



# วิทยานิพนธ์

การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายใน  
โรงไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

**A NUMERICAL INVESTIGATION OF SMOKE SPREAD  
BEHAVIOR IN A POWER PLANT FIRE**

นายชัยพฤษ์ สุฤทธิกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้าด้วย  
ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

A Numerical Investigation of Smoke Spread Behavior in a Power Plant Fire

นามผู้วิจัย นายชัยพฤกษ์ สุฤทธิกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิชัย กฤษไมตรี, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้า  
ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

A Numerical Investigation of Smoke Spread Behavior in a Power Plant Fire

โดย

นายชัยพฤกษ์ สุฤทธิกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2551

ชัยพฤกษ์ สุฤทธิกุล 2551: การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. 148 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลการศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในอาคารโรงไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้แบบจำลองเพลิงไหม้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ Fire Dynamics Simulator (FDS) ซึ่งพัฒนาโดย National Institute of Standards and Technology (NIST) ประเทศสหรัฐอเมริกา FDS ใช้ระเบียบวิธี Large Eddy Simulation (LES) ในการจำลองการไหลแบบปั่นป่วนของควัน และ mixture fraction based infinitely fast chemical reaction สำหรับจำลองการเผาไหม้ของเปลวไฟ ลักษณะของโรงไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นลักษณะซึ่งสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปของโรงไฟฟ้าที่เปิดใช้งานภายในประเทศไทย อาคารของโรงไฟฟ้าที่จำลองมีขนาดโดยประมาณ กว้าง 32 เมตร ยาว 99 เมตร และ สูง 20 เมตร การจำลองได้ดำเนินการบนสมมุติฐานเหตุการณ์เพลิงไหม้เลวร้ายที่สุด โดยกำหนดเพลิงไหม้ขนาด 10 50 และ 131 MW เกิดขึ้นบริเวณห้องป้อนน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งตั้งอยู่บนชั้น 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า

การจำลองได้ศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันไฟภายในอาคาร โดยแบ่งการจำลองเป็น 3 กรณีคือ 1) อาคารไม่ติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ 2) อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยวิธีธรรมชาติ และ 3) อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟโดยวิธีทางกล

ผลจากการจำลองแสดงให้เห็นว่าในกรณีเพลิงไหม้ขนาด 10 และ 50 MW เมื่อมีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ ควันไฟถูกระบายออกจากอาคารทำให้ควันมีระดับสูงจากพื้นชั้น 3 โดยประมาณ 5.73 และ 6.04 เมตร ตามลำดับ แต่ผลจากการจำลองกรณีเลวร้ายที่สุด 131 MW แสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่อาคารไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ ควันไฟสามารถแพร่กระจายครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งชั้น 3 อย่างรวดเร็ว (ภายในเวลาประมาณ 240 วินาที) ทำให้คนไม่สามารถหนีออกจากอาคารได้ทัน โดยเฉลี่ยควันไฟอาจมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 690 °C ซึ่งอุณหภูมิของควันไฟสูงระดับนี้สามารถทำให้โครงสร้างเหล็กของอาคารเกิดการวิบัติได้ ในกรณีที่อาคารติดตั้งระบบควบคุมควันไฟสามารถควบคุมความสูงของควันไฟ โดยสามารถยืดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย ออกไปได้ถึงประมาณ 475 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานเพียงพอกับการอพยพของผู้ปฏิบัติงานภายในอาคาร โรงไฟฟ้า และ อุณหภูมิสูงสุดของควันไฟมีค่าลดลงเป็น 620 °C

Chaiyapruk Surittikul 2008: A Numerical Investigation of Smoke Spread Behavior in a Power Plant Fire. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Nathasak Boonmee, Ph.D. 148 pages.

This thesis presents a numerical study of smoke spread behavior in a power plant building fire. A computational fluid dynamics fire model called Fire Dynamics Simulator (FDS) developed by National Institute of Standards and Technology (NIST) was employed in the study. FDS uses Large Eddy Simulation (LES) for turbulence and a mixture fraction based infinitely fast chemical reaction for flame combustion. The simulation was performed for a typical power plant building installation layout in Thailand. The power plant building is 32 m wide 99 m long and 20 m height. Based on worst case scenario, a fire of 10, 50 and 131 MW was assumed to occur in a 3<sup>rd</sup> floor lubrication pump room.

The study was carried out for 3 cases: 1) a building without smoke ventilation system and 2) a building with natural smoke ventilation system and 3) a building with mechanical smoke ventilation system.

The study on the 10 and 50 MW show that when the smoke ventilation system is installed, smoke is continuously extracted from the building. The smoke layer always stays at about 5.73 and 6.04 m respectively. But the study on the worst case scenario 131 MW shows that when the smoke ventilation system is not installed, smoke can rapidly spread cover the 3<sup>rd</sup> floor (within approximately 240 seconds) blocking all the building exits. The average smoke temperature is about 690 °C. This hot smoke has potential to cause the building steel structure to collapse. When the smoke ventilation system is installed, smoke spreading time cover the 3<sup>rd</sup> floor expand to 450 s providing that people can safety exit from the building. The average reduced smoke temperature is about 620 °C.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ วัลลภศักดิ์ บุญมี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและตอบข้อสงสัย ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้กับข้าพเจ้า จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาที่ให้วิชาความรู้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำโครงการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานต่าง ตลอดจนคุณพรชัย บุญแก้ว, คุณศรัณย์ เหลืองอุดม และเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการหาข้อมูลสำหรับทำวิทยานิพนธ์ให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชายและน้องชายที่ให้ความสนใจและให้ความสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มาโดยตลอด

ชัยพฤกษ์ สุฤทธิกุล

มีนาคม 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	9
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	40
ผลการทดลอง	40
วิจารณ์	121
สรุปและข้อเสนอแนะ	123
สรุป	123
ข้อเสนอแนะ	124
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	126
ภาคผนวก	128
ภาคผนวก ก ข้อมูลการออกแบบระบบควบคุมควันไฟ	129
ภาคผนวก ข รูปภาพรายละเอียดของระยะการมองเห็นและความเข้มข้นของก๊าซ CO	141
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	148

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูง	13
2	ข้อจำกัดของแถบสเปกตรัม (Limits of the Spectral Bands)	25
3	รายละเอียดการออกแบบของช่องเปิดระบายควันไฟ	33
4	รายละเอียดการออกแบบของพัดลมระบายควันไฟ	34
5	ตารางเปรียบเทียบขนาดของกริดที่ใช้ในการวิเคราะห์	40
6	การกำหนดชนิดของวัสดุในแบบจำลอง	42
7	สรุปผลเวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้	43
8	อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัว	44
9	เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 1-7	49
10	อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัว	68
11	อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50$	72
12	อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัว	74
13	อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50$	79
14	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้น ที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50$	87
15	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้น ที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง $X = 10.50, Y=8.50$	90
16	ระยะเวลาที่ความสูงของควันไฟท่วมพื้นที่และการมองเห็นภายในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3	102
17	เวลาที่เริ่มทำงาน ของช่องเปิดระบายควัน/พัดลมระบายควัน	103
18	ระยะเวลาที่ความสูงของควันไฟท่วมพื้นที่และการมองเห็นภายในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3	113

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	แบบช่องเปิดระบายควันไฟ	135
ก2	แบบพัดลมระบายควันไฟ	138

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างสามมิติของตึกอาคารชุมชนที่ใช้จำลอง	6
2	ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ	7
3	แผนผังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน	10
4	ลำควันและกลุ่มควันไหลใต้เพดาน	14
5	ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันไฟในแนวระนาบ	16
6	ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันไฟจากแนวผนัง	17
7	รูปแบบการระบายควันไฟของโถง Atrium ด้วยวิธีธรรมชาติตามมาตรฐาน NFPA 204	17
8	ขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีทางตัวเลข	26
9	รูปร่างโครงสร้างอาคารโรงไฟฟ้า มุมมองที่ 1	30
10	อาคารโรงไฟฟ้า มุมมองที่ 1	31
11	รูปร่างโครงสร้างอาคารโรงไฟฟ้า มุมมองที่ 2	31
12	อาคารโรงไฟฟ้า มุมมองที่ 2	32
13	ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1	34
14	ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2	35
15	ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3	35
16	ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1	36
17	ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2	36
18	ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3	37
19	ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความสูงของควันไฟ	38
20	ตำแหน่งติดตั้งตามแนวค้ำของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความสูงของควันไฟ	39
21	ตำแหน่งติดตั้งห้องปั้มน้ำมันหล่อลื่นที่เป็นจุดเกิดเหตุ	41
22	ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ	42
23	เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในแต่ละขนาดกริด	43

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =30$	45
25	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =25$	45
26	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =20$	45
27	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =15$	46
28	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =12.5$	46
29	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =10$	46
30	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =5$	47
31	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =2.5$	47
32	เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยทำการเปรียบเทียบขนาดกริด	50
33	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดกริดต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ	51
34	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =25$	53
35	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =20$	54
36	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=8.50, Z =15$	55
37	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=10.50, Z =25$	57
38	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=10.50, Z =20$	58
39	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y=10.50, Z =15$	59
40	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ	60
41	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1	61
42	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 2	62

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันทันไฟแบบที่ 3	63
44	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1	64
45	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 2	65
46	การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 3	66
47	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 30$	68
48	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 25$	69
49	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 20$	69
50	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 15$	70
51	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 12.5$	70
52	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 10$	71
53	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 7.50$	71
54	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควันทัน ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$ , $Z = 32.5$	72
55	เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันทันแบบต่างๆ ตำแหน่ง $X = 36.50$ , $Y = 8.50$	73

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
56	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z=30$	75
57	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =25$	75
58	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =20$	76
59	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =15$	76
60	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =12.5$	77
61	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =10$	77
62	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =7.5$	78
63	อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$ , $Z =2.5$	78
64	เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง $X = 10.50$ , $Y=8.50$	79
65	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร ( $Z = 25$ )	80
66	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร ( $Z = 20$ )	81
67	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร ( $Z = 15$ )	82
68	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร ( $Z = 25$ )	83

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
69	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันทันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร ( $Z = 20$ )	84
70	อุณหภูมิเฉลี่ยของควันทันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร ( $Z = 15$ )	85
71	การกระจายความสูงของควันทันไฟ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y = 8.50$ ของแต่ละ รูปแบบการกระจายควันทัน	89
72	การกระจายความสูงของควันทันไฟ ณ ตำแหน่ง $X = 10.50, Y = 8.50$ ของแต่ละ รูปแบบการกระจายควันทัน	92
73	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบาย ควันทันไฟ	93
74	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบาย ควันทันไฟ แบบที่ 1	94
75	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบาย ควันทันไฟ แบบที่ 2	95
76	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบาย ควันทันไฟ แบบที่ 3	96
77	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1	67
78	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 2	68
79	การกระจายตัวของควันทันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 3	99
80	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันทันไฟเมื่อใช้รูปแบบการระบายควันทันไฟ แบบต่างๆ	104
81	อัตราการไหลเชิงมวลของควันทันไฟเมื่อใช้รูปแบบการระบายควันทันไฟแบบต่างๆ	105
82	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y = 10.50, Z = 25$ (Fire Load 10 MW)	107
83	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $X = 36.50, Y = 10.50, Z = 20$ (Fire Load 10 MW)	108

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
84	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =15 (Fire Load 10 MW)	108
85	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =25 (Fire Load 50 MW)	127
86	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =20 (Fire Load 50 MW)	111
87	การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =15 (Fire Load 50 MW)	111
88	ความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50 (Fire Load 10 MW)	114
89	ความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50 (Fire Load 50 MW)	114
90	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบาย ควันไฟ(Fire Load =10 MW)	115
91	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้องกรณีใช้ช่องเปิด (Fire Load =10 MW)	116
92	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม (Fire Load =10 MW)	117
93	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบาย ควันไฟ(Fire Load =50 MW)	118
94	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้องกรณีใช้ช่องเปิด (Fire Load =50 MW)	119
95	การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม (Fire Load =50 MW)	120
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	แปลนอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3	130

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก2	แปลนอาคาร โรงไฟฟ้า(top view)	135
ก3	แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1	136
ก4	แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2	137
ก5	แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3	137
ก6	แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1	139
ก7	แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2	139
ก8	แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3	140
ข1	ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควัน	142
ข2	ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 1	143
ข3	ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1	144
ข4	ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ	145
ข5	ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1	156
ข6	ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1	147

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

### คำอธิบายสัญลักษณ์

$A_v$	=	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)
$I_n(x, s)$	=	ค่าความเข้มของการแผ่รังสีของทุกคลื่นความถี่ในแถบ $n$
$k$	=	ค่าคงที่ของการนำความร้อน (Thermal Conductivity)
$K_n$	=	ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนภายในแถบ $n$
$L$	=	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 $i$ th species per unit volume)
$p$	=	ความดัน (Pressure)
$\rho$	=	ความหนาแน่น (Density)
$\dot{Q}$	=	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW)
$\dot{Q}_c$	=	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อนของกองเพลิง (kW)
$\dot{q}''$	=	อัตราการปลดปล่อยความร้อนเชิงเคมีต่อหน่วยปริมาตร
$q_r$	=	เวกเตอร์การแผ่รังสีความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Radiative Heat Flux Vector)

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\gamma$	=	ค่า exhaust location factor
$S$	=	ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง (m)
$S$	=	อัตราส่วน โดยมวลของออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ (stoichiometric oxygen to fuel mass ratio)
$S$	=	เวกเตอร์แสดงทิศทางของความเข้มของการแผ่รังสี
$\tau$	=	แรงเค้นเฉือน (Viscous Stress Tensor)
$t$	=	เวลา (Time)
$T_0$	=	อุณหภูมิของลำควัน
$T_p$	=	อุณหภูมิของควัน
$T_\infty$	=	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
$u$	=	ความเร็วของเวกเตอร์ $u, v,$ และ $w$ (Velocity Vector)
$V_{\max}$	=	อัตราการระบายควันสูงสุดที่อุณหภูมิ $T_s$ ที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )
$W_v$	=	ขนาดความกว้างของช่องเปิด มีหน่วยเป็นเมตร (m)
$Y_F^l$	=	เศษส่วนโดยมวลของเพลิงเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิด
$Y_F$	=	เศษส่วนโดยมวลของเชื้อเพลิง
$Y_O$	=	เศษส่วนโดยมวลของออกซิเจน
$Y_0^\infty$	=	เศษส่วนโดยมวลของออกซิเจนในอากาศ
$Y_i$	=	สัดส่วนของมวล (Mass Fraction)
$Z$	=	mixture fraction
$Z_s$	=	ความสูงของควัน (m)
$Z_0$	=	ความสูงเสมือนของกองเพลิง (m)
$\Delta$	=	ขนาดของ Filter

## คำอธิบายคำย่อ

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

## การศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้า ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

### A Numerical Investigation of Smoke Spread Behavior in a Power Plant Fire

#### คำนำ

สถิติจากการรวบรวมข้อมูลการเกิดอัคคีภัยที่เกิดจากเชื้อเพลิงน้ำมัน ภายในประเทศไทย ระหว่างปี 2547-2550 พบว่ามีผู้เสียชีวิต จำนวน 20 คน ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ จำนวน 27 คน และมีมูลค่าความเสียหายจากการเกิดอุบัติเหตุมากกว่า 70 ล้านบาท ซึ่งแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุ และความรุนแรงมีอัตราที่เพิ่มขึ้น โดยอัคคีภัยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดในกลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงไฟฟ้า โรงงานผลิตปูน โรงงานปิโตรเคมี เป็นต้น ซึ่งโรงงานเหล่านี้การใช้เชื้อเพลิงที่มีความไวไฟสูง รวมถึงในกระบวนการผลิตที่จะมีการใช้ความร้อนที่สูงประกอบกัน ดังนั้นจากสถิติที่เกิดขึ้นกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นกลุ่มที่มีปัจจัยเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยสูง

โรงไฟฟ้าถือเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศในการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกสบายแก่ประชาชนภายในประเทศ โดยทั่วไปแล้วลักษณะของอาคารโรงไฟฟ้าจะเป็นพื้นที่เปิดโล่งขนาดใหญ่ ตัวอาคารทำด้วยคอนกรีตโครงสร้างเหล็ก ซึ่งในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปริมาณมากเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้ารวมถึงการหล่อลื่นอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงเหล่านี้ถือเป็นจุดเสี่ยงที่อาจจะเป็นเชื้อเพลิงและก่อให้เกิดอัคคีภัยภายในโรงไฟฟ้าขึ้นมาได้

เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมต่อเหตุฉุกเฉินทางด้านอัคคีภัยที่อาจเกิดขึ้นได้ทางหน่วยงานภาครัฐจึงบังคับให้ต้องมีการฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมหนีไฟขึ้นเป็นประจำทุกปีอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง โดยต้องทำการจำลองว่ามีการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในอาคารและต้องทำการอพยพ รวมถึงการดับเพลิงจริงเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมขององค์กร ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้โดยตรงนั้นทำได้ยากและสิ้นเปลืองงบประมาณเป็นจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันการจำลองและวิเคราะห์ผลกระทบของการเกิดเพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) มีความแพร่หลายทำได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับ

อีกทั้งในการใช้งานโปรแกรม FDS ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าข้อมูลต่างๆ รวมถึงลักษณะพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้ได้โดยตรง

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของควันไฟเมื่อเกิดอัคคีภัยขึ้นภายในอาคาร โรงไฟฟ้า โดยจะทำการจำลองเหตุการณ์ผ่านทางการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ซึ่งสามารถทำการศึกษา วิเคราะห์และจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของควันไฟเมื่อเกิดเพลิงไหม้ได้ รวมถึงทำการปรับปรุงระบบควบคุมควันไฟภายในอาคาร โรงไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ทำการอพยพในการอพยพหนีไฟ

## วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อศึกษาและจำลองการเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคารโรงไฟฟ้า รวมถึงลักษณะพฤติกรรม การเคลื่อนที่ของควันไฟผ่านโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) โดยสมมติการเกิดเพลิงไหม้ของน้ำมันดีเซลขึ้นที่บริเวณห้องปัมน้ำมันหล่อลื่น บนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า
- 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดกริดจากแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (grid refinement) ต่อการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคารโรงไฟฟ้า
- 3 เพื่อปรับปรุงและออกแบบระบบควบคุมควันไฟภายใน โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 204 Standard for smoke and heat venting

## การตรวจเอกสาร

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

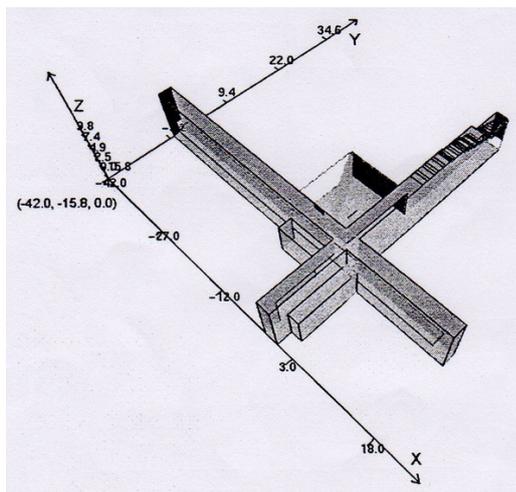
จากข้อมูลสถิติทางด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ประจำปี 2549 พบว่ามีการเกิดเพลิงไหม้ จำนวน 3,165 ครั้ง โดยมีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ จำนวน 467 คน และผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ จำนวน 523 คน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เสียชีวิตจะเกิดจากการสัมผัสความร้อน, สูดดมควันไฟ และสารพิษที่เกิดจากเพลิงไหม้โดยตรงเข้าไปในร่างกายภายในพื้นที่ที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ เมื่อพิจารณาจากจำนวนผู้เสียชีวิตจะพบว่าการสูดดมควันไฟและสารพิษเป็นปัจจัยหลัก ที่ทำให้ผู้ประสบเหตุเพลิงไหม้เสียชีวิต โดยจากจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งหมดจะประมาณการได้ว่า 50-80% เสียชีวิตเนื่องจากการสูดดมควันไฟและสารพิษซึ่งมีจำนวนผู้เสียชีวิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้เสียชีวิตจากไอความร้อน

ควันไฟเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ประกอบด้วยอนุภาคของแข็ง (เขม่า) และไอของของเหลวที่เกิดมาจากกระบวนการไพโรไลซิสของเชื้อเพลิงและการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ ในกระบวนการเกิดควันไฟปริมาณควันไฟและสารพิษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้และสภาพแวดล้อมขณะที่เกิดเพลิงไหม้ อันตรายของควันไฟนั้นอยู่ที่ไอของเชื้อเพลิงที่เป็นสารประกอบที่เป็นพิษและระคายเคืองต่อมนุษย์ เช่น ไอของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีผลทำให้ผู้ที่สูดดมเข้าไปหมดสติ, ไอของแก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ในเชื้อเพลิงประเภทพลาสติกมีผลทำให้ผู้ที่สูดดมเข้าไปเสียชีวิต เป็นต้น นอกเหนือจากนั้นอนุภาคของควันไฟยังมีคุณสมบัติในการบดบังและกระเจิงแสงทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ชัดเจน ผู้ที่ทำการอพยพที่ไม่คุ้นเคยกับสภาพของอาคารจึงมีความลำบากในการอพยพหนีไฟ อีกทั้งกลุ่มควันร้อนที่ลอยไปในพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนที่อยู่ในชั้นบรรยากาศยังมีศักยภาพที่สามารถทำให้เกิดการลุกลามของเพลิงไหม้ รวมถึงการเกิดปรากฏการณ์ไฟย้อนกลับ (Backdraft) และไฟลุกท่วมห้อง (Flashover) เพื่อลดการสูญเสียชีวิตและยี่ระยะเวลาในการหลบหนีอัคคีภัยจึงมีการใช้หลักการการออกแบบระบบควบคุมควันไฟภายในพื้นที่อาคารและห้องโถงขนาดใหญ่เพื่อใช้ควบคุมทิศทาง การไหลของควันไฟและระบายควัน

Thomas (2007) ได้ทำการทดลองเผาเอธานอลปริมาณ 5 ลิตรบนถาดเหล็ก (ขนาด  $0.7 \times 0.8 \text{ m}^2$ ) และทำการเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ผ่าน โปรแกรม FDS ผลจากการเปรียบเทียบพบว่า การวัดอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนจริงกับอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนจากการใช้โปรแกรม FDS มีความใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญ

Hietaniemi et al. ได้ทำการทดลองเผาสายไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 mm ซึ่งฉนวนทำมาจากพอลิเอทิลีน (Polyethylene) และครอสลิงค์พอลิเอทิลีน (Cross-linked PE, XLPE) จำนวน 10 เส้น โดยนำมาวางไว้บนตะแกรงเหล็กในโพรงที่มีขนาดความยาว 6 เมตร, ความกว้าง 1.2 เมตร และ ความสูง 0.6 เมตร และในโพรงได้ติดตั้งเทอร์โมคอปเปอร์ (Thermocouple) จำนวน 5 จุด ตามระยะต่างๆ เพื่อวัดอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับผลคำนวณของโปรแกรม FDS ผลการเปรียบเทียบพบว่า พฤติกรรมของอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) มีความคล้ายคลึงกันตลอดการทดลอง แต่ในช่วงเวลา 200 วินาที ผลจากการคำนวณมีค่าเท่ากับผลจากการวัด และมีอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release rate) สูงสุดประมาณ 2,300 kW ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญ

Hadjisophocleous และ Ko ได้ทำการศึกษาการเคลื่อนตัวของควันไฟ รวมถึงอุณหภูมิและการมองเห็น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในอาคาร โดยใช้แบบจำลองของ CFD (Computational Fluid Dynamics) ผ่านทางโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) เพื่อใช้ออกแบบระบบระบายควันไฟภายในอาคารขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างซับซ้อน



ภาพที่ 1 โครงสร้างสามมิติของตึกอาคารชุมชนที่ใช้จำลอง

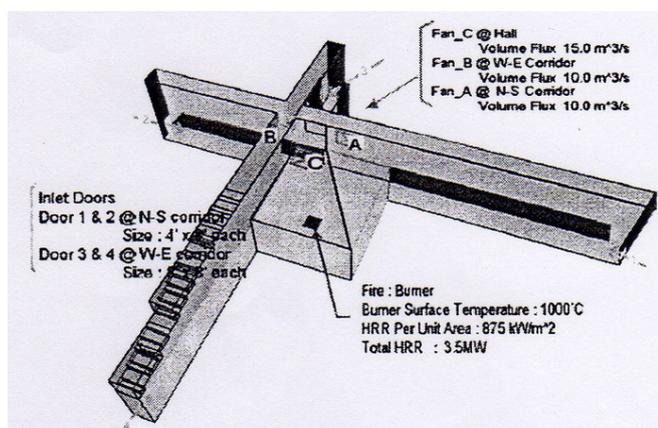
ที่มา: Francois Demouge, Phillippe Formy (2005)

รูปร่างของตึกอาคารชุมชน (Community Center) สองชั้นที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์ การเกิดเพลิงไหม้ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยที่ภายในอาคารประกอบไปด้วย ห้องดูแลเด็กก่อนวัยเรียน, ห้องสถานรับเลี้ยงเด็ก, ห้องออกกำลังกายและห้องเต้นรำ ซึ่งห้องต่างๆ เหล่านี้ ตั้งเชื่อมอยู่ในแนว โถงทางเดิน (Corridor) รูปกากบาทโดยบริเวณในแนวโถงทางเดินจากแนวทิศเหนือ-ใต้ (ความยาว 60 เมตร และความสูง 5 เมตร) จะตัดกับแนวโถงทางเดินจากแนวทิศ ตะวันออก-ตะวันตก (ความยาว 50 เมตร และความสูง 9.8 เมตร) ณ ตำแหน่งจุดตัดของโถงทางเดินชั้นล่างจะเป็นบริเวณประตูทางเข้าหลัก (Main Entrance) และบริเวณจุดพัก (Lobby, ความสูง 5 เมตร) ของอาคาร จุดปลายของแต่ละ แนวโถงทางเดินจะเป็นช่องบันไดเปิดที่นำคนขึ้นไปสู่ชั้นที่สองของอาคาร

แหล่งต้นกำเนิดของการเกิดเพลิงไหม้สมมุติให้เพลิงไหม้ (Fire Load ขนาด 3.5 MW) เกิดขึ้นบริเวณจุดพัก (Lobby) ชั้นล่างของอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 2 คิวไฟที่เกิดขึ้นจะลอยขึ้นสู่ เพดานของจุดพักชั้นล่างและไหลเข้าในแนวโถงทางเดินทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งกรณีนี้ผู้ที่ทำการอพยพ จะได้รับอันตรายได้เนื่องจากโถงทางเดินในส่วนนี้จะเป็นเส้นทางหลักในการอพยพ ดังนั้น ในการแก้ไขปัญหานี้ผู้ทำการวิจัยจึงได้ใช้แบบจำลองการไหลของของไหลผ่านทางโปรแกรม FDS ในการพิจารณาหาตำแหน่งและขนาดของพัดลมระบายควันเพื่อให้ผู้อพยพทำการอพยพหนีไฟได้อย่างปลอดภัย

จากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้โดยทำการเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดของพัดลมระบายควันไฟ ซึ่งในการจำลองแต่ละครั้งจะพิจารณาถึง อุณหภูมิ, ความเร็วของควัน, ความเข้มข้นของ CO และการมองเห็น จะได้ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันที่เหมาะสมในช่วงที่ผู้ทำการอพยพออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย จำนวน 3 จุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. พัดลมระบายควัน A ติดตั้งบริเวณ โถงทางเดินจากแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยมี อัตราการไหลเชิงปริมาตร เท่ากับ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
2. พัดลมระบายควัน B ติดตั้งบริเวณ โถงทางเดินจากแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยมี อัตราการไหลเชิงปริมาตร เท่ากับ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
3. พัดลมระบายควัน C ติดตั้งบริเวณ โถงทางเดินจากแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยมี อัตราการไหลเชิงปริมาตร เท่ากับ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ

ที่มา: Francois Demouge, Phillippe Formy (2005)

Chang, Banks and Meroney (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของควันไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้ในโถงเปิดภายในอาคารขนาดใหญ่ (Building Atrium) โดยใช้แบบจำลอง Zone Base Model ผ่านทางโปรแกรม Atria Smoke Management Engineering Tool (ASMET) และ

แบบจำลอง Field Base Model ผ่านทางโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) และ โปรแกรม FLUENT

โดยในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ 5 กรณีศึกษา พบว่าความละเอียดของข้อมูลในการศึกษาโดยใช้ Field Base Modeling มีความละเอียดมากกว่าการศึกษาโดยใช้ Zone Base Model เนื่องจากใน Zone Base Model ไม่ได้มีการพิจารณาถึงค่าการไหลของควันไฟใต้เพดาน (Ceiling Jet) ที่ไหลเสียดผนังย้อนกลับมาที่ระดับพื้นดินนั้นระยะต่ำสุดของกลุ่มควันที่สะสมจาก Zone Base Model จึงมีค่ามากกว่าค่าระยะต่ำสุดของกลุ่มควันที่สะสมที่ได้มาจาก Field Base Model

Demouge and Fromy (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่ได้จากการออกข้อกำหนดเรื่องการออกแบบระบบควบคุมควันไฟในพื้นที่ขนาดใหญ่ของประเทศฝรั่งเศสฉบับใหม่ (New French Regulation Framework) โดยเปรียบเทียบจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ผ่านทางแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองชั้นความร้อนแบบง่าย (A Simple Hot Layer Model: Uniform Smoke Layer Properties)
2. แบบจำลองสองชั้นผิว (A Two-Zone Model) ผ่านทาง โปรแกรม FISBA
3. แบบจำลองเพลิงไหม้ (Field Model) ผ่านทาง โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS)

พื้นที่ที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์มี พื้นที่ขนาด 5,000 ตารางเมตร สูง 19 เมตร แหล่งต้นกำเนิดของการเกิดเพลิงไหม้สมมติให้มีขนาด 5 MW โดยจัดให้มีรูปแบบการจัดระบบระบายควันไฟภายในอาคาร 3 รูปแบบ คือ รูปแบบที่หนึ่ง ไม่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ, รูปแบบที่สอง มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟที่มีอัตราการดูดอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ข้อกำหนดเก่า) และรูปแบบที่สาม มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ ที่มีอัตราการดูดอากาศ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ข้อกำหนดใหม่)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ของรูปแบบที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมระบายควัน (รูปแบบที่หนึ่ง) และรูปแบบมีการติดตั้งพัดลมระบายควัน ที่มีอัตราการดูดอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที (รูปแบบที่สอง) โดยใช้แบบจำลองทั้งสามรูปแบบจำลองในการเปรียบเทียบชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการไหลของควันเป็นไปในลักษณะเดียวกัน แต่ในรูปแบบที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควัน ที่มีอัตราการดูดอากาศ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (รูปแบบที่สาม) โดยใช้แบบจำลองทั้งสามรูปแบบจำลองในการเปรียบเทียบ ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการไหลของควันเริ่มไม่เป็นไปในลักษณะเดียวกัน

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

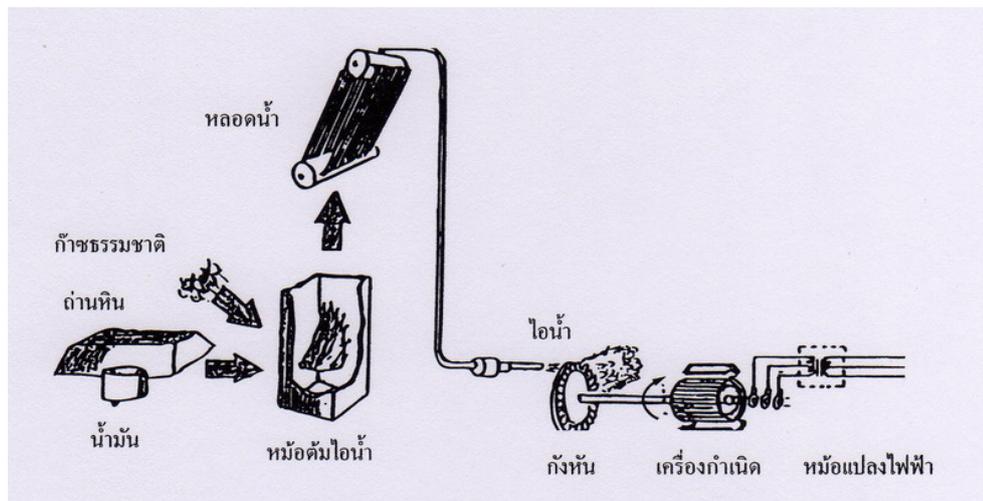
### 1. ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า

ปัจจุบันไฟฟ้าได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินชีวิต เป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรมต่างๆ นับวันการใช้พลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

จากการที่ไม่สามารถมีแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากๆ ไว้ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องผลิตไฟฟ้าสำหรับผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ได้ตลอดเวลา โรงไฟฟ้าจึงเป็นโรงงานต้นกำลังที่จะให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าส่งจ่ายให้กับผู้บริโภคโดยใช้ต้นกำลังจากพลังงานต่างๆ มาขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้หมุนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกไปใช้งาน เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน โรงไฟฟ้าพลังกังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น

#### 1.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant)

คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานความร้อนเป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้า โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูง ไปขับเคลื่อนเครื่องกังหันไอน้ำแล้วจุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำการผลิตไฟฟ้าดังแสดงขั้นตอนการทำงานดังแสดงใน ภาพที่ 3 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนสามารถใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกันออกไป เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติและนิวเคลียร์



ภาพที่ 3 แผนผังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน

ที่มา: วัฒนา ถาวร (2546)

ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนมีส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้

#### 1) โรงกรองน้ำและปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment)

เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีกระบวนการทำงาน คือ จะทำการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำ จากนั้นจะทำการเติม คลอรีน เพื่อกำจัดเฟรียง รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และเติม Poly Aluminum Chloride (PAC) เพื่อทำให้เกิดการตกตะกอนและทำการกวนด้วยใบพัดขนาดใหญ่ ซึ่งติดตั้งอยู่ภายใน Tank เพื่อให้สารเคมีผสมกับน้ำ หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ก็จะได้น้ำใสอยู่ด้านบน แล้วจึงทำการสูบน้ำใสไปไว้ยังถังกักเก็บเพื่อเตรียมปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยนำน้ำใสจากถังกักเก็บ ผ่านกระบวนการกรอง โดยใช้ Carbon และ Resin เมื่อน้ำผ่านกระบวนการกรองแล้วก็จะป็นน้ำดี เหมาะสำหรับการใช้งานในระบบ โดยต้องมีค่า PH ประมาณ 7 โดยจะทำการส่งน้ำไปเก็บที่ Demin Tank เพื่อใช้งานในระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า

## 2) หอหล่อเย็น (Cooling Water System)

Cooling Water ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนออกจากไอน้ำและน้ำในโรงไฟฟ้า จะใช้ Cooling Water เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากไอน้ำที่ Turbine Condenser เพื่อให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก

## 3) ห้องเผาไหม้ (Combustion System)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายใน Boiler Furnace มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ความร้อนไปเปลี่ยนน้ำภายใน Boiler ให้กลายเป็นไอน้ำที่มีความดัน และมีอุณหภูมิสูง ทั้งนี้ ในกระบวนการเผาไหม้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ Igniters, Burner Nozzle และ Air Register โดยที่เชื้อเพลิงจะถูกพ่นออกจาก Burner Nozzle และผสมกับอากาศที่มีออกซิเจนรวมอยู่ โดยที่อากาศจะถูกเป่าออกจาก Air Register ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงก็จะกระทบกับเปลวไฟ ซึ่งเกิดจากการจุด Igniters และจะลุกไหม้ สำหรับการทำให้เกิด Turbulence นั้นเพื่อให้เชื้อเพลิงและอากาศเกิดการคลุกเคล้าที่ดี และ Time เป็นระยะเวลาที่ให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศไหลอยู่ใน Boiler Furnace เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์

## 4) หม้อไอน้ำ (Boiler)

เป็นส่วนที่ใช้ต้มน้ำภายใต้ความดันสูงให้กลายเป็นไอน้ำ ที่มีอุณหภูมิสูง (Superheat Steam) และไอน้ำร้อนที่ไหลออกจาก Boiler จะเรียกว่า Main Steam โดยไหลไปตามท่อไปที่ Main Turbine

## 5) กังหัน (Turbine)

เป็นส่วนที่รับพลังงานความร้อนจาก Boiler มาเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ส่วนประกอบหลักของ Main Turbine คือ Stationary Part และ Rotating Part

Stationary Part คือส่วนประกอบที่อยู่กับที่มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ Casing เป็นส่วนที่ห่อหุ้มส่วนประกอบต่างๆ ของ Turbine และควบคุมไอน้ำให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ Stationary จะประกอบติดอยู่กับ Casing ทำหน้าที่ ควบคุมทิศทางของไอน้ำที่ไหลผ่านให้กระทบกับ Rotating ในตำแหน่งที่ทำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

Rotating Part คือส่วนประกอบที่หมุน โดยจะประกอบกันเป็น Turbine Rotor Turbine Rotor จะมี Turbine Blade เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะรับไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงจาก Boiler เมื่อไอน้ำไหลผ่าน Turbine Blade จะทำให้เกิดการหมุน

#### 6) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

จะมีขดลวดซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่ (Generator Stator) และขดลวดส่วนที่เคลื่อนที่ (Generator Rotor) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับ Generator Rotor จะต่ออยู่กับ Turbine Rotor เมื่อ Turbine Rotor หมุน ก็จะทำให้ Generator Rotor หมุนเช่นกัน เมื่อ Generator หมุนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะตัดผ่าน Stator Winding จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลจาก Winding ส่งไปยังสถานเฝ้าไฟฟ้า เพื่อส่งต่อไปยังสถานีไฟฟ้าแรงสูง และจัดส่งกระแสไฟฟ้าต่อไป

#### 1.2 อุบัติเหตุเพลิงไหม้ที่เคยเกิดขึ้นภายในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่

จากการรวบรวมสถิติการเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นภายในประเทศสหรัฐอเมริกา จากอดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่าการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่ มีมูลค่าความเสียหายที่สูงมาก โดยเหตุการณ์เพลิงไหม้ที่มีความรุนแรงที่สุดคือเหตุการณ์เพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นที่ The World Trade Center โดยมีมูลค่าความสูญเสีย 33.4 แสนล้านเหรียญยู.เอส. ดอลลาร์ ส่วนเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้าที่มีความรุนแรงที่สุดคือเหตุการณ์เพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นที่กับโรงไฟฟ้าของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ โดยมีมูลค่าความสูญเสีย 786 พันล้านเหรียญยู.เอส. ดอลลาร์

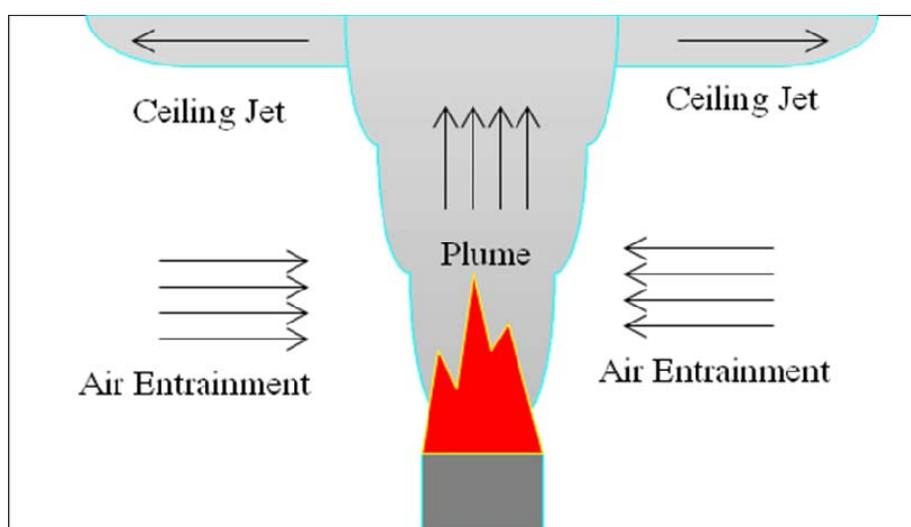
ตารางที่ 1 เหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูง

ลำดับ	เหตุการณ์เพลิงไหม้	วันที่เกิดเหตุการณ์	มูลค่าความสูญเสีย (พันล้านเหรียญ ยู.เอส. ดอลลาร์)	
			ณ ช่วงเวลาที่ เกิดเหตุการณ์	ณ ปี 2549 เมื่อทำ การปรับค่าเงิน
1	The World Trade Center New York, NY	11 ส.ค. 2544	33,400	38,000
2	Great Chicago Fire Chicago, IL	8 ตุลาคม 2414	168	2,800
3	Polyolefin Plant Pasadena, TX	23 ต.ค. 2532	750	1,200
4	Power plant (auto manufacturing complex) Dearborn, MI	1 ก.พ. 2542	650	786
5	Textile mill Methuen, MA	11 ธ.ค. 38	500	661
6	S.S. Grandcamp and Chemical Co. Plant Texas City, TX	16 เม.ย. 90	67	606
7	Petroleum refinery Norco, LA Pampa, TX	5 พ.ค. 2531	330	562
8	One Meridian Plaza (high-rise office building) Philadelphia	23 ก.พ. 2534	325	481
9	Chemical company plant Pampa, TX	14 พ.ย. 2530	215	382
10	Nuclear power plant near Decatur, AL	22 มี.ค. 2518	100	375

ที่มา: <http://www.nfpa.org>

## 2. ทฤษฎีของลำควันและกลุ่มควันไหลใต้เพดาน

ในเหตุเพลิงไหม้ ควันซึ่งเป็นแก๊สผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้จะลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้ง เราเรียกลำควันร้อนที่ลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้งจากกองเพลิงนี้ว่า พลุ (plume) หรือลำควัน เมื่อควันลอยตัวขึ้นไปจนกระทบกับเพดานของห้อง ควันก็จะเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในแนวระดับขนานกับแนวการวางตัวของเพดาน ซึ่งควันที่ไหลในแนวระดับใต้เพดานเราเรียกว่า ซิลลิ่งเจ็ต (ceiling jet) หรือกลุ่มควันไหลใต้เพดาน ลำควันและควันไหลใต้เพดานเป็นกลไกที่สำคัญในการที่ควันไฟจะพาความร้อนและแก๊สพิษต่างๆ จากกองเพลิงไปสู่บริเวณอื่นดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลำควันและกลุ่มควันไหลใต้เพดาน

## 3. ระบบควบคุมควันไฟ

สาเหตุส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คนเสียชีวิตเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในอาคารขนาดใหญ่ คือ ควันไฟซึ่งเป็นตัวการที่สามารถทำลายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ควันไฟสามารถแพร่กระจายไปตามส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอาคารที่มีบริเวณช่องบันไดและปล่องลิฟต์เปิดโล่งที่ไม่มีกั้นแยกส่วนอาคาร ควันไฟสามารถสามารถกระจายตัวไปทั่วทั้งอาคารได้โดยลอยตัวไปตามช่องบันไดและปล่องลิฟต์จึงทำให้ช่องบันไดและปล่องลิฟต์กลายเป็นช่องทางเดินของควันไฟและเป็นพื้นที่สะสมควัน ซึ่งในที่สุดเมื่อควันไฟหนาแน่นมากขึ้นผู้ใช้อาคารไม่สามารถใช้บันไดเพื่อหนีไฟได้รวมถึงการเข้าไปทำงานของพนักงานดับเพลิงด้วย

การแพร่กระจายของควันไฟอาศัยหลักการลอยตัวและขยายตัวของอากาศโดยอากาศร้อนที่มีความหนาแน่นน้อยจะถูกแทนที่ด้วยอากาศเย็นที่มีความหนาแน่นมากกว่าร่วมกับปรากฏการณ์ของปล่องควันไฟ (stack effect) และการไหลของลมภายในอาคาร ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานอาคารและพนักงานดับเพลิง อาคารขนาดใหญ่ต่างๆ จึงจำเป็นต้องมีการจัดระบบควบคุมควันไฟเพื่อให้สภาพภายในอาคารเป็นสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย (tenable condition) โดยที่จุดประสงค์ของการจัดระบบควบคุมควันไฟ เพื่อ

- ลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากเปลวเพลิง
- ลดความหนาแน่นของควันไฟลงเพื่อให้มองเห็นทางออกได้ชัดเจนขึ้น
- ลดการติดไฟขึ้นมาใหม่เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่
- ลดผลของความเสียหายต่อโครงสร้างของอาคาร
- ลดปริมาณก๊าซพิษลงเพื่อเป็นการช่วยชีวิตคน
- ช่วยให้พนักงานดับเพลิงสามารถเห็นจุดที่เกิดเพลิงไหม้ทำให้การดับเพลิงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 3.1 ระบบควบคุมควันไฟ ตามมาตรฐาน NFPA 204

เพื่อเป็นการลดและควบคุมความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากควันไฟ จึงได้มีการจัดทำระบบควบคุมควันไฟโดยทาง NFPA ได้จัดทำมาตรฐานการควบคุมควันไฟ (NFPA 204 : Standard for smoke and heat venting) โดยมาตรฐานนี้กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยนำเสนอการออกแบบระบายความร้อนและควบคุมควันไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้ภายในอาคารชั้นเดียวที่ไม่มีการติดตั้งระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (non-sprinkler system)

### 3.2 หลักการพื้นฐานของการออกแบบระบบควบคุมควันไฟ

หลักการพื้นฐานในการออกแบบระบบควบคุมควันไฟ คือ ระบบช่องเปิดระบายควันไฟต้องถูกออกแบบให้สามารถทำการระบายควันไฟได้โดยอย่างน้อยที่สุดต้องสามารถระบายควันไฟที่เกิดจากกองเพลิงให้ผ่านช่องเปิดระบายควันไฟได้ทั้งหมด ซึ่งในการเลือกระบบช่องเปิดระบายควันไฟอาจจะใช้วิธีการระบายควันไฟโดยวิธีธรรมชาติหรือวิธีการระบายควันไฟโดยทางเครื่องกล

### 3.3 วิธีการระบายควันไฟโดยวิธีธรรมชาติ (natural vents)

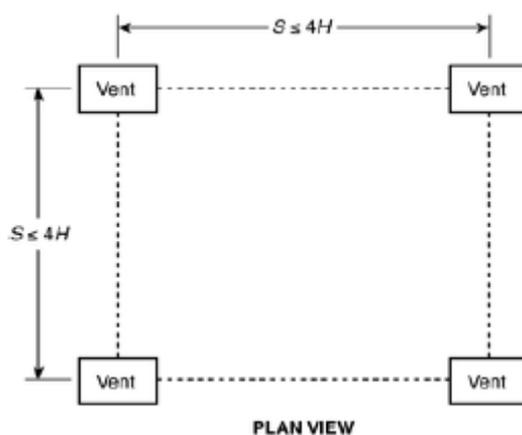
#### 3.3.1 ระยะห่างและตำแหน่งในการออกแบบช่องเปิดระบายควัน (dimension and spacing of venting)

