอย่างรวดเร็วไปยังชั้นสองของอาคาร การวิจัยของ Walton *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่องการศึกษาระเบียบวิธีตัวเลข ใช้กรณีเพลิงไหม้ที่ร้านอาหารที่เท็กซัส (Texas) เมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2000 มีการตั้งสมมติฐานว่าไฟเกิดขึ้นที่สำนักงานในร้านอาหารและลุกลามผ่านช่องเพดานไปยังห้องใต้หลังคาของร้านอาหาร ค่าที่ใส่เข้าไป (Input) ที่กำหนดในโปรแกรม FDS ประกอบไปด้วย เรขาคณิตของโครงสร้าง ขนาดของเซลล์ ที่อยู่ของต้นกำเนิดเพลิง พลังงานที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเพลิง คุณสมบัติในเรื่องอุณหภูมิของวัสดุ โครงสร้าง ตำแหน่งที่วางของเฟอร์นิเจอร์ รวมไปถึงตำแหน่งและเวลาการเปิดช่องเปิดต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของไฟ (Fire Growth) และการแพร่กระจายของเพลิง ซึ่งข้อมูลของค่าที่ใส่เข้าไป (Input) ได้มาจากข้อมูลและภาพถ่ายของ National Institute for Occupational Safety and

Health (NIOSH), the City of Houston Fire and Arson Bureau, the City of Houston Fire Department, และ the Bureau of Alcohol Tobacco and Firearms (ATF) ซึ่งผลที่ได้บ่งบอกอย่างชัดเจนว่าไฟเกิดขึ้นที่บริเวณสำนักงานของร้านอาหาร และกระจายไปยังห้องใต้หลังคาซึ่งโมเดลได้บอกถึงอุณหภูมิที่สูง 400 องศาเซลเซียสและปริมาณออกซิเจนที่น้อย (2%) ซึ่งให้เห็นถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดพลังงานที่สูงขึ้นของไฟ, การวิจัยของ Madrzykowski and Vettori (2000) ศึกษากรณีการเกิดเพลิงไหม้ที่ 3146 Cherry Road NE, Washington D.C. เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 1999 Input ที่กำหนดในโปรแกรม FDS ประกอบไปด้วย เรขาคณิตของโครงสร้าง ขนาดของเซลล์ ที่อยู่ของต้นกำเนิดเพลิง พลังงานที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดเพลิง คุณสมบัติในเรื่องอุณหภูมิของวัสดุโครงสร้าง ตำแหน่งที่วางของเฟอร์นิเจอร์รวมไปถึงตำแหน่งและเวลาการเปิดช่องเปิดต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของไฟ (Fire Growth) และการแพร่กระจายของเพลิง ซึ่งข้อมูลที่ใส่เข้าไป (Input) ได้มาจาก 3 แหล่งคือ District of Columbia Fire and Emergency Medical Services Department Reconstruction Committee, ภาพถ่ายของ พนักงานของ NIST ซึ่งทำการสำรวจพื้นที่ระหว่างวันที่ 3 มิถุนายน 1999 และคุณสมบัติของวัสดุจากฐานข้อมูลของ FDS ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าไฟลุกลามจากเพดานบริเวณชั้นล่างของบ้าน ไฟขยายตัวลุกลาม ไปยังเพดานและเชื้อเพลิงซึ่งอยู่บริเวณที่ติดกันในบริเวณชั้นล่างจนกระทั่งถูกจำกัดด้วยภาวะขาดออกซิเจน หลังจากนั้นพนักงานดับเพลิงได้เปิดประตูเข้ามาในอาคาร ช่องเปิดซึ่งอยู่ชั้นที่ 1 และ 2 จึงเกิดการกระทบอย่างรุนแรงจากเปลวไฟ ประตูกระจกเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการเพิ่มอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Heat release rate) ของไฟอย่างรวดเร็ว

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

### 1. ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของไฟในพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure Fire Dynamics)

การเคลื่อนที่ของไฟภายในพื้นที่ปิดล้อมเป็นทฤษฎีที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษาการจำลองการเกิดเพลิงไหม้และการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคาร โดยการจำลองการเกิดเพลิงไหม้นั้นจะเป็นการศึกษาและคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องขณะเกิดเพลิงไหม้ พฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและการพัฒนาของเพลิงไหม้ในระยะเวลาต่าง ๆ

รวมทั้งการตอบสนองของอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบป้องกันอัคคีภัยที่ติดตั้งภายในห้องนั้น ๆ ในการจำลองพฤติกรรมของเพลิงไหม้ภายในห้องสามารถจำลองได้ 2 แบบคือ

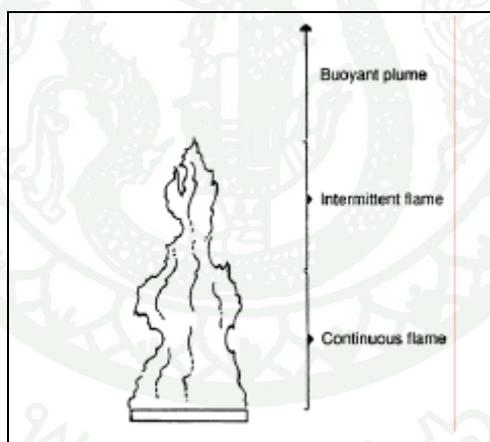
1.1 การจำลองแบบโซน (Zone Model) เป็นการจำลองแบบแบ่งสภาวะของก๊าซภายในห้องออกเป็นโซนตามคุณสมบัติทางกายภาพของการเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ช่วงระยะเริ่มต้นของการเกิดเพลิงไหม้ควันร้อนจะลอยตัวอยู่ติดบนเพดาน ในขณะที่อากาศเย็นจะลอยตัวอยู่ด้านล่างบนพื้นห้อง ทำให้สามารถแบ่งห้องออกเป็น 2 โซนคือ โซนด้านบนที่เป็นควันร้อน และโซนด้านล่างที่เป็นอากาศเย็น โดยในการวิเคราะห์สภาวะต่าง ๆ ในแต่ละโซนของห้องจะใช้สมการการอนุรักษ์ต่าง ๆ เช่นสมการอนุรักษ์พลังงาน สมการอนุรักษ์มวลเป็นต้น อย่างไรก็ตามการจำลองแบบโซนนี้สามารถใช้ได้ดีกับห้องหรืออาคารที่ไม่สลับซับซ้อนนัก

1.2 แบบจำลองพลศาสตร์การไหล (Computation Fluid Dynamics Model; CFD) เป็นแนวคิดที่สร้างแบบจำลองโดยการแบ่งห้องหรืออาคารที่เกิดเพลิงไหม้ออกเป็นปริมาตรเล็ก ๆ เป็นจำนวนมากทั่วทั้งห้องหรืออาคาร จากนั้นใช้สมการการอนุรักษ์พลังงานต่าง ๆ คำนวณหาสภาวะและคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของไฟและควันไฟในปริมาตรเล็ก ๆ เหล่านั้นโดยการแก้สมการจะต้องอาศัยการคำนวณขั้นสูงและต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ ระยะเวลาในการคำนวณขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของห้องหรืออาคาร และจำนวนความละเอียดของปริมาตรเล็ก ๆ ที่แบ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองจะคล้ายกับเหตุการณ์จริง แต่ความถูกต้องของการจำลองจะขึ้นอยู่กับความรู้และความเชี่ยวชาญพื้นฐานทางวิศวกรรมของผู้ใช้การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โมเดลสำหรับการคำนวณ เพื่อวิเคราะห์การเกิดเหตุเพลิงไหม้มีมาตั้งแต่ประมาณปี 1960 จนถึงปัจจุบันนี้จุดประสงค์หนึ่งของการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนและเป็นเครื่องมือสำคัญในการใช้ประเมินความเสี่ยงอันตรายจากเพลิงไหม้ จึงได้มีการนำโปรแกรมพลศาสตร์การไหลมาช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดเพลิงและการลามของเพลิง จนพัฒนาเป็นโปรแกรม Fire Dynamics Simulator และ Smokeview ของสถาบัน National Institute of Standards and Technology เพื่อเป็นเครื่องมือในการคำนวณและศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของไฟด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เทียบเคียงกับการทดลองจริง ผลการศึกษาองค์ประกอบของไฟในพื้นที่ปิดล้อม ทำให้ทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้และการพัฒนาของเพลิง การส่งถ่ายพลังงานความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ ตลอดจนการเคลื่อนที่ของควันไฟ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

Babrauskas (1979) พัฒนาโมเดลโดยยึดถือการเกิด flashover จะเกิดขึ้นเมื่อผลต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูง ( $\Delta T$ ) เท่ากับ 575 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส วิธีการคำนวณหาค่าแฟลชโอเวอร์ (Flashover) ส่วนใหญ่ใช้เทคนิคสมดุลและพลังงาน (Mass and Energy Balance) ควบคู่กับข้อมูลการทดลอง และใช้ผลการทดลองเปรียบเทียบกับคำนวณ กฎการเกิดไฟลุกท่วมที่ได้จากการทดลองและการคำนวณนั้น ค่าพิทการคายความร้อนต่ำสุด ที่ทำให้เกิดไฟลุกท่วม ขึ้นอยู่กับขนาดช่องเปิดที่ถ่ายเทอากาศเข้ามาในห้อง หรือเรียกว่าเวทิลเลชันแฟกเตอร์ (Ventilation factor)

## 2 ลำควัน (Fire Plume)

ลำควันหรือพลูม (plume) คือลำของควันร้อนซึ่งเป็นแก๊สผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้งเนื่องจากแรงลอยตัว ลำควันแบบสมมาตร (axisymmetric plume) แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลำควันสมมาตร (Axisymmetric plume)

ที่มา: McCaffrey (1995)

McCaffrey (1995) ได้แบ่งช่วงของลำควันแบบสมมาตรออกเป็น 3 ช่วง คือ

2.1 ช่วงเปลวไฟต่อเนื่อง (Continuous flame) คือช่วงความสูงซึ่งวัดจากผิวหน้าของกองเพลิงจนถึงระดับสูงสุดที่มีเปลวไฟปรากฏอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ช่วงนี้เป็นช่วงที่เชื้อเพลิง

และอากาศเกิดการเผาไหม้ อุณหภูมิของลำควันในช่วงนี้มีค่าสูงซึ่งโดยประมาณจะเท่ากับอุณหภูมิของเปลวไฟ

2.2 ช่วงเปลวไฟบางส่วน (Intermittent flame) คือช่วงความสูงที่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศเกือบสมบูรณ์แล้วทำให้มองเห็นเปลวไฟปรากฏอยู่เพียงบางส่วนบางช่วงเวลาไม่ต่อเนื่อง ความเร็วการไหลในแนวตั้งของลำควันจะมีค่าค่อนข้างคงที่ การไหลเติมของอากาศจากภายนอกเข้ามาผสมกับควันทำให้อัตราการไหลของลำควันมีค่าเพิ่มขึ้นตามความสูง

2.3 ช่วงพุ่ม (Plume) เป็นช่วงที่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเสร็จสมบูรณ์ ลำควันในช่วงนี้จะประกอบไปด้วยควันร้อนและอากาศซึ่งไหลเติมจากบรรยากาศโดยรอบเท่านั้น ความเร็วและอุณหภูมิของลำควันในช่วงนี้จะแปรผกผันกับความสูงเนื่องจากมีอากาศซึ่งเย็นกว่าโดยรอบไหลเข้ามาผสมเจือจางทำให้ควันเย็นลง

จากการศึกษาพฤติกรรมของลำควัน McCaffrey (1995) ได้ทำการทดลองและเสนอสมการจากการทดลองเพื่อประมาณค่าอุณหภูมิและความเร็วของลำควันที่ระดับความสูงต่าง ๆ ตามแนวแกนของลำควัน (plume centerline) ดังนี้

ช่วงเปลวไฟต่อเนื่อง เมื่อ  $z / \dot{Q}^{2/5} < 0.08$ :

$$\Delta T_0 = T_0 - T_\infty = 2.91 T_\infty \quad (1)$$

$$u_0 = 6.8 \dot{z}^{1/2} \quad (2)$$

ช่วงเปลวไฟต่อเนื่อง เมื่อ  $0.08 < z / \dot{Q}^{2/5} < 0.2$ :

$$\Delta T_0 = T_0 - T_\infty = 0.227 \left( \frac{\dot{Q}^{2/5}}{z} \right) T_\infty \quad (3)$$

$$u_0 = 1.9 \dot{Q}^{1/5} \quad (4)$$

ช่วงพลูมเมื่อ  $z/\dot{Q}^{2/5} > 0.2$ :

$$\Delta T_0 = T_0 - T_\infty = 0.076T_\infty \left( \frac{\dot{Q}^{2/5}}{z} \right)^{5/3} \quad (5)$$

$$u_0 = 1.1z^{-1/3}\dot{Q}^{1/3} \quad (6)$$

โดย  $T_0$  คืออุณหภูมิของลำควัน (K)  $T_\infty$  คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  $u_0$  คือความเร็วของลำควัน (m/s)  $z$  คือความสูงในแนวตั้งวัดจากผิวหน้าของเชื้อเพลิง และ  $\dot{Q}$  คืออัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิง (kW)

Heskestad (1995) ได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณอุณหภูมิและความเร็วของลำควันในช่วงพลูม ( $z/\dot{Q}^{2/5} > 0.2$ ) โดย

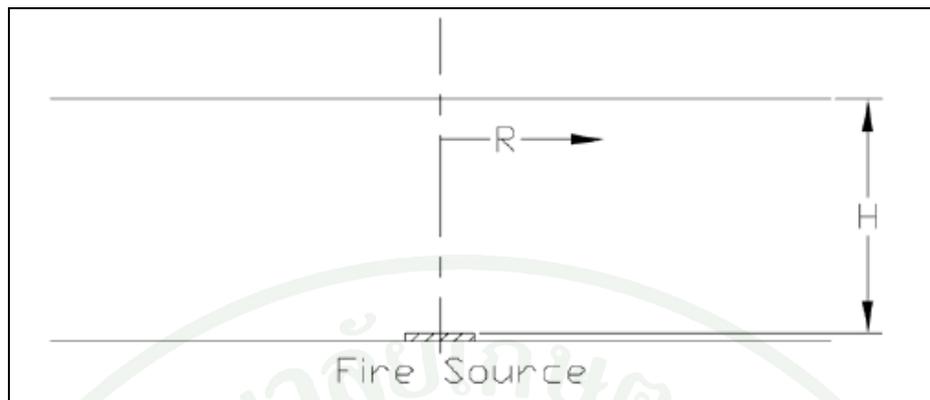
$$\Delta T_0 = 25 \left( \frac{\dot{Q}_c^{2/5}}{(z - z_0)} \right)^{5/3} \quad (7)$$

$$u_0 = 25 \left( \frac{\dot{Q}_c}{(z - z_0)} \right)^{1/3} \quad (8)$$

$$\text{โดย } z_0 = 0.083\dot{Q}^{2/5} - 1.02D \quad (9)$$

เมื่อ  $\dot{Q}_c$  คือ อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงโดยการพาความร้อน (kW) โดย  $\dot{Q}_c = 0.7\dot{Q}$   $z_0$  คือ จุดกำเนิดเสมือน (virtual origin, m) และ  $D$  คือเส้นผ่านศูนย์กลางกองเพลิง (m) โดย  $D = \sqrt{4A/\pi}$   $A$  คือพื้นที่ของกองเพลิง (m<sup>2</sup>)

### 3 กว้นไหลใต้เพดานอย่างอิสระ (Unconfined Ceiling Jet)



ภาพที่ 2 การกำหนดตัวแปรของควันไหลใต้เพดานตามสมการของ Alpert (1972)

Alpert (1972) ควันร้อนจากกองเพลิงจะลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้งกระทบกับเพดาน ควันจะเปลี่ยนทิศทางการไหลจากแนวตั้งไปในแนวระดับ เรียกว่าควันที่ไหลใต้เพดานอย่างอิสระนี้ว่ากลุ่มควันไหลใต้เพดานอย่างอิสระ (unconfined ceiling jet) ตำแหน่งที่ความเร็วและอุณหภูมิสูงสุดของกลุ่มควันไหลใต้เพดานนี้จะอยู่ใกล้กับเพดานมากที่สุด โดยปกติจะอยู่ห่างจากเพดานไม่เกินร้อยละ 1 ของความสูงห้อง Alpert ทำการทดลองวัดอุณหภูมิและความเร็วของกลุ่มควันไหลใต้เพดานเรียบด้วยการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งของเหลวและของแข็งหลายชนิดที่มีอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงในช่วงตั้งแต่ 500 kW ถึง 100 MW ที่เพดานซึ่งมีความสูงในช่วง 4.6 เมตร ถึง 15.5 เมตร พบว่าอุณหภูมิและความเร็วของควันไหลใต้เพดานมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากกองเพลิง  $R$  โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นสองช่วงคือ

3.1 ช่วงใกล้ลำควัน (near plume) เมื่อ  $R/H < 0.18$  สำหรับอุณหภูมิ และ  $R/H < 0.15$  สำหรับความเร็ว และ

3.2 ช่วงไกลลำควัน (far plume) เมื่อ  $R/H > 0.18$  สำหรับอุณหภูมิและ  $R/H > 0.15$  สำหรับความเร็ว

ได้สมการจากการทดลองดังนี้

อุณหภูมิสูงสุดของควันใต้เพดานที่ระยะ  $R$

$$\frac{\Delta T_{CJ}}{T_\infty \dot{Q}^{2/3}} = \frac{16.9}{T_\infty H^{5/3}} \quad \text{เมื่อ } R/H < 0.18 \text{ (near plume)} \quad (10)$$

$$\frac{\Delta T_{CJ}}{T_\infty \dot{Q}^{2/3}} = \frac{5.38}{T_\infty H^{5/3} (R/H)^{2/3}} \quad \text{เมื่อ } R/H > 0.18 \text{ (far plume)} \quad (11)$$

ความเร็วในการไหลสูงสุดของควันใต้เพดานที่ระยะ  $R$

$$\frac{u_{CJ}}{\dot{Q}^{1/3}} = \frac{0.96}{H^{1/3}} \quad \text{เมื่อ } R/H < 0.15 \text{ (near plume)} \quad (12)$$

$$\frac{u_{CJ}}{\dot{Q}^{1/3}} = \frac{0.195H^{-1/3}}{(R/H)^{5/6}} \quad \text{เมื่อ } R/H > 0.15 \text{ (far plume)} \quad (13)$$

$\Delta T_{CJ} = T_{CJ} - T_\infty$  คือ ผลต่างอุณหภูมิของกลุ่มควันไหลใต้เพดานกับอุณหภูมิอากาศ  
 $u_{CJ}$  คือ ความเร็วในการไหลของกลุ่มควันไหลใต้เพดาน  $H$  คือ ความสูงจากกองเพลิงถึงเพดานใน  
 หน่วยเมตร

จากสมการของ Alpert (1972) กลุ่มควันไหลใต้เพดานแบบอิสระเมื่อในช่วง near plume อุณหภูมิและความเร็วในการไหลของควันจะไม่ขึ้นกับระยะ  $R$

Heskestad and Delichatsios (1972) ได้พัฒนาสมการเพื่อคำนวณอุณหภูมิของควันไหลใต้เพดานจากสมการของ Alpert โดยเขียนอุณหภูมิก้อนควันไหลใต้เพดานดังนี้

เมื่อ  $R/H > 0.3$  (far plume)

$$\frac{\Delta T_{CJ}}{T_\infty \dot{Q}^{2/3}} = \frac{(0.188 + 0.313(R/H))^{4/3}}{\Pi_H^{2/3}} \quad (14)$$

$$\text{โดย } \Pi_H = \rho_\infty c_p T_\infty g^{1/2} H^{5/2} \quad (15)$$

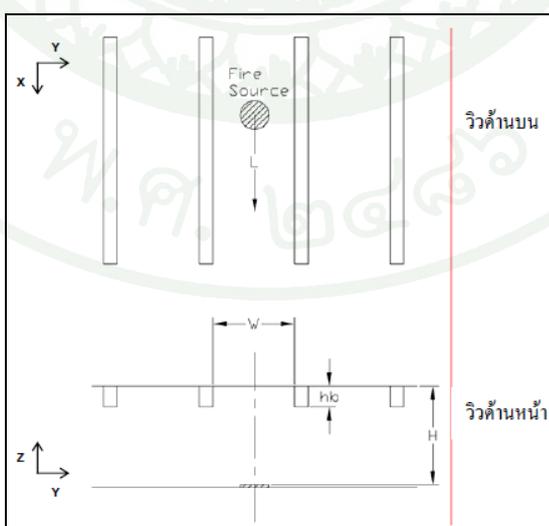
เมื่อ  $\rho_\infty c_p$  และ  $T_\infty$  คือ ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิของอากาศที่สภาวะแวดล้อมตามลำดับ  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ  $\Pi_H$  คือ characteristic heat release rate based on ceiling height

#### 4. คิว้นไหลใต้เพดานอย่างจำกัด (Confined Ceiling Jet)

Delichatsios (1978) ทำการทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิของคิว้นไหลใต้เพดานระหว่างคานที่ระยะ  $L$  จากกองเพลิง พบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างระยะระหว่างคาน ( $W$ ) ต่อความสูงห้อง ( $H$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 1.2 ( $0.4 < W/H < 1.2$ ) อุณหภูมิของคิว้นไหลใต้เพดานสามารถคำนวณได้โดย

$$\frac{\Delta T_{CJ}}{\Delta T_0} = 0.37 \left( \frac{H}{W} \right)^{1/3} \exp \left[ -0.16 \left( \frac{L}{H} \right) \left( \frac{W}{H} \right)^{1/3} \right] \quad (16)$$

$\Delta T_{CJ} = T_{CJ} - T_\infty$  คือ ผลต่างอุณหภูมิของคิว้นไหลใต้เพดานกับอุณหภูมิแวดล้อม  $\Delta T_0$  คือ ผลต่างอุณหภูมิของลำคิว้นที่ความสูง  $H$  เหนือกองเพลิงกับสิ่งแวดล้อม  $H$  คือ ความสูงจากผิวบนของเชื้อเพลิงถึงเพดาน  $W$  คือ ระยะระหว่างช่องคานหรือช่องทางเดิน และ  $L$  คือ ระยะจากแนวกึ่งกลางของกองเพลิง



ภาพที่ 3 การกำหนดตัวแปรของห้องซึ่งมีคานที่เพดานตามสมการของ Delichatsios (1978)

Delichatsios (1978) คำนวณความเร็วในการไหลได้เพดานบนสมมุติฐานว่าการไหลของควันระหว่างช่องคานไม่เกิดการไหลล้นไปสู่ช่องระหว่างคานข้างเคียง เนื่องจากพื้นที่หน้าระหว่างคานซึ่งตั้งฉากกับการไหลของควันมีขนาดคงที่และอัตราการไหลโดยมวลของควันมีค่าคงที่ ดังนั้นความเร็วในการไหลของควันจึงมีขนาดคงที่ไม่ขึ้นกับระยะ  $L$  โดย

$$\frac{u_{CJ}}{u_0} = 0.27 \left( \frac{H}{W} \right)^{1/3} \quad (17)$$

โดย  $u_{CJ}$  คือ ความเร็วของควันไหลได้เพดาน (m/s)  $u_0$  คือ ความเร็วในแนวตั้งของลำควันที่ความสูง  $H$

อุณหภูมิของลำควัน  $\Delta T_0$  ในสมการที่ (16) และความเร็วของลำควัน  $u_0$  ในสมการที่ (17) คำนวณจากสมการลำควันของ McCaffrey (1995) (สมการที่ (1) ถึง (6)) สมการที่ (16) และ (17) ใช้ได้เมื่อ  $L > W/2$  ในกรณีนี้  $L < W/2$  (ก่อนที่ควันจะไหลกระทบกับคาน) หรือระยะระหว่างคานมีค่ามาก ( $W/H > 1.2$ )

Delichatsios (1978) เสนอว่าพฤติกรรมการไหลของควันใต้เพดานจะมีลักษณะเหมือนกับการไหลของควันใต้เพดานอย่างอิสระ ดังนั้นการคำนวณหาอุณหภูมิและความเร็วในการไหลของควันสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (10) ถึงสมการที่ (13)

ถ้าคานมีความหนา ( $h_b$ ) ไม่มาก ควันที่ไหลระหว่างช่องคานจะมีโอกาสไหลล้นไปสู่ช่องระหว่างคานที่อยู่ติดกันทำให้อุณหภูมิที่คำนวณจากสมการที่ (16) มีค่าคลาดเคลื่อน เพื่อป้องกันการไหลล้นของควันระหว่างช่องคาน Evans (1995) เสนอว่าคานควรมีความหนาอย่างน้อยเป็นไปตามสมการที่ (18) เมื่อ

$$\frac{h_b}{H} > 0.126 \left( \frac{H}{W} \right)^{1/3} \quad (18)$$

เมื่อ  $h_b$  คือ ความหนาของคาน

5. การจำลองพฤติกรรมของเพลิงไหม้ด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ Fire Dynamics Simulator (FDS)

แบบจำลองพลศาสตร์อรรถกถา FDS (2008) จำลองพฤติกรรมการไหลของควันใต้ไฟตาม โดยการแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยซึ่งประกอบด้วย

สมการอนุรักษ์มวล (conservation of mass)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \bar{u} = 0 \quad (19)$$

สมการอนุรักษ์มวลย่อย (conservation of species)

$$\frac{\partial (\rho Y_l)}{\partial t} + \nabla \cdot \rho Y_l \bar{u} = \nabla \cdot \rho D_l Y_l + \dot{m}_l''' \quad (20)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (conservation of momentum)

$$\rho \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + (\bar{u} \cdot \nabla) \bar{u} \right) + \nabla p = \rho \bar{g} + \bar{f} + \nabla \tau \quad (21)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (conservation of momentum)

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot \rho h \bar{u} = \frac{Dp}{Dt} - \nabla \cdot \bar{q}_r + \nabla \cdot k \nabla T + \sum_l \nabla \cdot h_l \rho D_l \nabla Y_l \quad (22)$$

โดย  $\rho$  คือ ความหนาแน่น  $\bar{u}$  คือ เวกเตอร์ความเร็ว  $Y_l$  คือ เศษส่วนโดยมวลของมวลย่อยที่  $l$   $\dot{m}_l'''$  คือ อัตราการทำปฏิกิริยาต่อปริมาตรของมวลย่อยที่  $l$   $D_l$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของมวลย่อยที่  $l$   $p$  คือ ความดัน  $\bar{f}$  คือ แรงภายนอกที่กระทำต่อของไหล  $\tau$  คือ viscous stress tensor  $h$  คือ เอนทัลปี  $\bar{q}_r$  คือ ฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน  $k$  คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และ  $T$  คือ อุณหภูมิ

โปรแกรม FDS ใช้แบบจำลอง Large Eddy Simulation (LES) ของ Smagorinsky (1963) ในการจำลองพฤติกรรมกรไหลแบบปั่นป่วนโดยเทอม viscous stress tensor ( $\tau$ ) เขียนในรูป

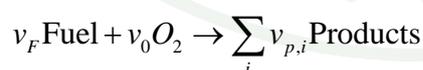
$$\tau = \mu_{LES} \left( \text{def } \bar{u} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{u}) \mathbf{I} \right) \quad (23)$$

$$\text{โดย } \mu_{LES} = \rho (Cs\Delta)^2 \left( 2(\text{def } \bar{u}) \cdot (\text{def } \bar{u}) - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{u})^2 \right)^{1/2} \quad (24)$$

$$\text{เมื่อ } \text{def } \bar{u} = \frac{1}{2} (\nabla \cdot \bar{u} + (\nabla \cdot \bar{u})^t) \quad (25)$$

ซึ่ง  $\text{def } \bar{u}$  คือ อัตราการเปลี่ยนรูปของ stress tensor (stress tensor deformation)  $\mathbf{I}$  คือ เมตริกเอกลักษณ์  $\mu_{LES}$  คือ ความหนืดของ LES  $Cs$  คือค่าคงที่ของ Smagorinsky โดยใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.2 สำหรับในงานวิจัยนี้

โปรแกรม FDS ใช้แบบจำลอง mixture fraction ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศ โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่า อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนถูกควบคุมโดยอัตราของการที่เชื้อเพลิงกับออกซิเจนเข้าผสมกัน (mixing controlled combustion) และทันทีที่เชื้อเพลิงกับออกซิเจนผสมกันเชื้อเพลิงจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (infinitely fast chemical reaction) ได้เป็นแก๊สผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ (stoichiometric combustion) ตัวแปร mixture fraction เขียนได้ตามการเสนอของ Mell *et al.* (2000) ดังนี้



$$Z = \frac{sY_F - (Y_O - Y_O^\infty)}{sY_F^I + Y_O^\infty} \quad (26)$$

$$s = \frac{v_O M_O}{v_F M_F} \quad (27)$$

โดย  $Z$  คือ mixture fraction  $Y_F$  คือเศษส่วนโดยมวลของเชื้อเพลิง  $Y_F'$  คือ เศษส่วนโดยมวลของเพลิงเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิด  $Y_O$  คือ เศษส่วนโดยมวลของออกซิเจน  $Y_O^\infty$  คือ เศษส่วนโดยมวลของออกซิเจนในอากาศและ  $s$  คือ อัตราส่วน โดยมวลของออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่ทำให้ปฏิกิริยาโดยสมบรูณ์ (stoichiometric oxygen to fuel mass ratio)

ตัวแปร mixture fraction เป็นปริมาณสเกลาร์ เขียนในเทอมของสมการการเคลื่อนที่ของปริมาณสเกลาร์ (scalar transport equation) ได้โดยอาศัยสมการที่ (20) และ (26) ซึ่ง

$$\rho \left( \frac{\partial Z}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla Z \right) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z \quad (28)$$

สมการอนุรักษ์ของปริมาณต่าง ๆ (สมการที่ (19) ถึง (28)) สามารถหาผลเฉลยได้โดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

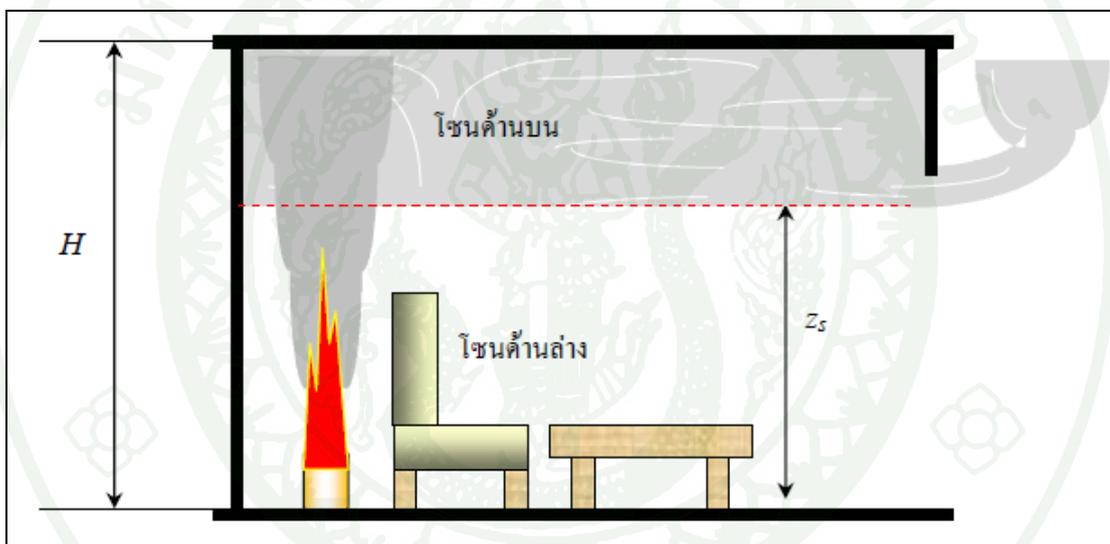
## 6. ความสูงของท้องควันภายในพื้นที่ปิด (Smoke Interface Height in A Compartment)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ภายในห้องหรือพื้นที่ปิด ควันไฟซึ่งร้อนกว่าอากาศโดยรอบจะลอยตัวสูงขึ้นไปในแนวตั้งเนื่องจากแรงลอยตัว เมื่อควันลอยไปกระทบเพดานควันจะไหลไปในแนวระดับได้เพดานจนกระทั่งไปกระทบผนังห้อง จากนั้นควันจะเกิดการสะสมตัวและลดระดับต่ำลงมาสถานะภายในห้องในขณะนี้สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 โซน โซนด้านบนประกอบไปด้วยควันร้อนและโซนด้านล่างประกอบด้วยอากาศซึ่งมีอุณหภูมิโดยประมาณเท่ากับอุณหภูมิห้อง การไหลภายในห้องเป็นการไหลแบบปั่นป่วนอย่างมาก ทำให้สถานะของก๊าซภายในแต่ละโซนมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (uniform condition) ตำแหน่งที่ความสูงโซนทั้ง 2 แยกออกจากกันอย่างชัดเจนเรียกระดับความสูงนี้ว่าความสูงของท้องควัน หรือ smoke interface height ( $z_s$ ) ในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS เราสามารถหาความสูงของท้องควันภายในห้องได้ด้วยการอินทิเกรตสมการที่ (29)

$$(H - z_s) T_U = \int_{z_s}^H T(z) dz \quad (29)$$

เมื่อ  $H$  คือ ความสูงของห้อง  $z_s$  คือ ความสูงของห้องควัน  $T_U$  คือ อุณหภูมิของอากาศที่ โชนด้านล่าง และ  $T(z)$  คือ อุณหภูมิของก๊าซภายในห้องแปรผันตามความสูง  $z$  จากพื้นห้อง