ระยะห่างและตำแหน่งในการออกแบบช่องเปิดระบายควันไฟต้องมีระยะที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดปรากฏการณ์ “Plug Holing” โดยที่

1. พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดระบายควันห้ามมีค่าเกิน  $2d^2$  โดยที่  $d$  คือค่าความหนาของชั้นควันไฟสะสม

2. ช่องเปิดระบายควันที่มีขนาด  $\frac{L_v}{W_v} > 2$  และค่าของ  $W_v$  ต้องมีค่าไม่เกินค่า  $d$  โดยที่  $L_v$  คือ ขนาดความยาวของช่องเปิด  $W_v$  คือ ขนาดความกว้างของช่องเปิด

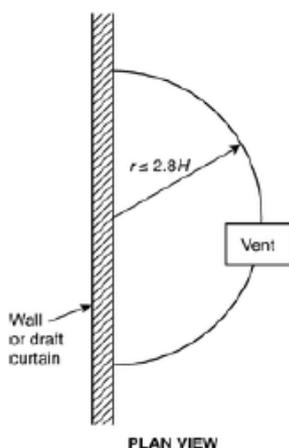
3. ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันไฟจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง ( $S$ ) ต้องมีค่าไม่เกิน  $4H$  โดยที่  $H$  คือ ค่าความสูงที่วัดจากฐานของกองเพลิงจนถึงเพดาน,  $S$  คือ ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันไฟในแนวระนาบ

ที่มา: NFPA 204 Standard for smoke and heat venting (2007)

4. ระยะห่างจากแนวผนังห้ามมีค่าเกิน  $2.8H$  ดังแสดงในภาพที่ 6

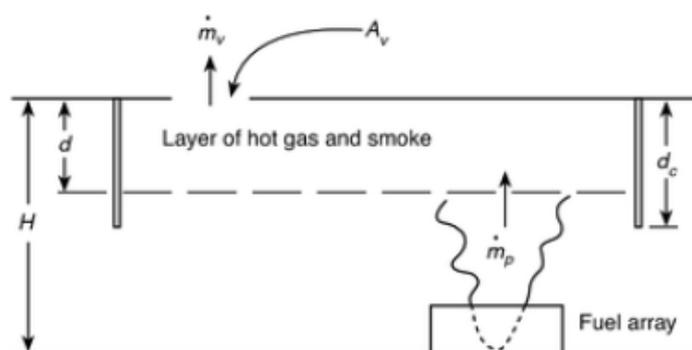


ภาพที่ 6 ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันไฟจากแนวผนัง

ที่มา: NFPA 204 Standard for smoke and heat venting (2007)

### 3.3.2 การคำนวณหาขนาดของช่องเปิดระบายควัน

การระบายควันจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่ออัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิงมีค่าเท่ากับอัตราการระบายควันไฟ ( $\dot{m}_p = \dot{m}_v$ ) ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 รูปแบบการระบายควันไฟของโถง Atrium ด้วยวิธีธรรมชาติตามมาตรฐาน NFPA 204

ที่มา: NFPA 204 Standard for smoke and heat venting (2007)

3.3.3 การคำนวณหาค่าอัตราการเกิดควันไฟ ( $\dot{m}_p$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2)

$$\dot{m}_p = [0.071Q_c^{\frac{1}{3}}(Z_s - Z_0)^{\frac{5}{3}}][1 + 0.027Q_c^{\frac{2}{3}}(Z_s - Z_0)^{\frac{-5}{3}}] \text{ เมื่อ } Z_s > L \quad (1)$$

$$\dot{m}_p = 0.0056Q_c \left( \frac{Z_s}{L} \right) \text{ เมื่อ } Z_s < L \quad (2)$$

โดยที่  $\dot{m}_p$  คืออัตราการเกิดควัน (kg/s)  $\dot{Q}_c$  คืออัตราการปล่อยพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อนของกองเพลิง (kW) เท่ากับ  $0.7\dot{Q}$  เมื่อ  $\dot{Q}$  คืออัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของกองเพลิง  $Z_s$  คือความสูงของควัน (m)  $Z_0$  คือความสูงเสมือนของกองเพลิง (virtual origin, m) และ  $L$  คือความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟ (m)

ความสูงเฉลี่ยของเปลวไฟ ( $L$ ) และความสูงเสมือนของกองเพลิง ( $Z_0$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) และ (4)

$$L = -1.02D + 0.235\dot{Q}^{\frac{2}{5}} \quad (3)$$

$$Z_0 = 0.083\dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1.02D \quad (4)$$

3.3.4 การคำนวณหาค่าอัตราการระบายควัน ( $\dot{m}_v$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการสมการที่ (5)

$$\dot{m}_v = \frac{C_{d,v}A_v}{\sqrt{1 + \frac{C_{d,v}^2A_v^2}{C_{d,i}^2A_i^2}\left(\frac{T_0}{T_p}\right)}} \sqrt{(2\rho_0^2gd)} \sqrt{\frac{T_0(T_p - T_0)}{T_p^2}} \quad (5)$$

โดย  $\dot{m}_v$  คืออัตราการไหลของควันผ่านช่องเปิด (kg/s)  $A_v$  คือพื้นที่ของช่องเปิด ( $m^2$ )  $C_{d,v}$  และ  $C_{d,i}$  คือ สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านช่องเปิด  $A_v$  และ  $A_i$  คือพื้นที่ของช่องเปิด  $T_0$  และ  $T_p$  คืออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของควันตามลำดับ  $d$  คือความหนาของควันไฟ ดังแสดงในภาพที่ 7

อุณหภูมิของควันไฟ ( $T_p$ ) สามารถประมาณได้จากสมการที่ (6)

$$T_p = T_0 + \frac{KQ_c}{c_p \dot{m}_p} \quad (6)$$

โดย  $K$  คือ ค่า Energy conversion factor เท่ากับ 0.5 ตามข้อกำหนดของ NFPA 204

### 3.4 วิธีการระบายควันไฟโดยทางเครื่องกล (mechanical exhaust)

อัตราการระบายควันโดยใช้พัดลมระบายอากาศ ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิง  $\dot{m}_p$  โดยที่จำนวนน้อยที่สุดของพัดลมระบายควันไฟที่จะใช้ติดตั้งต้องติดตั้ง โดยที่ค่าอัตราการระบายควันสูงสุดของพัดลมระบายควันไฟมีค่าไม่เกินค่าที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing โดยที่ค่าอัตราการระบายควันสูงสุดโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ โดยไม่เกิดปรากฏการณ์ plugholing สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$V_{\max} = 4.16\gamma d^{\frac{5}{2}} \left( \frac{T_s - T_0}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

โดยที่  $V_{\max}$  คือ อัตราการระบายควันสูงสุดที่อุณหภูมิ  $T_s$  ที่ไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plug holing ( $m^3/sec$ )  $\gamma$  คือ ค่า exhaust location factor  $d$  คือ ความหนาของควันไฟ (m)  $T_0$  และ  $T_s$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของควันตามลำดับ (K)

### 3.5 ข้อกำหนดความสูงของควันไฟตามช่องทางผ่านหนีไฟ

เพื่อความปลอดภัยในการอพยพหนีไฟ การควบคุมควันไฟจึงต้องสามารถรักษาให้ระดับความสูงของควันให้อยู่สูงกว่าพื้นของเส้นทางหนีไฟตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการหนีไฟ ซึ่งตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ได้กำหนดไว้ในหัวข้อเรื่องการป้องกันอัคคีภัย ในบริเวณช่องเปิดแนวดิ่งในอาคาร (atrium) ว่าในกรณีที่ช่องเปิดแนวดิ่งในอาคาร ไม่มีการกั้นแยกพื้นที่ให้มีความสามารถทนไฟได้น้อย 1 ชั่วโมงได้นั้น อาคารต้องมีระบบควบคุมควันไฟที่สามารถควบคุมให้ความสูงของควันจากพื้นในบริเวณทางไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ของชั้นที่สูงที่สุดซึ่งเชื่อมต่อกับโถง atrium ต้องมีความสูงอย่างน้อย 6 ฟุต (185 เซนติเมตร) เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที

นอกเหนือจากนั้นมาตรฐาน NFPA 130 Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems ได้กำหนดสภาวะแวดล้อมที่คนสามารถอยู่ได้ (tenable environments) ในกรณีฉุกเฉินที่มีการใช้งานระบบพัดลมระบายอากาศ โดยกำหนดให้

- อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในช่องทางเดินที่เชื่อมต่อไปสู่ทางหนีไฟ (exit access) ของทุกชั้นห้ามสูงเกินกว่า 49 °C ภายในช่วง 6 นาทีแรก
- ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่ควรมีค่าเกิน 1,500 ppm ภายในช่วง 6 นาทีแรก
- ระยะการมองเห็นภายในพื้นที่ที่มีควันไฟ กำหนดให้ ผู้อพยพต้องมองเห็นประตู และผนังในระยะ 10 เมตร
- อัตราการแผ่รังสีความร้อน (radiation heat flux) ห้ามมีค่าเฉลี่ยเกิน 1,576 kW/m<sup>2</sup> (500 btu/ft<sup>2</sup>/hr) ภายในช่วง 6 นาทีแรก

#### 4. การจำลองพฤติกรรมของเพลิงไหม้ด้วยแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator)

##### 4.1 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล (Hydrodynamics Model)

แบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (FDS) จำลองพฤติกรรมการไหลของควันใต้เพดาน โดยการแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยซึ่งประกอบด้วย

##### 4.1.1 สมการอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass Equation)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (8)$$

##### 4.1.2 สมการอนุรักษ์สปีชีส์ (Conservation of Species Equation)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i \quad (9)$$

##### 4.1.3 สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Conservation of Momentum Equation)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} (\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \tau_{ij} \quad (10)$$

##### 4.1.4 สมการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy Equation)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{D_p}{Dt} + \dot{q} - \nabla \cdot \mathbf{q} + \dot{\phi} \quad (11)$$

โดย  $\rho$  คือ ความหนาแน่น (Density),  $p$  คือ ความดัน (Pressure),  $T$  คือ อุณหภูมิ (Temperature),  $t$  คือ เวลา (Time),  $Y_i$  คือ สัดส่วนของมวล (Mass Fraction),  $\dot{m}_i$  คือ อัตราการผลิตมวลของสปีชีส์ที่  $i$  ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (Mass Production Rate of  $i$ th species per unit volume),  $\mathbf{u}$  คือ ความเร็วของเวกเตอร์  $u$ ,  $v$ , และ  $w$  (Velocity Vector),  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

ของโลก (Acceleration of Gravity),  $\tau$  คือ แรงเค้นเฉือน (Viscous Stress Tensor),  $h$  คือ เอนทัลปี (Enthalpy; Heat Transfer Coefficient),  $q_r$  คือ เวกเตอร์การแผ่รังสีความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Radiative Heat Flux Vector),  $k$  คือ ค่าคงที่ของการนำความร้อน (Thermal Conductivity) และ  $D$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion Coefficient)

#### 4.2 ระเบียบวิธี Large Eddy Simulation (LES)

ในการจำลองพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนแบบจำลองพลศาสตร์อค์คิถัย (FDS) จะใช้ระเบียบวิธี Large Eddy Simulation (LES) ซึ่งใช้ Subgrid Scale Model ของ Smagorinsky สำหรับการจำลองสภาวะการไหลแบบปั่นป่วนในส่วนของการเผาไหม้ เพื่อแก้ปัญหาขนาดกริดที่ไม่สามารถทำให้ละเอียด เพียงพอที่จะจำลองพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ของ Smagorinsky ค่าความหนืดดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\mu_{LES} = \rho(C_S \Delta)^2 (2(\text{def } \mathbf{u}) \cdot (\text{def } \mathbf{u}) - \frac{2}{3}(\nabla \cdot \mathbf{u})^2)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$$\text{โดย } \text{def } \mathbf{u} = \frac{1}{2}(\nabla \cdot \mathbf{u} + (\nabla \cdot \mathbf{u})') \quad (13)$$

โดยที่  $C_S$  เป็นค่าคงที่ของ Smagorinsky โดยที่ใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.2 ในงานวิจัยนี้,  $\Delta$  เป็นขนาดของ Filter และพจน์แปลงรูปซึ่งมีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันการกระจาย (Dissipation Function) ซึ่งฟังก์ชันการกระจายเป็นการถ่ายโอนพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานความร้อน

#### 4.3 แบบจำลองการเผาไหม้(Combustion Model)

แบบจำลองพลศาสตร์อค์คิถัย (FDS) ใช้แบบจำลองการเผาไหม้สัดส่วนสารผสม (mixture fraction combustion) ซึ่งใช้หลักการของการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยมีสมมติฐานว่าอัตราการเผาไหม้ของ เชื้อเพลิงกับอากาศถูกควบคุมด้วยอัตราการผสมระหว่าง เชื้อเพลิงกับอากาศ (mixing controlled combustion) ทันทีที่เชื้อเพลิงกับอากาศผสมเข้าด้วยกันเชื้อเพลิง จะทำปฏิกิริยากับอากาศอย่างรวดเร็ว (infinitely fast chemical reaction) ได้ก๊าซผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้เป็นแบบควบคุมโดยการผสมกัน

ของเชื้อเพลิงและอากาศ ดังนั้นทุกๆ สปีชีส์ที่สนใจสามารถอธิบาย ได้โดยพจน์ของสัดส่วนสารผสมของตำแหน่งต่างๆ  $Z(x, t)$

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของมวลกับสารผสมเรียกว่าความสัมพันธ์สถานะ (State Relation) ความสัมพันธ์สถานะที่เกิดจากเปลวไฟที่แพร่แบบราบเรียบ (Laminar Diffusion Flame) เป็นฟังก์ชันแบบเชิงเส้นซึ่งนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์เปลวไฟโดยใช้แบบจำลองแผ่นไฟ (Flame Sheet Model) โดยนำแผ่นเปลวไฟในลักษณะสองมิติหลายแผ่นมาเรียงซ้อนกันเป็นสามมิติ อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสามารถคำนวณได้จากอัตราการใช้ออกซิเจนที่ผิวหน้าของเปลวไฟ โดยใช้สมมติฐานว่าทั้งสองค่านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน และไม่ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิง ซึ่งรูปแบบทั่วไปของปฏิกิริยาการเผาไหม้แสดงได้ดังสมการ



สัดส่วนสารผสม  $Z$  สามารถนิยามได้ดังนี้

$$Z = \frac{sY_F - (Y_O - Y_O^\infty)}{sY_F^l + Y_O^\infty}; s = \frac{\nu_O M_O}{\nu_F M_F} \quad (15)$$

โดย  $Z$  คือ mixture fraction  $Y_F$  คือเศษส่วนโดยมวลของเชื้อเพลิง  $Y_F^l$  คือ เศษส่วนโดยมวลของเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิด  $Y_O$  คือเศษส่วนโดยมวลของออกซิเจน  $Y_O^\infty$  คือเศษส่วนโดยมวลของออกซิเจนในอากาศและ  $s$  คืออัตราส่วนโดยมวลของออกซิเจนต่อเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาโดยสมบรูณ์ (stoichiometric oxygen to fuel mass ratio)

#### 4.4 แบบจำลองการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation Model)

แบบจำลองพลศาสตร์อค์ติกัย (FDS) ใช้สมการการถ่ายโอนรังสีความร้อน (Radiative Transport Equation) หรือ RTE สำหรับตัวกลางที่มีการดูดกลืน ปล่อย และกระเจิงรังสีความร้อน คือ

$$s \cdot \nabla_{\lambda} I(x, s) = -[K(x, \lambda) + \sigma_s(x, \lambda)] I(x, s) + B(x, \lambda) + \frac{\sigma_s(x, \lambda)}{4\pi} \int_{4\pi} \Phi(s, s') I_{\lambda}(x, s') d\Omega' \quad (16)$$

หรือในกรณีของก๊าซที่ไม่มีการกระเจิงรังสีความร้อน สมการ RTE สามารถเขียนลดรูปสมการได้ดังนี้

$$s \cdot \nabla I_\lambda(x, s) = K(x, \lambda) [I_b(x) - I(x, s)] \quad (17)$$

เพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่แม่นยำมากขึ้น สเปกตรัมการแผ่รังสีจะถูกแบ่งเป็นแถบเชิงสเปกตรัมย่อยหลายแถบ และมีสมการ RTE แถบการแผ่รังสีที่สำคัญที่สุด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ สมการ RTE ของแต่ละแถบย่อยแสดงได้ดังนี้

$$s \cdot \nabla I_n(x, s) = K_n(x) [I_{b,n}(x) - I(x, s)], n=1 \dots N \quad (18)$$

โดยที่ 
$$I_{b,n} = F_n(\lambda_{\min}, \lambda_{\max}) \sigma T^4 / \pi \quad (19)$$

และ 
$$I(x, s) = \sum_{n=1}^N I_n(x, s) \quad (20)$$

โดยที่  $I_n(x, s)$  คือ ค่าความเข้มของการแผ่รังสีของทุกคลื่นความถี่ในแถบ  $n$   $K_n$  คือ ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนภายในแถบ  $s$  คือ เวกเตอร์แสดงทิศทางของความเข้มของการแผ่รังสี

จากการทดลองพบว่าค่าความเข้มจำนวน 6 แถบเพียงพอสำหรับกรณีทั่วไป หากการดูดกลืนรังสีของเชื้อเพลิงมีนัยสำคัญจำนวนแถบอาจเพิ่มได้จนถึง 10 แถบเพื่อรองรับเชื้อเพลิงประเภทนั้น แต่เพื่อความสะดวกจะกำหนดให้เชื้อเพลิง คือ มีเทน (Methane) โดยแสดงข้อจำกัดของแถบสเปกตรัม (Limits of the Spectral Bands) ไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อจำกัดของแถบสเปกตรัม (Limits of the Spectral Bands)

9 Band Model	Band Model									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Major Species	Soot	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Soot	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Soot	Soot	
		H <sub>2</sub> O,Soot	Soot		Soot	Soot	CH <sub>4</sub> ,Soot			
$\nu$ (1/cm)	10000	3800	3400	2800	2400	2147	1429	1160	1000	50
$\lambda$ ( $\mu$ m)	1.00	2.63	2.94	3.57	4.17	4.70	7.00	8.62	10.0	200
6 Band Model	1	2	3	4	5	6				
Major Species	Soot	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Soot				
		H <sub>2</sub> O,Soot	Soot	Soot	CH <sub>4</sub> ,Soot					

ที่มา: McGrattan (2005)

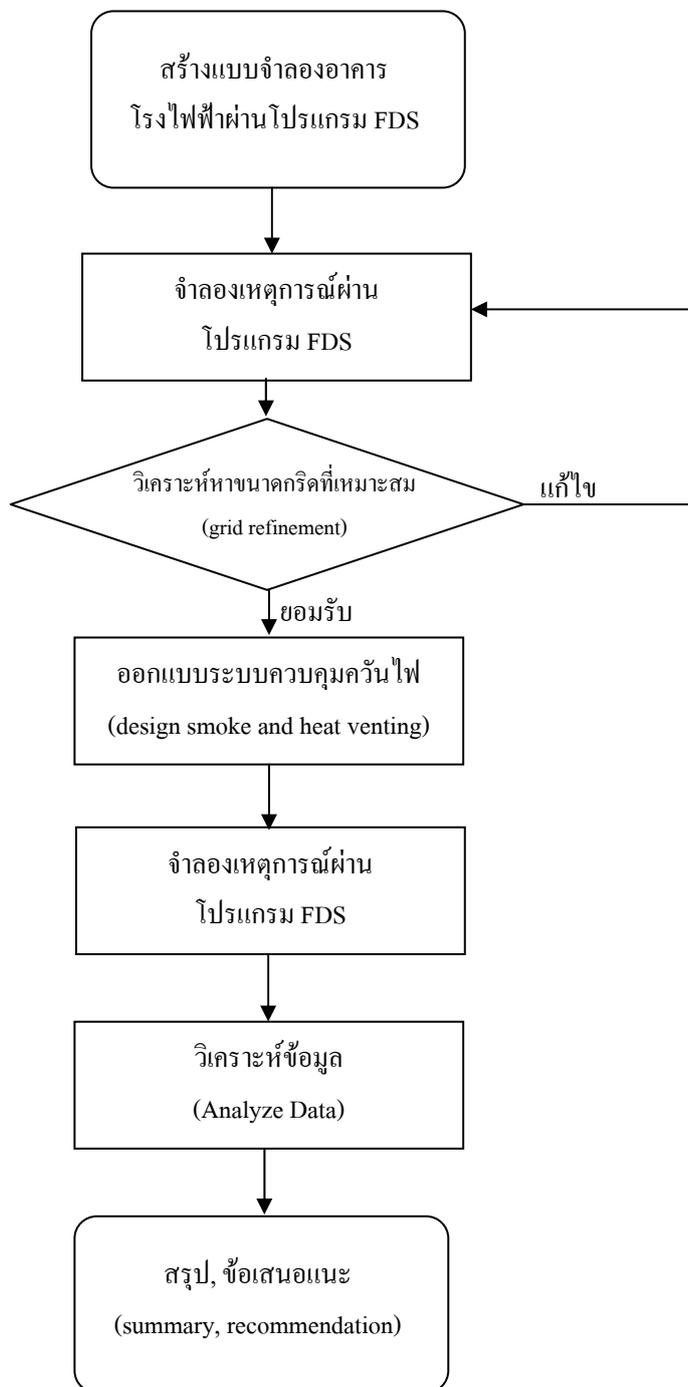
#### 4.5 ขั้นตอนการป้อนข้อมูลของโปรแกรม FDS

เริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลองอาคาร โรงไฟฟ้าผ่านโปรแกรม FDS โดยกำหนดข้อมูลเบื้องต้น เช่น ขนาดของอาคาร โรงไฟฟ้า การจัดเรียงอุปกรณ์ภายในโรงไฟฟ้า พื้นที่ช่องเปิดต่างๆ เป็นต้น เมื่อทำการสร้างแบบจำลองโรงไฟฟ้าเป็นที่เรียบร้อยแล้วต้องทำการกำหนดตำแหน่งที่เกิดเพลิงไหม้รวมถึงขนาดของกองเพลิง เพื่อเริ่มทำการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้

ทำการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้โดยวิเคราะห์หาขนาดกริดที่เหมาะสมในการจำลอง (grid refinement) โดยทำการปรับเปลี่ยนขนาดกริดที่ใช้ในการจำลองแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่น้อยที่สุด (minimum percent error) เพื่อหาค่าขนาดกริดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการจำลองเหตุการณ์

เมื่อได้ขนาดกริดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการจำลองเหตุการณ์ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบควบคุมโดยแบ่งเป็นวิธีการควบคุมควันไฟโดยธรรมชาติ และวิธีการควบคุมควันไฟทางเครื่องกลแล้วจึงทำการสร้างแบบจำลอง FDS ของอาคาร โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟเพื่อทำการจำลองเหตุการณ์ เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ

ในการทำงานของระบบควบคุมควันไฟแบบต่างๆ สุดท้ายนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาทำการสรุปผลและจัดทำข้อเสนอแนะ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมการแพร่กระจายของควันเนื่องจากเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้า  
ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

#### 4.6 การหาความสูงของควันไฟภายในพื้นที่ปิด

แบบจำลองพลศาสตร์อรรถกฤษ (FDS) สามารถทำการประมาณค่าความสูงของควันไฟได้โดยใช้หลักการของการแบ่งชั้นของควันไฟออกเป็นสองส่วน (two-zone model) โดยจะกำหนดให้ชั้นควันไฟที่มีอุณหภูมิสูงเป็นชั้นบน (hot upper layer) และชั้นควันไฟที่มีอุณหภูมิต่ำเป็นชั้นล่าง (cooler lower layer) โดยวิธีการในการหาความสูงของของควันไฟทำได้โดยการนำเอาสมการอนุรักษ์มวลและสมการอนุรักษ์พลังงานเป็นสมการตั้งต้นช่วยในการหาจุดเชื่อมต่อของโชนด้านบนและโชนด้านล่าง ซึ่งระยะความสูงของจุดเชื่อมต่อของควันไฟ (interface height,  $z_i$ ) สามารถหาได้โดยการอินทิเกรตสมการที่ (21)

$$(H - z_{\text{int}})T_u = \int_{z_{\text{int}}}^H T(z)dz \quad (21)$$

เมื่อ  $H$  คือความสูงของห้อง  $z_i$  คือความสูงของควัน  $T_u$  คืออุณหภูมิของอากาศที่โชนด้านล่าง และ  $T(z)$  คืออุณหภูมิของก๊าซภายในห้องแปรผันตามความสูง  $z$  จากพื้นห้อง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC (Pentium Core2Duo 2.33 GHz, Ram 4 Gb.)
2. โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) Version 4 ของสถาบัน NIST
3. เครื่องพิมพ์ จำนวน 1 เครื่อง

### วิธีการ

1. ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลของการติดตั้งของอุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมภายในโรงไฟฟ้าทั่วไปที่สมมติขึ้นมา (typical thermal power plant) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และศึกษาจำลองการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้า โดยในการสร้างแบบจำลองของอาคารโรงไฟฟ้าได้ทำการสร้างผ่านโปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS)

#### 1.1 โปรแกรมแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS)

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) ได้ใช้หลักการของการแบ่งห้องหรืออาคารออกเป็นส่วนเล็กๆ ในลักษณะที่เรียกว่า “computational cell” หรือ “grid” เพื่อใช้คำนวณความหนาแน่น, ความเร็ว, อุณหภูมิ, ความดัน และความเข้มข้น

ของแก้ไขในแต่ละส่วนเล็กๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์มวลและพลังงานช่วยในการคำนวณ นอกเหนือจากนั้นโปรแกรม FDS ยังอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบ, ขนาดของอาคารหรือห้องที่เป็นต้นเหตุของเพลิงไหม้ รวมถึงคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ เช่น วัสดุตกแต่ง ผนังห้อง พื้นห้อง และ เพดานในการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้

ความแม่นยำและความถูกต้อง (verification and validation) ในการคำนวณและแสดงผลของแบบจำลองนี้ขึ้นอยู่กับกริดการออกแบบจำนวนกริด (grid refine) ดังนั้นผู้ใช้จำเป็นต้องตัดสินใจว่าต้องการผลลัพธ์ที่มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด แต่ในทางกลับกันจำนวนกริดเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดระยะเวลาในการทดลอง โดยระยะเวลาในการทดลองอาจอยู่ในช่วงของนาทิจนถึงสัปดาห์ขึ้นอยู่กับจำนวนของกริดและระยะเวลาของการคำนวณ (simulation time) ซึ่งผู้ใช้ส่วนใหญ่พยายามกำหนดเวลาในการทดลองไว้ไม่ให้เกินกว่า 1-2 วัน

โปรแกรม FDS สามารถแสดงผลลัพธ์ได้หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของควันไฟ ณ ตำแหน่งต่างๆ, การเคลื่อนที่ของควันไฟ, เวกเตอร์ความเร็ว, อัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟผ่านช่องเปิด อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟผ่านช่องเปิด, การมองเห็น, ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์, การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันและการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นต้น

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

## 1.2 แบบจำลองของอาคารโรงไฟฟ้า

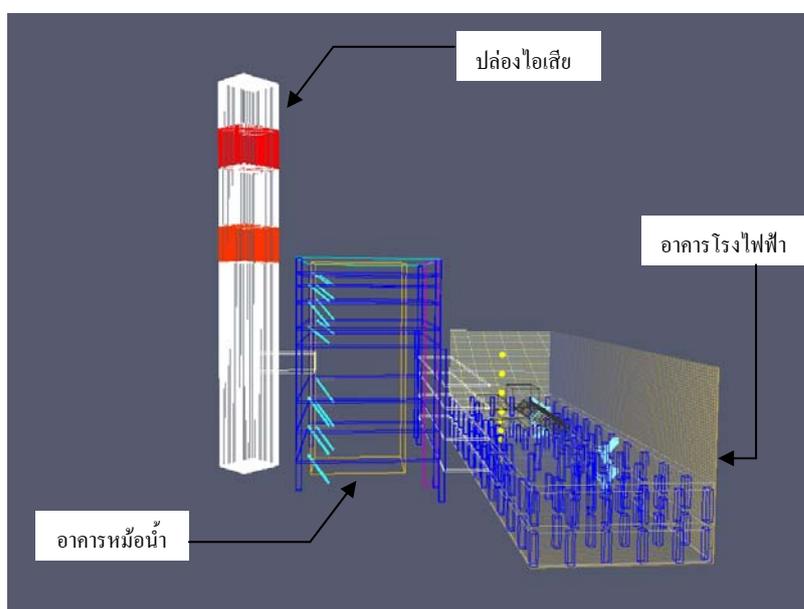
อาคารโรงไฟฟ้าที่ใช้เป็นอาคารแบบจำลองเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบของควันไฟเมื่อเกิดเพลิงไหม้มีความกว้าง 32 เมตร ความยาว 99 เมตร และมีความสูงเมื่อวัดจากระดับพื้นดินถึงหลังคาเท่ากับ 34 เมตร พื้นอาคารทำด้วยคอนกรีต โครงสร้างทำด้วยเหล็ก มีทางออก (บันไดขึ้นลงในแต่ละชั้น) จำนวน 2 ทางออก โดยกำหนดให้การใช้งานของพื้นที่ของอาคารเป็นดังนี้

- ภายในอาคาร ชั้นที่ 1 (กว้าง 32 เมตร ยาว 99 เมตร สูง 7 เมตร) เป็นชั้นที่มีการติดตั้ง ชุดอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser Unit) และอุปกรณ์ประกอบของระบบผลิตไฟฟ้า

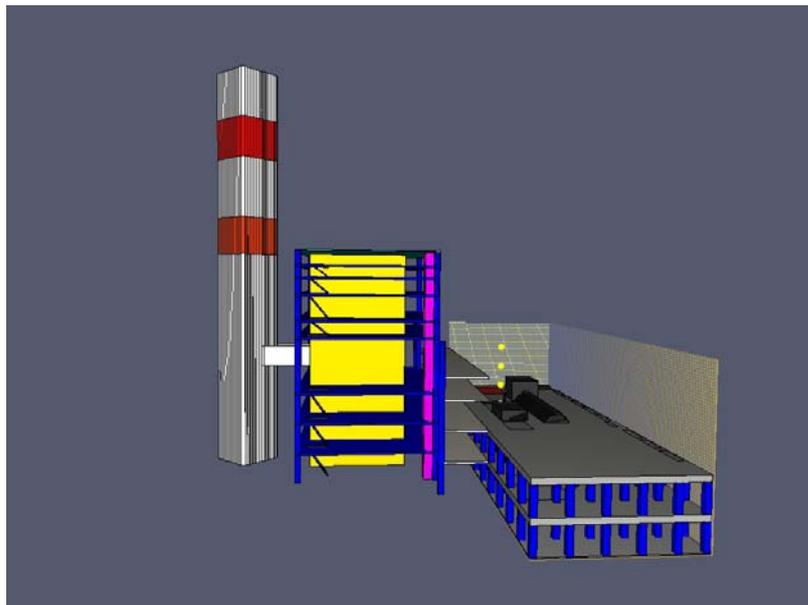
- ภายในอาคาร ชั้นที่ 2 (กว้าง 32 เมตร ยาว 99 เมตร สูง 7 เมตร) เป็นชั้นที่มีการติดตั้ง ท่อไอน้ำร้อน และอุปกรณ์ประกอบของระบบผลิตไฟฟ้า

- ภายในอาคาร ชั้นที่ 3 (กว้าง 32 เมตร ยาว 99 เมตร สูง 20 เมตร) เป็นชั้นที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Turbine Generator) เครื่องกังหันแก๊ส (Gas Turbine) และอุปกรณ์ประกอบของระบบผลิตไฟฟ้า

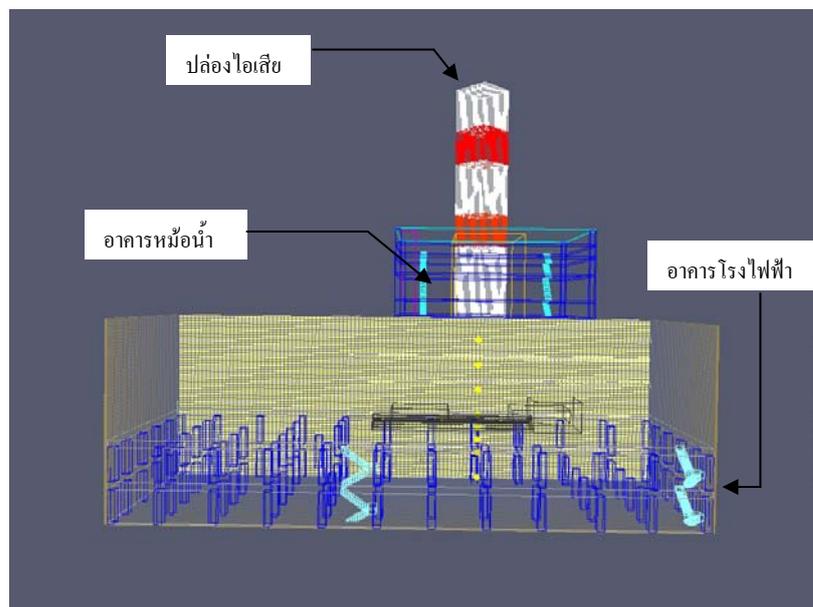
นอกเหนือจากอาคาร โรงไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการจำลองอาคารหม้อน้ำ (Boiler Building) และปล่องไอเสีย (exhaust stack) เพื่อให้เกิดความสมจริงและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 8, 9, 10 และ 11



ภาพที่ 9 รูปร่างโครงสร้างอาคาร โรงไฟฟ้า มุมมองที่ 1



ภาพที่ 10 อาคาร โรงไฟฟ้า มุมมองที่ 1



ภาพที่ 11 รูปร่างโครงสร้างอาคาร โรงไฟฟ้า มุมมองที่ 2



ภาพที่ 12 อาคารโรงไฟฟ้า มุมมองที่ 2

### 3. การหาขนาดกริดที่เหมาะสมในการจำลองเหตุการณ์

ขนาดของกริดมีผลกระทบต่อความถูกต้องแม่นยำของผลการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ โดยกริดขนาดเล็กมีแนวโน้มที่ให้การจำลองถูกต้องแม่นยำมากกว่ากริดขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม การกำหนดขนาดกริดที่เล็กลงจะทำให้จำนวนปริมาตรจำกัดที่ต้องพิจารณาในโดเมนการคำนวณ มีมากขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU Time) มากตามไปด้วย จนในบางครั้งเวลาในการคำนวณอาจนานเกินกว่าที่จะยอมรับได้ ดังนั้นการเลือกขนาดกริดที่เหมาะสมจะต้องพิจารณา ชั่งน้ำหนักระหว่างความถูกต้องแม่นยำของผลการจำลองกับเวลาที่ใช้ในการคำนวณที่สามารถยอมรับได้

โดยปรกติการประมาณหาความคลาดเคลื่อนของผลการจำลอง จะทำการเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จากการทดลองจริง แต่ในกรณีนี้การทดลองเผาองเพลิง ภายในอาคารจริง เป็นเรื่องที่ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจาก ต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการสูงมากจนอาจไม่สามารถดำเนินการได้ ดังนั้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงดำเนินการหาผลกระทบของขนาดกริดต่อผลการจำลอง โดยมีสมมุติฐานว่า กริดขนาดเล็กจะให้ผลการจำลองที่มีค่าใกล้เคียงค่าจริงมากกว่ากริดขนาดใหญ่ (กริดขนาดเล็กให้ผลการจำลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากริดขนาดใหญ่) ถ้าลดขนาดกริดให้เล็กลงจนถึงจุดหนึ่งผลการจำลองจะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดกริดหรือ grid convergence

การลดขนาดกริดต่อไปจะไม่ให้ประโยชน์แต่อย่างไรซ้ำยังทำให้เวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นด้วย ดังนั้นขนาดกริดที่เหมาะสมจึงเป็นขนาดกริดที่เมื่อลดขนาดลงต่อไปแล้วไม่ทำให้ผลการจำลองแตกต่างกันไปอย่างมีนัยสำคัญ (ในกรณีนี้แตกต่างกันน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์)

#### 4. การปรับปรุงระบบควบคุมควันไฟภายในอาคาร โรงไฟฟ้า

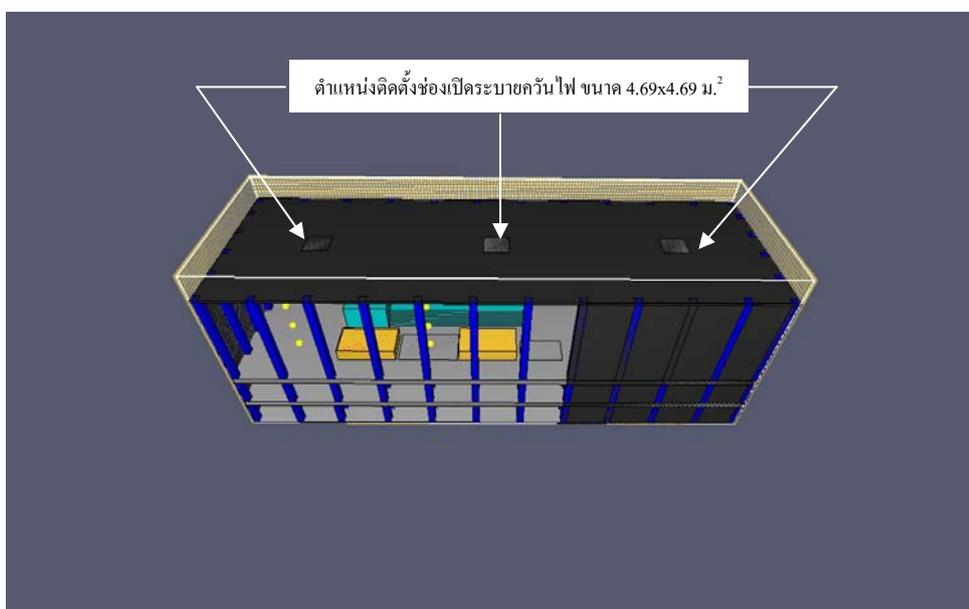
เพื่อเป็นการป้องกันการเสียชีวิตเนื่องจากควันไฟและความร้อนจากกองเพลิง อีกทั้งยืดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟภายในอาคาร โรงไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบระบบระบายควบคุมควันไฟขึ้นภายในอาคารตามมาตรฐาน NFPA 204 โดยอาศัยหลักการที่ว่าการระบายควันจะเข้าสู่สถานะสมดุลเมื่อ อัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิงมีค่าเท่ากับอัตราการระบายควันไฟ ( $\dot{m}_p = \dot{m}_v$ ) โดยจากการกำหนดให้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกิดภายใต้สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่อาจเกิดขึ้นได้ (worst case scenario) ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบควบคุมควันไฟออกเป็น 2 ระบบ คือระบบควบคุมควันไฟตามธรรมชาติโดยใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ และระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกลโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ โดยในแต่ละระบบระบายควันไฟจะทำการออกแบบรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้งแยกออกไปอีกระบบละ 3 รูปแบบ โดยที่อัตราการระบายควันคงที่ (รายละเอียดการคำนวณดูภาคผนวก)

#### ตารางที่ 3 รายละเอียดการออกแบบของช่องเปิดระบายควันไฟ

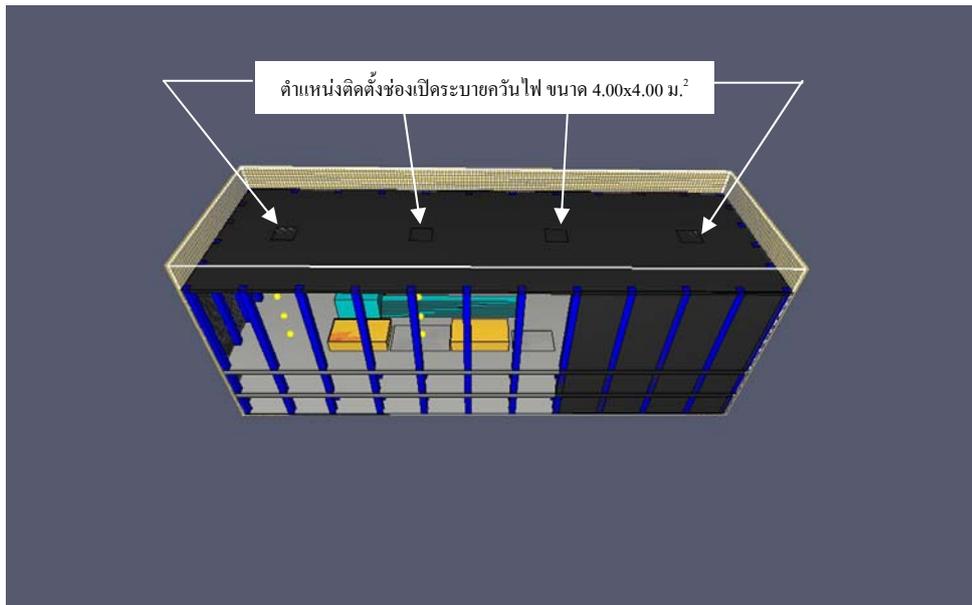
แบบช่องเปิดระบาย ควันไฟ	จำนวนช่องเปิด ระบายควันไฟ	ขนาดพื้นที่ของช่อง เปิดแต่ละช่อง (ตร. ม.)	ขนาดพื้นที่ของ ช่องเปิดรวม (ตร. ม.)	ขนาดของช่องเปิด ระบายควันไฟ (ม. x ม.)
แบบที่ 1	3	22	66	4.69x4.69
แบบที่ 2	4	16	64	4.00x4.00
แบบที่ 3	5	13	65	3.60x3.60

ตารางที่ 4 รายละเอียดการออกแบบของพัดลมระบายควันไฟ

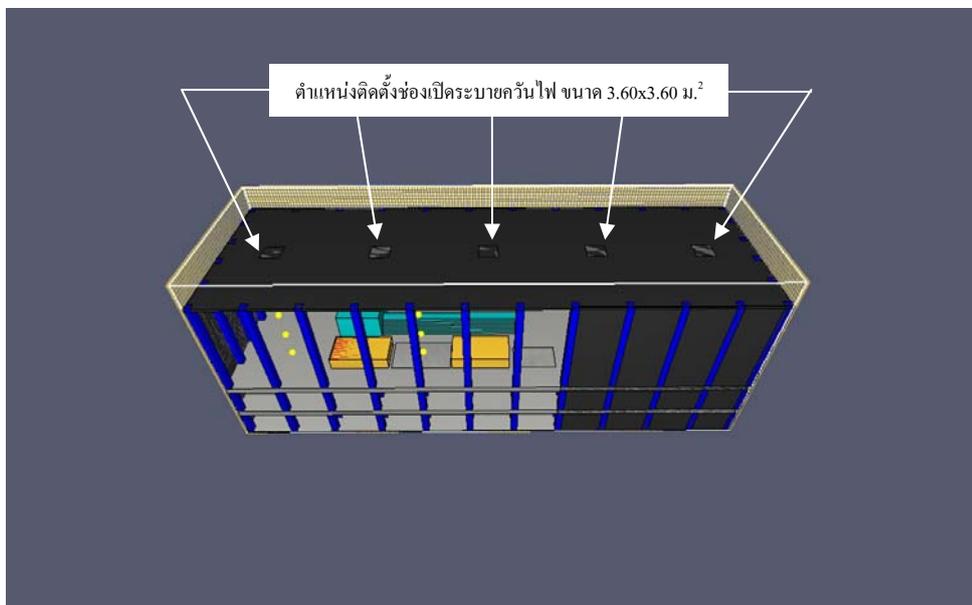
แบบพัดลมระบาย ควันไฟ	จำนวนพัดลม ระบายควันไฟ	ขนาดพัดลม ระบายควันไฟแต่ละตัว (cfm.)	ขนาดพัดลม ระบายควันไฟรวม (cfm.)
แบบที่ 1	3	12,650	37,950
แบบที่ 2	4	9,485	37,940
แบบที่ 3	5	7,590	37,950



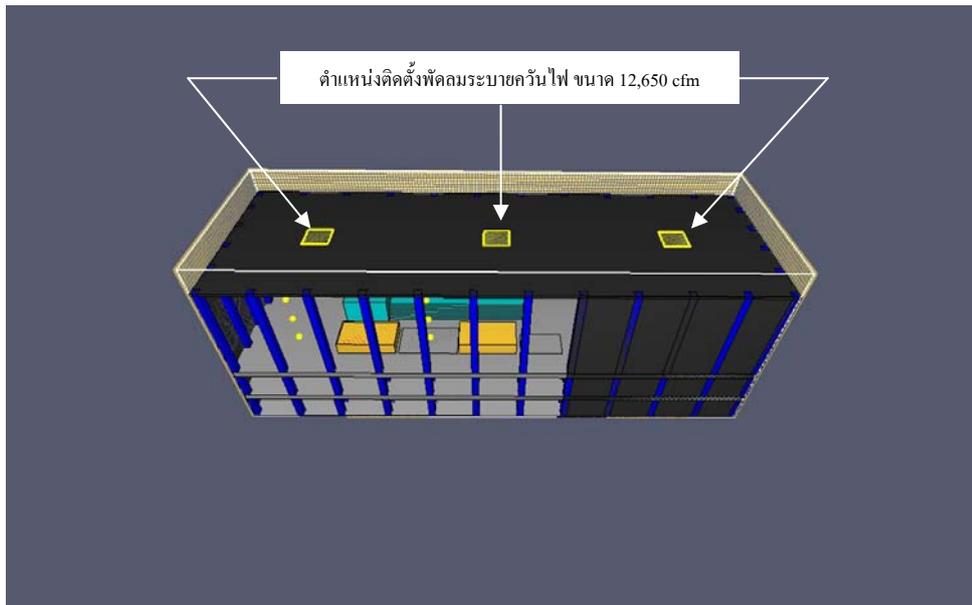
ภาพที่ 13 ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1