ความสูงของห้องควันนี้จะเป็นค่าบังคับที่สำคัญในการวิเคราะห์สถานะที่ปลอดภัยภายใน อาคารขณะเกิดเพลิงไหม้ โดยมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Codes (2000) กำหนดให้ความสูง ของห้องควันจากพื้นในบริเวณทางไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ของชั้นที่สูงที่สุดซึ่งเชื่อมต่อกับ โถง atrium ต้องมีสูงอย่างน้อย 6 ฟุต (185 เซนติเมตร) เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที หรือ 1.5 เท่าของ เวลาการอพยพ เพื่อให้คนภายในอาคารปลอดภัยจากควันขณะหนีไฟตามข้อกำหนดของ NFPA 101 อาคารจะต้องมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟภายในอาคารที่เหมาะสม



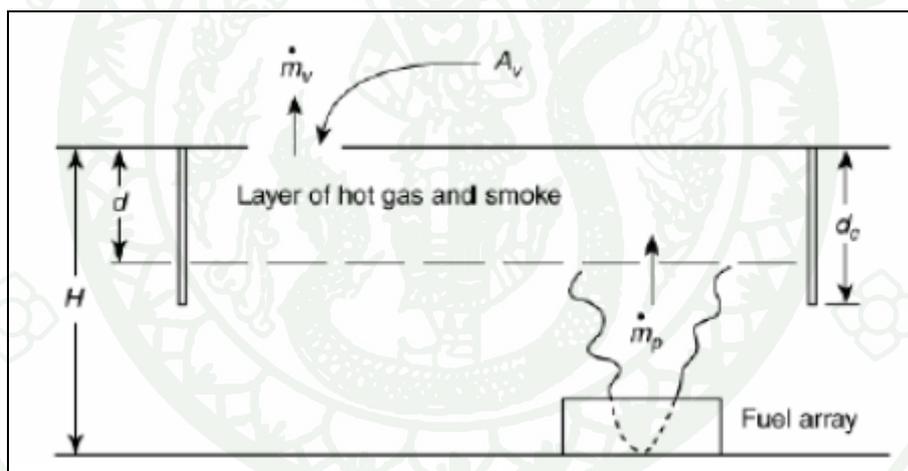
ภาพที่ 4 พฤติกรรมเพลิงไหม้ภายในห้องหรือพื้นที่ปิดและการวัดความสูงของห้องควัน (Smoke interface height)

#### 7. มาตรฐานการควบคุมควันไฟภายในโถง Atrium

อาคารขนาดใหญ่ภายในประเทศไทยรวมถึงอาคารสูง เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม อาคารสนามบิน เป็นต้น มักมีการออกแบบให้มีโถงสูงลักษณะ atrium ไว้ภายในอาคาร เนื่องจาก ความสวยงามและให้ความรู้สึกที่โปร่งไม่เกิดอาการคับแคบเมื่อใช้อาคาร แต่ในด้านความปลอดภัย นั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้โถง atrium เป็นช่องทางให้ควันไฟสามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของ อาคารได้อย่างรวดเร็ว ถ้าโถงสูง atrium ของอาคารไม่มีระบบควบคุมควันไฟที่เหมาะสม

NFPA 92B, Guide for Smoke Management System in Mall, Atria, and Large Areas (2000) และ NFPA 204, Standard for Smoke and Heat Venting (2002) ได้กำหนดมาตรฐานในการระบายควันภายในโถงสูง atrium ไว้ดังแสดงในภาพที่ 5 แสดงรูปแบบการระบายควันของโถง atrium ตามมาตรฐาน NFPA 204 ด้วยวิธีธรรมชาติ โดยการเจาะช่องเปิดระบายควัน (smoke vent) ที่เพดานของโถง atrium

NFPA 130, Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems (2000) ได้กำหนดสภาวะแวดล้อมที่คนสามารถอยู่ได้ในกรณีฉุกเฉินเมื่อมีการใช้งานระบบพัดลมระบายอากาศ โดยกำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในช่องทางเดินที่เชื่อมต่อไปสู่ทางหนีไฟของทุกชั้นห้ามสูงเกินกว่า 49 องศาเซลเซียส ภายในช่วง 6 นาทีแรก



ภาพที่ 5 รูปแบบการระบายควันของโถง Atrium ด้วยวิธีทางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน NFPA 204, Standard for Smoke and Heat Venting (2002)

จากภาพที่ 5 ช่องเปิดระบายควันพื้นที่  $A_v$  เปิดออกเพื่อระบายควันภายในโถงสูง atrium ไม่ให้ลดระดับต่ำลงมาจนอยู่ในระดับความสูงที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคาร อัตราการเกิดควัน  $\dot{m}_p$  อัตราการระบายควัน  $\dot{m}_v$  พื้นที่ช่องเปิด  $A_v$  และความหนาของควัน  $d$  ที่สภาวะคงตัว ตามมาตรฐาน NFPA 204 สามารถหาได้จากสมการดังนี้

อัตราการเกิดควันสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{m}_p = \left[ 0.071 \dot{Q}_c^{1/3} (z_s - z_0)^{5/3} \right] \left[ 1 + 0.027 \dot{Q}_c^{2/3} (z_s - z_0)^{-5/3} \right] \text{ เมื่อ } z_s > L \quad (30)$$

และ

$$\dot{m}_p = 0.0056 \dot{Q}_c \left( \frac{z_s}{L} \right) \text{ เมื่อ } z_s < L \quad (31)$$

โดย  $\dot{m}_p$  คือ อัตราการเกิดควัน (kg/s)  $\dot{Q}_c$  คือ อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อนของกองเพลิง (kW) เท่ากับ  $0.7 \dot{Q}$  เมื่อ  $\dot{Q}$  คือ อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิง  $z_s$  คือ ความสูงของห้องควัน (m)  $z_0$  คือ ความสูงเสมือนของกองเพลิง (virtual origin, m) และ  $L$  คือ ความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟ (m)

ความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟ  $L$  และความสูงเสมือนของกองเพลิง  $z_0$  สามารถคำนวณได้จาก

$$L = -1.02D + 0.235 \dot{Q}_c^{2/5} \quad (32)$$

$$z_0 = 0.083 \dot{Q}_c^{2/5} - 1.02D \quad (33)$$

เมื่อ  $D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของกองเพลิง

สำหรับอัตราการไหลของควันผ่านช่องเปิด  $\dot{m}_v$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{m}_v = \frac{C_{d,v} A_v}{\sqrt{1 + \frac{C_{d,v}^2 A_v}{C_{d,i}^2 A_i} \left( \frac{T_0}{T_p} \right)}} \left( \sqrt{2 \rho^2 g d} \right) \left( \sqrt{\frac{T_0 (T_p - T_0)}{T_p^2}} \right) \quad (34)$$

เมื่อ  $\dot{m}_v$  คือ อัตราการไหลของควันผ่านช่องเปิด (kg/s)  $A_v$  คือ พื้นที่ของช่องเปิด (m<sup>2</sup>)  $C_{d,v}$  และ  $C_{d,i}$  คือ สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านช่องเปิด  $A_v$  และ  $A_i$  คือ พื้นที่ของช่องเปิด  $T_0$  และ

$T_p$  คือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของควันตามลำดับ  $d$  คือ ความหนาของควันดังแสดงในภาพที่ 5 อุณหภูมิของควันสามารถประมาณได้จากสมการ

$$T_p = T_0 + \frac{KQ_c}{c_p \dot{m}_p} \quad (35)$$

โดย  $K$  คือ Energy conversion factor เท่ากับ 0.5 ตามข้อกำหนดของ NFPA 204 วัตถุประสงค์ของการควบคุมควันไฟคือการรักษาให้ระดับความสูงของห้องควันให้อยู่สูงกว่าพื้นของเส้นทางการหนีไฟตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการหนีไฟ อัตราการเกิดควัน  $\dot{m}_p$  เท่ากับอัตราการระบายควันผ่านช่องเปิด  $\dot{m}_v$  ความสูงของห้องควันจะคงที่ ถ้ากำหนดให้สมการที่ (30) หรือ (31) เท่ากับสมการที่ (34) เราสามารถแก้สมการเพื่อหาขนาดของช่องเปิด  $A_v$  ที่เหมาะสมเพื่อการระบายควันโดยวิธีธรรมชาติได้

#### 8. วิธีการระบายควันไฟโดยทางเครื่องกล (mechanical exhaust)

อัตราการระบายควันโดยใช้พัดลมระบายอากาศ ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิง  $\dot{m}_p$  โดยที่จำนวนน้อยที่สุดของพัดลมระบายควันไฟที่จะใช้ติดตั้งต้องติดตั้งโดยที่ค่าอัตราการระบายควันสูงสุดของพัดลมระบายควันไฟมีค่าไม่เกินค่าที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing โดยที่ค่าอัตราการระบายควันสูงสุดโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ โดยไม่เกิดปรากฏการณ์ plug holing สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (36)

$$V_{\max} = 4.16\gamma d^{5/2} \left( \frac{T_p - T_0}{T_0} \right)^{1/2} \quad (36)$$

โดยที่  $V_{\max}$  คืออัตราการระบายควันสูงสุดที่อุณหภูมิ  $T_p$  ที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )  $\gamma$  คือค่า exhaust location factor  $d$  คือ ความหนาของควันไฟ (m)  $T_0$  และ  $T_p$  คืออุณหภูมิสัมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของควันตามลำดับ (K)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU AMD XP1800+ GHz, RAM 512 MB, Harddisk 80 GB.
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU Celeron 1.3 GHz, RAM 640 MB, Harddisk 250 GB.
3. โปรแกรม Smokeview version 5.2.2
4. โปรแกรม FDS version 5.2.3
5. โปรแกรม PyroSim version 2008
6. โปรแกรม AutoCAD 2002
7. โปรแกรม Microsoft Office XP PRO
8. เครื่องพิมพ์ Hp Laserjet 1020

### วิธีการ

#### 1. ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลของการออกแบบของอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทั้งในส่วนของการออกแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และศึกษาจำลองการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้รวมถึงพฤติกรรมการแพร่กระจายควันภายในอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โดยในการสร้างแบบจำลองได้ทำการสร้างผ่านโปรแกรม pyrosim และส่งต่อไปยังโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

1.1 โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาจากสถาบัน National Institute of Standards and Technology (NIST) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้สำหรับการจำลองการเคลื่อนที่ของไฟโดยใช้ระเบียบวิธีปริมาตรจำกัด (finite volume method) ในการแก้สมการการเคลื่อนที่ของของไหลซึ่งเป็นการไหลที่ความเร็วต่ำ (low speed)

การทำงานของโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) ได้ใช้หลักการของการแบ่งห้องหรืออาคารออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ในลักษณะที่เรียกว่า “computational cell” หรือ “grid” เพื่อใช้คำนวณความหนาแน่น ความเร็ว อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้นของแก๊สในแต่ละส่วนเล็ก ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์มวลและพลังงานช่วยในการคำนวณ นอกเหนือจากนั้นโปรแกรม FDS ยังอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดรูปแบบ ขนาดของอาคารหรือห้องที่เป็นต้นเหตุของเพลิงไหม้ รวมถึงคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ เช่น วัสดุตกแต่ง ผนังห้อง พื้นห้อง และเพดานในการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้

ความแม่นยำและความถูกต้อง (verification and validation) ในการคำนวณและแสดงผลของแบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับกริดการออกแบบจำนวนกริด (grid refine) ดังนั้นผู้ใช้งานต้องตัดสินใจว่าต้องการผลลัพธ์ที่มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด แต่ในทางกลับกันจำนวนกริดเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดระยะเวลาในการทดลอง โดยระยะเวลาในการทดลองอาจอยู่ในช่วงของนาที่ถึงสัปดาห์ขึ้นอยู่กับจำนวนของกริดและระยะเวลาของการคำนวณ (simulation time)

โปรแกรม FDS สามารถแสดงผลลัพธ์ได้หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของควันไฟ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ การเคลื่อนที่ของควันไฟ เวกเตอร์ความเร็ว อัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟผ่านช่องเปิด อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟผ่านช่องเปิด การมองเห็น ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นต้น

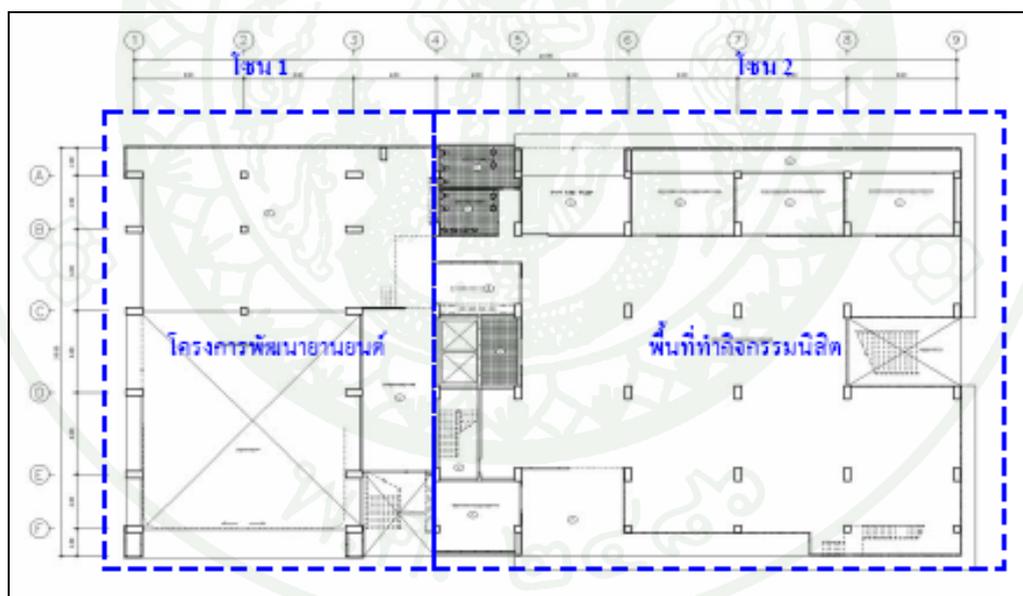
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) สามารถแสดงให้เห็นผ่านทางภาพเคลื่อนไหว (animation) ผ่านทางโปรแกรม Smokeview ซึ่งเป็นโปรแกรมประกอบของโปรแกรม FDS

## 1.2 แบบจำลองอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

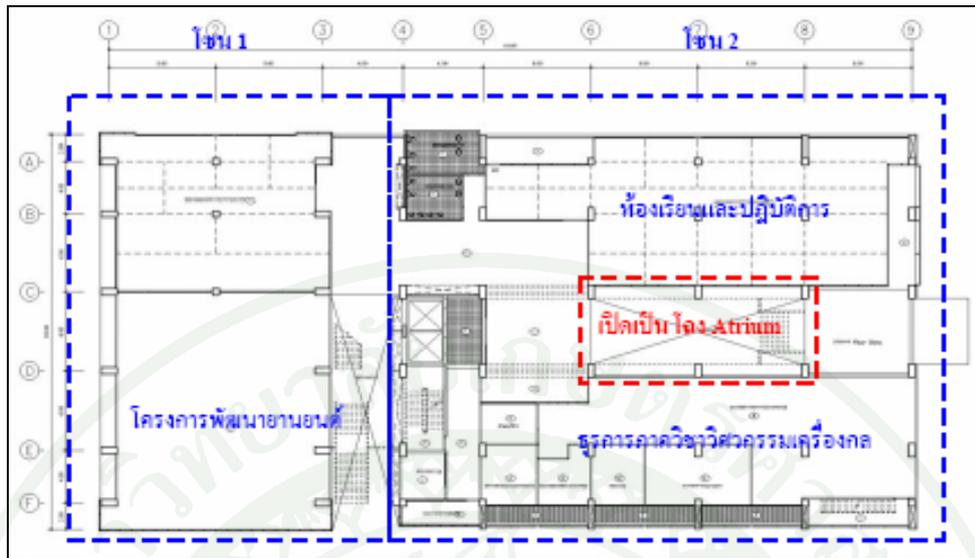
อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขนาดกว้าง 30 เมตร ยาว 60 เมตร และมีความสูงวัดจากพื้นดินถึงยอดหลังคาโดยประมาณเท่ากับ 25 เมตร อาคารมีจำนวนชั้นทั้งสิ้น 6 ชั้นรวมชั้นคาเฟ่ มีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยออกเป็น 2 โซน โซนที่ 1 ด้านทิศใต้ ชั้นที่ 1 และ 2 ใช้เป็นพื้นที่สำหรับโครงการพัฒนายานยนต์ ชั้นที่ 3 แบ่งเป็นห้องเพื่อกิจกรรมการ

เรียนการสอน ชั้นที่ 4 และ 5 ใช้เป็นห้องประชุมขนาดความจุประมาณ 150 คน โชนที่ 2 ด้านทิศเหนือ ชั้นที่ 1 ใช้เป็นพื้นที่กิจกรรมของนิสิต ชั้นที่ 2 ใช้เป็นห้องธุรการของภาควิชา และห้องปฏิบัติการงานวิจัย ชั้นที่ 3 แบ่งเป็นห้องเพื่อการเรียนการสอนและงานวิจัย ชั้นที่ 4 และ ชั้นที่ 5 แบ่งเป็นห้องพักอาจารย์ และชั้นที่คาดฟ้า ใช้เป็นพื้นที่เก็บของ ที่บริเวณชั้น 2 ของโชนที่ 2 มีการเปิดเพดานเป็นโถง atrium จนถึงชั้น 5 โดยพื้นที่ที่เปิดโถงมีขนาดโดยประมาณ กว้าง 6 เมตร และยาว 16 เมตร (พื้นที่เท่ากับ 96 ตารางเมตร)

อาคารเครื่องกลมีโถง atrium เปิดโถงตั้งแต่ชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 5 มีโอกาสทำให้ควันไฟสามารถแพร่กระจายภายในอาคารได้อย่างรวดเร็วตามช่องเปิดและโถง atrium อาคารไม่มีระบบควบคุมการแพร่กระจายของควันภายในอาคารที่เหมาะสมเมื่อเกิดเพลิงไหม้จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของควันไฟไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร มีความร้อนและก๊าซพิษทำให้เป็นอันตรายต่อการอพยพหนีไฟ



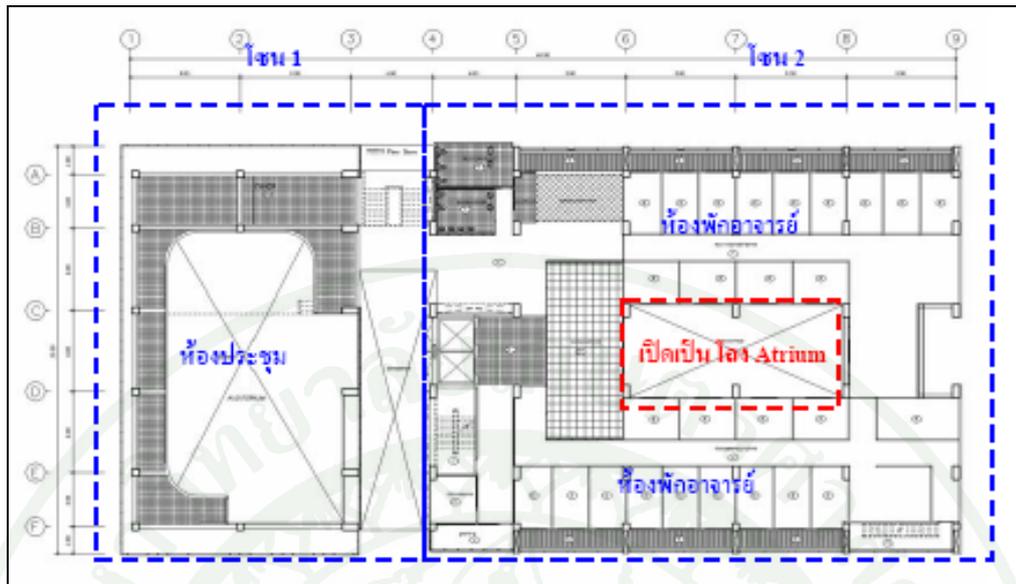
ภาพที่ 6 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 1



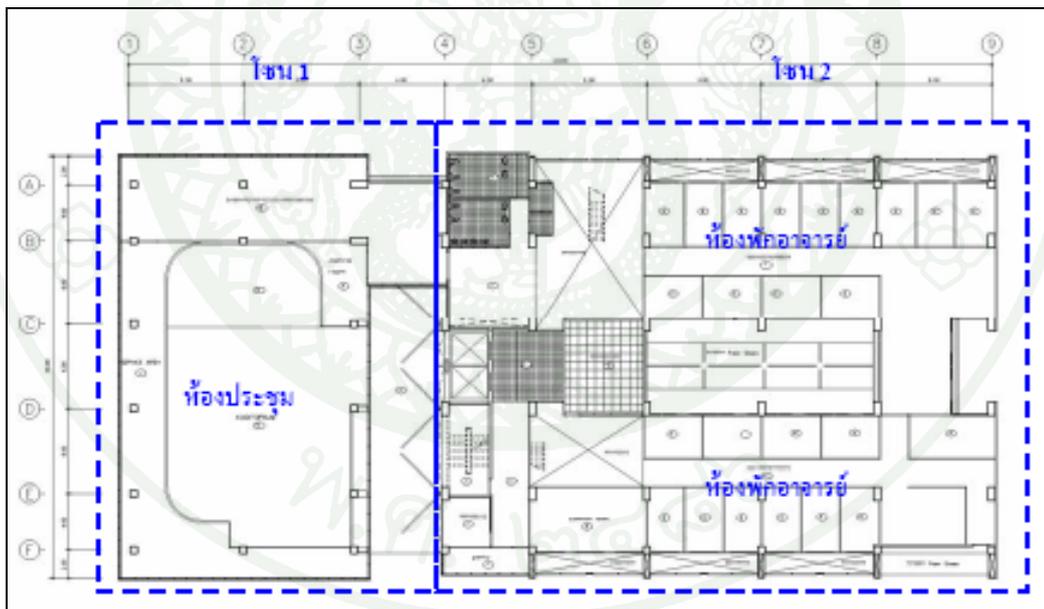
ภาพที่ 7 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 2



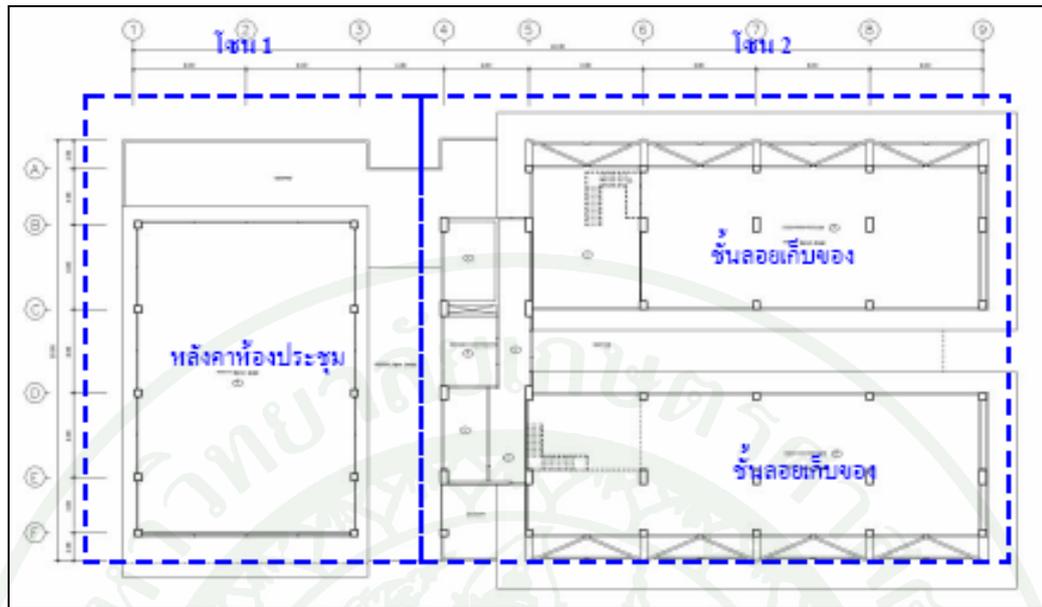
ภาพที่ 8 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 3



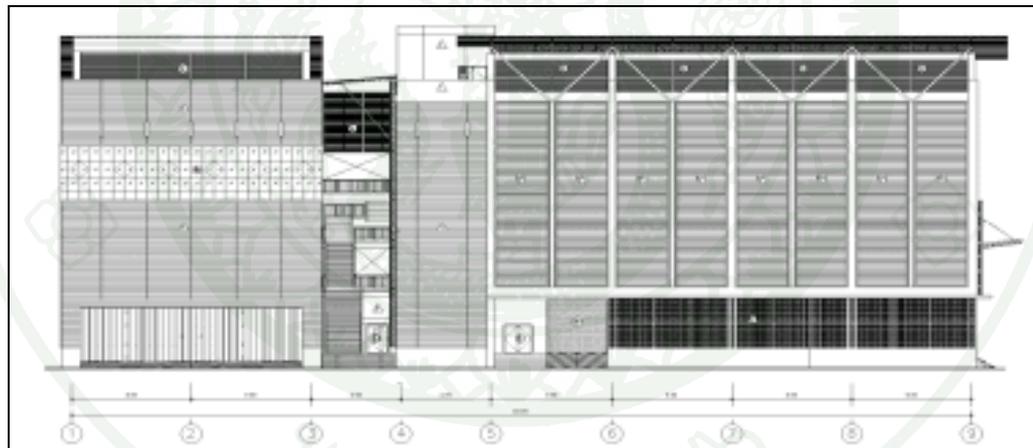
ภาพที่ 9 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 4



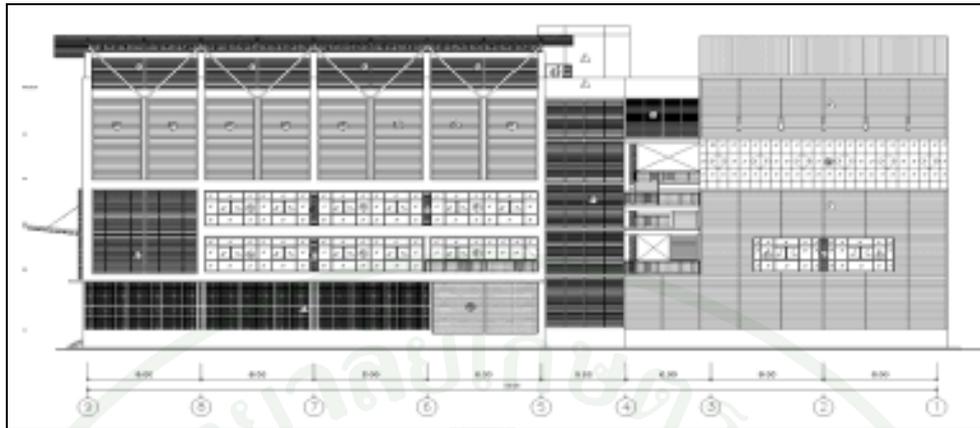
ภาพที่ 10 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นที่ 5



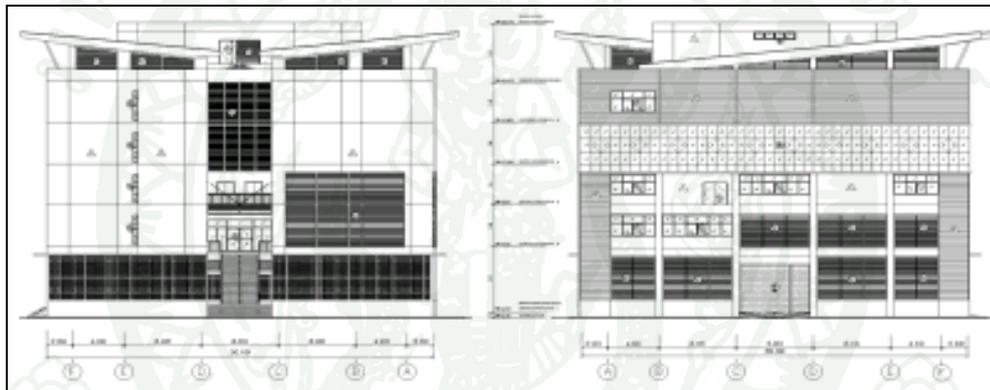
ภาพที่ 11 แบบแปลนแสดงเพดานของอาคารชั้นคาเฟ่



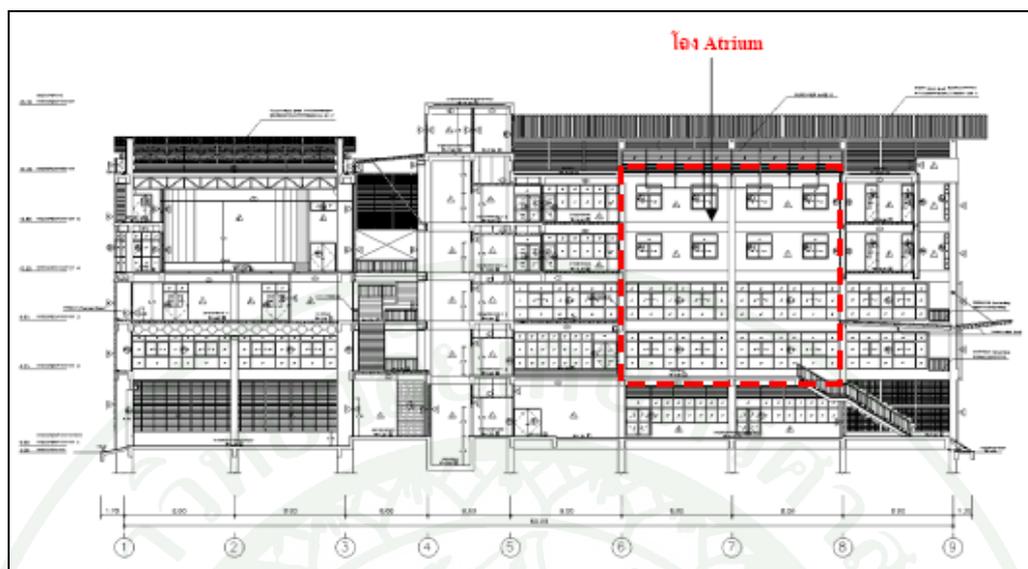
ภาพที่ 12 รูปด้านทิศตะวันออก



ภาพที่ 13 รูปด้านทิศตะวันตก



ภาพที่ 14 รูปด้านทิศเหนือและใต้



ภาพที่ 15 ภาพตัดแสดงรายละเอียดของโถง Atrium ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

จากแบบของอาคารในไฟล์ AutoCAD ผู้วิจัยได้ดำเนินการป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรม PyroSim เพื่อการสร้างแบบจำลองของอาคารและส่งต่อไปคำนวณคำนวณพฤติกรรมเคลื่อนที่ของควันด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ FDS (Fire Dynamics Simulator) แบบจำลองของอาคารที่สร้างด้วยโปรแกรม FDS ได้แสดงไว้ในภาพที่ 16

การกำหนดค่าขอบเขต (boundary conditions) ของโดเมนการคำนวณทำด้วยโปรแกรม PyroSim และส่งข้อมูลต่อให้โปรแกรม FDS จำลองพฤติกรรมการไหลของควัน โดเมนที่ใช้ในการคำนวณมีขนาดกว้าง 40 เมตร ยาว 70 เมตร และสูง 25 เมตร ซึ่งครอบคลุมอาคารวิศวกรรมเครื่องกลทั้งหลัง ขอบเขตของโดเมน (domain boundaries) ที่ผิวด้านข้างทั้ง 4 ด้านและด้านบน กำหนดให้เปิดสู่สภาวะบรรยากาศภายนอก (open boundary) ซึ่งมีคุณสมบัติที่มวลและความร้อนสามารถไหลออกจากผิวโดเมนได้โดยอิสระ ที่พื้นด้านล่างกำหนดให้ค่าขอบเขตเป็นผิวทึบมวลไม่สามารถไหลผ่านได้ และกำหนดอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างคงที่ 25 องศาเซลเซียส (inert boundary) ตลอดเวลาในการจำลอง

### 1.3 พฤติกรรมการกระจายตัวของควันไฟภายในอาคาร

อาคารวิศวกรรมเครื่องกลมีความสูงจากพื้นดินถึงพื้นชั้นคาถไฟฟ้าเท่ากับ 20.45 เมตร เนื่องจากความสูงของอาคารไม่เกิน 23 เมตร ดังนั้นจึงไม่เข้าข่ายอาคารสูงตามข้อกำหนดในกฎกระทรวงฉบับที่ 33 แต่การก่อสร้างอาคารที่มีโถง atrium เปิดโล่งตั้งแต่ชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 5 มีโอกาสทำให้ควันไฟสามารถแพร่กระจายภายในอาคารได้อย่างรวดเร็วตามช่องเปิด atrium หากอาคารไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการแพร่กระจายของควันภายในอาคารที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมของเพลิงไหม้ภายในอาคารในหัวข้อนี้จะมุ่งเน้นศึกษาถึงผลกระทบของช่องเปิด atrium ต่อพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟภายในอาคารและเส้นทางอพยพหนีไฟที่มีช่องเปิดติดกับโถง atrium รวมถึงหาแนวทางในการควบคุมควันในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ภายในอาคาร

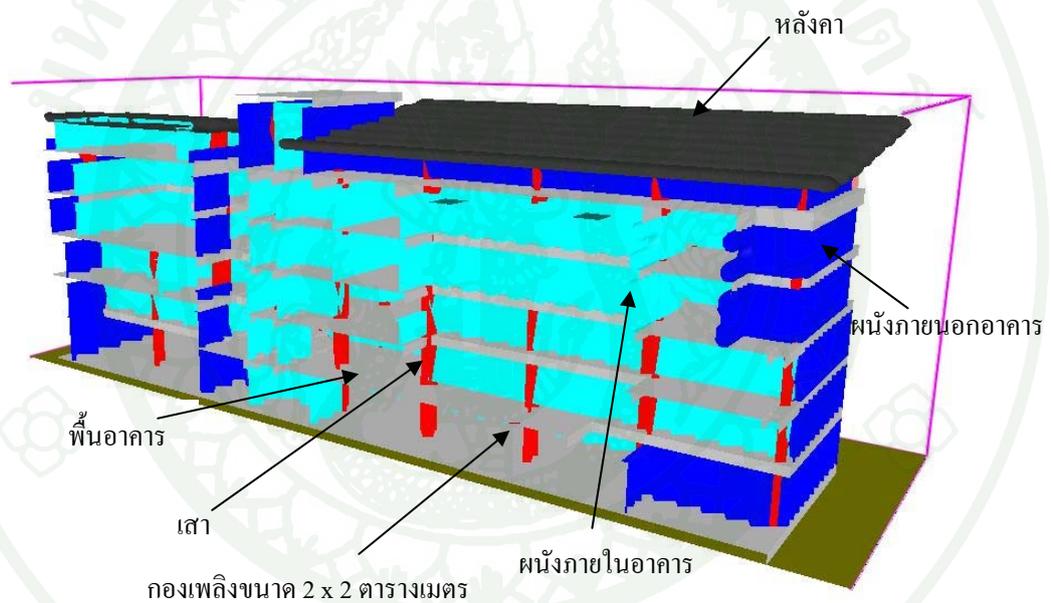
ในการศึกษาผลกระทบของช่องเปิด atrium ต่อพฤติกรรมการแพร่กระจายของควัน ผู้วิจัยได้กำหนดเหตุการณ์เพลิงไหม้สมมุติที่เลวร้ายที่สุด (worst case fire scenario) ให้เกิดเพลิงไหม้ที่บริเวณพื้นชั้น 2 (พื้นโถง atrium) ตรงตำแหน่งกึ่งกลางโถง atrium เนื่องจากเพลิงไหม้ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ทำให้ควันไฟสามารถแพร่กระจายไปตามโถง atrium ชั้นต่าง ๆ ของอาคารได้อย่างรวดเร็วที่สุด กองเพลิงที่ใช้ในการคำนวณมีขนาดพื้นที่การเผาไหม้เท่ากับ  $2 \times 2$  ตารางเมตร ตั้งอยู่บนพื้นชั้น 2 กลางโถง atrium ดังแสดงในภาพที่ 16 และ 17 โถง atrium มีขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 16 เมตร และสูง 14.4 เมตร (ปริมาตรเท่ากับ 1382 ลูกบาศก์เมตร) การกำหนดค่าขอบเขตของวัตถุที่เป็นโครงสร้างของอาคารในโปรแกรม FDS ไว้ในตารางที่ 1

ภาพที่ 16 แสดงตำแหน่งของกองเพลิงและชนิดของวัสดุในส่วนต่าง ๆ ของตัวอาคารที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบของช่องเปิด atrium ต่อการแพร่กระจายของควัน

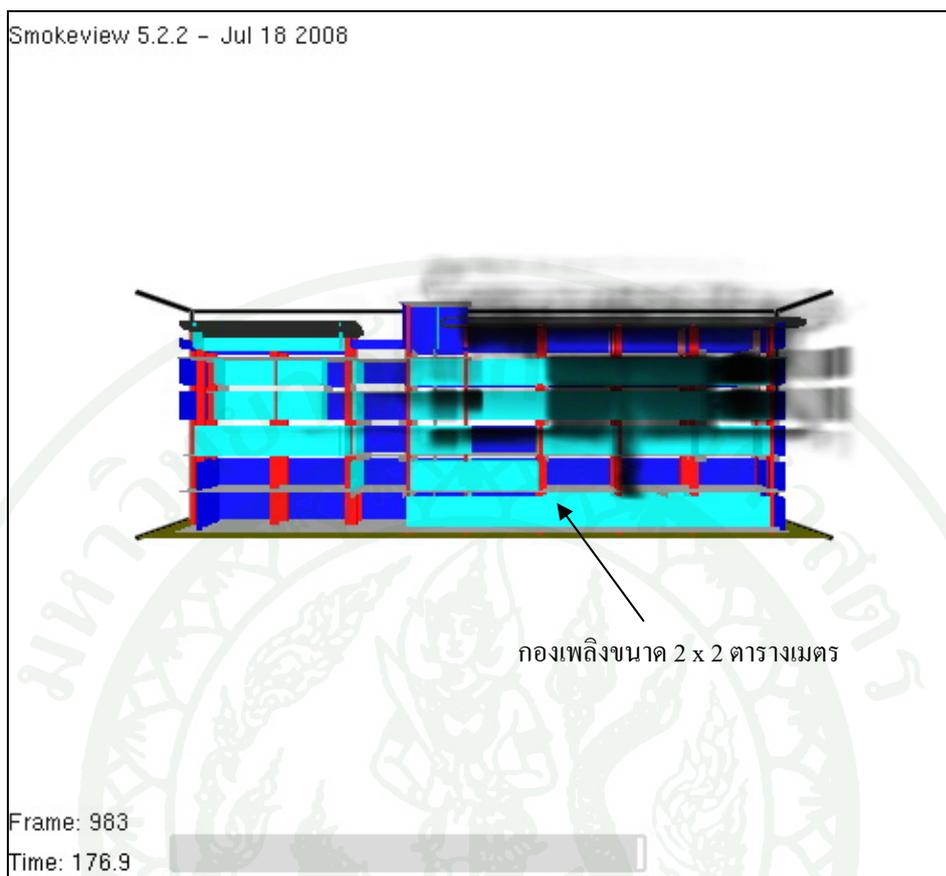
การเลือกใช้วัสดุเพื่อป้อนข้อมูลในการทดลองนั้นผู้วิจัยได้กำหนดชนิดของวัสดุต่าง ๆ ไว้ตามตารางที่ 1 โดยในการก่อสร้างอาคารจริงอาคารออกแบบติดตั้งกระจกบริเวณผนังภายในของโถง atrium ซึ่งในความเป็นจริงหากเกิดเพลิงไหม้กระจกเมื่อโดนความร้อนจะแตก แต่ข้อจำกัดของโปรแกรม FDS ผนังที่ติดตั้งในการจำลองนั้นจะติดตั้งคงที่อยู่มิสามารถกำหนดให้แตกได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้ผนังภายในของอาคารเป็นผนังอิฐแทนในการจำลอง

ตารางที่ 1 ชนิดของวัสดุที่กำหนดในโปรแกรม FDS

ส่วนประกอบอาคาร	ชนิดของวัสดุ
พื้นอาคาร	CONCRETE
ผนังภายในอาคาร	BRICK
ผนังโดยรอบอาคาร	BRICK
เสา	STEEL
หลังคา	METAL SHEET



ภาพที่ 16 การกำหนดตำแหน่งและชนิดของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

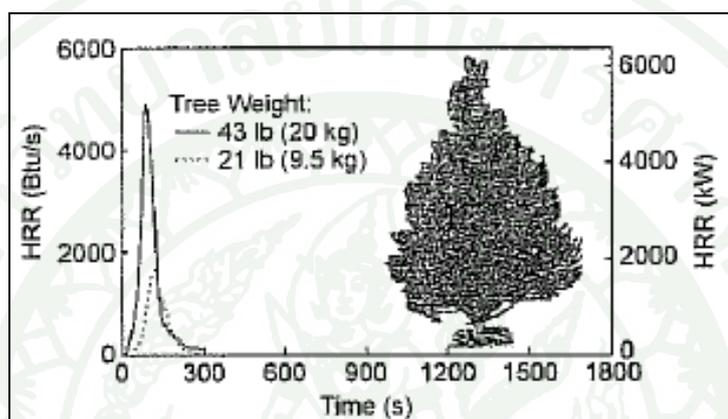


ภาพที่ 17 ภาพแสดงตำแหน่งกองเพลิงและควันไฟในการจำลองเพลิงไหม้ภายในโถง Atrium

#### 1.4 ระบบควบคุมควันไฟสำหรับ โถง Atrium

การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายควันภายในอาคารเมื่อเกิดเพลิงไหม้ที่บริเวณ โถง atrium มาตรฐาน NFPA 204 กำหนดให้อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงเพื่อการจำลองระบบควบคุมควันไฟภายในโถง atrium ต้องมีขนาดอย่างน้อย 2.1 MW ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เพลิงไหม้อยู่ที่บริเวณกึ่งกลางพื้นโถง atrium (พื้นที่ชั้น 2 ของอาคาร) กองเพลิงที่ใช้ในการจำลองมีพื้นที่คงที่ 4 ตารางเมตร จากนั้นทำการแปรผันค่าอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ (HRRPUA: Heat Release Rate Per Unit Area) เพื่อให้ได้อัตราการปล่อยพลังงานของกองเพลิง 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ และได้กำหนดให้การจำลองนี้ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงของอาคารไม่ทำงานเพื่อเป็นการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ที่เลวร้ายที่สุด (worst case scenario)

ภาพที่ 18 แสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของต้นคริสต์มาสซึ่งสามารถเปรียบเทียบประมาณถึงขนาดของกองเพลิงที่สามารถเกิดขึ้นภายใน โถง atrium โดยกองเพลิงขนาด 2.2 MW คือต้นคริสต์มาสขนาด 9.5 กิโลกรัมจำนวน 1 ต้น กองเพลิงขนาด 6 MW คือต้นคริสต์มาสขนาด 9.5 กิโลกรัมจำนวน 3 ต้น กองเพลิงขนาด 12 MW คือต้นคริสต์มาสขนาด 20 กิโลกรัมจำนวน 2 ต้น และคริสต์มาสขนาด 9.5 กิโลกรัมจำนวน 1 ต้น

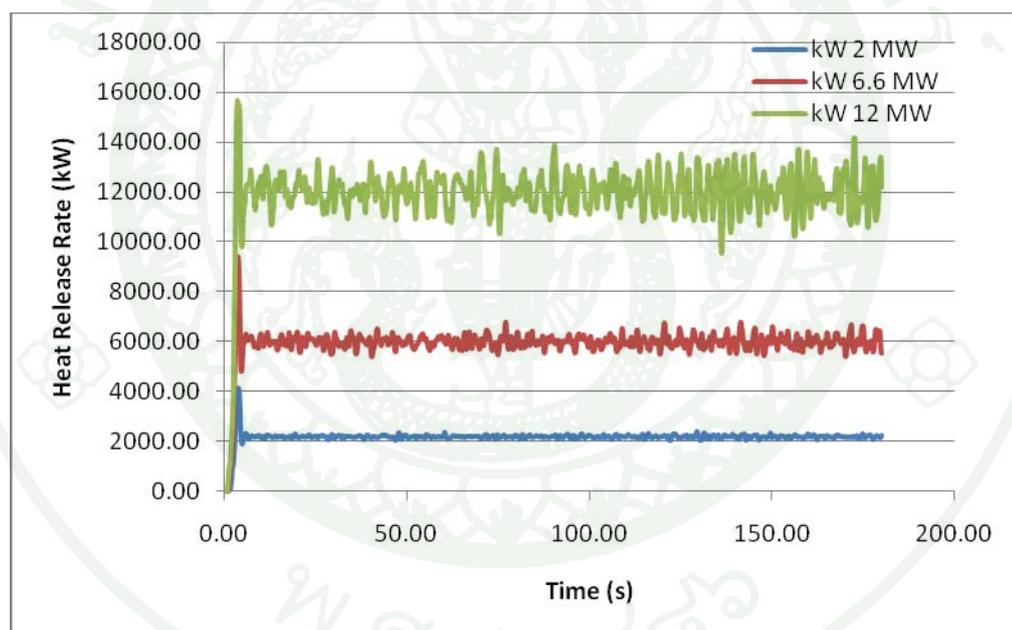


ภาพที่ 18 กราฟแสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของต้นคริสต์มาส John H. Klote 2002

ภาพที่ 19 แสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงทั้ง 3 ขนาด เมื่อเริ่มต้นการจำลองกองเพลิงเริ่มลุกติดไฟอัตราการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเผาไหม้ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที อัตราการเผาไหม้ของกองเพลิงจึงเข้าสู่สภาวะคงตัว ต่อจากนั้นกองเพลิงเผาไหม้ด้วยอัตราคงที่ตลอดช่วงเวลา 180 วินาที ในการวิจัยนี้กำหนดให้การเผาไหม้ในโปรแกรม FDS ทำการเผาไหม้ระหว่างไม้กับอากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ stoichiometric ของตัวทำปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้สำหรับแบบจำลองการเผาไหม้ Mixture Fraction มีค่าตามตารางที่ 2 ค่า stoichiometric value of Z เท่ากับ 0.147 สำหรับกำหนดตำแหน่งพื้นผิวของเปลวไฟ (flame surface)

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์ Stoichiometric สำหรับแบบจำลองการเผาไหม้ Mixture Fraction

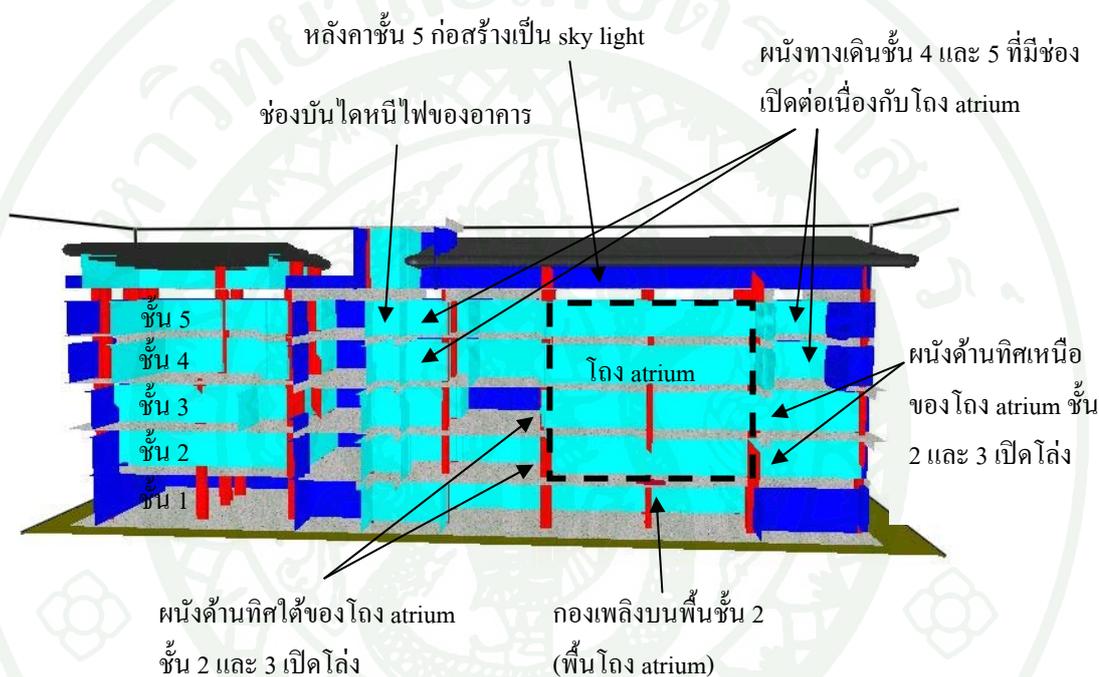
Combustion Species	Stoichiometric Coefficient
Fuel (Wood)	1.00
Oxygen	3.62
Carbon dioxide, CO <sub>2</sub>	3.31
Water, H <sub>2</sub> O	3.10
Soot Yield, C	0.010
Carbon monoxide, CO	0.004



ภาพที่ 19 กราฟแสดงอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงที่ใช้ในการจำลอง

ภาพที่ 20 แสดงแบบจำลองของอาคารวิศวกรรมเครื่องกลที่ใช้ในการจำลอง พฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเหตุเพลิงไหม้บริเวณพื้นที่ โถง atrium (พื้นที่ชั้น 2 ของ อาคาร) แสดงความสูงของพื้นที่แต่ละชั้นในโดเมนการจำลองไว้ในตารางที่ 3 โถง atrium เปิดโล่ง ตั้งแต่ชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 5 โดยหลังคาของชั้นที่ 5 มีการก่อสร้างแบบ Sky-Light ปัจจุบัน โถง atrium ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ ดังนั้นหากเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่บริเวณพื้นที่ โถง atrium ควันไฟ

สามารถแพร่กระจายไปในแนวตั้งตามโถง atrium และแพร่กระจายต่อเนื่องเข้าไปในช่องทางเดิน ชั้นที่ 4 และ 5 และ โถงหน้าบันไคหนีไฟชั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งมีช่องเปิดต่อเชื่อมกับโถง atrium เนื่องจากช่องทางเดินชั้นที่ 4 และ 5 และ โถงหน้าบันไคหนีไฟชั้นที่ 2 และ 3 เป็นเส้นทางที่ผู้ใช้ อาคารต้องใช้อพยพไปสู่บันไคหนีไฟหลักของอาคาร ดังนั้นถ้าเกิดเพลิงไหม้แล้วควันไฟ แพร่กระจายเข้าไปในบริเวณเหล่านี้ ควันจะปกคลุมเส้นทางหนีไฟทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถ อพยพไปสู่บันไคหนีไฟของอาคารได้



ภาพที่ 20 แบบจำลองอาคารวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อการจำลองพฤติกรรมการแพร่กระจายควัน ภายในอาคาร

ตารางที่ 3 ค่าพิกัดความสูงที่กำหนดในการคำนวณของโปรแกรม FDS

ชั้นที่	ความสูงของพื้น จากระดับพื้นของ โดเมนการ คำนวณ (m)	ความสูงของพื้น จากระดับพื้น ของกองเพลิงที่ใช้ ในการคำนวณ (m)	ความสูงของชั้น (m)	ความหนาของ พื้น (m)
1	0.00	-4.80	4.05	0.75
2	4.80	0.00	2.85	0.75
3	8.40	3.60	2.85	0.75
4	12.00	7.20	2.85	0.75
5	15.60	10.80	2.85	0.75
คาดฟ้า	19.20	14.40	-	-

เพื่อป้องกันไม่ให้ควันไฟแพร่กระจายปกคลุมเส้นทางหนีไฟของอาคาร อาคารจำเป็นต้องติดตั้งระบบระบายควันไฟที่เหมาะสม จากศึกษาข้อกำหนดตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย และการควบคุมควันไฟภายในอาคาร สามารถกำหนดเป้าหมายของระบบควบคุมควันไฟที่จะต้องดำเนินการได้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.4.1 ทำให้ควันอยู่เหนือจากพื้นชั้น 5 (พื้นที่ชั้นที่สูงที่สุดซึ่งที่ต่อเชื่อมต่อกับโถง atrium) อย่างน้อย 1.85 เมตร ตลอดเวลาการอพยพ (ข้อกำหนดที่เป็นไปตามมาตรฐานทางหนีไฟของ NFPA 101, Life Safety Codes 2000)

1.4.2 ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่องทางเดินที่เชื่อมต่อไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ของทุกชั้นสูงกว่า 49 องศาเซลเซียส (ข้อแนะนำใน Appendix B ของมาตรฐาน NFPA 130, Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail System 2000)

1.5 ขนาดของพัดลมระบายควันตามมาตรฐาน NFPA 92B และ NFPA 204

การคำนวณมาตรฐาน NFPA 92B และ NFPA 204 เพื่อหาขนาดของพัดลมระบายควันที่เหมาะสมได้จากสมการที่ (30) ถึง สมการที่ (35)

จากข้อกำหนดของเหตุการณ์เพลิงไหม้สมมุติที่กำหนดให้อัตราการปล่อยพลังงาน ความร้อนเท่ากับ 2.2 MW 6.0 MW และ 12 MW พื้นที่การเผาไหม้ของกองเพลิงเท่ากับ 4 ตาราง เมตร ผู้วิจัยได้ทำการแก้สมการที่ (30) ถึง (35) เพื่อคำนวณหาอัตราการเกิดควัน ( $\dot{m}_p$ ) อัตราการ ระบายควัน ( $\dot{m}_v$ ) อุณหภูมิของควัน ( $T_p$ ) ที่ต้องการได้ในรูปของความสูงของห้องควัน ( $z_s$ ) โดย การระบายควันจะเข้าสู่ภาวะสมดุล เมื่อ  $\dot{m}_p = \dot{m}_v$  ดังนั้นการที่จะระบายควันไฟให้ได้หมดจะมีค่า อัตราการระบายควันไฟ ( $\dot{m}_v$ ) ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคำนวณอัตราการระบายควันตามมาตรฐาน NFPA 204

ความสูง ของห้อง ควัน $z_s$ (m)	$\dot{Q} = 2.2 \text{ MW}$		$\dot{Q} = 6 \text{ MW}$		$\dot{Q} = 12 \text{ MW}$	
	$\dot{m}_p = \dot{m}_v$ (kg/s)	$T_p$ (K)	$\dot{m}_p = \dot{m}_v$ (kg/s)	$T_p$ (K)	$\dot{m}_p = \dot{m}_v$ (kg/s)	$T_p$ (K)
12.65	63.02	310.17	82.70	323.29	99.46	340

จากการคำนวณอัตราการระบายควันที่ได้ตามตารางที่ 4 นำมาคำนวณหาอัตราการ ระบายควันของพัดลมที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การคำนวณอัตราการระบายควัน  $\dot{m}_v$  ของพัดลมระบายควันตามมาตรฐาน NFPA 204 ที่ ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing

ความสูงของห้องควัน $z_s$ (m)	$\dot{Q} = 2.2 \text{ MW}$ $\dot{m}_v$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$\dot{Q} = 6 \text{ MW}$ $\dot{m}_v$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$\dot{Q} = 12 \text{ MW}$ $\dot{m}_v$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
12.65	63.02	68.91	82.88

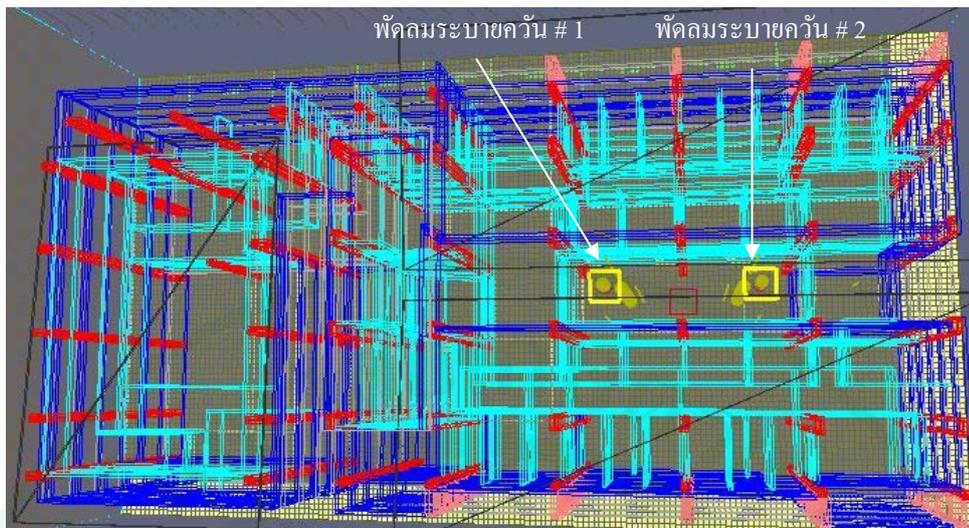
มาตรฐาน NFPA 92B และ NFPA 204 คำนวณหาอัตราการระบายควันโดยอาศัย สมการที่ได้จากการทดลองซึ่งเป็นสมการพื้นฐานของแบบจำลองอักษิกันแบบสอง โซน (two-zone model) แต่แบบจำลองโปรแกรม FDS จะทำการแบ่งปริมาตรภายในโดเมนการคำนวณออกเป็น ปริมาตรจำกัด (finite volume) จำนวนมากแล้วประมวลผลแก้สมการการอนุรักษ์ แบบจำลอง อักษิกันในลักษณะนี้เรียกว่า แบบจำลองฟิลด์โมเดล (field model) แบบจำลอง FDS สามารถให้

รายละเอียดสภาวะของควันไฟที่เกิดขึ้นภายใน โถง atrium และบริเวณที่เชื่อมต่อกับช่องทางเดินได้ในขณะที่ไม่สามารถหาได้จากการคำนวณด้วยมาตรฐาน NFPA 204 และแบบจำลอง แบบสอง โชน

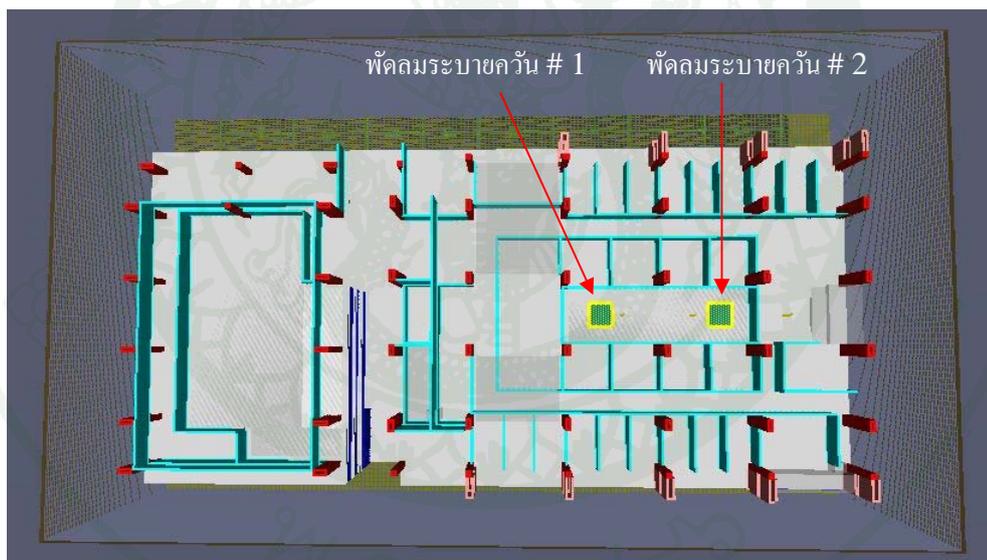
#### 1.6 การจำลองการแพร่กระจายของควันไฟด้วยแบบจำลอง FDS

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจำลองพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟโดยติดตั้งระบบระบายควันไฟด้วยพัดลมระบายควันที่หลังคา sky-light ของ โถง atrium แต่และแบบของระบบระบายควันไฟที่ติดตั้งได้มีการแปรผันอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงเป็น 2.2 MW 6 MW และ 12 MW ตามลำดับ เพื่อดูผลกระทบของอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนต่อพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟภายในอาคาร ตารางที่ 6 ได้สรุปกรณีศึกษาทั้งหมด 12 กรณี ที่ได้ดำเนินการจำลอง

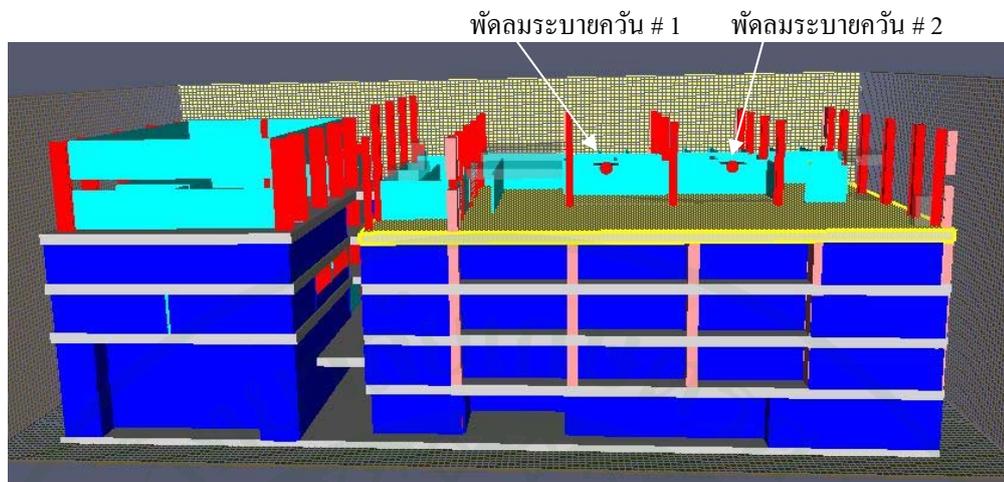
การระบายควันด้วยพัดลมระบายควัน (smoke exhaust fan) ซึ่งติดตั้งไว้ที่หลังคา sky-light ของอาคารชั้นที่ 5 โดยรูปแบบการติดตั้งพัดลมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 21 ถึงรูปที่ 24 และเนื่องจากการติดตั้งพัดลมเพื่อไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing นั้นจำเป็นจะต้องมีบ่อกักควัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งม่านกันควันเพื่อเป็นบ่อกักควันไว้ในการวิจัย ม่านกันควันที่ติดตั้งขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้ติดตั้งไว้ตั้งแต่เริ่มต้นการจำลองของแต่ละกรณี โดยได้ทำการติดตั้งไว้ที่บริเวณช่องเปิดที่ชั้น 4 และชั้น 5 ของอาคาร ขนาดของพัดลมระบายควันและจำนวนของพัดลมได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยพยายามให้ขนาดของพัดลมระบายควันที่ทำการจำลองมีอัตราการระบายควันรวมใกล้เคียงกับอัตราการเกิดควันมากที่สุด ตามค่าเบื้องต้นที่คำนวณตามมาตรฐาน NFPA 204 เมื่อเริ่มต้นการจำลองพัดลมระบายควันทุกตัวอยู่ในสภาวะปิด และพัดลมจะเริ่มทำงานเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (heat detector) ซึ่งติดตั้งไว้ที่ใต้พัดลมระบายควันแต่ละตัวทำงาน โดยผู้วิจัยได้ตั้งค่าอุณหภูมิทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไว้เท่ากับ 57 องศาเซลเซียส (activation temperature = 57°C) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งมีค่า response time index (RTI) เท่ากับ 55 (m.s)<sup>1/2</sup>



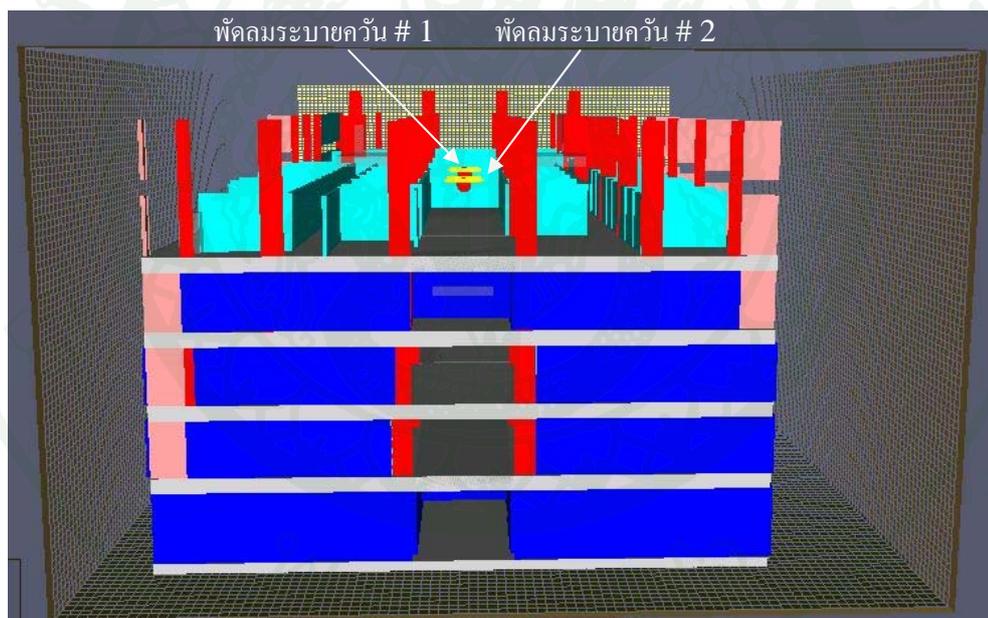
ภาพที่ 21 การติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS



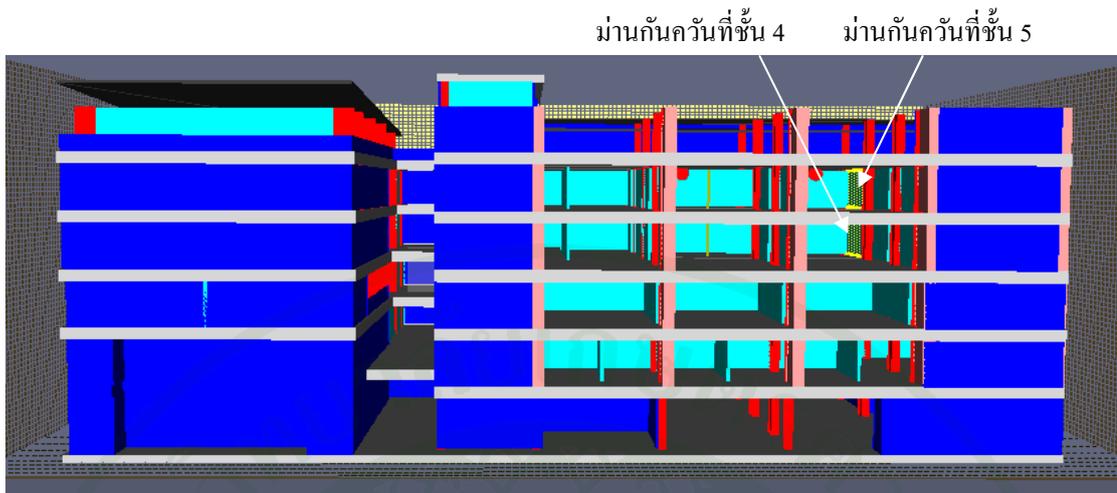
ภาพที่ 22 ภาพด้านบนอาคารแสดงการติดตั้งพัดลมระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS



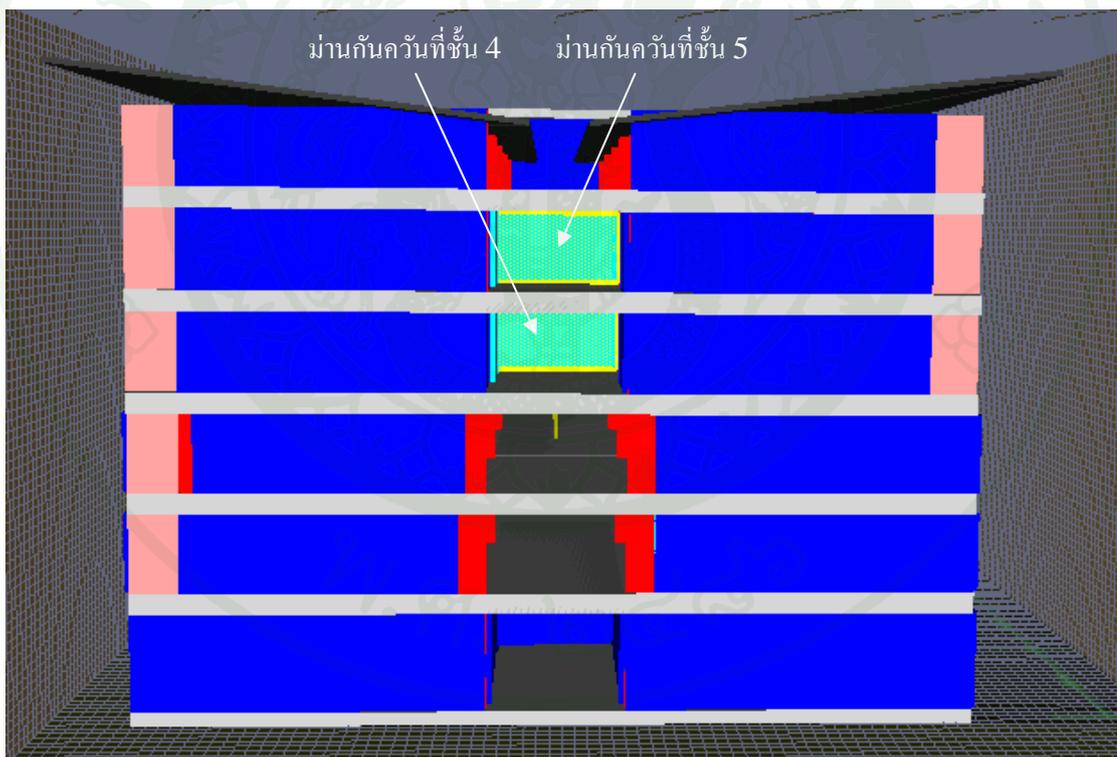
ภาพที่ 23 ภาพด้านหน้าอาคารแสดงการติดตั้งพัตลระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS



ภาพที่ 24 ภาพด้านทิศเหนือของอาคารแสดงการติดตั้งพัตลระบายควันในการจำลองด้วยแบบจำลอง FDS



ภาพที่ 25 ภาพด้านหน้าอาคารแสดงการติดตั้งม่านกันควันที่บริเวณชั้น 4 และชั้น 5



ภาพที่ 26 ภาพด้านทิศเหนือแสดงการติดตั้งม่านกันควันบริเวณชั้น 4 และชั้น 5

ตารางที่ 6 กรณีศึกษาพฤติกรรมการควบคุมควันไฟของ โถง atrium ด้วยพัดลมระบายควัน

กรณีที่	อัตราการปล่อย พลังงานความร้อน ของกองเพลิง (MW)	ชนิดของระบบ ควบคุมควันไฟ	ขนาดของพัดลม ระบายควัน (m <sup>3</sup> /s) / จำนวนพัดลม
1	2.2	ไม่มี	-
2	6	ไม่มี	-
3	12	ไม่มี	-
4	2.2	พัดลมระบายควัน	32/2
5	6	พัดลมระบายควัน	35/2
6	12	พัดลมระบายควัน	41/2
7	2.2	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	32/2
8	6	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	35/2
9	12	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	41/2
10	2.2	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และ 5	32/2
11	6	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และ 5	35/2
12	12	พัดลมระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และ 5	41/2

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### 1. ผลการจำลองการแพร่กระจายของควันไฟด้วยแบบจำลอง FDS

การจำลองใช้กริดที่มีขนาด  $\Delta x \times \Delta y \times \Delta z = 0.43 \text{ m} \times 0.44 \text{ m} \times 0.33 \text{ m}$  มีจำนวนปริมาตรจำกัดรวมเท่ากับ 1,093,500 ปริมาตร เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU time) โดยเฉลี่ยแต่ละกรณีเท่ากับ 23 ชั่วโมง สำหรับเวลาการจำลอง (simulation time) 180 วินาที

ตารางที่ 7 แสดงเวลาการเริ่มทำงานของพัฒนาระบายควันในแต่ละกรณีศึกษา จากแบบจำลองพบว่าพัฒนาระบายควันของแต่ละกรณีจะทำงานไม่พร้อมกัน ทั้งนี้เนื่องจากการจำลองใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเป็นตัวกระตุ้นให้พัฒนาระบายอากาศเริ่มทำงาน พัฒนาระบายควันของแบบจำลองที่มีอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงสูงจะมีแนวโน้มเริ่มทำงานก่อนพัฒนาระบายควันของแบบจำลองที่มีอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิงที่น้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อกองเพลิงมีขนาดอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสูงจะสามารถปล่อยพลังงานความร้อนให้กับควันไฟที่ลอยขึ้นไปสะสมบนเพดานได้เร็วกว่ากองเพลิงที่มีขนาดอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนต่ำกว่า นอกเหนือจากนั้นหากผนังที่ช่องทางเดินทางด้านทิศเหนือมีคุณสมบัติกันควันลามจะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งไว้ทำงานได้รวดเร็วกว่าในกรณีที่ผนังที่ช่องทางเดินไม่มีคุณสมบัติกันควันลาม

ตารางที่ 7 เวลาในการเริ่มทำงานของพัดลมระบายควันในแต่ละกรณี

กรณีที่	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิง (MW)	เวลาที่เริ่มทำงานของพัดลมระบายควัน (s)
4	2.2	36.73
5	6	16.57
6	12	10.09
7	2.2	30.80
8	6	16.04
9	12	9.49
10	2.2	30.63
11	6	16.02
12	12	9.37

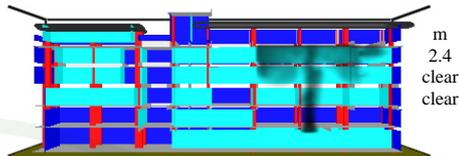
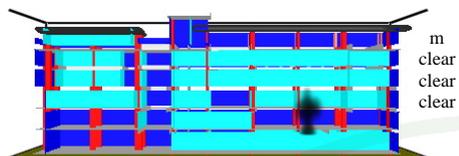
### 1.1 พฤติกรรมการแพร่กระจายควันภายในอาคาร

#### 1.1.1 ผลการจำลองในสถานะไม่คงตัว

ภาพที่ 27 28 และ 29 แสดงพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันภายในอาคารในกรณีที่อาคารไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟสำหรับกองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ จะสังเกตได้ว่าในช่วงต้นของการจำลองควันร้อนจะลอยตัวขึ้นในแนวตั้งเนื่องจากแรงลอยตัวอย่างรวดเร็วไปที่หลังคาชั้น 5 และสะสมควันจนเวลาผ่านไประดับชั้นควันจะลดต่ำลงจนแพร่กระจายไปยังช่องทางเดินชั้น 3 4 และ 5 ที่มีช่องเปิดเชื่อมต่อกับ โถง atrium (ใช้เวลาน้อยกว่า 100 วินาที) เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่าควันจะเข้าไปปกคลุมเส้นทางหนีไฟที่ผู้ใช้อาคารจะต้องใช้ในการหนีไฟทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

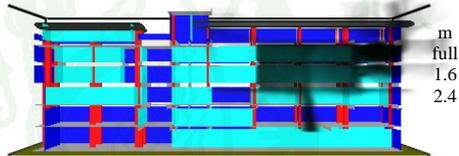
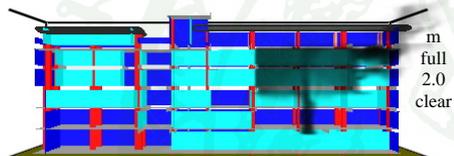


Frame: 20  
Time: 3.6

Frame: 61  
Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

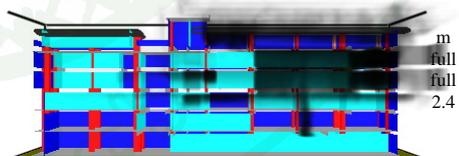
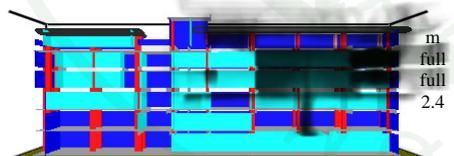


Frame: 167  
Time: 30.1

Frame: 278  
Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



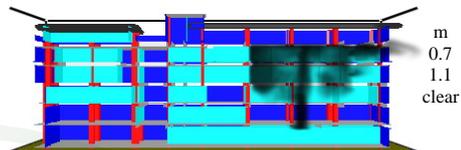
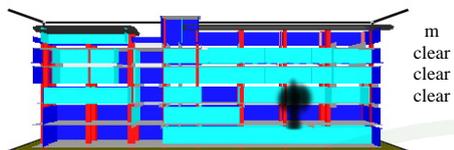
Frame: 556  
Time: 100.1

Frame: 912  
Time: 164.2

ภาพที่ 27 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, No Vent)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

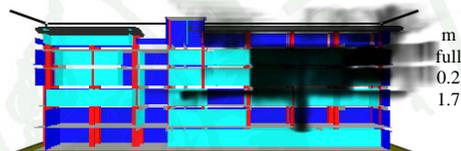
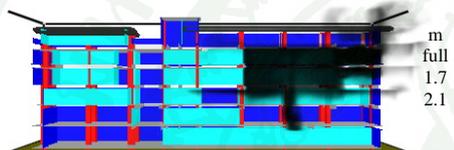


Frame: 20  
Time: 3.6

Frame: 61  
Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

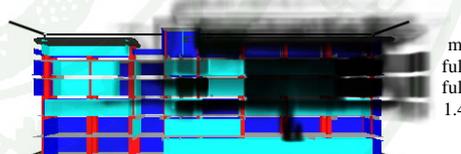
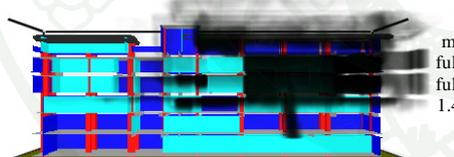


Frame: 167  
Time: 30.1

Frame: 278  
Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



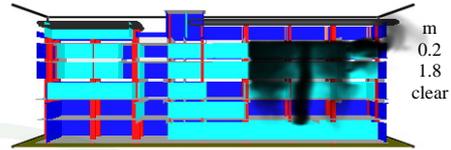
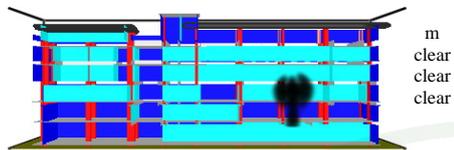
Frame: 556  
Time: 100.1

Frame: 912  
Time: 164.2

ภาพที่ 28 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6 MW, No Vent)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 20

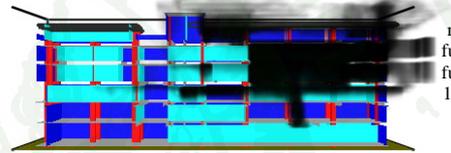
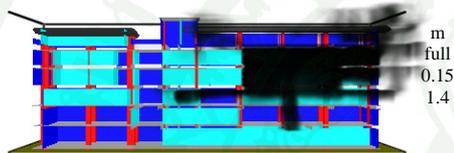
Time: 3.6

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 61

Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 167

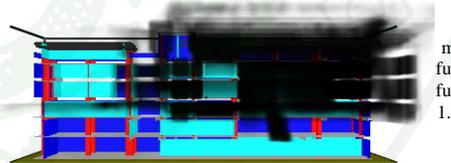
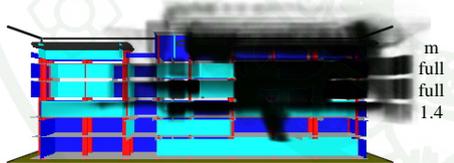
Time: 30.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 278

Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 556

Time: 100.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 912

Time: 164.2

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

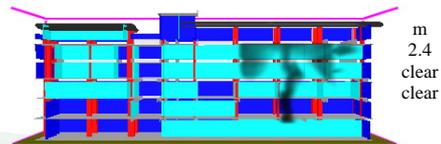
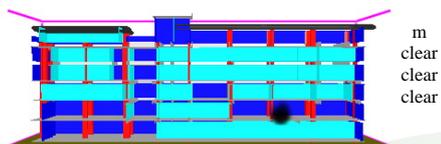
ภาพที่ 29 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12.0 MW, No Vent)

ภาพที่ 30 31 และ 32 แสดงพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันภายในอาคาร เมื่อมีการติดตั้งช่องพัดลมระบายควันกรณีที่ 4 5 6 โดยไม่มีการติดตั้งม่านกันควัน สำหรับกองเพลิง ขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ ในสภาวะเริ่มต้นขณะที่พัดลมระบายควันยังไม่ได้เริ่มทำงาน สภาพภายใน โถง atrium และช่องทางเดินชั้นที่ 3 4 และ 5 มีสภาวะเหมือนกับการจำลองในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควัน อย่างไรก็ตามเมื่อพัดลมระบายควันเริ่มทำงานควันไฟจะถูกระบายออกสภาวะในช่องทางเดินชั้น 4 จะมีควันไฟเพียงเล็กน้อยปกคลุมอยู่แต่ระดับความสูงของห้องควัน ในชั้นนี้ก็ยังคงเพียงพอให้ผู้ใช้อาคารในชั้นนี้สามารถอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้

ข้อสังเกตของการจำลองในกรณีที่ 4 5 6 คือ แม้จะมีการติดตั้งระบบพัดลมระบายควันที่เพียงพอกับอัตราการเกิดควันแล้ว ระบบทั้งหมดก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้ใช้อาคารที่บริเวณชั้น 5 สามารถอพยพไปยังบันไดหนีไฟได้เนื่องจากควันไฟยังมีการแพร่กระจายไปปกคลุมชั้น 5 บริเวณช่องทางเดินที่ติดกับ โถง atrium อยู่

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 20

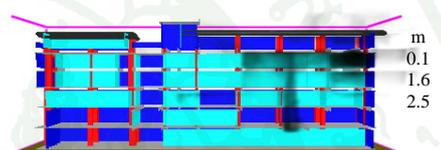
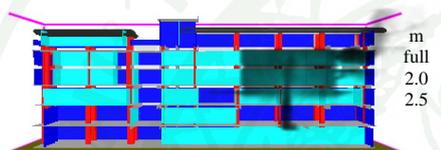
Time: 3.6

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 61

Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 167

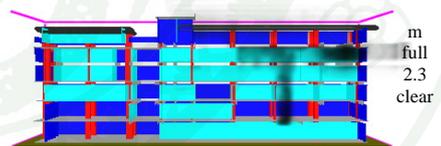
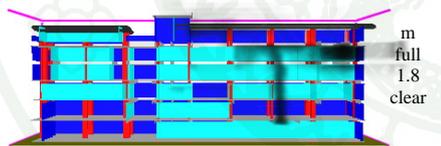
Time: 30.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 278

Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 556

Time: 100.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 912

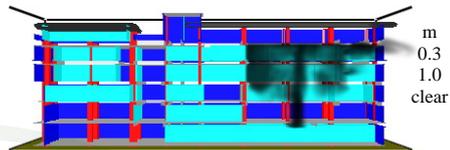
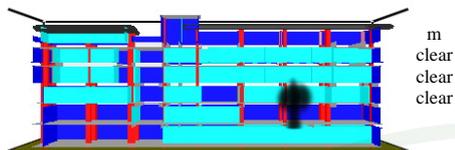
Time: 164.2

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

ภาพที่ 30 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, No Curtain)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 20

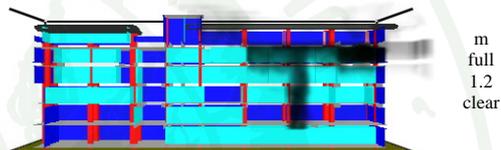
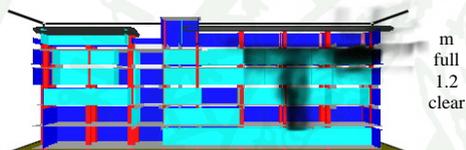
Time: 3.6

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 61

Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 167

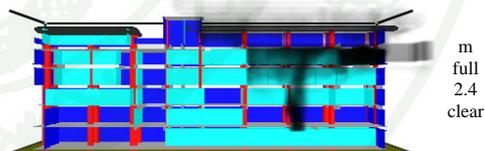
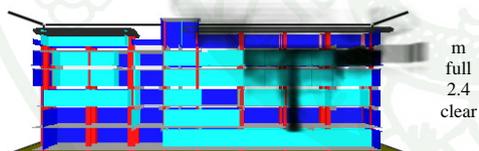
Time: 30.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 278

Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 556

Time: 100.1

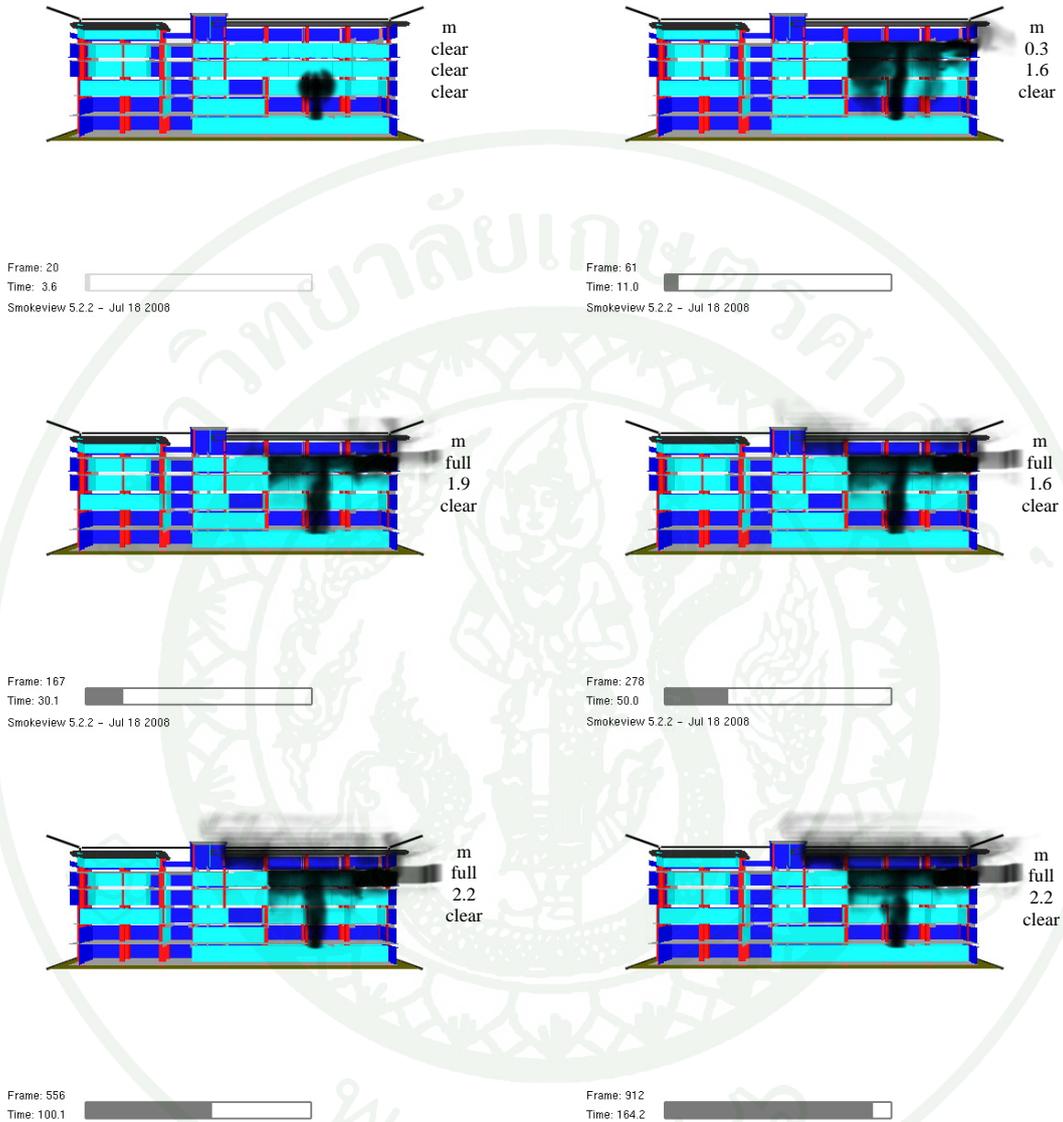
Frame: 912

Time: 164.2

ภาพที่ 31 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, No Curtain)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



ภาพที่ 32 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, No Curtain)

ภาพที่ 33 34 และ 35 แสดงพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันภายในอาคาร เมื่อมีการติดตั้งช่องพัดลมระบายควันกรณีที่ 4 5 6 โดยและติดตั้งม่านกันควันที่บริเวณช่องเปิดที่ติดกับช่องทางเดินชั้น 5 สำหรับกองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ ในสภาวะเริ่มต้นขณะที่พัดลมระบายควันยังไม่ได้เริ่มทำงาน สภาพภายในโถง atrium และช่องทางเดินชั้นที่ 3 4 และ 5 มีสภาวะเหมือนกับการจำลองในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควัน อย่างไรก็ตามเมื่อพัดลมระบายควันเริ่มทำงานควันไฟจะถูกระบายออก สภาวะในช่องทางเดินชั้น 4 จะมีควันไฟเพียง

เล็กน้อยปกคลุมอยู่แต่ระดับความสูงของห้องควันในชั้นนี้ก็ยังคงเพียงพอให้ผู้ใช้อาคารในชั้นนี้สามารถอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้ และบริเวณชั้น 5 ซึ่งมีการติดตั้งม่านกันควันจะไม่มีควันไฟแพร่กระจายเข้าไปสู่ช่องทางเดินทำให้ผู้ใช้อาคารของชั้น 5 สามารถอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้

Smokeyview 5.2.2 - Jul 18 2008

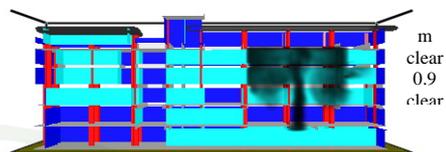
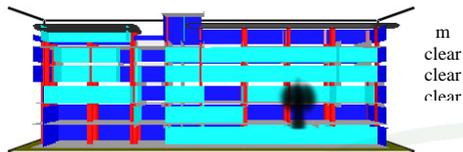
Smokeyview 5.2.2 - Jul 18 2008



ภาพที่ 33 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 20

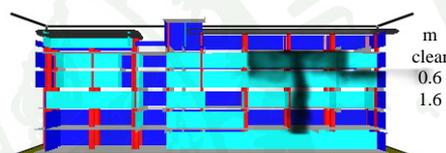
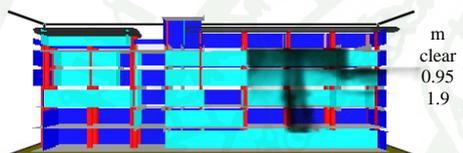
Time: 3.6

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 61

Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 167

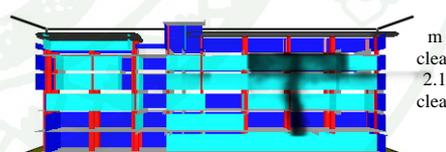
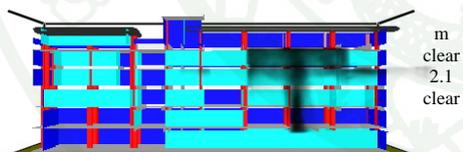
Time: 30.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 278

Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 556

Time: 100.1

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 912

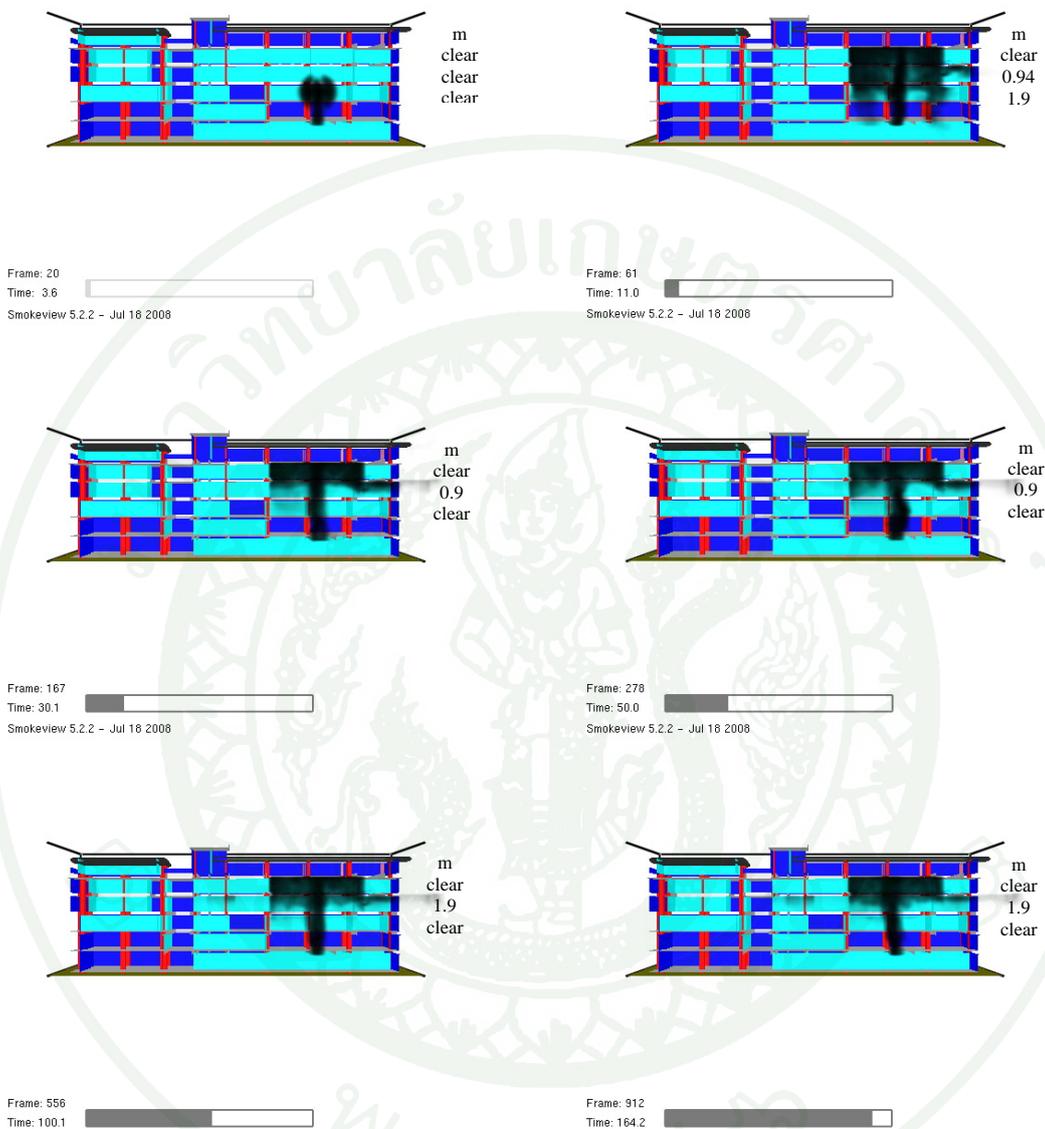
Time: 164.2

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

ภาพที่ 34 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



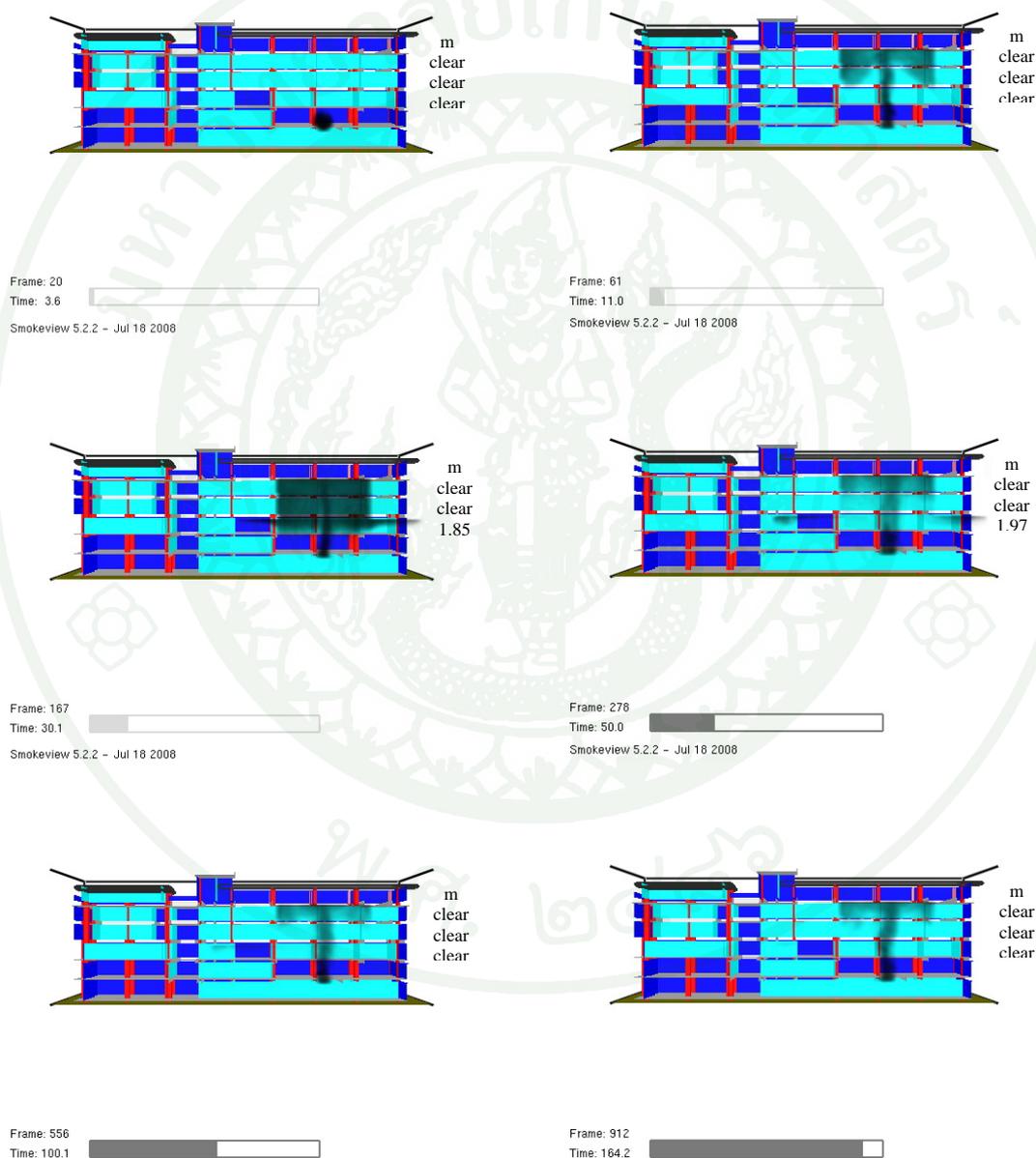
ภาพที่ 35 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)

ภาพที่ 30 31 และ 32 แสดงพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันภายในอาคาร เมื่อมีการติดตั้งช่องพัดลมระบายควันกรณี 4 5 6 โดยมีการติดตั้งม่านกันควันที่บริเวณช่องเปิดที่ ติดช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 สำหรับกองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ ในสภาวะเริ่มต้น ขณะที่พัดลมระบายควันยังไม่ได้เริ่มทำงาน สภาพภายใน โถง atrium และช่องทางเดินชั้นที่ 3 4 และ

5 มีสถานะเหมือนกับการจำลองในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควัน อย่างไรก็ตามเมื่อพัดลมระบายควันเริ่มทำงานควันไฟจะถูกระบายออก สถานะในช่องทางเดินทุกชั้นของอาคารจะไม่มีควันไฟเหลืออยู่ ทำให้ผู้ใช้อาคารทุกชั้นสามารถอพยพไปยังบันไดหนีไฟของอาคารได้โดยสะดวก