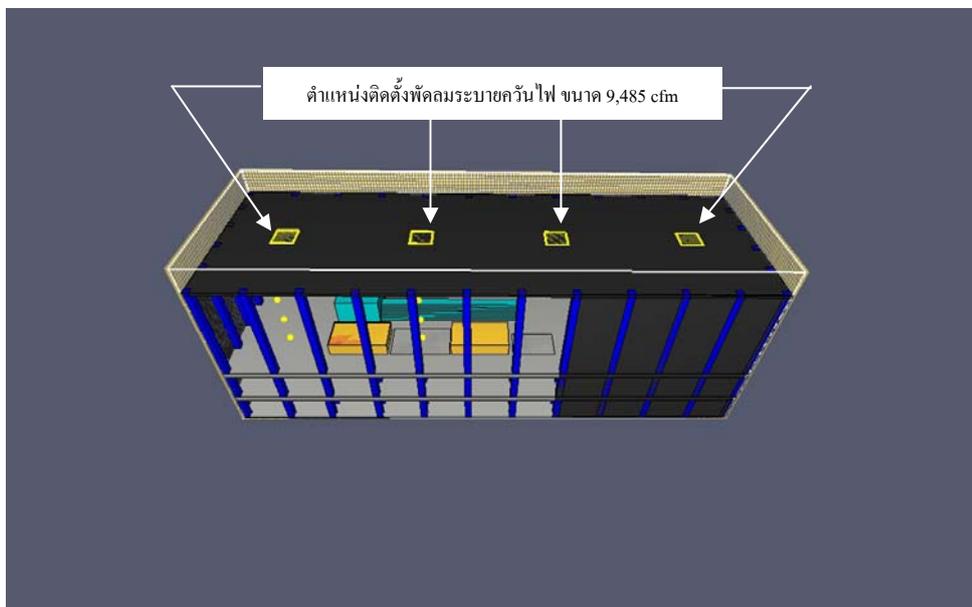
ภาพที่ 14 ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2



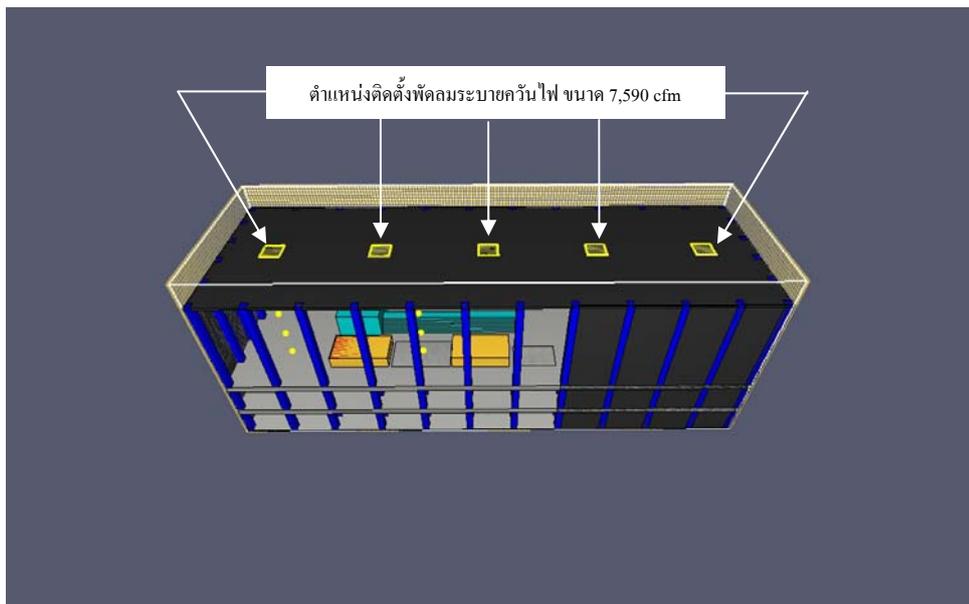
ภาพที่ 15 ตำแหน่งติดตั้งของช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3



ภาพที่ 16 ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1

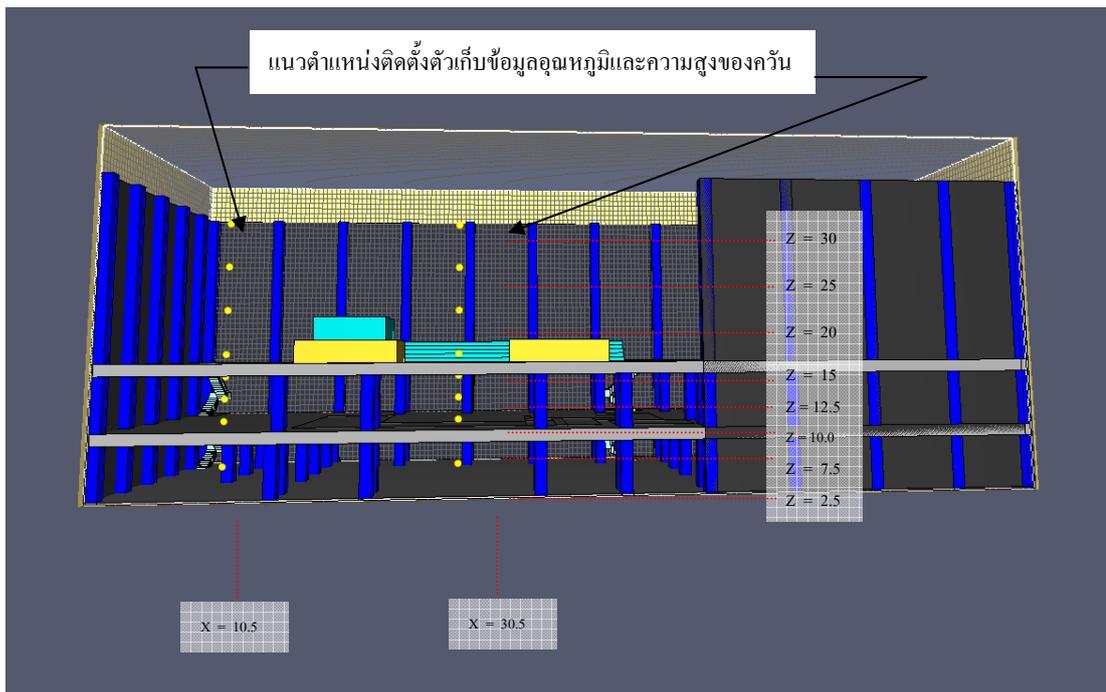


ภาพที่ 17 ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2

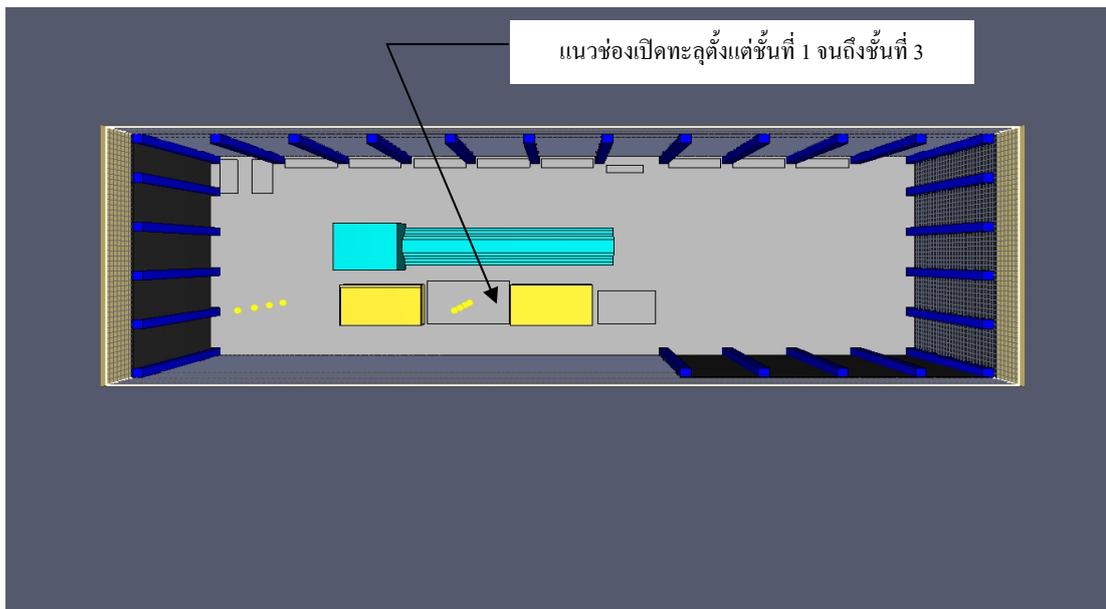


ภาพที่ 18 ตำแหน่งติดตั้งของพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3

โดยในการจำลองผู้วิจัยได้กำหนดให้โปรแกรม FDS ทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ จำนวน 16 จุดและความสูงของควันไฟ โดยทำการติดตั้งตัวเก็บข้อมูลอุณหภูมิ (thermocoupler) ในแนว  $X=36.50$ ,  $Y=8.50$  ซึ่งอยู่ในแนวช่องเปิดระหว่างชั้น จำนวน 8 จุดและในแนว  $X=10.50$ ,  $Y=8.50$  ซึ่งไม่อยู่ในแนวช่องเปิดระหว่างชั้น จำนวน 8 จุด



ภาพที่ 19 ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความสูงของคานไฟ



ภาพที่ 20 ตำแหน่งติดตั้งตามแนวตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัดอิมพีแดนซ์และความสูงของคลื่นไฟ

## ผลและวิจารณ์

### ผลการทดลอง

1. ผลกระทบของขนาดกริดจากแบบจำลองพลศาสตร์อวกาศ (grid refinement) ต่อการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ภายในอาคาร โรงไฟฟ้า

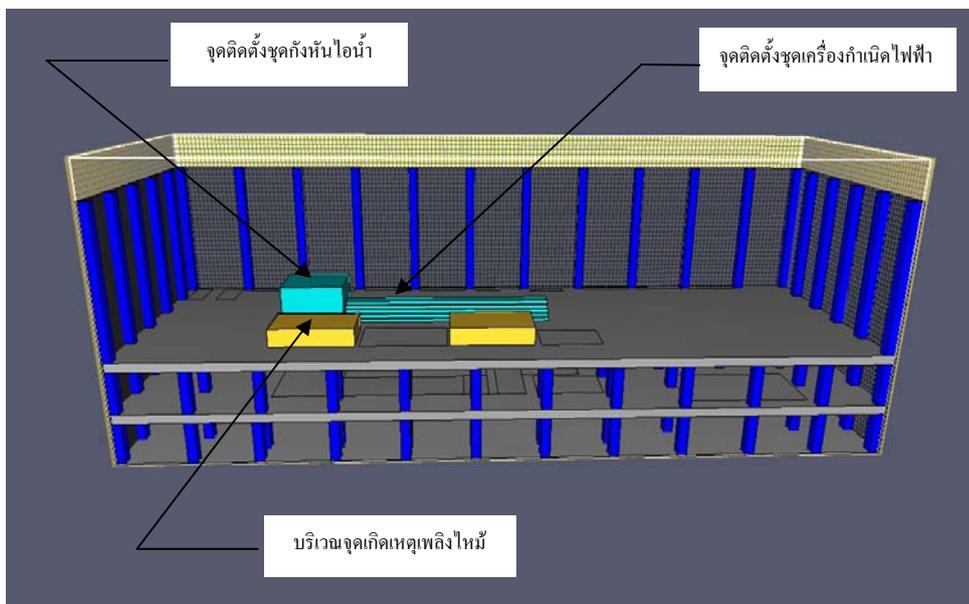
จากการพิจารณาขนาดของกริดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้อาคาร โรงไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดความกว้าง 32 เมตร ความยาว 99 เมตรและความสูง 34 เมตร (ปริมาตรที่ใช้ในการจำลอง เท่ากับ 107,712 ลูกบาศก์เมตร) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้ขนาดของกริดที่มีขนาดต่างๆ กัน จำนวน 7 ขนาด โดยปรับจำนวนเซลล์ (NX, NY, NZ) ให้มีผลรวมของจำนวนเซลล์ ( $N_{xyz}$ ) เปลี่ยนแปลงระหว่าง 98,304 จนถึง 1,620,000 เซลล์ ซึ่งมีผลทำให้ค่าของขนาดของแบบจำลองจริงต่อขนาดเซลล์ ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ) ในแต่ละกริดมีปริมาตร ( $\Delta V_{xyz}$ ) เปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.066 จนถึง 1.095 ลูกบาศก์เมตร รายละเอียดดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบขนาดของกริดที่ใช้ในการวิเคราะห์

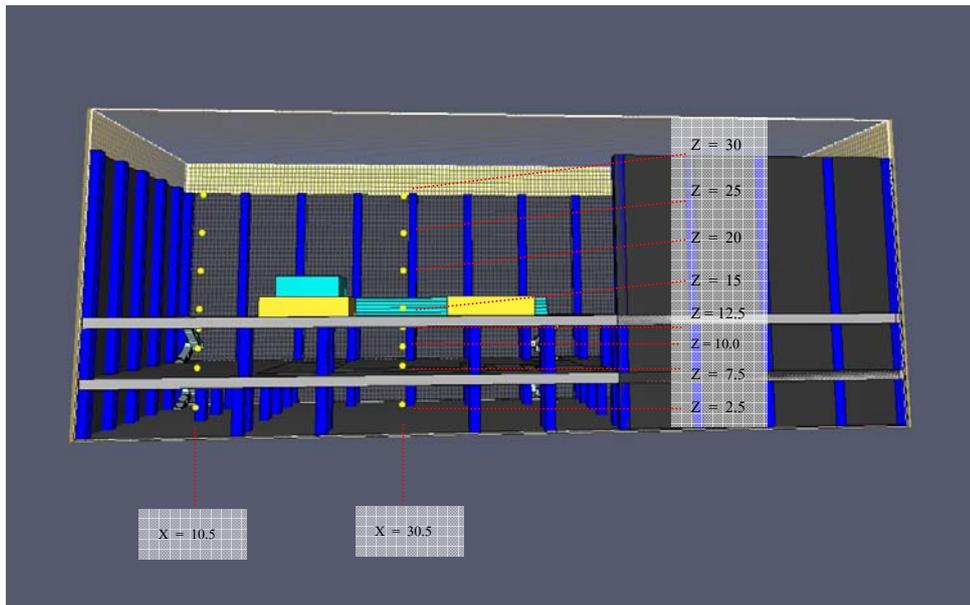
ขนาดของกริด	จำนวนเซลล์			$N_{xyz}$	ขนาดเซลล์ (เมตร)			$\Delta V_{xyz}$ (เมตร <sup>3</sup> )
	NX	NY	NZ		$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	
กริดที่ 1	96	32	32	98,304	1.03	1.00	1.06	1.095
กริดที่ 2	108	36	36	139,968	0.92	0.89	0.94	0.769
กริดที่ 3	120	40	40	192,000	0.83	0.80	0.85	0.561
กริดที่ 4	135	45	48	291,600	0.73	0.71	0.71	0.369
กริดที่ 5	160	50	54	432,000	0.64	0.63	0.62	0.249
กริดที่ 6	192	60	60	691,200	0.52	0.53	0.57	0.155
กริดที่ 7	250	80	81	1,620,000	0.40	0.40	0.42	0.066

### 1.1 การจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้(Fire Simulation Scenario)

ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้เพื่อหาขนาดกริดที่เหมาะสม กำหนดให้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้อยู่ที่บริเวณผิวหน้าของห้องปั๊มน้ำมันหล่อลื่น บนชั้นที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า กองเพลิงมีอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ เท่ากับ  $1,000 \text{ kW/m}^2$  พื้นที่กองเพลิงมีขนาด 66 ตารางเมตร อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในเท่ากับ  $30^\circ\text{C}$  และเวลาที่ใช้ในการจำลองเพลิงไหม้เท่ากับ 900 วินาที โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง  $Z = 2.50 \ 7.50 \ 10.00 \ 12.50 \ 15.00 \ 20.00 \ 25.00 \ 30.00$  (@  $X = 36.50$  และ  $Y = 8.50$ ) จำนวน 8 จุด



ภาพที่ 21 ตำแหน่งติดตั้งห้องปั๊มน้ำมันหล่อลื่นที่เป็นจุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 22 ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

รายละเอียดของวัสดุของอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งภายในโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ได้แสดงไว้ในตารางที่

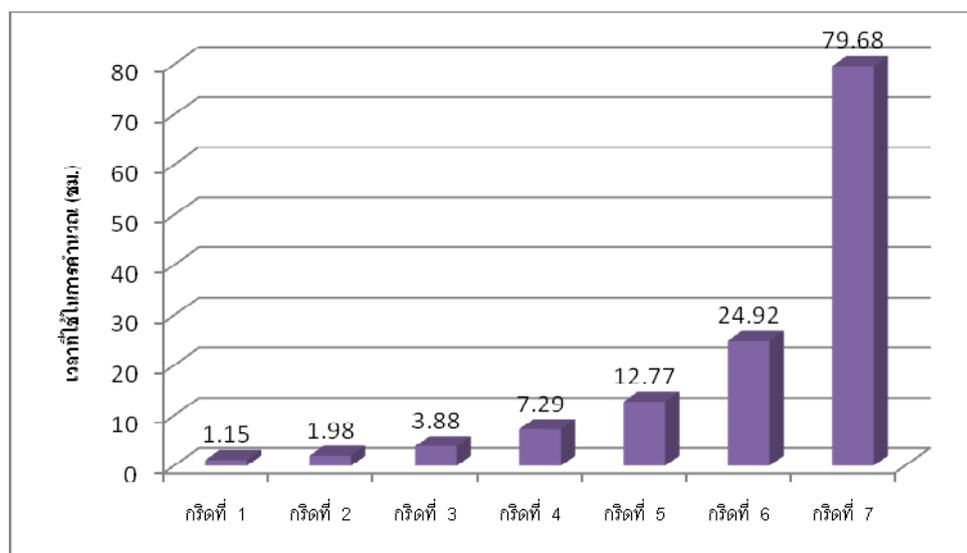
ตารางที่ 6 การกำหนดชนิดของวัสดุในแบบจำลอง

ส่วนประกอบของอาคาร	ชนิดของวัสดุ
พื้นอาคาร	CONCRETE
ผนังโดยรอบอาคาร	METAL SHEET
เสา	STEEL
หลังคา	METAL SHEET
บันได	STEEL
ผนังห้องปัมน้ำมันหล่อลื่น	METAL SHEET
ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	METAL SHEET
ห้องติดตั้งชุดกังหันไอน้ำ	METAL SHEET

ผลจากการนำกริดจำนวน 7 ขนาด (กริดที่ 1 จนถึง กริดที่ 7)ไปทำการจำลอง เหตุการณ์เพลิงไหม้สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 7 สรุปผลเวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้

แบบจำลอง	Heat Release Rate (kW)	Simulation Time (sec.)	Total Iteration	CPU Time (hr.)
กริดที่ 1	66,000	900	5,846	1.15
กริดที่ 2	66,000	900	7,233	1.98
กริดที่ 3	66,000	900	9,402	3.88
กริดที่ 4	66,000	900	11,965	7.29
กริดที่ 5	66,000	900	15,677	12.77
กริดที่ 6	66,000	900	20,900	24.92
กริดที่ 7	66,000	900	35,877	79.68



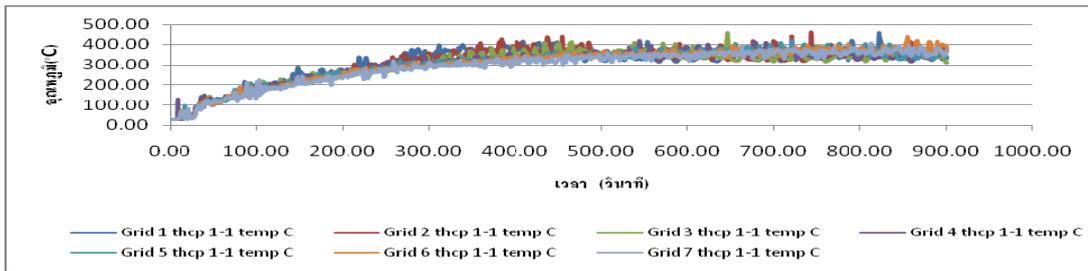
ภาพที่ 23 เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ในแต่ละขนาดกริด

## 1.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิความร้อนของควันไฟ

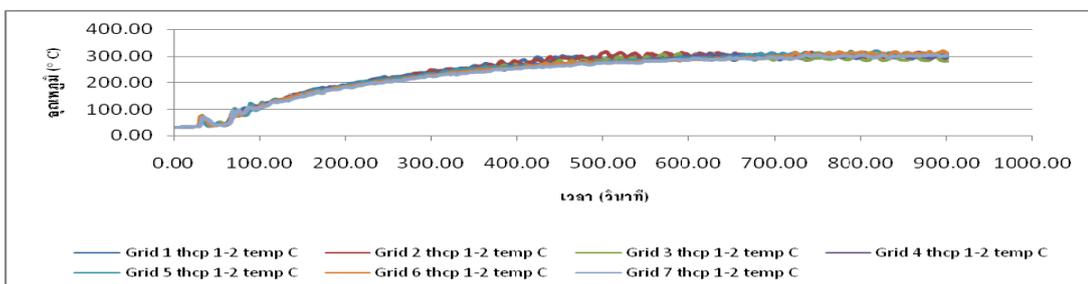
เมื่อเวลาการเกิดเพลิงไหม้เพิ่มขึ้นจะพบว่าทุกกริดที่ทำการศึกษา อุณหภูมิความร้อนของควันไฟมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามกัน และจากตารางสรุปอุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิช่วงเวลาสถานะคงตัว ณ ตำแหน่งต่างๆ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของควันไฟจะมีค่าสูงขึ้นตามระยะความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิของควันไฟในทุกช่วงกริดที่ทำการศึกษามีแนวโน้มที่จะเข้าสู่ภาวะสมดุลระหว่าง วินาทีที่ 500 ถึง 550 ดังแสดงในภาพที่ ถึงภาพที่

ตารางที่ 8 อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัว

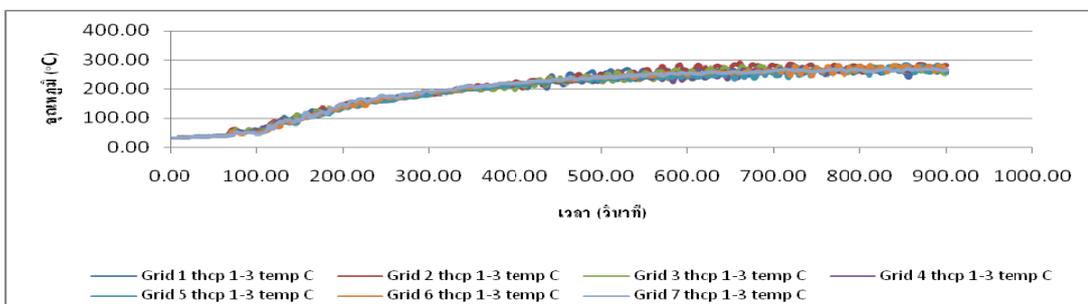
แบบจำลอง	อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ @ X 36.50 และ Y=8.50 (°C)							
	ตัวที่ 1 (Z=30)	ตัวที่ 2 (Z=25)	ตัวที่ 3 (Z=20)	ตัวที่ 4 (Z=15)	ตัวที่ 5 (Z=12.5)	ตัวที่ 6 (Z=10)	ตัวที่ 7 (Z=7.5)	ตัวที่ 8 (Z=2.5)
กริดที่ 1	338.17	294.26	254.63	125.50	81.16	61.22	54.88	52.37
กริดที่ 2	362.27	305.17	245.26	136.25	79.66	60.95	54.76	52.51
กริดที่ 3	365.37	289.07	241.33	127.57	80.54	58.47	53.43	51.81
กริดที่ 4	359.88	281.38	235.35	129.30	71.54	56.61	53.37	51.85
กริดที่ 5	352.75	281.41	235.96	123.55	72.80	56.13	53.62	51.91
กริดที่ 6	351.85	279.11	242.32	125.07	64.59	56.85	53.91	52.23
กริดที่ 7	340.13	277.37	245.16	125.13	68.95	55.13	54.17	52.64



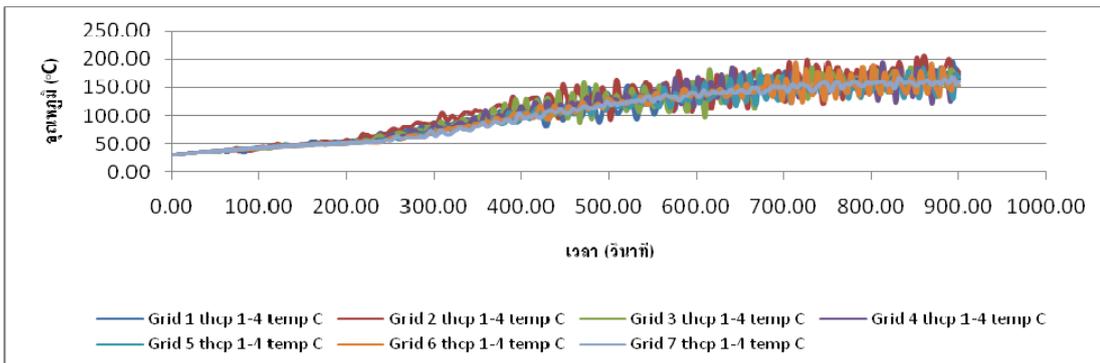
ภาพที่ 24 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =30



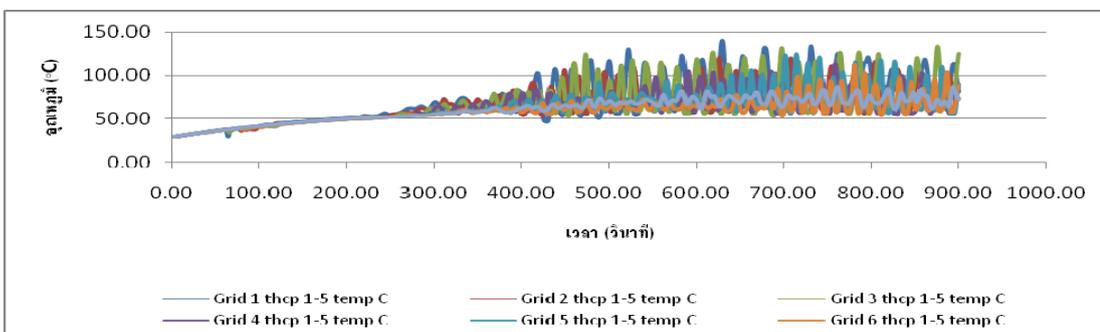
ภาพที่ 25 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =25



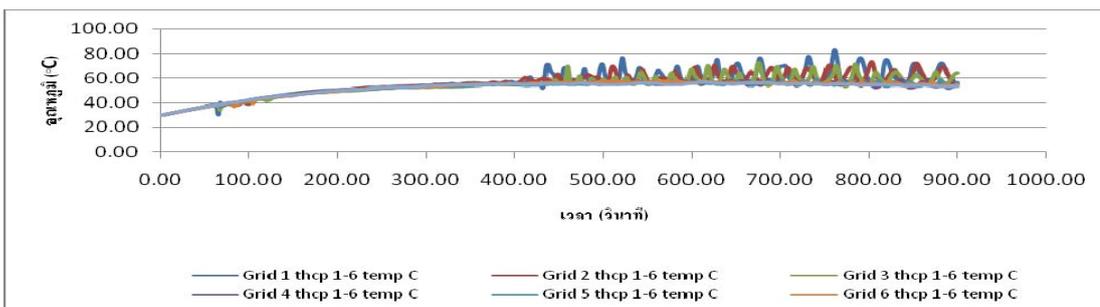
ภาพที่ 26 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =20



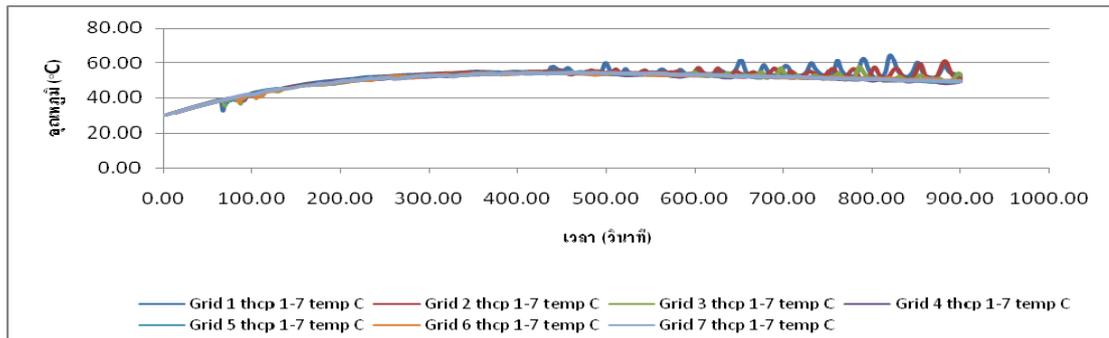
ภาพที่ 27 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =15



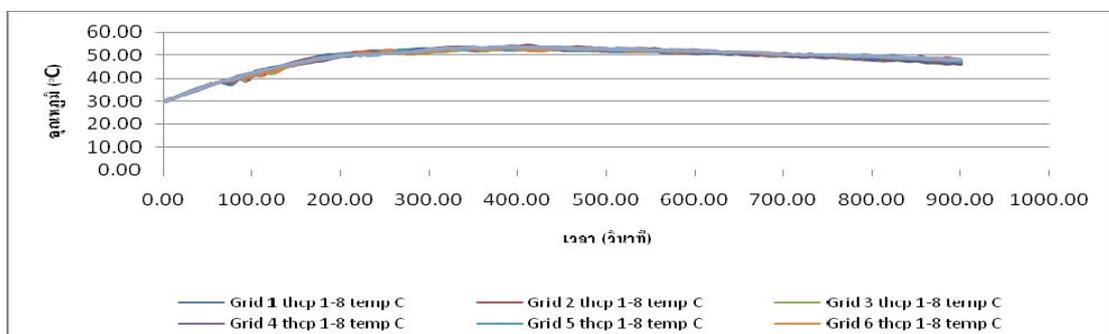
ภาพที่ 28 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =12.5



ภาพที่ 29 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =10



ภาพที่ 30 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =5.00



ภาพที่ 31 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =2.50

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง ในการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องแม่นยำและความเหมาะสมของกริดขนาดต่างๆ เราสามารถที่จะทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่าง (temperature percent different) โดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงกับขนาดกริดต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะพบว่า

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 1 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 5 กับกริดที่ 6 ซึ่งมีค่า 0.26 %

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 2 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 4 กับกริดที่ 5 ซึ่งมีค่า -0.01 %

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 3 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 4 กับกริดที่ 5 ซึ่งมีค่า -0.26 %

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 4 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 6 กับกริดที่ 7 ซึ่งมีค่า -0.05%

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 5 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 5 กับกริดที่ 6 ซึ่งมีค่า -1.23 %

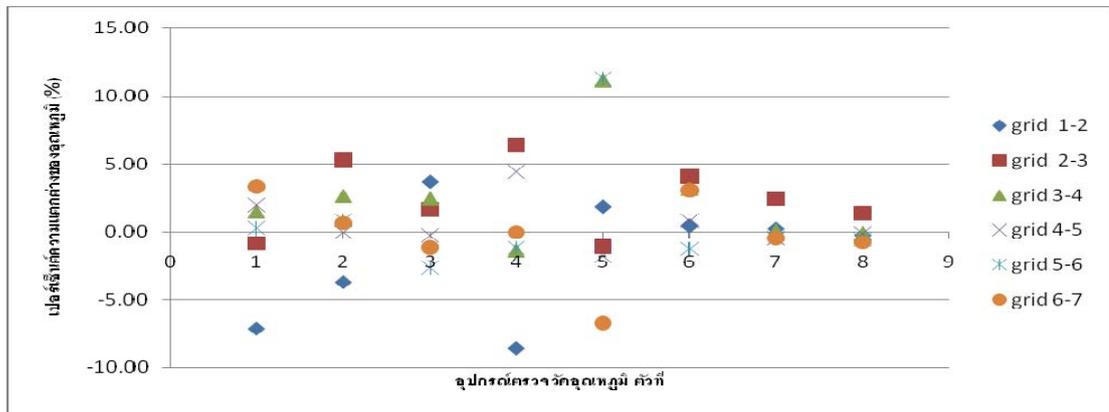
- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 6 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 1 กับกริดที่ 2 ซึ่งมีค่า 0.44 %

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 7 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 3 กับกริดที่ 4 ซึ่งมีค่า 0.11 %

- เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 8 ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกริดที่ 4 กับกริดที่ 5 ซึ่งมีค่า -0.12 %

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวที่ 1-7

ผลการเปรียบเทียบ	เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (%)							
	ตัวที่ 1 (Z=30)	ตัวที่ 2 (Z=25)	ตัวที่ 3 (Z=20)	ตัวที่ 4 (Z=15)	ตัวที่ 5 (Z=12.5)	ตัวที่ 6 (Z=10)	ตัวที่ 7 (Z=7.5)	ตัวที่ 8 (Z=2.5)
กริดที่ 1								
เปรียบเทียบ	-7.13	-3.71	3.68	-8.57	1.85	0.44	0.22	-0.27
กริดที่ 2								
กริดที่ 2								
เปรียบเทียบ	-0.86	5.28	1.60	6.37	-1.10	4.07	2.43	1.33
กริดที่ 3								
กริดที่ 3								
เปรียบเทียบ	1.50	2.66	2.48	-1.36	11.17	3.18	0.11	-0.08
กริดที่ 4								
กริดที่ 4								
เปรียบเทียบ	1.98	-0.01	-0.26	4.45	-1.76	0.85	-0.47	-0.12
กริดที่ 5								
กริดที่ 5								
เปรียบเทียบ	0.26	0.82	-2.70	-1.23	11.28	-1.28	-0.54	-0.62
กริดที่ 6								
กริดที่ 6								
เปรียบเทียบ	3.33	0.62	-1.17	-0.05	-6.75	3.03	-0.48	-0.78
กริดที่ 7								



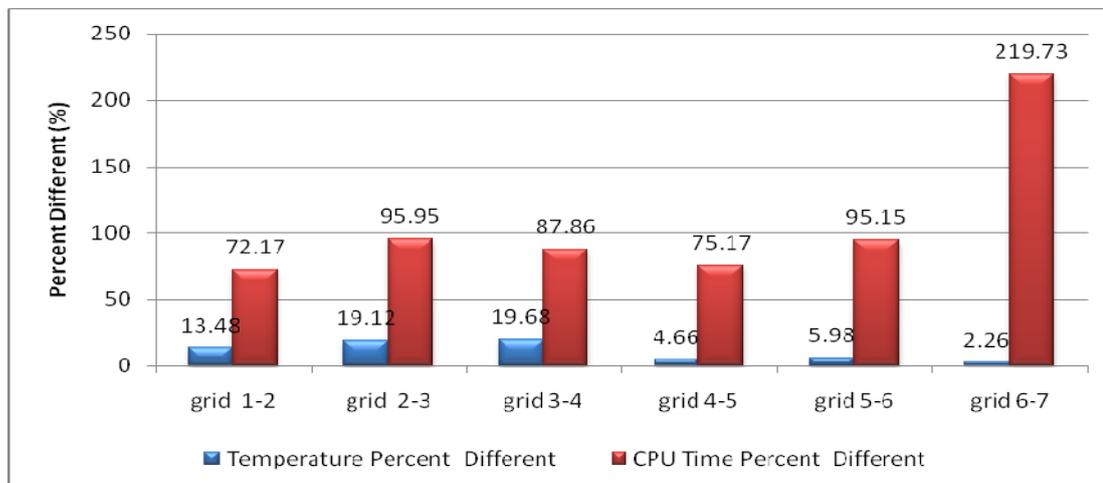
ภาพที่ 32 เปอร์เซ็นต์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยทำการเปรียบเทียบขนาดกริด

### 1.3 สรุปผลการวิเคราะห์ขนาดกริดที่เหมาะสม

จากการทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดกริดต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ พบว่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของคว้นไฟจะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำเปรียบเทียบอุณหภูมิของคว้นไฟของกริดที่ 3 เปรียบเทียบกับกริดที่ 4 และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของคว้นไฟจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อทำเปรียบเทียบอุณหภูมิของคว้นไฟของกริดที่ 6 เปรียบเทียบกับกริดที่ 7

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะพบว่าในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะมีค่ามากที่สุดเมื่อทำเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของกริดที่ 6 เปรียบเทียบกับกริดที่ 7 และค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อทำเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของกริดที่ 1 เปรียบเทียบกับกริดที่ 2



ภาพที่ 33 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดกริดต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

ดังนั้นเมื่อพิจารณา เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดกริดต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของขนาดกริดต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จะพบว่าเพื่อความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทำการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้และความแม่นยำในการทำนายของอุณหภูมิของควันไฟ ขนาดกริดที่มีความเหมาะสมที่สุดในการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ คือ ขนาดกริดที่ 5 โดยใช้เวลาในการจำลองเหตุการณ์ เท่ากับ 12.77 ชั่วโมงและค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอุณหภูมิของควันไฟเมื่อทำการเปรียบเทียบกับขนาดกริดใกล้เคียงมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

## 2. ผลของพฤติกรรมกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟจากแบบจำลองพลศาสตร์ อักคีภัยเมื่อทำการปรับปรุงระบบระบายควันไฟ

จากการออกแบบระบบระบายควันซึ่งได้ทำการเพิ่มช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟ โดยทำการติดตั้งให้มีจำนวน, พื้นที่ของช่องเปิดระบายควันไฟและขนาดของพัดลมระบายควันไฟแตกต่างกัน จำนวน 6 รูปแบบ ผู้วิจัยได้นำผลจากการออกแบบมาทำการจำลองพฤติกรรมเกิดเพลิงไหม้ โดยได้ผลจากการจำลองดังนี้

## 2.1 อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟ

### 2.1.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ (Temperature Profile) ณ ช่วงเวลา 600 วินาทีแรก

ผลจากการจำลองพบว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟในระยะเริ่มแรกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าอุณหภูมิสูงสุดค่าหนึ่ง หลังจากนั้นอุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟจะมีค่าค่อนข้างคงที่

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$ ,  $Z = 25$  เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีไม่มีการระบายควันทันไฟ มีค่าเท่ากับ  $410.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 329.43

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันทันไฟแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $326.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 591.97

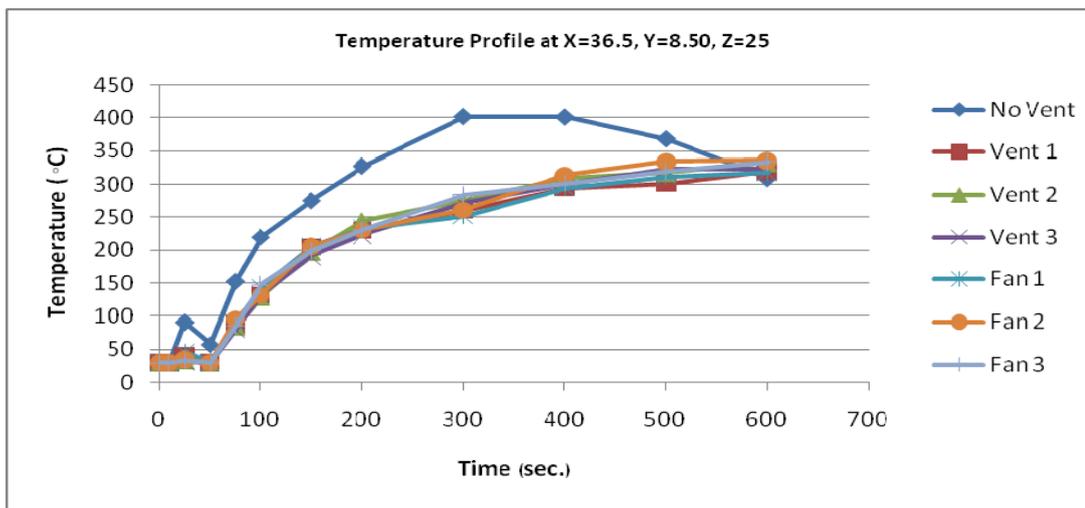
- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันทันไฟแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $339.27\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 566

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันทันไฟแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $337.25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 509.96

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันทันไฟแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $330.26\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 591.21

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันทันไฟแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $344.62\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 542.32

- อุณหภูมิความร้อนของควันทันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันทันไฟแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $337.97\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 590.15



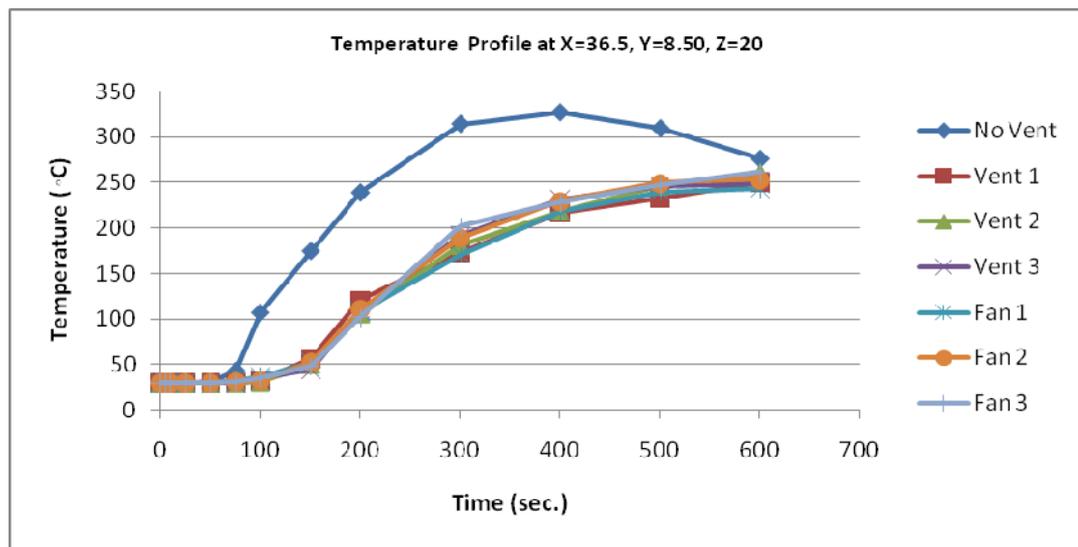
ภาพที่ 34 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$ ,  $Z = 25$

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$ ,  $Z = 20$  เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ มีค่าเท่ากับ  $336.67\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 338.41
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $253.44\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 599.41
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $264.01\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 591.21
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $263.62\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 587.06
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $252.72\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 566.76

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 264.90 °C ณ วินาทีที่ 543.39

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 268.52 °C ณ วินาทีที่ 588.11



ภาพที่ 35 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =20

ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =15 เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ มีค่าเท่ากับ 196.80 °C ณ วินาทีที่ 468.81

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 186.62 °C ณ วินาทีที่ 588.11

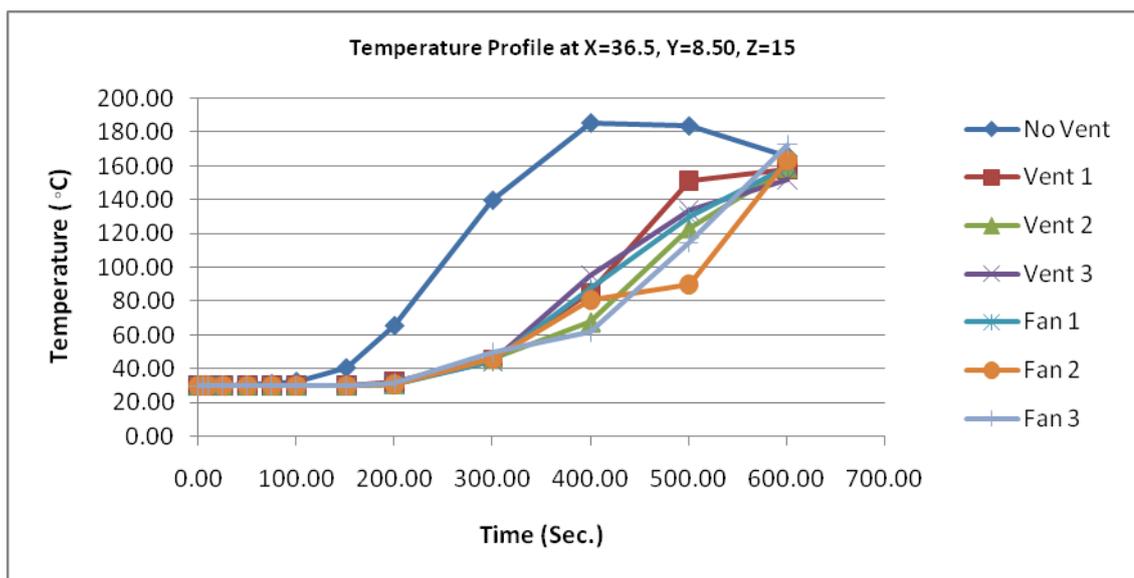
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 198.82 °C ณ วินาทีที่ 580.64

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 191.30 °C ณ วินาทีที่ 595.32

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 188.03 °C ณ วินาทีที่ 567.55

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 191.51 °C ณ วินาทีที่ 558.04

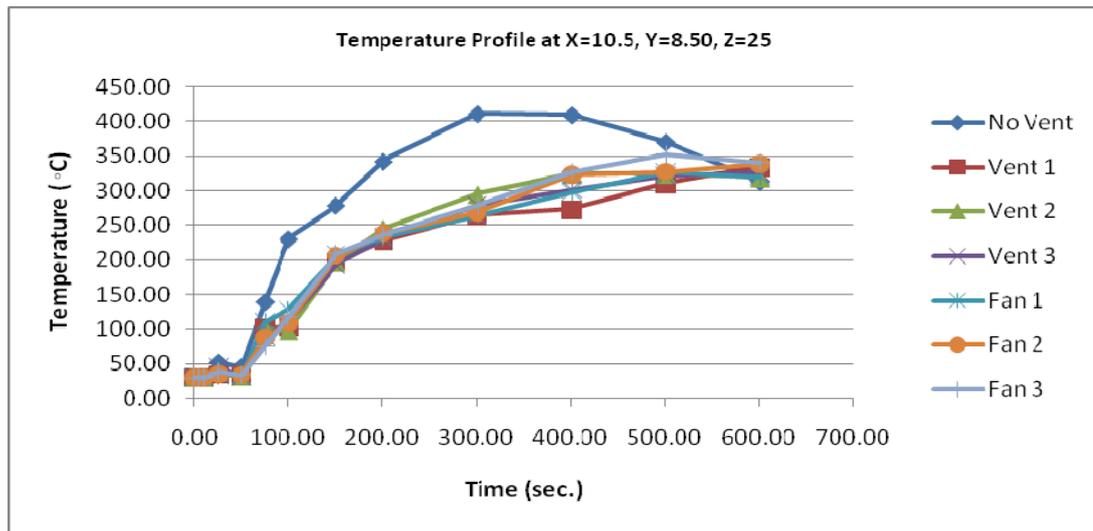
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 183.99 °C ณ วินาทีที่ 548.27



ภาพที่ 36 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =15

ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50, Y = 8.50, Z = 25$  เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ มีค่าเท่ากับ  $427.76\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 294.17
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $336.22\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 559.81
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $355.24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 552.38
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $346.87\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 551.85
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $338.30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 449.51
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $354.99\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 546.72
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $352.53\text{ }^{\circ}\text{C}$  ณ วินาทีที่ 499.90



ภาพที่ 37 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z=25

ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z=20 เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควัน มีค่าเท่ากับ 344.39 °C ณ วินาทีที่ 322.73

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 266.18 °C ณ วินาทีที่ 599.92

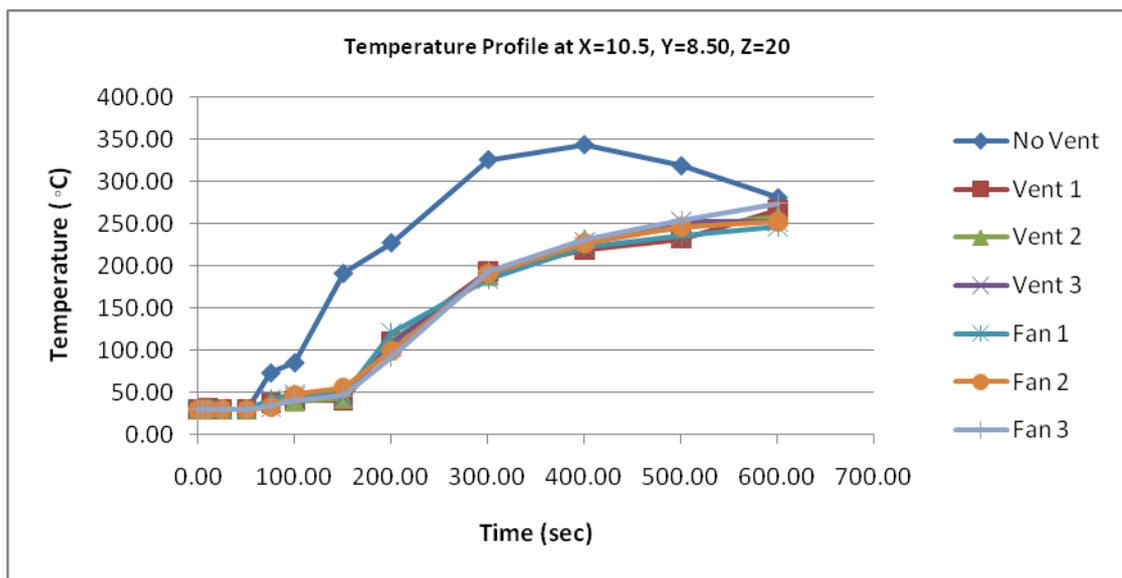
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 272.99 °C ณ วินาทีที่ 572.44

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 274.03 °C ณ วินาทีที่ 590.95

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 262.85 °C ณ วินาทีที่ 584

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 276.26 °C ณ วินาทีที่ 561.10

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 275.49 °C ณ วินาทีที่ 530.77



ภาพที่ 38 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =20

ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z =15 เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ 192.85 °C ณ วินาทีที่ 502.48

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 177.27 °C ณ วินาทีที่ 599.14

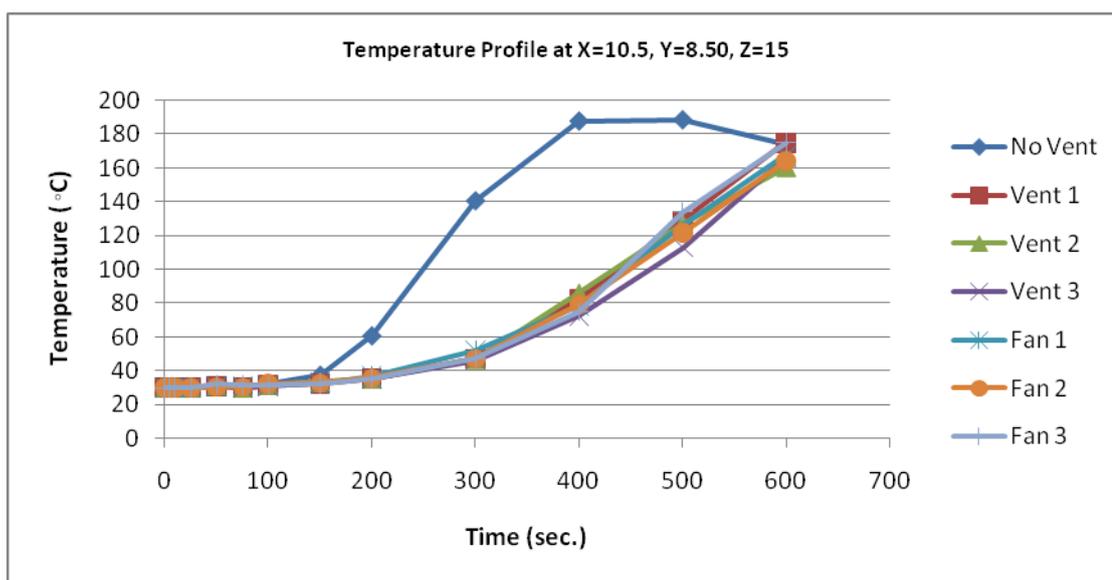
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 171.50 °C ณ วินาทีที่ 573.21

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 168.15 °C ณ วินาทีที่ 589.89

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 175.26 °C ณ วินาทีที่ 581.95

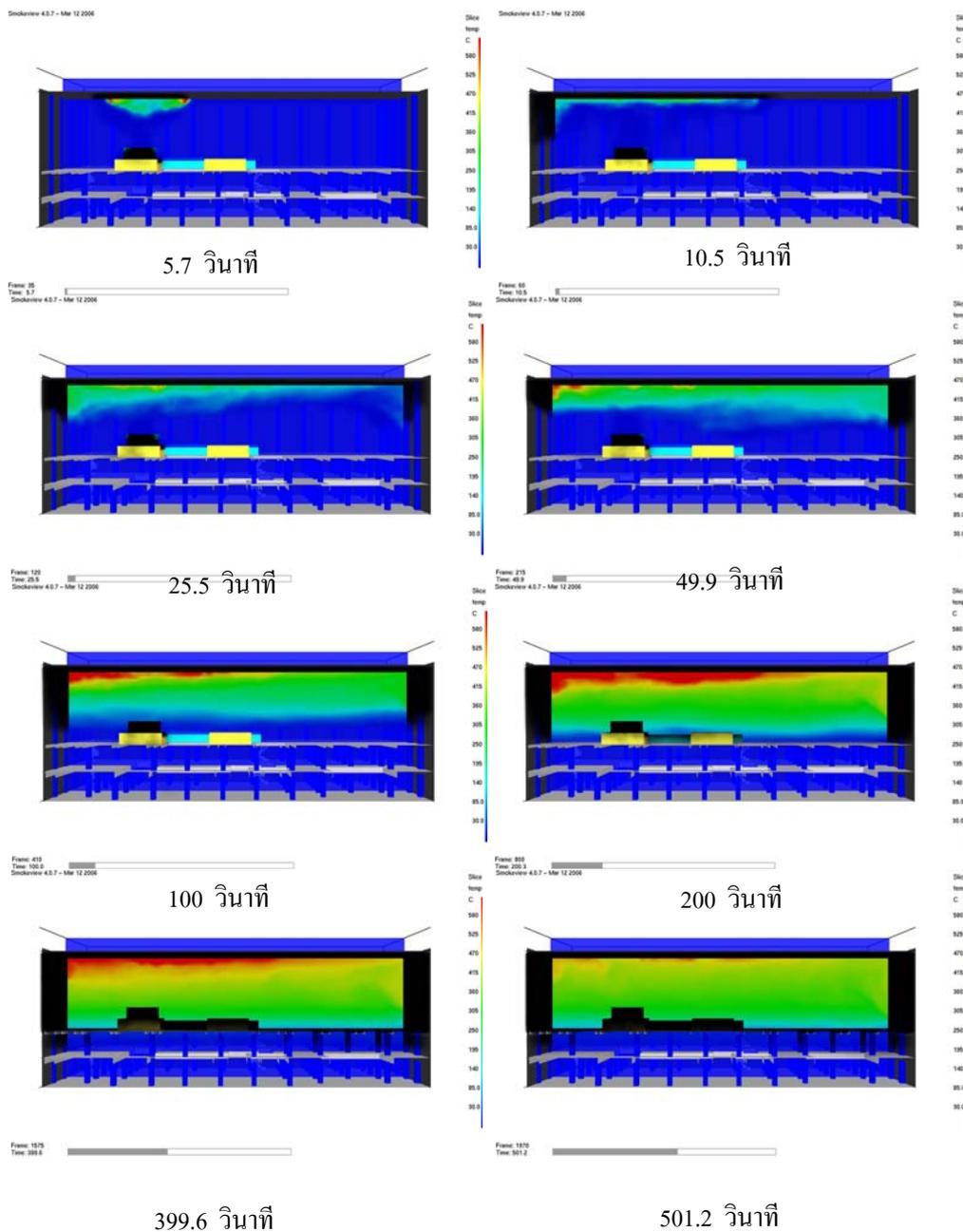
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 170.69 °C ณ วินาทีที่ 596.84

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 175.35 °C ณ วินาทีที่ 599.14

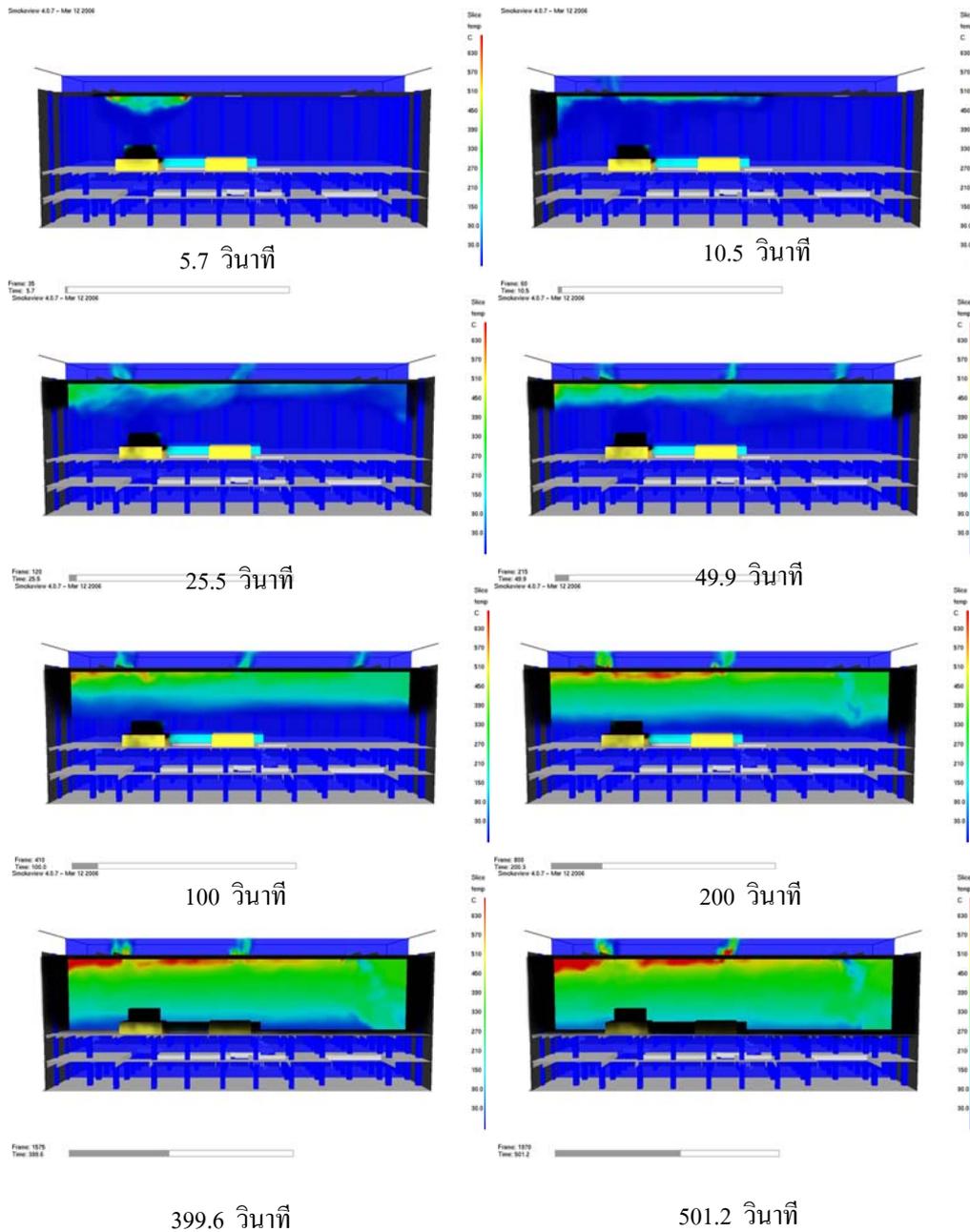


ภาพที่ 39 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =15

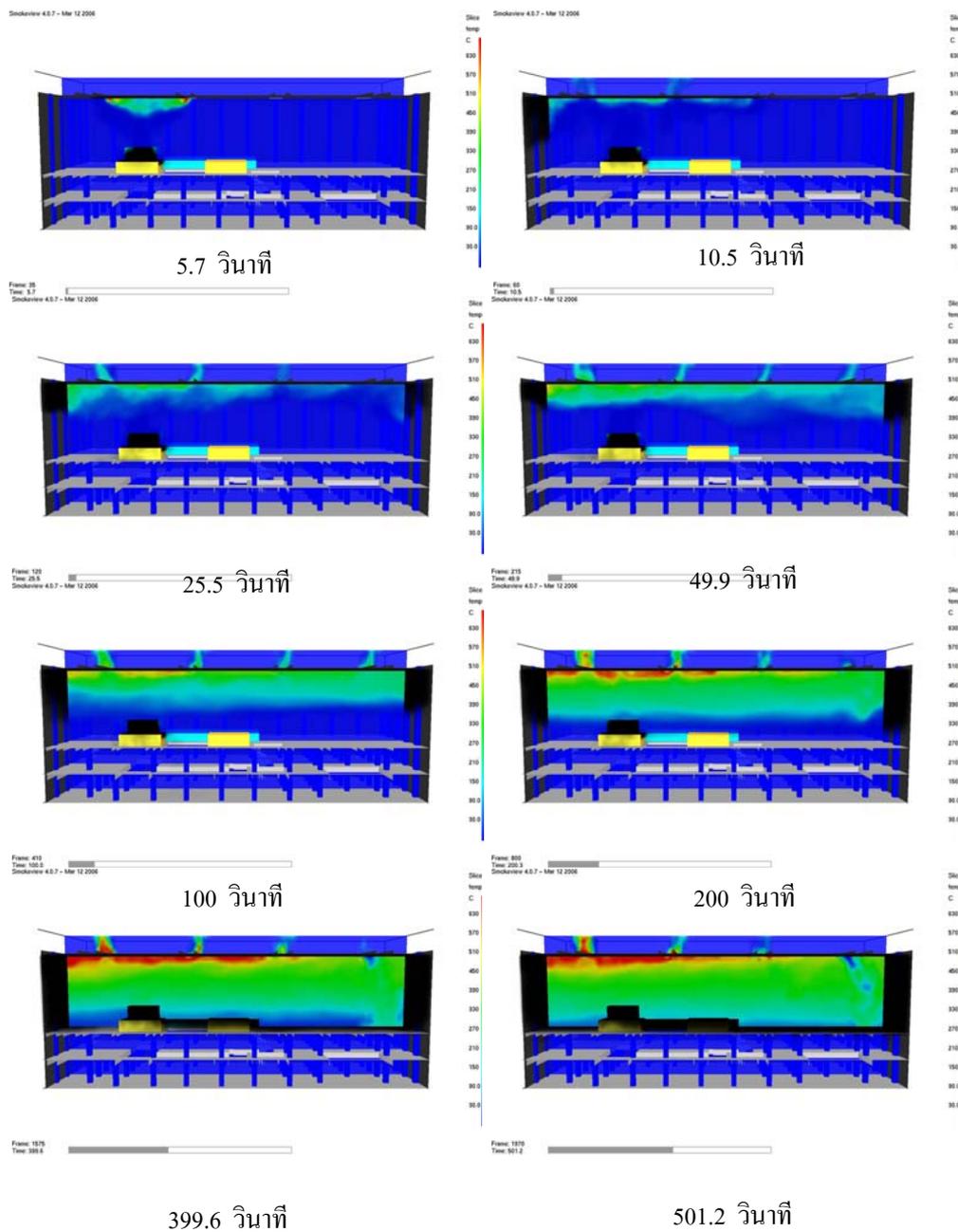
การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟ กรณี ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุม ควันไฟ อุณหภูมิของควันไฟจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 400 วินาทีแรก แต่หลังจาก นั้นอุณหภูมิของควันไฟจะมีค่าที่ลดลงเนื่องจากผลจากการจำลองพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนมีปริมาณ ไม่เพียงพอที่จะทำให้การเผาไหม้ของกองเพลิงสามารถลุกเผาไหม้ต่อเนื่องต่อไปได้ (เพลิงดับ) จึงส่งผลให้อุณหภูมิของควันไฟมีค่าลดลง



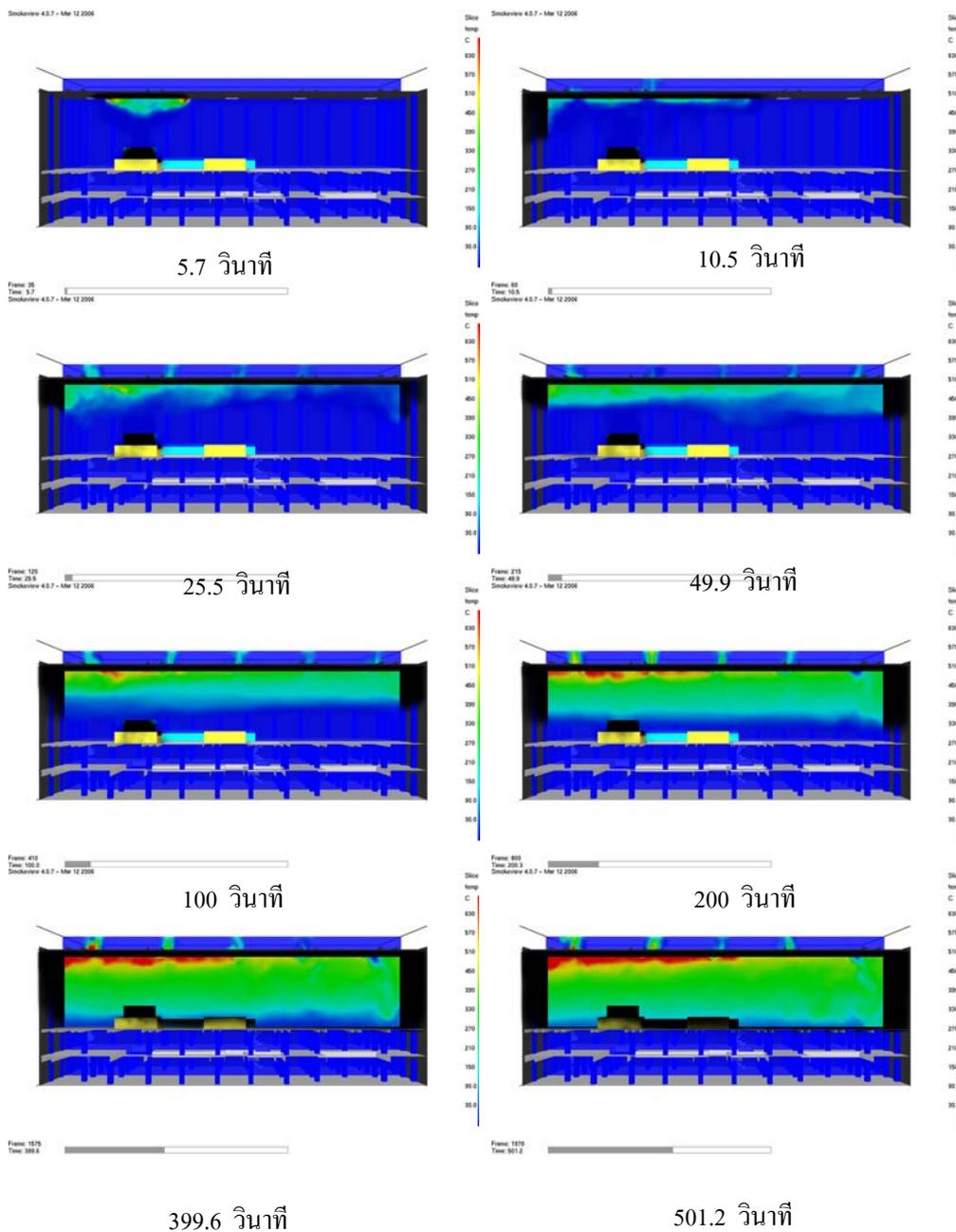
ภาพที่ 40 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ



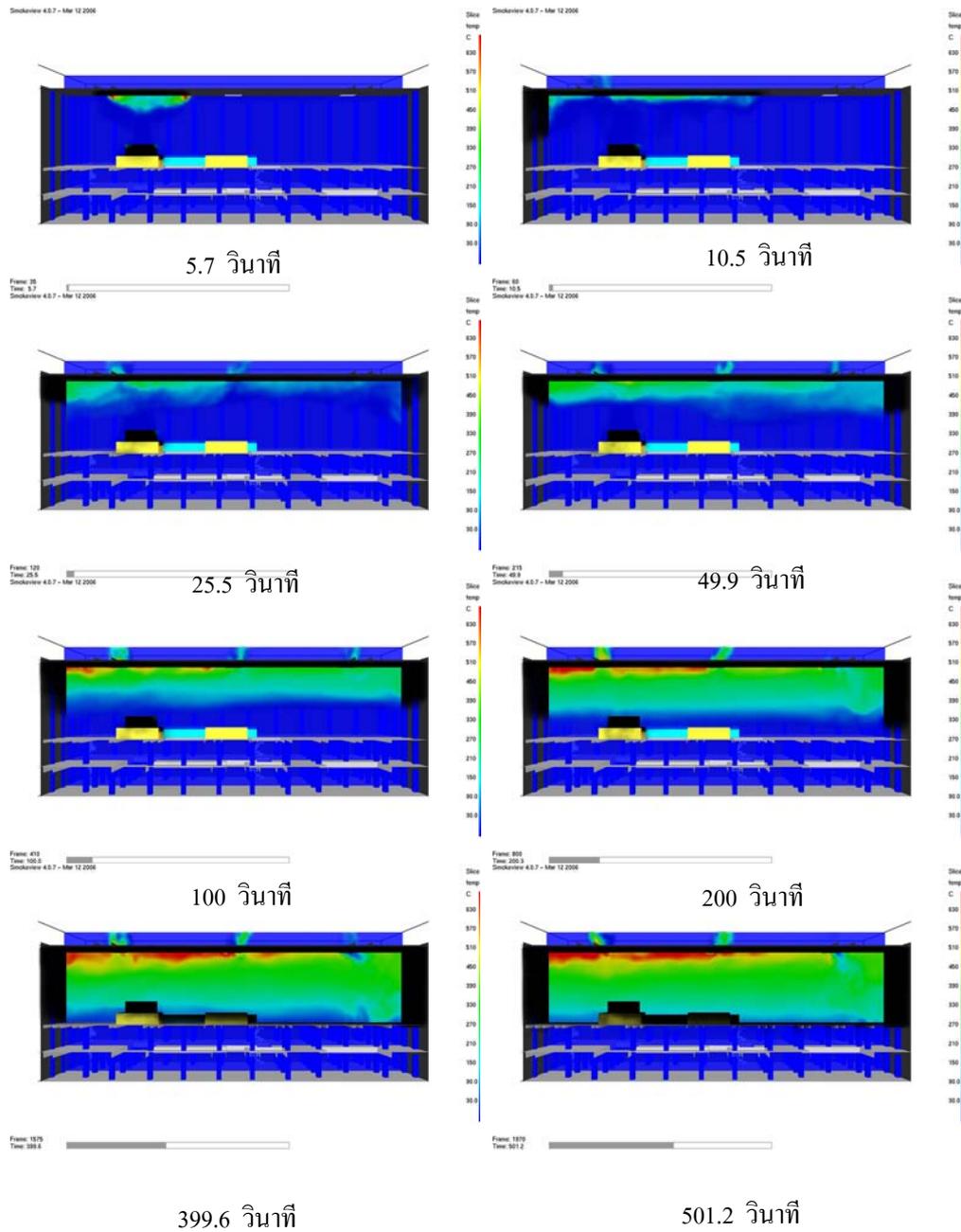
ภาพที่ 41 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1



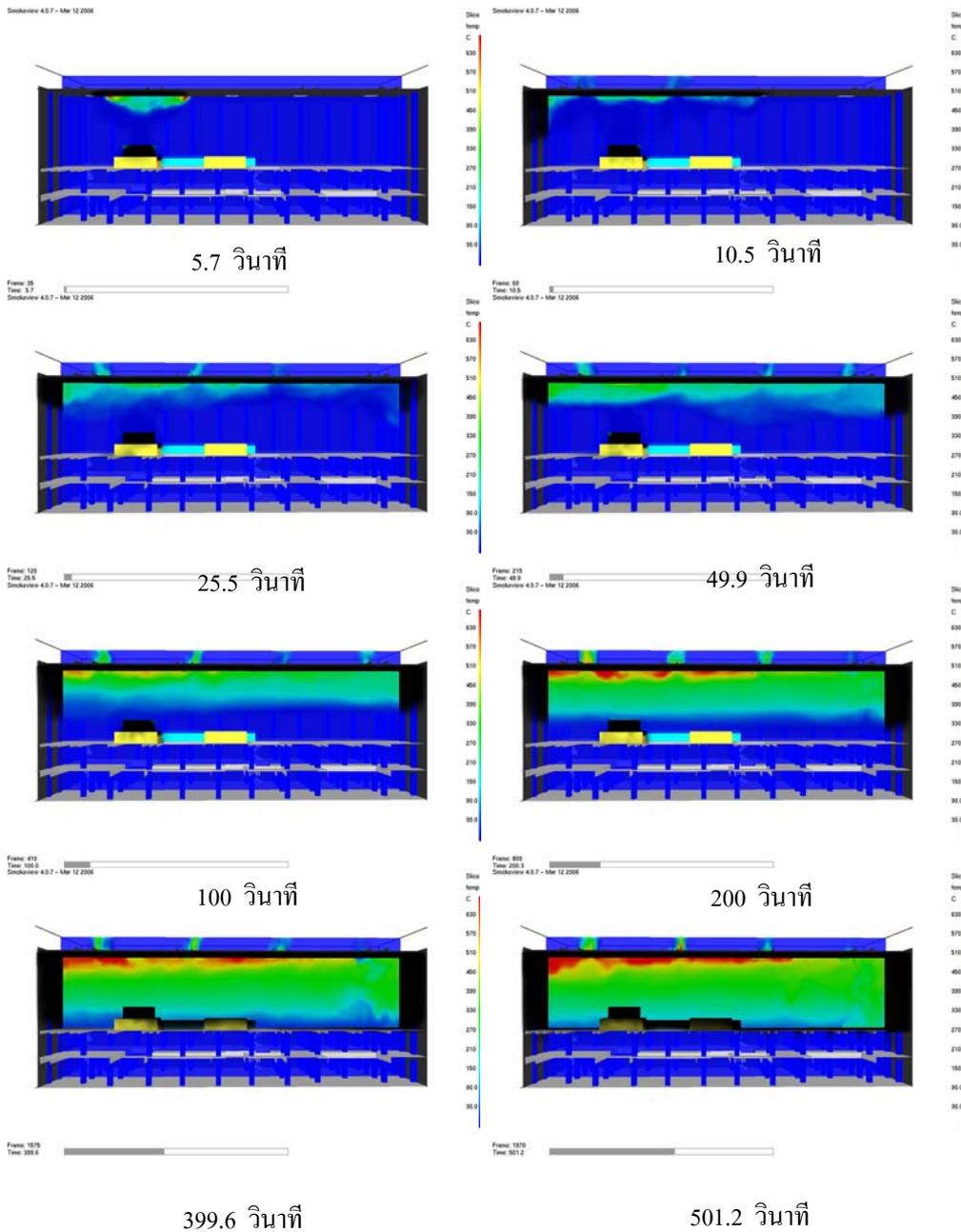
ภาพที่ 42 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2



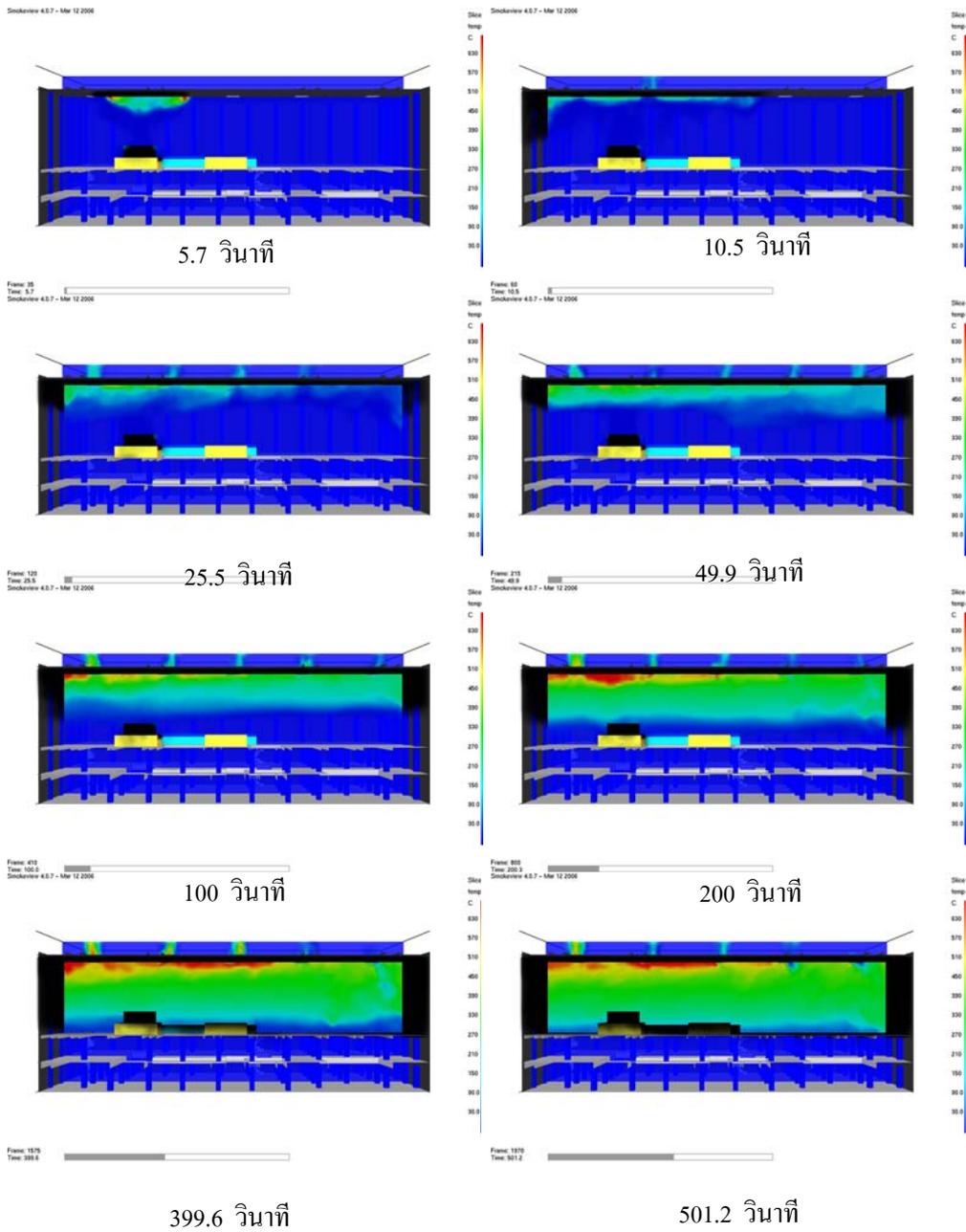
ภาพที่ 43 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด  
ระบายควันไฟ แบบที่ 3



ภาพที่ 44 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลมแบบที่ 1



ภาพที่ 45 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลมแบบที่ 2



ภาพที่ 46 การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลมแบบที่ 3

2.1.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัวที่ตำแหน่ง  $X=36.50$  และ  $Y= 8.50$

ผลจากการจำลองพบว่า เมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันไฟเข้าไปในโรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟลดลงมากที่สุด  $67.69\text{ }^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1, ส่วนในอาคารโรงไฟฟ้า บนชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟลดลงมากที่สุด  $8.24\text{ }^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1

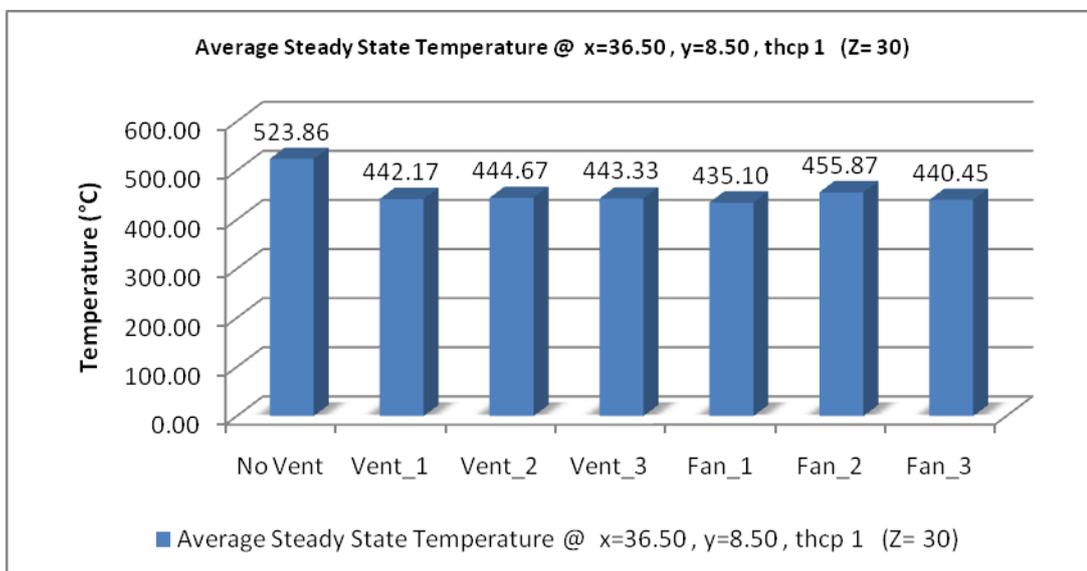
เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายควันไฟของช่องเปิดระบายควันไฟ ทั้ง 3 รูปแบบที่ติดตั้งภายในอาคารพบว่า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) เมื่อทำการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $65.85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ส่วนในอาคาร โรงไฟฟ้า บนชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) เมื่อทำการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $7.54\text{ }^{\circ}\text{C}$

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายควันไฟของ พัดลมระบายควันไฟ ทั้ง 3 รูปแบบที่ติดตั้งภายในอาคารพบว่า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $67.69\text{ }^{\circ}\text{C}$  ส่วนในอาคาร โรงไฟฟ้า บนชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟแบบที่ 1 สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $8.24\text{ }^{\circ}\text{C}$

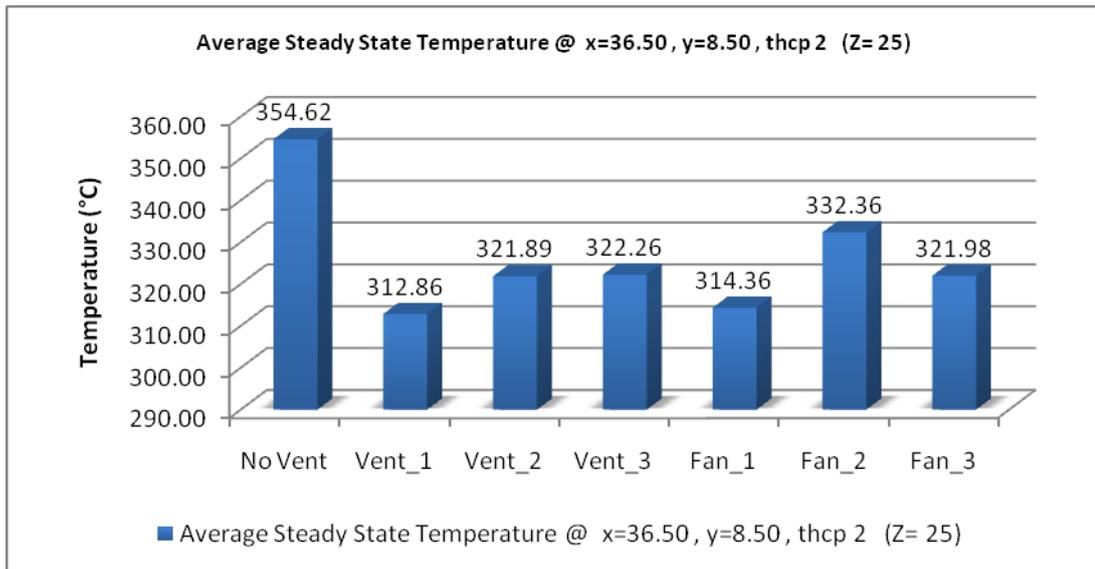
ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้งานของช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟพบว่าเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันไฟภายในโรงไฟฟ้าและทำการวัดอุณหภูมิเฉลี่ย ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y=10.50$  ตลอดแนวแกน Z พบว่าการใช้ช่องเปิดระบายควันไฟมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่ดีกว่าการใช้พัดลมระบายควันไฟ

ตารางที่ 10 อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัว

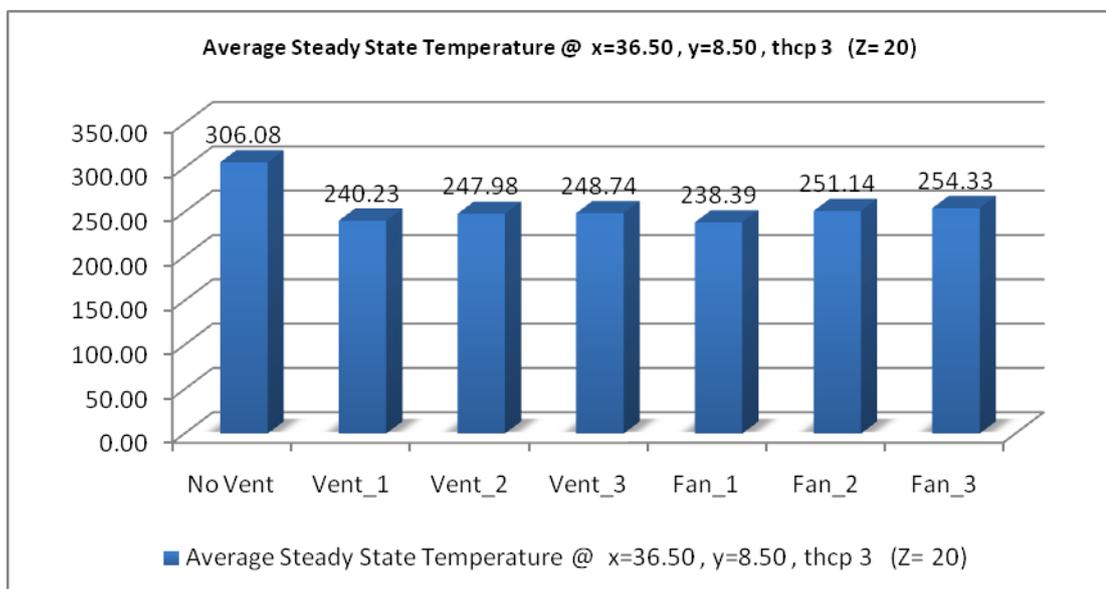
รูปแบบการระบายความร้อน	อุณหภูมิเฉลี่ยที่สถานะคงตัว @ X=36.50 และ Y=8.50 (°C)							
	thcp 1 (Z= 30)	thcp 2 (Z= 25)	thcp 3 (Z= 20)	thcp 4 (Z= 15)	thcp 5 (Z= 12.5)	thcp 6 (Z= 10)	thcp 7 (Z= 7.5)	thcp 8 (Z= 2.5)
ไม่มีการระบายความร้อน	523.86	354.62	306.08	174.22	47.32	38.89	31.78	30.22
ช่องเปิดระบายความร้อน แบบที่ 1	442.17	312.86	240.23	147.48	43.19	30.95	30.15	30.20
ช่องเปิดระบายความร้อน แบบที่ 2	444.67	321.89	247.98	146.13	45.66	31.07	30.18	30.08
ช่องเปิดระบายความร้อน แบบที่ 3	443.33	322.26	248.74	140.96	44.03	31.08	30.20	30.04
พัดลมระบายความร้อน แบบที่ 1	435.10	314.36	238.39	147.28	44.72	30.65	30.34	30.12
พัดลมระบายความร้อน แบบที่ 2	455.87	332.36	251.14	140.69	55.28	31.29	30.37	30.13
พัดลมระบายความร้อน แบบที่ 3	440.45	321.98	254.33	139.46	44.05	30.74	30.35	30.14



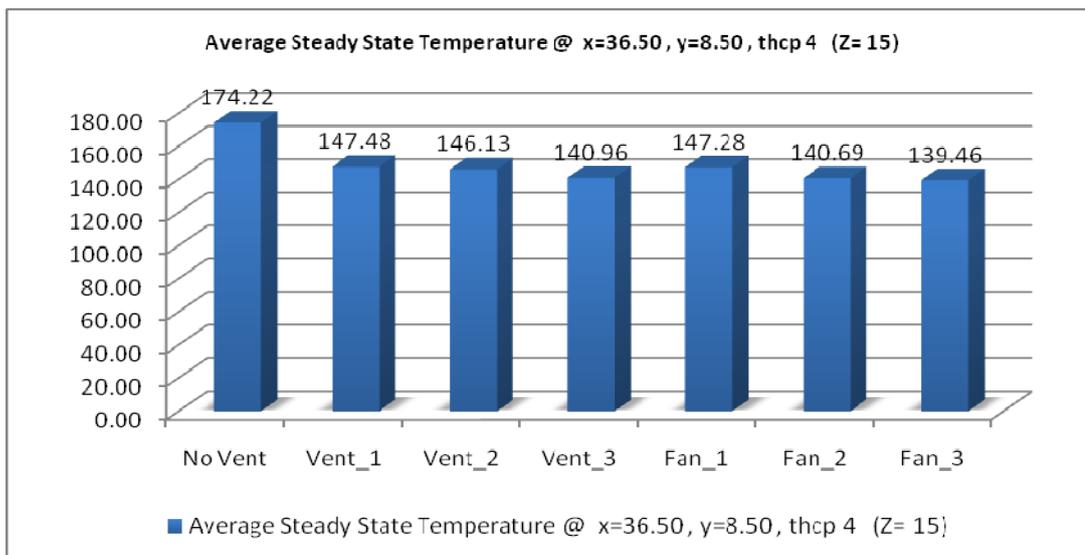
ภาพที่ 47 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายความร้อน ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z =30



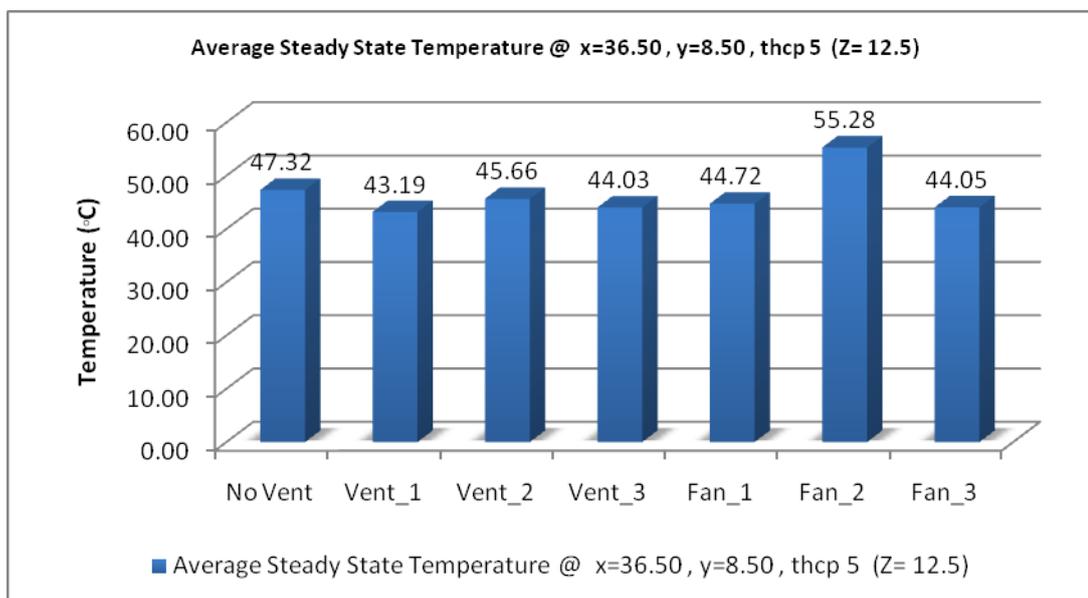
ภาพที่ 48 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X=36.50, Y=8.50, Z=25$



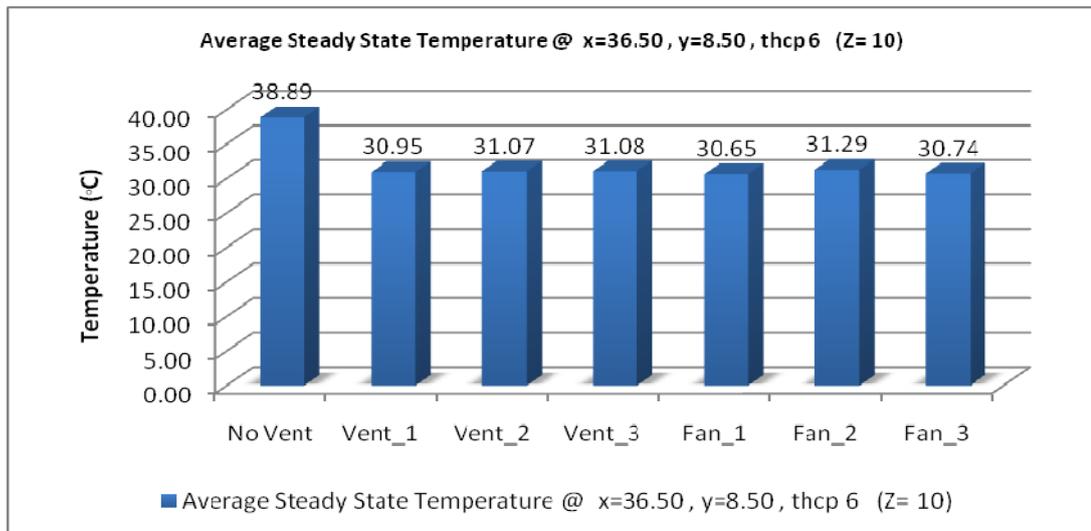
ภาพที่ 49 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X=36.50, Y=8.50, Z=20$