Smokeyview 5.2.2 - Jul 18 2008

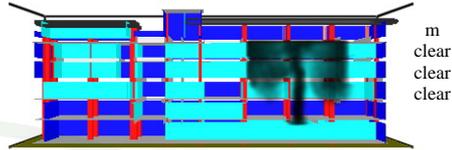
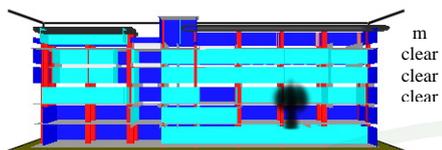
Smokeyview 5.2.2 - Jul 18 2008



ภาพที่ 36 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 4<sup>th</sup> & 5<sup>th</sup> Floor)

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

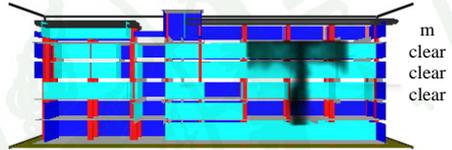
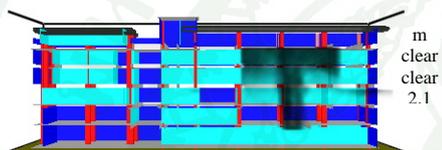


Frame: 20  
Time: 3.6

Frame: 61  
Time: 11.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

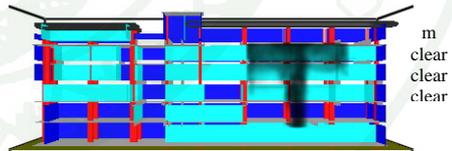
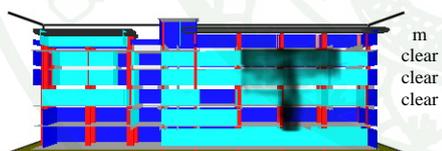


Frame: 167  
Time: 30.1

Frame: 278  
Time: 50.0

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



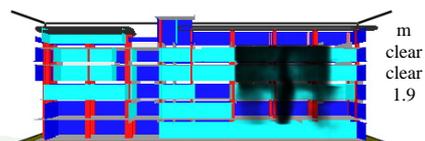
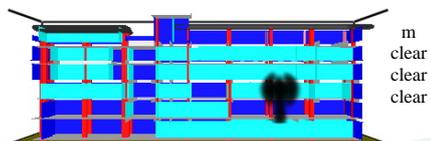
Frame: 556  
Time: 100.1

Frame: 912  
Time: 164.2

ภาพที่ 37 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 4<sup>th</sup> & 5<sup>th</sup> Floor)

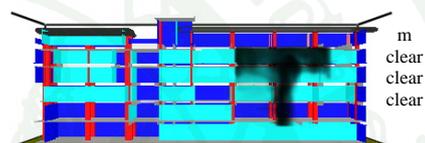
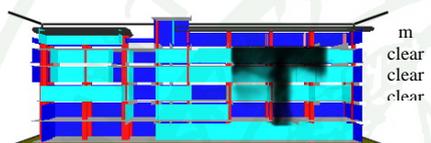
Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



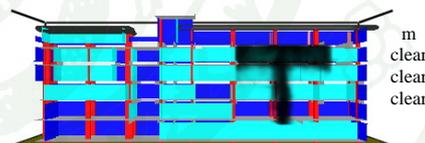
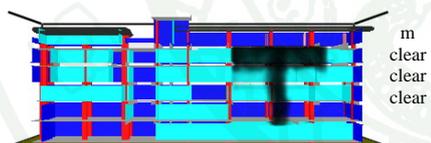
Frame: 20  
Time: 3.6  
Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 61  
Time: 11.0  
Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 167  
Time: 30.1  
Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008

Frame: 278  
Time: 50.0  
Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Frame: 556  
Time: 100.1

Frame: 912  
Time: 164.2

ภาพที่ 38 ภาพการกระจายตัวของควันภายในอาคาร (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 4<sup>th</sup> & 5<sup>th</sup> Floor)

### 1.1.2 ผลการจำลองในสภาวะคงตัว

ระบบจะเข้าสู่สภาวะคงตัวเมื่อเวลาในการจำลองผ่านไปมากกว่า 90 วินาที ความสูงเฉลี่ยของห้องควันที่ได้จะแปรผันกับขนาดของกองเพลิงและวิธีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ

**ตารางที่ 8** ตารางแสดงความสูงของห้องควันภายในบริเวณช่องทางเดินที่มีช่องเปิดติดกับโถง atrium ในสภาวะคงตัว

ขนาดกองเพลิง (MW)	ชนิดของระบบควบคุมควันไฟ	ความสูงเฉลี่ยของห้องควันไฟจากพื้นชั้น 3 (m)	ความสูงเฉลี่ยของห้องควันไฟจากพื้นชั้น 4 (m)	ความสูงเฉลี่ยของห้องควันไฟจากพื้นชั้น 5 (m)
2.2	ไม่มี	2.4	0	0
2.2	พัฒนาระบายควัน	2.85	2.3	0
2.2	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 5	2.85	2.1	2.85
2.2	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	2.85	2.85	2.85
6	ไม่มี	1.4	0	0
6	พัฒนาระบายควัน	2.85	2.4	0
6	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 5	2.85	2.1	2.85
6	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	2.85	2.85	2.85
12	ไม่มี	1.0	0	0
12	พัฒนาระบายควัน	2.85	2.2	0
12	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 5	2.85	1.9	2.85
12	พัฒนาระบายควันและม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	2.85	2.85	2.85

ผลที่ได้จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นถึงระดับความสูงของห้องควันบริเวณทางเดินที่มีช่องเปิดติดกับ โถง atrium กรณีต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ค่าระดับความสูงเฉลี่ยที่ได้จากการจำลอง ดังนี้

ก. อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ในทุกขนาดกองเพลิง ควันไฟจะปกคลุมเต็มช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 ของอาคาร และนอกเหนือจากนั้นยังพบว่ากองเพลิงที่มีขนาดเล็กคือ 2.2 MW จะมีระดับความสูงของห้องควันสูงกว่ากองเพลิงที่มีขนาดใหญ่ โดยกองเพลิงที่มีขนาด 6 และ 12 MW จะมีระดับความสูงของห้องควันต่ำกว่า 1.85 เมตร

ข. กรณีที่อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟด้วยพัดลมระบายควันที่มีอัตราระบายควันเท่ากับอัตราการเกิดควันไฟแต่ไม่มีการติดตั้งม่านกันควัน พบว่า พัดลมระบายควันไฟไม่สามารถระบายควันไฟได้หมดโดยยังคงเหลือควันไฟปกคลุมเต็มบริเวณช่องทางเดินชั้น 5 ของอาคาร

ค. กรณีที่อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟด้วยพัดลมระบายควันที่มีอัตราระบายควันเท่ากับอัตราการเกิดควันไฟและติดตั้งม่านกันควันที่ผนังชั้น 5 ของอาคาร พบว่า ทุกขนาดกองเพลิงพัดลมระบายควันสามารถระบายควันไฟให้ระดับความสูงของห้องควันอยู่สูงกว่า 1.85 เมตร ได้

ง. กรณีที่อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟด้วยพัดลมระบายควันที่มีอัตราระบายควันเท่ากับอัตราการเกิดควันไฟและติดตั้งม่านกันควันที่ผนังชั้น 4 และชั้น 5 ของอาคาร พบว่า ทุกขนาดกองเพลิงพัดลมระบายควันสามารถระบายควันออกจากช่องทางเดินของอาคารได้หมด

จากการศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายควันภายในอาคาร จากภาพการกระจายตัวของควันทั้งหมดข้างต้น และผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 8 ทำให้เห็นว่าการติดตั้งพัดลมระบายควันโดยไม่คำนึงถึงการติดตั้งบ่อกักควันจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ซึ่งทำให้ควันที่เกิดขึ้นจากกองเพลิงยังคงเหลือเพียงพอที่จะสามารถเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคารที่ต้องเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 4 และ 5 แม้ว่าจะออกแบบให้มีการติดตั้งพัดลมระบายควันที่มีอัตราการระบายควันเท่ากับอัตราการเกิดควันแล้วก็ตาม ดังนั้นในการออกแบบระบบระบายควันไฟด้วยพัดลมระบายควันจึงต้อง

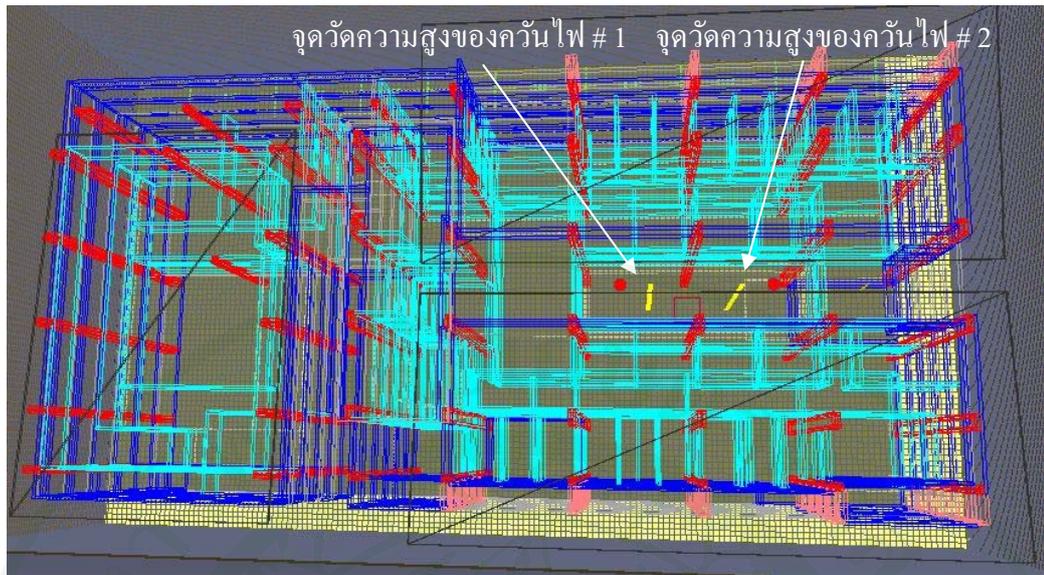
คำนึงถึงขนาดความลึกของบ่อกักค้ำด้วยเพื่อให้ระบบระบายค้ำน้ำไฟสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ภาพที่ 40 ถึง 42 แสดงความสูงเฉลี่ยของท้อค้ำน้ำไฟภายในโถง atrium ซึ่งโปรแกรม FDS ทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ (30) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาในการคำนวณ (ดูภาพที่ 20) แสดงให้เห็นถึงระดับความสูงของโถง atrium โดยวัดจากพื้นที่ชั้นที่ 2 เท่ากับ 13.65 เมตร ในกรณีที่โถง atrium ไม่มีระบบระบายค้ำน้ำ ระดับค้ำน้ำจะมีการลดต่ำลงอย่างรวดเร็วภายในเวลาน้อยกว่า 20 วินาที ความสูงเฉลี่ยของท้อค้ำน้ำจากพื้นที่ชั้น 2 (พื้นโถง atrium) วัดได้โดยประมาณเท่ากับ 5 เมตร ซึ่งระดับความสูงของท้อค้ำน้ำนี้ทำให้ค้ำน้ำแพร่กระจายเข้าปกคลุมบริเวณช่องทางเดินชั้นที่ 3 4 และ 5 ผ่านทางช่องเปิดที่ติดกับโถง atrium ทำให้ผู้ใช้อาคารชั้น 3 4 และ 5 ไม่สามารถใช้เส้นทางนี้ในการอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้ เมื่อมีการติดตั้งพัฒนาระบบระบายค้ำน้ำพบว่าความสูงเฉลี่ยของระดับท้อค้ำน้ำมีค่าสูงขึ้น

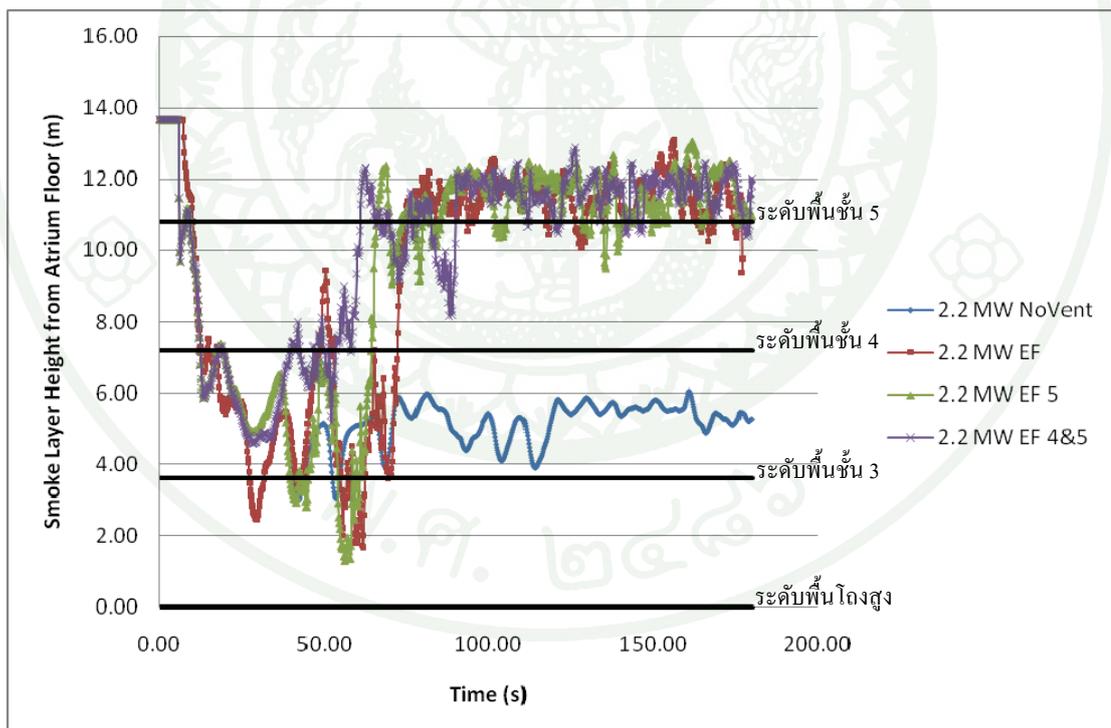
ความสูงเฉลี่ยของท้อค้ำน้ำภายในโถง atrium ที่ได้จากการทดลองในแต่ละกรณีสรุปได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตารางแสดงค่าสูงเฉลี่ยของห้องควันไฟภายในโถง atrium ที่สภาวะคงตัว

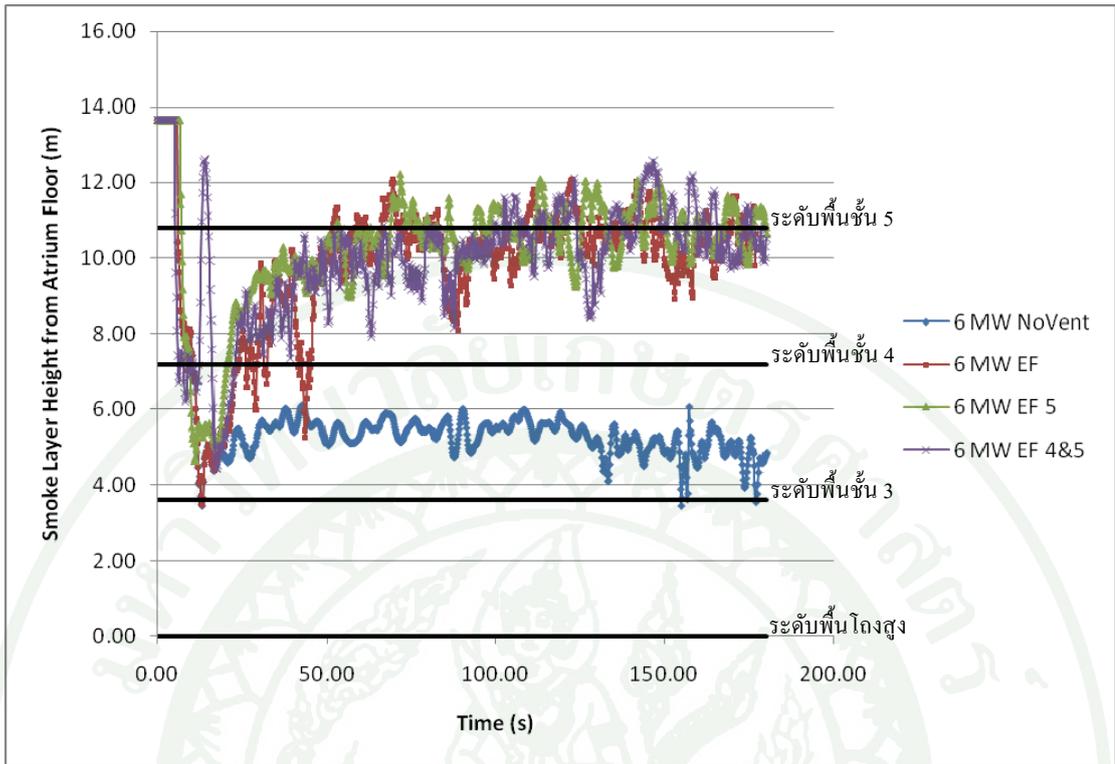
กรณีที่	ชนิดของระบบ ควบคุมควันไฟ	อัตราการปล่อย พลังงานความร้อน ของกองเพลิง (MW)	ค่าสูงเฉลี่ยของห้อง ควันไฟภายในโถง atrium จากพื้นที่ชั้นที่ 2 (m)
1	ไม่มี	2.2	5.81
2	ไม่มี	6	5.74
3	ไม่มี	12	5.74
4	พัฒนาระบายควัน	2.2	9.76
5	พัฒนาระบายควัน	6	10.64
6	พัฒนาระบายควัน	12	10.84
7	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	2.2	10.05
8	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	6	10.26
9	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 5	12	10.07
10	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	2.2	9.89
11	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	6	10.72
12	พัฒนาระบายควันและ ม่านกันควันที่ชั้น 4 และชั้น 5	12	10.28



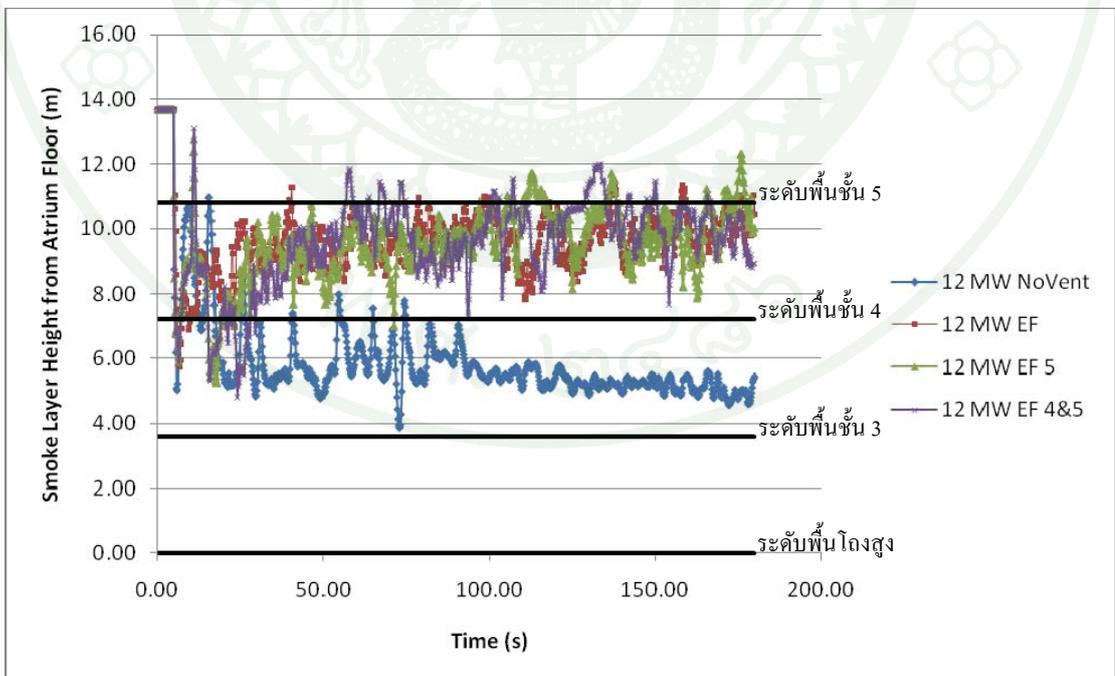
ภาพที่ 39 แสดงตำแหน่งที่ตั้งจุดวัดความสูงของห้องควันไฟภายในอาคาร



ภาพที่ 40 ความสูงของห้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 2.2 MW ภายใน โถง atrium



ภาพที่ 41 ความสูงของท้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 6 MW ภายใน โถง atrium



ภาพที่ 42 ความสูงของท้องควันไฟของกองเพลิงขนาด 12 MW ภายใน โถง atrium

## 1.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในอาคาร

ภาพที่ 43 44 และ 45 แสดงการจำลองในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายความร้อนของกองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW จากการจำลองพบว่าอุณหภูมิของควันไฟในช่องทางเดินของชั้นที่ 5 ซึ่งเป็นทางเดินชั้นสูงสุดของอาคารที่ติดกับโถง atrium มีอุณหภูมิสูงกว่า 49 องศาเซลเซียสในทุกกรณีซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 130 กำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่องทางเดินที่เชื่อมต่อไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ของทุกชั้นต้องไม่สูงกว่า 49 องศาเซลเซียส

และจากการจำลองพบว่า ควันร้อนจะเข้าสู่ช่องทางเดินชั้น 5 ที่ติดกับโถง atrium เริ่มต้นที่เวลา 10.80 8.29 7.20 วินาที ที่อุณหภูมิ 26.16 37.58 56.21 องศาเซลเซียส ของการจำลองเพลิงไหม้กองเพลิงขนาด 2.2 6 12 MW ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากองเพลิงที่มีขนาดความร้อนสูงจะทำให้ควันไฟสามารถแพร่กระจายเข้าสู่เส้นทางเดินที่ชั้น 5 ซึ่งอยู่ติดกับโถง atrium ได้รวดเร็วกว่ากองเพลิงที่มีขนาดความร้อนต่ำ

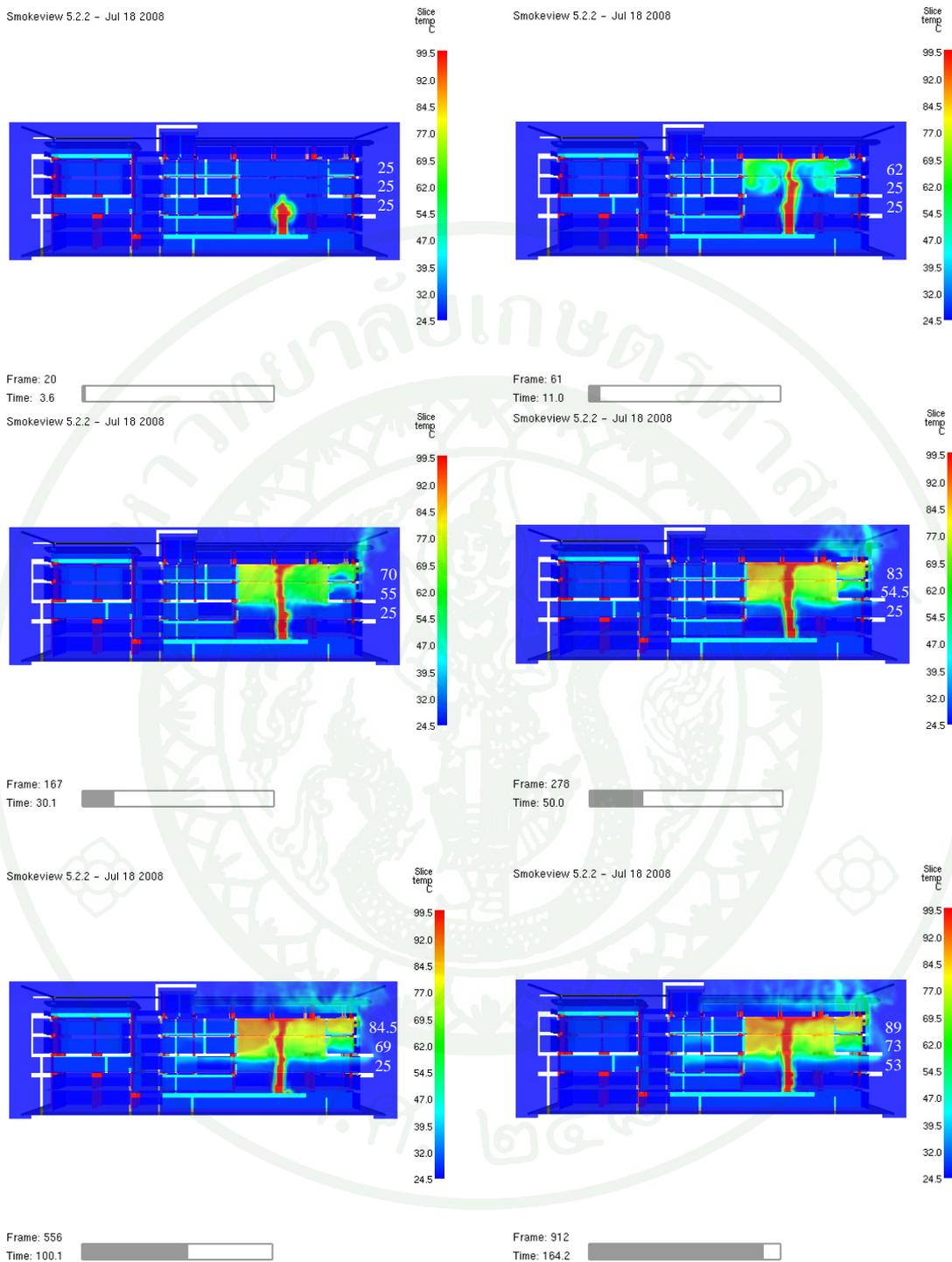
ภาพที่ 46 ถึง 48 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในอาคารเมื่อติดตั้งระบบควบคุมควันไฟด้วยพัดลมระบายควันโดยไม่ติดตั้งม่านกันควันสำหรับกองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW จากภาพแสดงให้เห็นว่าเมื่อพัดลมระบายควันทำงานจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว กองเพลิงขนาด 2.2 MW มีอุณหภูมิมิบริเวณช่องทางเดินชั้น 3 4 และ 5 ต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้ใช้อาคารสามารถใช้ช่องทางเดินนี้เป็นเส้นทางอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้ในขณะที่กองเพลิงขนาด 6 และ 12 MW จะมีอุณหภูมิภายในช่องทางเดินชั้น 5 สูงมากกว่า 49 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถใช้ช่องทางเดินนี้เป็นเส้นทางอพยพไปสู่บันไดหนีไฟได้

ภาพที่ 49 ถึง 54 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในอาคารเมื่อติดตั้งระบบควบคุมควันไฟด้วยพัดลมระบายควันและม่านกันไฟที่ผนังช่องทางเดินที่มีช่องเปิดติดกับโถง atrium พบว่าเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวระบบระบายควันจะทำให้อุณหภูมิของช่องทางเดินชั้น 3 4 และ 5 ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟที่ติดตั้งเหมาะสมจะทำให้ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพได้อย่างปลอดภัยหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคาร

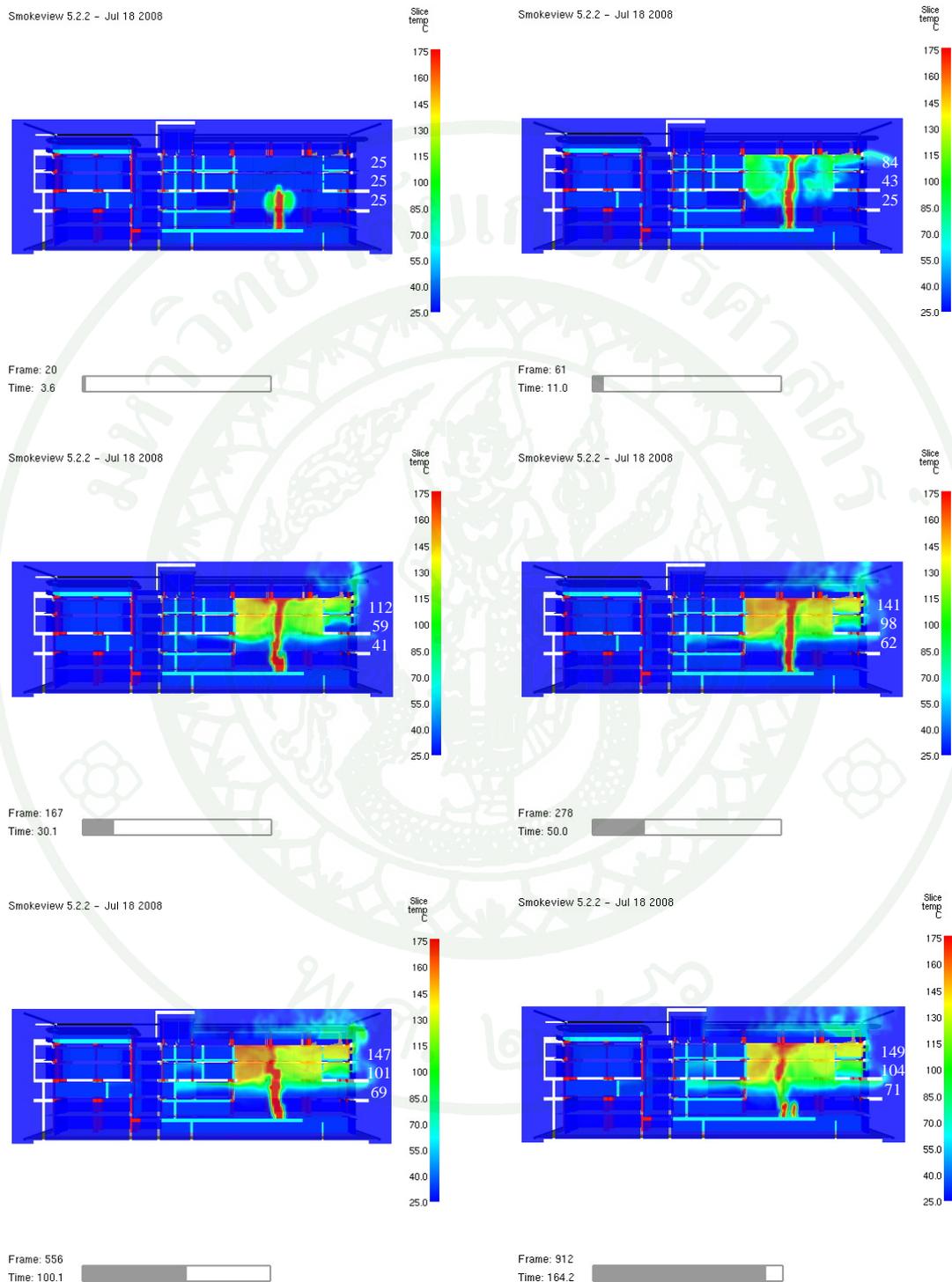
ภาพที่ 55 แสดงอุณหภูมิของควันไฟบริเวณจุดใกล้เพดาน โถง atrium จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในการจำลองกรณีอาคารไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันบริเวณจุดใกล้เพดานโถง

atrium กองเพลิงที่มีขนาด 6 และ 12 MW จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็ว และ กองเพลิงขนาด 12 MW มีอุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวประมาณ 250 องศาเซลเซียส การติดตั้งระบบระบายควันไฟจะช่วยลดอุณหภูมิของควันไฟได้อย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ

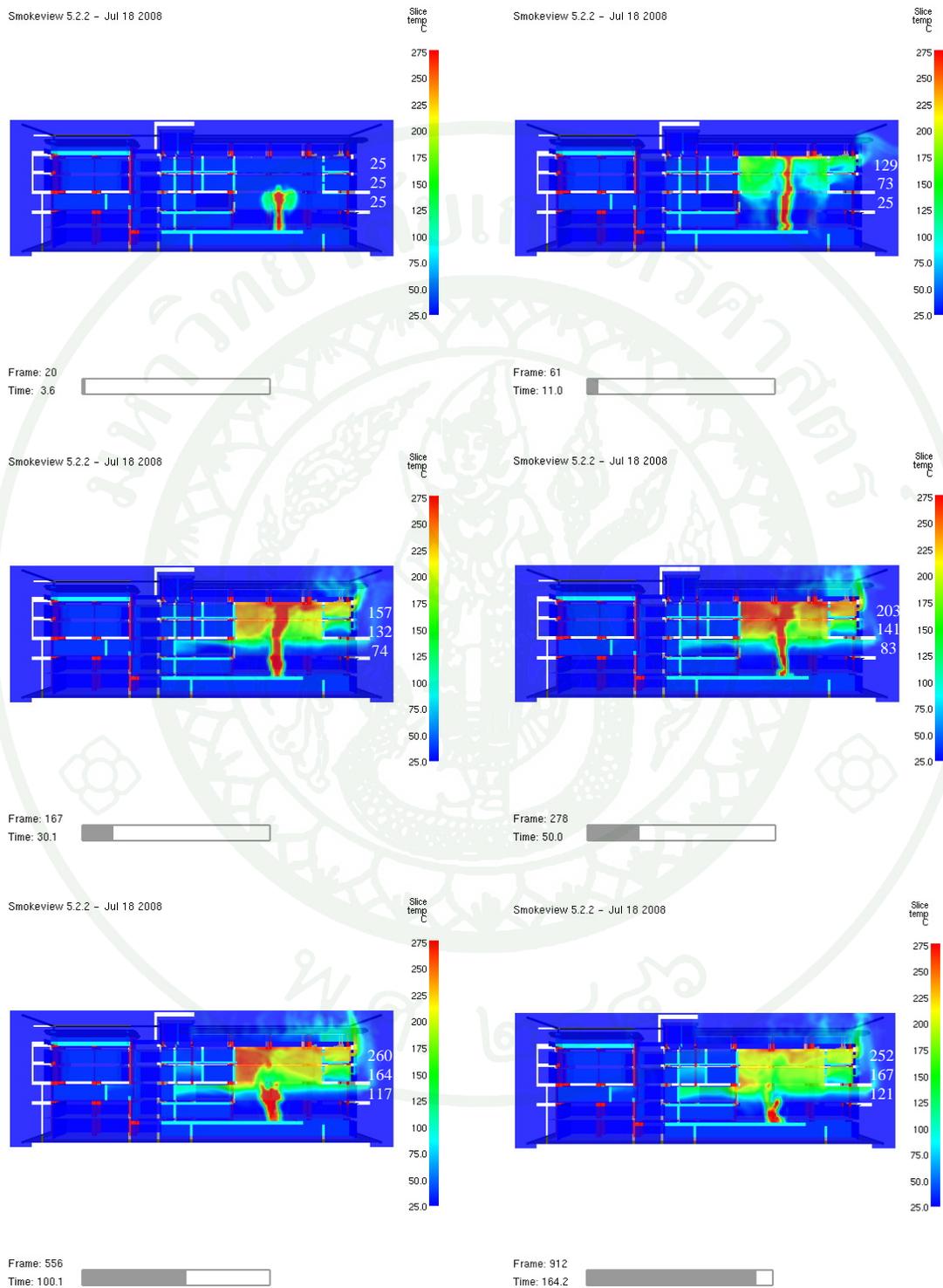
อย่างไรก็ดีจากกราฟแสดงให้เห็นว่ากองเพลิงขนาด 2.2 MW มีอุณหภูมิของควันไฟ บริเวณจุดใกล้เพดานต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทุกกรณี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการควบคุมควันไฟ ของอาคารบริเวณ โถง atrium ที่ดีจำเป็นที่จะต้องมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟพร้อมทั้งมีการ ควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงภายในบริเวณ โถง atrium ประกอบกัน