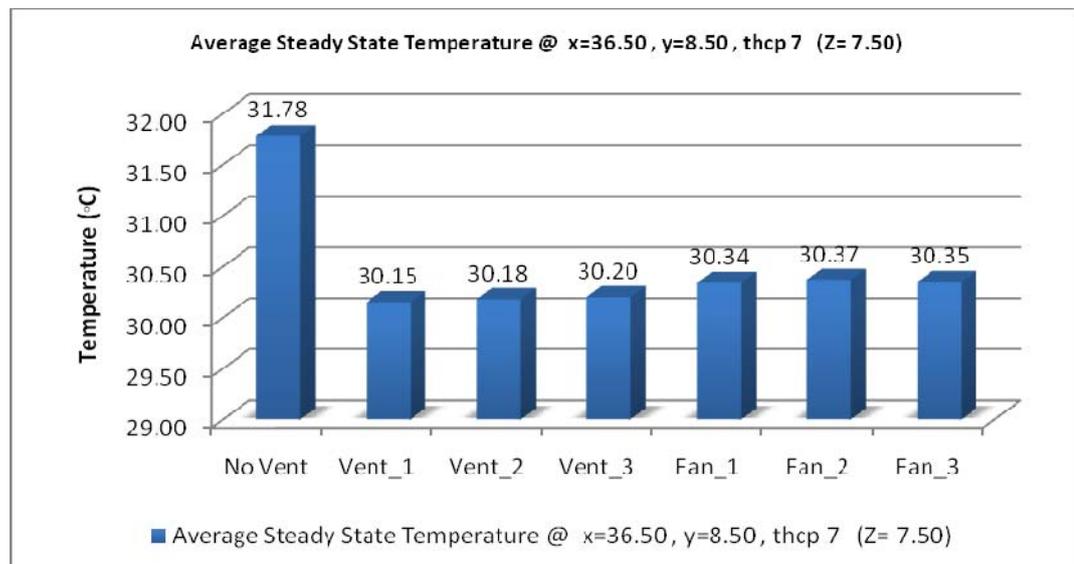
ภาพที่ 50 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y=8.50, Z=15$



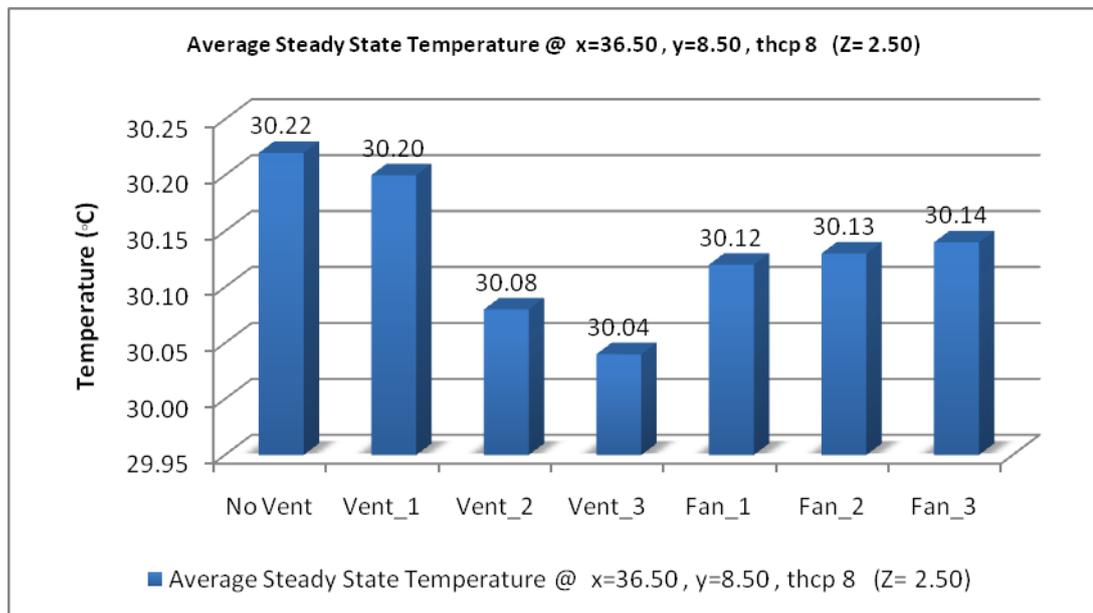
ภาพที่ 51 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y=8.50, Z=12.5$



ภาพที่ 52 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X=36.50, Y=8.50, Z=10$



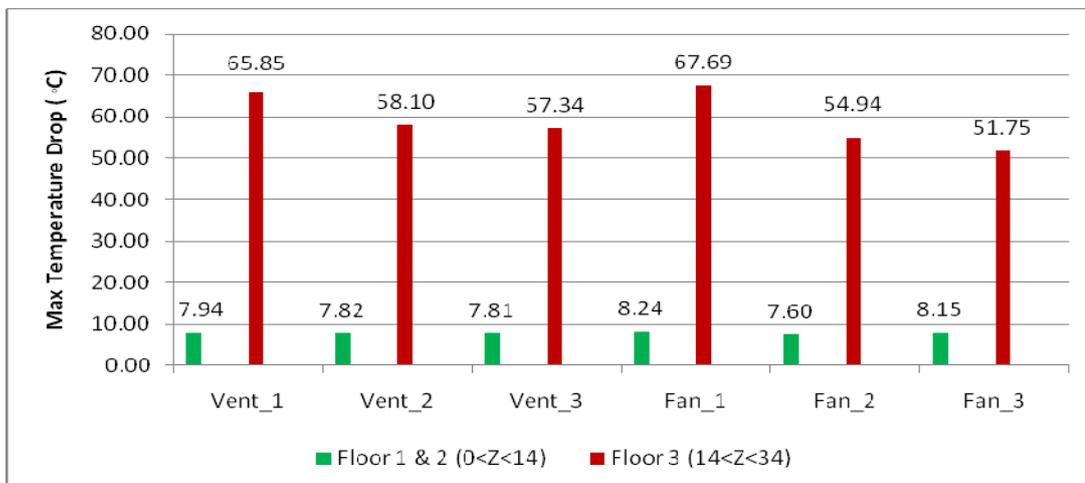
ภาพที่ 53 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X=36.50, Y=8.50, Z=7.50$



ภาพที่ 54 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50, Z=32.5

ตารางที่ 11 อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50

รูปแบบการระบายควัน	อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควัน (°C)	
	ชั้นที่ 1 และ 2 (0<Z<14)	ชั้นที่ 3 (14<Z<34)
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	7.94	65.85
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	7.82	58.10
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	7.81	57.34
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	8.24	67.69
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	7.60	54.94
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	8.15	51.75



ภาพที่ 55 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$

2.1.3 อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสภาวะคงตัวที่ ตำแหน่ง  $X = 10.50$  และ  $Y = 8.50$

ผลจากการจำลองพบว่า เมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันไฟเข้าไปในโรงไฟฟ้า อุณหภูมิเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟลดลงมากที่สุด  $70.42^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควัน แบบที่ 1, ส่วนในอาคารโรงไฟฟ้า บนชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟลดลงมากที่สุด  $10.49^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1

ประสิทธิภาพในการการระบายควันไฟโดยใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ พบว่า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $69.28^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1, ส่วนในอาคารโรงไฟฟ้าบนชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $10.49^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1

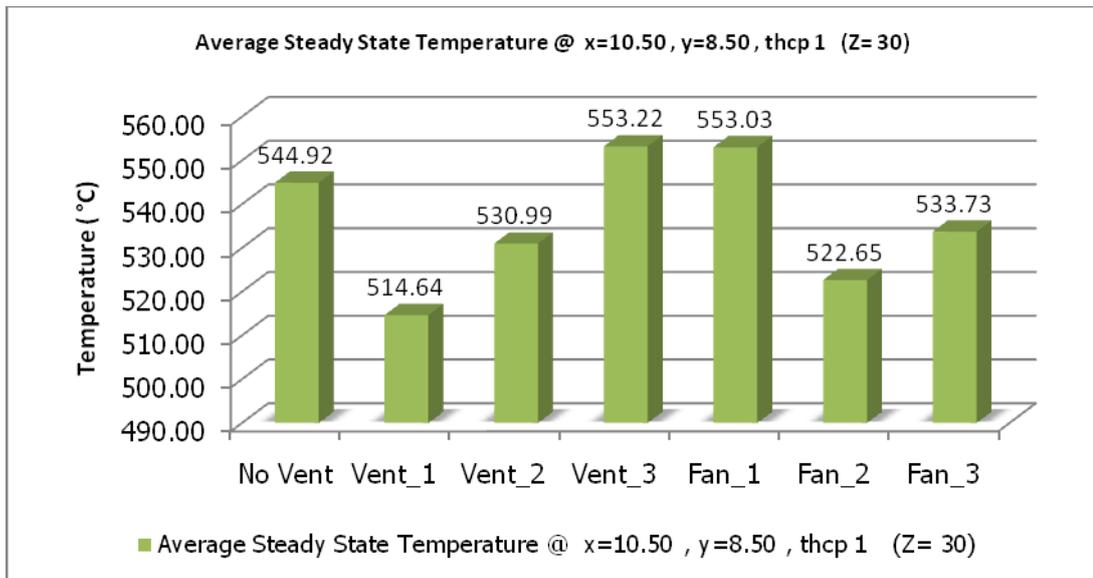
ประสิทธิภาพในการระบายควันไฟโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ พบว่า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $70.42^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1, ส่วนในอาคารโรงไฟฟ้าบน

ชั้นที่ 1 และ 2 ( $0 < Z < 14$ ) สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟได้มากที่สุด  $8.97^{\circ}\text{C}$  เมื่อทำการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3

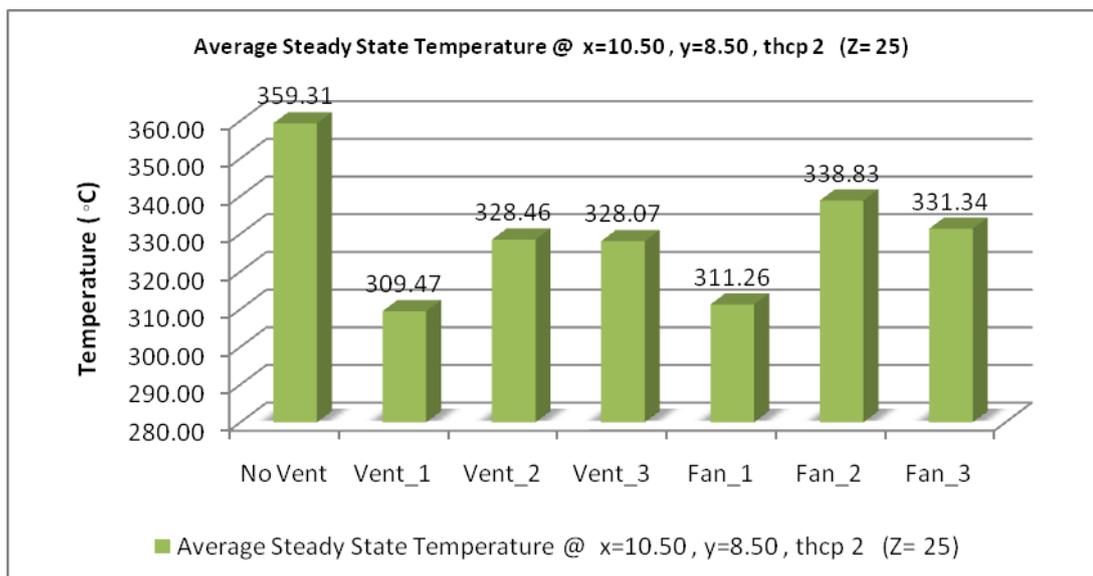
ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้งานของช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟพบว่าเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันไฟภายในโรงไฟฟ้าและทำการวัดอุณหภูมิเฉลี่ย ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y = 10.50$  ตลอดแนวแกน  $Z$  พบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟและการใช้พัดลมระบายควันไฟมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

**ตารางที่ 12** อุณหภูมิเฉลี่ยของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาสภาวะคงตัว

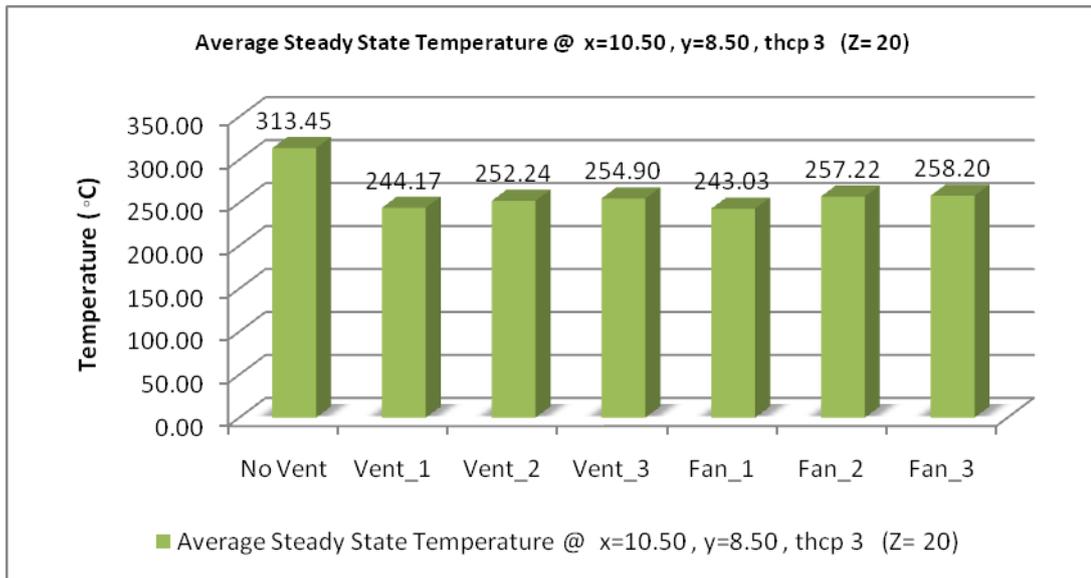
รูปแบบการระบายควัน	อุณหภูมิเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว @ $X=10.50$ และ $Y=8.50$ ( $^{\circ}\text{C}$ )							
	thcp 1 ( $Z=30$ )	thcp 2 ( $Z=25$ )	thcp 3 ( $Z=20$ )	thcp 4 ( $Z=15$ )	thcp 5 ( $Z=12.5$ )	thcp 6 ( $Z=10$ )	thcp 7 ( $Z=7.5$ )	thcp 8 ( $Z=2.5$ )
ไม่มีการระบายควัน	544.92	359.31	313.45	180.15	45.90	39.05	32.50	30.03
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	514.64	309.47	244.17	143.27	35.41	30.95	30.33	30.00
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	530.99	328.46	252.24	138.97	38.16	31.07	30.50	30.01
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	553.22	328.07	254.90	135.57	35.96	31.08	30.45	30.01
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	553.03	311.26	243.03	144.03	37.01	30.65	30.51	29.97
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	522.65	338.83	257.22	137.98	40.40	31.29	30.54	30.00
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	533.73	331.34	258.20	136.27	36.93	30.74	30.46	29.99



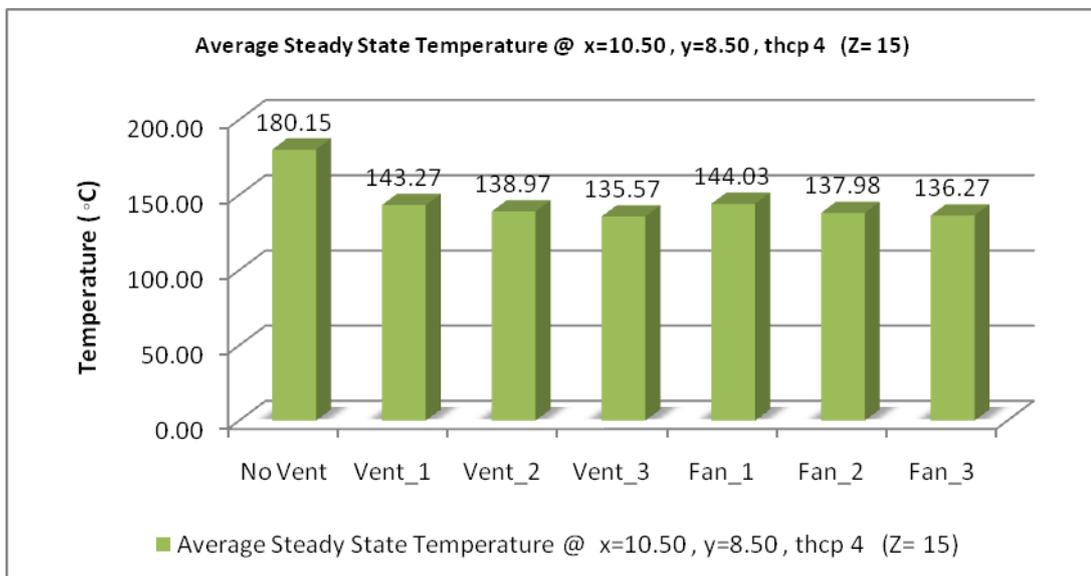
ภาพที่ 56 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50, Y=8.50, Z=30$



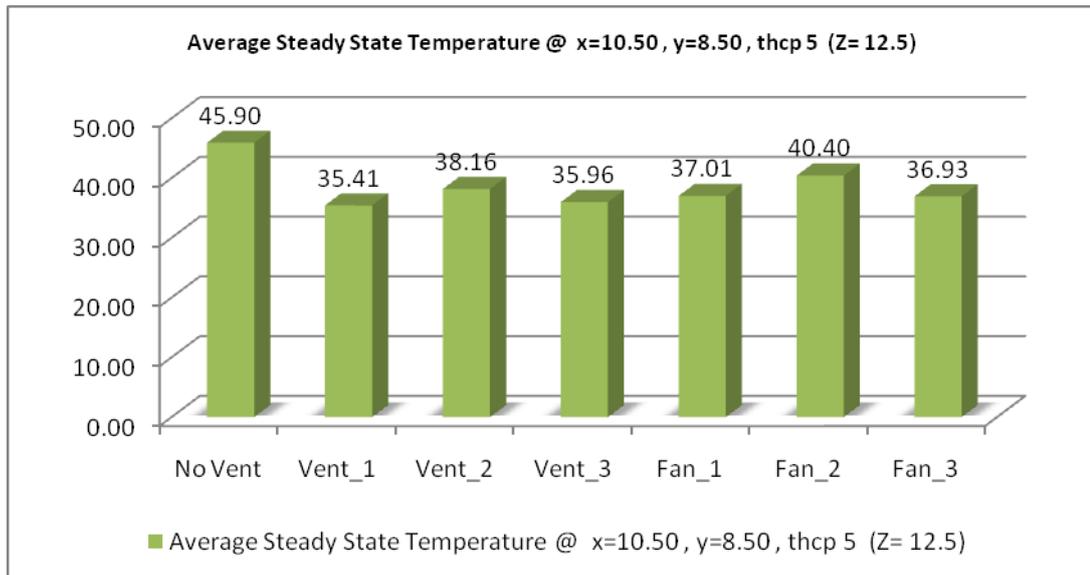
ภาพที่ 57 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50, Y=8.50, Z=25$



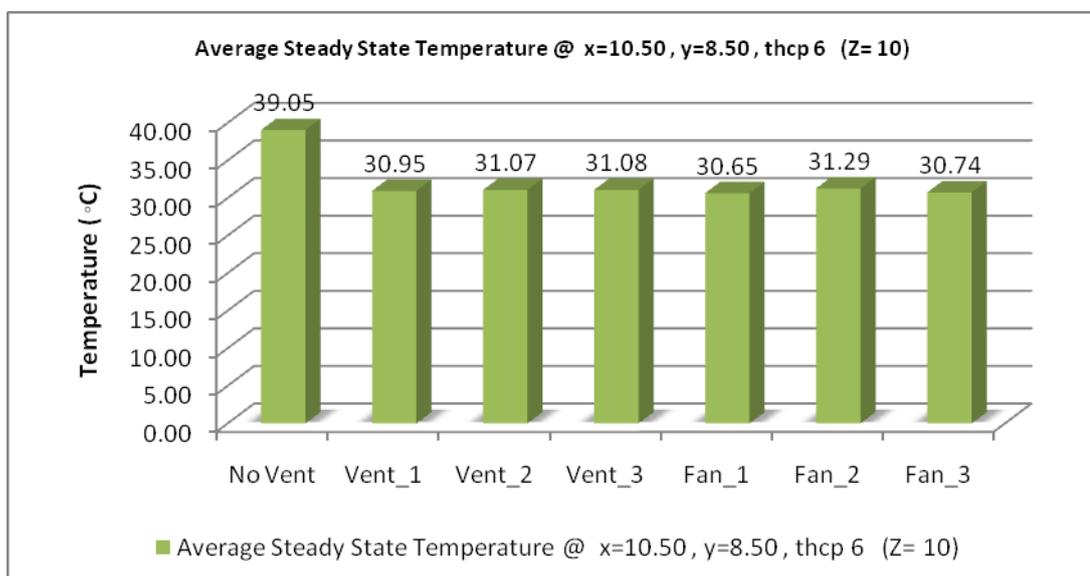
ภาพที่ 58 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z =20



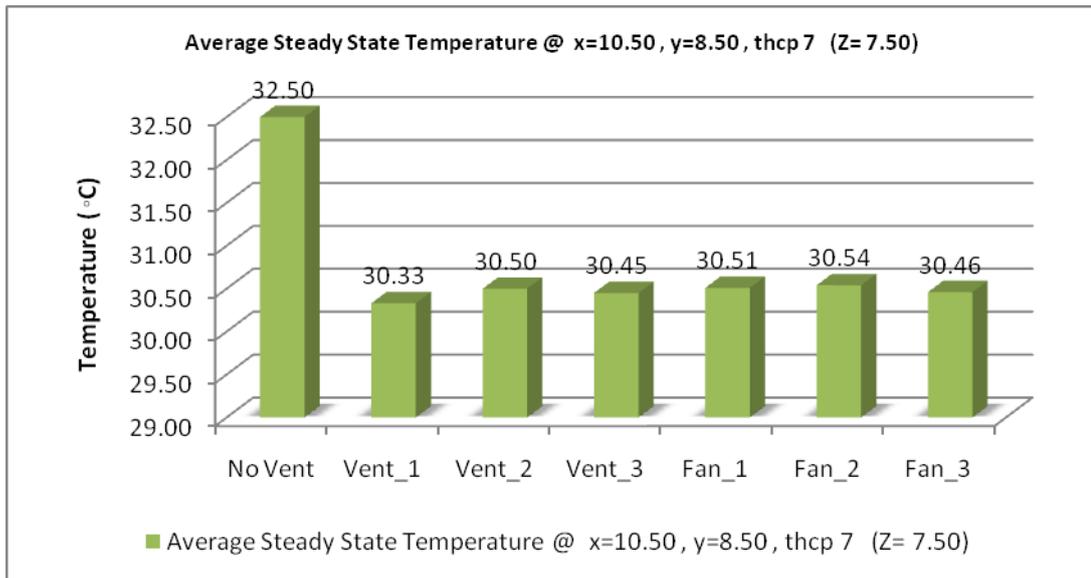
ภาพที่ 59 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z =15



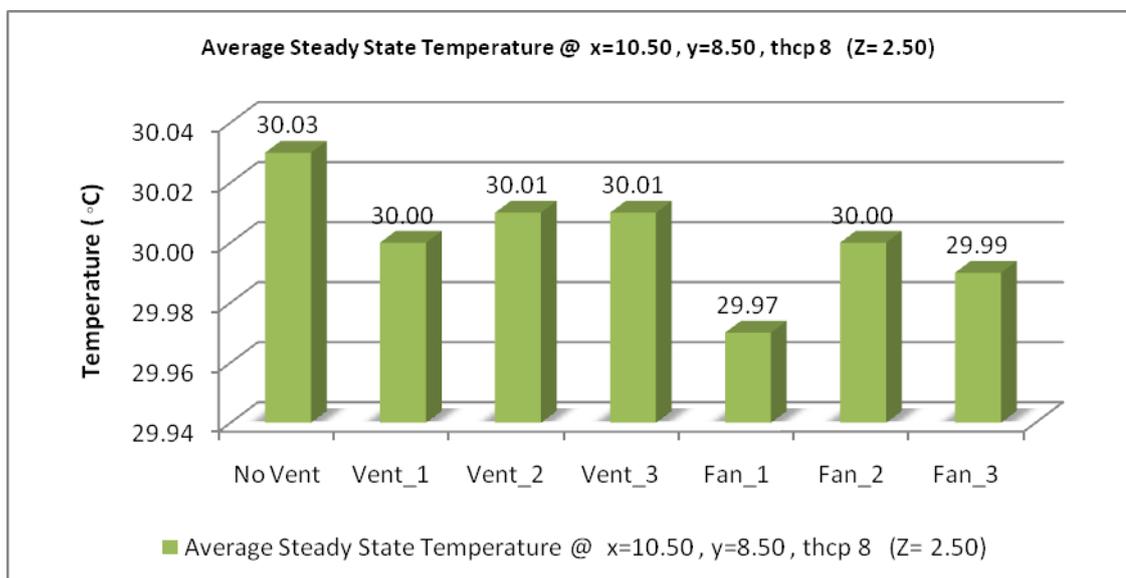
ภาพที่ 60 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z =12.5



ภาพที่ 61 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50, Z =10



ภาพที่ 62 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y=8.50$ ,  $Z=7.5$

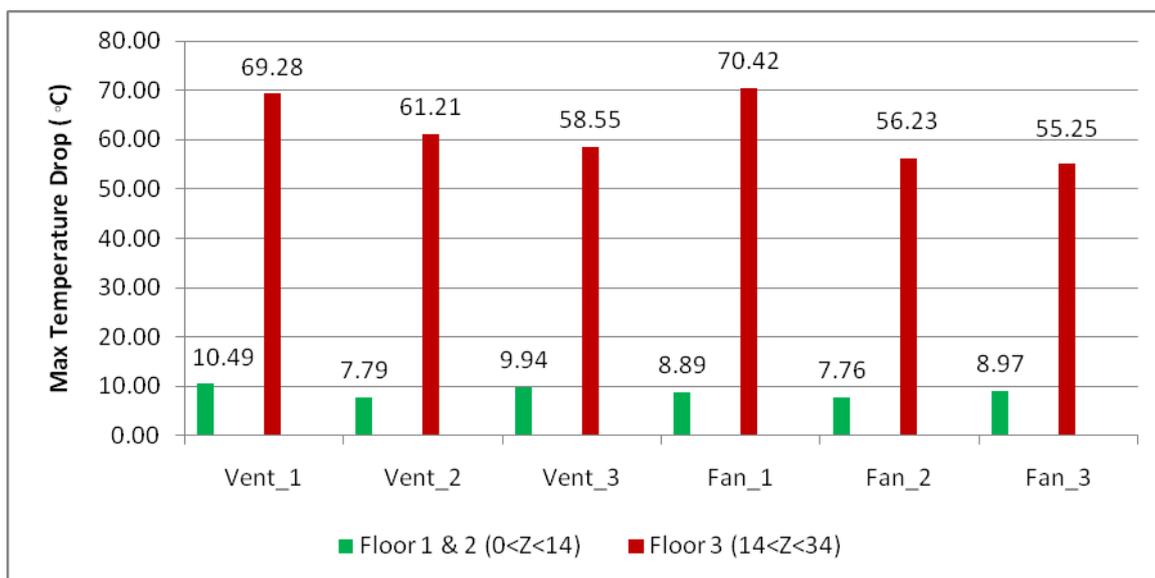


ภาพที่ 63 อุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบระบบระบายควัน ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y=8.50$ ,  $Z=2.5$

ตารางที่ 13 อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ ตำแหน่ง

X = 36.50, Y=8.50

รูปแบบการระบายควัน	อุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควัน ( °C)	
	ชั้นที่ 1 และ 2 (0<Z<14)	ชั้นที่ 3 (14<Z<34)
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	10.49	69.28
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	7.79	61.21
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	9.94	58.55
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	8.89	70.42
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	7.76	56.23
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	8.97	55.25



ภาพที่ 64 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ลดลงสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันแบบต่างๆ ณ

ตำแหน่ง X = 10.50, Y=8.50

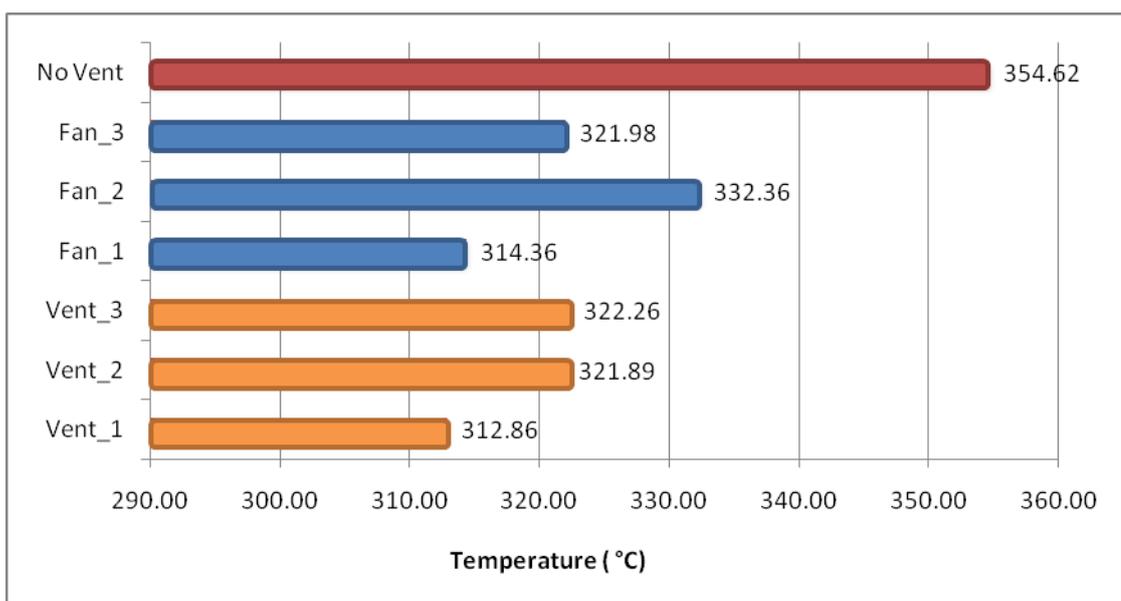
2.1.4 ผลกระทบของการติดตั้งรูปแบบการกระจายควันต่ออุณหภูมิเฉลี่ย ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัวที่ตำแหน่ง X=36.50 และ Y=8.50

ผลจากการจำลองพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบวิธีการระบายควันไฟ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ดังนี้

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร (Z = 25)

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 41.76 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 11.78% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันพบว่า การใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 40.26 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 11.35 % เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ

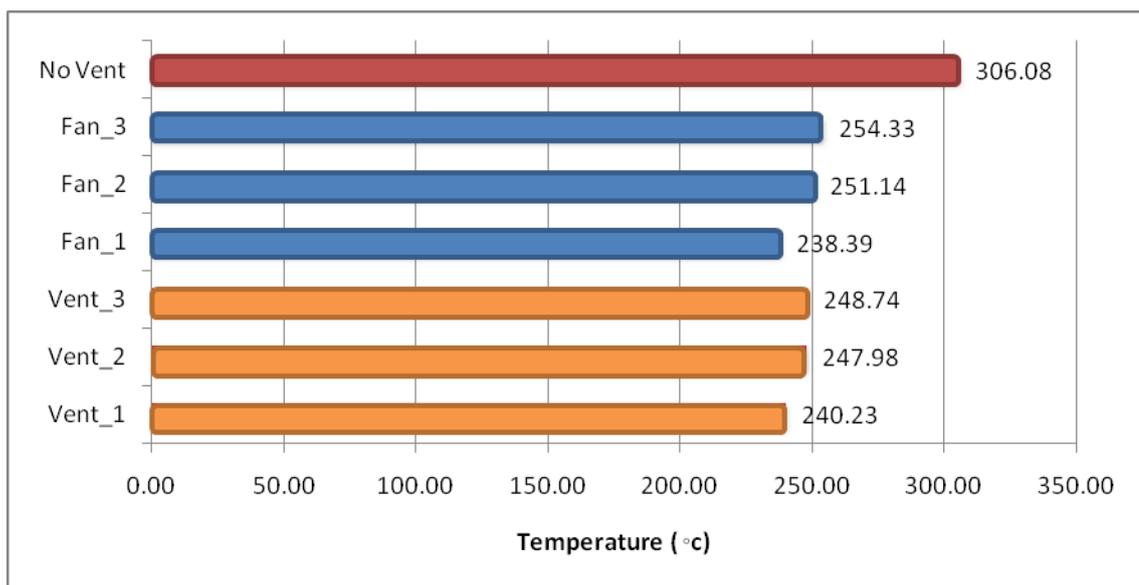


ภาพที่ 65 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร (Z = 25)

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร (Z = 20)

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 65.85 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 21.51% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันพบว่า การใช้พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 67.69 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 22.12% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ



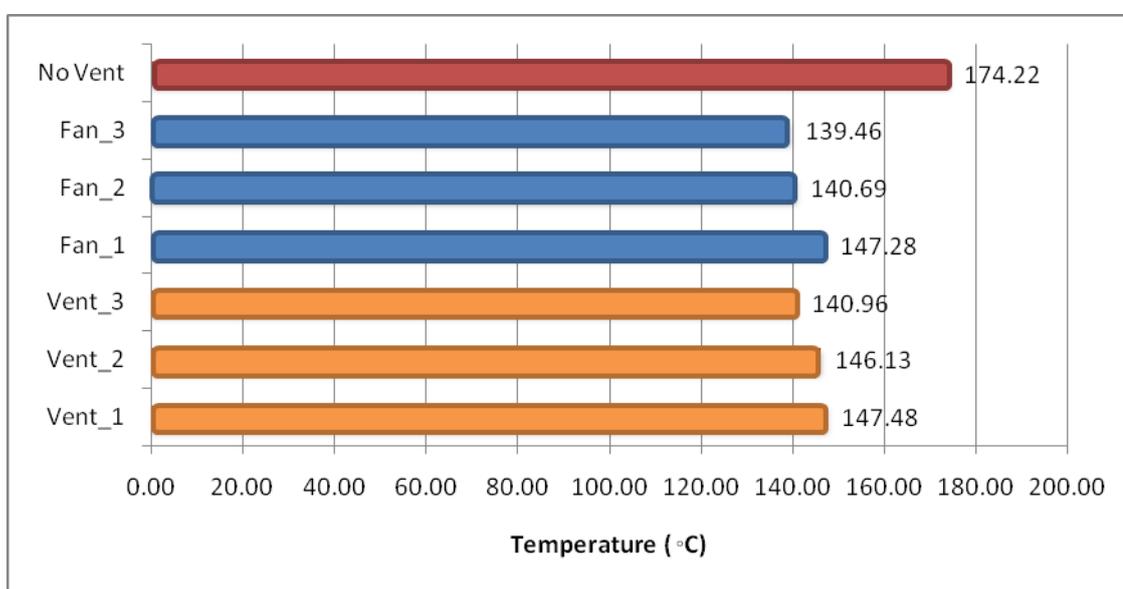
ภาพที่ 66 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร (Z = 20)

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร (Z = 15)

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 3 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 33.26 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ

19.09 % เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย  
ควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันพบว่า การใช้พัดลมระบายควัน ไฟแบบที่ 3  
มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 34.76 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ  
19.95 % เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย  
ควันไฟ



ภาพที่ 67 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร (Z = 15)

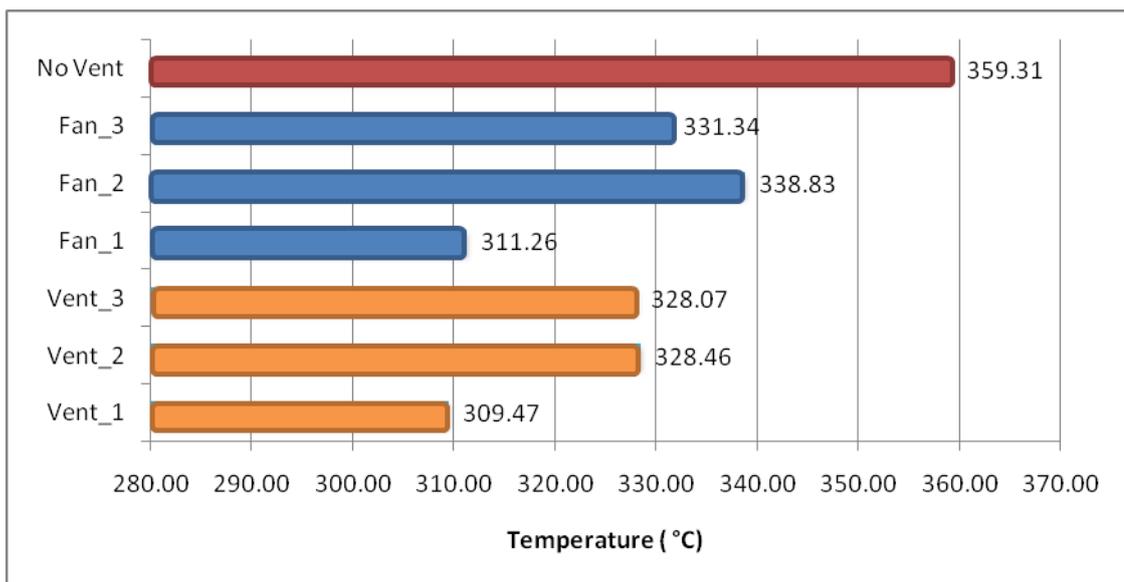
2.1.5 ผลกระทบของการติดตั้งรูปแบบการกระจายควันต่ออุณหภูมิเฉลี่ย ณ ช่วงเวลาสถานะคงตัวที่ตำแหน่ง  $X=10.50$  และ  $Y=8.50$

ผลจากการจำลองพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบวิธีการระบายควันไฟ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ดังนี้

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร ( $Z = 25$ )

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ  $49.84\text{ }^{\circ}\text{C}$  หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ  $13.87\%$  เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟพบว่า การใช้พัดลมระบายควันแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ  $48.05\text{ }^{\circ}\text{C}$  หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ  $13.37\%$  เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบาย ควันไฟ

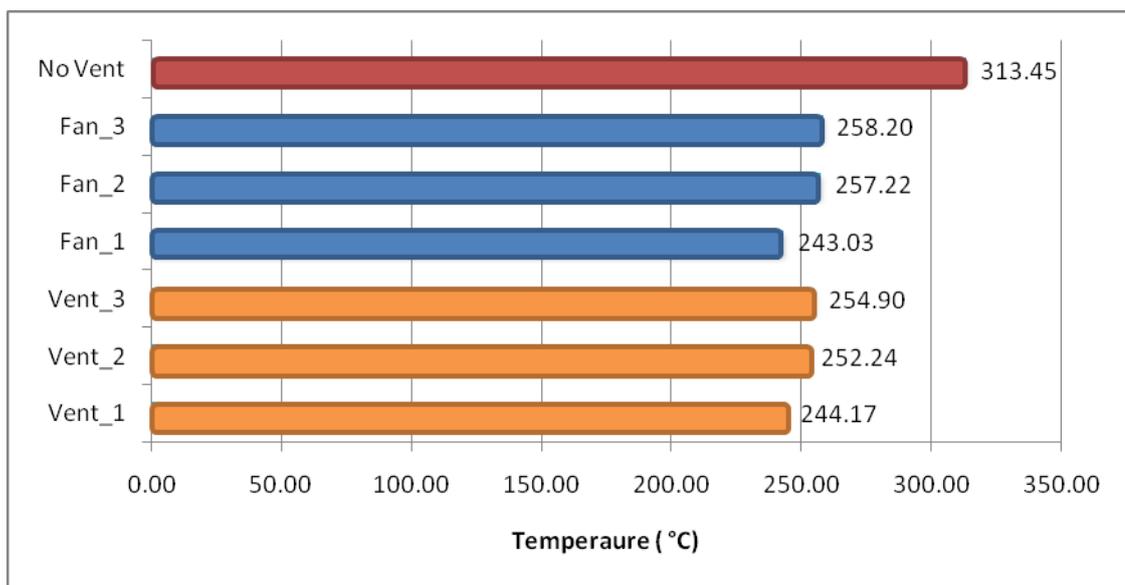


ภาพที่ 68 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 11 เมตร ( $Z = 25$ )

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร (Z = 20)

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 69.28 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 22.10 % เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟพบว่า การใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ 70.42 °C หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 22.47 % เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ

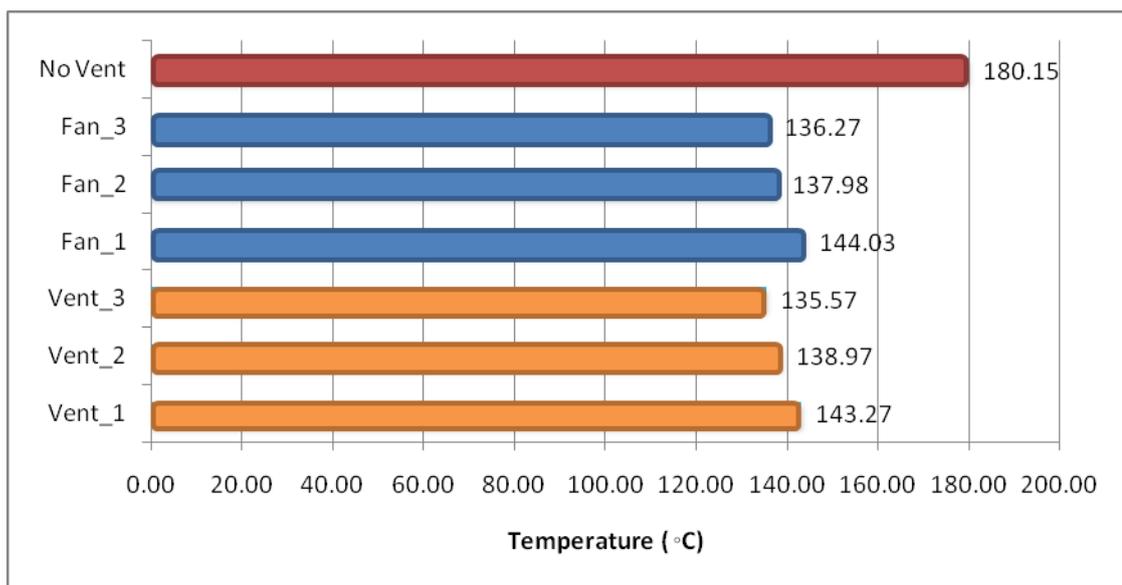


ภาพที่ 69 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 6 เมตร (Z = 20)

ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร ( $Z = 15$ )

- กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟพบว่า การใช้ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ  $44.58\text{ }^{\circ}\text{C}$  หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ  $24.75\%$  เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ

- กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟพบว่า การใช้พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 1 มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟมีค่าลดลงมากที่สุด เท่ากับ  $43.88\text{ }^{\circ}\text{C}$  หรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับ  $24.36\%$  เมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของอาคาร โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ



ภาพที่ 70 อุณหภูมิเฉลี่ยของควันไฟ ณ ตำแหน่งเหนือพื้นทางเดินชั้นที่สาม 1 เมตร ( $Z = 15$ )

3. ผลของพฤติกรรมกระจายตัวของควันไฟจากแบบจำลองพลศาสตร์อค์คิภัยเมื่อทำการปรับปรุงระบบระบายควันไฟ

### 3.1 ความสูงของควันไฟ

จากการจำลองพบว่า ควันจากกองเพลิงจะลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้งจนกระทบกับเพดานจนทำให้ควันเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในแนวระดับ และควันไฟจะทำการสะสมปริมาณควันไฟโดยจะค่อยๆ สะสมกระจายลงมาในแนวตั้งจนกระทั่งท่วมพื้นที่ของอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3

3.1.1 การกระจายตัวของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y=8.5$

ภายในระยะเวลา 100 วินาทีแรกหลังจากเกิดเพลิงไหม้ จะพบว่าใน ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y=8.50$

- โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 3.83 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 ควันไฟจะมีความสูง 6.71 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 ควันไฟจะมีความสูง 6.82 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 ควันไฟจะมีความสูง 6.42 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 ควันไฟจะมีความสูง 6.10 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัฒนาระบายควันไฟ แบบที่ 2 ควันไฟจะมีความสูง 6.70 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

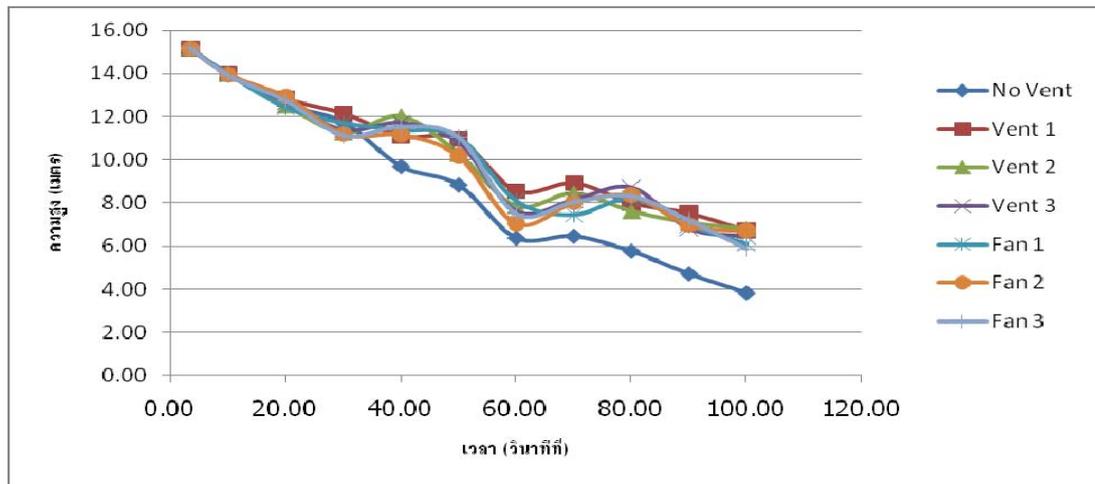
- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัฒนาระบายควันไฟ แบบที่ 3 ควันไฟจะมีความสูง 5.87 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

ตารางที่ 14 ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$

รูปแบบการระบายควัน	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ @ $x=36.50$ และ $y=8.50$ ( เมตร)				
	t = 10 วินาที	t = 20 วินาที	t = 30 วินาที	t = 40 วินาที	t = 50 วินาที
ไม่มีการระบายควัน	13.99	12.57	11.75	9.71	8.84
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 1	14.00	12.83	12.15	11.11	10.97
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 2	13.99	12.52	11.27	12.03	10.28
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 3	13.98	12.66	11.38	11.72	10.80
พัฒนาระบายควันแบบที่ 1	13.98	12.44	11.72	11.39	11.07
พัฒนาระบายควันแบบที่ 2	13.95	12.94	11.20	11.18	10.18
พัฒนาระบายควันแบบที่ 3	13.92	12.74	11.14	11.55	11.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รูปแบบ การระบายควัน	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ @ $x=36.50$ และ $y=8.50$ ( เมตร)				
	t = 60 วินาที	t = 70 วินาที	t = 80 วินาที	t = 90 วินาที	t = 100 วินาที
ไม่มีการระบายควัน	6.38	6.47	5.77	4.72	3.83
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	8.55	8.92	7.99	7.51	6.71
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	7.86	8.47	7.63	7.10	6.82
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	7.60	8.13	8.72	6.80	6.42
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	8.10	7.45	8.21	6.97	6.10
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	7.06	8.02	8.36	6.99	6.70
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	7.50	8.05	8.32	7.20	5.87



ภาพที่ 71 การกระจายความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y=8.50$  ของแต่ละรูปแบบการกระจายควัน

3.1.2 การกระจายตัวของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y=8.50$

ภายในระยะเวลา 100 วินาทีแรกหลังจากเกิดเพลิงไหม้ จะพบว่าใน ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y=8.50$

- โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 4.44 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 ควันไฟจะมีความสูง 7.20 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 ควันไฟจะมีความสูง 7.16 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 ควันไฟจะมีความสูง 6.83 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัฒนาระบายควันไฟ แบบที่ 1 ควันไฟจะมีความสูง 6.66 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัฒนาระบายควันไฟ แบบที่ 2 ควันไฟจะมีความสูง 7.29 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

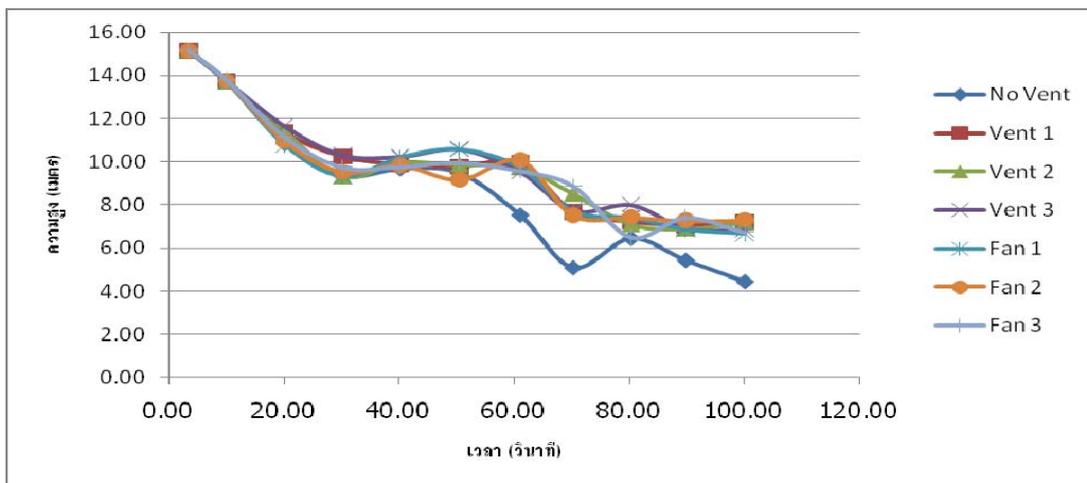
- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัฒนาระบายควันไฟ แบบที่ 3 ควันไฟจะมีความสูง 6.74 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

**ตารางที่ 15** ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50, Y = 8.50$

รูปแบบการระบายควัน	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ @ $x=10.50$ และ $y=8.50$ ( เมตร)				
	t = 10 วินาที	t = 20 วินาที	t = 30 วินาที	t = 40 วินาที	t = 50 วินาที
ไม่มีการระบายควัน	13.74	10.35	9.34	9.68	9.49
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 1	13.75	11.39	10.26	9.90	9.79
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 2	13.74	11.41	9.62	9.98	9.86
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 3	13.74	11.65	10.32	10.25	10.59
พัฒนาระบายควันแบบที่ 1	13.71	10.80	9.33	10.21	10.58
พัฒนาระบายควันแบบที่ 2	13.76	10.95	9.54	9.85	9.17
พัฒนาระบายควันแบบที่ 3	13.79	11.16	9.75	9.78	9.97

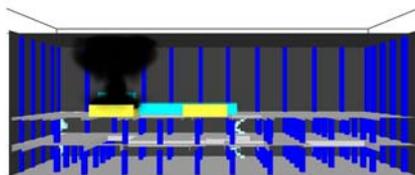
ตารางที่ 15 ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้นที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50, Y = 8.50$  (ต่อ)

รูปแบบการระบายควัน	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ @ $x=10.50$ และ $y=8.50$ ( เมตร )				
	t = 60 วินาที	t = 70 วินาที	t = 80 วินาที	t = 90 วินาที	t = 100 วินาที
ไม่มีการระบายควัน	7.53	5.09	6.45	5.44	4.44
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 1	9.95	7.69	7.23	7.06	7.20
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 2	9.73	8.51	7.08	6.88	7.16
ช่องเปิดระบายควันแบบที่ 3	9.56	7.74	8.02	6.94	6.83
พัดลมระบายควันแบบที่ 1	9.74	7.69	7.40	6.86	6.66
พัดลมระบายควันแบบที่ 2	10.09	7.52	7.44	7.26	7.29
พัดลมระบายควันแบบที่ 3	9.58	8.88	6.51	7.42	6.74



ภาพที่ 72 การกระจายความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y = 8.50$  ของแต่ละรูปแบบการกระจายควัน

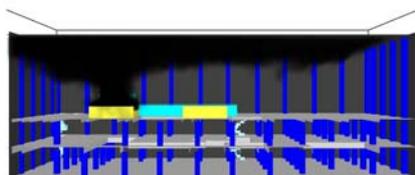
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

Frame: 20  
Time: 5.1

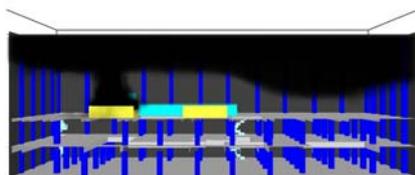
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3

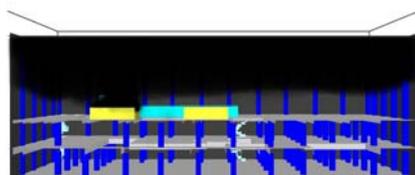
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



41.1 วินาที

Frame: 150  
Time: 41.1

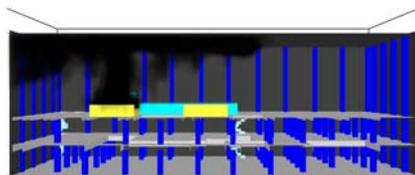
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 270  
Time: 69.4

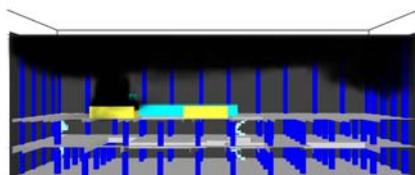
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3

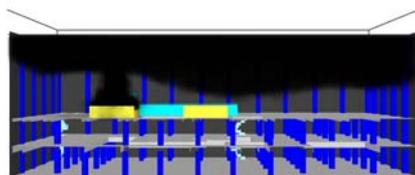
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9

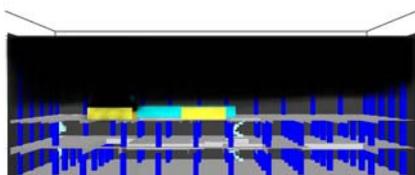
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



50.1 วินาที

Frame: 190  
Time: 50.1

Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006

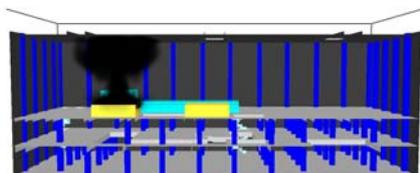


90.4 วินาที

Frame: 350  
Time: 90.4

ภาพที่ 73 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ

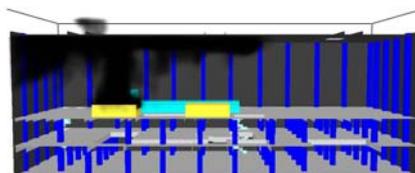
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

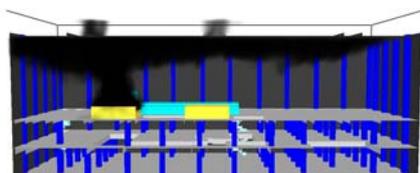
Frame: 28  
Time: 5.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



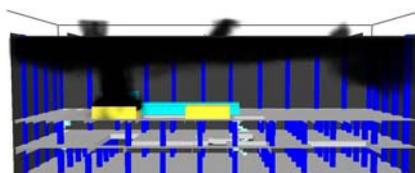
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



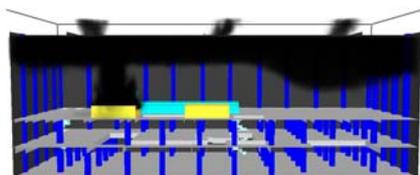
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



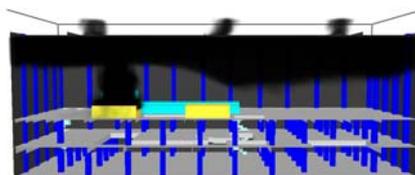
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



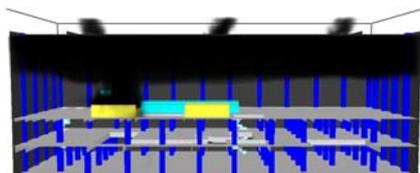
41.1 วินาที

Frame: 180  
Time: 41.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



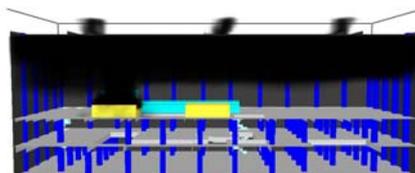
50.1 วินาที

Frame: 250  
Time: 50.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 370  
Time: 69.4  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

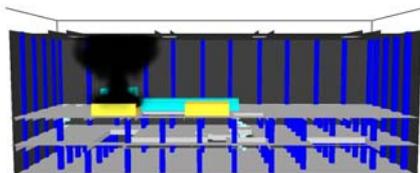


90.4 วินาที

Frame: 500  
Time: 90.4  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

ภาพที่ 74 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 1

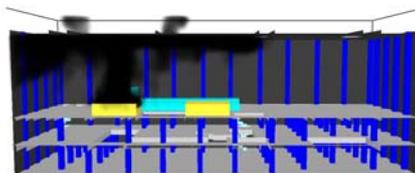
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

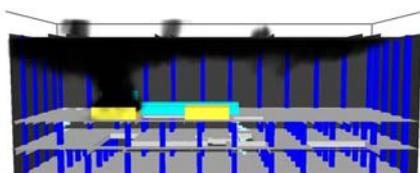
Frame: 28  
Time: 5.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



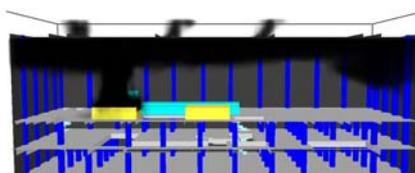
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



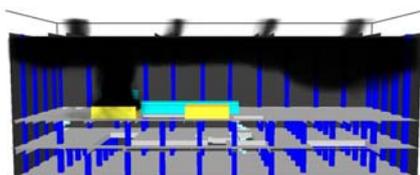
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



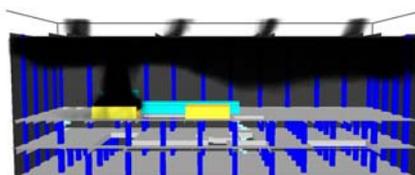
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



41.1 วินาที

Frame: 180  
Time: 41.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006



50.1 วินาที

Frame: 250  
Time: 50.1  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

Frame: 370  
Time: 69.4  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

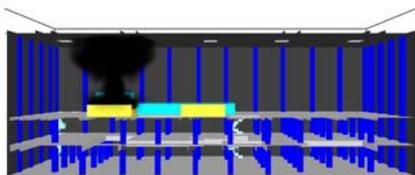
69.4 วินาที

Frame: 380  
Time: 90.4  
Smokeview 4.8.7 - Mar 12 2006

90.4 วินาที

ภาพที่ 75 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 2

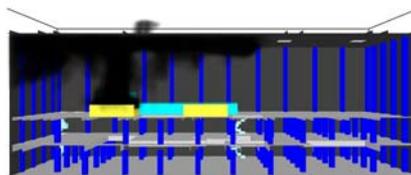
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

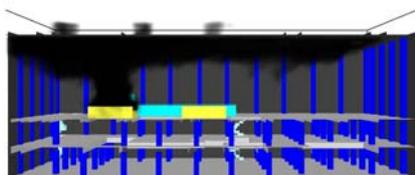
Frame: 20  
Time: 5.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



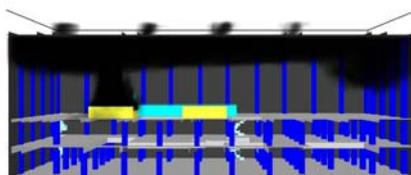
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



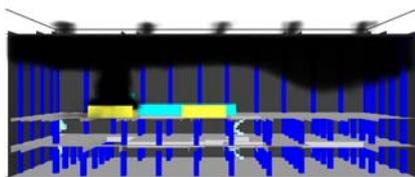
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



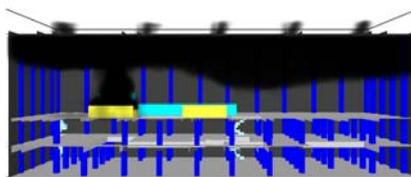
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



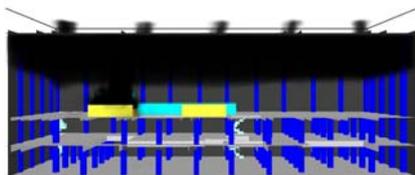
41.1 วินาที

Frame: 160  
Time: 41.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



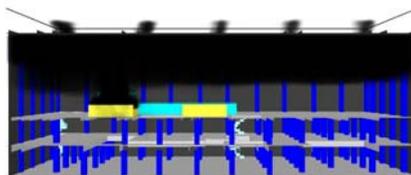
50.1 วินาที

Frame: 190  
Time: 50.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 270  
Time: 69.4

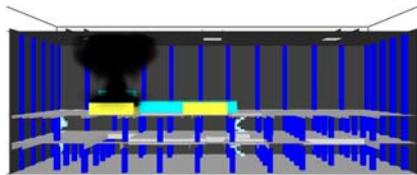


90.4 วินาที

Frame: 360  
Time: 90.4

ภาพที่ 76 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 3

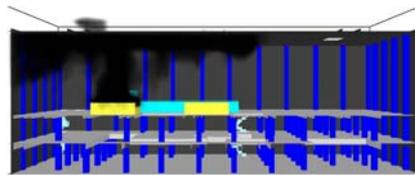
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

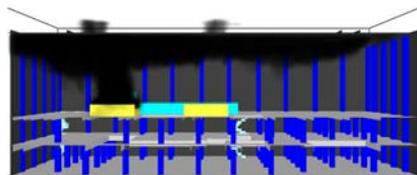
Frame: 20  
Time: 5.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



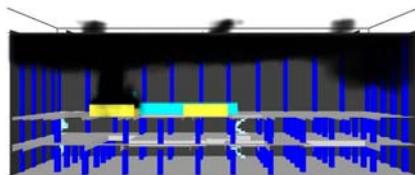
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



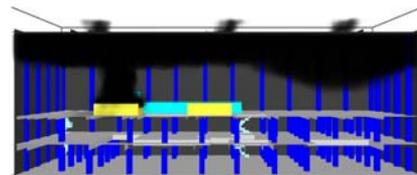
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



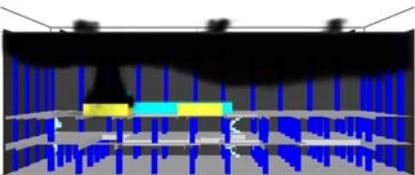
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



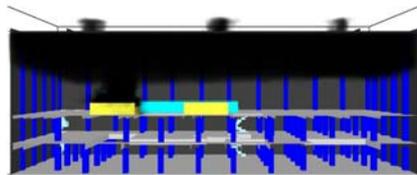
41.1 วินาที

Frame: 160  
Time: 41.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



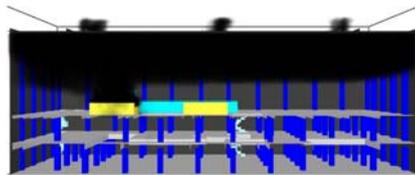
50.1 วินาที

Frame: 190  
Time: 50.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 270  
Time: 69.4

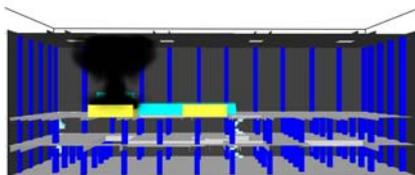


90.4 วินาที

Frame: 360  
Time: 90.4

ภาพที่ 77 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1

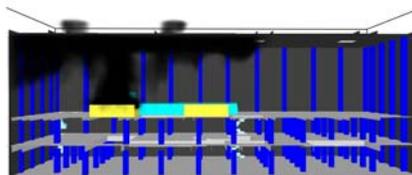
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

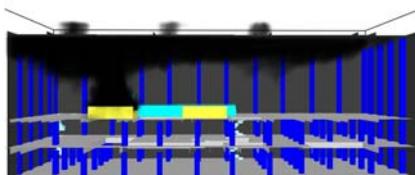
Frame: 20  
Time: 5.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



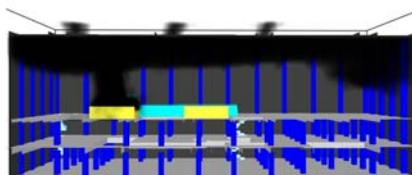
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



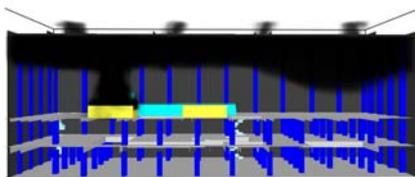
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



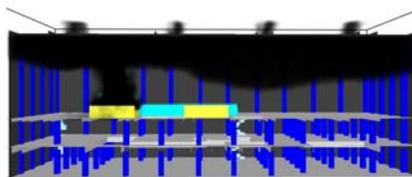
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



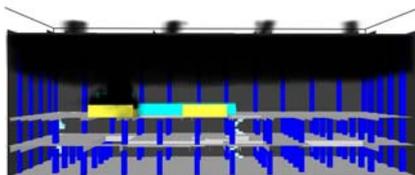
41.1 วินาที

Frame: 160  
Time: 41.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



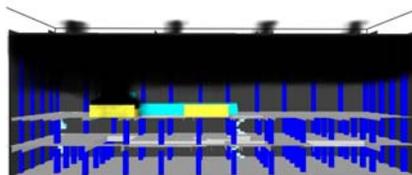
50.1 วินาที

Frame: 200  
Time: 50.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 270  
Time: 69.4

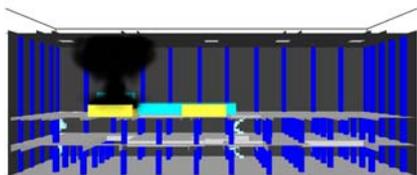


90.4 วินาที

Frame: 350  
Time: 90.4

ภาพที่ 78 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 2

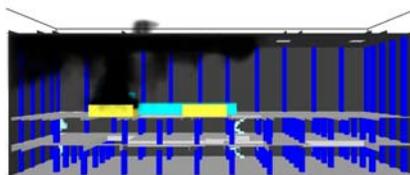
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



5.1 วินาที

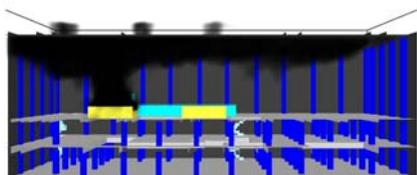
Frame: 25  
Time: 5.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006

Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



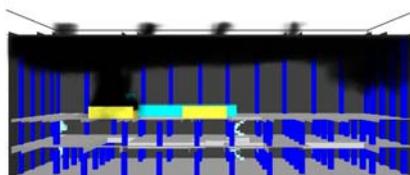
10.3 วินาที

Frame: 40  
Time: 10.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



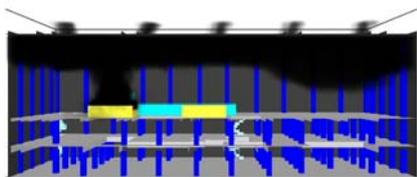
19.3 วินาที

Frame: 75  
Time: 19.3  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



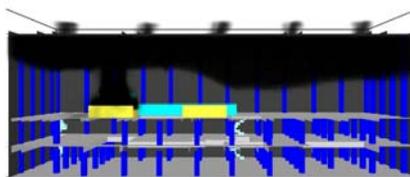
30.9 วินาที

Frame: 120  
Time: 30.9  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



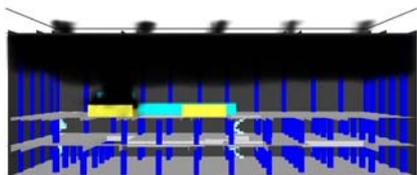
41.1 วินาที

Frame: 180  
Time: 41.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



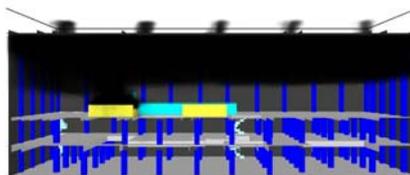
50.1 วินาที

Frame: 250  
Time: 50.1  
Smokeview 4.5.7 - Mar 12 2006



69.4 วินาที

Frame: 370  
Time: 69.4



90.4 วินาที

Frame: 450  
Time: 90.4

ภาพที่ 79 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 3

### 3.2 ความสูงของควันไฟและการมองเห็น

ผลจากการจำลองโดยพิจารณาความสูงของควันไฟและความสามารถในการมองเห็นภายในอาคารโรงไฟฟ้า ชั้นที่ 3 พบว่า

#### 3.2.1 ความสูงของควันไฟ(smoke height)

- ในระบบที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้าภายใน 240.4 วินาที
- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 สามารถยืดระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 234 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ภายใน 474.4 วินาที)
- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 สามารถยืดระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 226.3 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ภายใน 466.7 วินาที)
- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 สามารถยืดระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 208.3 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ภายใน 448.7 วินาที)
- ในระบบที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 สามารถยืดระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 223.7 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ภายใน 464.1 วินาที)
- ในระบบที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2 สามารถยืดระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 204.5 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 ภายใน 444.9 วินาที)

- ในระบบที่มีการติดตั้งพัลลภระบายควันไฟ แบบที่ 3 สามารถยืระยะเวลาการท่วมของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ออกไปได้อีก 195.5 วินาที (ควันไฟจะท่วมพื้นชั้นที่ 3 ภายใน 435.9 วินาที)

### 3.2.2 ความสามารถในการมองเห็น(visibility)

- ในระบบที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคารโรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 240.4

- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 584.7

- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 578.3

- ในระบบที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 561.6

- ในระบบที่มีการติดตั้งพัลลภระบายควันไฟ แบบที่ 1 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 548.7

- ในระบบที่มีการติดตั้งพัลลภระบายควันไฟ แบบที่ 2 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 524.3

- ในระบบที่มีการติดตั้งพัลลภระบายควันไฟ แบบที่ 3 ความสามารถในการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตรในอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3 จะเกิดขึ้นภายในวินาทีที่ 525.6

ตารางที่ 16 ระยะเวลาที่ความสูงของควันไฟท่วมพื้นที่และการมองเห็นภายในอาคาร โรงไฟฟ้า  
ชั้นที่ 3

รูปแบบการระบายควัน	ระยะเวลา (วินาทีที่)	
	ควันไฟท่วมพื้นที่ชั้นที่ 3 (Time Smoke Height at Z = 14.00)	ระยะเวลาการมองเห็นภายในระยะ 1 เมตร (Time 1-meter Visibility in 3rd Floor)
ไม่มีการระบายควัน	240.4	400.9
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	474.4	584.7
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	466.7	578.3
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	448.7	561.6
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	464.1	548.7
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	444.9	524.3
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	435.9	525.6

### 3.3 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดความร้อน(heat detector activation)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทุกตัวที่ทำการติดตั้งจะถูกสั่งให้ส่งสัญญาณไปให้ช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อสามารถตรวจจับความร้อนที่อุณหภูมิ 49 °C โดยจากการจำลองพบว่า

เวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเริ่มทำงาน เร็วที่สุดเกิดขึ้น จากการติดตั้ง ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 โดยอุปกรณ์เริ่มทำงานเมื่อวินาทีที่ 7.98

เวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเริ่มทำงาน ช้าที่สุดเกิดขึ้น จากการติดตั้ง พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 โดยอุปกรณ์เริ่มทำงานเมื่อวินาทีที่ 10.31

ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสั่งให้ช่องเปิดระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 7.98, ช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 2 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับ

ความร้อนสั่งให้ช่องเปิดระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 9.00 และช่องเปิดระบายควันไฟแบบที่ 3 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสั่งให้ช่องเปิดระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 8.26

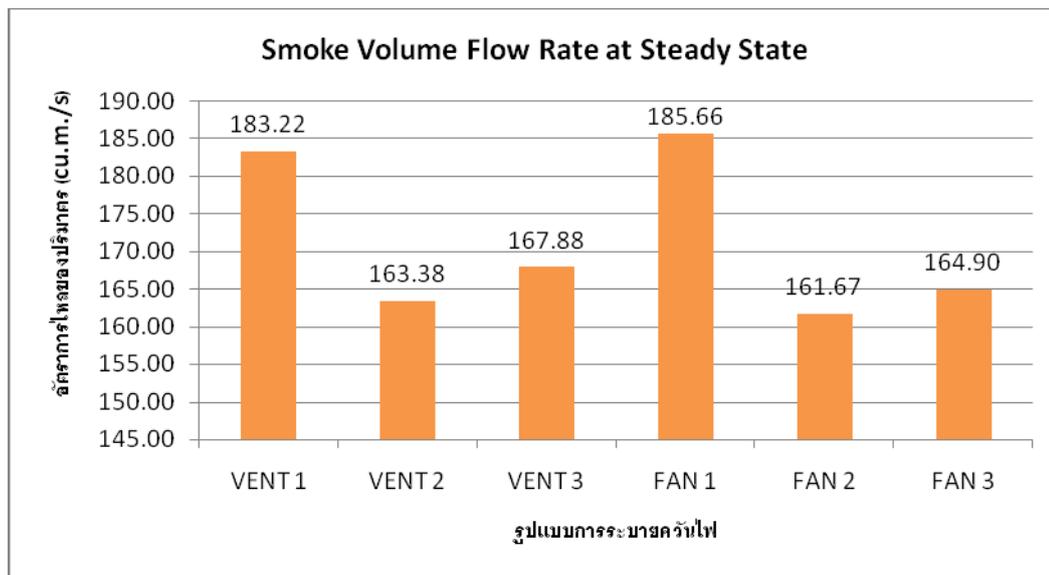
พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสั่งให้พัดลมระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 7.98, พัดลมระบายควันไฟแบบที่ 2 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสั่งให้พัดลมระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 9.00 และพัดลมระบายควันไฟแบบที่ 3 ถูกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสั่งให้พัดลมระบายควันไฟเริ่มทำงานเมื่อ วินาทีที่ 8.26

ตารางที่ 17 เวลาที่เริ่มทำงาน ของช่องเปิดระบายควัน/พัดลมระบายควัน

รูปแบบการระบายควัน	เวลาที่เริ่มทำงาน ของช่องเปิดระบายควัน/พัดลมระบายควัน(วินาทีที่)				
	#1	#2	#3	#4	#5
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 1	7.98	13.92	29.32	ไม่มี	ไม่มี
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 2	9.00	9.00	18.53	31.64	ไม่มี
ช่องเปิดระบายควัน แบบที่ 3	10.03	8.26	14.16	21.87	33.96
พัดลมระบายควัน แบบที่ 1	8.00	14.16	28.32	ไม่มี	ไม่มี
พัดลมระบายควัน แบบที่ 2	9.02	9.02	18.06	31.12	ไม่มี
พัดลมระบายควัน แบบที่ 3	10.31	8.00	14.42	22.14	32.95

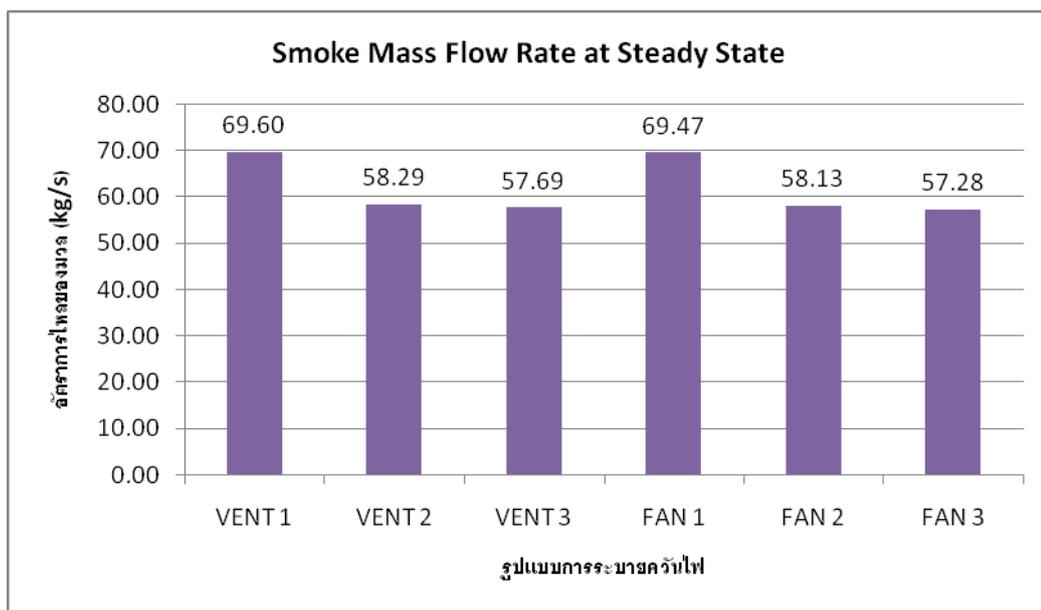
### 3.4 อัตราการระบายควันไฟออกจากอาคาร โรงไฟฟ้า

ผลการจำลองจะพบว่า อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟ จะมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำการระบายควันไฟโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 โดยสามารถ วัดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟ ได้เท่ากับ 185.66 m.<sup>3</sup>/s. และจะมีค่าประสิทธิภาพต่ำสุดเมื่อทำการระบายควันไฟโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2 โดยสามารถ วัดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟ ได้เท่ากับ 161.67 m.<sup>3</sup>/s.



ภาพที่ 80 อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควันไฟเมื่อใช้รูปแบบการระบายควันไฟแบบต่างๆ

ผลการจำลองจะพบว่า อัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟ จะมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำการระบายควันไฟโดยใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 โดยสามารถ วัดค่าอัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟ ได้เท่ากับ 69.60 kg/s และจะมีค่าประสิทธิภาพต่ำสุดเมื่อทำการระบายควันไฟโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3 โดยสามารถ วัดค่าอัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟ ได้เท่ากับ 57.28 kg/s



ภาพที่ 81 อัตราการไหลเชิงมวลของควันไฟเมื่อใช้รูปแบบการระบายควันไฟแบบต่างๆ

3.5 การจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้โดยกำหนดขนาดของกองเพลิง (Fire Load) ให้มีขนาด 10 MW และ 50 MW

จากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้เพิ่มเติมโดยทำการเปลี่ยนขนาดของกองเพลิง (Fire Load) ให้มีขนาด 10 MW และ 50 MW เพื่อทดสอบการทำงานของระบบควบคุมควันไฟภายในอาคารโรงไฟฟ้า โดยทำการเปรียบเทียบระบบควบคุมควันไฟตามธรรมชาติโดยใช้ช่องเปิดระบายควันไฟกับระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกลโดยใช้พัดลมระบายควันไฟจะพบว่า

### 3.5.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ (Temperature Profile)

ผลจากการจำลองพบว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น อุณหภูมิความร้อนของควันไฟในระยะเริ่มแรกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าอุณหภูมิสูงสุดค่าหนึ่ง หลังจากนั้นอุณหภูมิความร้อนของควันไฟจะมีค่าค่อนข้างคงที่

## 1. กรณีกองเพลิงขนาด 10 MW

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 25$  (เหนือพื้นทางเดิน 11 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $72.79\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $72.79\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $71.95\text{ }^{\circ}\text{C}$

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 20$  (เหนือพื้นทางเดิน 6 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $60.38\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $60.38\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $59.63\text{ }^{\circ}\text{C}$

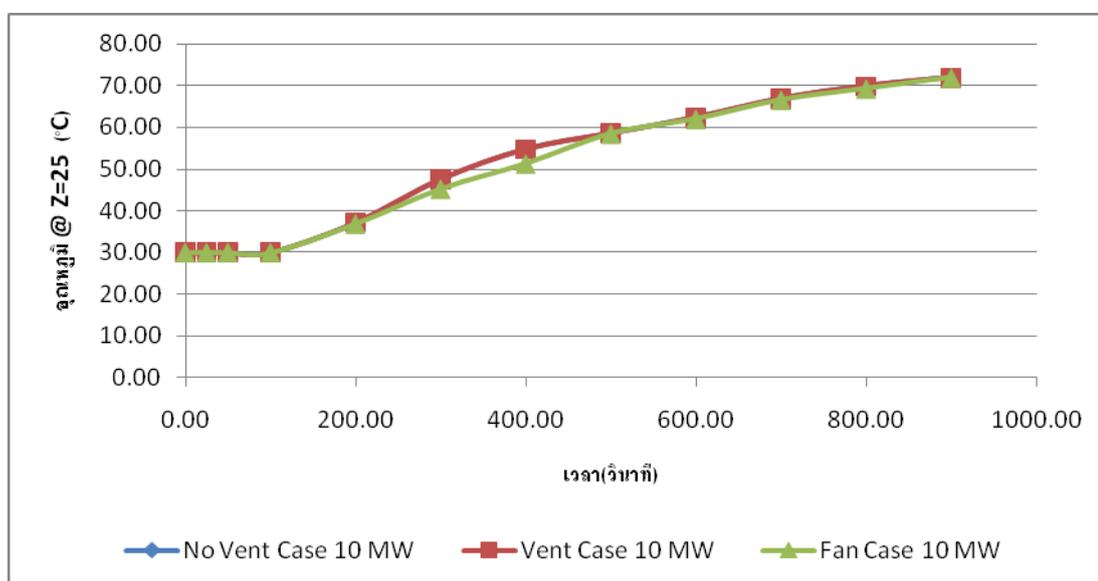
ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 15$  (เหนือพื้นทางเดิน 1 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

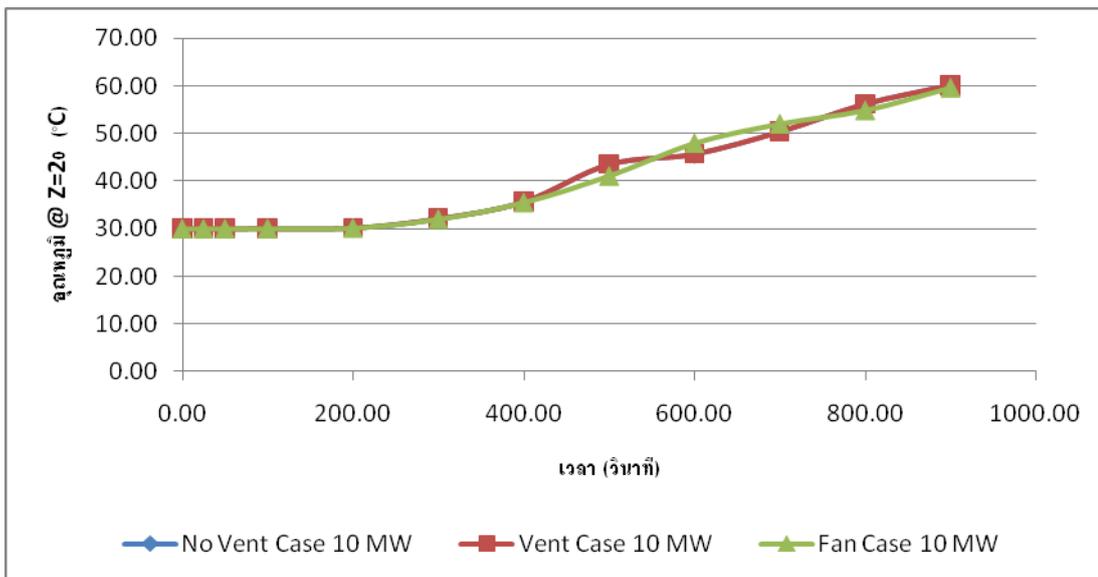
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ 38.08 °C

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ 38.08 °C

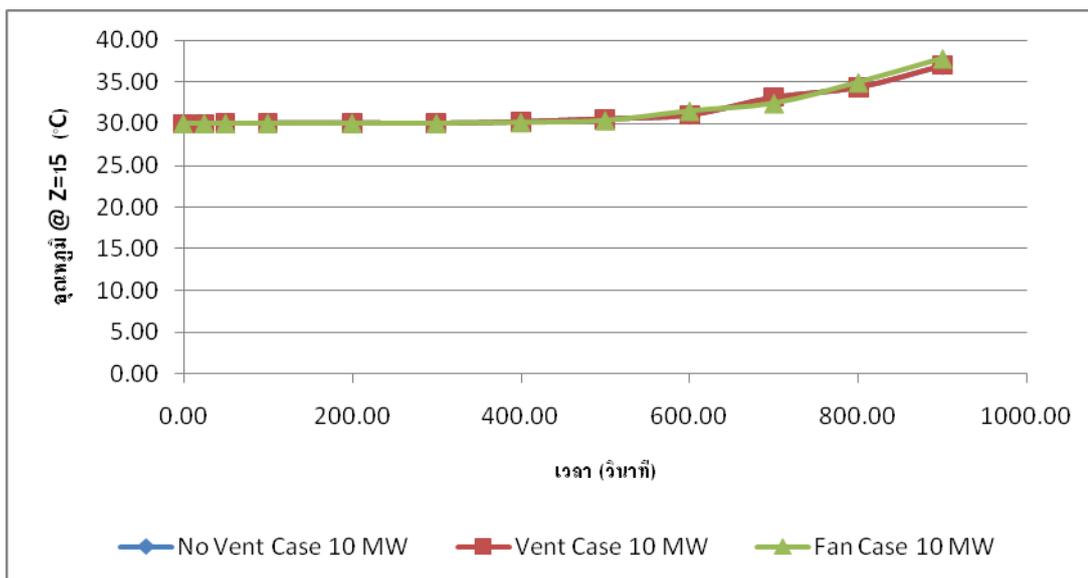
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 38.34 °C



ภาพที่ 82 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z=25 (Fire Load 10 MW)



ภาพที่ 83 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z=20 (Fire Load 10 MW)



ภาพที่ 84 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z=15 (Fire Load 10 MW)

2. กรณีกองเพลิงขนาด 50 MW

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 25$  (เหนือพื้นทางเดิน 11 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $292.26\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $210.78\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $208.74\text{ }^{\circ}\text{C}$

ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 20$  (เหนือพื้นทางเดิน 6 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $258\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $170.77\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $169.44\text{ }^{\circ}\text{C}$

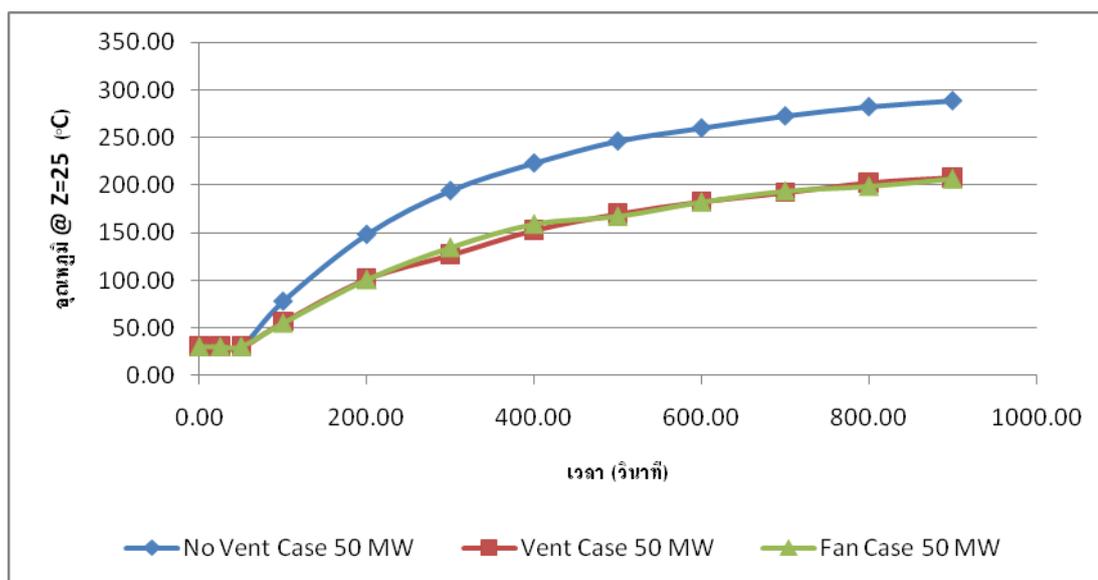
ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50, Y = 8.50, Z = 15$  (เหนือพื้นทางเดิน 1 เมตร)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะพบว่า

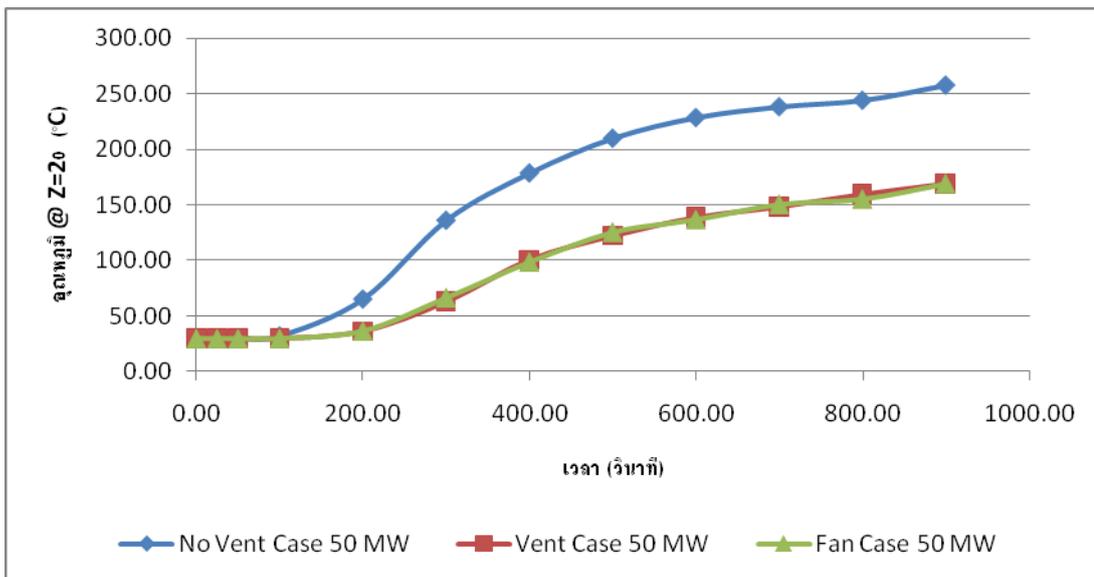
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณี ไม่มีการระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ  $162.20\text{ }^{\circ}\text{C}$

- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ  
มีค่าเท่ากับ 126.42 °C

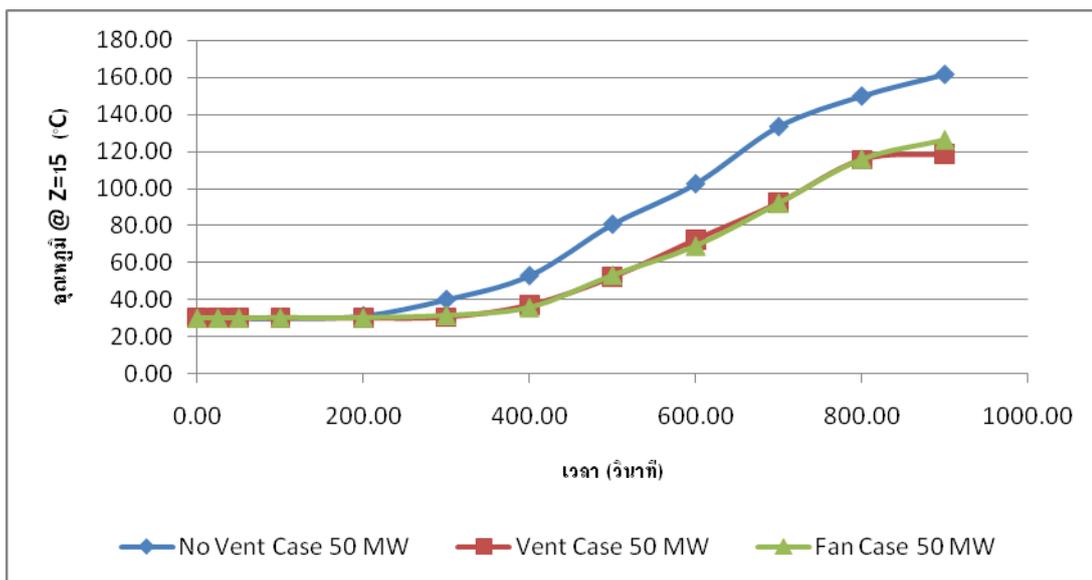
- อุณหภูมิความร้อนของควันไฟสูงสุด กรณีใช้พัดลมระบายควันไฟ  
แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 127.80 °C



ภาพที่ 85 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y = 10.50, Z = 25 (Fire Load 50 MW)



ภาพที่ 86 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z=15 (Fire Load 50 MW)



ภาพที่ 87 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=10.50, Z =15 (Fire Load 50 MW)

### 3.5.2 ความสูงของควันไฟ

จากการจำลองพบว่า ควันจากกองเพลิงจะลอยตัวขึ้นไปในแนวตั้งจนกระทบกับเพดานจนทำให้ ควันเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในแนวระดับ และควันไฟจะทำการสะสมปริมาณควันไฟโดยจะค่อยๆสะสมกระจายลงมาในแนวตั้งจนกระทั่งท่วมพื้นที่ของอาคาร โรงไฟฟ้า ชั้น3