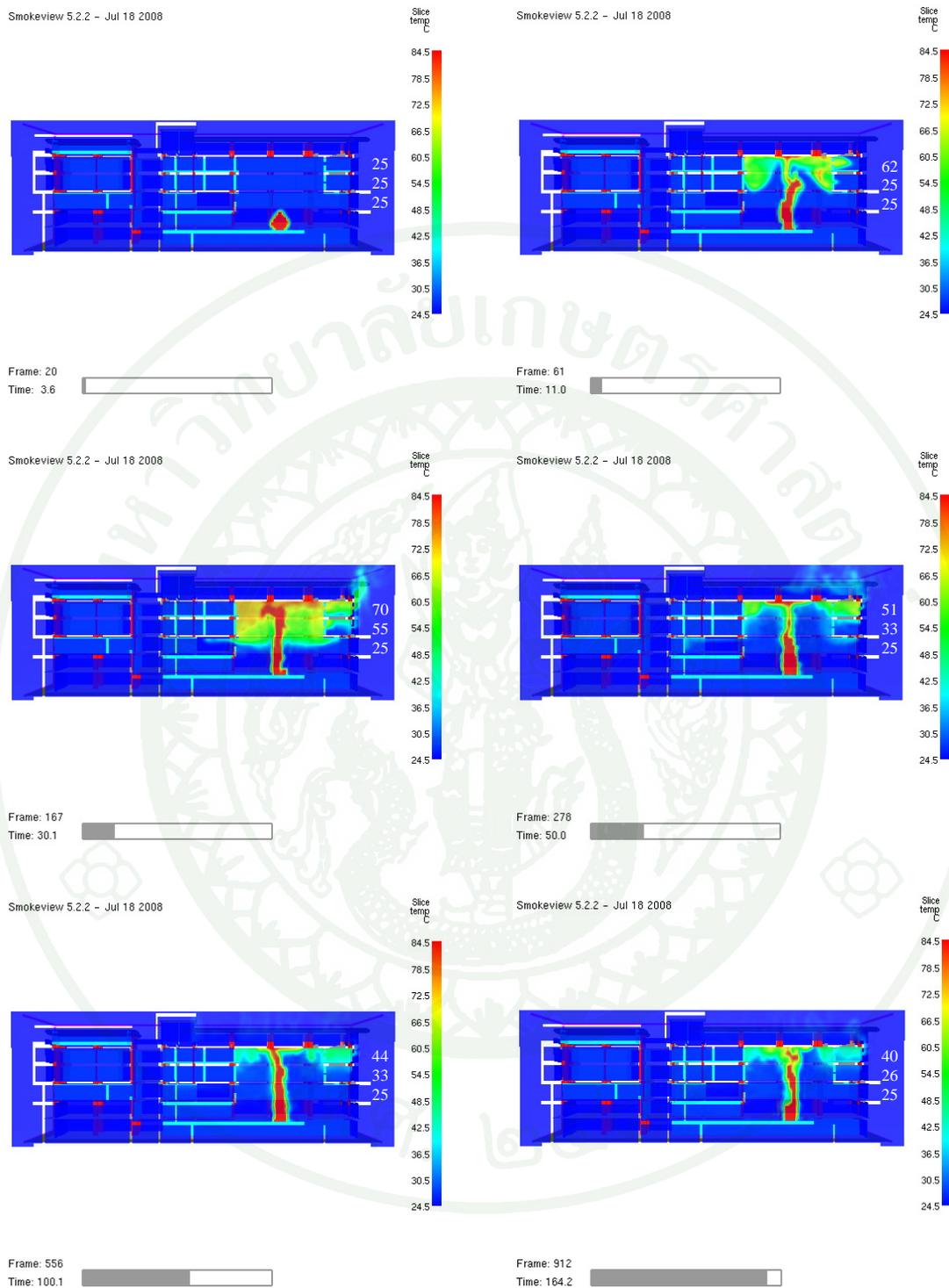
ภาพที่ 43 ภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลาง โถงสูง Atrium (2.2 MW, No Vent)



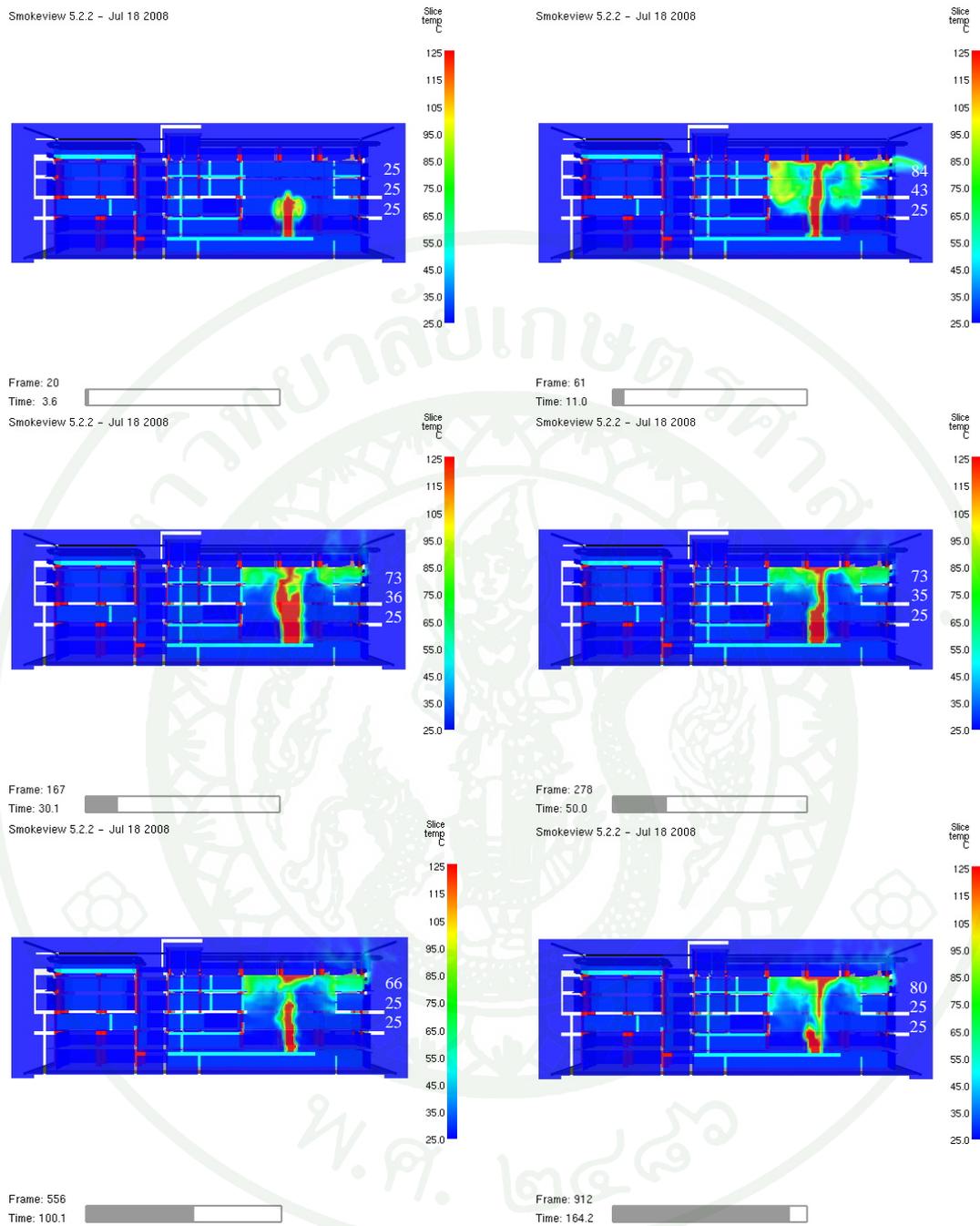
ภาพที่ 44 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, No Vent)



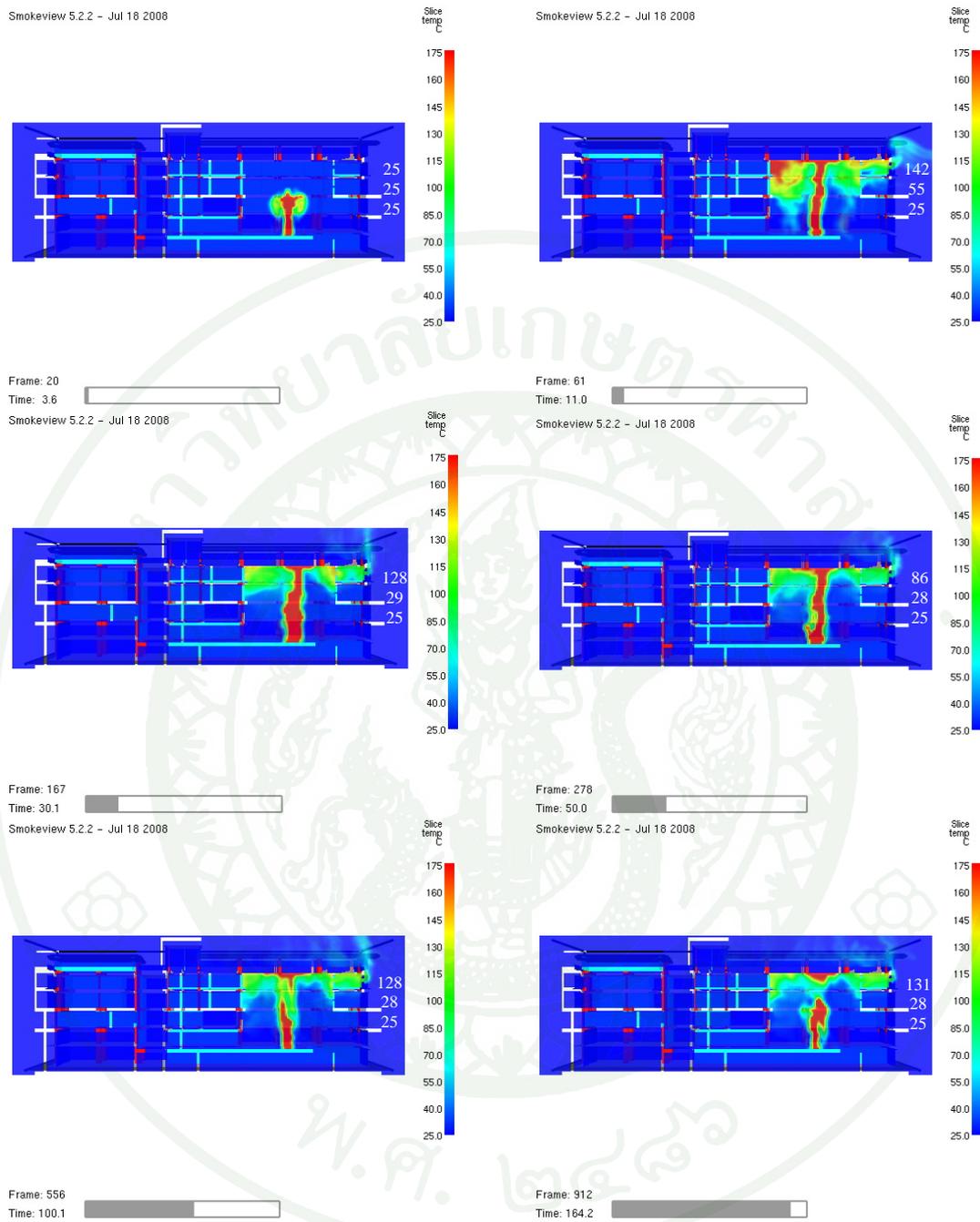
ภาพที่ 45 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12.0 MW, No Vent)



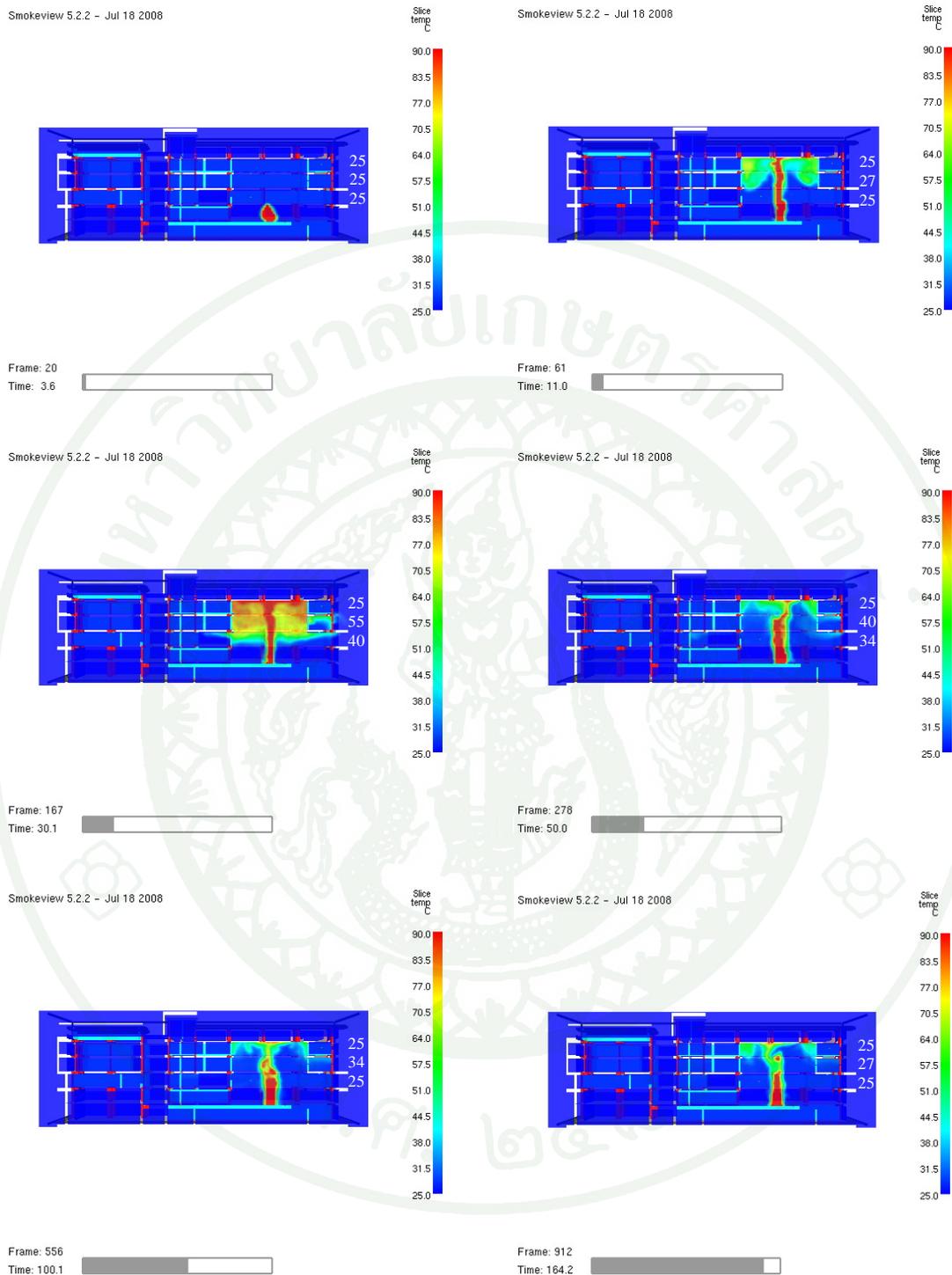
ภาพที่ 46 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, No Curtain)



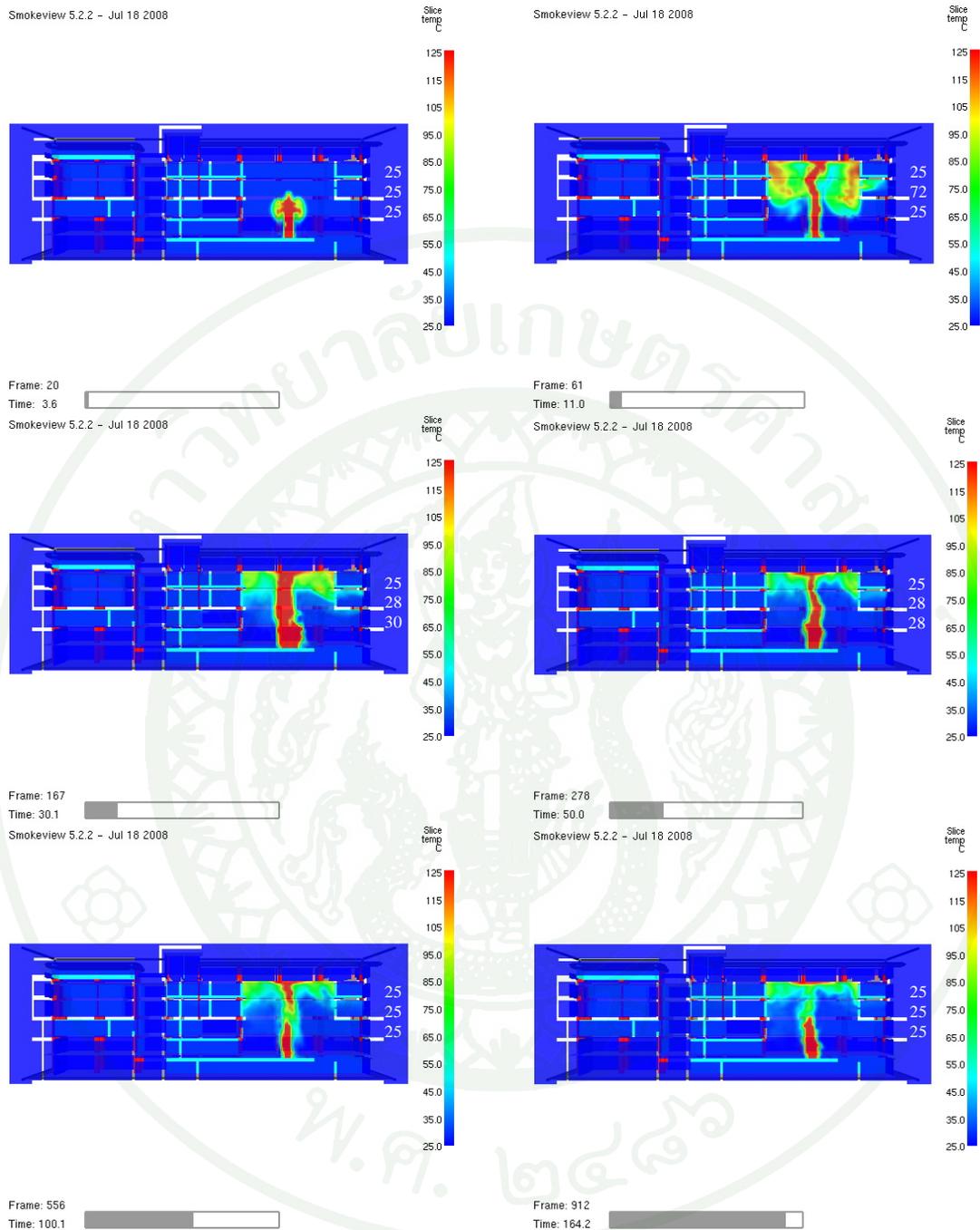
ภาพที่ 47 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, No Curtain)



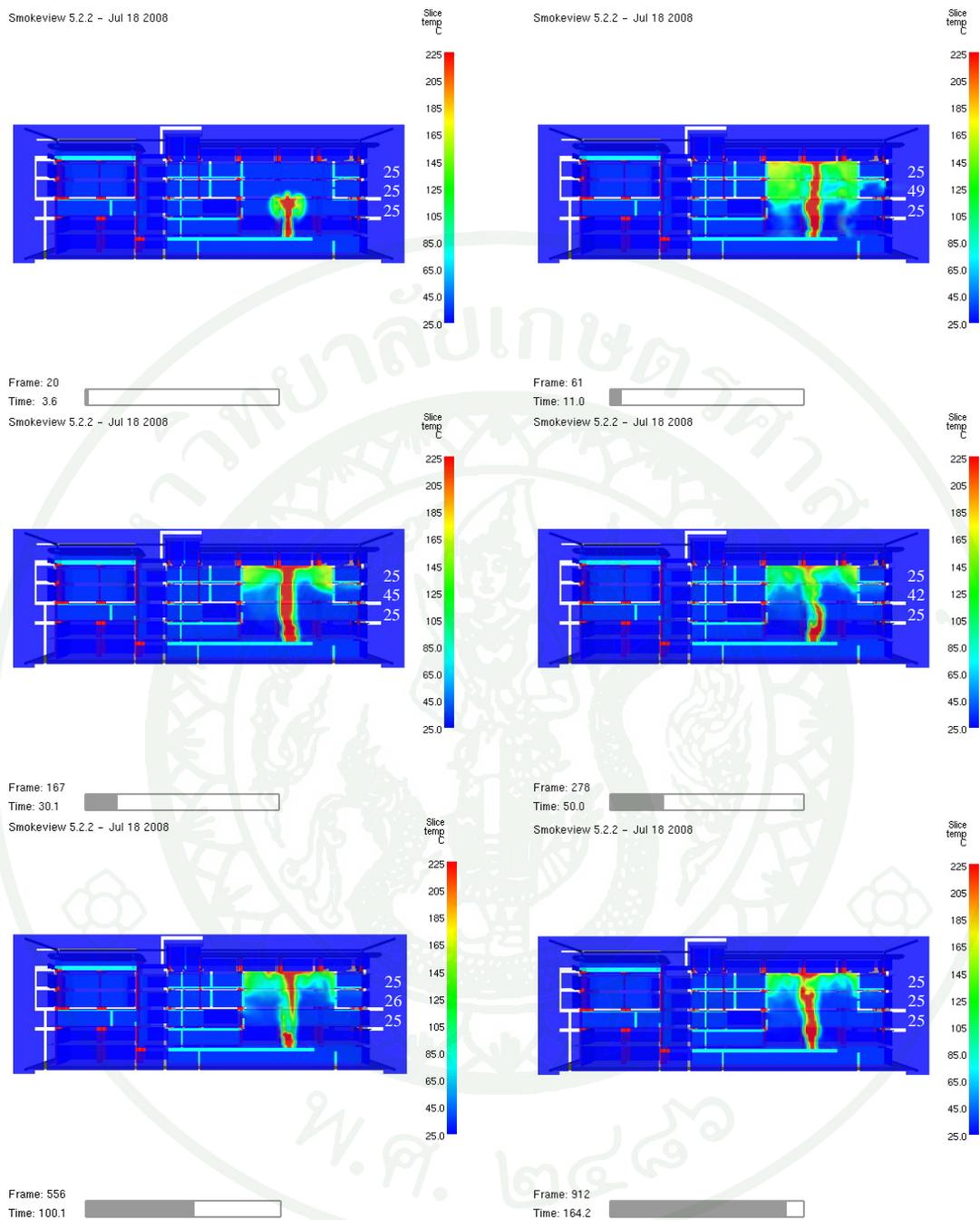
ภาพที่ 48 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, No Curtain)



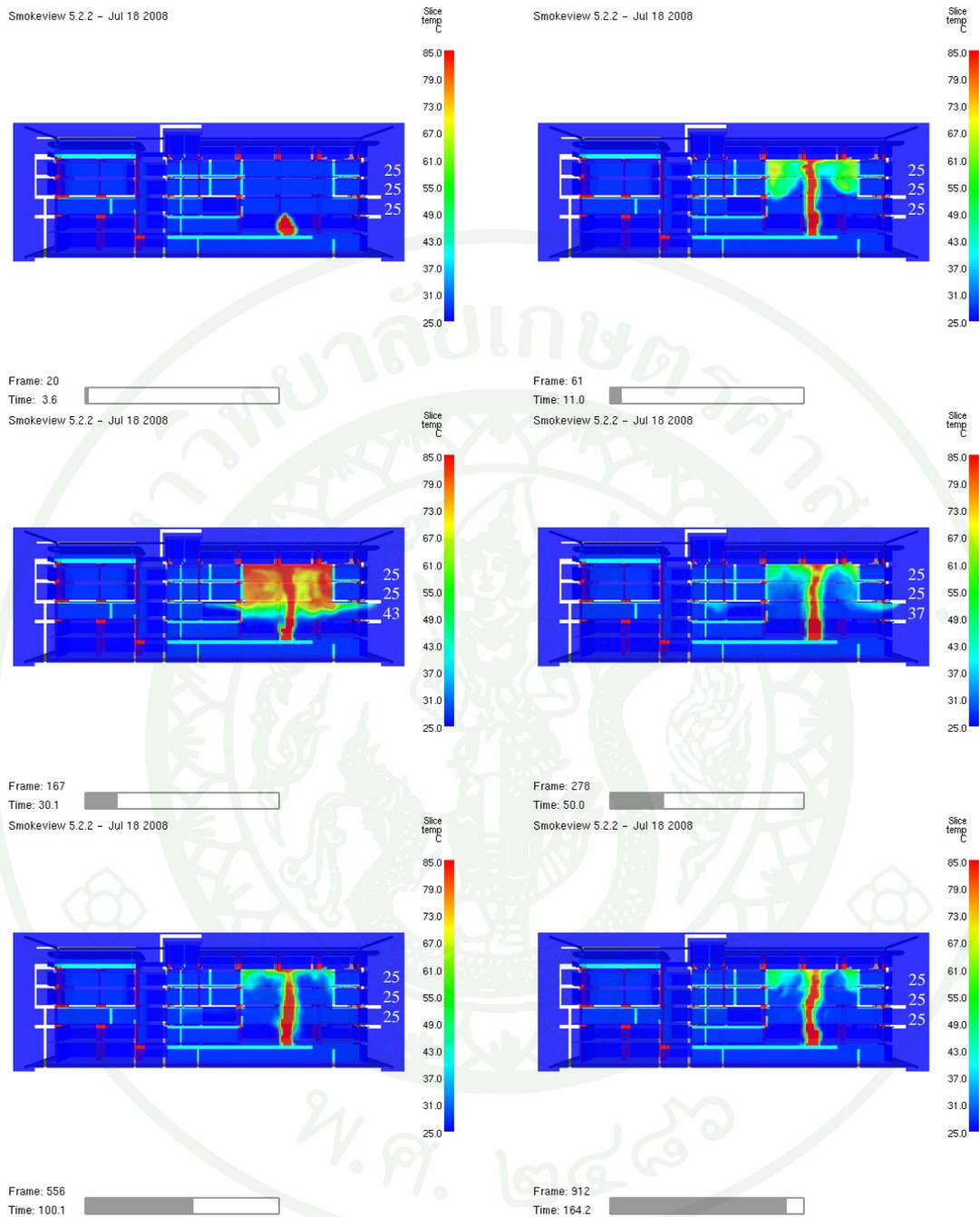
ภาพที่ 49 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)



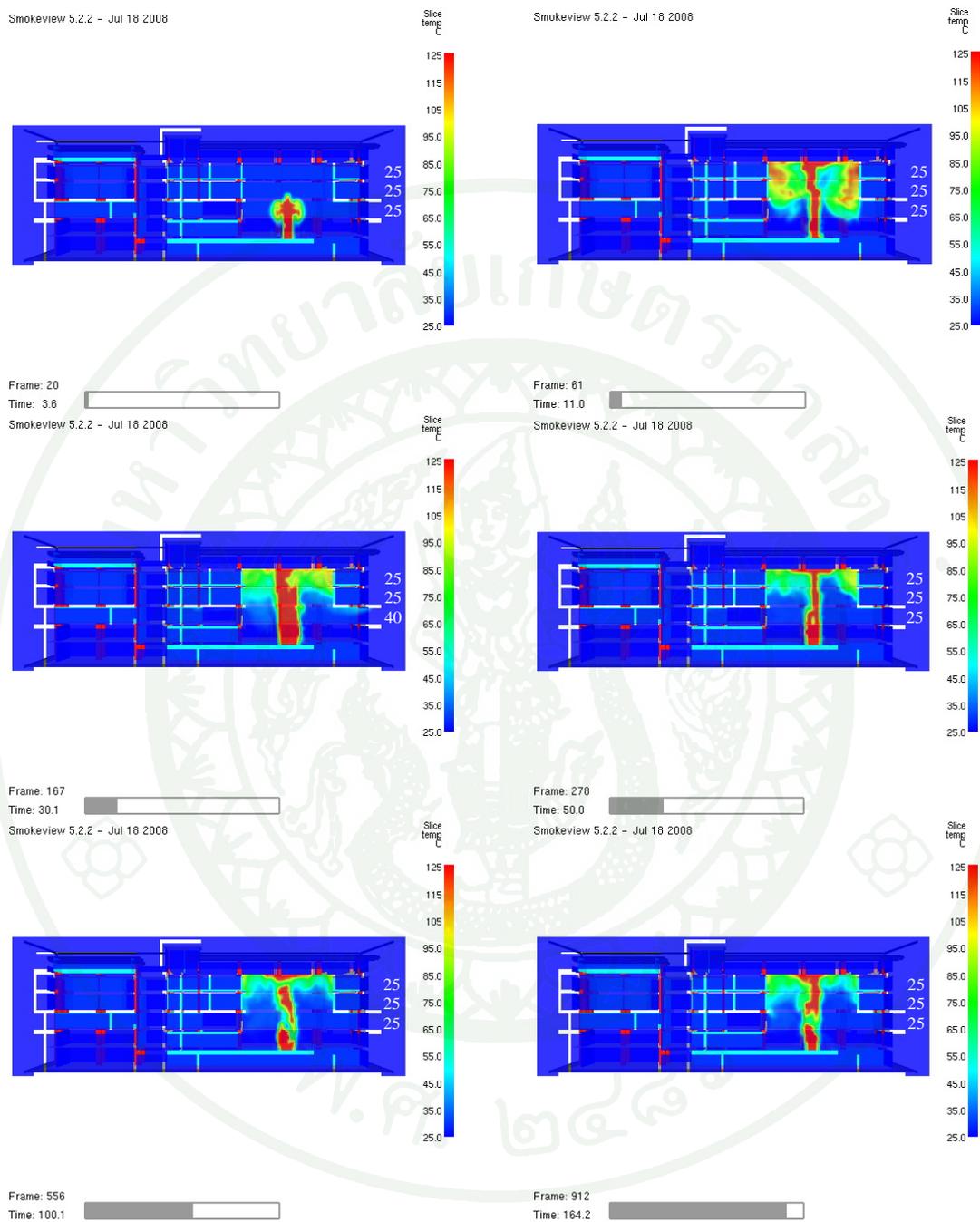
ภาพที่ 50 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)



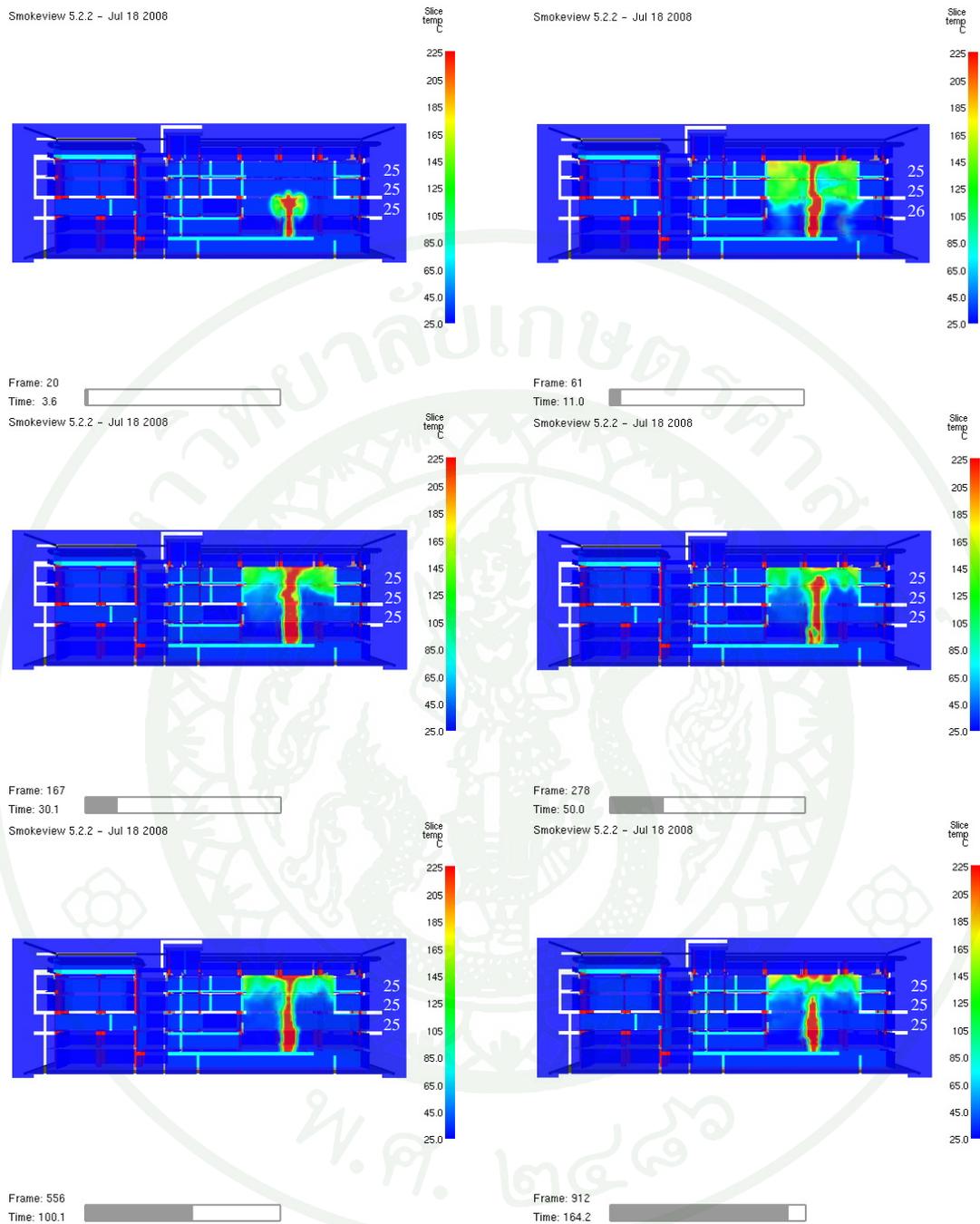
ภาพที่ 51 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 5<sup>th</sup> Floor)



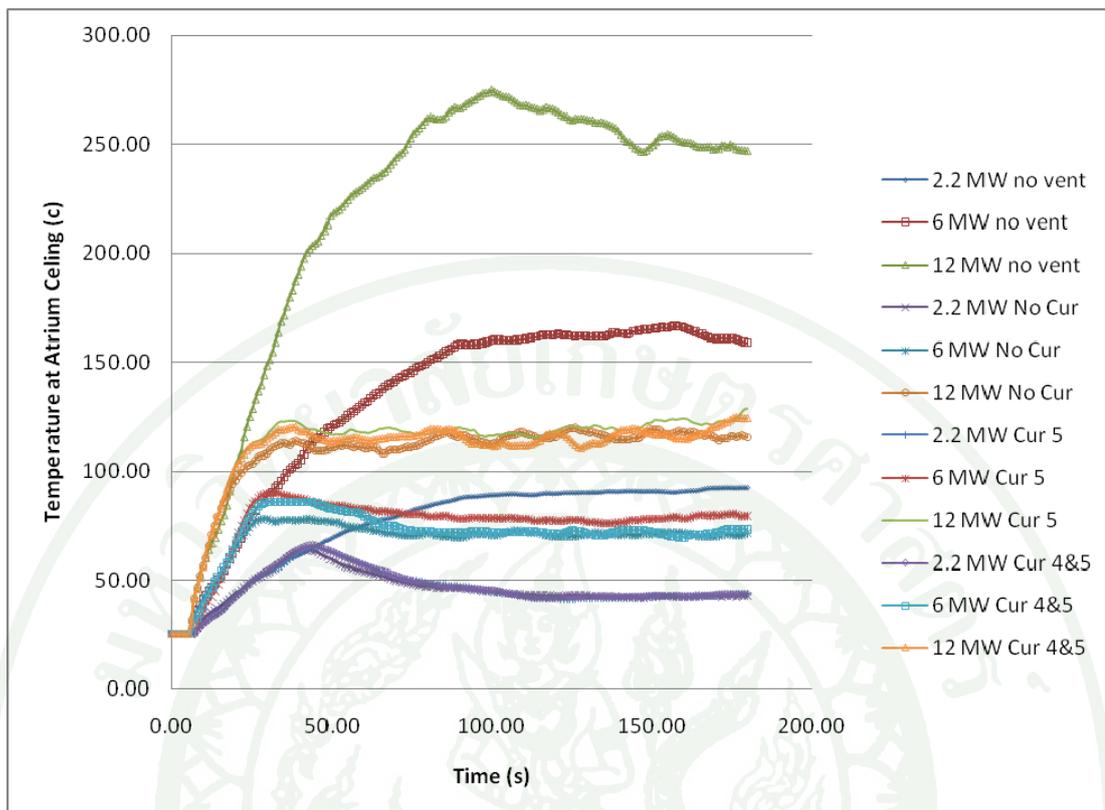
ภาพที่ 52 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (2.2 MW, Exhaust Fan 32×2, Curtain at 5<sup>th</sup> & 4<sup>th</sup> Floor)



ภาพที่ 53 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (6.0 MW, Exhaust Fan 35×2, Curtain at 5<sup>th</sup> & 4<sup>th</sup> Floor)



ภาพที่ 54 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ระนาบผ่านกึ่งกลางโถงสูง Atrium (12 MW, Exhaust Fan 41×2, Curtain at 5<sup>th</sup> & 4<sup>th</sup> Floor)



ภาพที่ 55 ภาพแสดงผลอุณหภูมิของควันไฟบริเวณใกล้เพดาน โถง atrium ในการจำลอง

## วิจารณ์

ผลจากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคารวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรณีเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงที่สุดพบว่า

1. กรณีที่อาคารไม่มีระบบระบายควันไฟติดตั้งเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ควันร้อนที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายไปยังเส้นทางอพยพหนีไฟของอาคารทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพไปยังบันไดหนีไฟได้ โดยเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวอุณหภูมิของควันไฟภายในช่องทางเดินชั้น 5 บริเวณที่ติดกับ โถง atrium ซึ่งเป็นชั้นสูงสุดของอาคารมีอุณหภูมิเฉลี่ย 89 149 และ 252 องศาเซลเซียส ที่กองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงกว่า 49 องศาเซลเซียส ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 130 ที่ต้องป้องกันอุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่องทางเดินที่เชื่อมต่อไปสู่ทางหนีไฟของทุกชั้นไม่ให้สูงกว่า 49 องศาเซลเซียส และควันไฟที่เกิดขึ้นได้เข้าปกคลุมเต็มช่องทางเดินชั้น 5 ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 101 ที่ต้องทำให้ความสูงของห้องควันเหนือพื้นชั้นสูงสุดที่เชื่อมต่อกับ โถง atrium มีความสูงอย่างน้อย 1.85 เมตร ตลอดเวลาการอพยพ

2. เมื่อทำการปรับปรุงระบบควบคุมควันไฟภายในอาคารวิศวกรรมเครื่องกลโดยอ้างอิงมาตรฐาน NFPA 92B และมาตรฐาน NFPA 204 ด้วยการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกลโดยใช้พัดลมระบายควันพบว่า

2.1 เมื่อติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยติดตั้งพัดลมระบายควัน โดยไม่มีการติดตั้งม่านกันควัน การจำลองกรณีกองเพลิงขนาด 2.2 MW เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวอุณหภูมิของช่องทางเดินที่ชั้น 5 ของอาคารบริเวณที่ติดกับ โถง atrium มีอุณหภูมิเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 130 ในขณะที่การจำลองกรณีกองเพลิงขนาด 6 และ 12 MW อุณหภูมิเฉลี่ยของช่องทางเดินชั้น 5 ของอาคารบริเวณที่ติดกับ โถง atrium มีอุณหภูมิ 80 และ 131 องศาเซลเซียส ตามลำดับซึ่งสูงกว่า 49 องศาเซลเซียส ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 130 แต่อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาเรื่องการควบคุมระดับความสูงของห้องควันเหนือพื้นชั้นสูงสุดที่เชื่อมต่อกับ โถง atrium พบว่ากรณีกองเพลิงทุกกรณีเมื่อมีการติดตั้งพัดลมระบายควันโดยไม่มีการติดตั้งม่านกันควันไม่สามารถระบายควันออกเพื่อรักษาระดับความ

สูงของห้องควันให้มีความสูงอย่างน้อย 1.85 เมตร ได้ ควันไฟที่เกิดขึ้นได้เข้าปกคลุมเต็มช่องทางเดินชั้น 5 ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 101

2.2 การติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยติดตั้งพัดลมระบายควันและม่านกันควันบริเวณช่องเปิดที่ติดกับช่องทางเดินชั้น 5 ของอาคาร พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวของช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 ของอาคารบริเวณที่ติดกับโถง atrium ต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส ทั้งหมด โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ช่องทางเดินชั้น 4 เท่ากับ 27 25 และ 25 องศาเซลเซียส ที่กองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเรื่องการควบคุมระดับความสูงของห้องควัน พบว่าที่ช่องทางเดินชั้น 5 ไม่มีควันไฟเข้าสู่ช่องทางเดินเนื่องจากได้มีการติดตั้งม่านกันควันแต่จะมีควันไฟหลงเหลืออยู่ที่ช่องทางเดินชั้น 4 โดยมีระดับความสูงเฉลี่ยของห้องควันเหนือช่องทางเดินชั้น 4 เท่ากับ 2.1 2.1 และ 1.9 เมตร ที่กองเพลิงขนาด 2.2 6 และ 12 MW ตามลำดับ ซึ่งระดับความสูงดังกล่าวมากกว่า 1.85 เมตร เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA 101

2.3 การติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยติดตั้งพัดลมระบายควันและม่านกันควันบริเวณช่องเปิดที่ติดกับช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 ของอาคาร พบว่าเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องทางเดินชั้น 3 4 และ 5 ของอาคารบริเวณที่ติดกับโถง atrium ต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส ทั้งหมด โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ช่องทางเดินทุกชั้นเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ที่กองเพลิงทุกขนาด เมื่อพิจารณาเรื่องการควบคุมระดับความสูงของห้องควัน พบว่าการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟและม่านกันควันที่ช่องเปิดที่ติดกับช่องทางเดินชั้น 4 และ 5 ของอาคาร สามารถระบายควันไฟออกจากช่องทางเดินได้หมดทุกชั้นของอาคาร

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการทดสอบ

1. ได้ทราบความแตกต่างด้านการแพร่กระจายควันไฟและการแพร่กระจายอุณหภูมิของอาคารวิศวกรรมเครื่องกลในกรณีติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ และกรณีไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ
2. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบว่าการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟแบบใดให้ประโยชน์สูงสุด

3. สามารถนำมาประยุกต์การควบคุมจัดเก็บเชื้อเพลิงภายในห้อง atrium ไม่ให้มีขนาดเชื้อเพลิงที่มากจนระบบควบคุมควันไฟที่ออกแบบไม่สามารถรองรับได้
4. สามารถนำไปประยุกต์ในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยของอาคารต่อไป



## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคารวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยสมมติให้เกิดเหตุการณ์ร้ายแรงที่สุด (worst case scenario) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของควันไฟมีค่าเท่ากับ 274.64 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นกรณีเพลิงไหม้กองเพลิง ขนาด 12 MW โดยไม่มีระบบควบคุมควันไฟติดตั้งบริเวณ โถง atrium เกิดขึ้นที่เวลา 99.91 วินาที และพบการแพร่กระจายของควันไฟเข้าไปปกคลุมช่องทางเดินชั้น 5 ของอาคารบริเวณที่มีช่องเปิด ติดกับ โถง atrium ภายในเวลาน้อยกว่า 11 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สั้นมาก ผู้ใช้อาคารไม่สามารถที่จะ อพยพหนีไฟไปสู่บันไดหนีไฟซึ่งถือว่าเป็นสถานที่ปลอดภัยของอาคารได้ ดังนั้นจะเห็นว่าหากไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟที่ถูกต้องเหมาะสมจะทำให้ผู้ใช้อาคารอาจไม่สามารถอพยพหนีไฟ ได้หากเกิดเพลิงไหม้จริง

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้โดยติดตั้งระบบควบคุมควันไฟภายใน โถง atrium คือระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกล ติดตั้งพัดลมระบายควัน ติดตั้งม่านกันควันที่ บริเวณช่องทางเดินที่มีช่องเปิดติดกับ โถง atrium และกำหนดขนาดของกองเพลิงเพื่อใช้ในการ จำลอง โดยแบ่งการติดตั้งเป็นทั้งหมด 9 กรณี จากการจำลองพบว่า

1. การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟ (temperature profile) ภายหลังจากติดตั้งระบบ ควบคุมควันไฟมีค่าลดลงต่ำกว่าก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟอย่างเห็นได้ชัดเจน
2. อุณหภูมิของควันไฟที่บริเวณใกล้กับเพดานของ โถง atrium ลดลงอย่างมากเมื่อติดตั้ง ระบบควบคุมควันไฟ เปรียบเทียบกับก่อนที่จะมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ
3. การกระจายตัวของควันไฟภายในอาคารเมื่อติดตั้งพัดลมระบายควัน โดยไม่มีการติดตั้ง ม่านกันควันพบว่า การกระจายตัวของควันไฟลดลงอย่างมากเมื่อเทียบก่อนการติดตั้งพัดลมระบาย ควัน แต่อย่างไรก็ตามบริเวณช่องทางเดินชั้น 5 ที่มีช่องเปิดติดกับ โถง atrium มีการกระจายตัวของควัน ไฟเข้าไปปกคลุมอย่างหนาแน่นทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟได้ แสดงให้

เห็นว่าการติดตั้งพัดลมระบายควันที่มีอัตราการระบายควันเท่ากับอัตราการเกิดควันเพียงอย่างเดียว โดยไม่คำนึงถึงการสร้างบ่อพักควันที่เหมาะสมนั้นไม่สามารถระบายควันไฟได้อย่างปลอดภัย

4. การกระจายตัวของควันไฟภายในอาคารเมื่อติดตั้งพัดลมระบายควันและติดตั้งม่านกันควันที่ช่องเปิดของช่องทางเดินชั้น 5 ที่ติดกับโถง atrium พบว่า การกระจายตัวของควันไฟลดลงอย่างมากเมื่อเทียบก่อนการติดตั้งพัดลมระบายควัน มีควันเข้าปกคลุมช่องทางเดินเพียงเล็กน้อยที่บริเวณชั้น 4 ซึ่งระดับความสูงของห้องควันที่เกิดขึ้นผู้ใช้อาคารสามารถอพยพผ่านช่องทางเดินเพื่อเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้

5. การกระจายตัวของควันไฟภายในอาคารเมื่อติดตั้งพัดลมระบายควันและติดตั้งม่านกันควันที่ช่องเปิดของช่องทางเดินชั้น 4 และชั้น 5 ที่ติดกับโถง atrium พบว่า การกระจายตัวของควันไฟลดลงอย่างมากเมื่อเทียบก่อนการติดตั้งพัดลมระบายควัน ระบบระบายควันที่ติดตั้งสามารถระบายควันออกจากช่องทางเดินทุกชั้นของอาคาร ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพผ่านช่องทางเดินเพื่อเข้าสู่บันไดหนีไฟของอาคารได้

#### ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาหารูปแบบการกระจายของควันไฟเพิ่มเติมโดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่อาจมีผลต่อการกระจายควันไฟ เช่น

1. เพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายควันโดยการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติในการจำลอง
2. เปลี่ยนตำแหน่งของการเกิดเพลิงไหม้เพื่อศึกษารูปแบบการระบายควันต่าง ๆ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ณัฐศักดิ์ บุญมี. 2550. การศึกษาขนาดกริดในการจำลองลำควันสมมาตรด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข, น. 62-69. ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 45. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alpert, R.L. 1972. Calculation of response time of ceiling-mounted fire detector.

**Fire Technology** 8: 181-195.

Babrauskas, V. and R.B. Williamson. 1979. **Post- Flashover Compartment Fires-Application of a Theoretical Model, Fire and Materials.** Available Source: <http://www.bfrl.nist.gov>, November 19, 2004.

Daniel, M. and L. V. Robert. 1999. **Simulation of the Dynamics of the Fire at 3146 Cherry Road NE Washington D.C.** Available Source: [www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTIR\\_6510/6510c.pdf](http://www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTIR_6510/6510c.pdf), April 20, 2000.

\_\_\_\_\_, P. F. Glenn and D. W. William. 1999. **Simulation of the Dynamics of a Fire in a Two-Story Duplex –Iowa.** Available Source: [http://www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTIR\\_6854/duplex.htm](http://www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTIR_6854/duplex.htm), April 20, 2000.

Delichatsios, M.A. 1981. The Flow of Fire Gases under a Beamed Ceiling. **Combustion and Flame** 43: 1-10.

Evans, D.D. 1995. Chapter 2-4 Ceiling Jet Flows. In P.J. DiNenno (Ed.). **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.** National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Heskestad, G. 1995. Chapter 2-2 Fire Plumes. In P.J. DiNenno (Ed.). **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering,** National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Heskestad, G. and M.A. Delichatsios. 1987. **The Initial Convection Flow in Fire**. Seventeenth Symposium (International) on Combustion, n.p.

Jame, G. Q. 1998. **Principles of Fire Behavior**. Thomsom Learning Inc, US.

Karlsson, B. and J.G. Quintiere. 1999. **Encloser Fire Dynamics**. CRC Press PTR, US.

McCaffrey, B.J. 1979. **Purely Buoyant Diffusion Flames: Some Experimental Results**. National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD.

McGrattan, K. 2008. **Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide**. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Meryland.

\_\_\_\_\_. and G. Forney. 2008. **Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide**. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Meryland.

Mell, W.E., K. McGratta, and H.R. Baum. 1996. Numerical simulation of combustion in fire plumes. **Twenty-sixth Symposium (International) on Combustion** 26: 1523-1530.

National Fire Protection Association. 2000a. **NFPA 101 Life Safety Codes**. US.

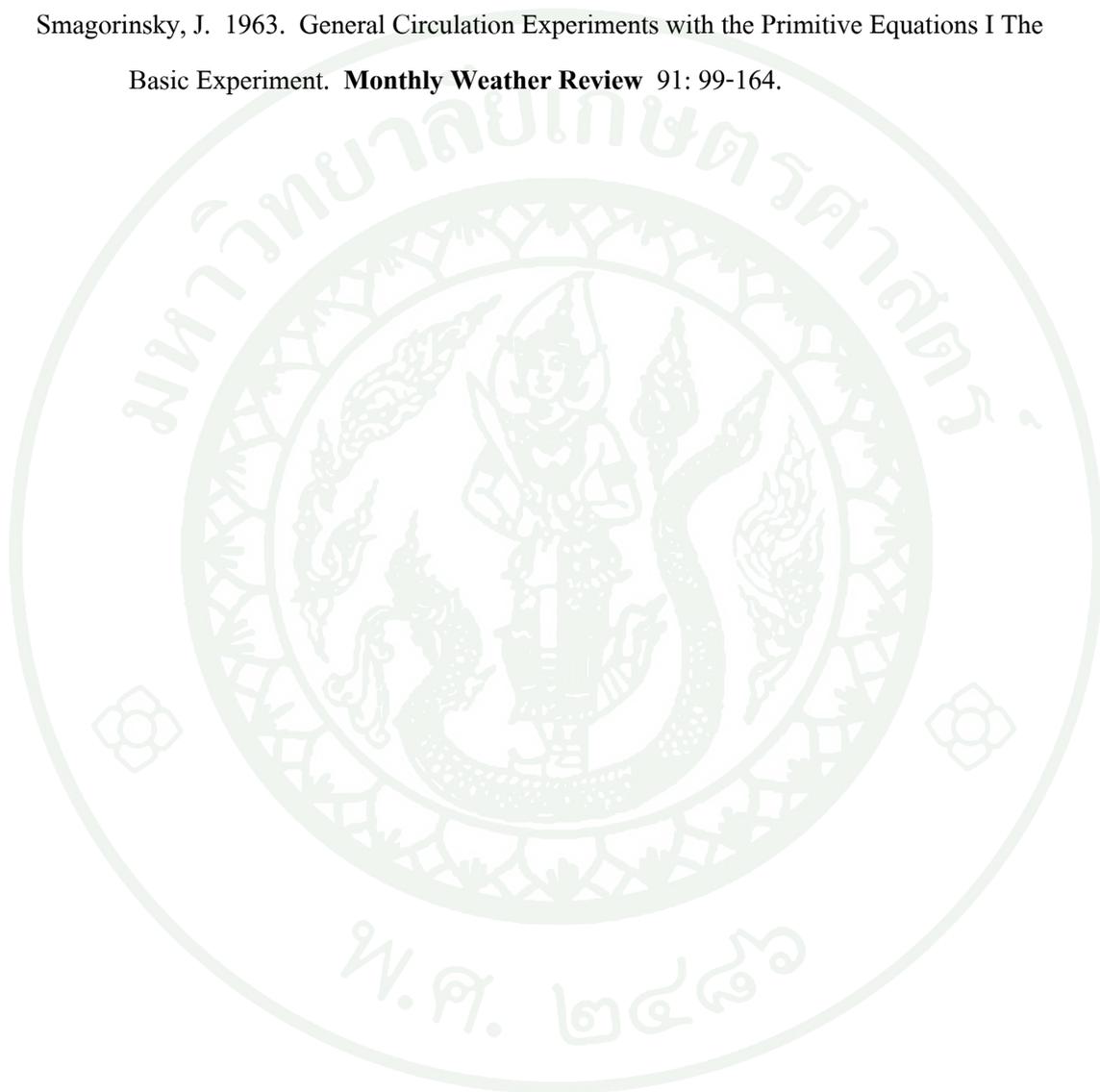
\_\_\_\_\_. 2000b. **NFPA 92B Guide for Smoke Management System in Mall, Atria, and Large Areas**. US.

\_\_\_\_\_. 2000c. **NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems**. US.

\_\_\_\_\_. 2002. **NFPA 204 Standard for Smoke and Heat Venting**. US.

Robert, L. V., M. Daniel and D. W. William. 2000. **Simulation of the Dynamics of a Fire in a One-Story Restaurant Texas**. Available Source: [www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire03/PDF/f03019.pdf](http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire03/PDF/f03019.pdf), October 28, 2002.

Smagorinsky, J. 1963. General Circulation Experiments with the Primitive Equations I The Basic Experiment. **Monthly Weather Review** 91: 99-164.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายละเอียดการคำนวณระบบควบคุมควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204

### รายละเอียดการคำนวณระบบควบคุมควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204

รายละเอียดของ โถง atrium ที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดพัดลมระบายควันไฟ

กำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

- ขนาดของโถง atrium กว้าง 5 เมตร ยาว 15.5 เมตร สูง 13.65 เมตร
- อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิง  $\dot{Q}$  เท่ากับ 2200 kW
- พื้นที่กองเพลิง ( $A$ ) เท่ากับ 4 ตารางเมตร
- ความสูงของห้องควันไฟ ( $Z_s$ ) เท่ากับ 12.65 เมตร (สูงจากพื้นชั้น 5 เท่ากับ 1.85 เมตร)
- ความหนาของชั้นควันสะสม ( $d$ ) เท่ากับ 1.75 เมตร
- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส
- ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจำเพาะ ( $C_p$ ) เท่ากับ 1.007 kJ/kg.K

วิธีการคำนวณ

คำนวณหาอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนโดยการเผา (heat release rate:  $\dot{Q}_c$ )

$$\dot{Q}_c = 0.7(2200) = 1540 \text{ kW}$$

คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางกลางกองเพลิง

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 2.26 \text{ m}$$

คำนวณหาความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟจากสมการที่ (32)

$$L = -1.02D_{eq} + 0.235\dot{Q}_c^{2/5} = -1.02(2.26) + 0.235(2200)^{2/5} = 2.80 \text{ m}$$

คำนวณหาความสูงเสมือนของกองเพลิงจากสมการที่ (33)

$$Z_0 = 0.083\dot{Q}_c^{2/5} - 1.02D = 0.083(2200)^{2/5} - 1.02(2.26) = -0.502 \text{ m}$$

ใช้สมการ (30) ในการคำนวณหาอัตราการเกิดควัน  $\dot{m}_p$  เนื่องจาก  $Z_s = 12.65 > L$

$$\dot{m}_p = \left[ 0.071\dot{Q}_c^{1/3} (Z_s - Z_0)^{5/3} \right] \left[ 1 + 0.027\dot{Q}_c^{2/3} (Z_s - Z_0)^{-5/3} \right]$$

$$= \left[ 0.071(1540)^{1/3} (12.65 - (-0.502))^{5/3} \right] \left[ 1 + 0.027(1540)^{2/3} (12.65 - (-0.502))^{-5/3} \right]$$

$$= 63.02 \text{ kg/s}$$

คำนวณหาค่าขนาดของพัลลาระบายควัน

คำนวณหาอุณหภูมิควันไฟ ( $T_p$ )

$$T_p = T_o + \frac{K\dot{Q}_c}{C_p \dot{m}_p} = 303 + \frac{(0.5)(1540)}{(1.007)(63.02)} = 315.16 \text{ K}$$

อัตราการระบายควันสูงสุดโดยใช้พัลลาระบายควันโดยไม่เกิดปรากฏการณ์ plug holing ( $V_{\max}$ )

$$V_{\max} = 4.16\gamma d^{5/2} \left( \frac{T_p - T_o}{T_o} \right)_0^{1/2} = 4.16 \times 1 \times (1.75)^{5/2} \times \left( \frac{315.16 - 303}{303} \right)^{1/2}$$

$$= 4.79 \text{ m}^3/\text{s}$$



## ตัวอย่างข้อมูลคำสั่งสำหรับศึกษาการจำลองเพลิงไหม้

กรณีที่ 4 การจำลองเพลิงไหม้ของกองเพลิงขนาด 2.2 MW ติดตั้งพัดลมระบายควันขนาด 32 m<sup>3</sup>/s

ME\_EF\_2.2MW\_EF32x2.fds

Generated by PyroSim - Version 2008.2

Jan 3, 2010 2:02:51 PM

&HEAD CHID='ME\_EF\_2\_2MW\_EF32x2', TITLE='ME\_Building'/

&TIME T\_END=180.00, SYNCHRONIZE=.FALSE./

&DUMP RENDER\_FILE='ME\_EF\_2\_2MW\_EF32x2.ge1'/

&MISC LAPSE\_RATE=-9.7000000E-003, TMPA=25.00/

&MESH ID='GRID', IJK=162,90,75, XB=-5.00,65.00,-

5.00,35.00,0.00,25.00/

&REAC ID='WOOD',

C=3.40,

H=6.20,

O=2.50,

N=0.00,

IDEAL=.TRUE.,

EPUMO2=1.1020000E004,

CO\_YIELD=4.3565517E-003,

MASS\_EXTINCTION\_COEFFICIENT=7.6000000E003/

&MATL ID='BRICK\_MATL',

SPECIFIC\_HEAT=0.84,

CONDUCTIVITY=0.69,

DENSITY=1.6000000E003/

&MATL ID='STEEL\_MATL',

SPECIFIC\_HEAT=1.00,

```

CONDUCTIVITY=0.1000,
DENSITY=4.000000E003/
&MATL ID='CONCRETE_MATL',
SPECIFIC_HEAT=0.88,
CONDUCTIVITY=1.00,
DENSITY=2.100000E003/
&MATL ID='SHEET METAL_MATL',
SPECIFIC_HEAT=1.00,
CONDUCTIVITY=0.1000,
DENSITY=3.6153846E003/

&SURF ID='BURNER',
COLOR='GRAY 80',
HRRPUA=550.00/
&SURF ID='BRICK',
RGB=166,41,41,
TEXTURE_MAP='psm_brick.jpg',
TEXTURE_WIDTH=0.81,
TEXTURE_HEIGHT=0.81,
MATL_ID(1,1)='BRICK_MATL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.00,
THICKNESS(1)=0.1000/
&SURF ID='STEEL',
COLOR='GRAY 20',
MATL_ID(1,1)='STEEL_MATL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.00,
THICKNESS(1)=5.000000E-003/
&SURF ID='CONCRETE',
COLOR='GRAY 66',
TEXTURE_MAP='psm_concrete.jpg',
TEXTURE_WIDTH=0.76,
TEXTURE_HEIGHT=0.76,
MATL_ID(1,1)='CONCRETE_MATL',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.00,

```

THICKNESS(1)=0.1000/  
 &SURF ID='SHEET METAL',  
 COLOR='GRAY 20',  
 MATL\_ID(1,1)='SHEET METAL\_MATL',  
 MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.00,  
 THICKNESS(1)=1.3000000E-003/  
 &SURF ID='Exhaust\_Fan',  
 COLOR='GRAY',  
 VOLUME\_FLUX=32.00/  
  
 &PROP ID='Heat\_Vent\_1', QUANTITY='LINK TEMPERATURE',  
  
 ACTIVATION\_TEMPERATURE=57.00, RTI=55.00/  
 &DEVC ID='Heat\_Vent\_1', PROP\_ID='Heat\_Vent\_1',  
  
 XYZ=39.00,13.00,18.15, LATCH=.FALSE./  
 &DEVC ID='Heat\_Vent\_2', PROP\_ID='Heat\_Vent\_1',  
  
 XYZ=49.00,13.00,18.15, LATCH=.FALSE./  
 &DEVC ID='HEIGHT\_1', QUANTITY='H', XYZ=40.00,13.00,10.00/  
 &DEVC ID='HEIGHT\_2', QUANTITY='H', XYZ=48.00,13.00,10.00/  
 &DEVC ID='LAYER\_Height\_1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
  
 XB=39.00,39.00,15.00,15.00,4.80,18.45/  
 &DEVC ID='LAYER\_Height\_1->LTEMP', QUANTITY='LOWER  
 TEMPERATURE', XB=39.00,39.00,15.00,15.00,4.80,18.45/  
 &DEVC ID='LAYER\_Height\_1->UTEMP', QUANTITY='UPPER  
 TEMPERATURE', XB=39.00,39.00,15.00,15.00,4.80,18.45/  
 &DEVC ID='LAYER\_Height\_2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
  
 XB=39.00,39.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_2->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=39.00,39.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_2->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=39.00,39.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_3->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',

XB=41.00,41.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_3->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=41.00,41.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_3->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=41.00,41.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_4->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',

XB=49.00,49.00,15.00,15.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_4->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=49.00,49.00,15.00,15.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_4->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=49.00,49.00,15.00,15.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_5->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',

XB=49.00,49.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_5->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=49.00,49.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_5->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=49.00,49.00,11.00,11.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_6->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',

XB=47.00,47.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_6->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=47.00,47.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_6->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=47.00,47.00,13.00,13.00,4.80,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_Pathway\_5->HEIGHT', QUANTITY='LAYER

HEIGHT', XB=55.00,55.00,13.00,13.00,15.60,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_Pathway\_5->LTEMP', QUANTITY='LOWER

TEMPERATURE', XB=55.00,55.00,13.00,13.00,15.60,18.45/

&DEVC ID='LAYER\_Height\_Pathway\_5->UTEMP', QUANTITY='UPPER

TEMPERATURE', XB=55.00,55.00,13.00,13.00,15.60,18.45/

&DEVC ID='TC1\_1', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=40.00,13.00,6.00/

&DEVC ID='TC1\_2', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=40.00,13.00,12.00/

&DEVC ID='TC1\_3', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=40.00,13.00,15.00/

&DEVC ID='TC1\_4', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=40.00,13.00,17.00/

&DEVC ID='TC2\_1', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=48.00,13.00,6.00/

&DEVC ID='TC2\_2', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=48.00,13.00,12.00/

&DEVC ID='TC2\_3', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=48.00,13.00,15.00/

&DEVC ID='TC2\_4', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=48.00,13.00,17.00/

&DEVC ID='TC\_over\_vent11', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=39.00,13.00,19.15/

&DEVC ID='TC\_over\_vent12', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=39.00,13.00,20.15/

&DEVC ID='TC\_over\_vent21', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=49.00,13.00,19.15/

&DEVC ID='TC\_over\_vent22', QUANTITY='TEMPERATURE',

XYZ=49.00,13.00,20.15/

&CTRL ID='CTRL', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE.,

INPUT\_ID='Heat\_Vent\_1'/

&CTRL ID='CTRL2', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE.,

INPUT\_ID='Heat\_Vent\_2'/

&HOLE XB=48.50,60.50,10.60,15.40,4.08,4.80/ void\_fl\_2

&HOLE XB=36.50,52.00,10.50,15.50,7.65,8.40/ void\_fl\_3

&HOLE XB=36.50,52.00,10.50,15.50,11.25,12.00/ void\_fl\_4

&HOLE XB=36.50,52.00,10.50,15.50,14.85,15.60/ void\_fl\_5

&HOLE XB=57.50,60.50,10.50,15.50,14.85,15.60/ void\_fl\_5\_1

&HOLE XB=3.00,13.00,3.00,22.00,14.85,15.60/

void\_fl\_5\_conf\_1

&HOLE XB=13.00,16.50,3.00,15.50,14.85,15.60,

RGB=224,223,227, TRANSPARENCY=0.4000/ void\_fl\_5\_conf\_2

&HOLE XB=8.50,16.50,0.50,3.00,14.85,15.60/ void\_fl\_5\_conf\_3

&HOLE XB=57.80,60.50,10.50,15.50,18.45,19.20/ void\_fl6\_1

&HOLE XB=28.50,35.50,4.00,9.50,18.45,19.20/ void\_fl6\_2

&HOLE XB=28.50,35.50,16.50,26.00,18.45,19.20/ void\_fl6\_3

&HOLE XB=22.50,25.00,4.00,10.25,4.05,19.20/ Void\_ST1

&HOLE XB=52.50,59.75,-1.75,-0.2500,4.05,19.20/ Void\_ST2

&HOLE XB=17.50,21.50,22.00,27.50,7.65,12.00/ Void\_ST6

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,0.50,2.50/ D\_ST1\_1

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,4.80,6.80/ D\_ST1\_2

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,8.40,10.40/ D\_ST1\_3

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,12.00,14.00/ D\_ST1\_4

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,15.60,17.60/ D\_ST1\_5

&HOLE XB=24.50,25.50,4.00,5.00,19.20,21.20/ D\_ST1\_6

&HOLE XB=58.50,59.50,-0.50,0.50,4.80,6.80/ D\_ST2\_2

&HOLE XB=58.50,59.50,-0.50,0.50,8.40,10.40/ D\_ST2\_3

&HOLE XB=58.50,59.50,-0.50,0.50,12.00,14.00/ D\_ST2\_4

&HOLE XB=58.50,59.50,-0.50,0.50,15.60,17.60/ D\_ST2\_5

&HOLE XB=51.50,52.50,11.50,14.50,13.25,13.75/ Hole FL 4

&HOLE XB=57.00,58.00,11.50,14.50,13.25,13.75/ Hole FL 4

&HOLE XB=57.00,58.00,11.50,14.50,16.75,17.25/ Hole FL 5

&HOLE XB=51.50,52.50,11.50,14.50,16.75,17.25/ Hole FL 5

&OBST XB=-1.00,60.50,-2.00,28.00,0.00,0.50, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor1

&OBST XB=-1.00,16.50,16.00,28.00,4.05,4.80, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor2\_1

&OBST XB=21.75,60.50,-2.00,28.00,4.05,4.80, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor2\_2

&OBST XB=16.50,21.75,4.00,28.00,4.05,4.80, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor2\_3

&OBST XB=-1.00,17.00,-2.00,28.00,7.65,8.40, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor3\_1

&OBST XB=21.75,60.50,-2.00,28.00,7.65,8.40, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor3\_2

&OBST XB=17.00,21.75,16.00,28.00,7.65,8.40, THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='CONCRETE'/ floor3\_3

&OBST XB=-1.00,17.00,-2.00,28.00,11.25,12.00,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor4\_1

&OBST XB=21.75,60.50,-2.00,28.00,11.25,12.00,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor4\_2

&OBST XB=17.00,21.75,16.00,28.00,11.25,12.00,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor4\_3

&OBST XB=-1.00,17.00,-2.00,28.00,14.85,15.60,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor5\_1

&OBST XB=21.75,60.50,-2.00,28.00,14.85,15.60,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor5\_2

&OBST XB=17.00,21.75,19.00,28.00,14.85,15.60,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor5\_3

&OBST XB=-1.00,17.00,-2.00,28.00,18.45,19.20,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor6\_1

&OBST XB=21.75,60.50,-2.00,28.00,18.45,19.20,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor6\_2

&OBST XB=17.00,21.75,19.00,28.00,18.45,19.20,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='CONCRETE'/ floor6\_3

&OBST XB=21.50,28.50,3.50,23.00,24.00,24.50,

SURF\_ID='CONCRETE'/ Roof\_Lift\_Room

&OBST XB=22.00,60.00,21.50,21.70,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,21.50,28.00,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,21.50,28.00,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,60.25,26.25,26.45,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,21.50,26.25,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,21.50,26.25,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,21.50,28.00,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.25,15.50,15.70,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.25,10.30,10.50,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,10.50,15.50,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,10.50,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,3.50,3.70,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=25.05,25.25,3.50,10.50,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.05,28.25,10.50,15.50,0.50,4.05, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=14.00,16.60,-2.20,-2.00,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.00,28.00,28.20,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.00,60.25,28.00,28.20,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.30,60.25,-2.00,-1.80,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,26.25,28.00,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,-2.00,-0.2500,0.50,4.80,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,0.80,0.2500,25.75,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,15.50,28.00,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,15.30,15.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,10.50,15.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,10.50,10.70,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,10.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.30,49.50,-2.00,-0.2500,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,21.95,-0.2500,3.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,49.30,-0.4500,-0.2500,0.50,4.05,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,-0.2500,4.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,35.75,4.30,4.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,-0.2500,4.50,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,28.25,-0.4500,-0.2500,0.50,4.05,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=2.00,2.20,-2.00,0.00,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=14.00,14.20,-2.00,0.00,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,2.00,-2.00,-1.80,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=2.00,14.00,0.00,0.2000,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,15.75,0.50,4.80, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,21.75,16.25,16.45,0.50,4.05, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.05,22.25,21.50,28.00,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=28.25,28.45,21.50,28.00,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,25.05,15.50,15.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,25.05,10.30,10.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.05,22.25,10.50,15.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,22.45,3.50,10.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,27.75,3.50,3.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=25.05,25.25,3.50,15.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=0.60,15.40,16.25,16.45,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=16.40,16.60,16.25,28.00,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,28.25,21.50,21.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,35.75,21.50,21.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,16.50,21.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,60.25,16.50,16.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,60.25,9.50,9.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,35.75,7.50,7.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-0.2500,9.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,7.50,9.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=32.05,32.25,-0.2500,4.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,48.25,4.50,4.70,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=48.25,48.45,-0.2500,4.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.00,36.20,0.2500,3.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=40.00,40.20,-0.2500,4.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=32.05,32.25,4.50,7.50,4.80,7.65, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,-2.00,-1.80,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.25,44.45,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,59.95,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,-2.00,-1.80,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,-2.00,-1.80,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,-2.00,-1.80,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,-2.00,-1.80,4.80,7.65,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=14.00,16.60,-2.20,-2.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,60.25,28.00,28.20,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,60.25,-2.20,-2.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,26.25,28.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,-2.00,-0.2500,4.80,7.65,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,0.80,0.2500,25.75,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=60.25,60.45,16.50,28.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=60.25,60.45,-0.2500,9.50,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=21.75,21.95,-2.00,3.50,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=21.75,51.75,-0.4500,-0.2500,4.80,7.65,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=2.00,2.20,-2.00,0.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=14.00,14.20,-2.00,0.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=-0.60,2.00,-2.00,-1.80,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.00,14.00,0.00,0.2000,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,15.75,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=21.75,27.75,-2.20,-2.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,35.75,26.25,26.45,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,26.25,28.00,4.80,7.65, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,-0.2500,-0.0500,4.80,7.65,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,21.50,28.00,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,21.50,28.00,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,15.50,15.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,25.05,10.30,10.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,10.50,15.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,10.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,3.50,3.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=25.05,25.25,3.50,15.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,28.25,21.50,21.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=27.75,27.95,-0.2500,7.60,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=0.60,12.30,6.15,6.35,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=0.60,15.40,19.00,19.20,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=15.40,15.60,19.00,25.75,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=16.40,16.60,22.25,28.00,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=12.30,12.50,6.15,16.25,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=0.60,12.30,16.25,16.45,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=7.75,16.60,4.25,4.45,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=7.75,7.95,-2.00,4.25,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=7.75,7.95,19.00,28.00,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,58.00,7.60,7.80,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=58.00,58.20,-0.2500,7.60,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.55,51.75,0.2500,7.60,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.55,43.75,0.2500,7.60,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,0.2500,7.60,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,60.25,9.50,9.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,60.25,16.50,16.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,16.50,22.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,60.25,22.50,22.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.55,51.75,22.50,28.00,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.55,43.75,16.50,22.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.55,51.75,16.50,22.50,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,10.50,15.50,8.40,10.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,16.50,16.70,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=58.05,58.25,16.50,25.75,8.40,11.25, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,-2.00,-1.80,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.25,44.45,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,59.95,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,-2.00,-1.80,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,-2.00,-1.80,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,-2.00,-1.80,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,-2.00,-1.80,8.40,11.25,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,60.25,28.00,28.20,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,60.25,-2.20,-2.00,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,26.25,28.00,8.40,11.25,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,-2.00,-0.2500,8.40,11.25,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,0.80,0.2500,25.75,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,0.2500,9.75,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,21.95,-2.00,3.50,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,51.75,-0.4500,-0.2500,8.40,11.25,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.60,-2.00,-1.80,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,4.50,15.75,8.40,9.40, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,27.75,-2.20,-2.00,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,-0.2500,-0.0500,8.40,11.25,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,4.50,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,16.50,28.00,8.40,11.25, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,-2.00,-1.80,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.25,44.45,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,59.95,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,-2.20,-2.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,-2.00,-1.80,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,-2.00,-1.80,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-2.00,-0.2500,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,-2.00,-1.80,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,27.80,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.05,60.25,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.55,59.75,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.55,51.75,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.05,44.25,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.55,43.75,26.25,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,27.80,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,27.80,28.00,12.00,14.85,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,58.45,4.50,4.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.15,30.35,6.40,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,28.20,4.50,9.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.15,52.25,6.40,6.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=30.15,52.25,19.60,19.80,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=36.00,36.20,0.2500,3.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,0.2500,3.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=52.00,52.20,0.2500,3.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,22.50,25.75,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,6.40,9.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,2.75,2.80,22.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,8.00,2.80,3.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,7.75,22.00,22.20,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=13.45,13.65,16.00,22.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=13.45,15.40,15.80,16.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.40,16.60,22.25,28.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,21.50,28.00,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,36.00,22.50,22.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,60.00,21.50,21.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,52.25,15.30,15.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,52.25,10.50,10.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,10.50,15.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ LINE

&OBST XB=36.00,36.20,22.50,25.75,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.00,44.20,16.50,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.80,52.00,22.50,25.75,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,6.40,10.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,15.50,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,22.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,28.20,0.2500,3.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.25,15.50,15.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,25.05,10.50,10.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,10.50,15.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,10.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,3.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.00,3.50,3.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=25.05,25.25,3.50,15.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=8.00,8.20,0.2500,2.80,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=58.45,58.65,0.2500,4.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,54.35,6.40,10.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,57.25,10.50,10.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,60.25,6.40,6.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=8.25,13.45,22.00,22.20,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,15.40,0.0500,0.2500,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,10.50,15.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,6.40,9.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,16.50,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.70,30.90,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=33.30,33.50,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=38.70,38.90,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=41.30,41.50,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=46.70,46.90,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.30,49.50,-0.2500,4.50,12.00,14.85,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=38.70,38.90,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=41.30,41.50,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=46.70,46.90,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.10,49.30,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.50,54.70,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.20,57.40,21.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=39.87,40.07,15.50,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=48.12,48.32,15.50,19.60,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=48.12,48.32,6.40,10.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=39.87,40.07,6.40,10.50,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,21.50,21.70,12.00,14.85, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.60,-2.00,-1.80,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.80,-0.60,-2.00,28.00,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.00,27.80,28.00,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.00,28.25,27.80,28.00,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,-2.20,-2.00,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,57.45,10.50,15.50,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,15.50,26.25,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-0.2500,10.50,12.00,14.85,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,60.25,10.30,10.50,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,60.25,15.30,15.50,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,21.95,-2.00,3.50,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,0.2500,0.4500,12.00,14.85,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,15.75,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,51.75,-0.4500,-0.2500,12.00,14.85,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,27.75,-2.00,-1.80,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,28.25,-0.2500,-0.0500,12.00,14.85,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,60.25,26.05,26.25,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,26.25,28.00,12.00,14.85, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,-2.00,-1.80,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.25,44.45,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,59.95,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,-2.20,-2.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,-2.00,-1.80,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,-2.00,-1.80,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-2.00,-0.2500,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,-2.00,-1.80,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,44.25,27.80,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.05,60.25,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.55,59.75,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.55,51.75,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.05,44.25,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.55,43.75,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,27.80,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,27.80,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.05,36.25,26.25,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,27.80,28.00,15.60,18.45,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,58.45,4.50,4.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.15,30.35,6.40,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,28.20,4.50,9.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.15,52.25,6.40,6.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.15,52.25,19.60,19.80,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=36.00,36.20,0.2500,3.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,0.2500,3.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=52.00,52.20,0.2500,3.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,22.50,25.75,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=44.00,44.20,6.40,9.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,2.75,2.80,22.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,8.00,2.80,3.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=2.55,7.75,22.00,22.20,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=13.45,13.65,16.00,22.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=13.45,15.40,15.80,16.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=16.40,16.60,22.25,28.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.05,22.25,21.50,28.00,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,36.00,22.50,22.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,60.00,21.50,21.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,52.25,15.30,15.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,52.25,10.50,10.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,10.50,15.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ LINE

&OBST XB=36.00,36.20,22.50,25.75,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.00,44.20,16.50,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.80,52.00,22.50,25.75,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,52.45,6.40,10.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,15.50,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,22.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.00,28.20,0.2500,3.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.25,15.50,15.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,25.05,10.50,10.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,10.50,15.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,10.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,22.45,3.50,3.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,28.00,3.50,3.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=25.05,25.25,3.50,15.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=8.00,8.20,0.2500,2.80,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=58.45,58.65,0.2500,4.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,54.35,6.40,10.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,57.25,10.50,10.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=54.15,60.25,6.40,6.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=8.25,13.45,22.00,22.20,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,15.40,0.0500,0.2500,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,10.50,15.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,6.40,9.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,16.50,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=30.70,30.90,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=33.30,33.50,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=38.70,38.90,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=41.30,41.50,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=46.70,46.90,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.30,49.50,-0.2500,4.50,15.60,18.45,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=38.70,38.90,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=41.30,41.50,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=46.70,46.90,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=49.10,49.30,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=54.50,54.70,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=57.20,57.40,21.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=39.87,40.07,15.50,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=48.12,48.32,15.50,19.60,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=48.12,48.32,6.40,10.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=39.87,40.07,6.40,10.50,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=22.25,27.75,21.50,21.70,15.60,18.45, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=-0.60,16.60,-2.00,-1.80,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=-0.80,-0.60,-2.00,28.00,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=-0.60,16.00,27.80,28.00,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=16.00,28.25,27.80,28.00,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,-2.20,-2.00,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,57.45,10.50,15.50,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,15.50,26.25,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-0.2500,10.50,15.60,18.45,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,60.25,10.30,10.50,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=57.25,60.25,15.30,15.50,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,21.95,-2.00,3.50,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,0.2500,0.4500,15.60,18.45,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,15.75,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,51.75,-0.4500,-0.2500,15.60,18.45,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,27.75,-2.00,-1.80,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,28.25,-0.2500,-0.0500,15.60,18.45,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE.,

SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,60.25,26.05,26.25,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,26.25,28.00,15.60,18.45, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,-2.00,-1.80,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,35.95,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.25,36.45,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.25,44.45,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=52.25,52.45,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=59.75,59.95,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=60.25,60.45,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=51.75,52.25,-2.20,-2.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=59.75,60.25,-2.00,-1.80,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=43.75,44.25,-2.00,-1.80,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=28.25,28.45,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=27.75,27.95,-2.00,-0.2500,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=27.75,28.25,-2.00,-1.80,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=43.75,44.25,27.80,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE  
&OBST XB=60.05,60.25,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,59.95,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.05,52.25,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,51.95,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=44.05,44.25,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=43.75,43.95,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,52.25,27.80,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=59.75,60.25,27.80,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.55,35.75,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=36.05,36.25,26.25,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=35.75,36.25,27.80,28.00,19.20,22.00,

RGB=255,128,128, SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,25.05,15.50,15.70,19.20,24.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,25.05,10.30,10.50,19.20,24.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=25.05,25.25,3.50,22.50,19.20,24.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,15.40,0.0500,0.2500,19.20,22.00,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=22.25,27.75,3.50,3.70,19.20,24.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,15.40,22.25,22.45,19.20,22.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=0.60,0.80,0.2500,22.25,19.20,22.00, COLOR='CYAN',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=15.20,15.40,0.2500,22.25,19.20,22.00,

COLOR='CYAN', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.05,28.25,16.00,22.50,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,3.50,9.50,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,59.75,16.00,16.20,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,59.75,10.00,10.20,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.60,-2.00,-1.80,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.80,-0.60,-2.00,28.00,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,16.00,27.80,28.00,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.00,28.25,27.80,28.00,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=52.25,59.75,-2.20,-2.00,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,15.50,26.25,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=60.25,60.45,-0.2500,10.50,19.20,22.00,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,21.95,-2.00,3.50,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=51.75,59.75,0.2500,0.4500,19.20,22.00,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,16.80,-2.00,19.50,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,51.75,-0.4500,-0.2500,19.20,22.00,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,27.75,-2.00,-1.80,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,-0.2500,-0.0500,19.20,22.00,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,60.25,26.05,26.25,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,26.25,28.00,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.55,21.75,3.50,22.50,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=21.75,28.25,22.50,22.70,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,9.50,16.50,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,28.25,16.50,16.70,19.20,24.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=27.75,27.95,-0.2500,3.50,19.20,22.00,

COLOR='BLUE', SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=28.25,28.45,22.50,26.25,19.20,22.00, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=16.60,21.80,19.50,19.70,19.20,20.20, COLOR='BLUE',

SAWTOOTH=.FALSE., SURF\_ID='BRICK'/ LINE

&OBST XB=-0.60,-0.4000,15.75,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,15.75,15.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,15.75,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,16.05,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,-0.4000,3.75,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,3.75,3.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,3.75,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,4.05,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,-0.4000,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,-0.4000,9.75,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,9.75,9.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,9.75,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,10.05,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,-0.4000,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,25.75,25.95,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,26.05,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,-0.4000,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,21.75,21.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=0.4000,0.60,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=-0.60,0.60,22.05,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,15.75,15.95,0.00,12.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=8.05,8.25,15.75,16.25,0.00,12.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,16.05,16.25,0.00,12.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,7.95,15.75,16.25,0.00,12.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,21.75,21.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=8.05,8.25,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,22.05,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,7.95,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,15.75,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,15.75,15.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,15.75,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,16.05,16.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,3.75,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,3.75,3.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,3.75,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,4.05,4.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,9.75,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,9.75,9.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,9.75,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,10.05,10.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,25.75,25.95,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,26.05,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,15.60,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,21.75,21.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=16.40,16.60,21.75,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=15.40,16.60,22.05,22.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,15.50,15.70,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,15.50,16.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,16.30,16.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,15.50,16.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,3.50,3.70,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,3.50,4.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,4.30,4.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,3.50,4.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,9.50,9.70,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,9.50,10.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,10.30,10.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,9.50,10.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,21.50,21.70,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,21.50,22.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,22.30,22.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,21.50,22.50,0.00,24.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,25.75,25.95,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,26.05,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,15.50,15.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,16.30,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,3.50,3.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,4.30,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,9.50,9.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,10.30,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,21.50,21.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,22.30,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,15.50,15.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,16.30,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,3.50,3.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,4.30,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,9.50,9.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,10.30,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,21.50,21.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,22.30,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,15.50,15.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,16.30,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,3.50,3.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,4.30,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,9.50,9.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,10.30,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,21.50,21.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,22.30,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,15.50,15.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,16.30,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,3.50,3.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,4.30,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,9.50,9.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,10.30,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,21.50,21.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,22.30,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,15.50,15.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,16.30,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,15.50,16.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,3.50,3.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,4.30,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,3.50,4.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,9.50,9.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,10.30,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,9.50,10.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,21.50,21.70,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,22.30,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,21.50,22.50,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,25.75,25.95,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,26.05,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,25.75,26.25,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,25.75,25.95,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=8.05,8.25,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,8.25,26.05,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=7.75,7.95,25.75,26.25,0.00,19.20, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=28.05,28.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,28.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=27.75,27.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=36.05,36.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,36.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=35.75,35.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=44.05,44.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,44.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=43.75,43.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=52.05,52.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,52.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=51.75,51.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=60.05,60.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,60.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=59.75,59.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,-0.2500,-0.0500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=22.05,22.25,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,22.25,0.0500,0.2500,0.00,22.00, COLOR='RED',

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=21.75,21.95,-0.2500,0.2500,0.00,22.00,

COLOR='RED', THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='STEEL'/ segment

&OBST XB=26.54,26.98,-4.11,-3.67,23.33,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=26.98,62.41,-4.11,-3.67,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=27.41,27.84,-3.67,-3.22,23.33,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=27.84,62.41,-3.67,-3.22,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=28.70,62.41,-3.22,-2.78,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=30.00,62.41,-2.78,-2.33,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=30.86,62.41,-2.33,-1.89,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=31.73,62.41,-1.89,-1.44,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=33.02,62.41,-1.44,-1.00,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=33.46,33.89,-1.00,-0.56,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=33.89,62.41,-1.00,-0.56,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=34.75,62.41,-0.56,-0.1111,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=36.05,62.41,-0.1111,0.3333,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=36.91,62.41,0.3333,0.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=37.78,62.41,0.78,1.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=39.07,62.41,1.22,1.67,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=39.94,62.41,1.67,2.11,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=40.80,62.41,2.11,2.56,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=42.10,62.41,2.56,3.00,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=42.96,62.41,3.00,3.44,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=43.83,62.41,3.44,3.89,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=45.12,62.41,3.89,4.33,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=45.99,62.41,4.33,4.78,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=46.85,62.41,4.78,5.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=48.15,62.41,5.22,5.67,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=49.01,62.41,5.67,6.11,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=49.88,62.41,6.11,6.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=51.17,62.41,6.56,7.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=52.04,62.41,7.00,7.44,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=52.90,62.41,7.44,7.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=54.20,62.41,7.89,8.33,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=55.06,62.41,8.33,8.78,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=55.93,62.41,8.78,9.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=57.22,62.41,9.22,9.67,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=58.09,62.41,9.67,10.11,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=58.95,59.38,10.11,10.56,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=59.38,62.41,10.11,10.56,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=60.25,62.41,10.56,11.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=61.11,62.41,11.00,11.44,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=61.98,62.41,11.44,11.89,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_1 [Segment]

&OBST XB=25.68,26.54,-4.11,-3.67,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,27.41,-3.67,-3.22,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,28.70,-3.22,-2.78,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,30.00,-2.78,-2.33,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,30.86,-2.33,-1.89,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,31.73,-1.89,-1.44,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,33.02,-1.44,-1.00,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,33.46,-1.00,-0.56,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,34.75,-0.56,-0.1111,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,36.05,-0.1111,0.3333,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,36.91,0.3333,0.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,37.78,0.78,1.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,39.07,1.22,1.67,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,39.94,1.67,2.11,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,40.80,2.11,2.56,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,42.10,2.56,3.00,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,42.53,3.00,3.44,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,43.83,3.44,3.89,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,45.12,3.89,4.33,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,45.99,4.78,5.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,45.99,4.33,4.78,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,48.15,5.22,5.67,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,49.01,5.67,6.11,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,49.88,6.11,6.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,51.17,6.56,7.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,52.04,7.00,7.44,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,52.90,7.44,7.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,54.20,7.89,8.33,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,55.06,8.33,8.78,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,55.93,8.78,9.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,57.22,9.22,9.67,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,58.09,9.67,10.11,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,58.95,10.56,11.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,58.95,10.11,10.56,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,61.11,11.00,11.44,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,61.98,11.44,11.89,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,62.41,11.89,12.33,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=26.54,26.98,-4.11,-3.67,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=27.41,27.84,-3.67,-3.22,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=33.46,33.89,-1.00,-0.56,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=42.53,42.96,3.00,3.44,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=45.99,46.42,4.78,5.22,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=46.42,46.85,4.78,5.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=58.95,59.38,10.11,10.56,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=58.95,59.38,10.56,11.00,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=59.38,60.25,10.56,11.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=61.98,62.41,11.44,11.89,21.00,21.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof1\_2 [Segment]

&OBST XB=26.11,62.41,13.67,14.11,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=27.41,62.41,14.11,14.56,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=28.27,62.41,14.56,15.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=29.14,62.41,15.00,15.44,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=30.43,62.41,15.44,15.89,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=31.30,62.41,15.89,16.33,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=32.16,62.41,16.33,16.78,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=33.02,33.46,16.78,17.22,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=33.46,62.41,16.78,17.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=34.32,62.41,17.22,17.67,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=35.19,62.41,17.67,18.11,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=36.48,62.41,18.11,18.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=37.35,62.41,18.56,19.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=38.21,62.41,19.00,19.44,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=39.51,62.41,19.44,19.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=40.37,62.41,19.89,20.33,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=41.23,62.41,20.33,20.78,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=42.53,62.41,20.78,21.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=43.40,62.41,21.22,21.67,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=44.26,62.41,21.67,22.11,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=45.56,62.41,22.11,22.56,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=46.42,62.41,22.56,23.00,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=47.28,62.41,23.00,23.44,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=48.58,62.41,23.44,23.89,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=49.44,62.41,23.89,24.33,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=50.31,62.41,24.33,24.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=51.60,62.41,24.78,25.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=52.04,52.47,25.22,25.67,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=52.47,62.41,25.22,25.67,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=53.77,62.41,25.67,26.11,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=54.63,62.41,26.11,26.56,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=55.49,62.41,26.56,27.00,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=56.36,56.79,27.00,27.44,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=56.79,62.41,27.00,27.44,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=57.65,62.41,27.44,27.89,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=58.52,62.41,27.89,28.33,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=59.81,62.41,28.33,28.78,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=60.68,62.41,28.78,29.22,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=61.54,62.41,29.22,29.67,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_1 [Segment]

&OBST XB=25.68,26.11,13.67,14.11,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,26.11,14.11,14.56,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,28.27,14.56,15.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,29.14,15.00,15.44,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,30.43,15.44,15.89,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,31.30,15.89,16.33,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,32.16,16.33,16.78,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,33.02,16.78,17.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,34.32,17.22,17.67,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,35.19,17.67,18.11,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,36.48,18.11,18.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,37.35,18.56,19.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,38.21,19.00,19.44,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,39.51,19.44,19.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,40.37,19.89,20.33,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,41.23,20.33,20.78,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,42.10,20.78,21.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,43.40,21.22,21.67,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,44.26,21.67,22.11,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,45.56,22.11,22.56,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,46.42,22.56,23.00,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,47.28,23.00,23.44,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,48.15,23.44,23.89,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,49.44,23.89,24.33,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,50.31,24.33,24.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,51.60,24.78,25.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,52.04,25.22,25.67,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,53.77,25.67,26.11,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,54.63,26.11,26.56,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,55.49,26.56,27.00,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,56.36,27.00,27.44,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,57.65,27.44,27.89,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,58.52,27.89,28.33,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,59.81,28.33,28.78,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,60.68,28.78,29.22,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,61.54,29.22,29.67,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=25.68,62.41,29.67,30.11,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=26.11,26.54,14.11,14.56,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=26.54,27.41,14.11,14.56,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=33.02,33.46,16.78,17.22,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=42.10,42.53,20.78,21.22,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=48.15,48.58,23.44,23.89,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=52.04,52.47,25.22,25.67,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=56.36,56.79,27.00,27.44,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof2\_2 [Segment]

&OBST XB=-0.68,17.04,-3.22,-2.78,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.2469,17.04,-2.78,-1.89,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=0.1852,17.04,-1.89,-1.44,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=0.62,17.04,-1.44,-0.56,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=1.05,17.04,-0.56,-0.1111,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=1.48,17.04,-0.1111,0.78,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=1.91,17.04,0.78,1.22,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=2.35,17.04,1.22,2.11,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=2.78,17.04,2.11,2.56,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=3.21,17.04,2.56,3.44,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=3.64,17.04,3.44,3.89,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.07,17.04,4.33,4.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.07,17.04,3.89,4.33,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.51,17.04,4.78,5.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.94,5.37,5.67,6.11,22.67,23.00, SAWTOOTH=.FALSE.,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/ Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.94,17.04,5.22,5.67,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=5.37,17.04,5.67,6.56,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=5.80,17.04,6.56,7.00,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=6.23,17.04,7.44,7.89,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=6.23,17.04,7.00,7.44,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=6.67,17.04,7.89,8.33,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=7.10,17.04,8.33,9.22,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=7.53,17.04,9.22,9.67,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=7.96,17.04,9.67,10.56,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=8.40,17.04,10.56,11.00,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=8.83,17.04,11.00,11.89,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=9.26,17.04,11.89,12.33,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=9.69,17.04,12.33,13.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=10.12,17.04,13.22,13.67,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=10.56,17.04,13.67,14.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=10.99,17.04,14.56,15.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=11.42,17.04,15.00,15.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=11.85,17.04,15.89,16.33,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=12.28,17.04,16.33,17.22,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=12.72,17.04,17.22,17.67,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=13.15,17.04,17.67,18.11,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=13.58,17.04,18.56,19.00,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=13.58,17.04,18.11,18.56,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=14.01,17.04,19.00,19.44,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=14.44,17.04,19.44,20.33,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=14.88,17.04,20.33,20.78,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=15.31,17.04,21.22,21.67,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=15.31,17.04,20.78,21.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=15.74,17.04,21.67,22.11,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=16.17,17.04,22.11,23.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=16.60,17.04,23.00,23.89,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,-0.2469,-2.78,-1.89,23.00,23.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,0.1852,-1.89,-1.44,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,0.62,-1.44,-0.56,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,1.05,-0.56,-0.1111,23.00,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,1.48,-0.1111,0.78,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,1.91,0.78,1.22,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,2.35,1.22,2.11,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,2.78,2.11,2.56,22.67,23.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,3.21,2.56,3.44,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,3.64,3.44,3.89,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,4.07,4.33,4.78,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,4.07,3.89,4.33,22.67,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,4.51,4.78,5.22,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,4.94,5.22,6.11,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,5.37,6.11,6.56,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,5.80,6.56,7.00,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,6.23,7.44,7.89,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,6.23,7.00,7.44,22.33,23.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,6.67,7.89,8.33,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,7.10,8.33,9.22,22.33,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,7.53,9.22,9.67,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,7.96,9.67,10.56,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,8.40,10.56,11.00,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,8.83,11.00,11.89,22.00,22.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,9.26,11.89,12.33,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,9.69,12.33,13.22,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,10.12,13.22,13.67,22.00,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,10.56,13.67,14.56,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,10.99,14.56,15.00,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,11.42,15.00,15.89,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,11.85,15.89,16.33,21.67,22.33,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,12.28,16.33,17.22,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,12.72,17.22,17.67,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,13.15,17.67,18.11,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,13.58,18.56,19.00,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,13.58,18.11,18.56,21.67,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,14.01,19.00,19.44,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,14.44,19.44,20.33,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,14.88,20.33,20.78,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,15.31,21.22,21.67,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,15.31,20.78,21.22,21.33,22.00,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,15.74,21.67,22.11,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,16.17,22.11,23.00,21.33,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=-0.68,16.60,23.00,23.89,21.00,21.67,

SAWTOOTH=.FALSE., THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/

Roof3\_1 [Segment]

&OBST XB=4.94,5.37,5.67,6.11,22.33,22.67, SAWTOOTH=.FALSE.,

THICKEN=.TRUE., SURF\_ID='SHEET METAL'/ Roof3\_1 [Segment]

&VENT SURF\_ID='BURNER',

XB=43.00,45.00,12.00,14.00,4.80,4.80, RGB=204,0,51/ Burner

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-5.00,65.00,-

5.00,35.00,25.00,25.00/ ZBAR

&VENT SURF\_ID='INERT', XB=-5.00,65.00,-

5.00,35.00,0.00,0.00, RGB=102,102,0/ ZBAR0

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-

5.00,65.00,35.00,35.00,0.00,25.00/ YBAR

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-5.00,65.00,-5.00,-

5.00,0.00,25.00/ YBAR0

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=65.00,65.00,-

5.00,35.00,0.00,25.00/ XBAR

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-5.00,-5.00,-

5.00,35.00,0.00,25.00/ XBAR0

&VENT SURF\_ID='Exhaust\_Fan',

XB=38.00,40.00,12.00,14.00,18.45,18.45, RGB=0,102,102,

CTRL\_ID='CTRL/ Exhaust\_Fan\_1

&VENT SURF\_ID='Exhaust\_Fan',

XB=48.00,50.00,12.00,14.00,18.45,18.45, RGB=0,102,102,

CTRL\_ID='CTRL2/ Exhaust\_Fan\_2

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/

&BNDF QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX'/

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=50.00/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=5.50/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=13.00/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBX=44.00/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBX=53.30/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBY=5.50/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBY=13.00/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBY=20.50/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBX=29.20/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBX=44.00/

&SLCF QUANTITY='soot volume fraction', PBX=53.30/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=20.50/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=29.20/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=44.00/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=53.30/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBY=5.50/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBY=13.00/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBY=20.50/

&SLCF QUANTITY='carbon monoxide', PBX=29.20/

&TAIL /



## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายเอกชัย แก้วกาญจนดิษฐ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 19 มกราคม 2518
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรป้องกันอัคคีภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ไฟวชั่นไฟร์เซฟตี้ จำกัด
ผลงาน	<p>คณะกรรมการจัดทำร่างประมวลข้อบังคับอาคาร โครงการย่อยที่ 4 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง</p> <p>คณะกรรมการและเลขานุการร่างมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยเล่มที่ 2 ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)</p> <p>คณะกรรมการร่างมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยเล่มที่ 3 ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)</p> <p>ชนะเลิศการประกวดแบบก่อสร้างอาคารรัฐสภาแห่งใหม่</p>