ผลจากการกระจายตัวของควันไฟภายในชั้นที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ระหว่างการเกิดเพลิงไหม้ ณ วินาทีที่ 900 จะพบว่า ณ ตำแหน่ง  $X = 36.50$ ,  $Y = 8.50$

#### 1. กรณีกองเพลิงขนาด 10 MW

- โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 5.73 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 5.73 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 5.27 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

#### 2. กรณีกองเพลิงขนาด 50 MW

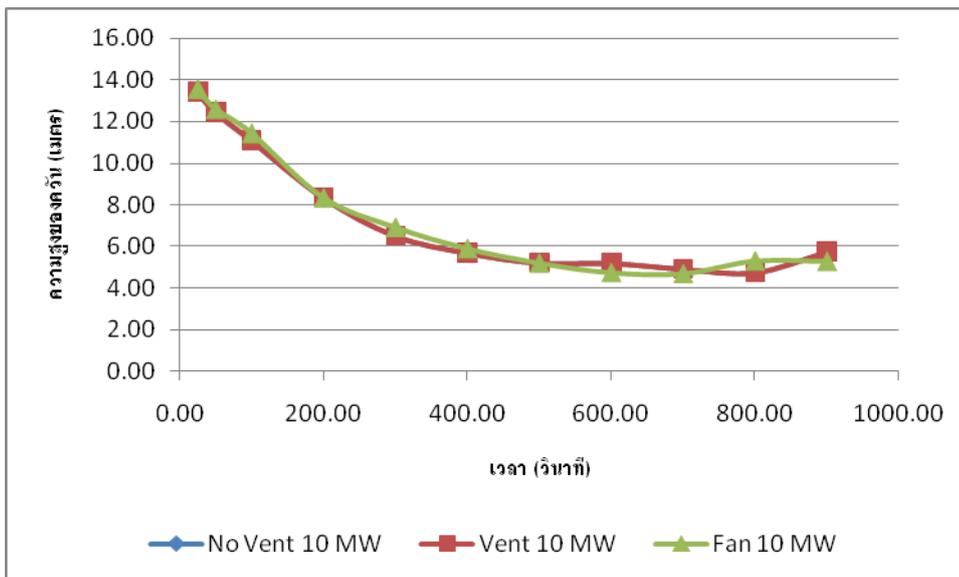
- โรงไฟฟ้าที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 4.13 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 6.04 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

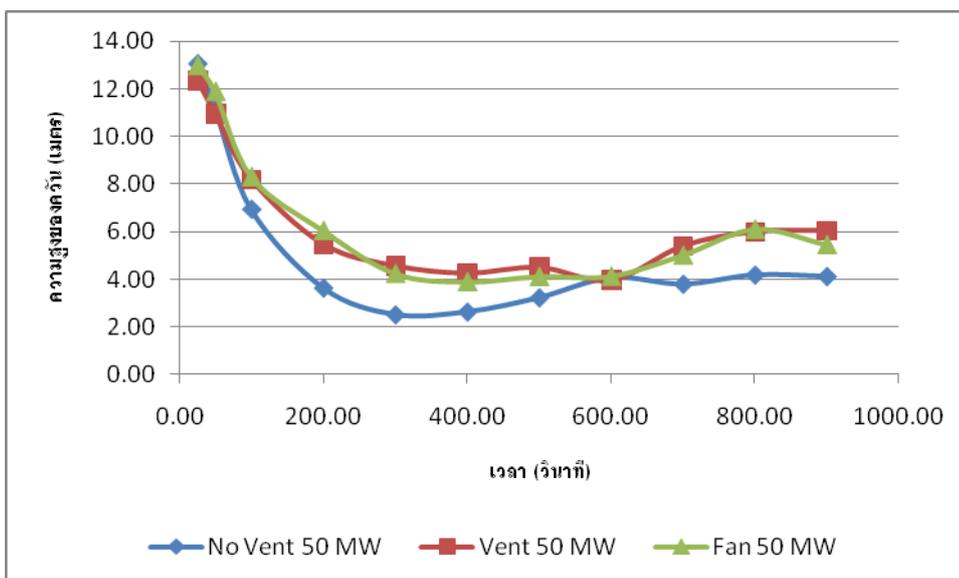
- โรงไฟฟ้าที่มีการติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ ควันไฟจะมีความสูง 5.46 เมตรเหนือพื้นทางเดิน

ตารางที่ 18 ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการกระจายควันภายในชั้นที่ 3 ของอาคาร โรงไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง  $X = 10.50$ ,  $Y = 8.50$  กรณีกองเพลิง ขนาด 10 MW และ 50 MW)

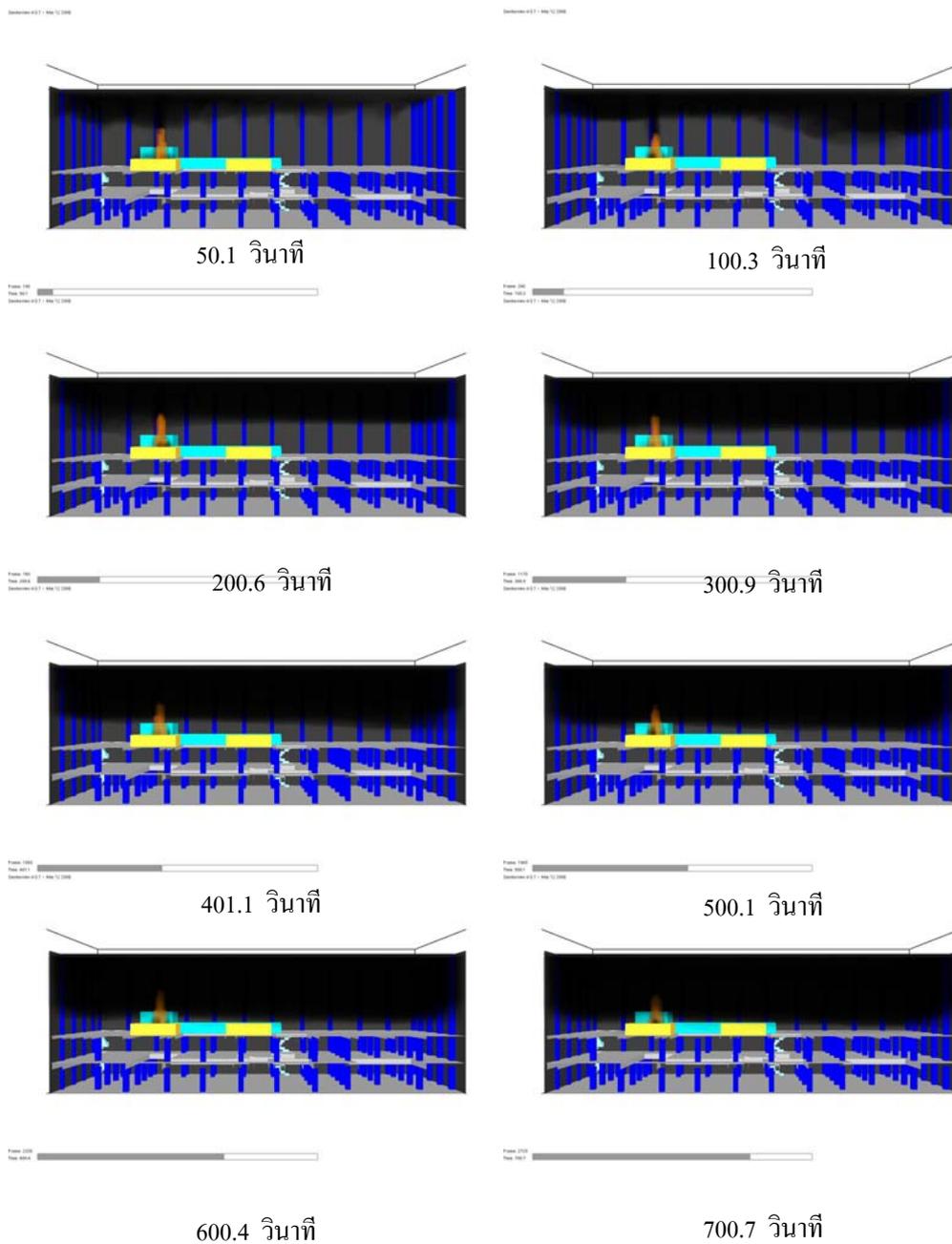
รูปแบบการระบายควัน	ความสูงของควันไฟ ณ เวลาต่างๆ @ $x=10.50$ และ $y=8.50$ (เมตร)				
	t = 100 วินาที	t = 200 วินาที	t = 400 วินาที	t = 600 วินาที	t = 900 วินาที
<u>กองเพลิงขนาด 10 MW</u>					
ไม่มีระบายควัน	11.10	8.35	5.69	5.19	5.73
ช่องเปิดระบายควัน	11.10	8.35	5.69	5.19	5.73
พัดลมระบายควัน	11.45	8.34	5.88	4.73	5.27
<u>กองเพลิงขนาด 50 MW</u>					
ไม่มีระบายควัน	6.95	3.65	2.64	4.07	4.13
ช่องเปิดระบายควัน	8.20	5.47	4.24	3.94	6.04
พัดลมระบายควัน	8.32	6.06	3.90	4.14	5.46



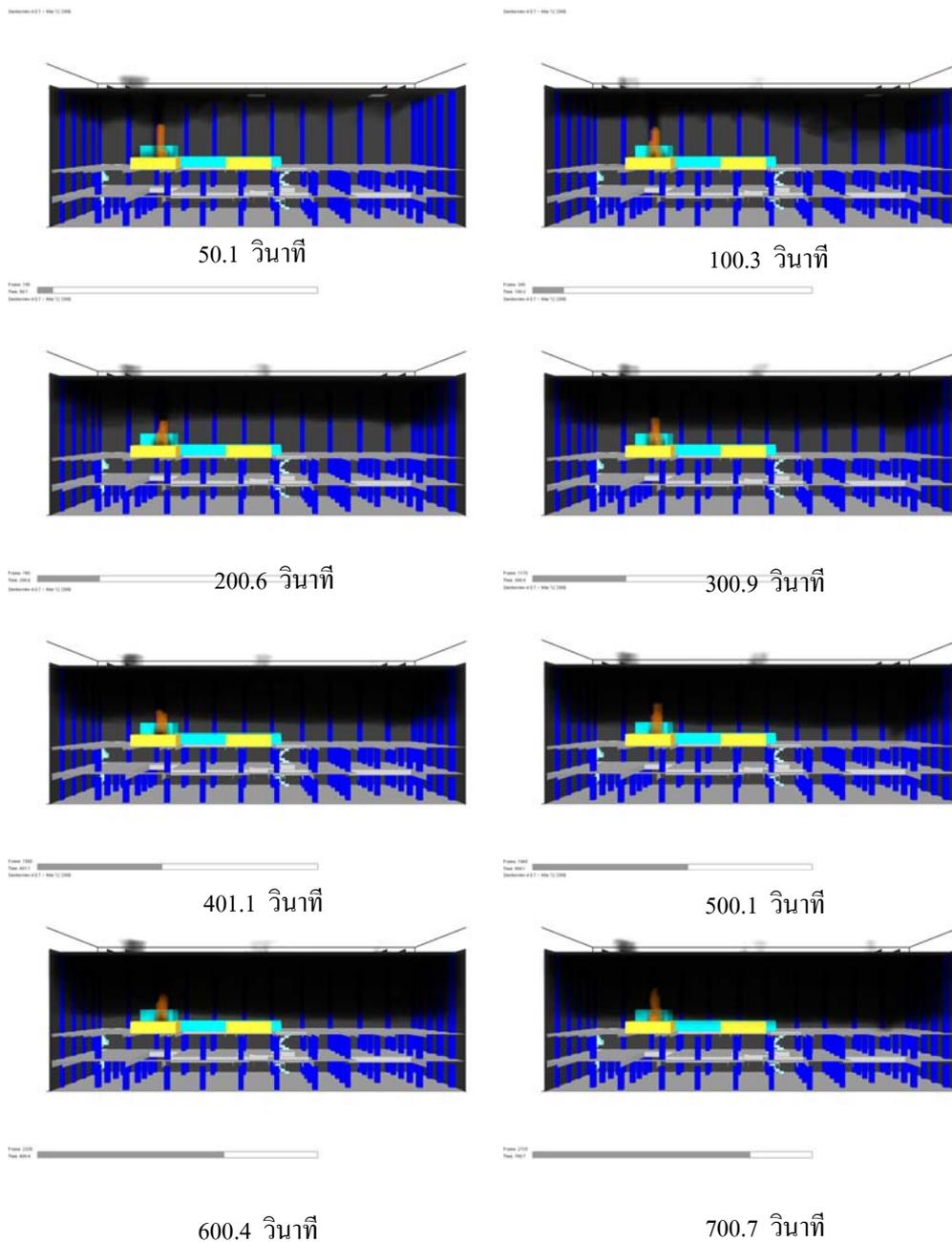
ภาพที่ 88 ความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50 (Fire Load 10 MW)



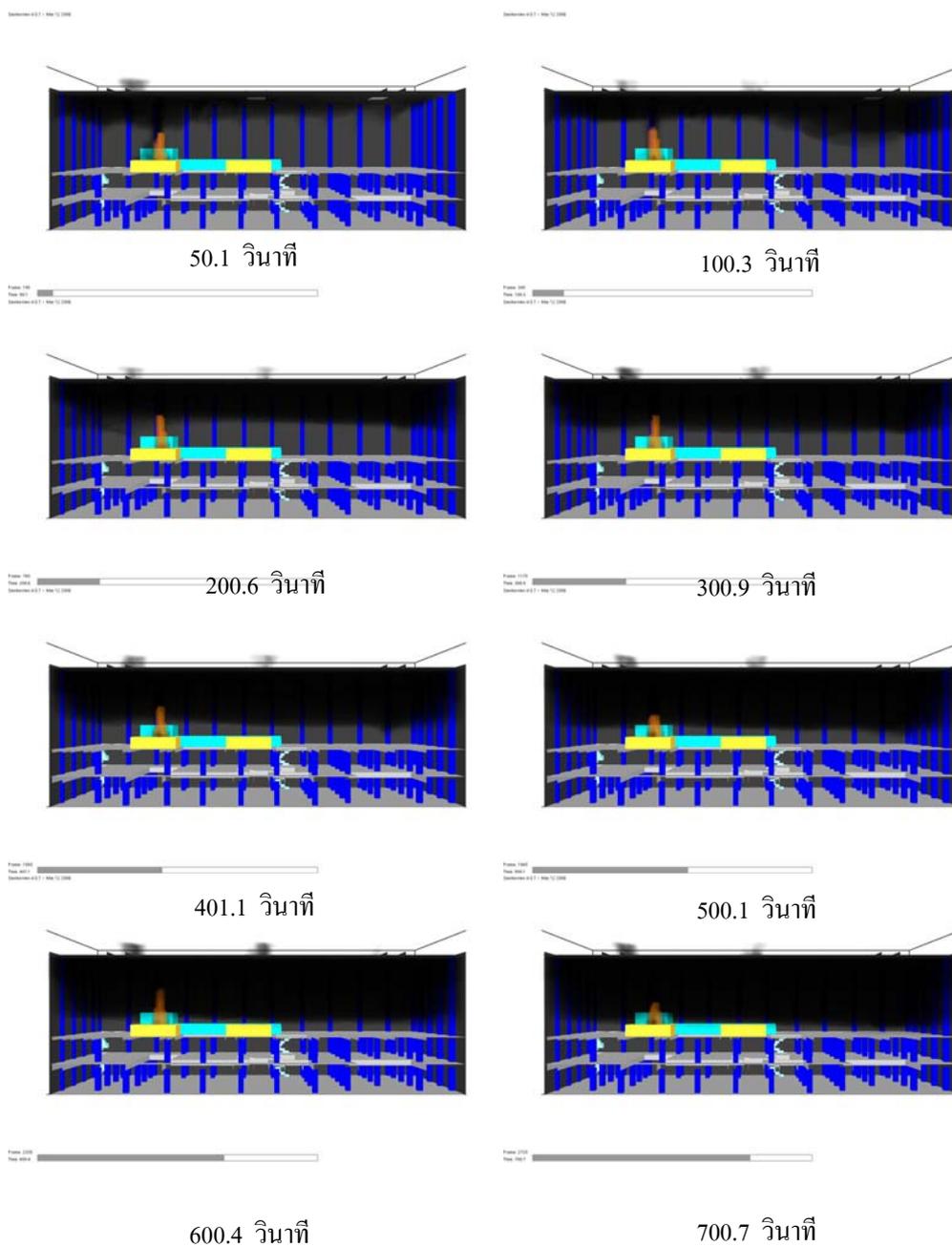
ภาพที่ 89 ความสูงของควันไฟ ณ ตำแหน่ง X = 36.50, Y=8.50 (Fire Load 50 MW)



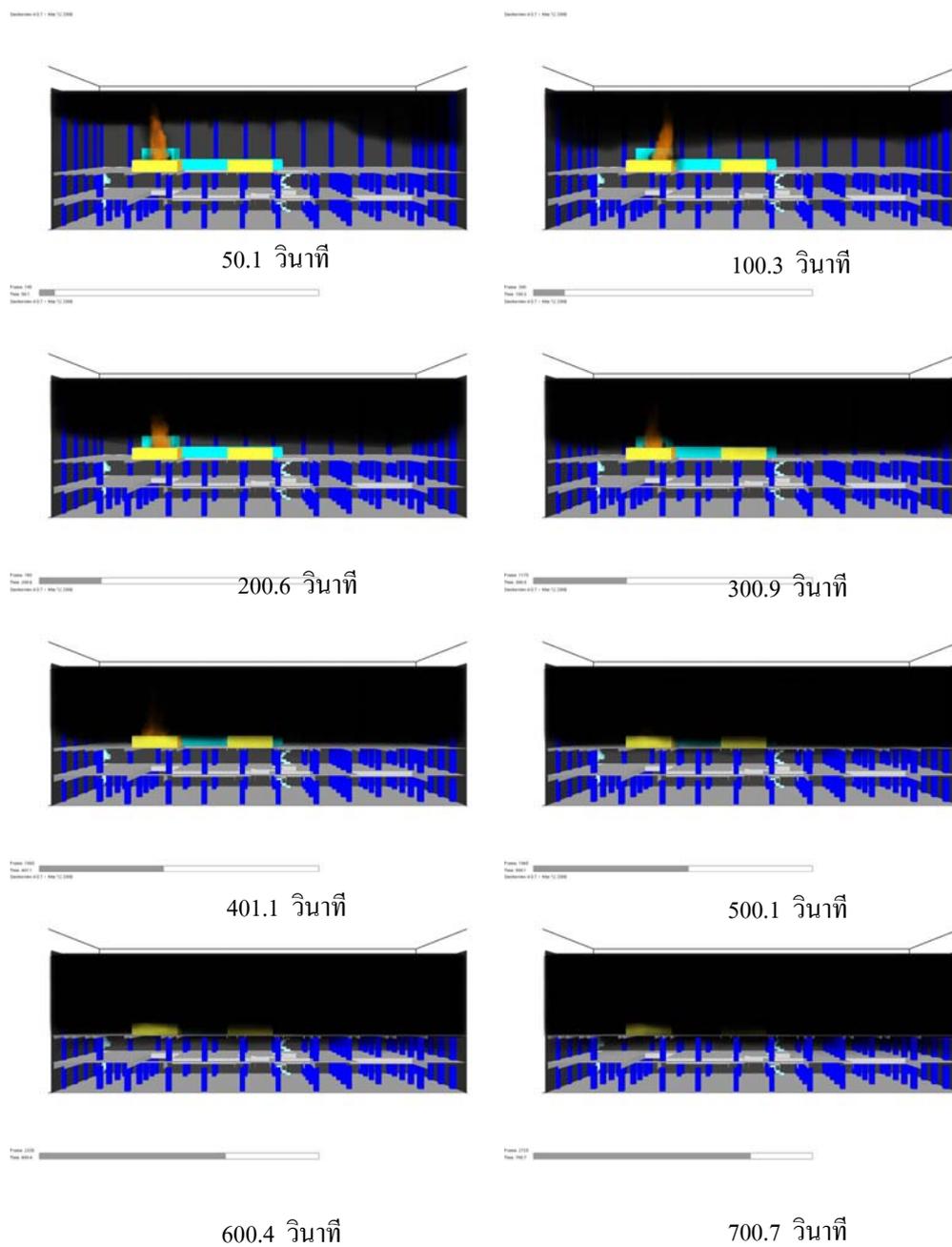
ภาพที่ 90 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ  
(Fire Load =10 MW)



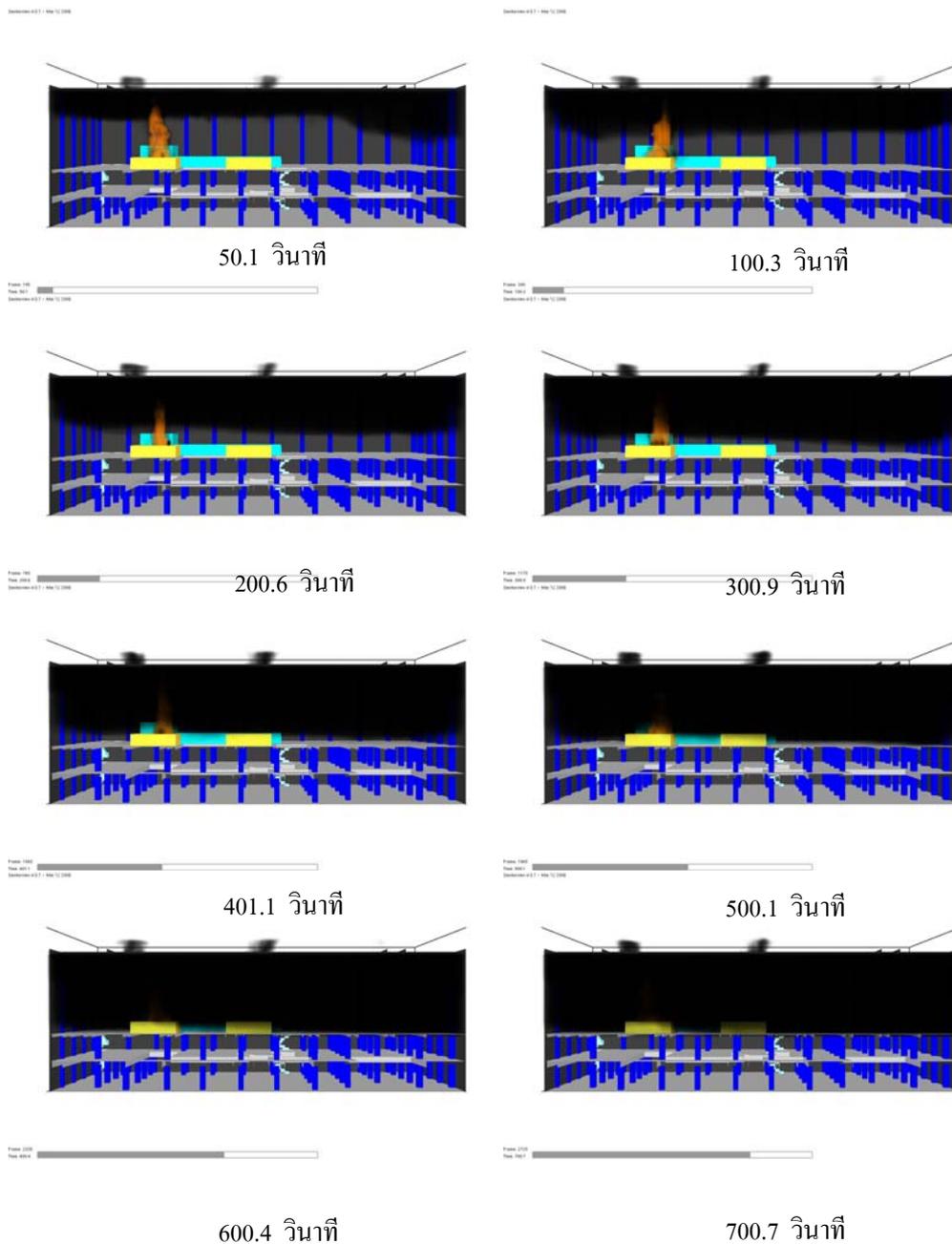
ภาพที่ 91 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้องกรณีใช้ช่องเปิด (Fire Load = 10 MW)



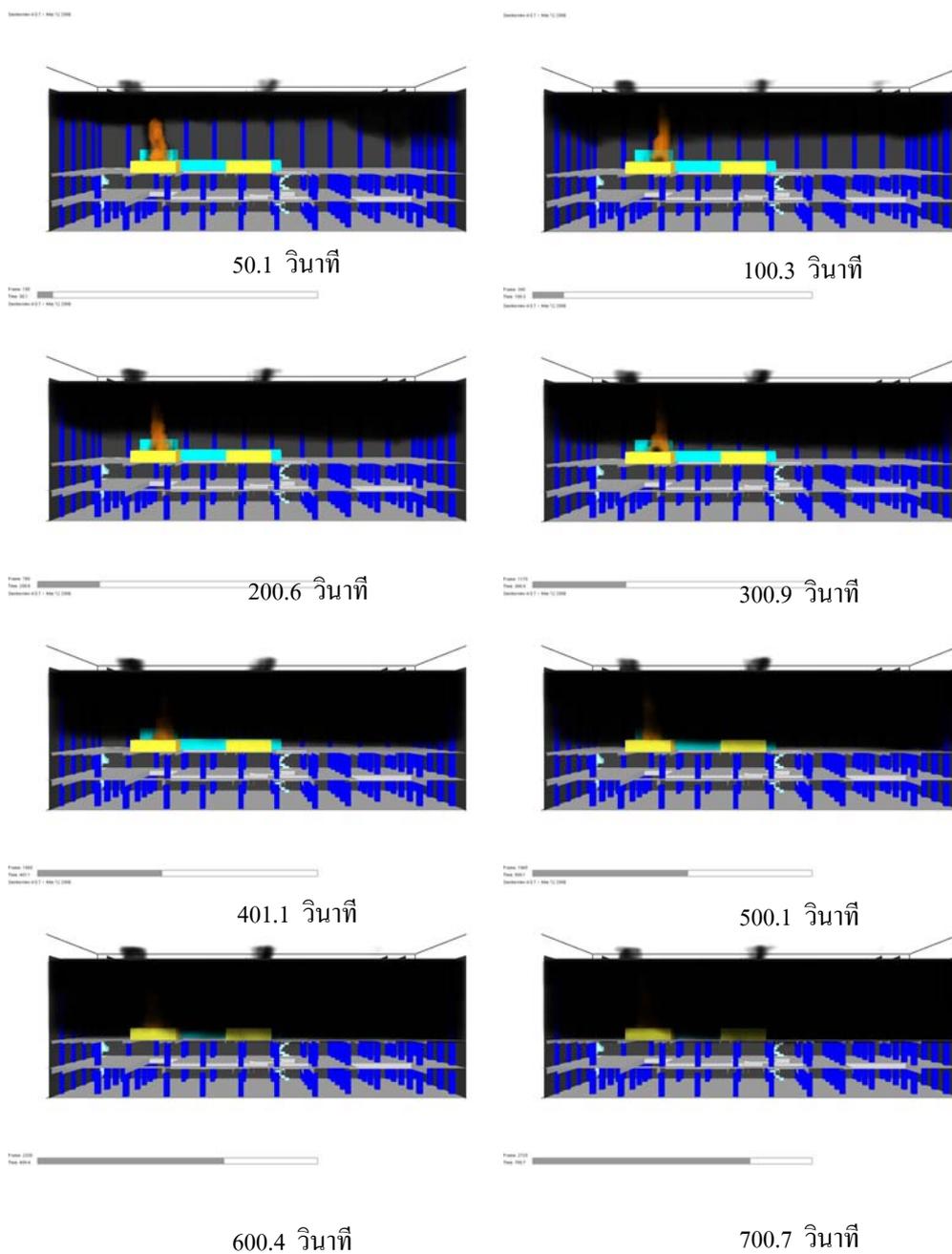
ภาพที่ 92 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัคลม (Fire Load = 10 MW)



ภาพที่ 93 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบถึงกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควันไฟ  
(Fire Load =50 MW)



ภาพที่ 94 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้องกรณีใช้ช่องเปิด (Fire Load = 50 MW)



ภาพที่ 95 การกระจายตัวของควันไฟภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัคลม (Fire Load = 50 MW)

## วิจารณ์

ผลจากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้ากรณีเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงที่สุดกรณีที่ 1 Fire Load เท่ากับ 131 MW พบว่าการเคลื่อนที่และการกระจายตัวของควันไฟภายในโรงไฟฟ้าเกิดขึ้นด้วยความรวดเร็วโดยควันไฟสามารถปกคลุมชั้นที่ 3 อาคารโรงไฟฟ้าภายในระยะเวลาประมาณ 240 วินาที และกรณีที่ 2 และ 3 Fire Load เท่ากับ 10 และ 50 MW พบว่าการเคลื่อนที่และการกระจายตัวของควันไฟภายในโรงไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยควันไฟไม่สามารถแพร่ปกคลุมชั้นที่ 3 อาคารโรงไฟฟ้าตลอดเวลาที่ใช้ในการจำลอง 900 วินาที ซึ่งในทุกกรณีความรุนแรงของกองเพลิง (Fire Load) ณ ที่สภาวะคงตัว อุณหภูมิของควันไฟจะเพิ่มขึ้นโดยแปรผันตามความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิสูงสุดจะมีเกิดขึ้นบริเวณแนวหลังคาของโรงไฟฟ้า ( $Z=34$ )

เมื่อได้ทำการปรับปรุงระบบควบคุมควันไฟภายในอาคารโรงไฟฟ้าโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 204 ซึ่งได้ทำการทำการออกแบบระบบควบคุมควันไฟออกเป็น 2 ระบบ คือระบบควบคุมควันไฟไฟตามธรรมชาติและระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกล ผลลัพธ์จากการจำลองเมื่อทำการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟพบว่า

1. กรณีที่ 1 Fire Load เท่ากับ 131 MW ระบบควบคุมควันไฟที่ทำการออกแบบสามารถควบคุมความสูงของควันไฟตามที่ได้ออกแบบไว้ได้โดยสามารถยืดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟออกไปได้ถึงประมาณ 475 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานเพียงพอกับการอพยพของผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารโรงไฟฟ้า
2. กรณีที่ 2 Fire Load เท่ากับ 50 MW ระบบควบคุมควันไฟที่ทำการออกแบบสามารถควบคุมความสูงของควันไฟตามที่ได้ออกแบบไว้ได้โดยสามารถยืดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟออกไปได้ตลอดเวลาที่ใช้ในการจำลอง 900 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานเพียงพอกับการอพยพของผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารโรงไฟฟ้า โดยสามารถควบคุมความสูงของควันไฟไว้ได้ที่ระยะ 5.73 เมตรเหนือพื้นทางเดินของอาคารโรงไฟฟ้าบนชั้นที่ 3
3. กรณีที่ 3 Fire Load เท่ากับ 10 MW ระบบควบคุมควันไฟที่ทำการออกแบบสามารถควบคุมความสูงของควันไฟตามที่ได้ออกแบบไว้ได้โดยสามารถยืดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟออกไปได้ตลอดเวลาที่ใช้ในการจำลอง 900 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานเพียงพอกับการอพยพ

ของผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารโรงไฟฟ้า โดยสามารถควบคุมความสูงของควันไฟไว้ได้ที่ระยะ 6.04 เมตรเหนือพื้นทางเดินของอาคารโรงไฟฟ้าบนชั้นที่ 3

4. กรณีที่ 1 Fire Load เท่ากับ 131 MW พบว่ารูปแบบการจัดวางของอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน มีผลกระทบต่อควบคุมการแพร่กระจายของควันไฟ ในกรณีที่อัตราการระบายควันมีค่าที่เท่ากัน เนื่องจากขนาดของกองเพลิงที่สมมติให้เกิดการลุกไหม้มีขนาดใหญ่ (worst case scenario) รวมถึงอาคารที่จำลองเป็นอาคารขนาดใหญ่ระยะห่างระหว่างหลังคาและพื้นมีความสูงมาก (สูง 20 เมตร) จึงทำให้การแพร่กระจายตัวของควันสม่ำเสมอ

#### **ประโยชน์ที่ได้รับจากผลการทดลอง**

1. ได้ทราบพฤติกรรมผลการกระจายของควัน อุณหภูมิของควัน เวกเตอร์ความเร็วของควัน อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน อัตราการไหลเชิงปริมาตรของควัน อัตราการไหลเชิงมวลของควัน ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ความเข้มข้นของ CO และการมองเห็น สภาวะภายในอาคารโรงไฟฟ้า ทั้งในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟและกรณีที่มีการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ
2. ได้ทราบสภาวะต่างๆ ภายในอาคารโรงไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ และปรับปรุงระบบระบายควันไฟภายในอาคารโรงไฟฟ้า

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ภายในโรงไฟฟ้าโดยสมมติให้เกิดเหตุการณ์ร้ายแรงที่สุด (worst case scenario 131 MW) พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของควันไฟมีค่าเท่ากับ 687.63 °C และการแพร่กระจายตัวของควันไฟภายในโรงไฟฟ้าสามารถท่วมอาคารโรงไฟฟ้า ชั้นที่ 3 ได้ภายในระยะเวลา 240.4 วินาที ด้วยระยะเวลาการแพร่กระจายของควันไฟที่สั้นมากจึงทำให้การอพยพหนีไฟของผู้ที่อาศัยและทำงานภายในอาคารโรงไฟฟ้าเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก ซึ่งโดยปกติแล้วตามข้อกำหนดของกฎหมายกำหนดให้ผู้อพยพต้องสามารถทำการอพยพไปสู่ทางออกที่ปลอดภัยภายในระยะเวลา 5 นาที ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการอพยพหนีไฟภายในอาคารโรงไฟฟ้าที่ทำการจำลองนี้จึงอาจทำให้ผู้อพยพเกิดอันตรายขึ้นมาได้ระหว่างการอพยพหนีไฟ

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงระบบควบคุมควันไฟภายในอาคารโรงไฟฟ้าโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 204 ซึ่งในการออกแบบผู้วิจัยได้กำหนดควบคุมให้ความสูงของควันไฟอยู่ที่ระยะ 10 เมตรเหนือฐานของกองเพลิง โดยได้ทำการทำการออกแบบระบบควบคุมควันไฟออกเป็น 2 ระบบ คือระบบควบคุมควันไฟไฟตามธรรมชาติโดยใช้ช่องเปิดระบายควันไฟและระบบควบคุมควันไฟแบบเครื่องกลโดยใช้พัดลมระบายควันไฟ โดยในแต่ละระบบควบคุมควันไฟจะทำการออกแบบรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้งแยกออกไปอีกระบบละ 3 รูปแบบ โดยที่อัตราการระบายควันคงที่ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบระบบควบคุมควันไฟพบว่า

1. การกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟ (temperature profile) พบว่าหลังการติดตั้งระบบควบคุมควันไฟ เห็นได้อย่างเด่นชัดว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิของควันไฟมีค่าลดลงจากก่อนหน้านี้อย่างมีนัยสำคัญ
2. ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้งานของ ช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟพบว่า ณ ตำแหน่งบนชั้นที่ 3 ของอาคารโรงไฟฟ้า ( $14 < Z < 34$ ) การใช้พัดลมระบายควันไฟ มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่ดีกว่าการใช้ช่องเปิดระบายควันไฟ โดยพัดลมระบายควันไฟสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดเท่ากับ 70.42 °C

3. รูปแบบวิธีการระบายความร้อนมีผลทำให้อุณหภูมิของควันไฟมีค่าลดลง โดยแปรผันตรงกับขนาดของช่องเปิดระบายความร้อนและขนาดของพัดลมระบายความร้อน ณ สภาวะคงตัว โดยผลจากการจำลองพบว่า ในการควบคุมควันไฟโดยใช้ช่องเปิดระบายความร้อนพบว่าช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดอุณหภูมิของควันไฟโดยสามารถลดอุณหภูมิได้  $70.42\text{ }^{\circ}\text{C}$  ส่วนการควบคุมควันไฟโดยใช้พัดลมระบายควันไฟพบว่าพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1 มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดอุณหภูมิของควันไฟโดยสามารถลดอุณหภูมิได้  $69.28\text{ }^{\circ}\text{C}$

4. การติดตั้งระบบควบคุมควันไฟในทุกรูปแบบมีผลทำให้เวลาในการแพร่กระจายของควันไฟเพิ่มมากขึ้น

5. เมื่อทำการติดตั้งระบบระบายควันไฟ สามารถเพิ่มระยะเวลาในการอพยพหนีไฟได้อย่างน้อย 195.5 วินาที

6. อุปกรณ์ตรวจวัดความร้อนสามารถตรวจจับความร้อนได้เร็วที่สุดภายใน 7.98 วินาที และสามารถตรวจจับความร้อนได้ช้าที่สุดภายใน 31.64 วินาที

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาหารูปแบบการแพร่กระจายของควันไฟเพิ่มเติม โดยทำการปรับเปลี่ยนปัจจัยประกอบต่างๆ เช่น

- ทำการปรับเปลี่ยนขนาดของกองเพลิงและความสามารถในการระบายควันไฟของช่องเปิดระบายควันไฟและพัดลมระบายควันไฟ เพื่อหาความเหมาะสมของวิธีการควบคุมควันไฟ

- เพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายควันไฟโดยทำการติดตั้งระบบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของควันไฟ

- เปลี่ยนตำแหน่งของการเกิดเพลิงไหม้เพื่อทำการศึกษา รูปแบบการระบายควันไฟที่เหมาะสมที่สุด

2. กำหนดมาตรการในการป้องกันเพลิงไหม้ เช่น การควบคุมแหล่งกำเนิดความร้อน หรือ ประกายไฟ การจัดระบบการจับเก็บเชื้อเพลิง การติดตั้งระบบตรวจจับเพลิงไหม้ และการกำหนดการใช้ระบบอนุญาตให้ทำงาน เป็นต้น

3. กำหนดมาตรการในการระงับเหตุเพลิงไหม้ เช่น การติดตั้งระบบดับเพลิงให้เพียงพอ และ สอดคล้องกับพื้นที่ป้องกัน, จัดทำ และฝึกซ้อมแผนระงับเหตุเพลิงไหม้โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากเพลิงไหม้ เช่น ความร้อน หรือ ก๊าซพิษต่างๆ ซึ่งอาจกำหนดบริเวณที่ปลอดภัยในการดับเพลิง และจัดทำแผนอพยพหนีไฟสำหรับพนักงาน และประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากการเกิดเพลิงไหม้ เป็นต้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ศูนย์ข้อมูลกลางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. 2549. **ข้อมูลด้านการป้องกันและบรรเทา  
สาธารณภัย**. แหล่งที่มา: <http://info.thailocaladmin.go.th>, 15 กันยายน 2550.
- ณัฐศักดิ์ บุญมี. 2549. การหาขนาดกริดที่เหมาะสมสำหรับการจำลองเพลิงไหม้ภายในอาคาร.  
**การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20**.  
ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา
- วัฒนา ถาวร. 2546. **โรงต้นกำลังไฟฟ้า**. สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
- Chen-hsin Chang, Davids Banks, Robert N. Meroney., *Computational Fluids  
Dynamics Simulation of the Progress of Fire Smoke in Large Space, Building  
Atria, **Tamkang Journal of Science and Engineering**, Vol. 6 No. 3 pp. 151-  
157(2003)*
- Francois Demouge, Phillippe Formy . 2005. *Benefits of Field Modeling for Smoke Control  
Assessment in Large Volume, **IAFSS Conference 8<sup>th</sup>, 2005***
- George Hadjisophocleous, Yoon J. Ko., ***Using A CFD Simulation In Designing a  
smoke Management System in a Building, *Winter Simulation Conference* ,2006***
- Hietaniemi et al. 2004. **FDS Simulation of the fire spread comparison of model results with  
experiment data**. VTT Working paper 4. Available Source: <http://www.vtt.fi/inf/pdf>,  
September 15, 2005.
- Ian Thomas. 2007. **The Effect of Fuel Quantity and Location on Small Enclosure Fires**.  
*Journal of Fire Protection Engineering*, Vol. 17, No. 2, 85-102 (2007)

Karlsson, B. and J.G. Quintiere. 1999. **Enclosure Fire Dynamics**. CRC Press, Florida.

McGrattan, K. 2005. **Fire Dynamics Simulator (Version 4) Technical Reference Guide**.

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.

McGrattan, K. and G. Forney. 2005. **Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide**.

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.

National Fire Protection and Association. 2548. **Deadliest/large-loss fires** แหล่งที่มา:

<http://www.nfpa.org>, 1 พฤศจิกายน 2550

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

National Fire Protection and Association. 2000. **NFPA 92B Guide for Smoke Management System in Mall, Atria, and Large Areas**.

National Fire Protection and Association. 2002. **NFPA 204 Standard for Smoke and Heat Venting**.

National Fire Protection and Association. 2000. **NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems**.

Versteeg, H.K. and W. Malalasekera. 1995. **An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite volume Method**. Longman Scientific & Technical, Essex.

Wikipedia Free Encyclopedia. 2550. **Smoke Inhalation**. แหล่งที่มา:

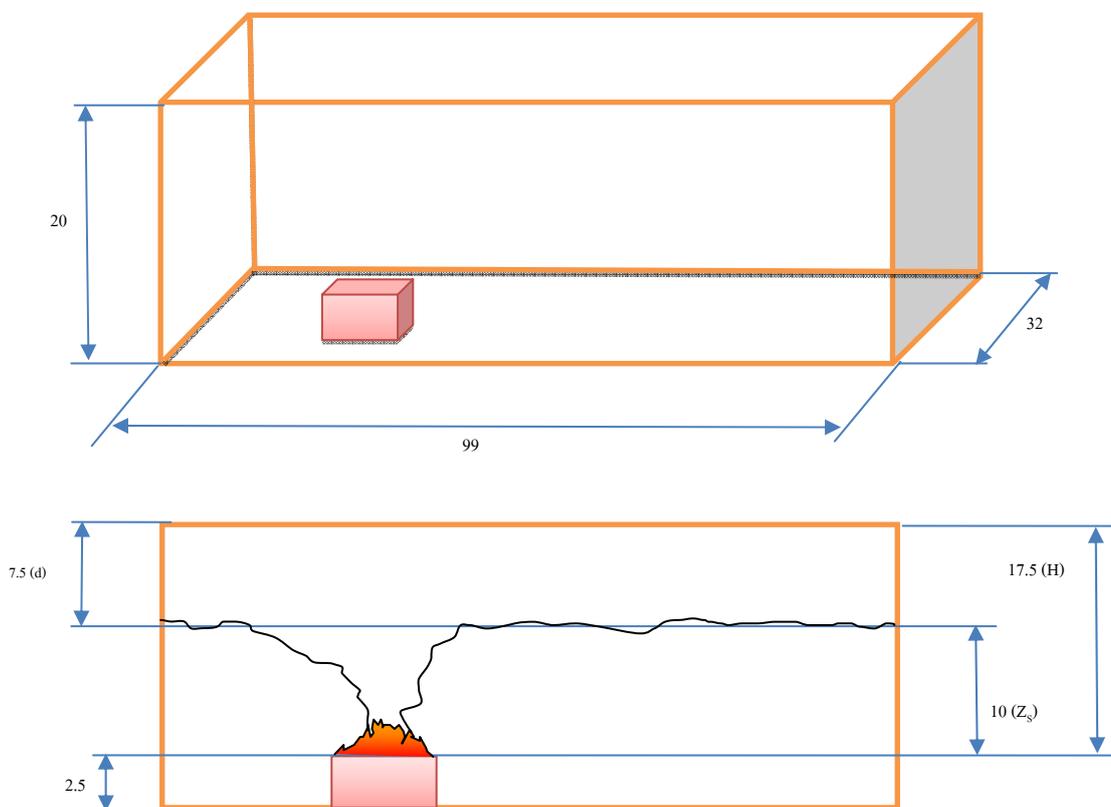
[http://en.wikipedia.org/wiki/Smoke\\_inhalation](http://en.wikipedia.org/wiki/Smoke_inhalation), 15 กันยายน 2550

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

ข้อมูลการออกแบบระบบควบคุมควันไฟ

### รายละเอียดการคำนวณระบบควบคุมควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204



#### ภาพผนวกที่ ก1 แปลนอาคาร โรงไฟฟ้าชั้นที่ 3

กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการคำนวณดังนี้

- ขนาดของกองเพลิงเท่ากับ กว้าง 6 เมตร ยาว 11 เมตร (พื้นที่ 66 ตารางเมตร)
- ค่าอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (HRRPUA) เท่ากับ  $1,985 \text{ kW/m}^2$  (maximum heat release rate of diesel pool fire, Diameter > 3ft)
- ความสูงของควันไฟที่เหนือฐานของกองเพลิง ( $Z_s$ ) เท่ากับ 10 เมตร
- ความหนาของชั้นควันไฟสะสม (d) เท่ากับ 7.5 เมตร
- อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ ) เท่ากับ  $303 \text{ K}$  ( $30^\circ\text{C}$ )
- ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจำเพาะ ( $c_p$ ) เท่ากับ  $1.007 \text{ kJ/Kg.K}$  (ที่อุณหภูมิ  $30^\circ\text{C}$ )
- ค่าความหนาแน่นของของอากาศ ( $\rho_0$ ) เท่ากับ  $1.18 \text{ Kg/m}^3$  (ที่อุณหภูมิ  $30^\circ\text{C}$ )

- ค่าสัมประสิทธิ์ inlet discharge ( $C_{d,i}$ ) และ ค่าสัมประสิทธิ์ vent discharge ( $C_{d,v}$ ) เท่ากับ 0.6

### วิธีการคำนวณ

1. คำนวณหาอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน(heat release rate:  $Q$ )

$$Q = HRRPUA \times A = 1,985 \times (6 \times 11) = 131,010 \text{ kW}$$

2. คำนวณหาอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่สามารถเป็นไปได้  $Q_{feasible}$

$$Q_{feasible} = 12,000(Z_s)^{\frac{5}{2}} = 12,000 \times (10)^{\frac{5}{2}} = 3,794,733 \text{ kW}$$

ค่า  $Q_{feasible} > Q$  ดังนั้นสามารถใช้มาตรฐาน NFPA 204 ในการออกแบบระบบระบายควันไฟได้

3. คำนวณหาขนาดของช่องเปิดระบายควันตามธรรมชาติ(natural vent)

- 3.1 คำนวณหาค่าความสูงของเปลวไฟเฉลี่ย (mean Flame Height : $L$ )

$$L = -1.02D + 0.235Q^{\frac{2}{5}} = (-1.02 \times \sqrt{\frac{66}{4\pi}}) + (0.235 \times 131,010^{\frac{2}{5}}) = 23.84 \text{ เมตร}$$

คำนวณหาอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิง( $\dot{m}_p$ )

เนื่องจากค่าความสูงของเปลวไฟเฉลี่ย ( $L$ ) มีค่ามากกว่าค่าความสูงของชั้นควันไฟ ที่เหนือฐานของกองเพลิง ( $L \geq Z_s$ ) ดังนั้นเราจะสามารถคำนวณอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิงได้จากสมการ

$$\dot{m}_p = 0.0056Q_c \left( \frac{Z_s}{L} \right) = 0.0056 \times 0.7 \times 131,010 \times \left( \frac{10}{23.84} \right) = 215.38 \text{ kg/s}$$

คำนวณหาค่าขนาดของช่องเปิดระบายควัน( $A_v$ )

อาศัยหลักการในการระบายควันไฟที่ว่า การระบายควันจะเข้าสู่ภาวะสมดุล เมื่อ  $\dot{m}_p = \dot{m}_v$  ดังนั้นในการที่จะระบายควันไฟให้หมดเราจะสรุปได้ว่าค่าอัตราการระบายควันไฟของช่องเปิดระบายควัน ( $\dot{m}_v$ ) จะต้องมีค่าเท่ากับ 215.38 kg/s และจากการแทนค่าสมการจะได้

$$\dot{m}_v = 215.38 = \frac{C_{d,v} A_v}{\sqrt{1 + \frac{C_{d,v}^2 A_v^2}{C_{d,i}^2 A_i^2} \left( \frac{T_0}{T} \right)}} \sqrt{(2\rho_0^2 g d)} \sqrt{\frac{T_0(T - T_0)}{T^2}}$$

โดยสามารถหาค่าอุณหภูมิของควันไฟ ( $T$ ) ได้จากสมการ

$$T = T_0 + \frac{KQ_c}{c_p \dot{m}_p} = 303 + \left( \frac{0.5 \times 0.7 \times 131,010}{1.007 \times 215.38} \right) = 514.4 \text{ K}$$

แทนค่าอุณหภูมิของควันไฟ ( $T$ ), ค่าความหนาแน่นของของอากาศ ( $\rho_0$ ), ค่าสัมประสิทธิ์ inlet discharge ( $C_{d,i}$ ) และ ค่าสัมประสิทธิ์ vent discharge ( $C_{d,v}$ ) ลงในสมการจะได้

$$215.38 = \frac{0.6 A_v}{\sqrt{1 + \frac{0.6^2 A_v^2}{0.6^2 A_i^2} \left( \frac{303}{514.4} \right)}} \sqrt{(2 \times 1.18^2 \times 9.81 \times 7.5)} \sqrt{\frac{303 \times (514.4 - 303)}{514.4^2}}$$

และจากการทดลองแทนค่า (interpolate) โดยกำหนดให้ขนาดของช่องเปิดระบายควัน ( $A_v$ ) และ ขนาดของช่องเปิดรับอากาศเข้า ( $A_i$ ) ต้องมีขนาดที่เท่ากัน จะได้ขนาด

$$A_v = A_i = 64.25 \text{ ตารางเมตร}$$

ดังนั้นในการคำนวณระบบระบายควันโดยใช้วิธีการระบายควันไฟโดยธรรมชาติต้องมีขนาดพื้นที่ช่องเปิดระบายควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204 เท่ากับ 64.25 ตารางเมตร และต้องมีช่องเปิดรับอากาศเข้าที่มีขนาด เท่ากับ 64.25 ตารางเมตร

#### 4. คำนวณหาค่าขนาดของพัดลมระบายควันไฟ (mechanical exhaust vents)

4.1 อัตราการระบายควันสูงสุดโดยใช้พัดลมระบายควันโดยไม่เกิดปรากฏการณ์ plugholing ( $V_{\max}$ )

อัตราการระบายควันสูงสุดโดยใช้พัดลมระบายอากาศ โดยไม่เกิดปรากฏการณ์ plugholing สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V_{\max} = 4.16 \gamma d^{\frac{5}{2}} \left( \frac{T_s - T_0}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} = 4.16 \times 1 \times (7.5)^{\frac{5}{2}} \times \left( \frac{514.4 - 303}{303} \right)^{\frac{1}{2}} = 535.28 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

$$V_{\max} = 535.28 \times 211 = 112,945 \text{ cfm}$$

หมายเหตุ  $1 \text{ m}^3/\text{sec} = 211 \text{ cfm}$  และ  $1 \text{ kg}/\text{sec} = 176 \text{ cfm}$

#### 4.2 คำนวณหาค่าอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิง ( $\dot{m}_p$ )

จากการคำนวณก่อนหน้านี้จะได้ค่าอัตราการเกิดควันไฟจากกองเพลิงเท่ากับ

$$\dot{m}_p = 215.38 \times 176 = 37,908 \text{ cfm}$$

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าค่า  $V_{\max} \gg \dot{m}_p$  ดังนั้นในการเลือกขนาดของพัดลมระบายควันจะไม่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ plugholing ซึ่งจากค่าในการคำนวณระบบระบายควันไฟพัดลมระบายควันไฟต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับ 37,908 cfm

รายละเอียดตำแหน่งติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204

1. ขนาดพื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดระบายควัน ต้องมีขนาดไม่เกิน  $2d^2$  ( $d$  คือ ค่าความหนาของชั้นควันไฟสะสม)

$$2d^2 = 2 \times (7.5)^2 = 112.5 \text{ m}^2$$

เพราะฉะนั้นขนาดของช่องเปิดระบายควันต้องมีค่าน้อยกว่า 112.5 ตารางเมตร

2. ในการติดตั้งช่องเปิดระบายควัน ระยะห่างของช่องเปิดระบายควันจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง ( $S$ ) ในแนวความยาว ต้องมีค่าไม่เกิน  $4H$  ( $H$  คือค่าความสูงที่วัดจากฐานของกองเพลิงจนถึงเพดาน)

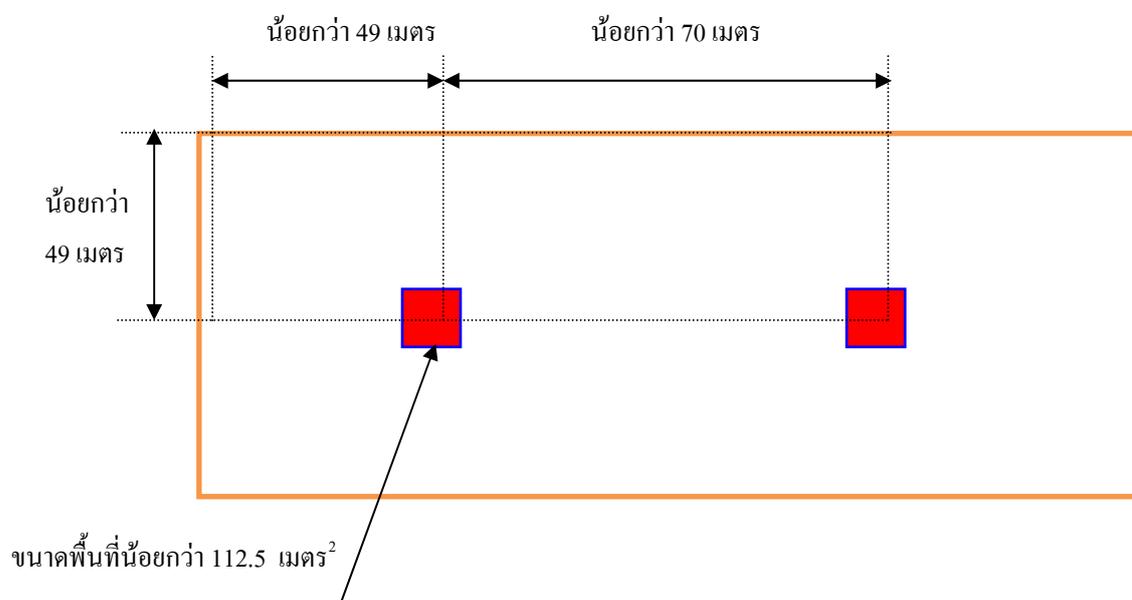
$$4H = 4 \times 17.5 = 70 \text{ m.}$$

เพราะฉะนั้นระยะห่างของช่องเปิดระบายควันจากจุดศูนย์กลางสู่จุดศูนย์กลาง ( $S$ ) ในแนวความยาว ต้องมีค่าไม่เกิน 70 เมตร

3. ในการติดตั้งช่องเปิดระบายควัน ระยะห่างของจุดศูนย์กลางของช่องเปิดระบายควันที่อยู่ใกล้ผนังต้องมีค่าไม่เกิน  $2.8H$

$$2.8H = 2.8 \times 17.5 = 49 \text{ m.}$$

เพราะฉะนั้นระยะห่างของจุดศูนย์กลางของช่องเปิดระบายควันที่อยู่ใกล้ผนังต้องมีค่าไม่เกิน 49 เมตร



ภาพผนวกที่ ก2 แปลนอาคาร โรงไฟฟ้า(top view)

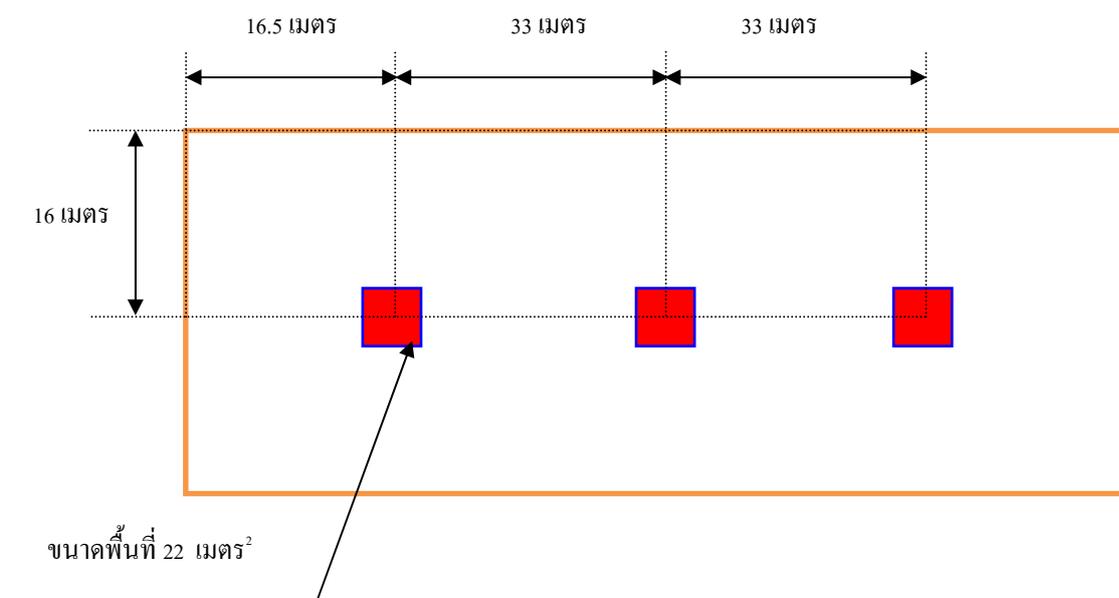
ในการออกแบบช่องเปิดระบายควันไฟภายในโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบของควันไฟได้ทำการออกแบบ 3 รูปแบบ ดังนี้คือ

ตารางผนวกที่ ก1 แบบช่องเปิดระบายควันไฟ

แบบช่องเปิดระบายควัน	จำนวนช่องเปิดระบายควัน	ขนาดพื้นที่ของช่องเปิดแต่ละช่อง (ตร. ม.)	ขนาดพื้นที่ของช่องเปิดรวม (ตร. ม.)	ขนาดของช่องเปิดระบายควัน (กว้างxยาว)
แบบที่ 1	3	22	66	4.69x4.69
แบบที่ 2	4	16	64	4.00x4.00
แบบที่ 3	5	13	65	3.60x3.60

แบบที่ 1

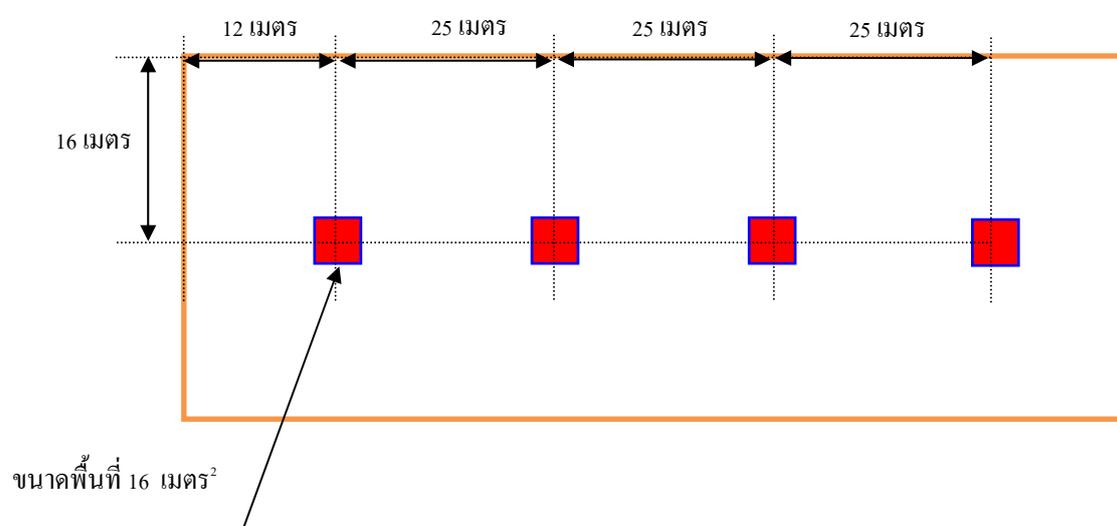
ติดตั้งช่องเปิดระบายควัน จำนวน 3 ช่องเปิด โดยพื้นที่ช่องเปิดระบายควันไฟแต่ละช่องเปิด มีขนาด 22 ตารางเมตร



ภาพผนวกที่ ก3 แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 1

แบบที่ 2

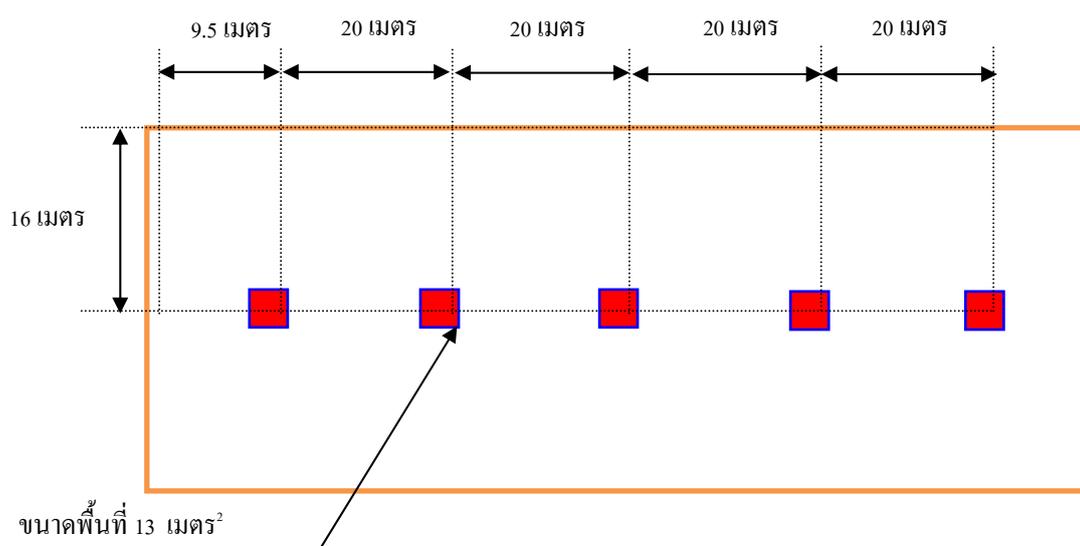
ติดตั้งช่องเปิดระบายควัน จำนวน 4 ช่องเปิด โดยพื้นที่ช่องเปิดระบายควันไฟแต่ละช่องเปิด มีขนาด 16 ตารางเมตร



ภาพผนวกที่ ก4 แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 2

แบบที่ 3

ติดตั้งช่องเปิดระบายควัน จำนวน 5 ช่องเปิด โดยพื้นที่ช่องเปิดระบายควันไฟแต่ละช่องเปิด มีขนาด 13 ตารางเมตร



ภาพผนวกที่ ก5 แบบติดตั้งช่องเปิดระบายควันไฟ แบบที่ 3

### รายละเอียดตำแหน่งติดตั้งพัดลมระบายควันไฟตามมาตรฐาน NFPA 204

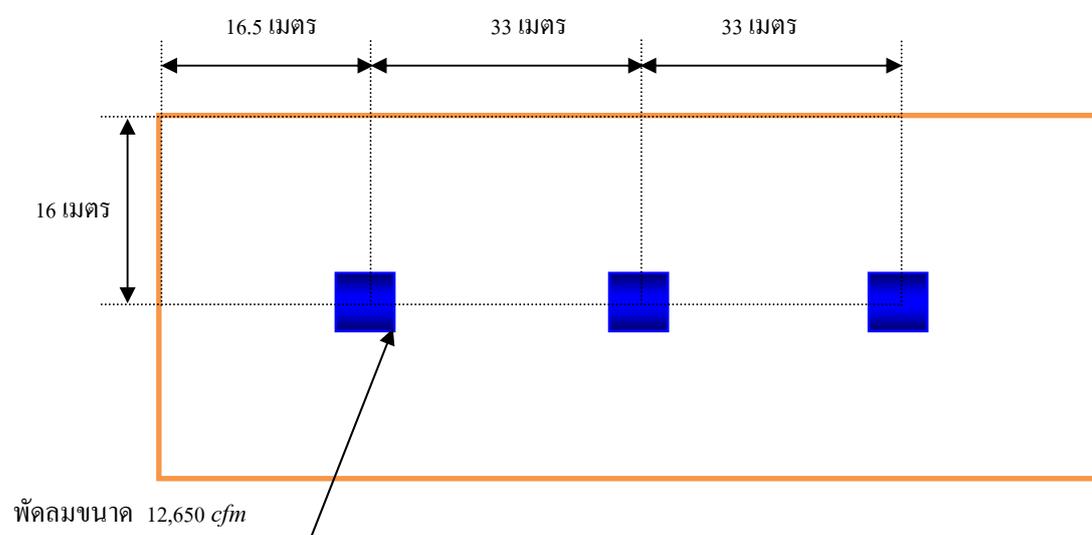
จากค่าในการคำนวณระบบระบายควันโดยใช้พัดลมระบายควันไฟในภาคผนวกที่ผ่านมา พัดลมระบายควันไฟต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับ 37,908 *cfm* ซึ่งในการออกแบบพัดลมระบายควันไฟภายในโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบของควันไฟได้ทำการออกแบบ 3 รูปแบบ ดังนี้คือ

#### ตารางผนวกที่ ก2 แบบพัดลมระบายควันไฟ

แบบพัดลม ระบายควัน	จำนวนพัดลม ระบายควัน	ขนาดพัดลม ระบายควันไฟแต่ละตัว ( <i>cfm.</i> )	ขนาดพัดลม ระบายควันไฟรวม ( <i>cfm.</i> )
แบบที่ 1	3	12,650	37,950
แบบที่ 2	4	9,485	37,940
แบบที่ 3	5	7,590	37,950

#### แบบที่ 1

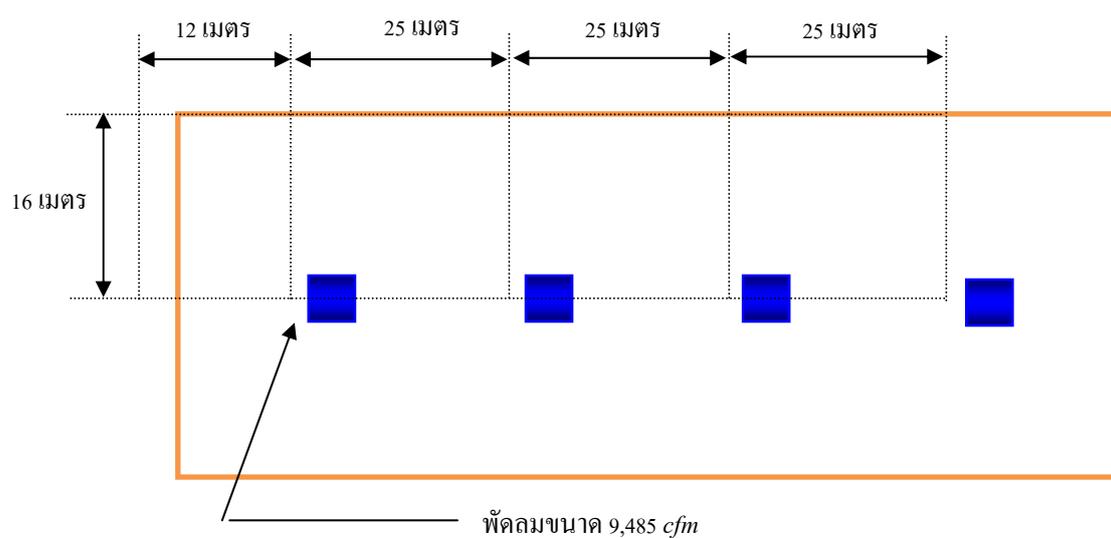
ติดตั้งพัดลมระบายควัน จำนวน 3 ตัว โดยแต่ละตัวมีความสามารถในการระบายอากาศเท่ากับ 12,650 *cfm*



ภาพผนวกที่ 6 แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 1

แบบที่ 2

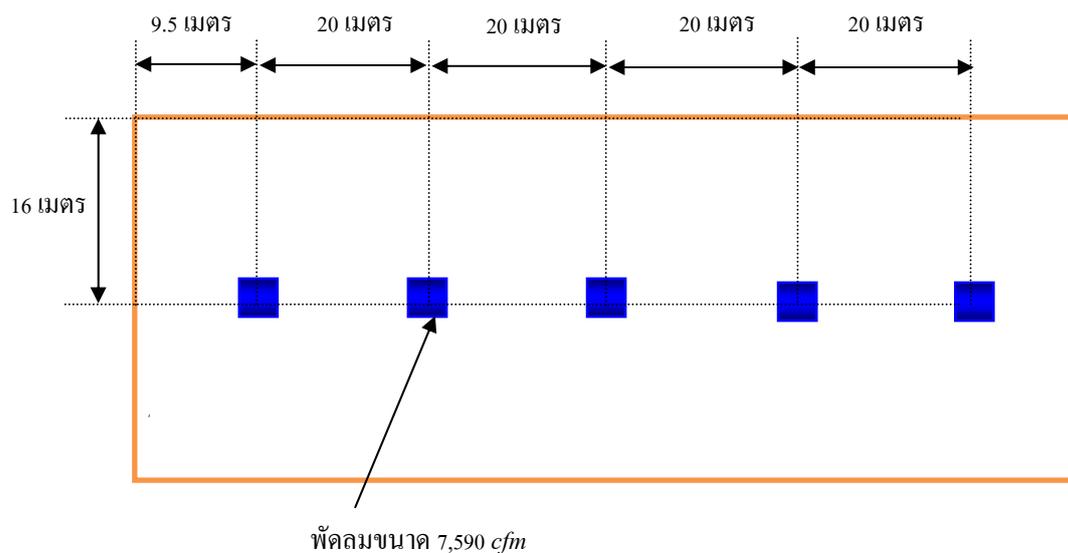
ติดตั้งพัดลมระบายควัน จำนวน 4 ตัว โดยแต่ละตัวมีความสามารถในการระบายอากาศเท่ากับ 9,485 *cfm*



ภาพผนวกที่ 7 แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 2

### แบบที่ 3

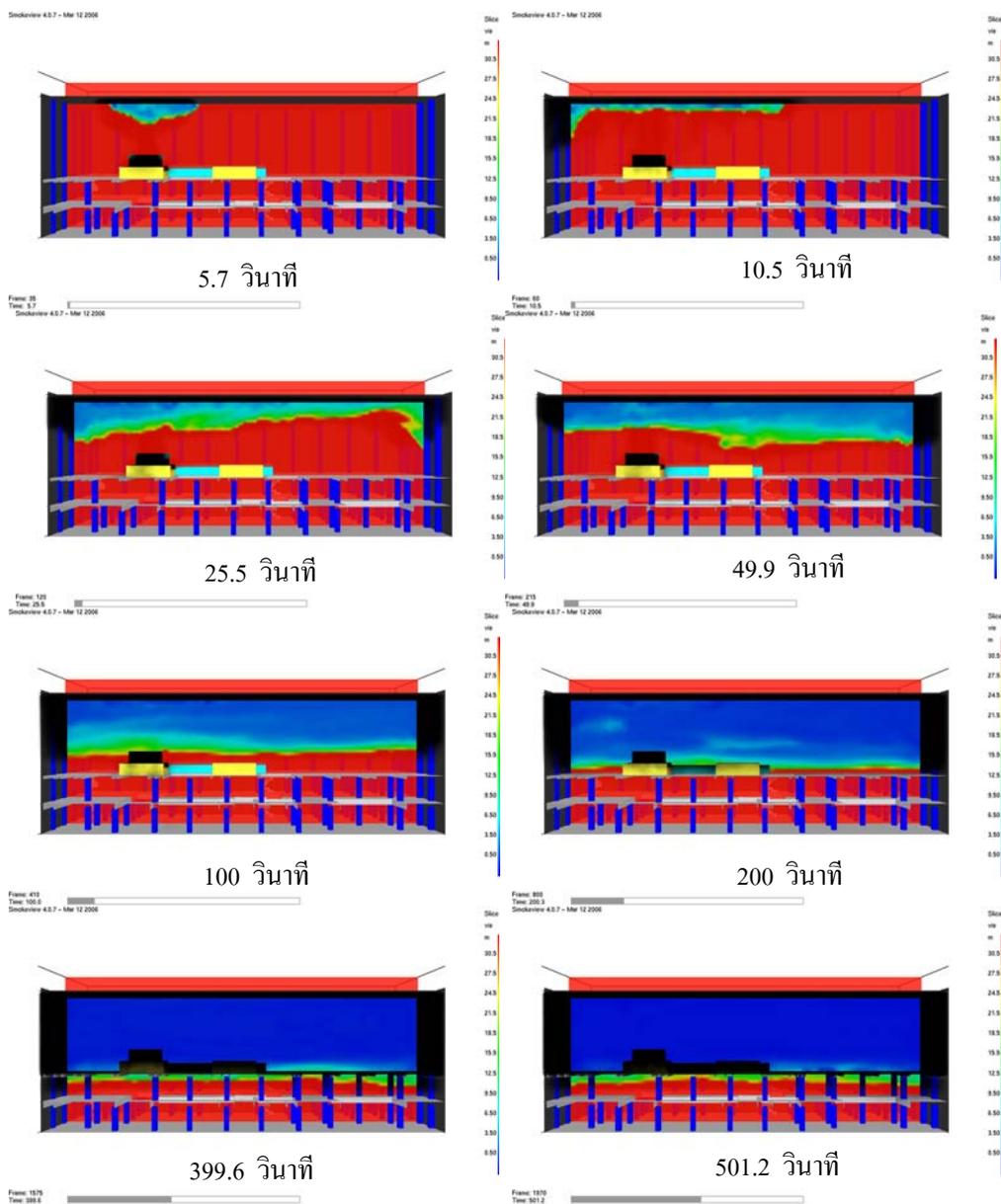
ติดตั้งพัดลมระบายควัน จำนวน 5 ตัว โดยแต่ละตัวมีความสามารถในการระบายอากาศเท่ากับ 7,590 *cfm*



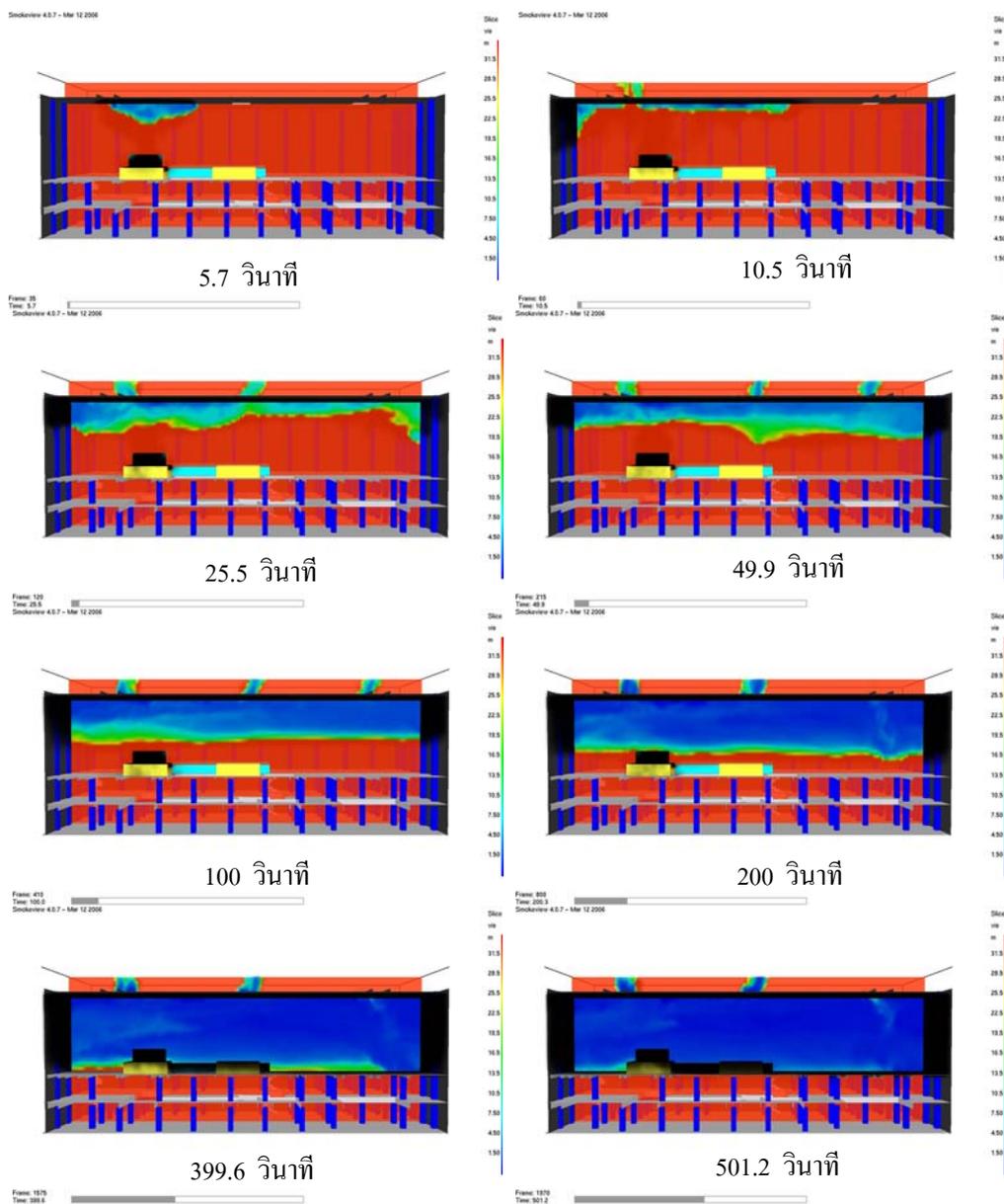
ภาพผนวกที่ 8 แบบติดตั้งพัดลมระบายควันไฟ แบบที่ 3

### ภาคผนวก ข

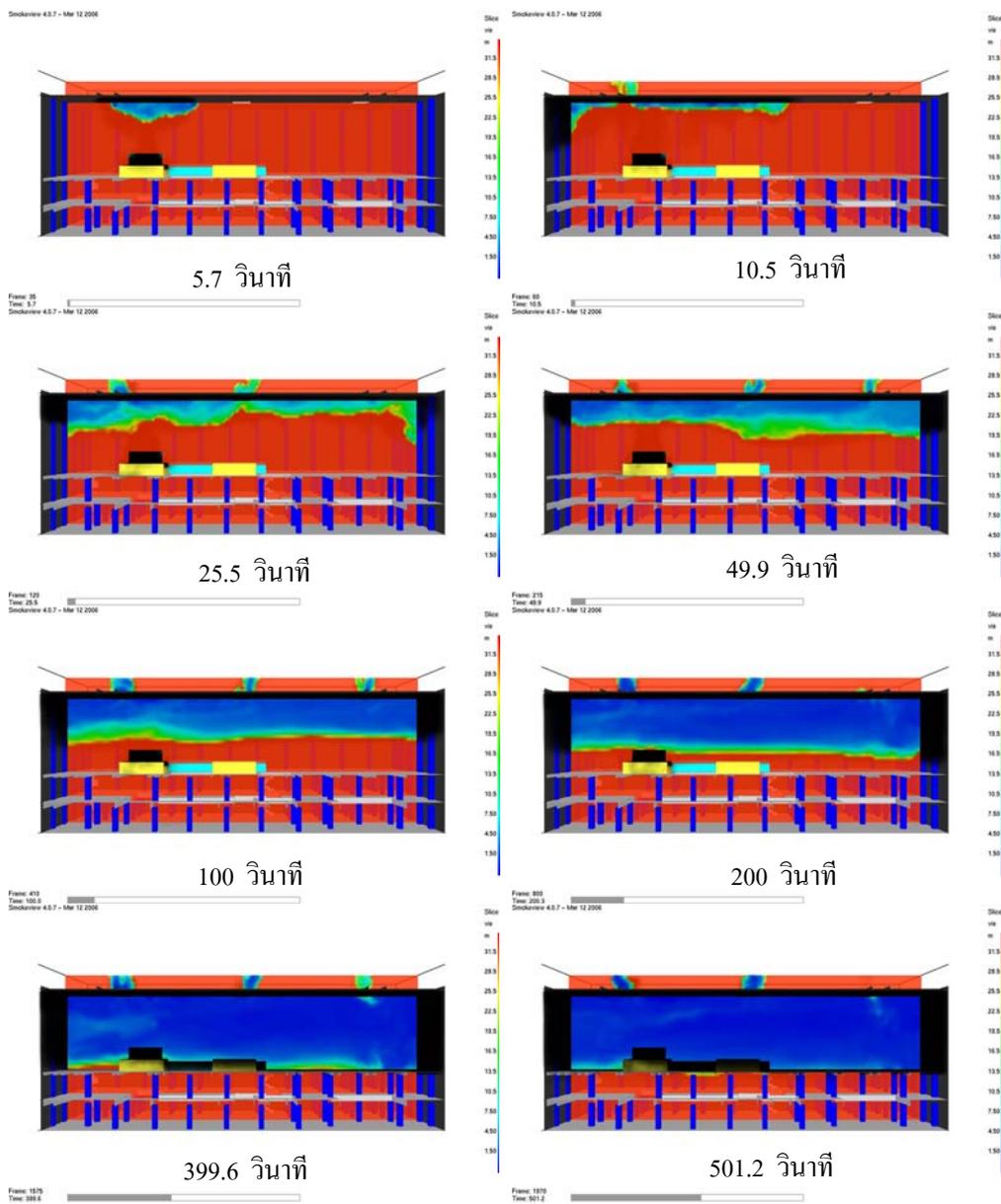
รูปภาพรายละเอียดของระยการมองเห็นและความเข้มข้นของก๊าซ CO



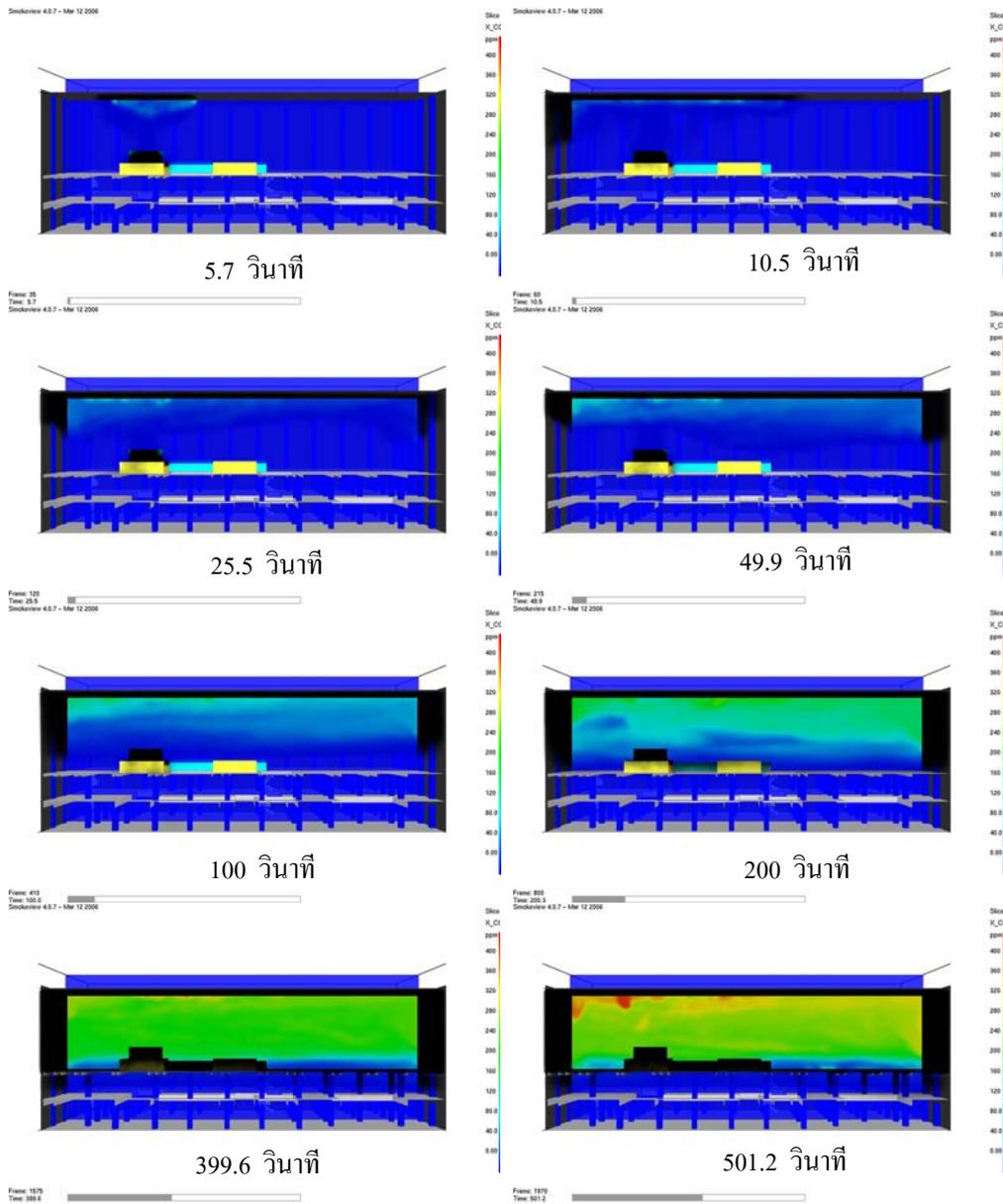
ภาพผนวกที่ ข1 ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควัน



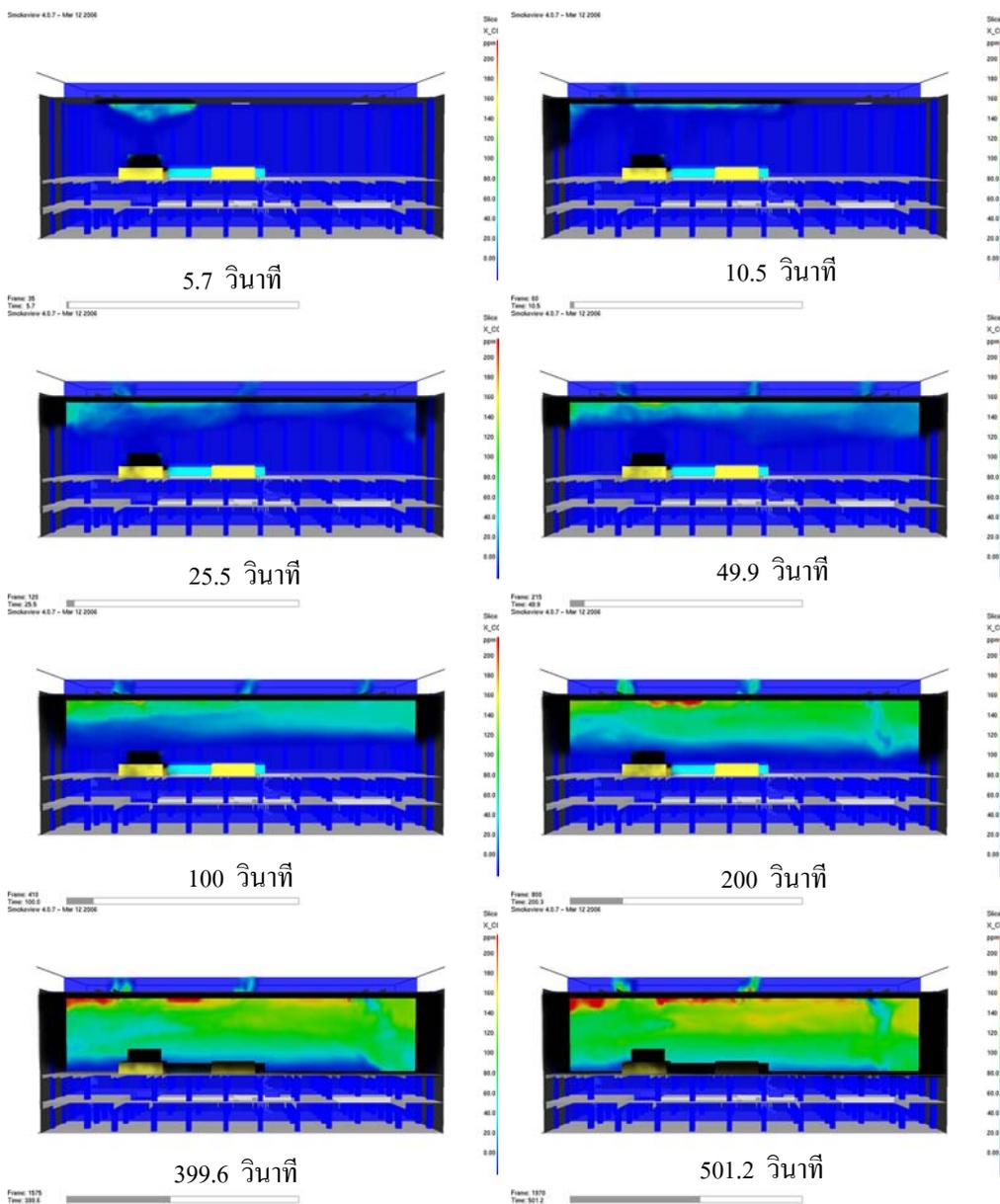
ภาพผนวกที่ ข2 ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 1



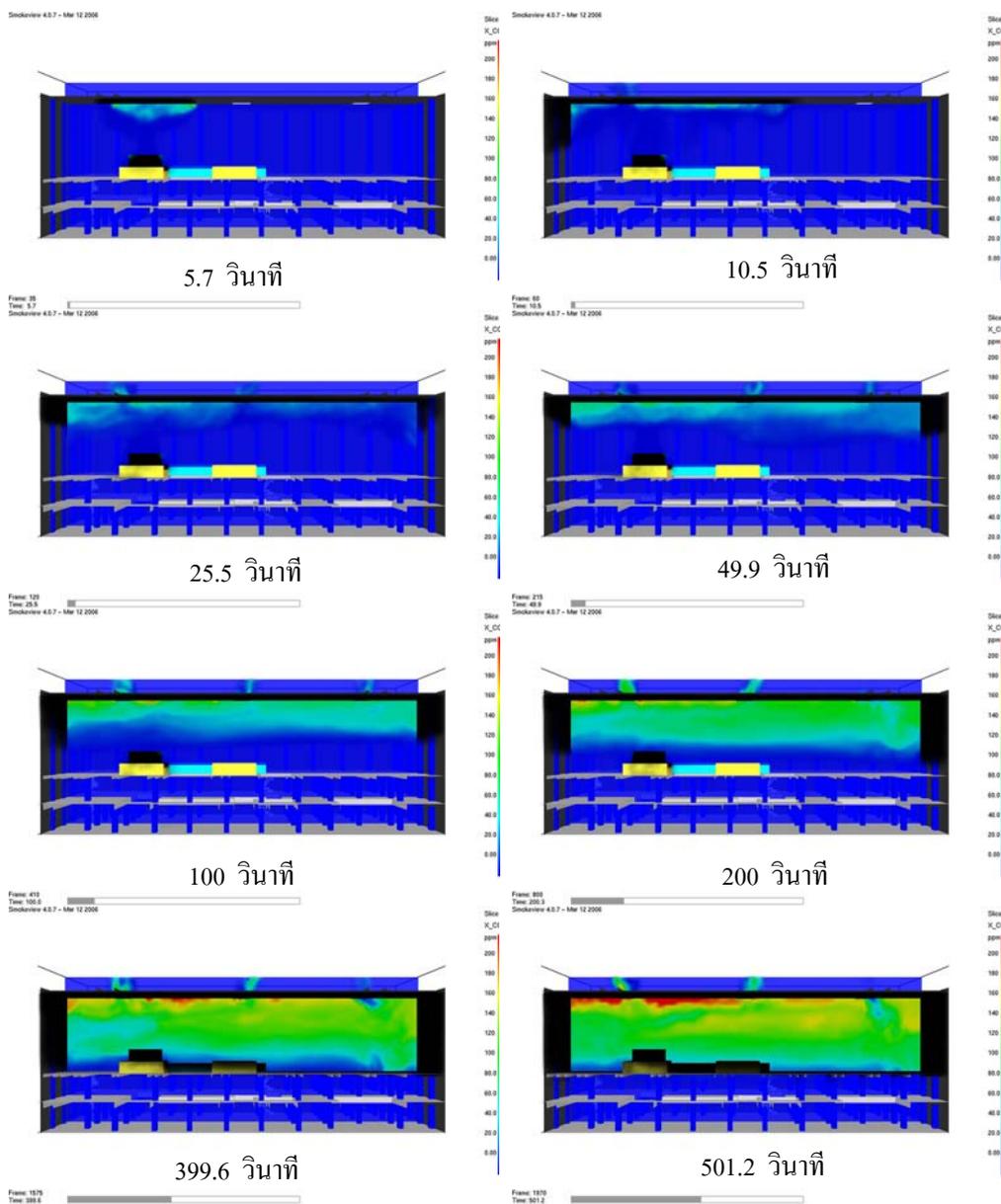
ภาพผนวกที่ ข3 ระยะการมองเห็นภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1



ภาพผนวกที่ ข4 ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีไม่มีระบบระบายควัน



ภาพผนวกที่ ข5 ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้ช่องเปิด แบบที่ 1



ภาพผนวกที่ ๖ ความเข้มข้นของก๊าซ CO ภายในระนาบกึ่งกลางห้อง กรณีใช้พัดลม แบบที่ 1

### ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นายชัยพฤษ์ สุฤทธิกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	2 พฤศจิกายน 2520
สถานที่เกิด	พิจิตร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย