การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร

จรูญ สีสายชล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2563

A Study on the Effect of Water Using for Firefighting in the Building

Jaroon Seesaichon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2020

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร

เสนอโดย จรูญ สีสายชล

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

วิชาเอก การจัดการทรัพยากรอาคาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล นาวงษ์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ....2..... เดือน ..กรกฎาคม..... พ.ศ. ..2563.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร
ชื่อผู้เขียน จรูญ สีสายชล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาการใช้น้ำดับเพลิงภายในอาคารที่มีผลกระทบต่อตัวนักดับเพลิงภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของตัวแปรภายใต้การควบคุมสถานการณ์ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างตัวแปรความร้อนที่มีผลต่อนักดับเพลิงในระหว่างการใช้น้ำในการดับเพลิงในอาคาร 4 รูปแบบ คือ (1) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ (2) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ (3) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว และ (4) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว ผลการวิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิงในรูปแบบต่างๆ พบว่าการการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดลองได้มากที่สุด 11.16% และส่วนที่ 2 การศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิงพบว่าการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 สามารถควบคุมความร้อนมากระทบที่ตัวนักนักเพลิงได้มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 57 °C และอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.10 °C รูปแบบการฉีดน้ำดับเพลิงทั้ง 4 รูปแบบนั้น การฉีดน้ำรูปแบบที่ 1 เป็นการดับเพลิงที่ไม่สามารถเข้าใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ ใช้ในการดับไฟเฉพาะจุด, การฉีดน้ำรูปแบบที่ 2 เป็นการดับเพลิงในอาคารที่ต้องเข้าใกล้จุดต้นเพลิง หรือฉีดเพื่อให้ความร้อนลดลงไม่ให้ลุกลามไปพื้นที่อื่น หรือใช้ทดสอบอุณหภูมิของไฟ, การฉีดน้ำรูปแบบที่ 3 เป็นการดับเพลิงที่ไม่สามารถเข้าไปใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ ใช้ในการสกัดกั้นไฟ ป้องกันการลุกลามของเพลิงไหม้ห้องขนาดใหญ่ และการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 ใช้ในการดับเพลิงที่เข้าดับเพลิงในระยะใกล้และเพลิงไหม้มีการลุกลามจำนวนมาก สามารถลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ทราบว่าการฉีดน้ำในตัวอาคารรูปแบบที่ 4 สามารถลดความร้อนภายในห้องลดลงได้มากที่สุดและมีผลกระทบต่อตัวนักดับเพลิงน้อยที่สุด แต่การใช้น้ำปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาวนั้นมีการใช้ปริมาณน้ำมากกว่าการฉีดน้ำแบบการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ มากถึง 50% ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะสร้าง

ความเสียหายให้แก่พื้นที่เกิดเหตุและทรัพย์สินได้อย่างมากมาย อีกทั้งปริมาณของน้ำที่ใช้ในการดับเพลิงนั้นเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำที่มีความร้อนสูงมากกว่า 100 °C ส่งผลให้ความร้อนภายในห้องและตัวนักดับเพลิงมีความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น ในการดับเพลิงภายในอาคารรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การฉีดน้ำรูปแบบที่ 2 เมื่อพิจารณาเรื่องการใช้น้ำให้น้อยที่สุด เพื่อลดผลกระทบต่างๆที่จะเกิดขึ้น

Thesis Title	A study on the Effect of Firefighters using Water for Fire Fighting in the Building
Author	Jaroon Seesaichon
Thesis Advisor	Asst.Prof. Aumnad Phudungsilp, Ph.D.,Tekn.Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2019

ABSTRACT

This study is the experimental research for study on using water for firefighting in the building which affected the firefighter. For the fire experimental room, the temperature will be set as 600 °C. To search for the reason and its variables, the situational experiments are controlled by the scientific methods using the heat variables affected the firefighter during the use of water in fire building. There are four variable heating types that can be affected to the firefighters in the building as follow: (1) Large Droplets-Short Push; (2) Small Droplets -Long Push; (3) Large Droplets-Long Push; and (4) Small Droplets-Long Push. According to the result, there are two parts to be concluded. Firstly, the result of experimental room with the different ways of water usage is that the fourth type of water usage (4) are the most effective with the decrease of temperature for 11.16 %. Also, this method can reduce the level of heat that has a chance to affect the firefighter by reducing the temperature to 57 °C and the temperature in the fire suit to be 0.10 °C. Indeed, the result from each type of water usage is different. For the first way (1), the firefighter cannot approach too closed to the fire area, so it would be effective in specific area. For the second way (2), it is good for approaching the fire area that is closed to its origin or reducing the temperature to not extend to other areas. For the third (3), it should be used for the area that the firefighter cannot approach, so it is suited to blocking the fire in the huge building that is hard to control. For the fourth one (4), this method is useful when the firefighter has to approach closely and severely, and the temperature can be dropped in the short period. However, the amount of water used for the nozzle to a long range will be more than the short range with 50% increase. With this condition, the asset and areas can be damages by this action, and this amount of water will be transformed to be steam with mor than 100 °C. This impact the higher

accumulative heat and the temperature of firefighter. Therefore, based on the all elements to be considered, the best way will be the second method (2) due to the less usage of water and the other impacts during the experiment.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณที่ให้คำแนะนำ แนวทางในเรื่องต่างๆ จนทำให้ผู้ศึกษาทำการการศึกษาในครั้งนี้ได้อย่างถูกต้องสำเร็จไปด้วยดีและจารึกพระคุณนี้ไว้ในความทรงจำอย่างมิรู้ลืมเลือน นอกจากนั้นขอกราบขอบพระคุณ บริษัท เทรนเนอร์ อิน ไทย จำกัด บริษัท แอนตี้ไฟร์อินดัสตรี จำกัด ศูนย์ฝึกดับเพลิงและกู้ภัย คลองหลวงแพ่ง ซึ่งความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความกรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขและให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ขอขอบคุณทีมครูฝึกสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร ได้แก่ นายสกล ศรีสว่าง นายชาลี ฉายาวรรณ นายยุทธพงษ์ วิสิษฐยุทธศาสตร์ นายอาคม ชุมจีน นายชยันต์ สวัสดี นายนววิธ นวมาลา นายธนศักดิ์ หมัดลัง นายสมโชค หิรัญวงศ์ และนายโกวิทย์ หงษ์จันดา ที่ช่วยในการทดลองและให้คำปรึกษาแนวทางการจัดทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด และนายเกษม รัชตานนท์ นายชัยวิทย์ คุ่ยเจริญ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการจัดเรียงวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์ต่อส่วนรวม ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดาที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูให้การศึกษา ตลอดจนครูบาอาจารย์และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในการวางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

จรูญ สีสายชล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 พัฒนาการของการเกิดเพลิงไหม้..... 4

2.2 มาตรฐานชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง..... 13

2.3 การใช้หัวฉีดน้ำดับเพลิง..... 25

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 49

3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 55

3.1 ประเภทของการวิจัย..... 55

3.2 วิธีการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้..... 56

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 56

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย..... 71

3.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 72

3.6 วิธีวิเคราะห์ผลการวิจัย..... 76

4. ผลการวิจัย..... 77

4.1 การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง ในรูปแบบต่างๆ..... 77

สารบัญ

บทที่	หน้า
4.3 การอภิปรายผล	93
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	96
5.1 สรุปผลการวิจัย	96
5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยและงานวิจัยในอนาคต	97
บรรณานุกรม	99
ภาคผนวก	102
ก ผลการบันทึกอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง และอุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง	103
ประวัติผู้เขียน	112

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 คุณสมบัติกล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR E40..... 59
3.6 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิขนาดเล็ก UT333-BT..... 62
3.3 คุณสมบัติหัวฉีดน้ำดับเพลิงแบบด้ามปืน TFT รุ่น QUADRAFOG W/GRIP 1.5"F..... 64

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 ข้อมูลอัคคีภัยประเทศไทย ปี 2532 – 2561 2

2.1 การลุกลามติดไฟของโมเดลลูกบาศก์ 5

2.2 พฤติกรรมการเกิดเพลิงไหม้ 7

2.3 ภาพการเติบโตของไฟที่สัมพันธ์กับเวลา 8

2.4 ชุดดับเพลิงมาตรฐาน NFPA 1971 13

2.5 ลักษณะชุดดับเพลิง NFPA 1971 และการทดสอบ 15

2.6 ส่วนใช้ลากกู้ภัย/ช่วยชีวิต (DRD) 18

2.7 ชุดดับเพลิงมาตรฐาน EN 469 19

2.8 การทดสอบการถ่ายเทความร้อน (เปลวไฟ) 20

2.9 การทดสอบการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและการต้านทานไอน้ำ 22

2.10 สัญลักษณ์แสดงประสิทธิภาพของชุดดับเพลิง 24

2.11 ภาพการจำกัดทางเดินของน้ำทำให้เกิดรูปแบบฉีดน้ำดับเพลิง 26

2.12 ภาพการหมุนตัวปรับไปข้างหน้าจะได้ฝอยน้ำแคบลงหรือเป็นสายน้ำลำตรง 26

2.13 ภาพการปรับหมุนตัวปรับถอยหลังเข้ามาจะได้ฝอยน้ำกว้างขึ้น 27

2.14 ภาพหัวฉีดน้ำลำตรง และหัวฉีดฝอยละเอียด 28

2.15 ภาพแสดงอัตราไหลของน้ำที่ถูกต้อง 28

2.16 ภาพแสดงอัตราการไหลของน้ำน้อย (ไม่เพียงพอ) 29

2.17 ภาพแสดงอัตราการไหลของน้ำมากเกิน 30

2.18 ภาพแสดงค่าแรงดันหัวฉีดสัมพันธ์กับค่าอัตราไหลของน้ำ 31

2.19 ภาพแสดงการทำงานของหัวฉีดน้ำอัตโนมัติ 32

2.20 หัวฉีดน้ำอัตโนมัติ 34

2.21 ลักษณะวาล์วแบบเลื่อน 35

2.22 ลักษณะวาล์วลูกบอลหรือบอลวาล์ว 36

2.23 รูปแบบการฉีด Narrow pulse techniques 40

2.24 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก 46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.25 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่ หรือลำตรง..... 46
2.26 การฉีดโดยตรง..... 47
2.27 การฉีดโดยอ้อม..... 48
2.28 การฉีดแบบฝอยละเอียด..... 48
2.29 การตรวจสอบอุณภูมิเผาไหม้ด้วยหัวฉีด..... 49
3.1 ห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้..... 56
3.2 ขนาดห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้..... 57
3.3 ภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และระบบท่อจำลองการเกิด Flashover..... 57
3.4 การจำลองปรากฏการณ์ Flashover..... 58
3.5 กล้อง FLIR E40 แสดงผลการบันทึกอุณหภูมิภายในห้องทดลองและ
ที่ชุดดับเพลิง..... 59
3.6 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิขนาดเล็ก UT333-BT..... 62
3.7 หัวฉีดน้ำดับเพลิงแบบด้ามปืน TFT รุ่น QUADRAFOG W/GRIP 1.5"F..... 63
3.8 สายน้ำดับเพลิง..... 65
3.9 เครื่อง The INSIGHT Portable FlowTester with Pressure Meter..... 65
3.10 รถน้ำดับเพลิง..... 66
3.11 ชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง..... 67
3.12 เสื้อดับเพลิง..... 68
3.13 กางเกงดับเพลิง..... 68
3.14 หมวกดับเพลิง..... 69
3.15 ผ้าคลุมศีรษะดับเพลิง..... 69
3.16 ถุงมือดับเพลิง..... 70
3.17 รองเท้าดับเพลิง..... 70
3.18 อุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจ SCBA..... 71
3.19 การเก็บบันทึกข้อมูลอุณหูมิภายในห้องทดลอง..... 73
3.20 การติดเครื่องวัดความชื้นอุณหภูมิขนาดเล็กที่ตัวของพนักงานดับเพลิง..... 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.21 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้น..... 74

3.22 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ……..…… 75

3.23 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว…… 75

3.24 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว……..……. 76

4.1 การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิงในรูปแบบต่างๆ…… 78

4.2 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 1……... 78

4.3 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ……..…… 79

4.4 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 2…….. 80

4.5 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว……. 81

4.6 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 3……...…… 81

4.7 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว……. 82

4.8 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 4……... 83

4.9 แสดงอุณหภูมิภายในห้องทดลองเมื่อทำการฉีดน้ำในรูปแบบต่างๆ…… 83

4.10 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 1…… 84

4.11 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 1…… 85

4.12 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 1…….. 86

4.13 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 2…… 86

4.14 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 2…… 87

4.15 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 2…….. 88

4.16 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 3…… 88

4.17 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 3…… 89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.18 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 3..... 90
4.19 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 4..... 90
4.20 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง
รูปแบบที่ 4..... 91
4.21 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 4..... 92
4.22 การเปรียบเทียบอุณหภูมิความร้อนที่ชุดดับเพลิงภายนอก กับ ชุดดับเพลิง
ภายใน..... 92

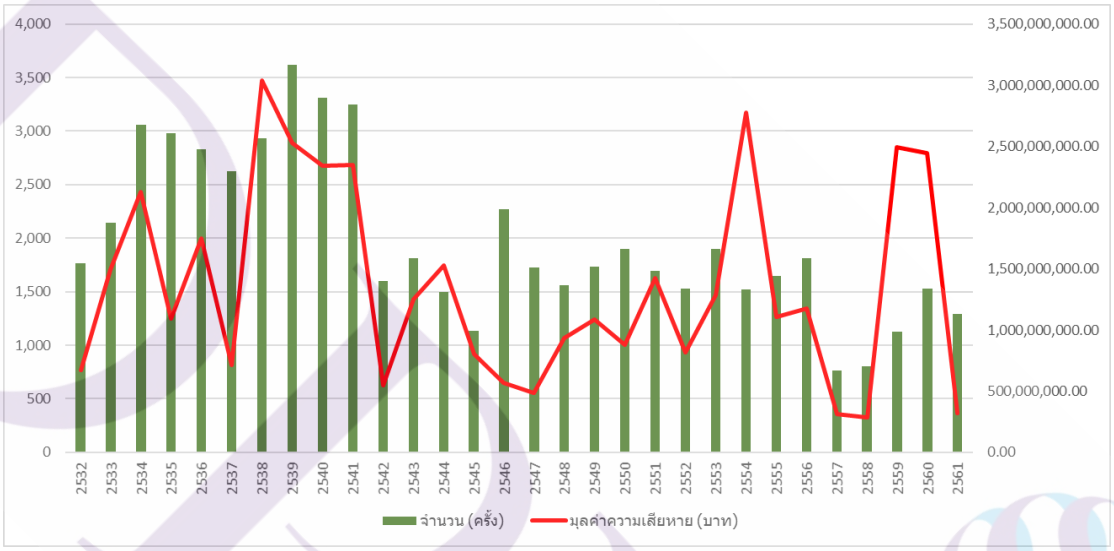
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันจำนวนประชากรได้มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สังคมมีการขยายตัวใหญ่ขึ้น ความเจริญต่างๆ ก็ขยายตัวตามไปด้วยกลายเป็นมหานครขนาดใหญ่ที่เต็มไปด้วยอาคารต่าง ๆ เช่น โรงแรม สำนักงาน อพาร์ทเมนท์ ศูนย์การค้า โรงภาพยนตร์ ฯลฯ หลายครั้งที่เราต้องประสบกับเหตุการณ์อันน่าเศร้าที่เกิดขึ้นในอาคารสาธารณะ อาคารสาธารณะ คืออาคารที่มีคนเป็นจำนวนมากเข้าไปใช้ในแต่ละวัน ดังนั้น ความปลอดภัยและความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากที่สุด ไม่ว่าอาคารเหล่านั้นจะเป็นอาคารประเภทใดหรือมีวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันก็ตาม และได้มีการออกกฎหมายควบคุมอาคารใช้บังคับเฉพาะพื้นที่ที่มีความเจริญและมีการก่อสร้างอาคารแน่นหนา ซึ่งในท้องที่ใดจะประกาศให้เป็นเขตควบคุมอาคารจะต้องตราเป็นพระราชกฤษฎีกา ซึ่งกฎหมายควบคุมอาคารจะดูแลในเรื่องความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัยและการป้องกันอัคคีภัยของอาคาร โดยเฉพาะอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ และอาคารสาธารณะ

สำหรับในเรื่องอัคคีภัยนั้นมีการออกกฎหมายเพื่อใช้ในการควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อลดการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นจากเหตุการณ์เพลิงไหม้อาคารขนาดใหญ่ที่เคยเกิดขึ้นกับประเทศไทยในอดีต เช่น โรงงานตุ๊กตาเคเดอร์ เมื่อ 10 พฤษภาคม 2535 เป็นเหตุให้คนงานเสียชีวิตถึง 200 คน เป็นตัวอย่างของการออกแบบ โดยขาดความรู้เรื่องโครงสร้างอาคารและการจัดทางหนีไฟเพลิงไหม้ โรงแรมรอยัล จอมเทียน รีสอร์ท พัทยา เมื่อ 11 กรกฎาคม 2536 ความเสียหาย ผู้เสียชีวิต 91 คน บาดเจ็บ 53 คน สาเหตุการเสียชีวิตเกิดจากการขาดอากาศหายใจเป็นส่วนใหญ่ และเหตุเพลิงไหม้ซานติก้าผับ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร เกิดขึ้นเมื่อ 1 มกราคม 2552 มีผู้เสียชีวิต 61 คน และบาดเจ็บอย่างน้อย 225 คน เนื่องจากขาดการดูแลระบบอัคคีภัยที่ดี ขาดแผนในการฝึกซ้อมอพยพที่ดี จึงเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตที่เกิดขึ้น ดังนั้น เพื่อป้องกันผลกระทบต่อความเสียหาย จากเหตุไฟไหม้ จึงต้องศึกษาถึงกฎหมาย และมาตรฐานความปลอดภัยของอัคคีภัยที่จำเป็น เพื่อนำความรู้ที่ได้ มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องและให้ได้มาตรฐานต่อไป เพื่อความพร้อมรับมือกับเหตุเพลิงไหม้ที่อาจจะเกิดขึ้น

“ไฟไหม้” หรือ “เพลิงไหม้” นั้น เป็นอันตรายที่อยู่ใกล้ตัวอันดับต้น ๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และมีผู้ได้รับบาด เสียชีวิต รวมทั้งการเกิดเหตุเพลิงไหม้ยังสามารถทำให้เกิดความเสียหายในวงกว้างได้อีกด้วย จากข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2561 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, พ.ศ. 2532-2561) หรือกว่า 30 ปี ประเทศไทยมีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นมากกว่า 58,000 ครั้ง เฉลี่ยปีละ 2,000 ครั้ง ซึ่งหมายความว่าในแต่ละวันจะมีเหตุเพลิงไหม้ถึง 5-6 ครั้ง



ภาพที่ 1.1 ข้อมูลอัคคีภัยประเทศไทย ปี 2532 – 2561

ที่มา : สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2532-2561)

ข้อมูลจากภาพที่ 1.1 ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าถึงแม้เหตุเพลิงไหม้จะลดลง แต่ไม่ได้หมายความว่าความเสียหายจะลดตามไปด้วย เพราะการเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ลดลงนั้นอาจเกิดจากการที่ประชาชนมีความรู้เรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัยเพิ่มมากขึ้น รวมถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ได้ทำให้อาคารและที่อยู่อาศัยมีความปลอดภัยขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการป้องกันและระงับอัคคีภัยสามารถดำเนินการได้ด้วยหลายวิธี เช่น การอบรมให้ความรู้แก่ประชาชนหรือผู้ใช้อาคาร หรือ การออกแบบอาคาร ที่พักอาศัย ที่ปลอดภัยมีระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ แต่เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นการตอบโต้หรือการยับยั้งก็สำคัญเช่นเดียวกัน เพราะหากการเข้าดับเพลิงที่ไม่คำนึงผลกระทบในการเข้าระงับเหตุย่อมส่งผลเสียหายต่อตัวทรัพย์สิน และนัก

ดับเพลิง โดยเฉพาะการใช้น้ำในการดับเพลิง หากการใช้น้ำนั้นไม่ได้ประเมินหรือวางแผนการใช้น้ำย่อมส่งผลกระทบต่อการเข้าระงับเหตุ

การดับไฟภายในอาคาร เป็นการดับเพลิงที่มีความเสี่ยงและอันตรายอยู่มาก อาทิ ความร้อนจากเปลวไฟ กลุ่มควันที่ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นลดลงจนแทบมองไม่เห็น และยังมีกลุ่มแก๊สพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ รวมถึงอันตรายจากการหัก การพังทลายของโครงสร้างอาคารและสิ่งของที่จะกระทบต่อพนักงานดับเพลิง ทั้งหมดนี้คือภยันอันตรายในการดับเพลิงภายในอาคารที่นักดับเพลิงต้องเผชิญในการปฏิบัติงาน จึงทำให้การดับเพลิงเน้นการควบคุมความเสียหายโดยรอบมากกว่าการดับเพลิงที่ต้นเหตุ ซึ่งหากพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการดับเพลิง การดับเพลิงที่ดีที่สุดคือ การดับเพลิงที่ต้นเหตุ พนักงานดับเพลิงที่เข้าไปดับเพลิงภายในอาคารนั้นจึงจะต้องมีทักษะ ความชำนาญ เทคนิคในการดับเพลิง และที่ขาดไม่ได้คืออุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบผลนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลกระทบการใช้น้ำดับเพลิงภายในอาคารที่มีผลกระทบต่อนักดับเพลิงภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้
2. เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้และภายในชุดดับเพลิงของพนักงานดับเพลิง เพื่อหาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในการฉีดน้ำในรูปแบบต่าง ๆ
3. ศึกษาการขยายตัวของน้ำที่ส่งผลกระทบต่ออุณภูมิภายในห้องและปริมาตรของน้ำในการแพร่กระจายจากการใช้น้ำในการดับเพลิง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบผลกระทบและข้อควรระวังในการใช้น้ำในการดับเพลิงในอาคาร
2. เพื่อให้นักดับเพลิงได้กำหนดวิธีการดับเพลิงที่เหมาะสมในการเข้าระงับเหตุ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร เพื่อศึกษาผลกระทบต่อจากการใช้น้ำที่มีผลต่อนักดับเพลิง ผู้วิจัยได้สรุปแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 พัฒนาการของการเกิดเพลิงไหม้

2.2 มาตรฐานชุดดับเพลิง

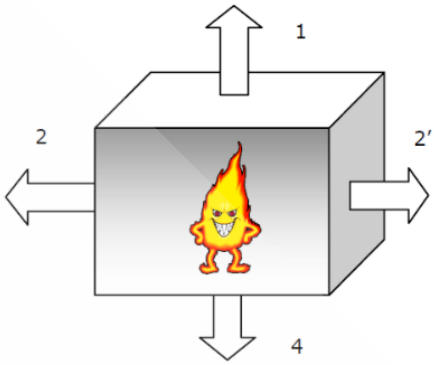
2.3 การใช้หัวฉีดน้ำดับเพลิง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พัฒนาการของการเกิดเพลิงไหม้

การพัฒนาของไฟ (Fire Development) หมายถึง การเริ่มขยายตัวของไฟไปจนถึงการมอดของไฟเป็นปฏิกิริยาทางเคมีและฟิสิกส์ ในการศึกษาเรื่องไฟจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจ เพราะไฟเป็นสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาหรือมีพลวัต (Dynamic) อยู่ตลอดเวลา เมื่อทำการศึกษา พบว่าไฟมีพฤติกรรมการเกิดไปจนถึงดับว่าเป็นอย่างไร และมีอะไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อที่จะนำไปหาวิธีป้องกันและคุ้มครองอันตรายจากอัคคีภัยต่อไป

ไฟลุกลามปกติเมื่อช่องโหว่เกิดขึ้นจะเรียกว่าโมเดลลูกบาศก์ หากผนังช่องทั้งหมดเท่ากัน ผนังแรกที่เจาะจะเป็นเพดานเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้น การแพร่กระจายของไฟที่มีโอกาสน้อยกว่านั้นคือแนวนอนซึ่งเป็นการเจาะกำแพง และการแพร่กระจายของไฟที่อาจเกิดขึ้นได้น้อยลงก็คือการแพร่กระจายลงไปตามพื้นขึ้นอยู่กับวัสดุ



ภาพที่ 2.1 การลุกลามติดไฟของโมเดลลูกบาศก์

ที่มา : TACTICAL FIREFIGHTING A COMPREHENSIVE GUIDE TO COMPARTMENT FIREFIGHTING & LIVE FIRE TRAINING (CFBT)

อุณหภูมิเมื่อเทียบกับช่วงเวลาของไฟไหม้ห้องปกติ สามขั้นตอนของไฟที่แตกต่างสามารถแยกแยะความแตกต่างคือระยะการเจริญเติบโตช่วงสถานะคงที่และระยะสลายตัว ในช่วงแรกของการเกิดเพลิงไหม้ในช่วงที่เชื้อเพลิงและออกซิเจนแทบจะไม่ จำกัด คือช่วงการเจริญเติบโต มีลักษณะเฉพาะด้วยอัตราการปลดปล่อยความร้อนเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ระยะกลางของไฟคือสถานะคงที่ มีอัตราการปล่อยความร้อนซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนผ่านจากระยะการเจริญเติบโตไปสู่สถานะคงที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อเชื้อเพลิงหรือออกซิเจนเริ่มถูกจำกัด ขั้นตอนสุดท้ายของการเกิดเพลิงไหม้คือระยะสลายตัว (Decay Phase) ซึ่งมีอัตราการปล่อยความร้อนอย่างต่อเนื่องซึ่งนำไปสู่การดับเพลิงอันเนื่องมาจากการหมดไปของเชื้อเพลิงหรือออกซิเจน

โดยปกติแล้ว Flashover จะเป็นจุดสูงสุดของระยะการเจริญเติบโตของไฟและเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพดานสูงถึง 500-600 °C ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีอยู่ในห้องและการจัดเรียงทางเรขาคณิต หลังจาก Flashover เกิดขึ้นอุณหภูมิห้องจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 1,000 °C

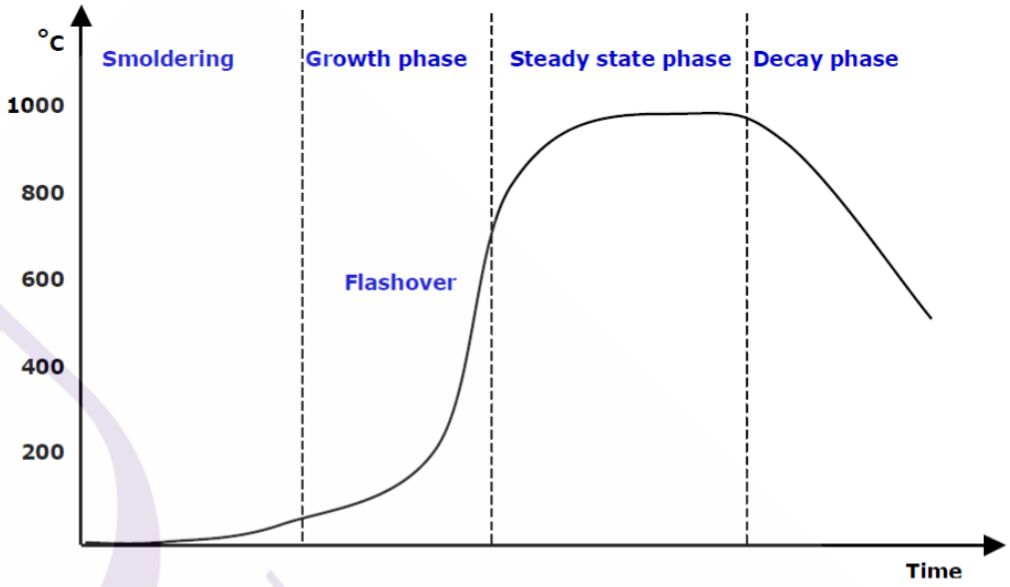
จากความร้อนที่แผ่รังสีจากไฟ แต่ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ของก๊าซและควันที่ผลิตทำให้เริ่ม Pyrolisation เพื่อระเหยหรือให้ความร้อนเกินจุดติดไฟ เมื่อถึงจุดหนึ่งผลกระทบนี้จะทำให้เกิดวาบไฟตามทางในการเผาทั้งห้องในเปลวไฟและกระจายไฟอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงสภาวะควบคุมการระบายอากาศ เมื่อมาถึงจุดนี้การเติบโตของไฟช้าลงโดยจำกัดการรับออกซิเจน อย่างไรก็ตามหาก

ไฟไหม้รั่วไหลออกมาที่ผนังห้องแหล่งเชื้อเพลิงและออกซิเจนใหม่จะช่วยให้อัตราการเติบโตของไฟเพิ่มขึ้น

ลักษณะเพลิงไหม้จริงภายในห้องในช่วงเริ่มต้น ซึ่งจำกัดการลุกไหม้เฉพาะตำแหน่งต้นเพลิงโดนอาศัยออกซิเจนจากอากาศภายในห้อง รวมทั้งจากอากาศภายนอกห้องที่ถ่ายเทผ่านช่องเปิด ก๊าซร้อนและควันจากการลุกไหม้พวยพุ่งขึ้นเป็นชั้นอากาศร้อนบริเวณฝ้าเพดานภายในห้องซึ่งจะมีขนาดและค่าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากการลุกลามของเพลิงไหม้ นอกจากนี้ เมื่อลำของก๊าซร้อนและควันจากการลุกไหม้กระทบบริเวณพื้นผิวของฝ้าเพดาน ส่งผลกระทบให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนหรือระบบหัวจ่ายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงทำงาน

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ต่อเนื่องจนชั้นของควันและก๊าซร้อนที่สะสมบริเวณฝ้าเพดานเพิ่มปริมาตรมากขึ้นและระดับของแนวเชื่อมต่อระหว่างชั้นอากาศร้อนด้านบนกับชั้นอากาศเย็นด้านล่างลดต่ำลงกว่าระดับความสูงของช่องเปิดภายในห้อง ซึ่งชั้นของควันและก๊าซร้อนจะเริ่มไหลออกจากห้องผ่านช่องเปิดดังกล่าว ในขณะที่อากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกห้องจะไหลเวียนกลับเข้าแทนที่ส่งผลให้เกิดการลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่จำกัดการไหลเวียนของอากาศผ่านช่องเปิดอาจส่งผลให้เพลิงมอดและดับลงเนื่องจากขาดออกซิเจนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการลุกไหม้ (Grimwood and Desmet, 2003)

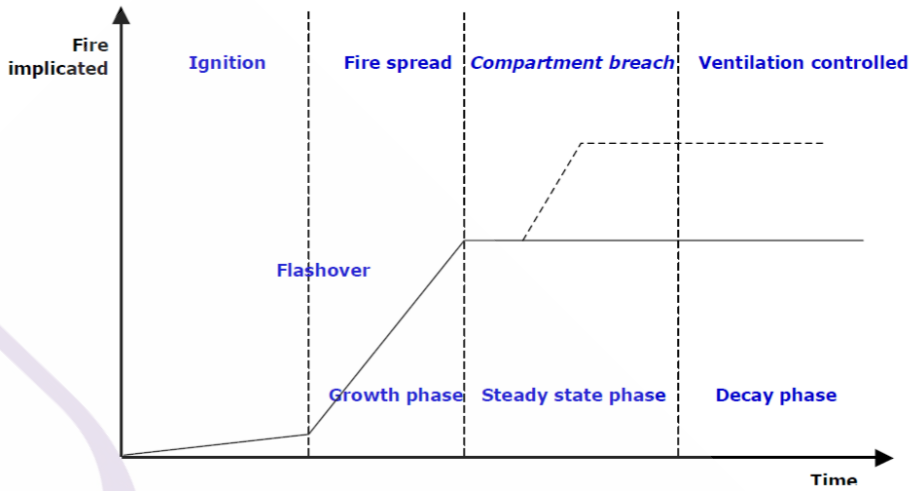
การสะสมของควันและก๊าซร้อนส่งผลให้ค่าอุณหภูมิและการแผ่รังสีของชั้นอากาศร้อนภายในห้องเพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลให้พื้นผิวของวัสดุที่ติดไฟได้ (Combustible Material) ภายในห้องเกิดการลุกไหม้ทั้งหมดส่งผลให้ค่าอุณหภูมิและอัตราการปลอดปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) จากเพลิงไหม้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเรียกเหตุการณ์ดังกล่าวว่า Flashover โดยปกติจุดวาบเพลิงจะเกิดขึ้นเมื่อค่าอุณหภูมิของชั้นอากาศร้อนสูงถึงประมาณ 600 °C และฟลักซ์การแผ่ร้อนสีความร้อน (Radiant Heat Flux) ที่ระดับพื้นภายในห้องมีค่าประมาณ 20 กิโลวัตต์ / ตารางเมตร (kW/m^2) (ธัญวัฒน์ โพธิศิริ, 2556)



ภาพที่ 2.2 พฤติกรรมการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา : TACTICAL FIREFIGHTING A COMPREHENSIVE GUIDE TO COMPARTMENT FIREFIGHTING & LIVE FIRE TRAINING (CFBT)

การใช้ข้อมูลนี้เพื่อควบคุมแนวคิดการป้องกันไฟไหม้สามารถช่วยลดการป้องกันได้ซึ่งสามารถนำไปใช้ในระดับการเติบโตของไฟที่แตกต่างกัน การป้องกันการจุดระเบิดสามารถทำได้โดยการกำจัดพลังงานหรือแหล่งกำเนิดประกายไฟ (เช่นการห้ามสูบบุหรี่) การดูแลวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย (เช่นการใช้วัสดุติดไฟในเบาะ ฯลฯ) ระยะการเจริญเติบโตของไฟสามารถชะลอตัวลงได้โดยการติดตั้งการดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบตรวจจับอัคคีภัยอัตโนมัติตามด้วยการตอบกลับครั้งแรกภายในพื้นที่ โดยใช้วัสดุที่ จำกัด การแพร่กระจายของไฟ โดยการติดตั้งเครื่องดูดควันและความร้อนอัตโนมัติหรือโดยการจัดเก็บของเหลวไวไฟในตู้เสื้อผ้าที่ปลอดภัยจากอัคคีภัย ฯลฯ การรั่วไหลของไฟสามารถชะลอได้โดยใช้ประตูทนไฟพิเศษหรือใช้วัสดุก่อสร้างที่ทนไฟสูง โดยปกติการลุกไหม้ของไฟจะถูกขัดขวางโดยแผนกดับเพลิงที่มาถึงจุดเกิดเหตุ



ภาพที่ 2.3 ภาพการเติบโตของไฟที่สัมพันธ์กับเวลา

ที่มา : TACTICAL FIREFIGHTING A COMPREHENSIVE GUIDE TO COMPARTMENT FIREFIGHTING & LIVE FIRE TRAINING (CFBT)

การลุกไหม้ขึ้นอยู่กับการไหลเข้าหรือปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในห้องไฟจุดเริ่มต้นสามารถพัฒนาเป็นวาบไฟตามที่อธิบายไว้ข้างต้น แต่มันก็อาจจะดับอย่างช้าๆ อันเป็นผลมาจากการขาดออกซิเจน การขาดการไหลของออกซิเจนในห้องนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการก่อสร้างความร้อนที่ทันสมัยโดยใช้กระจกสองชั้นหรือสามชั้นซึ่งมักจะรักษาโครงสร้างของมันให้ดีในระหว่างเกิดไฟไหม้

การเกิดปรากฏการณ์ Flashover (แฟลชโอเวอร์)

Flashover หมายถึงการเกิดวาบไฟพร้อมกัน แสงจากการวาบไฟ ควันและความร้อนเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ ความร้อนจะถูกสะสมที่พื้นที่ใต้แนวเพดาน อุณหภูมิจะสูงขึ้นพื้นที่บริเวณส่วนบนจะเริ่มแผ่รังสีความร้อนลงสู่ด้านล่าง ทำให้ส่วนประกอบต่างๆภายในห้องร้อนขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้น “จุดติดไฟได้ด้วยตัวเอง” (Ignition Temperature) ของสารต่างๆภายในห้องจะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้นมาใหม่อีก ทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจากจุดเริ่มต้นของไฟ ในขณะที่ส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องคายไอระเหยออกมา ความร้อนภายในห้องจะเพิ่มขึ้น การคายไอระเหยร้อยก็จะเพิ่มมากขึ้นไปอีก ส่งผลให้ห้องทั้งห้องและส่วนประกอบต่างๆ ภายในห้องลุกไหม้ขึ้นพร้อมๆกัน ในเวลาอันสั้น ถ้านำภาพการลุกไหม้ดังกล่าวมาทำเป็นภาพช้า จะเห็นว่าการลุกไหม้ดังกล่าวไม่ได้

เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่เป็นการลุกไหม้แบบทันทีทันใด ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็น นักดับเพลิงจำเป็นต้องเรียนรู้และสังเกตพฤติกรรมของไฟ เพื่อให้สามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงอันตรายที่ส่งผลกระทบกับชีวิตได้

Fire Gas Ignition

Fire Gas Ignition เป็นการจุดระเบิดของไฟจากไอระเหย ปฏิกิริยาดังกล่าวโดยมากเกิดจากสาเหตุการนำพาเปลวไฟไปยังไอระเหยที่มีส่วนผสมของก๊าซอยู่แล้วและส่วยดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอต่อการจุดติดเกิดขึ้น และสภาวะการที่ความร้อนสามารถส่งผ่านจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งได้จนเกิดสภาวะการจุดติด การรั่วไหลของไอระเหย ไอระหยของไฟสามารถไหลผ่านท่ออากาศ ช่องชาร์ฟ ไปยังห้องอื่นได้เช่นกัน ไอระเหยของไฟสามารถสะสมอยู่ทุกที่ของโครงสร้างอาคาร เช่นฝ้าเพดาน ใต้บันได สภาวะเช่นนี้ไม่ต้องการอากาศเข้ามาเติมเพิ่มเพื่อการเผาไหม้ เนื่องจากไฟมีไอระเหยและส่วนผสมที่พร้อมจุดติดหรือระเบิดทันทีที่มีประกายไฟ

การเกิดปรากฏการณ์ Backdraft (แบคดรัฟท์)

Backdraft เป็นการระเบิดหวนกลับเนื่องจากอากาศวิ่งเข้าหาเชื้อเพลิงที่เป็นไฟหรือควัน ในบางครั้งเรียกว่า Smoke Explosion (การระเบิดของควัน) เป็นปรากฏการณ์ที่ควันเกิดการลุกไหม้อย่างลวดเร็วซึ่งบางครั้งทำให้เกิดความสับสนกับคำว่า Flashover ซึ่งทั้งสองปรากฏการณ์นั้นไม่เหมือนกัน

เมื่อเกิดการลุกไหม้ สารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนแปลงรูปออกเป็นคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ แต่หากมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นแทนที่จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ จะเกิดเป็นสารประกอบคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ไม่เสถียรขึ้นแทน กระบวนการดังกล่าวจึงยังไม่มีองค์ประกอบของการเกิดไฟอีก 2 อย่างคงเหลืออยู่ ได้แก่ เชื้อเพลิงที่เป็นควันและไอ และความร้อน

การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณของออกซิเจนลดน้อยลง ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้จากสีของเปลวไฟที่เปลี่ยนไป เมื่อมีออกซิเจนในปริมาณที่เหมาะสมเปลวไฟจะมีสีเหลืองสว่าง เมื่อมีออกซิเจนลดน้อยลงสีของเปลวไฟจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีส้ม ส้มแก่ และเป็นสีแดง เมื่อมีปริมาณออกซิเจนต่ำมากไฟจะเริ่มดับด้วยตัวเองได้เนื่องจากการขาดออกซิเจน

Backdraft บางประเภทเกิดขึ้นกับเพลิงไหม้ที่นักดับเพลิงไม่ได้ทำการระบายควันเมื่อถึงที่เกิดเหตุ ความรุนแรงและความเสียหายที่เกิดขึ้นจะขึ้นโดยตรงกระจก หรือ ผนัง ทั้งหมดนี้เนื่องมาจากปริมาณความร้อนและความดันภายในอาคาร จะสังเกตเห็นควันไหลเข้า – ออก ตามช่องเปิดต่างๆ ตามกระจกหน้าต่างจะมองเห็นควันดำ และในขณะนั้นห้องทั้งห้องจะเต็มไปด้วยความร้อนคาร์บอนมอนอก

ไซด์ และไอระเหยอื่นๆ ดังนั้นเมื่อเปิดประตูเข้าไป ควันภายในจะพุ่งออกมาเนื่องจากภายในมีความดันสูงกว่า อากาศเย็นจากภายนอกจะถูกดูดเข้าไปภายในอาคาร โดยอากาศที่เย็นกว่าจะอยู่บริเวณด้านล่างของห้อง จึงเกิดการผสมระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ กับอากาศดีจากภายนอก (มีออกซิเจน 21 %) ซึ่งจะค่อยๆไหลเข้าสู่จุดกำเนิดไฟ ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น จึงอาจเปรียบเทียบได้เหมือนกับเป็นอุโมงค์ของอากาศเย็นและดีที่วิ่งเข้าหาไฟ จะสังเกตเห็นฐานของควันจะลอยสูงขึ้นจากพื้น และก่อนจะเกิดการจุดติดจะเห็นไฟวิ่งอยู่ระดับพื้นต่ำกว่าระดับควัน เมื่อควันลอยสูงขึ้นอีก 1 –2 นิ้ว ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์กับคาร์บอนมอนอกไซด์ ผสมกันมากขึ้นซึ่งเมื่อก๊าซผสม (ที่ CO14. –74 %) นี้ไหลไปถึงเปลวไฟ ทำให้องค์ประกอบของไฟครบ 3 อย่าง ทำให้เกิดการจุดติดขึ้นมา การลุกไหม้จะเริ่มที่ฐานของไฟใต้ควันแล้วย้อนกลับไปตามทิศทางที่อากาศเข้ามา ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเร็วมากจึงดูเสมือนการระเบิด การเผาไหม้ทำให้เกิดความร้อน ทำให้อากาศเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ความดันสูงนี้อาจทำให้กระจกหน้าต่างแตก ผนังล้ม ความรุนแรงของการเกิด Backdraft จึงขึ้นกับปัจจัยหลายๆ อย่าง

เงื่อนไขและความแตกต่างของผลที่เกิดขึ้นจากการเกิด Backdraft 2 ประเภท

(1) ระยะทางที่อากาศเดินทางเข้าถึงแหล่งกำเนินไฟสั้น บรรยากาศภายในเต็มไปด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่ออากาศดีไหลเข้าสู่กรวยความร้อน ออกซิเจนจะถูกนำเข้าไปด้วย เกิดเกิดการผสมของอากาศกับ คาร์บอนมอนอกไซด์ จนได้อัตราส่วนที่พอเหมาะ เมื่อไหลมาถึงฐานของควันไฟเกิดการจุดติด และจะไหลย้อนกลับไปยังช่องเปิดที่อากาศเข้ามาเนื่องจากระยะทางจำกัด ผลที่เกิดขึ้นจึงไม่รุนแรง

(2) ระยะทางที่อากาศเดินทางเข้าถึงแหล่งกำเนิดไฟยาว เงื่อนไขการเกิดเหมือนเดิม แต่ในกรณีนี้ของสารมีความเข้มข้นที่เหมาะสมจากช่องเปิดและฐานของควันไฟมีปริมาณมากกว่า เมื่อเกิดการจุดติดจะเดินทางย้อนกลับเป็นระยะทางที่ยาวกว่าและรุนแรงมากกว่า

การลุกลามของไฟ

ไฟในห้องจะมีการเจริญเติบโตจากการลุกไหม้แรกเริ่ม และพัฒนาไปจนถึงจุดสูงสุด โดยถูกควบคุมด้วยทิศทางลมที่เข้าและออกในห้องเกิดเหตุ

การเกิดการลุกไหม้แรกเริ่มในที่นี้หมายถึง จุดที่ไฟพัฒนาจนมีขนาดที่เปลวไฟจนสามารถลุกไหม้ต่อไปได้โดยไม่ต้องมีความร้อนจากภายนอกระบบของแหล่งกำเนิดไฟช่วย และไฟนั้นสามารถเติบโตไปได้อีกตามปริมาณเชื้อเพลิงที่มีอยู่ความสูงของเปลวไฟแรกเริ่มปกติจะเป็นประมาณ 254 มม.

(10 นิ้ว) สำหรับเชื้อเพลิงตามแนวนอน ณ จุดนี้จะมีพลังงานจากเปลวไฟที่เพียงพอที่จะทำให้เปลวไฟลุกลามต่อไปได้โดยไม่ต้องอาศัยความร้อนจากภายนอกระบบ

หลังจากจุดติดและไฟพัฒนามาถึงจุดแรกเริ่ม การลุกไหม้นั้นไม่เพียงแต่เป็นแหล่งของพลังงานที่ทำให้เดเปลว และทำให้ก๊าซร้อนขึ้นเกิดจากการลุกลามแต่ยังเป็นแหล่งของควันและก๊าซพิษและก๊าซกัดกร่อนอีกด้วย อัตราการเกิดและปริมาณพลังงานจากไฟแรกเริ่มในห้องนั้นจะเป็นตัวกำหนดว่าไฟนั้นจะสามารถลุกลามไปจนทั่วห้องได้หรือไม่

ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีอยู่ซึ่งสามารถทำให้ไฟเติบโตและลุกลามสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) อัตราการเผาไหม้ซึ่งสามารถปล่อยพลังงานมาสู่สภาพแวดล้อมภายในห้อง

(2) พลังงานรวมที่มีอยู่ซึ่งเชื้อเพลิงสามารถปล่อยออกมาได้

อัตราการเผาไหม้ปกติจะอธิบายโดยใช้คำว่า อัตราการปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ต้องถูกปล่อยอย่างสม่ำเสมอ ณ เวลาหนึ่งในระหว่างการเผาไหม้ อัตรานี้จะอธิบายถึงการที่พลังงานที่ถูกปล่อยออกมานั้นมีความรวดเร็วเพียงใด ส่วนปริมาณเชื้อเพลิงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมของเชื้อเพลิงต่อตารางเมตรของพื้นที่ที่ทำการประเมินปริมาณของเชื้อเพลิงไม่สามารถใช้ในการพิจารณาความเร็วในการที่เชื้อเพลิงลุกไหม้ได้ แต่สามารถบอกให้ทราบได้ว่าไฟจะลุกไหม้ได้นานเท่าใดจนกว่าเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้จนหมด

ประเภทของไฟตามกระบวนการเผาไหม้

ประเภทของไฟตามกระบวนการเผาไหม้ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามอัตราการเติบโตตามระบบการหมุนเวียนต่ออากาศ และตามระยะเวลาการเกิดไฟ

(1) การแบ่งตามกระบวนการเผาไหม้ แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ก่อนการเผาไหม้ ไฟคุ และการเผาไหม้แบบมีเปลวไฟ โดยกะบวนการเกิดไฟนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดตามลำดับตามที่กล่าวข้างต้น

- การเผาไหม้ หมายถึงการที่เชื้อเพลิงร้อนขึ้นจนถึงจุดติดไฟทำให้มีไอระเหยถูกปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงนั้น

- ไฟคุ หมายถึงการเกิดการลุกไหม้ที่บริเวณผิวหน้าของเชื้อเพลิงซึ่งอาจมีหรือไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของออกซิเจนก็ได้ แต่สิ่งสำคัญคือ อัตราการเกิดและอุณหภูมิของไอระเหยจากเชื้อเพลิงไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้แบบมีเปลวไฟได้

- การเผาไหม้แบบมีเปลวไฟ หมายถึงพลังงานและปริมาณไอระเหยของเชื้อเพลิงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการทำให้เกิดเปลวไฟ

(2) การแบ่งตามอัตราการเติบโต

- ช่วงไฟกำลังเติบโต เริ่มจากที่ไฟเริ่มปล่อยพลังงานหรือความร้อนออกมาอย่างสม่ำเสมอ การเติบโตนี้จะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

- ช่วงการเติบโตคงที่เป็นช่วงที่อัตราความร้อนจากไฟที่ปล่อยออกมาโดยเฉลี่ย มีความสัมพันธ์กับเวลา แต่มิได้หมายความว่าจะไม่มีการเบี่ยงเบนใดๆ เกิดขึ้นเลย แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนี้มิได้เป็นไปอย่างทันทีทันใด ทั้งการเพิ่มขึ้นและลดลงของพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาจึงนับได้ว่ามีการเติบโตของไฟคงที่ เมื่อผิวหน้าของของเหลวเกิดเป็นเปลวไฟ ปริมาณของพลังงานที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยพื้นที่ผิวหน้าของของเหลวและการเผาไหม้จะเป็นไปอย่างคงที่จนกว่าเชื้อเพลิงจะหมด

- ช่วงการถดถอย เป็นช่วงสุดท้ายของการเติบโต เป็นช่วงที่ปริมาณของออกซิเจนมีไม่จำกัด แต่อัตราการปล่อยความร้อนลดลงเนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงมีน้อยลง

(3) การแบ่งตามระบบการหมุนเวียนของอากาศ เป็นการพิจารณาถึงปริมาณของเชื้อเพลิงหรือออกซิเจนที่มีอยู่ให้กระบวนการเผาไหม้ดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง

- เมื่อเกิดการลุกไหม้ในที่โล่งแจ้ง หรือช่วงต้นของการเกิดไฟเป็นการพัฒนาของไฟในช่วงที่มีออกซิเจนมาก ไฟประเภทนี้เรียกว่าไฟที่ถูกควบคุมด้วยปริมาณเชื้อเพลิง

- สำหรับไฟที่เกิดในห้องหรืออาคาร ประตูและหน้าต่างที่เปิดอยู่จะเป็นตัวที่ควบคุมปริมาณของอากาศที่ใช้สำหรับการลุกไหม้ของไฟ เมื่อไฟพัฒนาจนมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่ง ณ จุดนี้มีปริมาณของไอระเหยของเชื้อเพลิงมากกว่าปริมาณของอากาศ ไฟประเภทนี้เรียกว่าไฟที่ถูกควบคุมด้วยปริมาณอากาศที่หมุนเวียนภายใน

(4) การแบ่งตามระยะการเกิดไฟ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกเริ่ม ระยะลุกไหม้อย่างอิสระ และระยะไฟคุ

- ระยะแรกเริ่ม หมายถึง ระยะเริ่มต้นการลุกไหม้ที่เปลวไฟยังไม่มีพลังงานมาก อาจเกิดเป็นไฟคุอยู่นานเป็นชั่วโมง

- ระยะที่ลุกไหม้อย่างอิสระ เป็นช่วงการเกิดเปลวไฟ โดยไฟจะเผาไหม้เชื้อเพลิงและปล่อยพลังงานออกมาเป็นจำนวนมาก

- ระยะไฟคุ ปริมาณของออกซิเจนในห้องมีจำนวนลดน้อยลงและการปล่อยพลังงานความร้อนลดลงอย่างรวดเร็ว

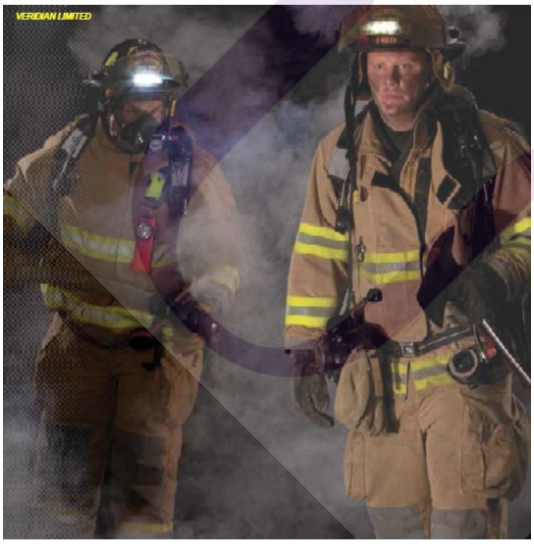
ถ้าหากมีการหมุนเวียนของอากาศภายในห้อง ไฟในระยะไฟคุอาจเป็นระยะการลุกไหม้อย่างอิสระได้อีกเมื่อมีปริมาณเชื้อเพลิงเพียงพอ (เอื้อนพร ภู่เพ็ชร์ และคณะ, 2548)

2.2 มาตรฐานชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง

ชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง (Structural Firefighters' Protective Clothing: SFPC) เป็นชุดป้องกันภัยที่พนักงานดับเพลิงสวมใส่ในขณะผจญเพลิงในอาคารประกอบด้วยหมวกนิรภัย เสื้อคลุม กางเกง รองเท้าบู๊ท ถุงมือ และที่คลุมศีรษะส่วนที่หมวกนิรภัยไม่อาจป้องกันได้ ชุดผจญเพลิงนี้ต้องใช้กับหน้ากากป้องกันแบบเต็มหน้าชนิดความดันและอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิด SCBA ชุดป้องกันควรได้มาตรฐานชุดผจญเพลิงมีความสามารถในการป้องกันความร้อนและความเย็นได้ในขีดจำกัด และไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือไอสารที่เป็นอันตราย โดยชุดดับเพลิงส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ในการดับเพลิงแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐาน ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติชุดดับเพลิงมาตรฐาน NFPA1971

มาตรฐาน NFPA 1971 นอกจากจะเน้น ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของชั้นนอกสุด และชั้นความร้อนแล้ว ยังให้ความสำคัญกับ คุณสมบัติการระบายความร้อนของชั้นความชื้น ด้วยเช่นกัน โดยเน้นความสมดุลระหว่างสอง สิ่งคือการป้องกันความร้อนและการระบายความ ร้อนเพื่อให้ชุดดับเพลิงมีความสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.4 ชุดดับเพลิงมาตรฐาน NFPA 1971

มาตรฐาน NFPA 1971 เป็นข้อกำหนด คุณสมบัติของชุดดับเพลิงอาคาร (Structural Fire Fighting) และชุดดับเพลิงระยะประชิด (Proximity Fire Fighting) รวมส่วนที่นอกเหนือ จากเสื้อและกางเกง (Garments) สำหรับชุดทั้ง สองประเภท ได้แก่ หมวก (Helmet) ถุงมือ (Gloves) รองเท้าบูท (Footwear) ที่คลุมศีรษะ เย็บติดกับส่วนอื่น (Hood Interface) และข้อมือ เสื้อมีห่วงคล้องนิ้ว (Wristlets Interface) รวมถึง ข้อกำหนดที่เป็นทางเลือก (ไม่บังคับ) สำหรับ ชุดดับเพลิงใช้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการ คุกคามด้วยสารเคมี ชีวภาพ รังสี และนิวเคลียร์ (CBRN) ของกลุ่มก่อการร้าย แต่ในที่นี้ขอเสนอข้อกำหนดเฉพาะเสื้อและกางเกง (Garments) โดยมีสาระสำคัญ ได้แก่

(1) ข้อกำหนดด้านการออกแบบ (Garment Design Requirements)

ข้อบังคับทางเลือก (Optional Requirements): ชุดดับเพลิง CBRN ส่วนประกอบ (Garment Composite): ชั้นนอกสุด (Outer Shell) ชั้นความชื้น (Moisture Barrier) และชั้นดูดซับความร้อน (Thermal Liner) ซึ่งรวมกันเป็นชั้นเดียวหรือแยกกันเป็นหลายชั้น ส่วนยึดชั้นด้านใน (Liner Attachment): ใช้ยึดชั้นความชื้นและชั้นดูดซับความร้อนให้ติด กับชั้นนอกสุดอย่างมั่นคงโดยอยู่ระหว่างชั้นด้าน ในกับชั้นนอกสุดบริเวณแขนเสื้อหรือขากางเกง ยาวไม่เกิน 1 นิ้ว และต้องไม่ขยายเพิ่ม ส่วนคลุมชั้นด้านใน (Liner Coverage): ชั้นความชื้นและชั้นดูดซับความร้อนต้องขยาย ถึงตะเข็บคอเสื้อ และตะเข็บเอวกางเกงเกินขอบ ชายเสื้อและกางเกงไม่เกิน 3 นิ้ว และเกินปลาย แขนเสื้อไม่เกิน 1 นิ้ว เสื้อผ้าและส่วนปกปิด (Garments and Closure Systems): ปกปิดชั้นความชื้นและชั้น ดูดซับความร้อนไว้ด้วยตัวยึด เช่น ตะขอและ ห่วง หรือซิป คอเสื้อ (Collar): เป็นแบบปิด สูงไม่เกิน 3 นิ้ว สำหรับชุดดับเพลิงระยะประชิด (อะลูไนซ์) ชั้นคอเสื้อต้องไม่สะท้อนแสง แขนเสื้อ (Sleeves): ชั้นด้านในที่เกิน มา 1 นิ้ว ต้องเย็บติดปลายแขนเสื้อแบบปิด ด้ายเย็บ (Sewing Thread): จะต้องมี คุณสมบัติป้องกันเปลวไฟในตัว กระเป๋าเย็บติดด้านนอกตัวเสื้อและ กางเกง (Cargo Pockets): มีร่องระบายน้ำและ มีฝาปิด ระบบปิดทำด้วยโลหะ/ส่วนประกอบ ที่เป็นโลหะ (Metallic Closure Systems/ Metal Components): จะต้องไม่ให้สัมผัสตัวผู้สวมใส่ ยกเว้นจะอยู่ในส่วนที่ปกปิด ระบบชั้นด้านใน (Liner System): ชั้น ความชื้นและชั้นดูดซับความร้อน และส่วนยึด ทั้งสองชั้นนี้ติดกับชั้นนอกสุด ขนาด (Sizing) อกเสื้อ: ผู้ชาย 34 - 60 นิ้ว ผู้หญิง 28 - 50 นิ้ว ส่วนเพิ่มไม่เกิน 2 นิ้ว แขนเสื้อ: ผู้ชาย 32 - 38 นิ้ว ผู้หญิง 28 - 34 นิ้ว ส่วนเพิ่มไม่เกิน 1 นิ้ว เอว: ผู้ชาย 30 - 60 นิ้ว ผู้หญิง 28 - 50 นิ้ว ส่วนเพิ่มไม่เกิน 2 นิ้ว ความยาวขากางเกง: ผู้ชาย 34 - 36 นิ้ว ผู้หญิง 24 - 34 นิ้ว ส่วนเพิ่มไม่เกิน 2 นิ้ว แถบ (Trim): เย็บติดกับตัวเสื้อและ กางเกงตามตำแหน่งกำหนด ได้แก่ หน้าอกเสื้อ ชายเสื้อ ปลายแขนเสื้อ ด้านล่างของขากางเกง ทำเป็นแถบแนวนอนวนรอบตัวจากด้านหน้าอ้อม ไปด้านหลัง ยกเว้นบริเวณหน้าอกเสื้อ บริเวณแผ่นหลังมีแถบแนวตั้งสองแถบซ้าย

ขวา เริ่มจาก แถบชายเสื้อขึ้นไปถึงจุดซึ่งตรงกับแถบหน้าอก ที่อยู่ด้านหน้า ความกว้างของแถบไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว ส่วนที่เป็นผิวสะท้อนแสงกว่างไม่น้อยกว่า 0.625 นิ้ว ช่องระหว่างระหว่างแถบบริเวณที่ เป็นซิปต้องไม่เกิน 1 นิ้ว สำหรับชุดดับเพลิง ระยะประชิด (Proximity) ห้ามมีแถบใดๆ ทั้งสิ้น ห่วงใช้ลากกู้ภัย/ช่วยชีวิตบนตัวเสื้อ (Drag Rescue Device Required in Coats): สามารถใช้งานได้ขณะสวมถุงมือ ออกแบบเพื่อ ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขณะใช้งาน ส่วนปลายสุดแขนเสื้อสำหรับใช้คล้อง นิ้วมือ (Coat Required to Have Wristlet): เย็บ ติดถาวร ออกแบบเพื่อไม่ให้มีช่องว่างระหว่าง ปลายแขนเสื้อกับขอบถุงมือ ส่วนเสริมความแข็งแรง (Reinforcements): ต้องมีคุณสมบัติต้านทานความร้อน และเปลวไฟตามมาตรฐานกำหนด สำหรับชุด ดับเพลิงระยะประชิด (Proximity) ห้ามใช้ส่วน เสริมที่ไม่ใช้แบบสะท้อนแสง ยกเว้นตรงขอบ ข้อมือและขอบปลายขากางเกงขนาด 1 นิ้ว

ภาพที่ 2.5 ลักษณะชุดดับเพลิง NFPA 1971 และการทดสอบ

(2) ข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ (Garment Performance Requirements)

ค่าการสูญเสียความร้อนรวม (THL): ไม่น้อยกว่า 205 W/m^2 สำหรับชุดดับเพลิงอาคาร ยกเว้นชุดดับเพลิง ระยะประชิด (ชุดอะลูมิไนซ์) ค่าประสิทธิภาพป้องกันความร้อน (TPP): ไม่น้อยกว่า 35 W/m^2 ความต้านทานการฉีกขาด (Tear Resistance) ชั้นนอกสุด (Outer Shell): 100 นิวตัน ชั้นความชื้น (Moisture Barrier): 22 นิวตัน ชั้นดูดซับความร้อน (Thermal Liner): 22 นิวตัน แรงที่ทำให้ชั้นนอกสุดปริแตก (Shell Breaking Strength): 140 ปอนด์ สำหรับชุดดับ เพลิงอาคาร แต่ไม่มีข้อกำหนดสำหรับชุดดับ เพลิงระยะประชิด ความทนต่อแรงที่ทำให้ผ่าชั้นนอกสุด ฉีกขาด (Shell Breaking Strength): 623 นิวตัน สำหรับชุดดับเพลิงอาคาร แต่ไม่มี ข้อกำหนดสำหรับชุดดับเพลิงระยะประชิด การหดตัวจากการซักล้าง (Cleaning Shrinkage): ไม่เกิน 5% ทุกทิศทางสำหรับ เนื้อผ้าทุกชั้น เทปยึดติด (Fastener Tape): มีความ ทนทานต้อการดึง ต้านทานการขาด และมีรอบ การใช้งานตามที่กำหนด ความทนต่อแรงที่ทำให้ตะเข็บแตก (Seam Breaking Strength) ตะเข็บหลัก A (Major A) = 667 นิวตัน ตะเข็บหลัก B (Major B) = 334 นิวตัน ตะเข็บรองและด้ายถัก (Minor and Knits) = 180 นิวตัน การหดตัวจากความร้อนและเปลวไฟ (Heat and Thermal Shrinkage): ทดสอบที่ อุณหภูมิ 260 °C เป็นเวลา 5 นาที เนื้อผ้าแต่ละชั้นต้องไม่ละลาย ไม่แยกออกจาก กัน ไม่ลุกติดไหม้ ส่วนที่เป็นเครื่องประกอบยัง ใช้งานได้ดี มีการหดตัวไม่เกิน 10% ทุกด้าน ตะเข็บชั้นความชื้น (Moisture Barrier Seams) ต้องไม่หลอมจนหยดและไม่ลุกติดไฟ ชั้นนอก สุดต้องไม่ไหม้เป็นรอยสีดำ เส้นด้าย (Thread): ทดสอบที่อุณหภูมิ 260 °C เป็นเวลา 5 นาที เส้นด้ายต้องไม่ หลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิทดสอบ ทดสอบการต้านทานเปลวไฟสำหรับ เนื้อผ้าทั้งหมด (Flame Test on all Textiles): ไหม้เป็นรอยสีดำยาวไม่เกิน 1 นิ้ว (โดยเฉลี่ย) และลุกไหม้หลังเอาเปลวไฟทดสอบออกเป็นเวลา ไม่เกิน 2 วินาที (โดยเฉลี่ย) ไม่หลอมละลาย และไม่เป็นหยด การทดสอบนี้ให้ยกเว้นส่วน ประกอบที่ไม่เกี่ยวกับกับเนื้อผ้า อาทิ ส่วนยึดติด ตะขอ ซิป วัสดุครอบตะเข็บที่อาจสัมผัสตัวผู้สวม ใส่ ป้ายรับรอง ฯลฯ ส่วนประกอบที่เป็นโลหะ (Metal Hardware): ผ่านการทดสอบการกัดกร่อนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ป้าย (Label):ต้องอยู่ตำแหน่งเดิมและสามารถอ่านออกได้หลังจากผ่านการซัก/ทำให้ แห่ง 5 รอบ ประสิทธิภาพป้องกันรังสีความร้อน (RPP; Radiant Protective Performance): ทดสอบ เฉพาะชุดดับเพลิงระยะประชิด (Proximity) เป็น เวลาไม่ต่ำกว่า 20 วินาที การดูดซับของชั้นนอกสุด (Outer Shell Water Absorption): 30% หรือน้อยกว่า การต้านทานการผ่านทะลุของน้ำ (Water Penetration Resistance): ชั้นความชื้น (Moisture Barriers) อย่างน้อยต้องต้านทาน การผ่านทะลุของน้ำได้ที่แรงดัน 25 ปอนด์/ ตารางนิ้ว (psi)

การต้านทานการผ่านทะลุของของเหลว (Liquid Penetration Resistance): ชั้น ความชื้น (Moisture Barriers) และตะเข็บ ต้อง ต้านทานการผ่านทะลุของของเหลวที่ใช้ทดสอบ 5 ชนิดได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง (ต้องไม่มีการผ่าน ทะลุภายใน 1 ชั่วโมง) การต้านทานการผ่านทะลุของไวรัส (Viral Penetration Resistance): ชั้นความชื้น (Moisture Barriers) และตะเข็บต้องต้านทาน การเจาะทะลุของเชื้อไวรัสที่ใช้ในการทดสอบ (Phi-X-174 Bacteriophage) ได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

การต้านทานการถ่ายเทความร้อน (Resistance to Heat Transfer): ทดสอบการ ต้านทานการนำความร้อนที่มีแรงอัด (CCHR; Conductive and Compressive Heat Resistance) ชั้นเสื้อผ้าบริเวณไหล ทดสอบที่แรงอัด 2 psi บริเวณหัวเข่า 9 psi เป็นเวลา 25 วินาทีก่อนเกิด การไหม้ระดับที่ 2 โดยจะต้องมีค่าการต้านทาน ขั้นต่ำ 13.5ความแข็งแรงของส่วนใช้ลากกู้ภัย/ ช่วยชีวิต เนื้อผ้า ตะเข็บ และส่วนต่อ (DRD Fabrics, Seams, Splices): ขั้นต่ำ1,873 ปอนด์

การทดสอบส่วนใช้ลากกู้ภัย/ช่วยชีวิต (DRD Function Test): ทดสอบการใช้งานและ ลากตัวหุ่น (Mannequin Drag) ทดสอบการส่งและสะสมความร้อน (Transmitted and Stored Thermal Energy Test): เพิ่มส่วนเสริมเย็บติดกับแขนเสื้อของ ชุดดับเพลิงอาคารสำหรับใช้ทดสอบการสะสมพลังงานความร้อน ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ เกิดการไหม้ระดับที่ 2 จะต้องไม่น้อยกว่า 130 วินาที สำหรับชุดดับเพลิงระยะประชิดไม่มีข้อ กำหนดการทดสอบการสะสมพลังงาน

แถบบนตัวเสื้อผ้า (Garment Trim): ทดสอบการสะท้อนแสงกลับและการเรืองแสง (Retroreflectivity and Fluorescence Test) ค่า สัมประสิทธิการสะท้อนแสงกลับต้องไม่ต่ำกว่า 100 cd/lux และต้องเรืองแสงสีแดง สีเหลืองเขียว และสีส้ม-แดง

การบิดตัวขณะเปียก (Wet Flex): ข้อ บังคับเฉพาะชุดดับเพลิงระยะประชิด ผิวเคลือบ อะลูมิไนซ์ ต้องไม่แตกหรือหลุดออกจากเนื้อผ้า หลังการทดสอบแรงยึดตัดหลังการบิดตัว (Adhesion After Wet Flex): เฉพาะชุดดับเพลิงระยะประชิด ผิวเคลือบอะลูมิไนซ์ต้องไม่แยกออกจากเนื้อผ้า การบิดตัวที่อุณหภูมิต่ำ (Flex at Low Temperatures): เฉพาะชุดดับเพลิงระยะประชิด ผิวเคลือบอะลูมิไนซ์หรือเนื้อผ้าจะต้องไม่แตก แยก หรือกระจายตัว การต้านทานการรัดตัวที่อุณหภูมิสูง (Resistance to High Temperature Blocking): เฉพาะชุดดับเพลิงระยะประชิดผิวเคลือบอะลูมิไนซ์หรือเนื้อผ้าจะต้องไม่เกิดการบล็อคหรือ รัดตัวจนเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหว

ภาพที่ 2.6 ส่วนใช้ลากกู้ภัย/ช่วยชีวิต (DRD)

2.2.2 มาตรฐานชุดดับเพลิงยุโรป EN469

มาตรฐาน EN 469 มีหัวข้อสำคัญที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

- การแบ่งระดับประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ (Performance Level)
- การกำหนดขนาด (Sizing)
- การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน(Practical Performance Testing)
- การสุ่มอย่างและเตรียมการทดสอบ(Sampling and Pre-Treatment)
- การตรวจสอบทัศนวิสัยและการตรวจสอบทั่วทั้งชุด (Visibility and Whole Garment Testing)

ภาพที่ 2.7 ชุดดับเพลิงมาตรฐาน EN 469

การแบ่งระดับประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์(Performance Level)

มาตรฐาน EN 469 ของยุโรปแบ่งระดับประสิทธิภาพของเสื้อผ้านักดับเพลิงออกเป็น 4 ส่วนตามคุณสมบัติ ได้แก่

1. การถ่ายเทความร้อน (เปลวไฟ)กำหนดไว้ใน Performance Level Clause 6.2 Heat Transfer (Flame) แบ่งเป็น 2 ระดับคือระดับ 1 แทนค่าด้วย Xf1 และระดับ 2 แทนค่าด้วย Xf2 ตามผลการทดสอบด้วยวิธีซึ่งกำหนดในมาตรฐาน EN 367 โดยนำตัวอย่างเนื้อผ้าที่ใช้ทดสอบขนาด 14 x 14 ซ.ม. ไปสัมผัสความร้อนที่มีการไหล (Heat Flux) ปริมาณเข้มข้น 80 kW/m^2 บนแนวราบจากนั้นจับเวลาที่ความร้อนถ่ายเทเข้ามาในเนื้อผ้าจนถึงระดับที่เครื่องวัด Copper Calorimeter แสดงค่าดัชนีการถ่ายเทความร้อนเรียกว่า HTI (Heat Transfer Index) ถึงขีดกำหนดไว้คือ HTI 12 อาศา เทียบเท่าค่าความร้อนทำให้เกิดการไหม้ผิวหนังมนุษย์ ระดับที่ 1 และ HTI 24 อาศา เทียบเท่าค่าความร้อนทำให้เกิดการไหม้ผิวหนังมนุษย์ระดับที่ 2 ทดสอบ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ทำได้ (เวลามากกว่าแสดงว่ามีประสิทธิภาพต้านทานการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า) ระดับ 1 (Xf1) ค่า HTI 24 อาศา ต้องเท่ากับหรือมากกว่า 9 วินาที ค่า HTI 24 อาศา- HTI 12 อาศาเท่ากับหรือมากกว่า 3 วินาทีระดับ 2 (Xf2) ค่า HTI 24 อาศา ต้องเท่ากับหรือมากกว่า13 วินาที ค่า HTI 24 อาศา - HTI 12 อาศาเท่ากับหรือมากกว่า 4 วินาที

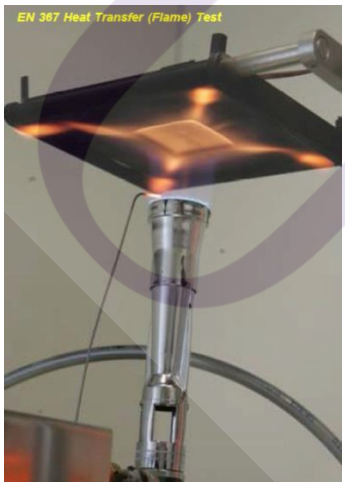
2. การถ่ายเทความร้อน (การแผ่รังสี) กำหนดไว้ใน Performance Level Clause 6.3Heat Transfer (Radiation) แบ่งเป็นระดับ 1(Xr1) และระดับ 2 (Xr2) ตามผลการทดสอบด้วยวิธีกำหนดใน

มาตรฐาน EN ISO6942 นำชิ้นทดสอบไปรับการแผ่รังสีความร้อนที่มีการไหล(Heat Flux) ปริมาณ 40 kW/m^2 จากนั้นจับเวลาที่ความร้อนแผ่รังสีเข้ามาในเนื้อผ้าจนถึงระดับที่เครื่องวัด Copper Calorimeter แสดงค่าดัชนีการแผ่รังสีความร้อนเรียกว่า RHTI (Radiant Heat Transfer Index) ถึงขีดกำหนดไว้ คือ RHTI 12 องศา เทียบเท่าค่า ความร้อนทำให้เกิดการไหม้ผิวหนังมนุษย์ระดับที่ 1และ RHTI 24 องศา เทียบเท่าค่าความร้อนทำให้เกิดการไหม้ผิวหนังมนุษย์ระดับที่ 2 โดยเวลามากกว่าแสดงว่ามีประสิทธิภาพต้านทานการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าระดับ 1 (Xr1) ค่า RHTI24 องศา ต้องเท่ากับหรือมากกว่า 10 วินาที ค่า RHTI 24 องศา- RHTI 12 องศา เท่ากับหรือมากกว่า 3 วินาทีระดับ 2 (Xr2) ค่า RHTI24 องศา ต้องเท่ากับหรือมากกว่า 18 วินาที ค่า RHTI 24 องศา - RHTI12 องศา เท่ากับหรือมากกว่า 4 วินาที

3. การต้านทานการซึมผ่านของน้ำกำหนดไว้ใน Performance Level Clause 6.11 Resistance to Water Penetration แบ่งเป็นระดับ 1 (Y1) และระดับ 2 (Y2) ตามผลทดสอบด้วยวิธีกำหนดในมาตรฐาน EN 20811 โดยนำตัวอย่างเนื้อผ้าขึงบนผิวน้ำในภาชนะทรงกลมจากนั้นเพิ่มแรงดันน้ำอีกด้านหนึ่ง (ด้านล่าง) จนกระทั้ง มีหยดน้ำ อย่างน้อย 3 หยดปรากฏบนผิวเนื้อผ้าจึงหยุดทดสอบแล้ววัดแรงดัน ณ เวลานั้น (แรงดันน้ำมากกว่าแสดงถึงความต้านทานการซึมผ่านของผ่านที่สูงกว่าแรงดันน้ำต่ำ)

ระดับ 1 (Y1) แรงดันที่ทำให้น้ำซึมผ่านเนื้อผ้าน้อยกว่า 20 กิโลปาลกาล (kPa)

ระดับ 2 (Y2) แรงดันที่ทำให้น้ำซึมผ่านเนื้อผ้าเท่ากับหรือมากกว่า 20 กิโลปาสกาล (kPa)



ภาพที่ 2.8 การทดสอบการถ่ายเทความร้อน (เปลวไฟ)

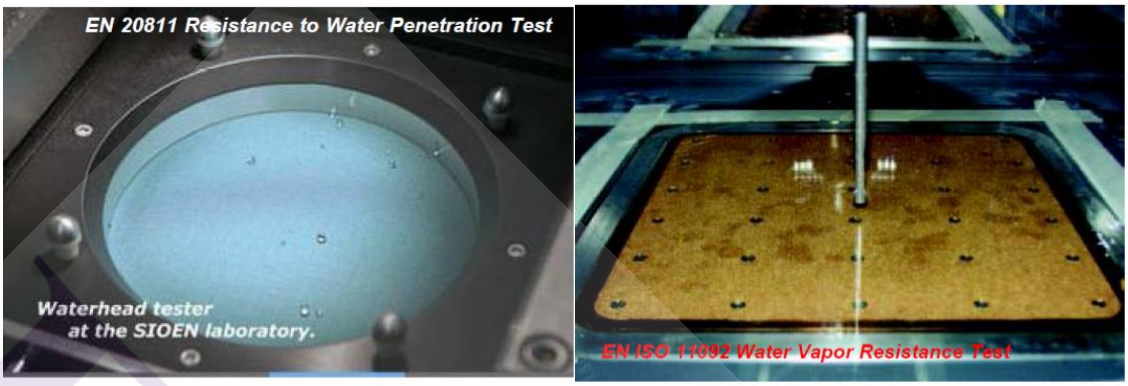
4. การต้านทานไอน้ำ กำหนดไว้ในPerformance Level Clause 6.12 Water Vapor Resistance แบ่งเป็นระดับ 1 (Z1) และระดับ2 (Z2) ตามผลทดสอบด้วยวิธีกำหนดไว้ใน EN31029 และ/หรือ ISO11092 โดยวางชิ้นทดสอบลงบนแผ่นร้อนซึ่งมีเยื่อบางที่น้ำทะลุผ่านไม่ได้กั้นอยู่ โดยเนื้อผ้าจะไม่เปียกน้ำขณะที่ด้านบนมีการปล่อยกระแสลมเย็นพัดผ่าน จากนั้นฉีดน้ำที่แผ่นร้อนเพื่อให้เกิดไอน้ำลอยผ่านเยื่อบางไปยังเนื้อผ้าแล้วทะลุผ่านอีกด้านหนึ่ง แต่เนื่องจากด้านบนเนื้อผ้าอากาศเย็นจึงมีความดันสูงกว่าบริเวณด้านล่างที่มีไอน้ำลอยขึ้นมาจึงกลายเปนีความต้านทานไม่ให้ไอน้ำทะลุผ่านเนื้อผ้าไปได้ง่ายๆ การวัดผลจะดูว่าความต้านทานไอน้ำจากการทดลองมีมากหรือน้อย หากความต้านทานมากแสดงว่าเนื้อผ้าระบายอากาศได้น้อย (Less Breathable) ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการปฏิบัติงานดับไฟเท่าใดนักตรงกันข้าม ค่าความต้านทานไอน้ำมีน้อยหรืออยู่ระดับต่ำแสดงถึงการระบายอากาศดีกว่า (More Breathable) เหมาะสมจะใช้ในงานดับไฟในสภาพอบอ้าว ผู้สวมใส่รู้สึกสบายและไม่เกิดอาการช็อกจากความร้อนจัด(Heat Stress) ทั้งนี้ ค่าความต้านทานไอน้ำคือRet มีหน่วยเป็นตารางเมตร ปาสกาล/วัตต์ (m2 Pa/W)

ระดับ 1 (Z1) มีค่า Ret มากกว่า 30m2 Pa/W

ระดับ 2 (Z2) มีค่า Ret เท่ากับหรือน้อย30 m2 Pa/W

ข้อควรจำ ระดับ 1 ของคุณสมบัติด้านต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น เป็นข้อกำหนดขั้นต่ำใช้กับชุดปฏิบัติงานในภารกิจไม่ใช่ความเสี่ยงสูงเช่น กู้ภัย สนับสนุนการบรรเทาสาธารณภัยจัดการอุบัติเหตุด้านจราจร ป้องกัน/ดับไฟป่าเป็นต้น ส่วนระดับ 2 เป็นข้อกำหนดสำหรับชุดปฏิบัติงานในภารกิจความเสี่ยงสูง เช่น ดับเพลิงอาคาร (Structural Firefighting) ดับเพลิงงานอุตสาหกรรม (Industrial Firefighting) ฯลฯ

ทั้งนี้ จะมีการระบุระดับประสิทธิภาพตามคุณสมบัติทั้ง 4 หัวข้อไว้ที่ด้านข้างรูปนักดับเพลิงพิมพ์ลงบนบนป้ายเพื่อแยกให้เห็นว่าเสื้อผ้านั้นผ่านการทดสอบประสิทธิภาพระดับใดในแต่ละหัวข้อ โดยขั้นต่ำสุดของชุดดับเพลิงตามมาตรฐาน EN 469 ต้องผ่านระดับ 1 ในทุกหัวข้อ (Xf1, Xr1, Y1, Z1) ขณะที่ชุดดับเพลิงอาคารส่วนใหญ่ได้ระดับ 2 ในทุกหัวข้อ (Xf2,Xr2, Y2, Z2)



ภาพที่ 2.9 การทดสอบการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและการต้านทานไอน้ำ

การกำหนดขนาด (Sizing)

เป็นข้อกำหนดการออกแบบและกำหนดขนาดตาม EN 340 อ้างอิง EN 13402-SizeDesignation of Clothes กำหนดขนาดตามความสูงของชุดดับเพลิง 4 ขนาด และกำหนดขนาดตามรอบอก/รอบเอว 7 ขนาด รวมทั้งหมด28 ขนาดมาตรฐาน

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน(Practical Performance Testing Clause 4.5and Annex D) ให้สอดคล้องกับหลัก Ergonomics หรือการยศาสตร์ และการใช้งานจริง ทดสอบโดยสวมใส่ทำงานตามปกติสาระสำคัญของส่วนนี้คือ ระยะชายเสื้อคลุมทับกางเกงตั้งแต่ส่วนเอว (Overlap) ต้องไม่น้อยกว่า 30 ซ.ม. ไม่จำกัดรูปแบบแต่ต้องเป็นส่วนหนึ่งของชุดทั้งขณะทดสอบทางการยศาสตร์และการใช้งานจริงโดยรวมแล้ว การทดสอบในหัวข้อนี้จะวัดที่ความสบายในการสวมใส่โดยชุดเสื้อผ้าต้องไม่สร้างความอึดอัดหรือก่อปัญหาด้านจิตใจแก่นักดับเพลิง

การสุ่มตัวอย่างและเตรียมการทดสอบ(Sampling and Pre-Treatment Clause 5)

ข้อกำหนดการสุ่มตัวอย่างและเตรียมการทดสอบเป็นไปตามข้อบังคับ Annex ZA of BS EN 469 มีสาระสำคัญคือ

กำหนดกระบวนการเตรียมตัวอย่างเสื้อผ้าที่จะใช้ในการทดสอบการต้านทานความร้อนระบุขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการนำตัวอย่างเสื้อผ้ามาสัมผัสความร้อน

กำหนดกระบวนการซักล้างเสื้อผ้าทั้งแบบธรรมดาและการชำระการปนเปื้อนสารเคมีก่อนจะนำมาทดสอบการหดตัวระบุจำนวนครั้งของการซักล้างชุดทดสอบ (การซักล้างครั้งหนึ่งหมายถึงการซักล้างที่ครบวงจรเริ่มตั้งแต่การซักการตากแห้งและอาจจะมีการรีดด้วย) ทั้งนี้ ผลทดสอบดูที่การหดตัว

โดยจะต้องหดตัวไม่เกิน3% (ในส่วนนี้มาตรฐาน NFPA กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 5%) กำหนดกระบวนการทดสอบความเสื่อมสภาพเนื่องจากการใช้งานหรือเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

การตรวจสอบทัศนวิสัย (Visibility Clause 6.14)

ชุดดับเพลิงต้องมีส่วนที่สามารถมองเห็นได้ชัดและโดดเด่น โดยมีส่วนเป็นแถบสะท้อนแสง (สีเงิน) หรือแถบฟลูออเรสเซนต์เรืองแสง(สีเหลือง สีส้ม ฯลฯ) หรือใช้แบบผสมเรืองแสงและสะท้อนแสงร่วมกันกรณีเป็นแถบสะท้อน (Retro-reflective) สีเงิน จะต้องมีพื้นที่แถบรวมกันอย่างน้อย 0.13ตารางเมตร (ยาวรวมกัน 2.6 เมตรที่ความกว้า ง50 ม.ม.)กรณีเป็นแถบเรืองแสง (Fluorescent)สีส้มหรือเหลือง จะตอ้ งมีพื้นแถบรวมกัน 0.20ตารางเมตร (ยาวรวมกัน 4.0 เมตรที่ความกว้าง50 ม.ม.)กรณีเป็นแบบผสมหรือแบบ 3 แถว(Combined Material) จะต้องมีความยาวรวมกัน 6.84 เมตรที่ความกว้าง 50 ม.ม.)

การทดสอบทั่วทั้งชุด (Whole Garment Testing Clause 6.15 and Annex E)

การทดสอบทั่วทั้งชุด คือ การทดสอบด้วยหุ่น (Manikin Testing) มีทั้งหุ่นผู้ชายชื่อ Ralph และหุ่นนผู้หญิงชื่อ Sophie ตั้ง ไว้ในห้องทดสอบของสำนักเทคโนโลยีสิ่งทอแห่งแมนเชสเตอร์(BTTG) ประเทศอังกฤษ บนตัวหุ่นแต่ละตัวมีเซ็นเซอร์จับความร้อนทั้งหมด 130 จุด โดยสวมอุปกรณ์ป้องกันครบชุด ได้แก่ เสื้อ กางเกง ถุงมือ รองเท้า ฮู้ด หมวกและเครื่องช่วยหายใจในลักษณะเหมือนจริงขณะทำการทดสอบ ซึ่งผลจะแสดงออกมาเป็นแผนที่สีชี้ให้เห็นจุดได้รับบาดเจ็บจากการไหม้ระดับที่ 2 และระดับที่ 3จากนั้นจะมีการคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บดังกล่าว

EN 469 จัดระดับประสิทธิภาพของชุดดับเพลิงออกเป็น 2 ระดับโดยพิจารณาจากผลการทดสอบใน 4 หัวข้อหลักตามวิธีที่กำหนดไว้โดยแทนค่าด้วยอักษรและตัวเลข

X_{f1} ประสิทธิภาพต้านทานความร้อน(เปลวไฟ) ระดับ 1

X_{f2} ประสิทธิภาพต้านทานความร้อน(เปลวไฟ) ระดับ 2

X_{r1} ประสิทธิภาพต้นทานความร้อน(การแผ่รังสี) ระดับ 1

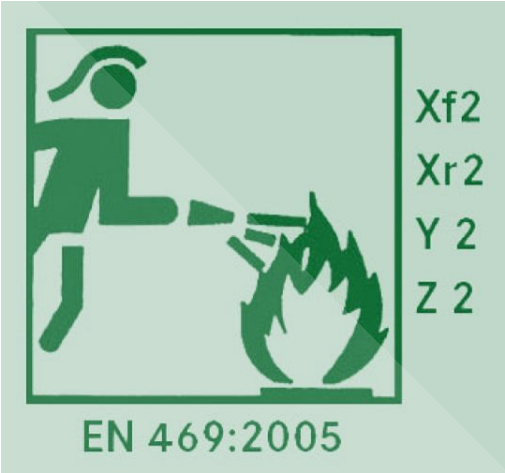
X_{r2} ประสิทธิภาพต้านทานความร้อน(การแผ่รังสี) ระดับ 2

Y_1 การต้านทานการซึมผ่านของน้ำระดับ 1

Y_2 การต้านทานการซึมผ่านของน้ำระดับ 2

Z_1 การต้านทานไอน้ำ ระดับ 1

Z_2 การต้านทานไอน้ำ ระดับ 2



ภาพที่ 2.10 สัญลักษณ์แสดงประสิทธิภาพของชุดดับเพลิง

จากการทดสอบประสิทธิภาพความต้านทานความร้อนจากการสัมผัสเปลวไฟ (ทดสอบที่อุณหภูมิ 180 C ขณะที่มาตรฐาน NFPA จะทดสอบที่อุณหภูมิ 260 C) และการแผ่รังสีซึ่งวัดผลที่การส่งผ่านความร้อน (Heat Transfer)จากชั้นนอกสุดของชุดเข้าสู่ชั้นในสุดที่อยู่ติดกับผิวหนังผู้สวมใส่จนถึงอุณหภูมิ 24 C ผลที่ได้จะนำมาจัดระดับประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ระดับ 1 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าโดยจะใช้ในงานกู้ภัยทั่วไป งานระงับอุบัติเหตุจราจร งานสนับสนุนงานบรรเทาภัย/ฟื้นฟูหลังพิบัติ ฯลฯ

ระดับ 2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าจะใช้ในงาน ดับเพลิงอาคาร

กล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าชุดดับเพลิงอาคาร (Structural Firefighting Clothing) ตามมาตรฐาน EN 469 ต้องมีประสิทธิภาพระดับ 2 ทั้ง 4 หัวข้อ (แทนค่าการรับรองด้วย Xf2 Xr2 Y2 Z2)

อย่างไรก็ดี หน่วยดับเพลิงในยุโรปส่วนหนึ่งเน้นความสำคัญไปที่ความต้านทานการแผ่รังสีความร้อนมากกว่าข้ออื่นๆ โดยระบุชัดเจนชุดดับเพลิงที่จะใช้เข้าระงับเหตุในอาคารนั้นต้องมีระดับประสิทธิภาพความต้านทานการแผ่รังสีความร้อนที่ Xr2 เท่านั้น ส่วนหัวข้อที่เหลือจะเป็นระดับ 1 ก็ได้ แต่ผู้เชี่ยวชาญของสถาบันทดสอบเตือนแรงๆ ว่า ระดับต่ำสุด (ระดับ 1)ของหัวข้อใดก็ตามใน 4 หัวข้อ อาจทำให้ถูกจัดเป็นระดับ 1 ในภาพรวม นั่นคือ หากไม่ได้ระดับ2 ทั้ง 4 หัวข้ออาจมีผลทำให้ชุดนั้นถูกพิจารณาให้เป็นระดับ 1 ในการวัดผลคุณสมบัติรวมของเสื้อผ้าทั้งหมด นอกจากการต้านทานความร้อนและน้ำแล้ว มาตรฐาน EN 469 ยังกำหนดให้มีการทดสอบด้าน Ergonomics เพื่อวัดผลกระทบทั้งทาง

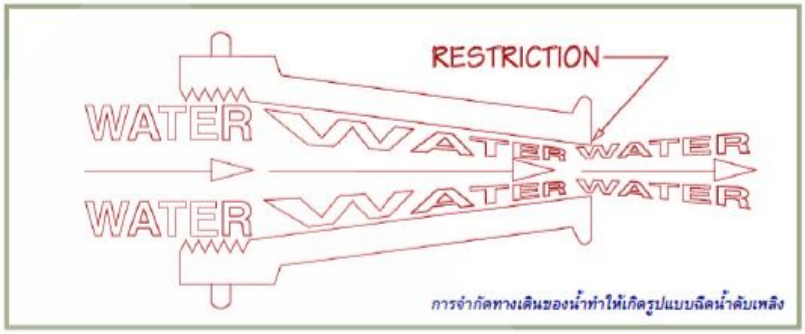
ร่างกายและจิตใจจากการสวมใส่ชุดดับเพลิงพิจารณาจากลักษณะการออกแบบ น้ำหนักสุทธิรวมถึงผลการทดสอบโดยการสวมใส่ปฏิบัติงานในสถานการณ์เสมือนจริงในรูปแบบต่างๆที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งคือ มาตรฐานEN 469 กำหนดให้มีการทดสอบชุดดับเพลิงเสมือนผ่านการใช้งานมาแล้วเพื่อวัดอายุใช้งานโดยนำชุดที่ต้องการทดสอบไปซักล้างตามจำนวนครั้งที่ระบุไว้ในมาตรฐาน (จำนวนครั้งของการซักล้างแทนค่าอายุการ ใช้งาน)

นอกจากนี้ ยังมีข้อกำหนดในเรื่องการติดแถบสะท้อนแสง (สีเงิน) แถบเรืองแสง (สีส้มหรือสีเหลือง) หรือแบบผสมใช้แถบสะท้อนแสงและเรืองแสงมารวมกันซึ่งจะต้องมีการทดสอบการมองเห็นหรือทัศนวิสัยเพื่อให้การรับรองด้วยสำหรับการทดสอบไหม้ทั้งตัวโดยใช้หุ่น (Whole Garment Testing : Manikin Testing) มาตรฐาน EN 469 ไม่ได้บังคับแต่ประการใดทว่าระบุให้เป็นการทดสอบทางเลือก (Optional Test) จะทดสอบหรือไม่ก็ได้ ปรากฏว่าผู้ผลิตส่วนใหญ่ นำผลิตภัณฑ์ของตัวเองเข้าทดสอบอย่างพร้อมเพรียงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์แบบในการขอรับการรับรอง (บรรจง นุชเนื่อง, 2015)

2.3 การใช้หัวฉีดน้ำดับเพลิง

2.3.1 การออกแบบหัวฉีดน้ำดับเพลิง

จุดประสงค์ของหัวฉีดดับเพลิงบางชนิด คือการจำกัดพื้นที่การเคลื่อนที่ของสายน้ำเพื่อ สร้างแรงดันและทำให้สายน้ำมีความเร็วพุ่งไป ยังเป้าหมาย สำหรับอัตราไหลหรือการเคลื่อนที่ ของน้ำอัตราหนึ่งจะเหมาะสมกับขนาดของหัวฉีด ซึ่งเป็นตัวจำกัดทางเดินสายน้ำขนาดหนึ่งในการ สร้างความดันและความเร็วของสายน้ำ สำหรับหัวฉีดน้ำดับเพลิงที่มีหลายขนาดรูปร่าง และ รูปแบบอาจสร้างความสับสนให้กับผู้ใช้จาก ส่วนผสมที่ปนเปกันไปซึ่งอาจกลายเป็นปัญหา ในการฉีดน้ำดับเพลิงในพื้นที่ไฟไหม้ได้หากไม่มี การเรียนรู้และเข้าใจ ลักษณะการทำงานของ หัวฉีดน้ำดับเพลิงเหล่านั้นดีพอ



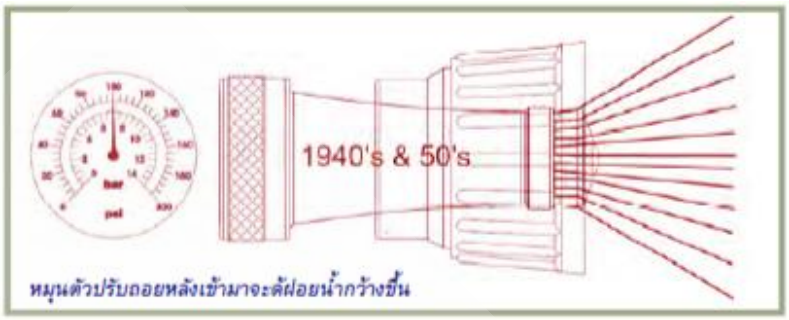
ภาพที่ 2.11 ภาพการจำกัดทางเดินของน้ำทำให้เกิดรูปแบบฉีดน้ำดับเพลิง

หัวฉีดน้ำดับเพลิงแบ่งตามลักษณะการ ออกแบบได้ดังนี้

1. หัวฉีดน้ำลำตรง (Smooth Bores) มีขนาดรูเปิดรับน้ำ (ขนาดหัวฉีด) คงที่ 0.5 นิ้ว ถึง 1.25 นิ้ว ค่าใดค่าหนึ่งสำหรับใช้กับสายสูบดับเพลิงทั่วไป มีขนาดหัวฉีดที่ใหญ่ขึ้น 1.25 นิ้ว ถึง 2 นิ้ว ใช้กับสายสูบขนาดใหญ่ในกรณีพิเศษ ที่อัตราไหลของน้ำ (Flow Rate) แต่ละอัตราจะใช้กับขนาดหัวฉีดที่ถูกต้องและเหมาะสมขนาดเดียวเท่านั้นในการสร้างความเร็วและระยะ การฉีดที่เอื้อประโยชน์ในการดับเพลิงมากที่สุด หมายถึง นักดับเพลิงต้องปรับขนาดของหัวฉีดให้ตรงกับระดับอัตราไหลของน้ำที่ใช้อยู่ขณะนั้น

ภาพที่ 2.12 ภาพการหมุนตัวปรับไปข้างหน้าจะได้ฝอยน้ำแคบลงหรือเป็นสายน้ำลำตรง

2. หัวฉีดน้ำฝอยละเอียด (Fog Nozzle) เลือกอัตราไหลของน้ำคงที่ หรือเลือกอัตราไหลของน้ำได้จำกัด ต้องปรับหัวฉีดที่จำกัดประสิทธิภาพ การฉีดน้ำ ต้องปรับความดันในการจ่ายน้ำจาก เครื่องสูบน้ำให้ถูกต้องเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ สูงสุดในการจ่ายน้ำ (อัตราไหล แกลลอน/นาที หรือ gpm)



ภาพที่ 2.13 ภาพการปรับหมุนตัวปรับถอยหลังเข้ามาจะได้ฝอยน้ำกว้างขึ้น

ความดันน้ำที่ออกแบบสำหรับหัวฉีด

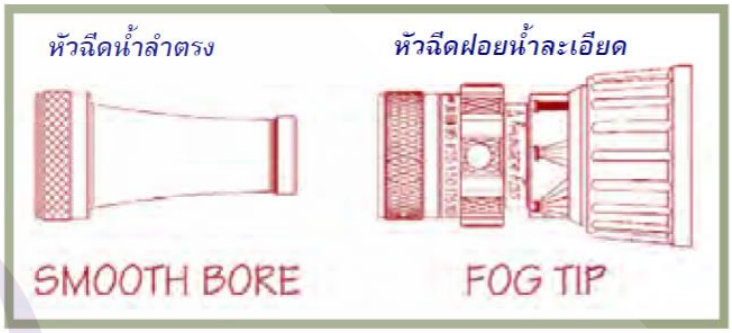
- หัวฉีดน้ำลำตรง-สายสูบ (Smooth Bore Nozzle-Handline) 50 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)
- หัวฉีดน้ำลำตรง-หัวฉีดน้ำหลัก (Smooth Bore Nozzle- Master Stream) 80 ปอนด์ / ตารางนิ้ว (psi)
- หัวฉีดน้ำฝอยละเอียดทุกชนิด (Fog Nozzle-all types) 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)

2.3.2 หัวฉีดน้ำดับเพลิงธรรมดาที่ใช้งานทั่วไป (Current Conventional Nozzles)

หัวฉีดน้ำดับเพลิงธรรมดาที่ใช้งานทั่วไป หมายถึง หัวฉีดน้ำดับเพลิงชนิดตั้งขนาดของรูเปิดเดินน้ำไว้คงที่ หรือสามารถปรับขนาดของรูเปิดเดินน้ำได้มีใช้งาน 2 แบบ คือ หัวฉีดน้ำลำตรง (Smooth Bore) และหัวฉีดน้ำรูปวงกลม หรือเรียกว่าหัวฉีดน้ำฝอยละเอียด (Fog Nozzle) เพื่อให้สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขหรือรูปแบบการ ฉีดน้ำจึงมีตัวปรับขนาดรูเปิดหลายระดับ แม้แต่ แบบฉีดน้ำตรงก็ยังมีหัวฉีดซ้อนกันไว้สำหรับเพิ่ม ขนาดของลำน้ำได้

หัวฉีดน้ำฝอยละเอียดหลายชนิดตั้งแต่ หัวฉีดเร่งความเร็วจนถึงหัวฉีดน้ำหลัก ทำงานคล้ายกันมีหัวฉีดซ้อนกันซึ่งใช้วงแหวนปรับขนาดรูเปิดเดินน้ำ (ช่องบังคับน้ำ) เพื่อให้ตรง กับอัตราไหลของน้ำที่จะใช้งาน และถึงแม้ว่าการปรับหัวฉีดน้ำจะทำให้การทำงานของหัวฉีดน้ำชนิดตั้งขนาดรูเปิดไว้คงที่ดีขึ้นแต่ไม่ถึงกับทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากเป็นไปได้ยากในการติดต่อสื่อสารระหว่างคนถือหัวฉีดกับผู้ ควบคุมเครื่องสูบน้ำเพื่อให้ใช้แรงดันปล่อยน้ำ (Pump Discharge Pressure) ที่เหมาะสมกับ ขนาดของรูเปิดหัวฉีดน้ำที่ปรับไว้ ผู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำจะตั้งความดันปล่อยน้ำไว้ล่วงหน้าซึ่งผู้ถือหัวฉีดน้ำต้องปรับขนาดรูเปิดให้เหมาะสม ตามระดับแรงดันปล่อยน้ำที่ตั้งไว้แล้ว

ดังนั้นการปรับขนาดรูเปิดของหัวฉีดน้ำเป็นอย่างอื่น แล้วให้ผู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำปรับแรงดันปล่อยน้ำตามจึงเป็นเรื่องยุ่งยากและมีปัญหามากพอสมควร



ภาพที่ 2.14 ภาพหัวฉีดน้ำลำตรง และหัวฉีดฝอยละเอียด

ข้อจำกัดของหัวฉีดน้ำดับเพลิงชนิดธรรมดา

เงื่อนไขที่จะทำให้หัวฉีดน้ำธรรมดาที่มีขนาดรูเปิดคงที่ (ทั้งชนิดลำตรงและฝอยน้ำละเอียด) มีแรงดันหัวฉีดที่ถูกต้องเหมาะสมกับ อัตราการไหลของน้ำ (gpm) จะต้องมีการตั้ง ความดันปล่อยน้ำที่เครื่องสูบน้ำให้ตรงกับขนาด รูเปิดหัวฉีดน้ำในขณะนั้น

เพื่อให้ได้อัตราไหลของน้ำตามต้องการ ต้องพิจารณาไปถึงการจ่ายน้ำขนาดและความยาวของสายสูบน้ำดับเพลิง สมรรถนะของ เครื่องยนต์ของเครื่องสูบน้ำ ถ้าทุกอย่างเป็นไปอย่างถูกต้อง อัตราไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีดก็จะทำให้ได้แรงดันและสายน้ำตามความต้องการ แต่นี่คือการสมมุติที่ทำไม่ได้ง่ายนัก

ภาพที่ 2.15 ภาพแสดงอัตราไหลของน้ำที่ถูกต้อง

หากได้รับอัตราไหลของน้ำใช้ดับเพลิงที่เหมาะสมอัตราไหลนั้นเข้าไปในหัวฉีดน้ำดับเพลิงซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ยกเว้นปรับรูเปิดน้ำ (ด้วยมือ) เพื่อรองรับอัตราไหลใหม่ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับแรงดันปล่อยน้ำที่เครื่องสูบน้ำ ด้วยเหตุที่หัวฉีดธรรมดาไม่สามารถเปลี่ยนขนาด ของรูเปิดหัวฉีดหรือปรับได้อย่างจำกัด สิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมา หนึ่งหรือสองประการ ได้แก่

(1) เมื่อหัวฉีดน้ำธรรมดาได้รับน้ำในอัตราไหลที่น้อยกว่าขนาดรูเปิดหัวฉีดที่ตั้งไว้ จะได้สายน้ำที่อ่อนและมีประสิทธิภาพดับไฟน้อยลง เหตุการณ์นี้อาจมีสาเหตุมาจากการส่งน้ำไม่ดีสายสูบน้ำยาวเกินไปตั้งขนาดรูเปิดผิด หรือ ผู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำเกิดความผิดพลาดการส่งน้ำที่มีแรงดันน้อยทำให้เกิดการสูญเปล่าของน้ำเพราะสายน้ำไม่มีความเร็วมากพอที่จะพุ่งไปยังเชื้อเพลิงเพื่อซึมลึกลงไปและอาจทำให้สายสูบงอ หรือพับได้ง่าย ดังนั้น จึงมีกฎ “ลดอัตราไหล ได้มากเมื่อเห็นมันอาจเป็นอัตราต่อผู้ถือหัวฉีด แต่ให้ลดได้เล็กน้อย หากยังต้องการใช้สายน้ำล้มเปลวไฟ การส่งน้ำที่แย่ยังเป็นผลมาจากสายน้ำที่อ่อนซึ่งเกิดจากสาเหตุไม่สามารถตั้งขนาดดูเปิดหัวฉีดน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณการส่งน้ำ

ภาพที่ 2.16 ภาพแสดงอัตราการไหลของน้ำน้อย (ไม่เพียงพอ)

(2) ปริมาณน้ำส่งมายังหัวฉีดธรรมดามากเกินความต้องการ (ปริมาณน้ำมากเกินกว่ารูเปิดหัวฉีดน้ำจะรับได้ตามปกติ) ผลที่เกิดขึ้นตามมาก็คือจะมีแรงดันเกิดขึ้นที่หัวฉีดน้ำสูงมากส่งผลให้มีแรงปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น หัวฉีดมีแรงตีกลับหรือสะบัดกลับ (Kickback) ควบคุมยากและเป็นอันตรายต่อผู้ถือหัวฉีด

ภาพที่ 2.17 ภาพแสดงอัตราการไหลของน้ำมากเกิน

ยิ่งหัวฉีดมีแรงสะบัดกลับมากเท่าไหร่ยิ่งควบคุมยากและมีอันตรายมากขึ้นเท่านั้น โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมการดับไฟที่ยากลำบาก และเต็มไปด้วยสิ่งกีดขวาง ทั้งนี้ แรงดันที่หัวฉีด จะเพิ่มขึ้นตามอัตราไหลของน้ำผ่านหัวฉีดนั้น ความพยายามที่จะควบคุมความดันน้ำที่มากเกินไปโดยการปิดหัวฉีดจะส่งผลให้สายน้ำแตกกระจายและไม่มีความคงตัววาล์วลูกบอลที่เปิดไว้บางส่วนจะทำให้เกิดความปั่นป่วนของสายน้ำและมีประสิทธิภาพลดลง ผู้ควบคุมหัวฉีดต้องตัดสินใจว่าจะต้องสู้กับทั้งสายสูบและเพลิงไหม้ หรือจะต่อสู้กับเพลิงไหม้ด้วยสายน้ำ ที่แตกกระจายและไร้ประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่เห็นและสัมผัสได้ชัดเจนเมื่อสายสูบน้ำดับเพลิงทีความดันมากเกินในขณะที่หัวฉีดน้ำหลักติดตั้งบนรถซึ่งมีแรงดันน้ำมากกว่าหัวฉีดมือถือหลายเท่าเรากลับไม่รู้สึกว่ามันมีปฏิกิริยาหรือแรงตีกลับเพราะไม่ได้ถือมันไว้ไม่ว่าหัวฉีดน้ำมือถือธรรมดาหรือหัวฉีดน้ำหลักที่ใช้อัตราไหลของน้ำมากในระดับสูงล้วนมีอันตรายจากแรงปฏิกิริยาทำให้การปฏิบัติงานฉีดน้ำบนที่สูงหรือต่างระดับมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น โดยไม่จำเป็น

นอกจากนี้แล้ว การส่งน้ำในปริมาณที่มีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งไปเพิ่มแรงดันที่หัวฉีดน้ำไม่ได้ทำให้การดับเพลิงมีประสิทธิภาพดีขึ้นแต่ประการใด เนื่องจากน้ำที่ออกจากปลายหัวฉีด ไม่ได้เพิ่ม รูเปิดยังมีขนาดคงที่และจำกัดไว้เท่าเดิมยกเว้นมีการปรับขนาดของรูเปิดหัวฉีดให้กว้างขึ้นเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ส่งเข้ามาอัตราไหลของน้ำในระดับสูงถ้าส่งมายังรูเปิด หัวฉีดน้ำที่ปรับขนาดได้ถูกต้องเหมาะสมจะทำให้ สามารถลดแรงปฏิกิริยาในหัวฉีดน้ำและได้ความดันน้ำในระดับที่ต้องการ ซึ่งอะไรจะเกิดขึ้นเมื่อ มีการประดิษฐ์หัวฉีดน้ำดับเพลิงที่สามารถปรับขนาดของรูเปิดได้อัตโนมัติเพื่อให้ขนาดของหัวฉีดเหมาะสมกับอัตราไหลของน้ำที่ได้รับขึ้นมาใช้งาน

ภาพที่ 2.18 ภาพแสดงค่าแรงดันหัวฉีดสัมพันธ์กับค่าอัตราไหลของน้ำ

2.3.3 หัวฉีดน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Nozzle)

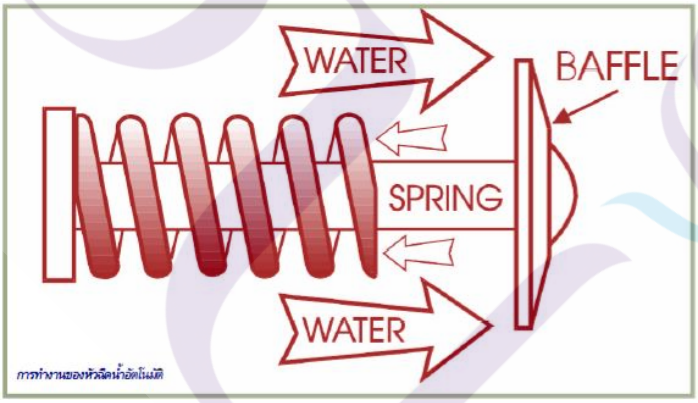
หัวฉีดน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ หมายถึง หัวฉีดที่สามารถควบคุมระดับความดันน้ำที่หัวฉีด ให้คงที่ได้ พัฒนาขึ้นมาในช่วงปลายทศวรรษ 1960 โดย หัวหน้า ซี.เอช. แม็คมิลแลนด์ แห่งหน่วยปฏิบัติการผจญเพลิง สถานีดับเพลิงเมืองแกรี รัฐอินเดียนา และเป็นผู้ก่อตั้งบริษัทหัวฉีด น้ำดับเพลิง Task Force Tip Inc. เป็นหัวฉีดน้ำ ดับเพลิงสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาในการใช้น้ำปริมาณมากจากปริมาณสำรองที่มีจำกัด ข้อดีของหัวฉีดอัตโนมัติคือการปรับปรุงหัวฉีดน้ำธรรมดาที่เคยใช้กันมาให้สามารถใช้น้ำดับเพลิงได้ดีขึ้นในหลายมิติ ส่งผลต่อการพัฒนายุทธวิธี เพิ่มประสิทธิภาพในเชิงรุกจากหัวฉีดที่รับอัตราไหลของน้ำได้สูงขึ้นชนิดไม่เคยปรากฏมาก่อน

ยกตัวอย่าง หัวฉีดน้ำชนิดรับอัตราไหลได้คงที่หรือหัวฉีดน้ำลำตรงที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในการปรับขนาดหัวฉีดด้วยมือในขณะที่อัตราไหลของน้ำที่ส่งมาจากเครื่องสูบน้ำมีขึ้นมีลง ผู้ถือหัวฉีดต้องปรับขนาดของรูเปิดรับน้ำให้ถูกต้องตามอัตราไหลที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยมือให้ดีที่สุด ส่วนหัวฉีดน้ำอัตโนมัติ หัวฉีดน้ำ จะปรับขนาดของรูเปิดรับน้ำให้ตรงกับขนาดของ อัตราไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยตัวเอง โดยที่ผู้ถือหัวฉีดไม่ต้องใช้มือปรับแต่ประการใด พูดง่ายๆ ว่าหัวฉีดน้ำอัตโนมัติจะปรับขนาดของ รูเปิดรับน้ำของหัวฉีดให้ถูกต้องตามอัตราไหลของน้ำที่ส่งเข้ามา เพื่อให้การฉีดน้ำดับไฟมีคุณภาพ และประสิทธิภาพตลอดเวลา

ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันหัวฉีดขับเคลื่อนอัตโนมัติ (ควบคุมและจัดการความดันอัตโนมัติ) เป็นวิธีการที่นิยมเลือกใช้กันมาก ตามทัศนะของผู้ปฏิบัติงานมันเป็นวิธีง่ายที่สุดและต้องการ การ

ฝึกอบรมน้อย แต่ให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูเปิดน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเลือกความเร็ว (อัตราไหลของน้ำ) เท่าไหร่ หัวฉีดอัตโนมัติจะปรับรูเปิดรับน้ำให้มีขนาดถูกต้องเหมาะสมกับอัตราไหลด้วยตัวเอง โดยคุณไม่ต้องเอื้อมมือไปปรับใด ๆทั้งสิ้น ซึ่งหลักการ ทำงานคล้ายกับวาล์วระบายความดันของเครื่องสูบน้ำ กลไกควบคุมความดันของหัวฉีดจะรับรู้ ระดับความดันที่ฐานของหัวฉีดซึ่งจะมีการปรับรูเปิดรับน้ำโดยอัตโนมัติเมื่อความดันเปลี่ยนแปลงไปแม้เพียงเล็กน้อยเพื่อรักษาสมดุลระหว่างขนาดรูเปิดหัวฉีดน้ำกับอัตราไหลของน้ำ ทำให้การฉีดน้ำมีประสิทธิภาพตามต้องการ

แผ่นกั้นน้ำ (Baffle) ทำงานด้วยสปริงที่อยู่ติดกับหน่วยควบคุมความดัน เป็นตัวบังคับให้มีการลดหรือขยายขนาดของรูเปิดของหัวฉีด ซึ่งโดยหลักการแล้วแผ่นกั้นนี้จะเปลี่ยนขนาดของรูเปิดให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ได้รับปกติ แผ่นกั้นจะปิดรูเปิดน้ำเมื่ออยู่ในตำแหน่งปิดขอบของแผ่นกั้นคลุมรูปิดไว้จนมิด เมื่อเริ่มต้นเปิดน้ำแรงดันน้ำจะดันแผ่นกั้นไปข้างหน้าทำให้มีช่องว่างรอบๆ แผ่นกั้นกับขอบรูเปิดน้ำหากน้ำมีปริมาณหรืออัตราไหลเพิ่มขึ้น แผ่นกั้นก็จะถูกดันไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นอีก นั่นหมายถึงช่องว่างของรูเปิดน้ำขยายออกทำให้น้ำไหลผ่านได้มากขึ้น (ในอัตราสัมพันธ์กัน) จึงไม่ทำให้เกิดความดันจากปริมาณน้ำสะสมหรือไหลไม่สะดวก ดังนั้นความดันที่หัวฉีดน้ำจึงอยู่เท่าเดิมไม่ว่าจะมีน้ำไหลผ่านมากหรือน้อยก็ตาม



ภาพที่ 2.19 ภาพแสดงการทำงานของหัวฉีดน้ำอัตโนมัติ

สำหรับหัวฉีดน้ำหลักประจำที่ (Master Stream Nozzle) หัวเดียวสามารถใช้แทนหัวฉีดน้ำธรรมดาทั้งแบบฉีดน้ำลำตรงและฉีดน้ำฝอย ละเอียดได้หลายหัว

ข้อดีของหัวฉีดน้ำอัตโนมัติ

- คงไว้ซึ่งสายน้ำที่มีพลัง (Consistent hard-hitting streams)
- ให้ความดันหัวฉีดที่ เหมาะสมกับ อัตราไหลของน้ำ (Correct nozzle pressure with available flow-gpm)
- ให้ระยะฉีดสูงสุดกับปริมาณที่ได้รับ (Maximum reach with available water)
- ให้ระยะฉีดสูงสุดกับปริมาณที่ได้รับ (Maximum reach with available water)
- มีคันควบคุมวาล์วบังคับน้ำแบบเลื่อนสำหรับผู้ควบคุมหัวฉีดน้ำดับเพลิงที่ได้รับสิทธิบัตร (Nozzle man Flow Control" with patented slide valve)

2.3.4 วาล์วแบบเลื่อนกับวาล์วลูกบอล (Slide Valve vs. Ball Valve)

วาล์วแบบเลื่อน (Slide Valve)

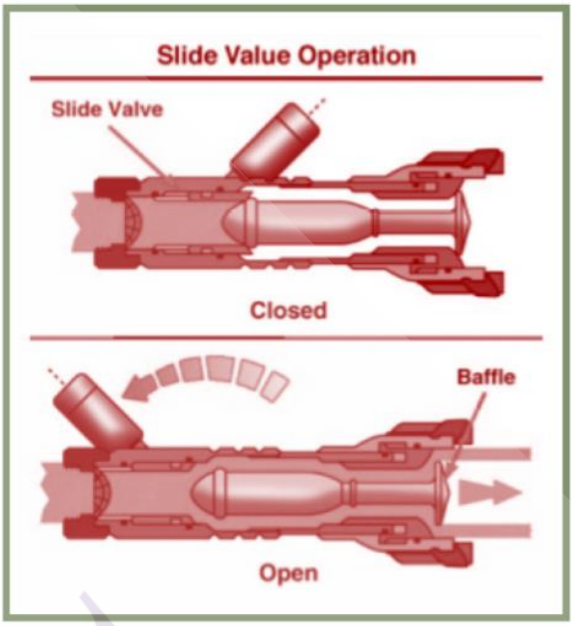
วาล์วแบบเลื่อนเป็นนวัตกรรมใช้ในหัวฉีด รุ่น Handline Mid-Matic และ Ultimatic โดยออกแบบมาเพื่อควบคุมการไหลของน้ำที่ไม่ทำให้ เกิดการล้นทะลักหรือปั่นป่วนที่หัวฉีด หน่วยควบคุมความดันจะชดเชยตามการเปลี่ยนแปลง ของอัตราไหลของน้ำด้วยการดันแผ่นกั้นน้ำ (Baffle) ให้เลื่อนออกไปข้างหน้าและขยายรู เปิดรับน้ำให้มีขนาดเหมาะสม รักษาความดันที่ หัวฉีดไว้ในระดับเหมาะสมทำให้สายน้ำดินเรียบ และควบคุมง่าย จากการทำงานในลักษณะนี้ วาล์วแบบเลื่อนซึ่งได้รับการจดสิทธิบัตรสามารถ ถือใช้งานในตำแหน่งใดก็ได้โดยไม่เกิดการพุ่ง ทะลักอันจะทำให้สายน้ำมีคุณภาพลดลง ทั้งนี้ วาล์วแบบเลื่อนจุดเด่นคือ

- ทำด้วยเหล็กกล้าทนทาน
- ไม่ฝืดหรือแน่นเมื่อเมื่อผ่านการใช้ งานเป็นเวลานาน
- ไม่ฝืดหรือแน่นเมื่อใช้งานภายใต้ แรงดันน้ำสูง
- ปิดวาล์วง่าย

ภาพที่ 2.20 หัวฉีดน้ำอัตโนมัติ

หัวฉีดน้ำอัตโนมัติติดสายสูบชนิดใช้วาล์ว แบบเลื่อนทำให้สามารถควบคุมอัตราไหลของน้ำได้อย่างราบรื่นและไม่เกิดการล้นทะลักที่ทำให้เสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์และได้สายน้ำที่ไร้คุณภาพสำหรับดับเพลิง

ระบบควบคุมความดันจะปรับตามอัตรา ไหลที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยการบังคับสปริงดันให้แผ่นกั้นเคลื่อนไปข้างหน้าเพื่อเปิดช่องน้ำไหลให้กว้างขึ้นเมื่ออัตราไหลของน้ำสูงและแผ่นกั้นจะถอยหลังกลับเข้ามาบีบให้ช่องน้ำเล็กลงเมื่อ อัตราไหลของน้ำลดลง ซึ่งการควบคุมบังคับน้ำ ในลักษณะนี้จะไม่มีการล้นทะลัก (Turbulence Free) เพราะใช้คันบังคับแบบเลื่อนที่ทำงานสัมพันธ์ระบบควบคุมอัตราไหลของหัวฉีดโดยตรง เรียกว่า “Nozzle Man Flow Control” ซึ่งความดัน จะเปลี่ยนแปลงตามอัตราไหลของน้ำเท่านั้น เป็นระบบที่บังคับควบคุมได้ง่ายและแม่นยำที่สำคัญ ระบบนี้ไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันมากหรือน้อยเกินไปที่หัวฉีด



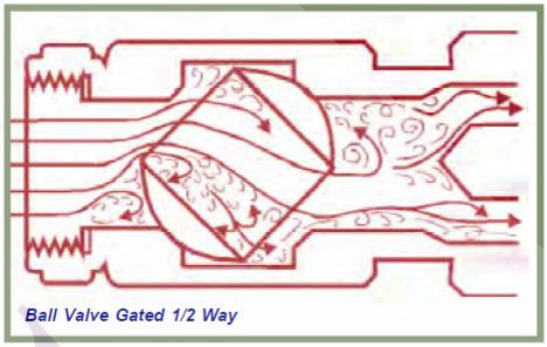
ภาพที่ 2.21 ลักษณะวาล์วแบบเลื่อน

วาล์วลูกบอลหรือบอลวาล์ว (Ball Valve)

บอลวาล์วเป็นเครื่องมือในการควบคุม อัตราไหลของน้ำในการดับเพลิงมายาวนาน เป็นวาล์วติดตั้งในท่อ ประกอบด้วยลูกบอลซึ่ง ตรงกลางเจาะรูให้น้ำผ่านไปได้เมื่ออยู่ตำแหน่งปิดวาล์วจะขวางท่อในแนวตั้งทำให้รูตั้งขึ้นแล้ว สัมผัสกับขอบทอด้านบนและด่านล่างซึ่งน้ำไม่สามารถไหลผ่านได้แต่เมื่ออยู่ในตำแหน่งเปิด ลูกบอลจะอยู่ในแนวนอนขนานกับเส้นท่อน้ำสามารถไหลผ่านไปได้ แม้ว่าบอลวาล์วได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางมานาน แต่ปัญหา หลายประการยังคงมีอยู่และไม่สามารถมองข้ามไปได้ อาทิ

- ออกแบบมาเพื่อให้ทำงานในตำแหน่งเปิดสุดและปิดสุด
- ตำแหน่งที่ไม่ใช่การเปิดสุดจะทำให้น้ำพุ่งทะลักรุนแรงภายในหัวฉีด
- น้ำพุ่งทะลักจะทำให้น้ำถูกฉีดออกมาอย่างรวดเร็วและทำให้รูปแบบฝอยน้ำเสียหาย
- เมื่อหัวฉีดมีความดันสูงขึ้นจะทำให้เกิดปัญหา ดังนี้
- บอลวาล์วจะเปิดยากขึ้น
- ตัวบอลจะถูกกดลงไปที่แหวนรองวาล์ว (Valve Seat) แรงขึ้นเรื่อยๆ

หัวฉีดน้ำดับเพลิงที่ใช้บอลวาล์วไม่สามารถจะควบคุมการไหลของน้ำโดยไม่ให้เกิดการพุ่งทะลักได้เนื่องจากบอลวาล์วถูกออกแบบมาให้ทำงานในตำแหน่งเปิดสุดการพยายามฉีดน้ำในขณะที่บอลวาล์วเปิดไม่สุด (เปิดบางส่วน) จะ เกิดน้ำพุ่งทะลักทำให้น้ำถูกฉีดออกมาเร็วเกินไปสายน้ำไม่มีคุณภาพและรูปแบบฝอยน้ำเสียหาย



ภาพที่ 2.22 ลักษณะวาล์วลูกบอลหรือบอลวาล์ว

สามเหลี่ยมการใช้น้ำ (Water Triangle) หลักการทางชลศาสตร์ของหัวฉีดน้ำอัตโนมัติจำง่ายๆ คือ ทฤษฎีสามเหลี่ยมการใช้น้ำ (Water Triangle) เป็นรูปสามเหลี่ยมที่แต่ละด่าน คือค่าจำกัด 3 ประการในการตั้งเครื่องสูบน้ำ ได้แก่

1. การจ่ายน้ำ (Water Supply)
2. กำลังของเครื่องสูบน้ำ (Pumper Power) และ
3. แรงดันใช้งานสูงสุดที่ยินยอมให้ทำได้ (Maximum Allowable Working Pressure)

เมื่อเดินเครื่องสูบน้ำส่งน้ำไปยังหัวฉีดอัตโนมัติ ผู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำต้องเร่งเครื่องให้ ถึงขีดจำกัดของแต่ละด่านซึ่งขีดจำกัดดังกล่าว สังเกตได้จาก

- การส่งน้ำ (Water Supply) ขีดจำกัดของการจ่ายน้ำสังเกตได้จากแรงดัน 5-10 psi แสดงบนเกจ์ท่อดูดน้ำเข้าหรือสายดูดน้ำ และ เครื่องสูบน้ำทำงานในทิศทางที่ควบคุมไม่ได้ (เร่งความเร็วผิดปกติ)
- แรงดัน (Pressure) ขีดจำกัดของความ ดันเครื่องสูบน้ำโดยทั่วไปอยู่ที่ 200-225 psi สังเกตจากตัวเลขแสดงบนเกจ์วัดแรงดัน
- กำลังเครื่องสูบน้ำ (Power) ขีดจำกัดของกำลังเครื่องสูบน้ำก็คือการเร่งเครื่องจนสุด

เมื่อองค์ประกอบทั้ง 3 ถูกเร่งสุดถึงขีดจำกัดแล้วก็พูดได้ว่าการส่งน้ำเข้าหัวฉีดทำได้สมบูรณ์แล้ว หากส่งน้ำที่แรงดันสูงสุดผ่านสายสูบขนาดใหญ่ก็จะได้อัตราไหลสูงขึ้น แต่ถ้าการส่งน้ำมีปัญหาจะต้องมีการปรับปรุงท่อดูดน้ำใช้สายใหญ่ขึ้นหรือเพิ่มจำนวนสายดูดหรือรับน้ำเพิ่มจากแหล่งสำรองอื่นเพิ่มเข้ามา (ต่อจาก เครื่องสูบน้ำอีกเครื่องหนึ่ง) ส่วนกำลังของเครื่องสูบน้ำจะเร่งสุดเมื่อต้องส่งน้ำ 1 สายหรือมากกว่าในปริมาณล้นความจุซึ่งอาจใช้เครื่องสูบน้ำอีกเครื่องเข้ามาช่วยผ่อนภาระเพื่อส่งน้ำให้ได้ อัตราไหลตามต้องการ การใช้สายสูบขนาดใหญ่ เพื่อลดการสูญเสียแรงดันจากการเสียดทาน แต่ เป็นความจริงที่ว่าหากสายสูบใหญ่เกินไปกำลังสูงสุดของเครื่องสูบน้ำหนึ่งหรือสองเครื่องอาจไม่พอสำหรับการส่งน้ำในอัตราไหลที่ตั้งเป้าหมายไว้แต่ถ้าใช้สายสูบเล็กเกินไปก็อาจสะสมแรงดันให้สูงขึ้นมาได้ โดยเฉพาะกับหัวฉีดน้ำธรรมดาที่มี ขนาดรูเปิดรับน้ำคงที่อาจไม่สัมพันธ์กับปริมาณที่ส่งเข้ามาทำให้เกิดปัญหาในการฉีดน้ำดับไฟได้

สำหรับหัวฉีดน้ำอัตโนมัติ ผู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำจะส่งน้ำได้เต็มประสิทธิภาพทันทีที่เร่งเครื่องจนสุด เนื่องจากหัวฉีดจะเปิดรูรับน้ำให้มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ส่งออกไปซึ่งเป็นความจริงที่ต้องยอมรับ การส่งน้ำไปยัง หัวฉีดอัตโนมัติทำได้ดีกว่าเร็วกว่าและแม่นยำกว่าการส่งน้ำเข้าหัวฉีดธรรมดา

2.3.5 เทคนิคการดับเพลิง

น้ำเป็นสารดับเพลิงที่ใช้มานานมาก แต่ที่สำคัญสำหรับเจ้าหน้าที่ดับเพลิงก็คือ ปริมาณการใช้น้ำต้องสัมพันธ์กับไฟ ไฟมากน้ำมาก ไฟน้อยน้ำน้อย แต่จากผลกระทบที่เกิดขึ้นก็คือทรัพย์สินของประชาชนอาจต้องได้รับความเสียหาย แต่ก็หลีกเลี่ยงได้ยาก ดับเพลิงยุคใหม่จึงต้องคิดวิธีที่จะทำอย่างไรใช้น้ำน้อยที่สุดแต่ได้ประสิทธิภาพในการดับเพลิงสูงสุด น้ำ สามารถปิดกั้นอากาศด้วยไอน้ำ น้ำสามารถดูดกลืนความร้อน และน้ำสามารถทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงน้อยลงหรือหนุดการคายไอนำเอาไอเชื้อเพลิงออกไปจากคุณสมบัติของน้ำทำให้องค์ประกอบของไฟไม่ครบหรือไม่สมบูรณ์ เราจึงสามารถประยุกต์ใช้น้ำดับไฟโดยเปลี่ยนสภาพน้ำให้กลายเป็นไอและขยายตัว ลดอุณภูมิชั้นความร้อนให้ต่ำลงและควบคุมก๊าซที่ลุกไหม้และทำให้เปลวไฟหมดไปได้ น้ำกลายเป็นไอที่อุณภูมิ 100 °C มีอัตราส่วน 1700 :1 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ก็คือการใช้น้ำควบคุมไฟให้เหมาะสมกับความรุนแรงของไฟ การใชน้ำเพื่อลดอุณภูมิลงมาให้อยู่ในแนวกลางทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ตัวเจ้าหน้าที่ดับเพลิงในการเข้าผจญเพลิง เพราะเจ้าหน้าที่ดับเพลิงอาจได้รับอันตรายจากไอน้ำ และยังช่วยให้สามารถมองเห็นจุดต้นเพลิง

การใช้งานของหมอกน้ำ 3D ในการดับเพลิงในห้อง

1. Gas Cooling การลดความร้อนของไอเชื้อเพลิง - ใช้ในการระบายความร้อนด้วยก๊าซในเหนืออุณหภูมิต่ำกว่าที่รองรับความคืบหน้าใด ๆ กับสถานการณ์แบบ Rollover หรือ Flashover

2. Inerting การเติมสารเฉื่อย - ใช้ลดโอกาสในการจุดติดไฟของแก๊สไฟโดยการใช้น้ำเหนือศีรษะ - หนึ่งในไอน้ำไปควบคุมหรือหยดน้ำที่ถูกแขวนลอยโดยไม่มีการระเหยเกิดขึ้น – เพื่อป้องกันหรือระงับ / บรรเทาการจุดระเบิด Backdraft หรือการระเบิดของกลุ่มควัน

3. Suppression การระงับ – ใช้ในการดับการเผาไหม้ของเพลิงก๊าซ ที่สะสมและถูกเผาในช่องว่างทางเรขาคณิตเช่นปล่องบันได ห้องใต้หลังคาหรือช่อง ฯลฯ

การใช้งานดังกล่าวไม่ใช่เพื่อดับไฟ แต่เพื่อทำให้ 'ปลอดภัย' ในการเข้าระงับเหตุเพลิงไหม้เข้าสู่แหล่งต้นเพลิงและลดโอกาสในการจุดติดไฟของ Gas Ignitions - Flashovers - Backdrafts เป็นต้น ทั้งสองเทคนิคเหล่านี้ออกแบบ เพื่อแทนที่รูปแบบการยิงโจมตีแบบ โดยตรง โดยใช้น้ำปรับการฉีดน้ำเข้าโดยตรง แต่ยิ่งกว่านั้นเพื่อเสริมรูปแบบการโจมตีไฟที่มีอยู่ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของทีมดับเพลิง

กลยุทธ์ 3D อาจเป็นการป้องกัน รูปแบบการใช้หมอกน้ำกลยุทธ์ 3D จึงเป็นรูปแบบที่เน้นการป้องกันการเกิด Flashover & Backdraft ละอองน้ำที่ไหลเข้าเหนือศีรษะบนทางเข้าใกล้โดยใช้การฉีดน้ำปะทะอย่างรวดเร็วสั้น ๆ ที่หัวฉีดทำหน้าที่เป็นสารเฉื่อย ในชั้นก๊าซเพลิงและจะป้องกันหรือลดโอกาสในการจุดระเบิดของแก๊สเพลิงที่อาจนำไปสู่เหตุการณ์สำคัญ การจุดระเบิดของก๊าซสะสมอาจจะแตกต่างกันไปตามแรงระเบิด แต่ก็แสดงให้เห็นแล้วว่าหยดน้ำละเอียดนั้นสามารถระงับได้ ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวและลดผลกระทบจากการระเบิด อย่างไรก็ตามการใช้งานอีกครั้งมีการบริหารงานที่มีจำนวนที่เหมาะสมของความแม่นยำและขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับรู้นักดับเพลิงและการฝึกอบรม ระยะเวลาของพัลส์และองศาของการแพร่กระจายของกรวยจะแตกต่างกันไปตามขนาดของช่องและเงื่อนไขที่แสดงในที่นั้น

การโจมตีด้วยหมอกน้ำ3 การระบายความร้อนของก๊าซ (3D Offensive Fog Attack Gas cooling) กำหนดให้เป็นรูปแบบการใช้ของละอองน้ำที่ปล่อยออกมาในการระเบิดสั้นควบคุม (พัลส์) ที่ช่วงหยดน้ำมีความสำคัญวัตถุประสงค์ (ป้องกันการใช้) คือการระงับหยดลงในชั้นก๊าซไฟเพื่อทำให้เย็นลง, เฉื่อยและเจือจาง นำออกนอกช่วงของการติดไฟได้ทันทีในความพยายามที่จะป้องกันหรือดับไฟที่ตามมา ผลของการระบายความร้อนด้วยก๊าซยังช่วยลดการตอบสนองทางความร้อนและการไหลของความร้อนเข้าสู่ห้อง เพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ รูปแบบนี้อาจใช้ในการดับการก่อตัวของก๊าซไฟ (การใช้งานที่ไม่เหมาะสม) ที่ถูกเผาไหม้ภายในห้องภายใต้การควบคุมการระบายอากาศ (ซึ่งปริมาณ

ของก๊าซเพลิงไหม้ลุกไหม้ภายในห้องนั้นมีปริมาณออกซิเจน อากาศเข้าผ่านทางช่องระบายอากาศ) รูปแบบการใช้งานนี้สร้างขึ้นในแบบสามมิติในรูปแบบปริมาตรของก๊าซดับเพลิงภายในตู้ (ห้องหรือห้อง) และใช้กลยุทธ์นี้ในระยะประชิด – โดยนักผจญเพลิงครอบครองห้องในเวลาที่ถูกโจมตี การใช้งานของละอองน้ำนี้อาจใช้ทั้งในห้องที่มีการระบายอากาศและห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ

เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ 'กรวยหมอก' และมุมการใช้งานจึงมีความสำคัญเทียบเท่ากับแง่มุมที่ใช้งานได้จริงของจังหวะหัวฉีด ตัวอย่างเช่น กรวยหมอก 60 องศา ถูกนำไปใช้ที่มุม 45 องศากับพื้นเข้าไปในห้องเฉลี่ย (50 ลูกบาศก์เมตร) จะมีหยดน้ำประมาณ 16 ลูกบาศก์เมตร การปะทุหนึ่งวินาทีจากสายน้ำดับเพลิงไหล 100 lpm น้ำประมาณ 1.6 ลิตรลงในกรวย สำหรับวัตถุประสงค์ของคำอธิบายนี้ "หน่วย" ของอากาศร้อนที่ 538 °C มีน้ำหนัก 0.45 กิโลกรัมและมีปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์เมตร อากาศหน่วยเดียวนี้มีความสามารถในการระเหยน้ำ 0.1 กิโลกรัม (0.1 ลิตร) ซึ่งเป็นไอน้ำ (ที่สร้างขึ้นที่นี่อุณหภูมิไฟทั่วไปในห้องที่มีขอบติดกับไฟแฟลช) จะใช้พื้นที่ 0.37 ลูกบาศก์เมตร ควรสังเกตว่าเมื่อใช้กับหมอกรูปกรวยแบบ 60 องศา จะใช้พื้นที่ของอากาศ 16 องศา ที่ 538 องศา °C ซึ่งหมายความว่า 1.6kg (16 x0.1kg) หรือ 1.6 ลิตรของน้ำสามารถระเหยได้ - เช่น; จำนวนที่แน่นอนที่ถูกปล่อยลงในกรวยในระหว่างการระเบิดหนึ่งวินาที น้ำจะระเหยในก๊าซก่อนที่จะถึงผนังและเพดานเพื่อเพิ่มความเย็นในหัว อาจเห็นได้ว่ามีหยดน้ำขนาดใหญ่หรือเปียกโชกเกิดขึ้นว่ามีน้ำมากเกินไปที่จะผ่านแก๊สเพื่อระเหยเป็นไอน้ำที่ไม่พึงประสงค์เมื่อไปถึงพื้นผิวที่ร้อนภายในห้อง การคำนวณของ Charles Law เราสามารถสังเกตได้ว่าก๊าซถูกทำให้เย็นลงอย่างมีประสิทธิภาพทำให้พวกมันหดตัว อากาศภายในกรวยแต่ละหน่วยได้รับการระบายความร้อนถึง 100 °C และครอบครองปริมาณเพียง 0.45 ลูกบาศก์เมตร สิ่งนี้ทำให้การลดปริมาณอากาศทั้งหมด (ภายในขอบเขตของกรวย) จาก 16 ลูกบาศก์เมตรเป็น 7.2 ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามในการนี้เราจะต้องเพิ่มไอน้ำ 5.92 ลูกบาศก์เมตร (16 x 0.37) ตามที่สร้างขึ้นที่ 538 °C ภายในก๊าซ ผลกระทบที่น่าทึ่งได้สร้างแรงกดดันด้านลบภายในห้องโดยลดระดับจำนวนโดยรวมจาก 50 ลบ.ม. เป็น 47.1 ลบ. ม. ด้วยหมอกเพียงครั้งเดียว การไหลของอากาศใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นที่หัวฉีดจะน้อยที่สุด (ประมาณ 0.9 ลูกบาศก์เมตร) และรักษาแรงดันลบไว้ โดยรวมแล้วไม่มีการขยายตัวใด ๆ แต่มวลของก๊าซไม่เสถียรและเคลื่อนไหวตลอดเวลาและอยู่ในช่วงการเปลี่ยนภาพ มันเป็นสิ่งสำคัญดังนั้นผู้ประกอบการหัวฉีดประเมินอย่างต่อเนื่อง เงื่อนไขต่อไปนี้การระเบิดแต่ละครั้งหรืออนุกรมของการระเบิด (พัลส์) เพื่อให้สามารถปรับระยะเวลาการฉีดน้ำและรูปแบบกรวยได้

ภาพที่ 2.23 รูปแบบการฉีด Narrow pulse techniques

ที่มา : TACTICAL FIREFIGHTING A COMPREHENSIVE GUIDE TO COMPARTMENT FIREFIGHTING & LIVE FIRE TRAINING (CFBT)

โจมตีแบบรวมทางอ้อม (ป้องกัน) – หมอกน้ำ Indirect (Defensive) Water-Fog Combination Attack กำหนดให้เป็นรูปแบบการใช้น้ำหมอก (หรือสเปรย์) ซึ่งช่วงหยดไม่สำคัญดังนั้นเป็นวัตถุประสงค์ที่จะใช้น้ำ (มักจะมาจากภายนอกเนื้อหาในโหมดป้องกัน) เพื่อให้หยดถึงพื้นผิวที่ร้อนจัด รวมถึงผนังและเพดาน สิ่งนี้ทำให้เกิดไอน้ำร้อนจำนวนมหาศาลที่ทำให้เปลวไฟดับการสูญพันธุ์ การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการใช้งานนี้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่เปียกโชก (ตารางเมตรเป็นต้น) รูปแบบดังกล่าวมักใช้เพื่อให้เกิดผลดีเมื่อเงื่อนไขที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือ Backdraft

Giselsson และ Rosander นำเสนอการคำนวณเพื่ออธิบายการกระทำของการดับเพลิงทางอ้อม (การประยุกต์ใช้น้ำกับพื้นผิวที่ร้อนเพื่อสร้างบรรยากาศที่อุดมไปด้วยไอน้ำ, การแทนที่ออกซิเจนและการควบคุมไฟ) สิ่งนี้ถูกกำหนดโดย Grimwood ในหนังสือ 'Fog Attack' คำอธิบายต้องการการจัดแต่งบางอย่างเพื่อช่วยให้เข้าใจเนื่องจากขาดความเข้มงวดในต้นฉบับ (ตัวอย่างเช่นคำสั่งเช่น 90 ° = 380 kW เป็นแบบไร้สาระ) นอกจากนี้บางขั้นตอนในการคำนวณและค่าที่เกี่ยวข้องจะหายไป

พิจารณาห้องที่มีพื้นที่ 40 ตารางเมตรสูง 2.5 เมตรที่เต็มไปด้วยก๊าซร้อน หากเราพ่นหมอกควันสั้น ๆ บนพื้นผิวที่ร้อนน้ำนี้จะระเหยและก่อตัวเป็นไอ เมื่อน้ำของเรามาจากเครื่องดับเพลิงเรา

สามารถสมมติว่ามันถูกส่งไปยังคันที่อุณหภูมิ 10 ° C หากเราต้องการสร้างบรรยากาศสมมุติฐานที่ประกอบด้วยไอน้ำ 10% ที่ 180 ° C เราสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่เราต้องการใช้ดังต่อไปนี้เพื่อให้น้ำร้อนจาก 10 ° C ถึงไอน้ำที่พลังงาน 180 ° C พลังงานจำนวนหนึ่งต้อง ถูกมอบให้กับ:

- เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจาก 10 °ถึง 100 ° C
- หากต้องการเปลี่ยนน้ำของเหลวที่ 100 ° C เป็นไอน้ำที่ 100 ° C
- เพื่อเพิ่มไอน้ำ, อุณหภูมิไอน้ำจาก 100 ° C ถึง 180 ° C

หากเราคำนวณย้อนหลังเราต้องเริ่มต้นด้วยการคำนวณปริมาณไอน้ำที่มีอยู่

40 m2 x 2.5 m	= 100 m3
10% of 100 m3	= 10 m3
ปริมาณไอน้ำของที่ 180°C	= 10 m3

หากไอน้ำอุ่นก๊าซร้อนที่ 180 ° C และแก๊สขยายตัวเมื่อถูกความร้อนคุณสามารถคำนวณปริมาตรได้ที่ 100 ° C ใช้กฎหมายแก๊สในอุดมคติพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงความดันทั่วไปในห้องนั้น

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

ถือว่าเป็นสิ่งที่ละเลย P1 = P2

V1= ปริมาณไอน้ำของที่ 100°C

V2= ปริมาณไอน้ำของที่ 180°C = 10 m3

T1= 100°C + 273 = 373 K

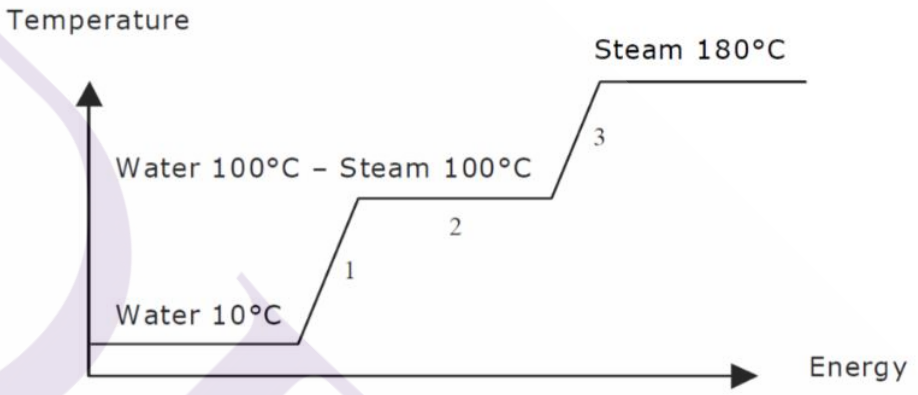
T2= 180°C + 273 = 453 K

การคำนวณให้ V1 = 8,23 m3 ซึ่งสอดคล้องกับความรู้ของเราว่าก๊าซจะหดตัวเมื่อเย็นลง อย่างไรก็ตามหนึ่งอาจไม่ลืมว่าปริมาณนี้เท่ากับ 8230 ลิตรของไอที่ 100 ° C

เราคำนวณแล้วว่าเรามีไอน้ำ 8,23 ลิตรที่ 100 ° C วิทยาศาสตร์บอกเราว่าน้ำ 1 ลิตร (ของเหลว) สามารถเปลี่ยนเป็นปริมาตร 1,700 ลิตรของไอน้ำที่ 100 ° C (แก๊ส) เมื่อถูกความร้อน ดังนั้นในการสร้างบรรยากาศไอน้ำ 10% เราต้องการ 8,230 ลิตร / 1,700 = 4.84 ลิตร ดังนั้นเราจึงต้องระเหยน้ำ 4,38 ลิตรเพื่อสร้างบรรยากาศ 10% ของน้ำ ต้องใช้พลังงานเท่าใดในการสร้างไอน้ำ 10 m3 เหล่านี้ หรือถ้ามีการใช้ถ้อยคำใหม่เราทำอะไรให้เย็นลงเมื่อเราสร้างไอน้ำ 10 m3

เพื่อให้ความร้อน 4.84 ลิตร (= 4,83 กิโลกรัมเนื่องจากมวลของน้ำ 1 ลิตรคือ 1 กิโลกรัม) น้ำจาก 10 ° C ถึงไอน้ำที่พลังงาน 180 ° C จะต้องให้:

- เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจาก 10 °ถึง 100 ° C (1)
- เพื่อเปลี่ยนน้ำของเหลวที่ 100 ° C เป็นไอน้ำที่ 100 ° C (2)
- เพื่อเพิ่มไอน้ำ, อุณหภูมิไอน้ำจาก 100 ° C ถึง 180 ° C (3)



1. การใช้ความจุความร้อนเฉพาะของน้ำ Cp(H2O, l) = 4180 J/kg/K

เราสามารถคำนวณพลังงานที่จำเป็นในขั้นตอนการทำความร้อนในขั้นตอนแรก

$E1 = Cp(H2O, l) . m . \Delta T1$

E1 = 4180 J/kg/K . 4,84 kg. (100-10)

E1= 1820808 J = 1821 kJ

2. ใช้ความร้อนแฝงของน้ำ (2260 kJ/kg) เราสามารถคำนวณพลังงานที่จำเป็นในขั้นตอนที่ 2

E2 = L . m

E2 = 2260kJ/kg. 4,83 kg=10938400J=10938 kJ

3. การใช้ความจุความร้อนเฉพาะของไอน้ำ Cp(H2O, g) = 2020 J/kg/K

เราสามารถคำนวณพลังงานที่จำเป็น ในขั้นตอนความร้อนในขั้นตอนที่ 3

$E3 = Cp(H2O, g) . m . \Delta T1$

E3 = 2020 J/kg/K . 4,84 kg. (180-100)

E3= 782144 J = 782 kJ

หากเราเพิ่ม E1 + E2 + E3 เราจะได้รับปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ Etot ต้องการเพื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้น 4,83 ลิตรน้ำจาก 10 ° C ไปเป็นไอน้ำที่ 180 ° C

Etot = 13541352 J = 13541 kJ =13,541MJ

Giselsson และ Rosander สันนิษฐานว่าในตัวอย่างแรกความร้อนทั้งหมดนี้อยู่ใน 1 มม. แรกของผนัง พลังงานที่มีอยู่ในแผ่นผนังนี้อาจพบได้จาก:

Ewall = ρ . A . Cpwall . ΔT

ρ = ความหนาแน่นของวัสดุผนัง

A = พื้นที่ของผนังหรือเพดาน

d = ความลึก

Cpwall = ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุผนัง

ΔT = การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผนัง

สมมติว่าอุณหภูมิผนังเริ่มต้น 500 ° C และอุณหภูมิสุดท้ายที่ 180 ° C ความหนาแน่น 1,000 kg / m3 และความจุความร้อนจำเพาะ 1000 J / kg / K โดยใช้ความลึกที่สันนิษฐาน 1 มม. พื้นที่ที่ต้องการเพื่อให้ได้ตามความต้องการ ปริมาณความร้อนคือ:

A = Ewall / (ρ. Cpwall . ΔT)

A = 13.5 E+6 J / (1000 kg/m3. 1000 J/kg/K. 0,001 m. (500-180))

A = 42.2 m2

ดังนั้นควรใช้น้ำประมาณ 4.9 ลิตรกับผนัง 42 ตารางเมตรเพื่อให้ได้ไอน้ำที่ต้องการ ผลลัพธ์ใดในการประยุกต์ใช้ 0.11 ลิตร / m2 ที่คำนวณโดย Giselsson และ Rosander และผลิตซ้ำโดย Grimwood รูปแบบชั่วคราวสำหรับการสูญเสียความร้อนจากผนังอย่างมีนัยสำคัญสามารถปรับปรุงการวิเคราะห์นี้ เป็นเวลาที่ร้อนและด้วยเหตุนี้เวลาระหว่างการใช้งานและระยะเวลาของการใช้งานที่ตามมาของสเปรย์อาจจะประมาณ

มีการดำเนินการระงับ ควบคุมไฟหลายประการประการแรกตามที่ระบุไว้โดย Giselsson และ Rosander ความเข้มข้นของออกซิเจนในห้องจะลดลงยับยั้งปฏิกิริยาการเผาไหม้ นอกจากนี้อุณหภูมิห้องจะถูกลดลงลดความร้อนตอบรับไปยังพื้นผิวเชื้อเพลิงและการสูญเสียความร้อนไปยังขอบเขตที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยทางความร้อนเหล่านี้อาจเพียงพอสำหรับไฟเพื่อข้ามไปยังสมดุลที่มั่นคงต่ำกว่า (ย้อนกลับของกลไกวาบไฟตามผิว) Giselsson และ Rosander ยังคงเตือนถึงผลกระทบของการทำให้ชุ่มเกิน (ทำให้อุณหภูมิผนังลดลงต่ำกว่า 100 ° C ซึ่งทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำ) และการสังเกตว่า

บรรยากาศที่อุดมไปด้วยเชื้อเพลิงจะต้องใช้น้ำน้อยลงเนื่องจากพวกมันจะหมดออกซิเจนแล้ว ส่วนผสมที่บางกว่าจะต้องใช้มากขึ้น

จากนั้นจะกล่าวว่าช่องเปิดควรถูกเก็บไว้ให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในระหว่างขั้นตอนการดับเพลิงสันนิษฐานว่าเพื่อลดออกซิเจนที่เข้ามา อันตรายติดไฟ เพื่อที่จะใช้เทคนิคนี้หัวฉีดหมอกเจาะพิเศษได้รับการพัฒนา แต่ในบ้านยุโรปปกติผนังไม่ได้มาจากปูนปลาสเตอร์หรือไม้ แต่จากอิฐที่เป็นของแข็งซึ่ง จำกัดการใช้งาน เทคนิคนี้มักใช้เพื่อต่อสู้กับไฟไหม้เรือ

โจมตีโดยตรง Direct Attack ทำโดยตรงที่ฐานของไฟ แหล่งกำเนิดของเปลวไฟ โดยใช้หัวฉีดแบบเรียบเจาะหรือแบบลำธารตรงหรือรูปแบบหมอกที่แคบจากการปรับหัวฉีดแบบผสม การโจมตีครั้งนี้อาจเป็นการโจมตีหรือการป้องกันขึ้นอยู่กับระดับของการลุกลามของไฟที่เกี่ยวข้อง

กลไกการแยกตัวออกจากน้ำของไฟ Class A น้ำมีผลต่อการดับไฟของ Class A คือ

- Fuel Cooling – การทำความเย็นของพื้นผิวเชื้อเพลิงแข็งซึ่งติดไฟได้ซึ่งช่วยลดอัตราการไพโรไลซิส และทำให้อัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงไปยังโซนเปลวไฟ สิ่งนี้จะช่วยลดอัตราการปล่อยความร้อนจากไฟ ดังนั้นการตอบสนองทางความร้อนจากเปลวไฟก็ลดลงและสิ่งนี้จะเพิ่มการระบายความร้อนหลักของตัวแทน การฉีดละอองน้ำบนฐานของเชื้อเพลิงนั้นเป็นเรื่องปกติของวิธีนี้

- Flame Cooling - ความเย็นของโซนเปลวไฟโดยตรง สิ่งนี้จะช่วยลดความเข้มข้นของอนุมูลอิสระ สัดส่วนของความร้อนของปฏิกิริยาจะถูกนำไปใช้โดยการให้ความร้อนกับสารเฉื่อย (เช่น น้ำ) และดังนั้นจึงมีพลังงานความร้อนน้อยลงเพื่อดำเนินการสลายสารเคมีของสารประกอบในบริเวณใกล้เคียงของโซนปฏิกิริยา ฟังก์ชั่นหนึ่งของเทคโนโลยีหมอกน้ำใหม่คือการกระทำในลักษณะนี้หยดน้ำละเอียดที่ให้พื้นที่ผิวขนาดใหญ่มากต่อหน่วยมวลของสเปรย์เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน

- Flame Inerting - การป้อนอากาศให้เปลวไฟโดยการลดความดันออกซิเจนบางส่วนโดยการเติมก๊าซเฉื่อย (เช่น N2, CO2, H2O) นี่เท่ากับการกำจัดออกซิไดเซอร์ที่จ่ายให้กับเปลวไฟโดยการผลิตไอน้ำ นี่คือกลไกที่โดดเด่นที่หมอกน้ำสามารถระงับไฟไหม้ขนาดใหญ่

ปฏิกิริยาของละอองน้ำกับเปลวไฟและก๊าซ Interaction of Water Sprays with Flames and Gasesการศึกษาการใช้หยดน้ำละเอียดเพื่อการดับเพลิงในพื้นที่ก๊าซได้รับการศึกษาอย่างน้อย 50 ปี Herterich ระบุถึงความจำเป็นในการใช้คำศัพท์ที่สอดคล้องกันเมื่อพูดถึงสเปรย์ดับเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงขนาดของหยดน้ำ ขนาดเฉลี่ยของหยดละอองที่ปรากฏเป็นที่สนใจมากที่สุดในแง่ของการดับเพลิงอยู่ในช่วง 100-1000 ไมครอน (0.1-1.0 มม.) สเปกตรัม แบ่งได้ ดังนี้

1. Colloida (ต่ำกว่า 1 ไมครอน - ปรากฏเป็นควัน)

2. Dust (ระหว่าง 1-10 ไมครอน) ปรากฏเป็นน้ำมันหรือทะเลหมอก

3. Fine (ระหว่าง 10-100 ไมครอน - ปรากฏเป็นเมฆหรือหมอก)

4. Average (ระหว่าง 100-1,000 ไมครอน - ปรากฏเป็นฝนตกปรอยๆหรือฝนตก);

5. Coarse (1,000-10000 ไมครอน - ปรากฏเป็นหยดน้ำหนักหยาบ)

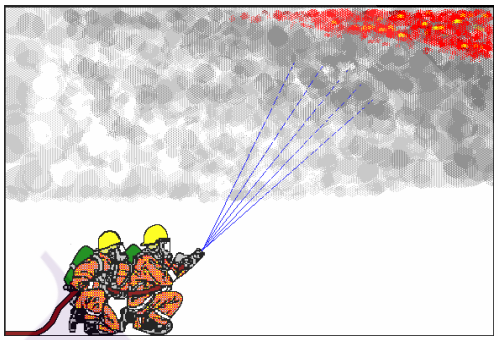
ในแง่การดับเพลิงขนาดของหยดแต่ละหยดหรือบางขนาดหยดในสเปรย์มีความสำคัญอย่างยิ่งเมื่อพูดถึงคุณลักษณะอื่น ๆ ของสเปรย์เป็นความต้านทานที่นำเสนอโดยอากาศรอบข้างกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหยดเป็นสัดส่วนกับหยด เส้นผ่าศูนย์กลาง ดังนั้นอำนาจการควบคุมหรือการเจาะของสเปรย์จึงขึ้นอยู่กับการกระจายขนาดของหยดน้ำ

ประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนสู่หยดน้ำซึ่งเป็นพื้นฐานของการใช้งานในการดับเพลิงนั้นขึ้นอยู่กับรูปทรงหยดและโดยเฉพาะอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทั้งหมดของสเปรย์ต่อปริมาตร การเพิ่มอัตราส่วนนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการส่งเสริมการดูดซับความร้อนอย่างรวดเร็วจากสภาพแวดล้อมและภายหลังการระเหยของหยด ในทางปฏิบัติการรุกเข้าดับไฟที่ประสบความสำเร็จโดยสเปรย์ จะถูกควบคุมโดยขนาดสัมพัทธ์ของพลังงานจลน์ของของเหลวเริ่มต้นและระดับของความต้านทานอากาศพลศาสตร์ที่นำเสนอโดยก๊าซรอบ ๆ สิ่งอื่น ๆ ที่เท่าเทียมกัน การแทรกซึมของสเปรย์นั้นยิ่งใหญ่กว่าการหยดแต่ละครั้งเนื่องจากหยดนำที่นำไปสู่โมเมนตัมไปข้างหน้ากับแก๊สรอบ ๆ ลดการลากอากาศบนหยดต่อไป และทำให้เกิด 'ทางเดิน' สำหรับพวกเขา ส่งผลให้การเจาะเกราะโดยรวมดีขึ้น มีการเติบโตของการวิจัยร่วมสมัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันระหว่างหยดน้ำและขนนกเพลิงลอยตัว เอกสารแนะนำว่าอาจมีอัตราการปล่อยความร้อนที่สำคัญข้างต้นซึ่งขนาดการปล่อยที่กำหนดจะไม่นำไปสู่การดับไฟเนื่องจากความล้มเหลวในการเข้าถึงโซน 'การทำความเย็น' ที่เกี่ยวข้อง ด้วยเหตุนี้จึงได้รับการบันทึกไว้ในการศึกษาจำนวนมากว่าหยดน้ำในอุดมคติสำหรับการระบายความร้อนด้วยก๊าซและการดับก๊าซโดยนักดับเพลิงตกอยู่ในช่วงไมครอน 200 - 400 (0.2-0.4 มม.)

โดยทั่วไปความเร็วที่สูงขึ้นและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหยดน้ำที่เล็กลงจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างเช่นการลดลง 2 มม. ที่ 0.07m / s (ความเร็วเทอร์มินัลในอากาศ) สร้างอัตราการถ่ายเทความร้อน 167 kW Sq.m ในขณะที่การลดลงเดียวกันที่ความเร็ว 2 m / s มีค่า 293 kW ตร.ม. สำหรับการลดลง 50 ไมครอนที่ความเร็ว 0.01 m / s และ 0.5 m / s อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สอดคล้องกันคือ 1.7 MW Sq.m และ 2.5 MW Sq.m ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการประมาณค่าการเจาะหยดและยังมีข้อสังเกตว่าหยดขนาดเริ่มต้นที่ใหญ่กว่านั้นสามารถเจาะเข้าไปในเปลวไฟได้มากขึ้นก่อนที่จะเกิดการระเหยอย่างสมบูรณ์

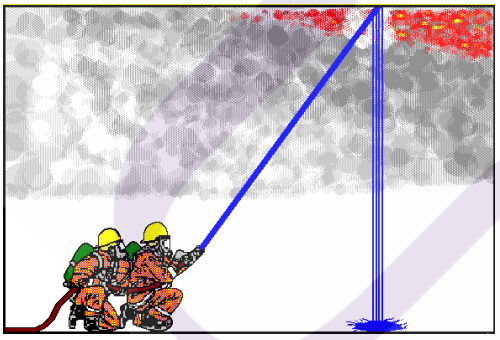
รูปแบบการฉีดน้ำดับเพลิงมาตรฐาน National Standard for CFBT (Compartment Fire Behaviour Training) หลักสูตรอบรมดับเพลิงภายในอาคาร โดยลักษณะของน้ำที่ออกมาเป็น 2 ประเภท หลัก ได้แก่ การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง และ การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก ได้แก่

1. ฝอยน้ำขนาดเล็ก ประโยชน์ของการปรับหัวฉีดแบบฝอยขนาดเล็ก คือใช้ในการควบคุมไฟบริเวณกว้าง ใช้ปิดกั้นเพื่อป้องกันไฟและความร้อนเมื่อเข้าใกล้ ใช้ทดสอบอุณภูมิของไฟ



ภาพที่ 2.24 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก

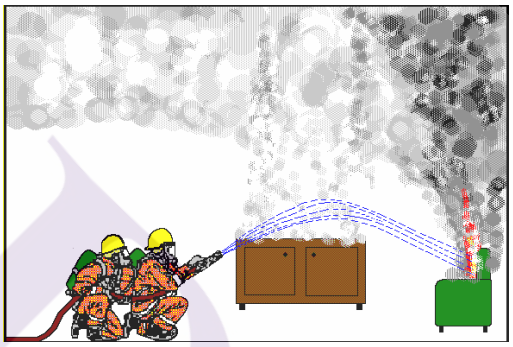
2. ฝอยน้ำขนาดใหญ่ หรือลำตรง ใช้เพื่อการสกัดกั้นไฟและเมื่อต้องการฉีดดับระยะใกล้



ภาพที่ 2.25 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่ หรือลำตรง

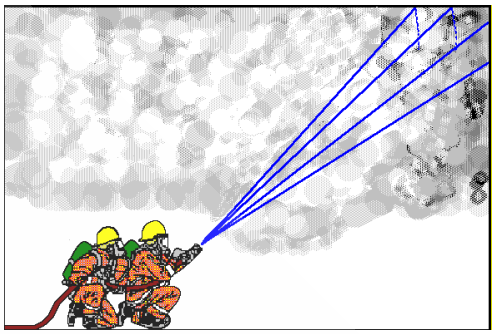
การใช้น้ำเพื่อการดับเพลิง

1. ฉีดโดยตรง จุดประสงค์เพื่อใช้น้ำฉีดเข้าไปยังฐานของต้นเพลิงให้ไฟนั้นดับลงด้วยความรวดเร็ว การปรับหัวฉีดก็เพื่อให้เหมาะสมและพอเพียงกับพื้นที่ ระยะทางในการฉีดนั้นก็ขึ้นอยู่กับความต้องการและแรงดันของน้ำที่มาจากรถดับเพลิง ผลกระทบ อาจเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินเนื่องจากแรงดันน้ำสูง นำพาเอาอากาศจากภายนอกเข้าไปยังตัวอาคารหรือจุดต้นเพลิงทำให้ไฟนั้นลุกลามถ้าหากการปฏิบัติไม่ถูกต้อง และเพิ่มอันตรายให้กับพนักงานดับเพลิงเอง เพราะอาจเป็นการเติมเชื้อให้ไฟ



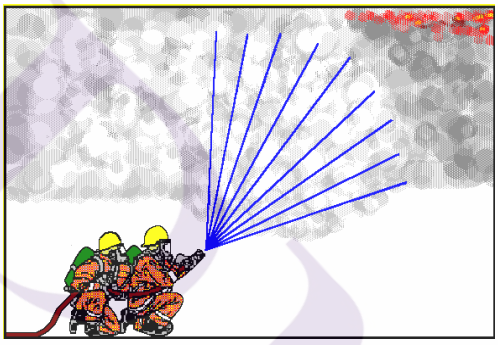
ภาพที่ 2.26 การฉีดโดยตรง

2. ฉีดโดยอ้อม เป็นการฉีดฝอยน้ำในห้องที่เกิดเพลิงไหม้ปิดคลุมกองไฟ การปรับหัวฉีดโดยปรับกึ่งฝอยส่ายหัวฉีดไปมาโดยรอบ เพื่อสร้างไอน้ำจากพื้นผิวที่มีความร้อนให้มากที่สุด จุดประสงค์ก็เพื่อให้ไอของเชื้อเพลิงเย็นตัวลง หรือไม้ได้ส่วนผสมที่เหมาะกับอากาศ ทำให้เปลวไฟหมดไปและอุณภูมิก็ลดลงด้วย ระยะของการฉีดก็ตามความเหมาะสมของขนาดเพลิงที่ลุกไหม้ แต่ก็มีข้อเสียคือชั้นของความร้อนในห้องที่เกิดเหตุนั้นจะกดต่ำลงทำให้การมองเห็นลดลง เจ้าหน้าที่ดับเพลิงอาจได้รับอันตรายจากไอน้ำ



ภาพที่ 2.27 การฉีดโดยอ้อม

3. การฉีดแบบฝอยละเอียด เพื่อลดอุณภูมิของไอเชื้อเพลิงให้เย็นตัวลง



ภาพที่ 2.28 การฉีดแบบฝอยละเอียด

เทคนิคการปรับหัวฉีด

1. การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ Short Pulse จุดประสงค์เพื่อลดอูณภูมิ ทำให้กลุ่มควันจางลง ป้องกันเปลวไฟจากไอก๊าซ โดยปรับหัวฉีแบบกึ่งฝอย เปิดน้ำเต็มที่และปิดอย่างรวดเร็วและฉีดขึ้นด้านบนหัวของตวเจ้าหน้าที่ดับเพลิงเอง

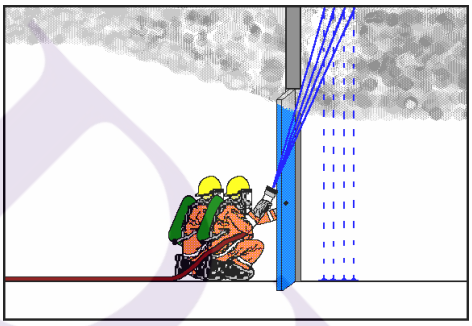
2. การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว Long Pulse จุดประสงค์เพื่อเปิดทางสำหรับห้องที่มีขนาดใหญ่ การฉีดคล้ายกับแบบแรกคือปรับแบบกึ่งฝอยเปิดน้ำเต็มที่ 2-3 วินาที และปิดอย่างรวดเร็ว ฉีดไปด้านหน้าผ่านกลุ่มควันไปยังผนัง เพดาน หรือเปลวไฟ

3. การปรับหัวฉีดแบบลำตรง Penciling จุดประสงค์เพื่อลดอุณภูมิและดับสิ่งติดไฟต่างๆ ป้องกันการคายไอของเชื้อเพลิง โดยปรับน้ำเป็นลำตรงปลายแหลมเปิดน้ำเต็มที่เป็นจังหวะ ให้เป็นฝอยน้ำเม็ดใหญ่กระทบกับผิวของวัตถุเชื้อเพลิง

4. การปรับหัวฉีดแบบระบาย Painting เป็นการฉีดน้ำป้องกันคายไอของเชื้อเพลิงด้วยน้ำบ้างๆ โดยฉีดเป็นลำตรงใช้น้ำปริมาณน้อยที่สุดไม่ให้เกิดก๊าซจาการเผาไหม้

การตรวจสอบอุณภูมิเผาไหม้ด้วยหัวฉีด

เพื่อให้ทราบถึงอุณภูมิของการลุกไหม้โดยปรับหัวฉีดกว้างประมาณ 20 องศา ฉีดน้ำไปยังเพดานห้องหากไม่มีน้ำหยดลงมาแสดงว่าอุณภูมิสูงมาก การตรวจสอบที่ถูกต้องแม่นยำจะทำให้เราสามารถตัดสินใจได้ว่าควรจะอยู่กับที่ เดินหน้าต่อ หรือถอยหลังดี



ภาพที่ 2.29 การตรวจสอบอุณภูมิเผาไหม้ด้วยหัวฉีด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิจจา จิตรภิรมย์ (2557) ได้ศึกษาความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไฟในการควบคุมป้องกันไฟเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการของการเกิดปฏิกิริยาการสันดาป ทั้งนี้การเกิดไฟต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั้ง 4 ของการเกิดไฟที่เรียกว่าทรงสี่หน้าของไฟ (Fire Tetrahedron) และอธิบายการเกิดเพลิงไหม้ตามช่วงของการเกิดเป็น 4 ช่วง ได้แก่ ช่วงลุกไหม้ ช่วงขยายตัวของไฟ ช่วงลุกติดไฟเต็มที่ ในช่วงนี้จะเกิดปรากฏการณ์ของการลุกไหม้รุนแรงหรือ Flashover และช่วงสุดท้ายคือ ช่วงไฟมอดดับ อย่างไรก็ตามในขั้นนี้อาจส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ระเบิดของควัน หรือ Backdraft ในขณะเดียวกันการเกิดไฟไหม้ภายในห้องหรืออาคารจะเกิดชั้นความร้อนจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันแบ่งเป็น 3 ชั้นคือ

ชั้นความร้อนสูงสุด ชั้นความร้อนปานกลาง และชั้นความร้อนต่ำ โดยมีผลผลิตหลักที่เกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ เปลวไฟ ความร้อน ควัน และแก๊สต่างๆ

สกุลพร สงทะเล (2018) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สมรรถภาพปอดและปัญหาระบบทางเดินหายใจของพนักงานดับเพลิงกรุงเทพมหานคร ปัญหาระบบทางเดินหายใจและสมรรถภาพปอดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของพนักงานดับเพลิง เนื่องจากต้องสัมผัสสิ่งคุกคามด้านเคมีจากการสัมผัสฝุ่นควันไฟขณะปฏิบัติงาน การวิจัยภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพปอดและปัญหาระบบทางเดินหายใจของพนักงานดับเพลิง กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานดับเพลิง จำนวน 186 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิแบ่งกลุ่ม รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและเครื่องสไปโรมิเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และสถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุโลจิสติก (Multiple Logistic Regression Analysis) และพิจารณาความเสี่ยงสัมพัทธ์หลังจากควบคุมตัวแปรกวน (ORadj) สรุปผลการวิจัยได้ว่า โรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ จำนวนครั้งในการผจญเพลิง และจำนวนวันการผจญเพลิงครั้งสุดท้าย มีความสัมพันธ์กับอาการระบบทางเดินหายใจ

กันต์ธสิทธิ์ พิมพ์สะอาด และกีรติ ศรีประไหม (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่อง วิชาชีพดับเพลิงและกู้ภัย แนวคิดในการกำหนดเป็นมาตรฐานวิชาชีพ (Professional) มี 5 องค์ประกอบหลัก คือ 1. มีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะ 2. มีการรับรองมาตรฐานวิชาชีพ ส่วนใหญ่จะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับผู้ปฏิบัติงาน (Practitioner) ระดับวิชาชีพ (Professional) และระดับวิชาชีพอาวุโส (Senior Professional) 3. มีการทดสอบมาตรฐานวิชาชีพ ประกอบด้วย ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรม 4. มีองค์กรวิชาชีพ ที่มีอำนาจกำหนดการเข้ามาประกอบอาชีพของบุคคล 5. มีจรรยาบรรณวิชาชีพ โดยแนวคิดในการพัฒนาและจัดทำมาตรฐานวิชาชีพ มีหลักการดังนี้ 1. ต้องจัดทำและดำเนินการโดยเจ้าของวิชาชีพหรือกลุ่มอาชีพนั้น ๆ เป็นหลัก 2. ต้องได้สมรรถนะวิชาชีพมาจาก มาตรฐานการทำงานจริง สถานการณ์จริง มืออาชีพจริง 3. ต้องสอดคล้องและตอบรับกับการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีของประเทศ 4. ต้องสอดคล้องและตอบรับกับความต้องการกำลังคนของประเทศ 5. ต้องตอบสนองต่อสถานประกอบทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ 6. ต้องสามารถเชื่อมโยงกับคุณวุฒิแห่งชาติและคุณวุฒิการศึกษาได้ 7. ต้องเกิดจากการมีส่วนร่วมของภาคอาชีพ ภาคการ ศึกษา และภาครัฐ 8. ต้องมีการตรวจสอบกระบวนการและเห็นชอบจาก ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 9. ต้องสามารถนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการศึกษา และการฝึกอบรมได้ 10.ต้องสามารถนำไปพัฒนาระบบการประเมิน ทั้งด้านความรู้ และด้านทักษะปฏิบัติได้จริง ปัจจุบันงานดับเพลิงและกู้ภัยยังขาดองค์ประกอบในการจัดตั้งเป็นวิชาชีพที่จำเป็น

อีกหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการ อบรมให้ความรู้และพัฒนาบุคลากร การกำหนดมาตรฐาน การปฏิบัติงาน การกำหนดมาตรฐานวิชาชีพ การรับรองคุณวุฒิในสายงานดับเพลิงและกู้ภัย การรับรองคุณสมบัติผู้ที่ผ่านการอบรมเพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดหรือศึกษาต่อในหน่วยงานหรือสถานศึกษาอื่นได้ จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสมต่อไปแต่เป้าหมายหลักคือ ต้องมีการจัดตั้งเป็นสภาวิชาชีพดับเพลิงและกู้ภัย มีการคัดเลือก การกำหนดคุณสมบัติผู้มีสิทธิสมัครเข้ารับการอบรมให้เหมาะสม ทั้งด้านอายุ วุฒิการศึกษา ร่างกาย ควรมีการกำหนดเนื้อหาหลักสูตรและสถานที่ฝึกอบรมที่เป็นมาตรฐาน ได้รับการยอมรับจากสากล มีการทดสอบมาตรฐานของผู้ปฏิบัติงานทั้งด้านความรู้และด้านร่างกาย ซึ่งควรผ่านการทดสอบจากหน่วยงานส่วนกลางหรือหน่วยงานที่ได้รับการยอมรับ โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานให้เหมาะสมกับภารกิจของงานดับเพลิงและกู้ภัย เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานให้กับหน่วยงานและช่วยเหลือบริการประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Egle Rackauskaitea , Panagiotis Kotsovinosb , Guillermo Reina (2017) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Structural response of a steel-frame building to horizontal and vertical travelling fires in multiple floors ในระหว่างการเกิดเพลิงไหม้ที่ World Trade Centre Towers (TWC) การกระจายของเพลิงไหม้ได้ถูกสังเกตว่ามีการลุกลามเป็นแนวนอนในแต่ละชั้น และเป็นแนวดิ่งตามชั้นต่างๆ ซึ่งไฟเหล่านี้ไม่ถูกนับว่าเป็นโครงสร้างการเกิดไฟไหม้ตามปกติ ไม่นานมานี้ได้มีการคิดค้นต้นแบบ The Travelling Fires Methodology (TFM) ซึ่งถูกพัฒนามาเพื่ออธิบายธรรมชาติของการเกิดเพลิงไหม่ในแนวนอน มีงานศึกษาจำนวนหนึ่งได้เจาะลึกถึงการตอบสนองของไฟต่อโครงสร้างของเหล็ก คอนกรีต และส่วนประกอบอื่นๆ ในหนึ่งชั้น และพบว่า 5 ใน 6 ของการศึกษาการเกิดเพลิงไหม้ในแนวดิ่งถูกจำกัดจากโครงสร้างที่มีโครงยึดระยะยาวเช่นเดียวกับหอคอย WTC งานวิจัยนี้ได้จัดทำเพื่อสืบหาการตอบสนองของระบบโครงสร้างตึกต่างๆต่อการเกิดเพลิงไหม้ เช่น โครงสร้างที่มีเหล็กหลายชั้น(ขึ้นอยู่กับทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของเพลิงไหม้ในแต่ละชั้น ทั้งนี้ร่วมถึงการกระจายของเพลิงในแนวตั้งและแนวนอน) ในวิจัยนี้ ได้มีการจำลองทั้งหมด 51 ครั้ง และผลลัพท์ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ด้วย มากกว่านี้ งานวิจัยนี้ได้รวมไปถึง การหักเห แรงที่กระทำต่อคาน ช่วงเวลาที่มีการบิดเบือนของวัตถุ และโครงสร้างของตึกในเวลาเกิดเพลิงไหม้เช่นกัน ในความเป็นจริงแล้ว ผลลัพท์การเกิดเพลิงไหม้ที่มีการลุกลามมากกว่าการจำลองอื่นๆจะสัมพันธ์กับชั้นของตึกที่มีความเย็นมากกว่าปกติ ทั้งนี้ประเภทของเพลิงไหม้และจำนวนชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ส่งผลต่อการพังทลายของตึกในรูปแบบที่ต่างกัน ในกรณีที่มีจำนวนชั้นที่เกิดเพลิงไหม้น้อย(1-3 ชั้น) การพังทลายจะเกิดจากการที่ความแข็งแรงของวัตถุน้อยลง ในทางกลับกัน ถ้าจำนวนชั้นที่เกิดเพลิงไหม้มาก (5-10 ชั้น) การพังทลายจะเกิดจากการที่ความร้อนได้

กระจายตัวออกไป ในความเป็นจริง การพังทนายนี้ได้เกิดจากการดึงของเสาภายนอกเป็นหลัก หรือ การไหวตัวของโครงสร้างจากจุดที่เกิดเพลิงไหม้ แม้ว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลิงในแนวดิ่งจะส่งผลให้แรงกระทำที่มีต่อคานมีมากขึ้นและเริ่มมีการหักเหของเพลิง ในเวลาเดียวกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลิงในรูปแบบนี้จะส่งผลให้เกิดความเสียหายมากขึ้นและระยะเวลาก่อนเกิดการเผาไหม้สั้นลง

Xin Yi, Changkui Lei , Jun Deng, Li Ma, Jing Fan, Yuanyuan Liu, Lei Bai and Chi-Min Shu,(2019) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Numerical Simulation of Fire Smoke Spread in a Super High-Rise Building for Different Fire Scenarios ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงรูปแบบการกระจายของเพลิงไหม้จะยึดหลักการจำลองการเคลื่อนที่ของเพลิง (The Fire Dynamics Simulator or FDS) และผลลัพท์การกระจายของเพลิงจะถูกวิเคราะห์สำหรับสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในหนึ่งห้องภายใต้เงื่อนไขที่ต่างกัน สถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในสถานที่ที่ต่างกันภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และ การกระจายของเพลิงนอกห้องเหล่านั้น จากผลลัพท์ที่ได้ในการทดลองนี้: ระยะเวลาที่จำเป็นต่อการเกิดไฟไหม้และจะเป็นอันตรายต่อร้านค้า ร้านอาหาร และ สำนักงานจะอยู่ที่ประมาน 200 วินาที ในความเป็นจริง ระยะเวลาในการเกิดเพลิงไหม้และจะอยู่ในระดับอันตรายในสำนักงานจะสั้นกว่าในร้านอาหารหรือร้านค้า ทั้งนี้ผลลัพท์ดังกล่าวยังไม่ได้คำนึงถึงการกระจายของเพลิงไหม้ที่มีสาเหตุมาจากสัดส่วนมวลหรืออุณหภูมิ ถ้าคำนึงถึงการกระจายของเพลิงไหม้ที่มีสาเหตุมาจากสัดส่วนมวลหรืออุณหภูมิ ระยะเวลาในการเกิดเพลิงไหม้และการเกิดควันจะอยู่ที่ประมาณ 60 วินาที และในผลการทดลองนี้ การเกิดเพลิงไหม้ที่มีการลุกลามโดยใช้เวลาน้อยที่สุดจะอยู่ที่สำนักงาน

AlHaza Ta, Alsadoon Aa, Alhusinan Za, Jarwali Ma , Alsaif Kb (2015) ได้ทำการศึกษาเรื่อง New Concept for Indoor Fire Fighting Robot แนวความคิดใหม่ ในการใช้หุ่นยนต์สำหรับการดับเพลิงในอาคาร บทความนี้ได้นำเสนอและพัฒนาแนวคิดใหม่ของหุ่นยนต์ดับเพลิงในอาคารหุ่นยนต์มีความสามารถในการปีนบันไดและจัดการกับวัสดุของพื้นในอาคารได้หลายชนิดมันยังสามารถทนต่อความร้อนอุณหภูมิสูงถึง 700 °C ประมาณ 60 นาที โดยการใช้เทคนิคการหุ้มฉนวนกันความร้อนหลายชั้นมันยังสามารถสื่อสารกับผู้ที่ติดอยู่ในอาคารและได้รับบาดเจ็บจากไฟไหม้และสามารถส่งข้อมูลวิดีโอและเสียงไปยังหน่วยควบคุม โดยอธิบายสภาพแวดล้อมของไฟภายในอาคารหุ่นยนต์หลายตัวสามารถใช้ทำงานร่วมกันได้ โดยการใช้เครื่องความคุมระยะไกล (รีโมท)

Abdulaziz A. Alarifia,, Jim Daveb, Herodotos N. Phylaktoua, Omar A. Aljumaiaha,1, Gordon E. Andrewsa (2014) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Effects of Fire-Fighting on a Fully Developed Compartment Fire: Temperatures and Emissions การศึกษานี้ประเมินผลกระทบและผลกระทบของการ

ปฏิบัติการดับเพลิงต่อคุณลักษณะหลักของการดับเพลิงที่พัฒนาอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังนำเสนอข้อมูลและการประเมินผลของเงื่อนไขที่นักดับเพลิงสัมผัส ห้องทั่วไปถูกใช้ในการระบายอากาศผ่านทางเดินไปยังประตูทางเข้าด้านหน้า ไฟที่บรรทุกเป็นพาเลทไม้ ถึง Flashover และไฟก็พัฒนาเต็มที่ก่อนการมีส่วนร่วมของทีมดับเพลิง ความก้าวหน้าของนักดับเพลิงผ่านทางเดินและการปราบปรามการโจมตีในห้องโถง - โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของพัลส์น้ำสั้นกลางและยาวบนชั้นก๊าซร้อนหรือที่นั่งไฟ - ถูกทำชาร์ตกับอุณหภูมิห้องอัตราการปล่อยความร้อน ระดับออกซิเจนและความเข้มข้นของสารพิษ ทีมดับเพลิงเผชิญกับสภาวะที่รุนแรงความร้อนฟลักซ์เกิน 35 kW / m2 และอุณหภูมิที่ 250 °Cแม้ในระดับที่หมอบอยู่ อัตราส่วนความเท่ากันไฟแสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ที่อุดมไปด้วยการปล่อยพิษสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งของ CO และไม่เผาไหม้ไฮโดรคาร์บอน การเผาไหม้มีความรวดเร็วและความเสถียรของอัตราส่วนเทียบเท่าที่ประมาณ 1.8 ของการปฏิบัติการดับเพลิง ทำให้การเผาไหม้ยิ่งขึ้นและปล่อยมลพิษสูงขึ้นชั่วคราว

Jan Bonnier (2017) ได้ศึกษาเรื่อง STUDIES ON THE APPLICATION OF GAS COOLING AS USE BY FIREFIGHTERS การระบายความร้อนเป็นเทคนิคที่ใช้โดยนักดับเพลิงเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยยิ่งขึ้นภายในห้องที่เกิดไฟไหม้ โดยการฉีดน้ำเข้าไปในชั้นควันที่มีความร้อน อุณหภูมิของควันจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าความไวไฟของชั้นควันก็จะลดลงเช่นกัน เนื่องจากการระบายความร้อนของก๊าซไฟชั้นควันอาจหดตัว การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำความเย็นก๊าซและขึ้นอยู่กับการทดลอง มีการทดสอบหลายชุดภายในห้องขนาดครึ่งหนึ่ง ของ ISO9705 ใช้หัวฉีดแบบหมุนได้เพื่อวิเคราะห์วิธีการใช้งานที่แตกต่างกันเวลาในการพ่นมุมสเปรย์และขนาดหยดน้ำ อุณหภูมิภายในห้องความเร็วในการเปิดประตูและการหดตัวของชั้นควันถูกวัด จากผลการทดลองสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกไม่มากระหว่างการใช้วิธีการกวาดหรือการฉีดระยะสั้น แต่วิธีที่ดีที่สุดคือการใช้สเปรย์ฉีดน้ำเพื่อลดความร้อนของก๊าซไฟเหนือศีรษะเวลาระหว่างสเปรย์ทุกครั้งจะต้องมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นการดีกว่าที่จะเปิดหัวฉีดหนึ่งครั้งจนกว่าน้ำจะถูกนำไปใช้ในชั้นควันมากกว่าการเปิดหัวฉีดหลายครั้งสำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด

จากงานวิจัยข้างต้นได้มีการศึกษาเรื่องการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคารจำนวนมากและมีวิธีการศึกษาในหลายรูปแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

1. การศึกษาเรื่องโครงสร้างอาคารที่มีผลต่อการดับเพลิงภายในอาคาร
2. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำในการดับเพลิงที่ส่งผลต่อความร้อนภายในอาคาร

3. การพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการดับเพลิงภายในอาคาร

ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วัตถุประสงค์ของการศึกษาในแต่ละรูปแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของไฟ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเพลิงไหม้ และกำหนดรูปแบบวิธีการเข้าระงับเหตุที่เหมาะสมในการดับเพลิงภายในอาคาร ซึ่งรูปแบบการดับเพลิงนั้นมีผลโดยตรงต่อการเข้าระงับเหตุเพลิงไหม้ และการใช้น้ำทำให้ความร้อนในพื้นที่เกิดเหตุลดลง ทำให้ผู้วิจัยพบว่าในการศึกษาเรื่องความร้อนที่เกิดจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคารที่ส่งผลต่อพนักงานดับเพลิงที่สวมใส่ชุดดับเพลิงในขณะเข้าไปดับเพลิงโดยเก็บข้อมูลความร้อนที่พนักงานดับเพลิงได้รับในขณะนั้นยังไม่พบการศึกษาในเรื่องดังกล่าว จึงได้ออกแบบวิธีการศึกษาและเก็บข้อมูลความร้อนภายในชุดดับเพลิงเพื่อนำค่าความร้อนที่ได้มาศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

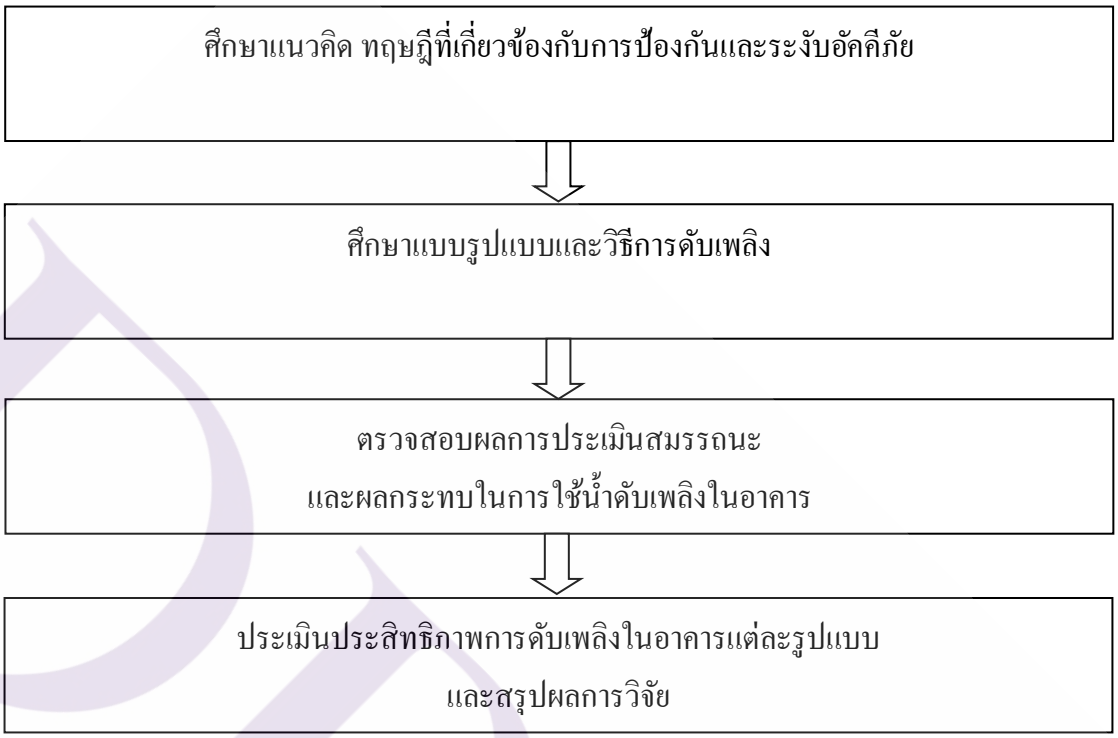
จากการศึกษาเรื่อง การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร ได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนที่ใช้ในการทำการวิจัย โดยมีหัวข้อ ดังนี้

3.1 ประเภทของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของตัวแปรภายใต้การควบคุม สถานการณ์ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล (Cause and Effect Relationship) ระหว่างตัวแปรความร้อนที่มีผลต่อนักดับเพลิงในระหว่างการใช้น้ำในการดับเพลิงในอาคาร สามารถอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยรูปแบบการฉีดน้ำดับเพลิงได้ใช้มาตรฐาน National Standard for CFBT (Compartment Fire Behaviour Training) หลักสูตรอบรมดับเพลิงภายในอาคาร โดยลักษณะของน้ำที่ออกมาเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง และการฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก และใช้เทคนิคการดับเพลิงในอาคาร 3D Offensive Fog Attack (Grimwood and Desmet, 2003) รูปแบบการปรับใช้น้ำดับเพลิงในอาคารของนักดับเพลิง 4 รูปแบบ ได้แก่

1. การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ
2. การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ
3. การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่ หรือลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว
4. การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

3.2 วิธีการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

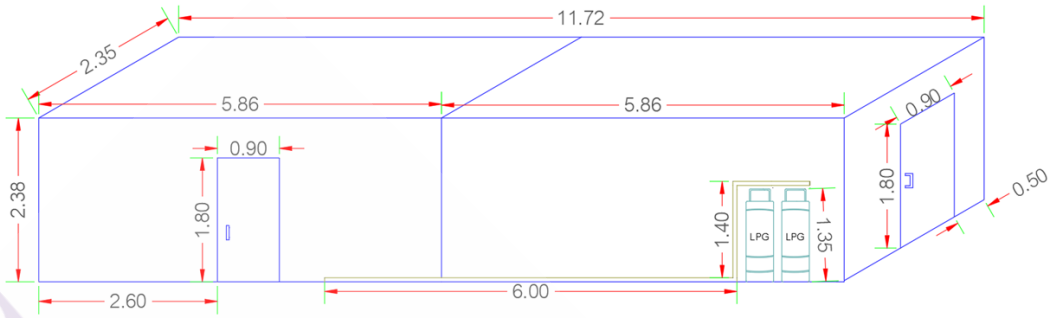


3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

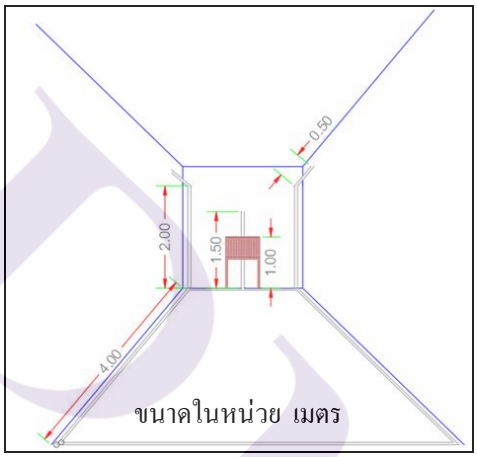
3.3.1 การทดสอบในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้

ห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ใช้ตู้คอนเทรนเนอร์ขนาดภายใน ความกว้าง 2.35 เมตร ยาว 5.86 เมตร สูง 2.38 เมตร ต่อกันจำนวน 2 ตู้ ซึ่งเป็นตู้คอนเทนเนอร์แห้ง (Dry Container) โครงสร้างโดยรวมทำจากเหล็ก ตามภาพที่ 3.1 และขนาดของห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ ตามภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.1 ห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้



ภาพที่ 3.2 ขนาดห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้



ภาพที่ 3.3 ภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และระบบท่อจำลองการเกิด Flashover

การจำลองการทำให้เกิดปรากฏการณ์ Flashover โดยการใช้แก๊ส LPG ผ่านระบบท่อเหล็กเข้าไป ซึ่งเป็นท่อเหล็กท่อเหล็ก HDG ชุบกัลวาไนซ์ขนาด 6 มิลลิเมตร ติดตั้งภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ โดยได้ติดตั้งวาล์วควบคุมแก๊ส LPG 2 จุด ได้แก่ ภายนอกห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้บริเวณจุดจ่ายแก๊ส LPG และจุดวาล์วควบคุมภายในห้องจำลองการเกิดเพลิงไหม้ ตามภาพที่ 3.3

เมื่อวัสดุทั่วไปที่เกิดเหตุเพลิงไหม้เป็นวัสดุจำพวก ไม้ ผ้า ยาง โซฟา ตู้ เตียง ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภท A เกิดการลุกไหม้ติดไฟ จะเกิดการคายไอและความร้อนขึ้น และเกิดการสะสมของควันและก๊าซร้อนส่งผลให้ค่าอุณหภูมิและการแผ่รังสีของชั้นอากาศร้อนภายในห้องเพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลให้พื้นผิวของวัสดุที่ติดไฟได้ (Combustible Material) ภายในห้องเกิดการลุกไหม้

ทั้งหมดส่งผลให้ค่าอุณหภูมิและอัตราการปลอดปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) จากเพลิงไหม้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเรียกเหตุการณ์ดังกล่าวว่า Flashover โดยปกติจุดวาบเพลิงจะเกิดขึ้นเมื่อค่าอุณหภูมิของชั้นอากาศร้อนสูงถึงประมาณ 600 องศาเซลเซียส การใช้แก๊ส LPG ทำให้สามารถควบคุมปริมาณแก๊สและอุณหภูมิของห้องทดลองให้สอดคล้องกับเหตุเพลิงไหม้จริงของ Flashover

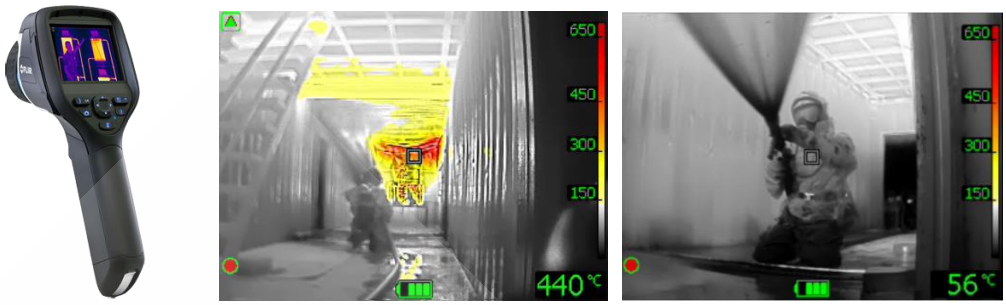
ภาพที่ 3.4 การจำลองปรากฏการณ์ Flashover

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการบันทึกผลการทดสอบ

กล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR E40 (Thermal Imaging Infrared Camera 160 x 120 Pixel) กล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นกล้องถ่ายภาพความร้อนขนาดกะทัดรัดน้ำหนักเบาและใช้งานง่ายออก เพราะตัวกล้องมีคุณสมบัติในการวัดระดับความร้อน ช่วงการวัดอุณหภูมิ -20 ถึง 650 °Cดังภาพที่ 3.5

คุณสมบัติ

- ช่วงการวัดอุณหภูมิ -20 ถึง 650 °C
- ขนาดหน้าจอสี LCD 3.5" หน้าจอสัมผัส Touch Screen
- ภาพ IR ความละเอียดสูง - 19,200 พิกเซล (160 x 120) ความละเอียดอินฟราเรด
- กล้องดิจิตอลแสงที่มองเห็นได้ - 3MP ความละเอียดพร้อมแฟลชให้ภาพที่คมชัดโดยไม่คำนึงถึงแสงเงื่อนไข
- รูปภาพในภาพ (PIP) - แสดงผลภาพความร้อนที่กำหนดเหนือภาพดิจิตอล
- ไฟ LED สว่าง - 1 ทำให้มองเห็นได้กล้องและฟิวชั่นที่จะใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างไม่ดี



ภาพที่ 3.5 กล้อง FLIR E40 แสดงผลการบันทึกอุณหภูมิภายในห้องทดลองและที่ชุดดับเพลิง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติกล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR E40

Specifications	**Dripcription**
Imaging and optical data	
Field of view (FOV) / Minimum focus distance	25° × 19° / 0.4 m (1.31 ft.)
Spatial resolution (IFOV)	2.72 mrad
Thermal sensitivity/NETD	< 0.07°C @ +30°C (+86°F) / 70 mK
Image frequency	60 Hz
Focus	Manual
Specifications	**Dripcription**
Zoom	1–2× digital zoom
Focal Plane Array (FPA) / Spectral range	Uncooled microbolometer / 7.5–13 m
IR resolution	160 × 120 pixels
Image Presentation	
Display	Touch screen, 3.5 in. LCD, 320 × 240 pixels
Image modes	IR image, visual image, PiP, thumbnail gallery
Picture in Picture IR	IR area on visual image
Measurement	
Object temperature range	–20°C to +120°C (–4°F to +248°F) 0°C to +650°C (+32°F to +1202°F)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Specifications	Dripcription
Accuracy	±2°C (±3.6°F) or ±2% of reading
Measurement analysis	
Spotmeter	3
Area	3 boxes with max./min./average
Automatic hot/cold detection	Auto hot or cold spotmeter markers within area
Isotherm	Detect high/low temperature/interval
Di-erence temperature	Delta temp between measurement functions
Emissivity correction	Variable from 0.01 to 1.0
External optics/windows correction	Automatic, based on inputs of optics
Measurement corrections	Refected temperature, optics/atmospheric trans
Setup	
Color palettes	Arctic, Gray, Iron, Lava, Rainbow and Rainbow HC
Set-up commands	Adaptation of units, language/date/time formats
Languages	21
Storage of Image	
Color palettes	Arctic, Gray, Iron, Lava, Rainbow and Rainbow HC
Set-up commands	Adaptation of units, language/date/time formats
Digital camera	
Built-in digital camera	3.1 Mpixel (2048 × 1536 pixels), and one LED light
Built-in digital lens data	FOV 53° × 41°
Data communication interfaces	
Interfaces	USB-mini, USB-A, composite video
USB	- USB-A: Connect external USB device - USB Mini-B: To and from PC / streaming MPEG-4
Video out	Composite

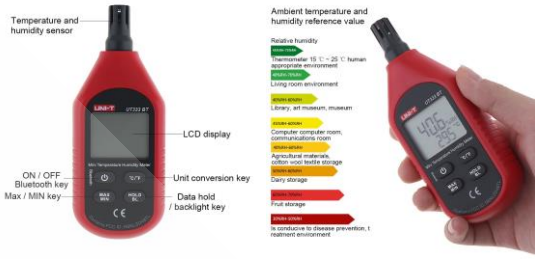
ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Specifications	Dripcription
Power System	
Battery	Li Ion, 4 hours operating time
Charging system	In camera (AC adapter or 12 V from a vehicle)
Power management	Automatic shutdown and sleep mode
Environmental data	
Operating temperature range	–15°C to +50°C (+5°F to +122°F)
Storage temperature range	–40°C to +70°C (–40°F to +158°F)
Humidity (operating and storage)	+25°C to +40°C (+77°F to +104°F) / 2 cycles
Encapsulation	IP 54 (IEC 60529)
Bump	25 g (IEC 60068-2-29)
Vibration	2 g (IEC 60068-2-6)
Physical data	
Camera weight, incl. battery	0.825 kg (1.82 lb.)
Camera size (L × W × H)	246 × 97 × 184 mm (9.7 × 3.8 × 7.2 in.)
Tripod mounting	UNC ¼"-20 (adapter needed)

3.3.3 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิขนาดเล็ก UT333-BT สามารถวัดประมวลผลข้อมูลและแสดงผลบนจอ สามารถถ่ายโอนข้อมูลการวัดผ่านบลูทูธไปยังแอพพิเคชั่นในมือถือ (iENV) ของ UNI-T ช่วงการวัดอุณหภูมิ: -10 ถึง 60 °C

คุณสมบัติ

- ช่วงการวัดอุณหภูมิ: -10 ~ 60 °C
- ช่วงการวัดความชื้น: 0 ~ 100% RH
- น้ำหนักเบาออกแบบตามหลักสรีรศาสตร์ส่วนต่อประสานที่ใช้งานง่าย
- โหมด MAX / MIN, ไฟแสดงสถานะแบตเตอรี่ต่ำ, กำลังไฟอัตโนมัติ Off



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิขนาดเล็ก UT333-BT

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิขนาดเล็ก UT333-BT

Specifications	Dripcription
Temperature	-10 ˚C ~ 60 ˚C
Temperature accuracy	±1.0 ˚C
Temperature resolution	0.1 ˚C
Humidity	0% RH ~ 100% RH
Humidity accuracy	±5% RH
Humidity resolution	0.1% RH
Sampling rate	1/s
Features	
APP	Yes
Bluetooth®	Yes
Overload indication	Yes
MAX/MIN	Yes
Data hold	Yes
˚C/˚F selection	Yes
LCD backlight	Yes
Auto power off	5 min
Low battery indication	3V ~ 3.5V
General Characterisitics	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Specifications	Dripcription
Power	1.5V battery (R03) x 3
Display	32 mm x 26 mm
Product color	Red and grey
Product net weight	102g
Product size	155 mm x 50 mm x 28 mm
Standard accessories	Batteries
Standard individual packing	Blister, English manual
Standard quantity per carton	20pcs
Standard carton measurement	332 mm x 262 mm x 290 mm
Standard carton gross weight	4.2kg

3.3.4 หัวฉีดน้ำดับเพลิงแบบด้ามปืม TFT รุ่น QUADRAFOG W/GRIP 1.5"F FQS125PS 30-125 GPM @ 100 PSI SPINNING TEETH หัวฉีดสามารถเลือกปรับอัตราการไหลของน้ำ 4 แบบคือ 30, 60, 95 และ 125 gpm ที่ 100 psi (110-230-360-470 l / min @ 7bar) วัสดุน้ำหนักเบาทั้งหมด, อะลูมิเนียมชุบแข็ง ฟลัชโดยไม่ต้องปิด สามารถเปลี่ยนแปลงการปรับน้ำได้อย่างรวดเร็ว ด้ามปืนจะติดตั้งอยู่ด้านล่างวาล์ว โยกดึงขนาด 1.5" NH หมุนเป็นมาตรฐาน

ภาพที่ 3.7 หัวฉีดน้ำดับเพลิงแบบด้ามปืน TFT รุ่น QUADRAFOG W/GRIP 1.5"F

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติหัวฉีดน้ำดับเพลิงแบบด้ามปืม TFT รุ่น QUADRAFOG W/GRIP 1.5"F

Specifications	Dripcription
Pistol Grip	Yes
Valve Design	Stainless
Flow Rate	30/60/95/125gpm (110/230/360/470 l/min)
Inlet Coupling Style	Rocker
Body Size	1.5" (38 mm)
Inlet Coupling Swivel	Non-Full Time Swivel
Style	One Piece with Valve
Pressure Mode	Single
Type	Selectable
Fog Teeth	Spinning
Operating Pressure	100 psi (7 bar)
Remote Control	No
Weight	3.75
Bumper Material	Rubber - bonded
Certification	NFPA/FM

3.3.5 สายน้ำดับเพลิง

คุณสมบัติสายน้ำดับเพลิงยางสังเคราะห์จะเป็นสายฉีดน้ำดับเพลิง 3 ชั้น สีแดง ทอแบบไร้ตะเข็บ ไม่มีรอยต่อ ชั้นนอกผลิตจากยางสังเคราะห์ไนไตรพีวีซีขึ้นสันนูนตลอดเส้น มีความทนทานต่อการขัดสี ชั้นกลางถักทอจากยางสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์ มีความเหนียว ยืดหยุ่นสูง ชั้นในเป็นยางสังเคราะห์ทนต่อแรงกระแทกของน้ำได้ดีมีขนาด 6.38 เซนติเมตร (2.5 นิ้ว) ความยาว 20 เมตร ข้อต่อทองเหลืองสวมเร็ว 6.38 เซนติเมตร (2.5 นิ้ว) การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยปรับอัตราการไหลที่หัวฉีดอยู่ที่ระดับ 113.6 ลิตร/นาที และใช้สายน้ำดับเพลิงขนาด 6.38 เซนติเมตร จำนวน 3 เส้น (60 เมตร)

ภาพที่ 3.8 สายน้ำดับเพลิง

3.3.6 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำและอัตราการจ่ายน้ำ The INSIGHT Portable Flow Tester with pressure meter MODELS: FTA500 GPM/PSI สามารถวัดแรงดันของน้ำที่ระดับ 0 - 20.68 บาร์ และอัตราการไหลของน้ำที่ขนาดสายน้ำดับเพลิง 6.38 เซนติเมตร ปริมาตรของน้ำที่สามารถวัดค่าผ่านอุปกรณ์อยู่ที่ระดับ 113.6 – 3,218 ลิตร/นาที ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยควบคุมแรงดันของน้ำอยู่ที่ระดับ 6.89 บาร์ (100 PSI) และอัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ระดับ 124.9 ลิตร/นาที (33 GPM)

ภาพที่ 3.9 เครื่อง The INSIGHT Portable FlowTester with Pressure Meter

3.3.7 รถน้ำดับเพลิง

- ตัวรถยนต์

1) ตัวรถและโครงสร้างตามมาตรฐานของโรงงานผู้ผลิต

2) ความยาวช่วงล้อไม่น้อยกว่า 4,200 มิลลิเมตร

3) เป็นรถชนิดไม่น้อยกว่า 6 ล้อ ขับเคลื่อนไม่น้อยกว่า 1 เพลา และมีล้ออะไหล่พร้อมกะทะล้อ 1 ชุด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญตามมาตรฐานผู้ผลิตครบถ้วน

4) ติดตั้งเทอร์โบชาร์จ พร้อมอินเตอร์คูลเลอร์ระบายความร้อนอากาศ ตามมาตรฐานของโรงงานผู้ผลิต

5) ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ น้ำยาแอร์ชนิด 134 A

- เครื่องยนต์

1) เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่น้อยกว่า 6 สูบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้มาตรฐานไม่ต่ำกว่า มอก. 2315 - 2551

2) ขนาดเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 210 แรงม้า ที่รอบไม่เกิน 2,500 รอบ/นาที และมีปริมาตรกระบอกสูบไม่น้อยกว่า 7,600 CC

3) เป็นระบบเครื่องยนต์แบบคอมมอลเรล

4) เป็นเครื่องยนต์ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลหมุนเร็ว

5) มีมาตรฐานไอเสียไม่น้อยกว่าระดับยูโร 3

- ระบบส่งกำลัง

1) คลัทช์เป็นแบบตามมาตรฐานผู้ผลิต

2) เกียร์เป็นแบบกระปุกเดินหน้าไม่น้อยกว่า 6 เกียร์ เกียร์ถอยหลังไม่น้อยกว่า 1 เกียร์

ภาพที่ 3.10 รถน้ำดับเพลิง

3.3.8 ชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง (Structural Firefighters' Protective Clothing: SFPC) เป็นชุดป้องกันภัยที่พนักงานดับเพลิงสวมใส่ในขณะผจญเพลิงในอาคารประกอบด้วยหมวกนิรภัย เสื้อคลุม กางเกง รองเท้าบู๊ท ถุงมือ และที่คลุมศีรษะส่วนที่หมวกนิรภัยไม่อาจป้องกันได้ ชุดผจญเพลิงนี้ต้องใช้กับหน้ากากป้องกันแบบเต็มหน้าชนิดความดันและอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิด SCBA ชุดป้องกันควรได้มาตรฐาน ชุดผจญเพลิงมีความสามารถในการป้องกันความร้อนและความเย็นได้ในขีดจำกัด และไม่สามารถป้องกันของเหลวหรือไอสารที่เป็นอันตราย การวิจัยในครั้งนี้ใช้ชุดดับเพลิงที่ได้รับรองมาตรฐาน EN (European Standard)

ภาพที่ 3.11 ชุดผจญเพลิงสำหรับพนักงานดับเพลิง

เสื้อประกอบด้วยเสื้อชั้นนอก และเสื้อชั้นใน ตัดเย็บจากผ้าทอสังเคราะห์รวม 3 ชั้น, วัสดุที่ใช้และการตัดเย็บได้ตามมาตรฐาน EN469 ผ้าชั้นนอก ผลิตด้วย Aramid IIIA 6.0 oz/yd2 คุณสมบัติสามารถป้องกันความร้อน กันไฟและการถูกเผาไหม้ได้ดี ผ้าชั้นที่สอง ผลิตจากเส้นใยกันไฟ Aramid FIber เคลือบด้วย FR PTFE กันไฟ น้ำหนักไม่น้อยกว่า 3.5 oz/yd2 คุณสมบัติป้องกันของเหลวและสารเคมีได้ ผ้าชั้นที่สาม ผลิตด้วยผ้า Thermal Liner ผลิตจากวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ Aramid Felt + FR Cellulose ไม่ติดไฟ ขนาด 7.3 oz/yd2 ปกคอเสื้อ สูงไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว มีแถบผ้าอีกชั้นสามารถปิดลำคอ เวลาทำปกคอเสื้อตั้งขึ้น และ สามารถพับคอเสื้อได้ในกรณีที่ไม่ได้เข้าผจญเหตุ สาบเสื้อความกว้างไม่น้อยกว่า 1.5 นิ้ว เป็นแบบสาบสองชั้น ชั้นในติดด้วยกระดุมหรือซิบ สาบด้านนอกติดตีนตุ๊กแก ยึดติดแบบตีนตุ๊กแก กระเป๋าด้านซ้ายมีกระเป๋ากล่องใส่วิทยุ ปิดล๊อกด้วยสายรัดตีนตุ๊กแก พร้อมรูระบายน้ำ และมีที่คล้องไมค์อยู่เหนือกระเป๋าด้านล่างตัวเสื้อมีกระเป๋าขนาด ทั้งสองด้าน พร้อมฝาปิดกันน้ำเข้า ข้อมือมีผ้ายืดทำจากเส้นใย Nomex และมีช่องเสียบนิ้วโป้ง มีแถบ

สะท้อนแสง ขนาด 2 นิ้ว สีเหลือง - เทา บริเวณรอบแขนเสื้อทั้งสองข้าง ทั้งต้นแขนและปลายแขน บริเวณหน้าอกโดยรอบ และ ชายเสื้อจำนวน 2 ชั้น โดยรอบ

ภาพที่ 3.12 เสื้อดับเพลิง

กางเกง ประกอบด้วยกางเกงชั้นนอก และชั้นใน ตัดเย็บจากผ้าชนิดและสีเดียวกับตัวเสื้อ ผ้าชั้นนอกและใน ทำจากผ้าชนิดเดียวกับเสื้อดับเพลิงเป็นกางเกงขายาว ขาทรงกระบอก บริเวณเอวด้านหน้าและด้านหลังมีสำหรับยึดติดกับสายคล้องไหล่ สายคล้องไหล่ทำด้วยแถบผ้ากว้าง 1.5 นิ้ว และมีที่สำหรับปรับขนาดความยาวของสายได้ และปลายสายมีที่ยึดติดกับขอบเอวกางเกง สามารถถอดออกจากตัวชุดได้ เป้ากางเกงด้านหน้ามีสาบปิด-เปิด ยึดติดแบบ Velcro Tape ปกปิดซิปด้านในมีกระเป๋าบริเวณข้างขาทั้งสองข้าง พร้อมฝาปิดกันน้ำเข้า ติดแถบสะท้อนแสงขนาดและแบบเดียวกับตัวเสื้อ ที่บริเวณต่ำกว่าเข่า จำนวน 2 ชั้น โดยรอบสีของกางเกงจะต้องเป็นสีเดียวกับเสื้อ

ภาพที่ 3.13 กางเกงดับเพลิง

หมวกดับเพลิง ทำจากวัสดุไฟเบอร์กลาส เป็นหมวกสวมคลุมถึงท้ายทอยทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 40 ถึง 300 °C มีกระบังหน้า (Visors) ป้องกันความร้อนและการกระแทก สอดคล้องตามมาตรฐาน EN 14458:2004 ผ่านการรับรองมาตรฐานดับเพลิง สำหรับหมวก EN 443:2008, EN 16471, EN 16473 and ISO 16073:2011มีชุดไฟฉายชนิดป้องกันการระเบิด (Explosion-Proof) หลอดไฟเป็นแบบ LED ติดตั้งกับหน้าหมวก (Option)

ภาพที่ 3.14 หมวกดับเพลิง

ผ้าคลุมศีรษะดับเพลิง (HOOD) กันความร้อน 2 ชั้น ยาว 18 นิ้ว ผลิตจากผ้า NOMAX ช่วยป้องกันไฟและความร้อนเข้ามาสัมผัสผิวหนังขณะใช้งาน เสริมซับในชั้นที่ 2 ด้วยผ้านุ่มซับเหงื่อ (COMFORT PLUS) ส่วนขอบใบหน้าทำด้วยผ้ายืดที่กระชับเข้ารูปอย่างดี ใช้ร่วมได้กับหน้ากากช่วยหายใจ แข็งแรงทนทานด้วยการเย็บตะเข็บคู่ด้วยเส้นใย NOMAX 100% ได้รับมาตรฐานการผลิต NFPA 1971-2007 และ มาตรฐาน UL

ภาพที่ 3.15 ผ้าคลุมศีรษะดับเพลิง

ถุงมือดับเพลิงตามมาตรฐาน NFPA 1971 - 2013 Edition ทนทานสามารถตอบสนองความต้องการของนักผจญเพลิงเพื่อความคล่องแคล่วยืดหยุ่นจับถนัดมือสบายและพอดีไม่ว่าจะเป็นบนรถบรรทุกหรือเครื่องยนต์ การออกแบบหลายชั้นที่แตกต่างกันโดยใช้เส้นใยถักที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้การแบ่งอย่างรวดเร็วนุ่มและสบายอย่างไม่น่าเชื่อพร้อมการป้องกันความร้อนที่เพิ่มขึ้นจริงหลังจากการซักถุงมือจะยังคงนุ่มและยืดหยุ่นหลังการใช้งานซับในด้านในเป็น Nomex® ที่ถักด้วย 100% และไททันยังเรียงรายไปด้วยเคฟลาร์ 100%

ภาพที่ 3.16 ถุงมือดับเพลิง

รองเท้าดับเพลิง มาตรฐาน NFPA 1971-2018 ความสูงไม่น้อยกว่า 15 นิ้ว กันความร้อน กันไฟฟ้าถึง 18 KV กันน้ำมัน และสารเคมี ข้างในบุด้วยผ้ากันเชื้อรา ชนิด Kevlar หัวรองเท้าเป็นโลหะปลอดสนิมและพื้นรองเท้าเป็นสแตนเลสเสริม ข้างรองเท้ามีช่องสำหรับดึงทั้ง 2 ข้าง พื้นรองเท้ากันลื่นและสารเคมี พื้นเท้าและข้อเท้าเสริมกันกระแทก

ภาพที่ 3.17 รองเท้าดับเพลิง

อุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจ SCBA สำหรับงานผจญเพลิง อุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจ (Self-Contained Breathing Apparatus : SCBA) เป็นอุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจแบบสะพายหลังใช้ในการพจญเพลิงในอาคาร และนอกอาคาร รวมไปถึงพื้นที่อับอากาศไม่ปกติหรือไม่ปลอดภัย เช่น ฝุ่นละออง, ก๊าซ, ควันไฟมากเกินไปอันอาจเกิดอันตรายแก่ผู้ที่เข้าไปปฏิบัติงาน โดยประกอบไปด้วยหน้ากาก, ชุดสะพายหลังพร้อมถังอากาศแรงดันสูง, ชุดลดแรงดัน, ชุดควบคุมแรงดัน, และเกจวัดแรงดันกับระบบสัญญาณเตือน เหมาะสำหรับใช้งาน1คน

ภาพที่ 3.18 อุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจ SCBA

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคาร โดยมีปัจจัยประกอบหลายๆส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลการจำลองพลังงานของอาคารทั้งสิ้น ประกอบด้วย

3.4.1 ตัวแปรต้น

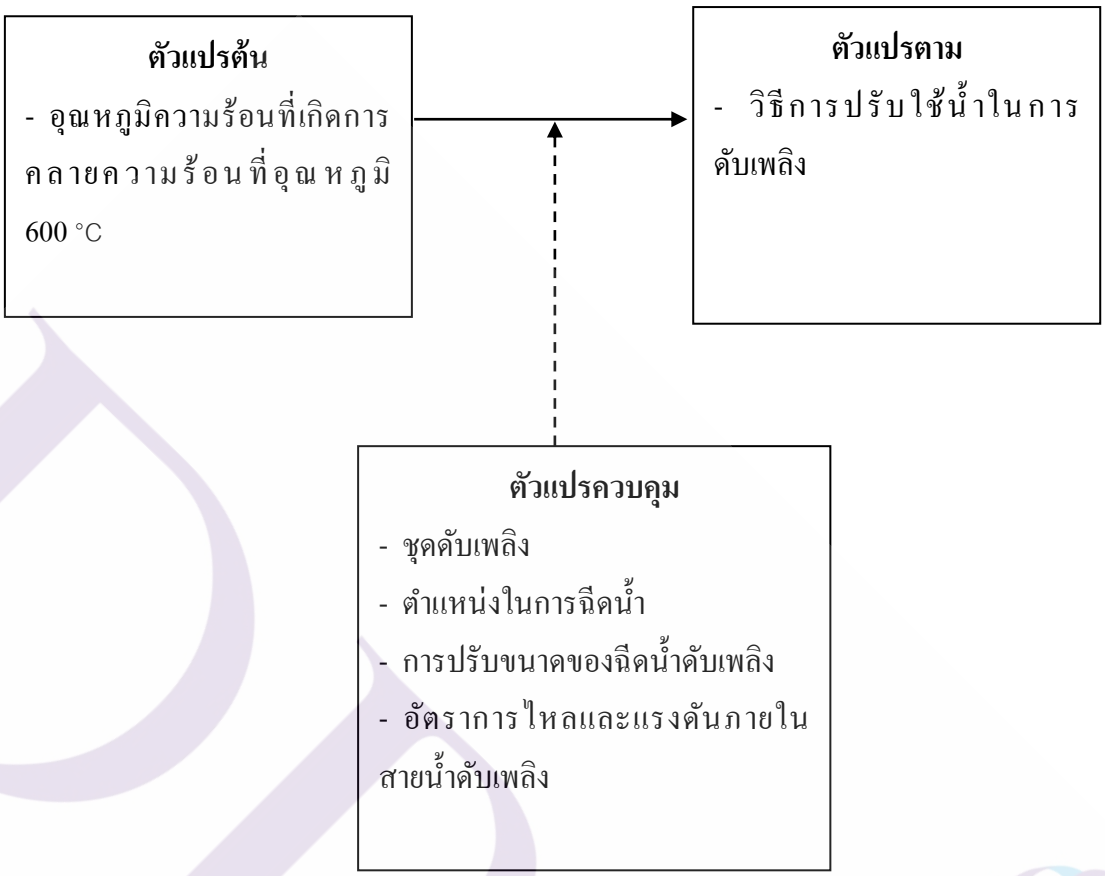
- อุณหภูมิความร้อนที่เกิดการคลายความร้อนที่อุณหภูมิ 600 °C

3.4.2 ตัวแปรตาม

- วิธีการปรับใช้น้ำในการดับเพลิง

3.4.3 ตัวแปรควบคุม

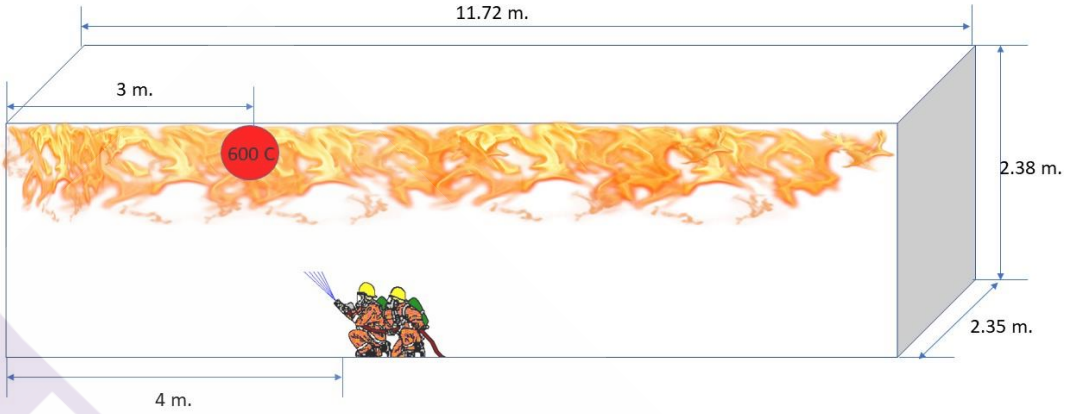
- ชุดดับเพลิง
- ตำแหน่งในการฉีดน้ำ



3.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 การกำหนดค่าความร้อนภายในห้องทดลองโดยการใช้กล้อง Thermal Imaging Camera วัดที่จุดด้ายบนห้องทดลองห่างจากจุดกำเนิดของไฟ 3 เมตร ที่อุณหภูมิ 600 °C ซึ่งเกิดจากการจำลองและเร่งปฏิกิริยาของไฟโดยการใช้แก๊ส LPG

3.5.2 การเก็บบันทึกข้อมูลอุณหูมิชุดดับเพลิงชั้นนอกและอุณหภูมิภายในห้องทดลอง โดยการใช้กล้อง Thermal Imaging Camera วัดที่จุดด้ายบนห้องทดลองห่างจากจุดกำเนิดของไฟ 4 เมตร



ภาพที่ 3.19 การเก็บบันทึกข้อมูลอุณหูมิภายในห้องทดลอง

3.5.4 การเก็บบันทึกข้อมูลอุณหูมิชุดดับเพลิงชั้นในสุด ที่อยู่ใกล้กับผิวหนังของนักดับเพลิง โดยใช้เครื่อง UT333-BT เครื่องวัดความชื้นอุณหภูมิขนาดเล็ก

ภาพที่ 3.20 การติดเครื่องวัดความชื้นอุณหภูมิขนาดเล็กที่ตัวของพนักงานดับเพลิง

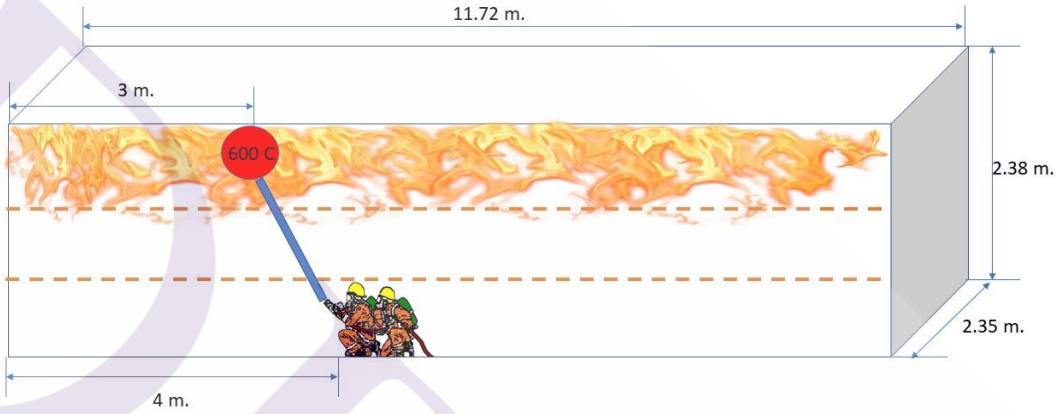
3.5.5 การเก็บบันทึกข้อมูลอุณหูมิชุดดับเพลิงชั้นนอกสุด โดยการใช้กล้อง Thermal Imaging Camera วัดที่ตัวของพนักงานดับเพลิง

3.5.6 การกำหนดรูปแบบการปรับใช้น้ำดับเพลิงในอาคารของนักดับเพลิง กำหนดการทดสอบ 4 รูปแบบ ได้แก่

(1) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้น ๆ

วิธีการทดลอง

- สร้าง Flashover ที่มีอุณหภูมิ 600 °C
- ปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ ฉีดบริเวณเพดานห้องซ้าย กลาง ขวา ครั้งละ 0.5 วินาที แล้วหยุดนิ่ง 2 วินาที
- ดำเนินการฉีด 4 รอบ (20 วินาที)

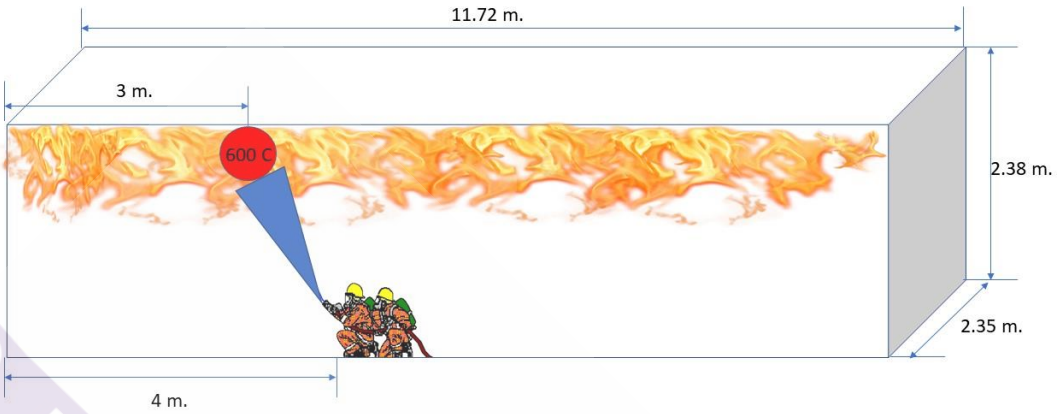


ภาพที่ 3.21 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้น

(2) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

วิธีการทดลอง

- สร้าง Flashover ที่มีอุณหภูมิ 600 °C
- ปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ ฉีดบริเวณเพดานห้องซ้าย กลาง ขวา ครั้งละ 0.5 วินาที แล้วหยุดนิ่ง 2 วินาที
- ดำเนินการฉีด 4 รอบ (20 วินาที)

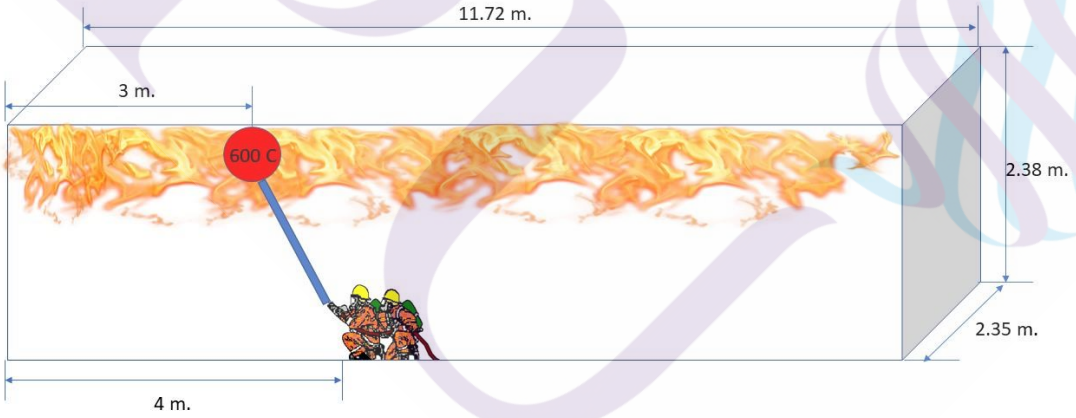


ภาพที่ 3.22 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

(3) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

วิธีการทดลอง

- สร้าง Flashover ที่มีอุณหภูมิ 600 °C
- ปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว 3 วินาที จากเพดานมุมด้านซ้ายถึงเพดานมุมด้านขวา แล้วหยุดนิ่ง 2 วินาที
- ดำเนินการฉีด 4 รอบ (20 วินาที)



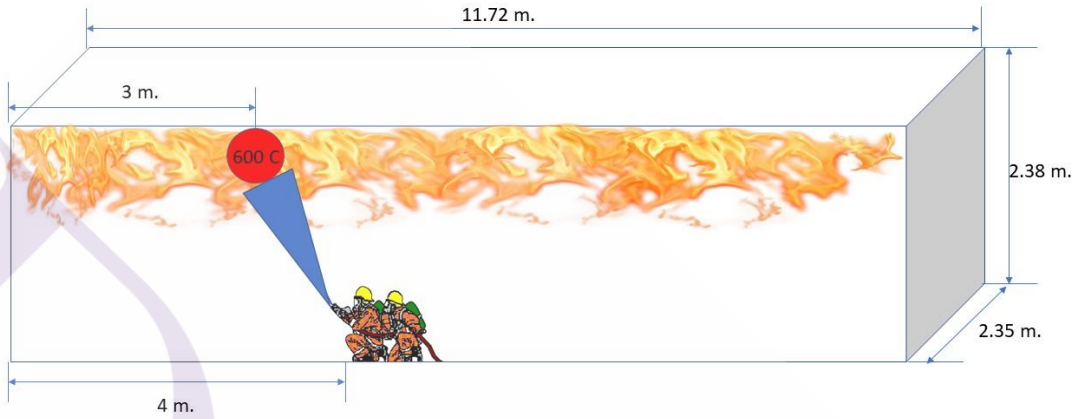
ภาพที่ 3.23 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

(4) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

วิธีการทดลอง

- สร้าง Flashover ที่มีอุณหภูมิ 600 °C

- ปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว 3 วินาที จากเพดานมุมด้านซ้ายถึงเพดานมุมด้านขวา แล้วหยุดนิ่ง 2 วินาที
- ดำเนินการฉีด 4 รอบ (20 วินาที)



ภาพที่ 3.24 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

3.6 วิธีวิเคราะห์ผลการวิจัย

หลังจากรวบรวมข้อมูล และทดลองผลการวิจัยทั้งหมดแล้ว นำผลการวิจัยที่ได้ มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ แบ่งเป็น การวิเคราะห์โดยใช้สถิติบรรยายและสถิติอ้างอิงผลดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ แบ่งเป็น การวิเคราะห์โดยใช้สถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง สถิติบรรยาย ใช้เพื่ออธิบายข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้การเลือกใช้ขึ้นกับวัตถุประสงค์การวิจัย ชนิดของตัวแปร เพื่อวิเคราะห์แล้วจะนำเสนอด้วยตารางหรือแผนภูมิ ตามความเหมาะสม สถิติบรรยายที่อธิบายลักษณะตัวแปรเชิงปริมาณ คือ ค่าเฉลี่ย เปอร์เซนต์ไทล์

ส่วนสถิติบรรยายที่ใช้อธิบายลักษณะของตัวแปรเชิงคุณภาพ คือ ร้อยละ สถิติบรรยายที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น

3.6.2 วิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำดับเพลิงภายในอาคารรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบผลความร้อนภายในห้องทดลองที่เกิดขึ้นในการปรับน้ำใช้ดับเพลิงในแต่ละรูปแบบ

3.6.3 สรุปผลการทดลอง และเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตัวนักดับเพลิง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องเรื่อง การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร สามารถอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วยการกำหนดรูปแบบการปรับใช้น้ำดับเพลิงในอาคารของนักดับเพลิง 4 รูปแบบ (1) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ , (2) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ , (3) การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่ หรือลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว , (4) การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว เพื่อศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

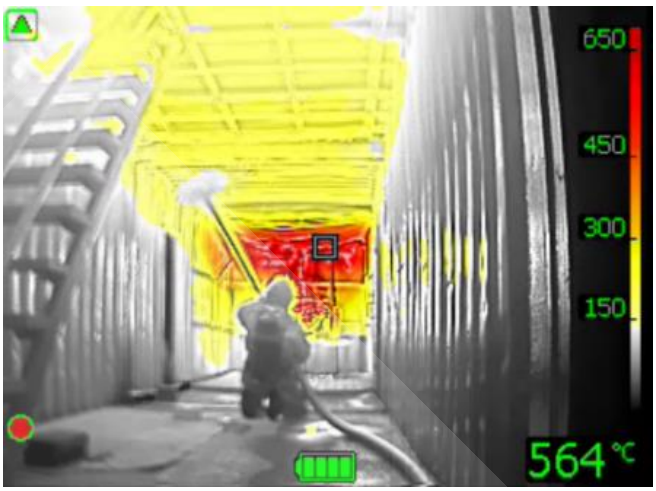
- ส่วนที่ 1 การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิงในรูปแบบต่างๆ
- ส่วนที่ 2 การศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิง
- ส่วนที่ 3 การอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิงในรูปแบบต่างๆ

การศึกษาอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิงในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิความร้อนภายในห้องทดลองผลกระทบของการฉีดน้ำของนักดับเพลิงเพราะในการดับเพลิงนั้นนักดับเพลิงจะต้องเลือกใช้รูปแบบของน้ำที่แตกต่างกันไป จะได้ทราบถึงอุณหภูมิความร้อนของห้องที่เกิดการลุกไหม้หลังจากที่เลือกใช้น้ำในแต่ละรูปแบบ

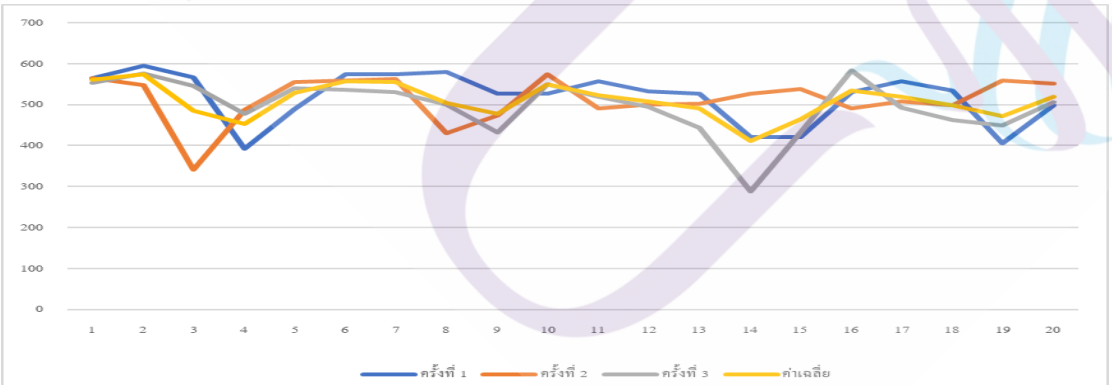
การทดสอบรูปแบบที่ 1 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

ทำการปรับหัวฉีดให้มีลักษณะเล็กที่สุด จุดประสงค์เพื่อลดอุณหภูมิ ทำให้กลุ่มควันจางลง ป้องกันเปลวไฟจากไอก๊าซ ตั้งหัวขึ้น 45 องศา แล้วทำการฉีดน้ำจากมุมเพดานห้องด้านซ้าย กลาง ขวา ใช้เวลาในการฉีดครั้งละ 0.5 วินาที และปิดน้ำอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 4.1 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

จากภาพที่ 4.1 จากการศึกษาเมื่ออุณหภูมิภายในห้องทดลองมีความร้อนด้านบน 600 °C พบว่าพบว่าการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก การทดลองที่ลดอุณหภูมิได้มากที่สุดเป็นชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 553 °C เท่ากับ 7.83 % รองลงมา การทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 564 °C เท่ากับ 6 % และการทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 565 °C เท่ากับ 5.83 % โดยค่าเฉลี่ยการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 561 °C เท่ากับ 6.5 %



ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 1

ภาพที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะทำการฉีดน้ำดับเพลิงการทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 596 °C เท่ากับ 0.67 % และทำให้อุณหภูมิภายใน

ห้องต่ำสุด 392 °C เท่ากับ 34.67 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 519 °C เท่ากับ 13.50 %, การทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 574 °C เท่ากับ 4.33 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 392 °C เท่ากับ 34.67 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 513 °C เท่ากับ 14.50 %, การทดลองชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 583 °C เท่ากับ 2.83 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 289 °C เท่ากับ 34.67 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 496 °C เท่ากับ 17.33 และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 392 °C เท่ากับ 34.67 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากการทดสอบภายในห้องสูงสุด 573 °C เท่ากับ 4.50 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 412 °C เท่ากับ 31.33 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 509 °C เท่ากับ 15.17 %

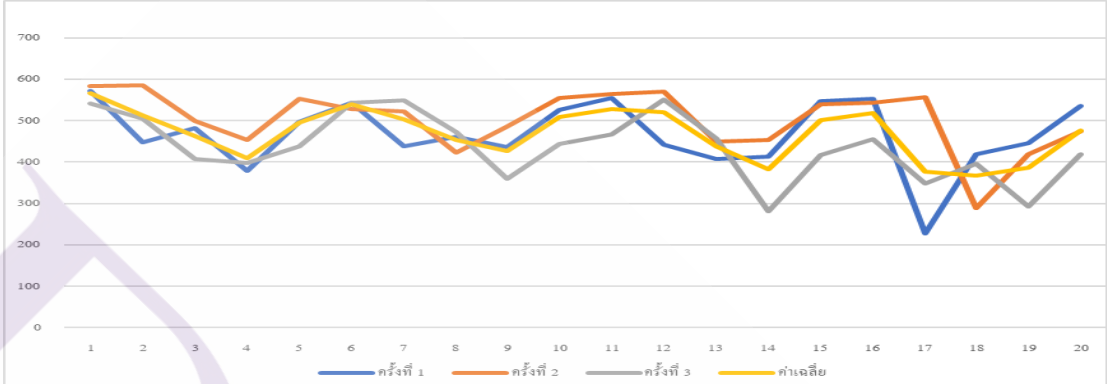
การทดสอบรูปแบบที่ 2 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

ทำการปรับหัวฉีดให้มีลักษณะเป็นกรวย จุดประสงค์เพื่อลดอุณหภูมิ ทำให้กลุ่มควันจางลง ป้องกันเปลวไฟจากไอก๊าซ โดยปรับหัวฉีดแบบกึ่งฝอย เปิดน้ำเต็มที่และปิดอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาในการฉีดครั้งละ 0.5 วินาที โดยตั้งหัวขึ้น 45 องศา แล้วทำการฉีดน้ำจากมุมเพดานห้องด้านซ้าย กลาง ขวา

ภาพที่ 4.3 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

ภาพที่ 4.3 จากการศึกษาเมื่ออุณหภูมิภายในห้องทดลองมีความร้อนด้านบน 600 °C พบว่าพบว่าการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก การทดลองที่ลดอุณหภูมิได้มากที่สุดเป็นชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 542 °C เท่ากับ 9.67 % รองลงมา การทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 572 °C เท่ากับ 4.67 % และการทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง

583 °C เท่ากับ 2.83 % โดยค่าเฉลี่ยการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 566 °C เท่ากับ 5.67 %



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 2

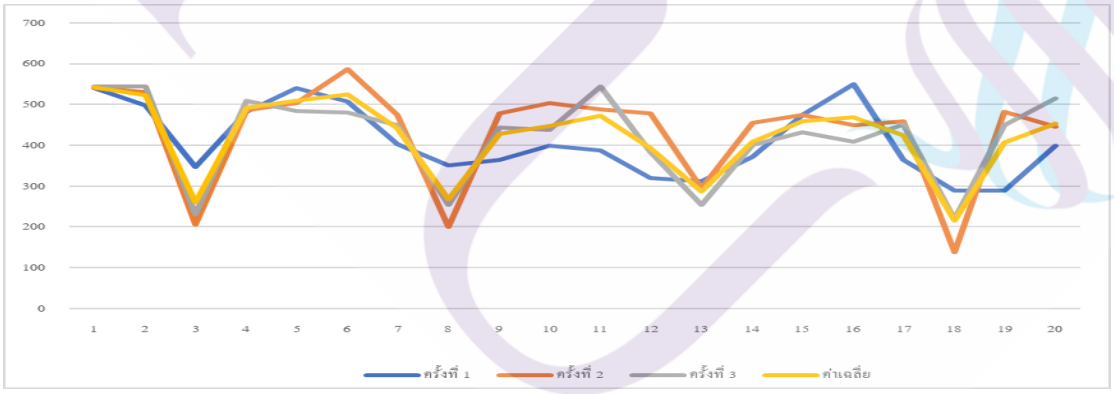
ภาพที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะทำการฉีดน้ำดับเพลิงการทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 572 °C เท่ากับ 4.67 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 228 °C เท่ากับ 62 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 466 °C เท่ากับ 22.33 %, การทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 586 °C เท่ากับ 2.33 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 289 °C เท่ากับ 51.83 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 502 °C เท่ากับ 16.33 %, การทดลองชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 551 °C คิด 8.17 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 280 °C เท่ากับ 53.33 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 437 °C เท่ากับ 27.17 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากการทดสอบภายในห้องสูงสุด 566 °C เท่ากับ 5.67 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 368 องศา-เซลเซียล เท่ากับ 38.67 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 468 °C เท่ากับ 22%

การทดสอบรูปแบบที่ 3 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

ทำการปรับหัวฉีดให้มีลักษณะเล็กที่สุด ใช้เพื่อการสกัดกั้นไฟและเมื่อต้องการฉีดดับระยะใกล้ พนักงานดับเพลิงทำการเปิดวาล์วน้ำให้สุด ตั้งหัวฉีดน้ำขึ้น 45 องศา แล้วทำการฉีดน้ำจากมุมเพดานห้องด้านซ้ายถึงมุมห้องด้ายขวาใช้เวลา 3 วินาที และปิดน้ำอย่างรวดเร็ว

ภาพที่ 4.5 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

ภาพที่ 4.5 จากการศึกษาเมื่ออุณหภูมิภายในห้องทดลองมีความร้อนด้านบน 600 °C พบว่าพบว่าการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก การทดลองที่ลดอุณหภูมิได้มากที่สุดเป็นชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 541 °C เท่ากับ 9.83 % และการทดลองชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 544 °C เท่ากับ 9.33 % โดยค่าเฉลี่ยการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรกทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 542 °C เท่ากับ 9.67 %



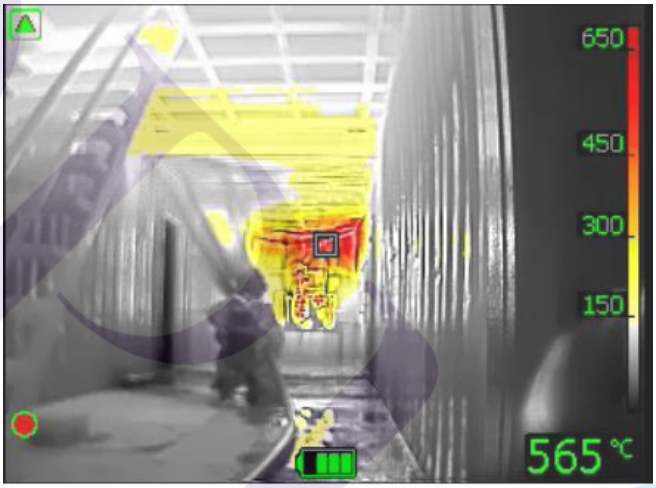
ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 3

ภาพที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะทำการฉีดน้ำดับเพลิงการทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 551 °C เท่ากับ 8.17 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 288 °C เท่ากับ 52 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 410 °C เท่ากับ 31.67 %, การทดลอง

ชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 586 °C เท่ากับ 2.33 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 138 °C เท่ากับ 77 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 434 °C เท่ากับ 27.67 %, การทดลองชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 545 °C คิด 9.17 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 219 °C เท่ากับ 63.50 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 422 °C เท่ากับ 29.67 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากการทดสอบภายในห้องสูงสุด 542 °C เท่ากับ 9.67 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 215 °C เท่ากับ 64.17 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 422 °C เท่ากับ 29.67 %

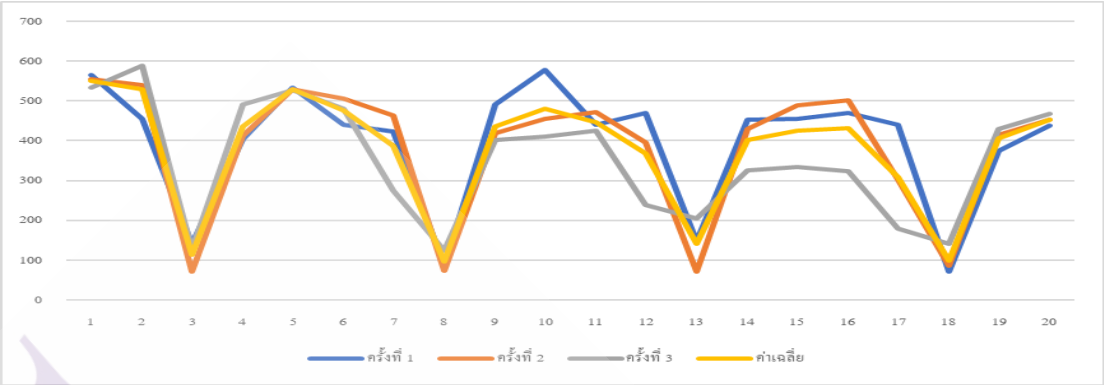
การทดสอบรูปแบบที่ 4 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

ทำการปรับหัวฉีดให้มีลักษณะเป็นกรวย ใช้เพื่อการสกัดกั้นไฟและเมื่อต้องการฉีดดับระยะใกล้พนักงานดับเพลิงทำการเปิดวาล์วน้ำให้สุดตั้งหัวฉีดน้ำขึ้น 45 องศาองศาแล้วทำการฉีดน้ำจากมุมเพดานห้องด้านซ้ายถึงมุมห้องด้ายขวาใช้เวลา 3 วินาที และปิดน้ำอย่างรวดเร็ว



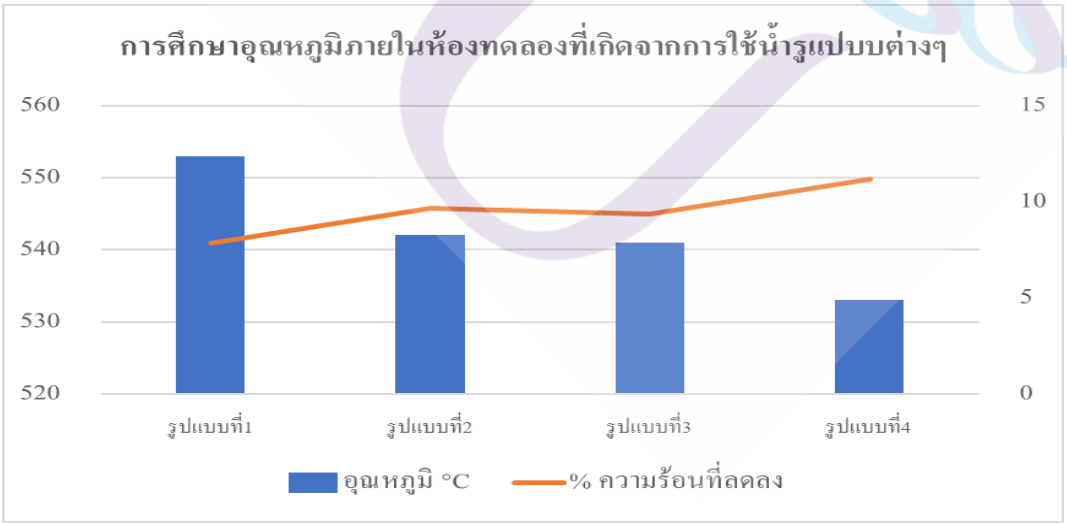
ภาพที่ 4.7 รูปแบบการฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

ภาพที่ 4.7 จากการศึกษาเมื่ออุณหภูมิภายในห้องทดลองมีความร้อนด้านบน 600 °C พบว่าพบว่าการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก การทดลองที่ลดอุณหภูมิได้มากที่สุดเป็นชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 533 °C เท่ากับ 11.17 % รองลงมา การทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 555 °C เท่ากับ 7.50 % และการทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 565 °C เท่ากับ 5.83 % โดยค่าเฉลี่ยการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 551 °C เท่ากับ 8.17 %



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบที่ 4

ภาพที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดลองขณะทำการฉีดน้ำดับเพลิงการทดลองชุดที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 578 °C เท่ากับ 3.87 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 72 °C เท่ากับ 88 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 394 °C เท่ากับ 34.33 %, การทดลองชุดที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 555 °C เท่ากับ 7.50 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 70 °C เท่ากับ 88.33 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 382 °C เท่ากับ 36.33 %, การทดลองชุดที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงสุด 589 °C เท่ากับ 1.83 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 125 °C เท่ากับ 79.17 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 351 °C เท่ากับ 41.50 % โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจากการทดสอบภายในห้องสูงสุด 551 °C เท่ากับ 8.17 % และทำให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำสุด 96 °C เท่ากับ 84 % อุณหภูมิภายในห้องเฉลี่ยที่ 376 °C เท่ากับ 37.33 %



ภาพที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิภายในห้องทดลองเมื่อทำการฉีดน้ำในรูปแบบต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.9 พบว่าการทดสอบจากการฉีดน้ำครั้งแรก การทดสอบรูปแบบที่ 4 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลงสูงสุดที่อุณหภูมิ 533 °C เท่ากับ 11.16 %, รองลงมา การทดสอบรูปแบบที่ 3 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 541 °C เท่ากับ 9.83 %, การทดสอบรูปแบบที่ 2 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 542 °C เท่ากับ 9.66 % และรูปแบบที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 553 °C เท่ากับ 7.83 %

4.2 การศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิง

การศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิง จากการศึกษาอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง และภายในชุดดับเพลิง เพื่อต้องการทราบถึงอุณหภูมิความร้อนที่ส่งผลต่อชุดดับเพลิงที่นักดับเพลิงสวมใส่ เมื่อมีการใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบต่างๆ

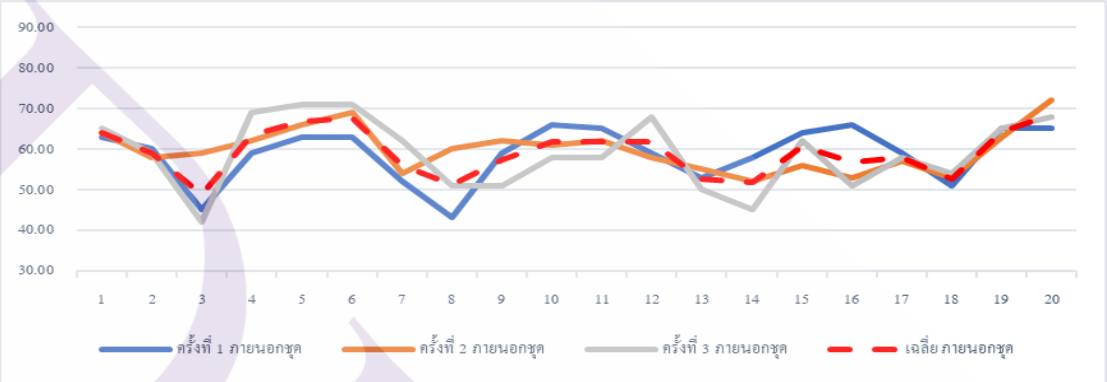
รูปแบบที่1 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง เมื่อฉีดน้ำออกไปแล้วน้ำนั้นจะไปกระทบกับเพดานและเกิดการกระจายของน้ำและทำหน้าที่ในการจับความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆนั้น จะทำให้ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวฉีดน้อยกว่าการปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว แต่ความร้อนก็จะเข้ามาถึงตัวนักดับเพลิงได้ง่ายเนื่องจากการการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ จะมีระยะการหยุดฉีดน้ำ ดังภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 1

ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้งพบว่าการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 72 °C และอุณหภูมิ

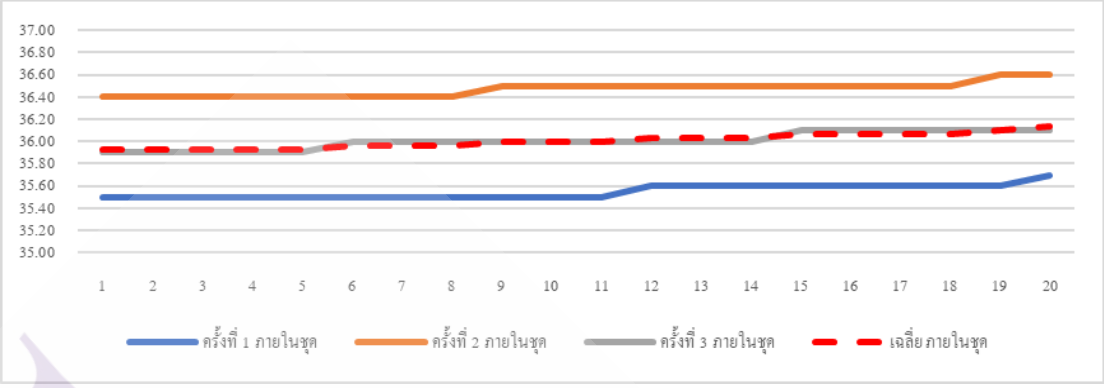
ภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 52 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 71 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 42 °C และการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 66 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 43 °Cโดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 68 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 49 °C ตามภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่1

จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.60 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 36.40 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.10 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.90 °C และการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.70 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.50 °Cโดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.13 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.93 °C

เมื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง กับ อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง พบว่าอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขึ้นลงตามลักษณะการฉีดน้ำในแต่ละครั้ง แต่อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงของทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C ตามภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่1

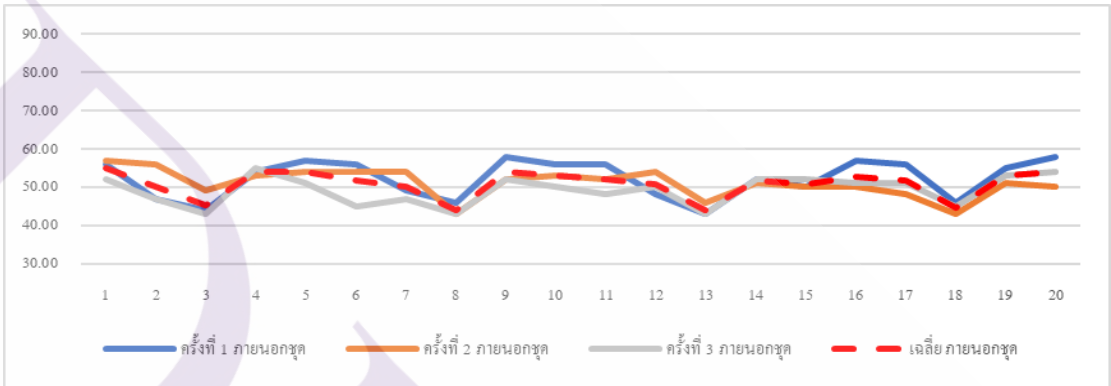
รูปแบบที่ 2 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก เมื่อฉีดน้ำออกไปแล้วน้ำนั้นจะกระจายไปภายในห้องทดลองและทำหน้าที่ในการจับความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆนั้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวฉีดน้อยกว่าการปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว แต่ความร้อนก็จะเข้ามาถึงตัวนักดับเพลิงได้ง่ายเนื่องจากการการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ จะมีระยะการหยุดฉีดน้ำ ดังภาพที่ 4.13

ภาพที่ 4.13 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 2

ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 58 °C และอุณหภูมิ

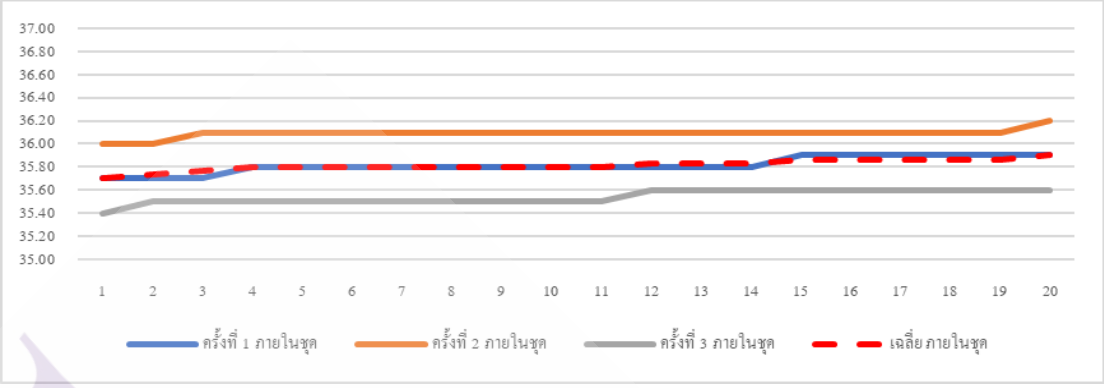
ภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 43 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 43 °C และการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 57 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 43 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 55 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 44 °C ตามภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่2

จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.20 องศาเซล-เซียล และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 36 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.60 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.40 °C และการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.90 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.70 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.90 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.70 °C

เมื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง พบว่าอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขึ้นลงตามลักษณะการฉีดน้ำในแต่ละครั้ง แต่อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงของทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิภายใชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C ตามภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 2

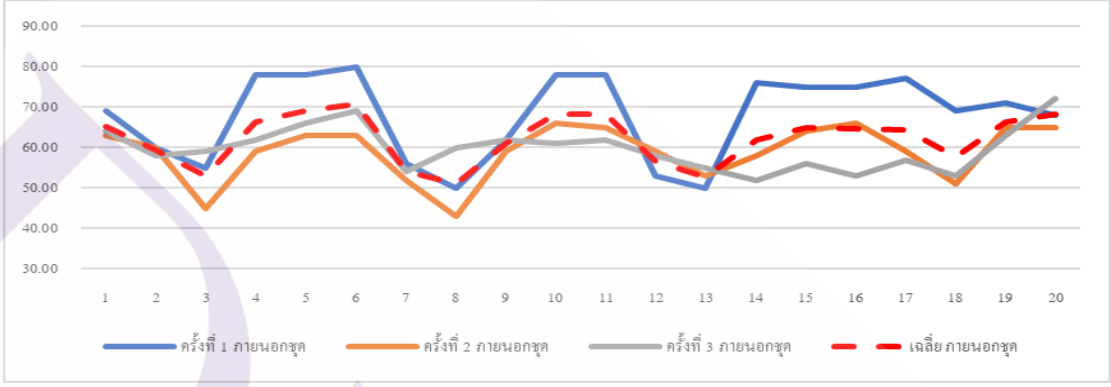
รูปแบบที่ 3 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง เมื่อฉีดน้ำออกไปแล้วน้ำนั้นจะไปกระทบกับเพดานและเกิดการกระจายของน้ำและทำหน้าที่ในการจับความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว จะทำให้ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวฉีดมีปริมาณมาก และสามารถลดความร้อนก็จะเข้ามาถึงตัวนักดับเพลิงได้อย่างดี เนื่องจากเป็นการปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาวจะมีเป็นการป้องกันไม่ให้ความร้อนจากเปลวไฟมาถึงตัวนักดับเพลิง ดังภาพที่ 4.16

ภาพที่ 4.16 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 3

ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 50 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุด

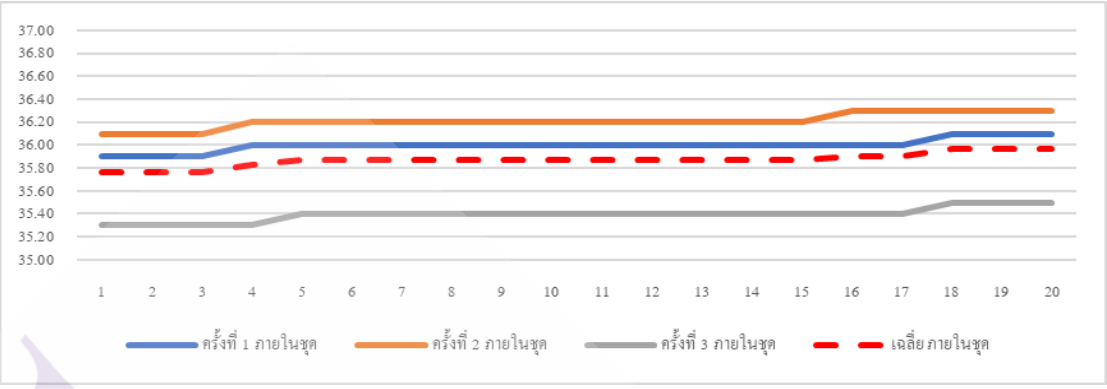
ดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 72 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 52 °C และการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 66 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 43 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 70.67 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 51 °C ตามภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่3

จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.30 องศาเซล-เซียล และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 36.10 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 36.10 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.90 °C และการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.50 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.30 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.97 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.77 °C

เมื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง กับ อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง พบว่าอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขึ้นลงตามลักษณะการฉีดน้ำในแต่ละครั้ง แต่อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงของทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C ตามภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 3

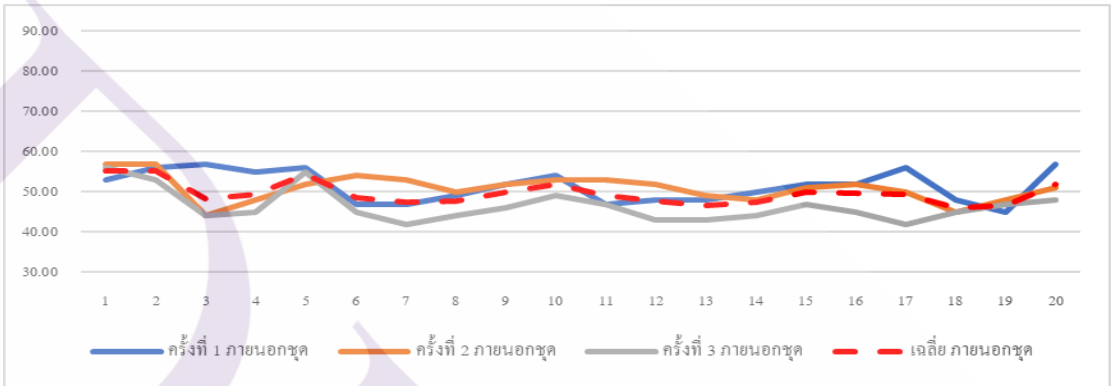
รูปแบบที่ 4 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก เมื่อฉีดน้ำออกไปแล้วน้ำนั้นจะกระจายไปภายในห้องทดลอง และทำหน้าที่ในการจับความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว จะทำให้ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวฉีดมีปริมาณมาก และสามารถลดความร้อนก็จะเข้ามาถึงตัวนักดับเพลิงได้อย่างดี เนื่องจากเป็นการปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาวจะมีเป็นการป้องกันไม่ให้ความร้อนจากเปลวไฟมาถึงตัวนักดับเพลิง ดังภาพที่ 4.19

ภาพที่ 4.19 อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงขณะฉีดน้ำดับเพลิงรูปแบบที่ 4

ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 57 °C และอุณหภูมิ

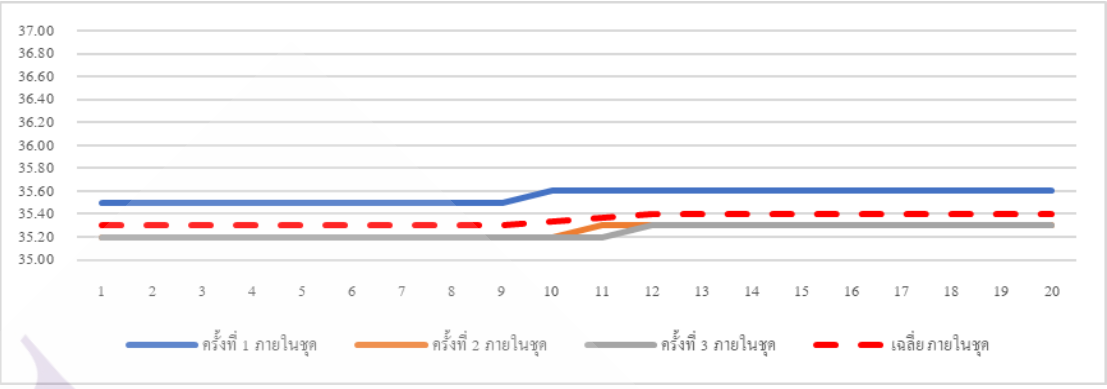
ภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 44 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 57 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 45 °C และการทดลองชุดที่ 3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 56 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 42 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 55.33 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 46 °C ตามภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงกับอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 4

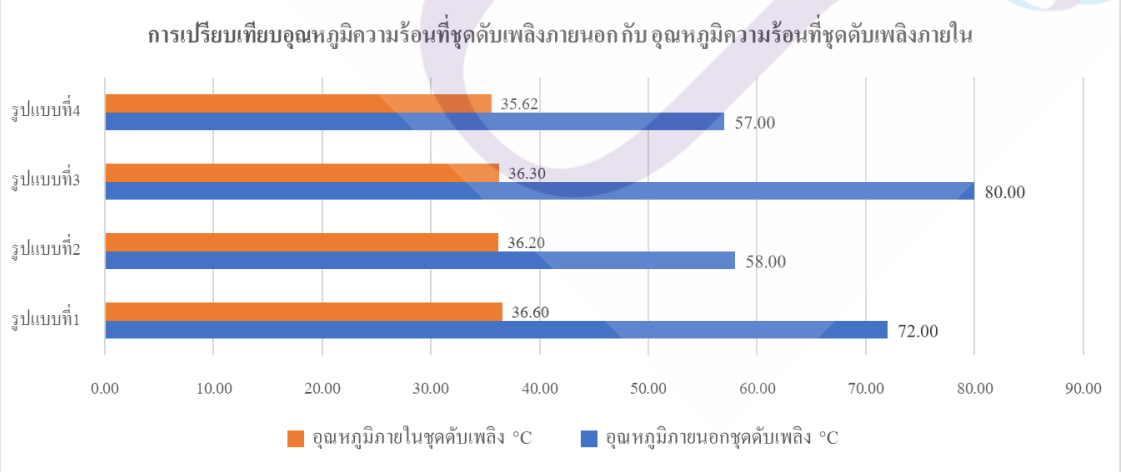
จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง พบว่าการทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.60 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.50 °C รองลงมาการทดลองชุดที่ 2 และ3 อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.30 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.20 °C โดยที่อุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงเฉลี่ยสูงสุดที่อุณหภูมิ 35.40 °C และอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงที่ต่ำสุดที่อุณหภูมิ 35.30 °C

เมื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิง กับ อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิง พบว่าอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขึ้นลงตามลักษณะการฉีดน้ำในแต่ละครั้ง แต่อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงของทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่าอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C ตามภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงรูปแบบที่ 4

จากการศึกษาอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงของการฉีดน้ำในรูปแบบต่างๆ พบว่าอุณหภูมิภายนอกชุดดับเพลิงสูงสุดจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้นลงตามลักษณะในการฉีดน้ำ แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นมา กระทบชุดดับเพลิงภายนอกที่มีความร้อนสูงสุดเป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 3 มีอุณหภูมิที่ 80 °C และรูปแบบที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกกระทบชุดดับเพลิงต่ำสุด เป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 มีอุณหภูมิที่ 57 °C ในส่วนของการศึกษาอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเมื่อได้รับความร้อน พบว่าอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้อุณหภูมิภายในห้องทดลองจะลดลงก็ตาม ซึ่งอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเมื่อได้รับความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดเป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 1 มีอุณหภูมิที่ 36.60 °C อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้นก่อนการใช้น้ำ 0.20 °C และอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 มีอุณหภูมิที่ 35.62 °C อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้นก่อนการใช้น้ำ 0.10 °C



ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบอุณหภูมิความร้อนที่ชุดดับเพลิงภายนอก กับ ชุดดับเพลิงภายใน

4.3 การอภิปรายผล

การดับไฟโดยการลดอุณหภูมิการลดอุณหภูมิจะสามารถลดหรือหยุดอัตราการเกิดของไอเชื้อเพลิงได้ และในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นของแข็งจะทำให้กระบวนการสลายตัวจะถูกยับยั้ง การลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงทำได้โดยการใช้น้ำ หรือสารดับเพลิงเข้าไปดูดซึมความร้อนจากเชื้อเพลิงในบริเวณที่มีการลุกไหม้จนกระทั่งอุณหภูมิของเชื้อเพลิงนั้นต่ำลงจนไม่สามารถทำให้เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่เพียงพอที่จะลุกไหม้อีกต่อไป

หลักการของการดับไฟด้วยน้ำการที่น้ำจะกลายเป็นไอได้นั้นต้องการพลังงานจำนวนมาก เมื่อฉีดน้ำไปที่เปลวไฟ น้ำจะดึงความร้อนจากไฟเพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของไฟลดลง เป็นการดับไฟโดยการลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงหรือเปลวไฟการเพิ่มประสิทธิภาพของการดับไฟด้วยน้ำ ทำได้โดยฉีดน้ำให้เป็นฝอยให้ละอองน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 มิลลิเมตร ละอองน้ำเหล่านี้จะเข้าไปปะปนกับชั้นของอากาศร้อน ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงการแผ่รังสีความร้อนลดน้อยลง ส่งผลให้การคายไอลดลงด้วย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยควบคุมแรงดันของน้ำอยู่ที่ระดับ 100 PSI และอัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ระดับ 33 GPM ซึ่งทำให้ปริมาณของน้ำที่ใช้ในการดับเพลิงสามารถคำนวณได้โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว และการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

อัตราการไหลของน้ำ= 33 GPM , แรงดันน้ำ = c100 PSI

1 นาที = 60 วินาที, 1 US แกลอน = 3.785 ลิตร

เปลี่ยนอัตราการไหล จาก 1 แกลอน ต่อ นาที เป็น 1 แกลอน ต่อ วินาที

อัตราการไหล = 33 ÷ 60

= 0.55 แกลอน ต่อ วินาที

ปรับหน่วย จากแกลอน เป็น ลิตร = 0.55 x 3.785

ดังนั้น น้ำที่ออกจากหัวฉีด = 2.081 ลิตร ต่อวินาที

การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว = 3 วินาที 1ครั้ง (1รอบ)

= 3 x 2.081

ดังนั้น การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว = 6.243 ลิตร ต่อวินาที

การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ = 0.5 วินาที 3 ครั้ง(1รอบ)

= (0.5x3) x 2.081

ดังนั้น การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ = 3.122 ลิตร ต่อวินาที

วิธีการดับเพลิงที่อาศัยกลไกในการลดอุณหภูมิที่เห็นได้ทั่วไป คือการใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบการฉีดน้ำแบบที่ 4 เป็นการฉีดน้ำที่มีลักษณะคลุมพื้นที่และสามารถควบคุมความร้อนบริเวณจุดเกิดเหตุและสามารถป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่นักดับเพลิงได้ แต่การใช้น้ำรูปแบบการฉีดน้ำแบบที่ 4 การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาวนั้นมีการใช้ปริมาณน้ำมากกว่าการฉีดน้ำแบบการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ มากถึง 50% ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะสร้างความเสียหายให้แก่พื้นที่เกิดเหตุและทรัพย์ได้อย่างมาก

ชุดดับเพลิงสามารถป้องกันความร้อนที่เกิดจากเพลิงไหม้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งชุดดับเพลิงนั้นมีด้วยกันหลายมาตรฐาน ได้แก่ NFPA 1971 และ EN 469 ชุดดับเพลิงจะต้องป้องกันความร้อนที่เข้ามากระทบนักเพลิงมาตรฐาน NFPA 1971 จะทดสอบการหดตัวจากความร้อนและเปลวไฟ ทดสอบที่อุณหภูมิ 260 °C เป็นเวลา 5 นาที เนื้อผ้าแต่ละชั้นต้องไม่ละลาย ไม่แยกออกจากกัน ไม่ลุกติดไหม้ ส่วนมาตราฐาน EN 469 จะทดสอบประสิทธิภาพความต้านทานความร้อนจากการสัมผัสเปลวไฟและการถ่ายเทความร้อน ทดสอบที่อุณหภูมิ 180 °C การส่งผ่านความร้อน (Heat Transfer) จากชั้นนอกสุดของชุดเข้าสู่ชั้นในสุดที่อยู่ติดกับผิวหนังผู้สวมใส่ถึงอุณหภูมิ 55 °C (ระดับการบาดเจ็บระดับที่ 2) เท่ากับหรือมากกว่า 4 วินาที จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิภายในห้องทดสอบ 600 °C ภายในเวลา 20 วินาที ชุดดับเพลิงชั้นนอกได้รับความร้อนสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 °C แต่อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงนั้นสูงสุดที่ 36.60 °C ซึ่งเป็นความร้อนที่ต่ำกว่าระดับการบาดเจ็บระดับที่ 1 จึงทำให้นักดับเพลิงที่ใส่ชุดดับเพลิงตามมาตรฐานมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน แต่ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและระยะเวลาในการสัมผัสความร้อนอีกด้วย

การวิจัยในครั้งนี่พบว่าชุดดับเพลิงภายนอกเมื่อได้รับความร้อนและมีการใช้น้ำดับเพลิง อุณหภูมิที่ชุดดับเพลิงภายนอกจะลดลง แต่กลับกันอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเมื่อมีการใช้น้ำดับเพลิงแล้ว น้ำเป็นสารดับไฟที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากน้ำมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับสารดับไฟชนิดอื่น นอกจากนั้นน้ำไม่มีพิษเมื่อถูกความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ และมีปริมาณมากทำให้สามารถดับไฟได้ดีขึ้น สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ น้ำ ดับไฟคุได้ดีกว่าสารดับไฟชนิดอื่น อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเมื่อได้รับความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดเป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 1 ทำให้อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้นก่อนการใช้น้ำ 0.20 °C และอุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงที่มีอุณหภูมิต่ำสุด เป็นการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้นก่อนการใช้น้ำ 0.10 °C

ความร้อนในชุดดับเพลิงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการดับเพลิงนั้นเมื่อกระทบกับความร้อนสูง น้ำจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ น้ำจะกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C และมีปริมาตรขยายเพิ่มประมาณ 1,700 เท่าของปริมาตรน้ำ ไอน้ำสามารถมีอุณหภูมิได้สูงมาก

(มากกว่า 100 °C) ซึ่งจะถูกเรียกว่า ไอน้ำซูเปอร์ฮีต (Superheated Steam) ซึ่งเมื่อฉีดน้ำฝอยลงไปยังพื้นผิวที่มีความร้อนสูงจะทำให้เกิดไอน้ำพุ่งขึ้นมาปะทะกับตัวนักดับเพลิง ไอน้ำดังกล่าวนี้จะทำให้ผิวหนังที่ไม่มีเครื่องป้องกันเกิดเป็นแผลถูกลวกด้วยความร้อนสูง และแม้จะสวมใส่เครื่องป้องกันแต่ไอน้ำมีความดันสูงสามารถทะลุเสื้อผ้าได้ อันตรายลักษณะนี้เรียกว่า “การถูกเผาไหม้ด้วยไอน้ำ” (Steam Burns)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคารต่อตัวนักดับเพลิง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อนักดับเพลิงในขณะใช้น้ำในการดับเพลิง และเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงรูปแบบต่าง ๆ

การวิจัยฉบับนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความร้อนที่มีผลต่อนักดับเพลิงในระหว่างการใช้น้ำในการดับเพลิงในอาคาร สามารถอธิบายผลการศึกษาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า รูปแบบการฉีดน้ำในแต่ละรูปแบบนั้นมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพในการดับเพลิงและผลกระทบที่นักดับเพลิงได้รับมีความแตกต่างกัน ดังนี้

การฉีดน้ำรูปแบบที่ 1 สามารถฉีดน้ำได้ในระยะไกล ใช้ปริมาณน้ำที่น้อย ทำให้การฉีดน้ำครั้งแรกอุณหภูมิภายในห้องทดลองลดลง 7.83 % และความร้อนภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C จึงเหมาะสำหรับการดับเพลิงที่ไม่สามารถเข้าใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ ใช้ในการดับไฟเฉพาะจุด ข้อเสียของรูปแบบนี้สามารถลดความร้อนได้น้อย และป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่นักดับเพลิงได้น้อยเช่นกัน

การฉีดน้ำรูปแบบที่ 2 สามารถฉีดน้ำได้ในระยะใกล้ เป็นการฉีดน้ำที่มีลักษณะคลุมพื้นที่และสามารถควบคุมความร้อนบริเวณจุดเกิดเหตุได้ดี ใช้ปริมาณน้ำที่น้อย ทำให้การฉีดน้ำครั้งแรกอุณหภูมิภายในห้องทดลองลดลง 9.66 % และความร้อนภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C จึงเหมาะสำหรับการดับเพลิงในอาคารที่ต้องเข้าใกล้จุดต้นเพลิง หรือฉีดเพื่อให้ความร้อนลดลงไม่ให้ลุกลามไปพื้นที่อื่น หรือใช้ทดสอบอุณหภูมิของไฟ ข้อเสียของรูปแบบนี้พนักงานดับเพลิงจะได้รับความร้อนเนื่องจากเข้าใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ และทำให้อุปกรณ์ในการดับเพลิงได้รับความเสียหาย

การฉีดน้ำรูปแบบที่ 3 สามารถฉีดน้ำได้ในระยะไกล ใช้น้ำปริมาณมาก ส่งผลให้การ

ลดความร้อนมีประสิทธิภาพที่ดี และความร้อนที่ส่งผลต่อตัวนักดับเพลิงลดลง ทำให้การฉีดน้ำครั้งแรกอุณหภูมิภายในห้องทดลองลดลง 9.83 % และความร้อนภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.20 °C จึงเหมาะสำหรับการดับเพลิงที่ไม่สามารถเข้าไปใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ ใช้ในการสกัดกั้นไฟป้องกันการลุกลามของเพลิงไหม้ห้องขนาดใหญ่ ข้อเสียของรูปแบบนี้ใช้น้ำจำนวนมากทำให้ทรัพย์สินได้รับความเสียหาย

การฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 สามารถฉีดน้ำได้ในระยะใกล้ เป็นการฉีดน้ำที่มีลักษณะคลุมพื้นที่และสามารถควบคุมความร้อนบริเวณจุดเกิดเหตุได้ดีที่สุด และสามารถป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่นักดับเพลิงได้ดีที่สุด ทำให้การฉีดน้ำครั้งแรกอุณหภูมิภายในห้องทดลองลดลง 11.16 % และความร้อนภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้น 0.10 °C จึงเหมาะสำหรับการดับเพลิงที่เข้าดับเพลิงในระยะใกล้และเพลิงไหม้มีการลุกลามจำนวนมาก สามารถลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ข้อเสียของรูปแบบนี้ใช้น้ำจำนวนมากทำให้ทรัพย์สินได้รับความเสียหาย

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่า รูปแบบการฉีดน้ำในแต่ละรูปแบบนั้นมีประโยชน์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวนักดับเพลิงที่จะพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม ซึ่งการฉีดน้ำรูปแบบที่ 4 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว เป็นรูปแบบการดับเพลิงที่สามารถลดความร้อนได้ดีที่สุด และความร้อนมากระทบชุดดับเพลิงน้อยที่สุดเช่นกัน

เมื่อพิจารณาเรื่องการใช้ปริมาณของน้ำในการดับเพลิงพบว่าการปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาวนั้นมีการใช้ปริมาณน้ำมากกว่าการฉีดน้ำแบบการปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ 50 % ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะสร้างความเสียหายให้แก่พื้นที่เกิดเหตุและทรัพย์สิน รวมไปถึงความร้อนจากไอน้ำที่มากระทบตัวนักดับเพลิง ในการดับเพลิงภายในอาคารจึงควรพิจารณาเรื่องการใช้น้ำให้น้อยที่สุด เพื่อลดผลกระทบต่างๆ และรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การฉีดน้ำรูปแบบที่ 2 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก –การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ ทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง 9.66 % ของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องทดลอง, อุณหภูมิภายนอกกระทบชุดดับเพลิงที่ 58 °C อุณหภูมิภายในชุดดับเพลิงเพิ่มขึ้นก่อนการใช้น้ำ 0.20 °C

5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยและงานวิจัยในอนาคต

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการภายในห้องทดลองที่อุณหภูมิ 600 °C ภายในเวลา 20 วินาทีต่อการทดลองหนึ่งรูปแบบ และจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้มีเพียงหนึ่งจุด เพื่อควบคุมตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ข้อมูล หากมีการเพิ่มอุณหภูมิความร้อนหรือระยะเวลาในการเข้าดับเพลิงที่นานขึ้น รวมไปถึงวัสดุของโครงสร้างอาคารและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการวิจัย ค่าความร้อนและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจะมีความเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นกัน

การศึกษาในอนาคตนั้นสามารถทำการศึกษาผลการทดลองเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ Computational Fluid Dynamics (CFD) เพื่อสามารถหาค่าความร้อนที่มีผลกระทบต่อพนักงานดับเพลิง ซึ่งสามารถเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการเข้าระงับเหตุได้โดยที่พนักงานดับเพลิงไม่ได้รับอันตรายและอุปกรณ์ดับเพลิงไม่ได้รับความเสียหาย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เอื้อนพร ภู่เพ็ชร์, บัณฑิต ประดับสุข, & Hillerstrom, Lars (2548). *ความรู้เรื่องไฟ*. สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธัญวัฒน์ โพธิศิริ.(2556). *การออกแบบโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย เรื่องพฤติกรรมเพลิงไหม้*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิจจา จิตรภิรมย์. (2557). *ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไฟในการควบคุมป้องกัน*. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 14(1), 1-17.

บรรจง นุชเนื่อง. (2015). *คุณสมบัติชุดดับเพลิงมาตรฐาน NFPA1971, มาตรฐานชุดดับเพลิงยุโรป EN 469. นิตสาร SAFETY LIFE*. (117), 35-41.

สกุลพร สงทะเล. (2561). *สมรรถภาพปอดและปัญหาระบบทางเดินหายใจของพนักงานดับเพลิงกรุงเทพมหานคร. วารสารพยาบาลสาธารณสุข*. 32(1), 45-58.

สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2561). *เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรพนักงานดับเพลิง*. สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย.

สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2561). *เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรพนักงานดับเพลิงขั้นก้าวหน้า*. สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย.

กันต์ธสิทธิ์ พิมพ์สะอาด และกีรติ ศรีประไหม. (2562). *วิชาชีพดับเพลิงและกู้ภัย*. วชิรเวชสารและวารสารเวชศาสตร์เขตเมือง. (63), 1-10.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.จำนวนและมูลค่าความเสียหายจากอัคคีภัย พ.ศ. 2532-2561. [ออนไลน์]. 2563. แหล่งที่มา http://social.nesdc.go.th/SocialStat/StatReport_FullScreen.aspx?reportid=3655&template=1R1C&yeartype=M&subcatid=48. [18 กุมภาพันธ์ 2563].

ภาษาต่างประเทศ

Grimwood, P. & Desmet, K. (2003). *TACTICAL FIREFIGHTING A COMPREHENSIVE GUIDE TO COMPARTMENT FIREFIGHTING & LIVE FIRE TRAINING (CFBT)*. Firetactics, Cemac.

Abdulaziz A. Alarifia,, Jim Daveb, Herodotos N. Phylaktoua, Omar A. Aljumaiaha,1, Gordon E. Andrewsa (2014*). Effects of Fire-Fighting on a Fully Developed Compartment Fire: Temperatures and Emissions.* Leeds : University of Leeds.

AlHaza Ta, Alsadoon Aa, Alhusinan Za, Jarwali Ma , Alsaif Kb. (2015). *New Concept for Indoor Fire Fighting Robot. Procedia - Social and Behavioral Sciences.* (195), 2343 – 2352. doi:10.1016/j.sbspro.2015.06.191

Rackauskaitea E , Kotsovinosb P , Reina G (2017) .*Structural response of a steel-frame building to horizontal and vertical travelling fires in multiple floors. Fire Safety Journal*. (91), 542-552. doi: 10.1016/j.firesaf.2017.04.018.

Bonnier J.(2017). *Studies on the application of gas cooling as used by firefighters*. Lund : Lund University.

Xin Yi, Changkui Lei , Jun Deng, Li Ma, Jing Fan, Yuanyuan Liu, Lei Bai and Chi-Min Shu. (2019). *Numerical Simulation of Fire Smoke Spread in a Super High-Rise Building for Different Fire Scenarios*. *Hindawi Advances in Civil Engineering*.(2019), 1-11. doi: 10.1155/2019/1659325.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการบันทึกอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง และอุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง

ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง รูปแบบที่ 1 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	564	565	553	561
2	596	547	577	573
3	566	342	545	484
4	392	488	478	453
5	489	555	540	528
6	575	559	536	557
7	575	562	531	556
8	580	431	500	504
9	526	474	433	478
10	526	574	549	550
11	557	491	519	522
12	532	500	494	509
13	527	502	443	491
14	420	526	289	412
15	420	539	433	464
16	530	491	583	535
17	557	508	492	519
18	535	498	462	498
19	405	560	449	471
20	499	552	506	519

ตารางที่ ก.2 อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง รูปแบบที่ 2 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	572	583	542	566
2	447	586	505	513
3	481	500	408	463
4	378	454	397	410
5	498	552	437	496
6	543	528	544	538
7	438	522	548	503
8	461	423	473	452
9	436	485	360	427
10	526	555	444	508
11	554	564	467	528
12	441	570	551	521
13	408	450	456	438
14	413	454	280	382
15	547	540	417	501
16	553	544	455	517
17	228	556	347	377
18	418	289	396	368
19	445	418	293	385
20	536	475	418	476

ตารางที่ ก.3 อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง รูปแบบที่ 3 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	541	541	544	542
2	498	530	544	524
3	347	205	230	261
4	483	486	509	493
5	540	503	485	509
6	507	586	481	525
7	404	475	449	443
8	351	200	254	268
9	364	479	443	429
10	399	504	438	447
11	388	488	545	474
12	319	478	383	393
13	312	295	254	287
14	372	455	401	409
15	474	474	432	460
16	551	449	408	469
17	364	459	451	425
18	288	138	219	215
19	289	482	450	407
20	400	445	516	454

ตารางที่ ก.4 อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เกิดจากการใช้น้ำของนักดับเพลิง รูปแบบที่ 4 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	565	555	533	551
2	455	541	589	528
3	140	72	126	113
4	405	413	491	436
5	533	530	528	530
6	440	506	480	475
7	423	464	274	387
8	88	74	125	96
9	491	418	402	437
10	578	455	411	481
11	441	471	426	446
12	469	396	238	368
13	147	70	205	141
14	452	429	325	402
15	455	489	335	426
16	470	502	323	432
17	441	303	179	308
18	72	85	140	99
19	375	415	429	406
20	439	454	468	454

ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง รูปแบบที่1 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่ เป็นลำตรง - การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด
1	63.00	35.50	64.00	36.40	65.00	35.90
2	60.00	35.50	58.00	36.40	59.00	35.90
3	45.00	35.50	59.00	36.40	42.00	35.90
4	59.00	35.50	62.00	36.40	69.00	35.90
5	63.00	35.50	66.00	36.40	71.00	35.90
6	63.00	35.50	69.00	36.40	71.00	36.00
7	52.00	35.50	54.00	36.40	62.00	36.00
8	43.00	35.50	60.00	36.40	51.00	36.00
9	59.00	35.50	62.00	36.50	51.00	36.00
10	66.00	35.50	61.00	36.50	58.00	36.00
11	65.00	35.50	62.00	36.50	58.00	36.00
12	59.00	35.60	58.00	36.50	68.00	36.00
13	53.00	35.60	55.00	36.50	50.00	36.00
14	58.00	35.60	52.00	36.50	45.00	36.00
15	64.00	35.60	56.00	36.50	62.00	36.10
16	66.00	35.60	53.00	36.50	51.00	36.10
17	59.00	35.60	57.00	36.50	58.00	36.10
18	51.00	35.60	53.00	36.50	54.00	36.10
19	65.00	35.60	63.00	36.60	65.00	36.10
20	65.00	35.70	72.00	36.60	68.00	36.10

ตารางที่ ก.6 อุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง รูปแบบที่ 2 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงสั้นๆ

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด
1	56.00	35.70	57.00	36.00	52.00	35.40
2	47.00	35.70	56.00	36.00	47.00	35.50
3	44.00	35.70	49.00	36.10	43.00	35.50
4	54.00	35.80	53.00	36.10	55.00	35.50
5	57.00	35.80	54.00	36.10	51.00	35.50
6	56.00	35.80	54.00	36.10	45.00	35.50
7	49.00	35.80	54.00	36.10	47.00	35.50
8	46.00	35.80	43.00	36.10	43.00	35.50
9	58.00	35.80	52.00	36.10	52.00	35.50
10	56.00	35.80	53.00	36.10	50.00	35.50
11	56.00	35.80	52.00	36.10	48.00	35.50
12	48.00	35.80	54.00	36.10	50.00	35.60
13	43.00	35.80	46.00	36.10	43.00	35.60
14	52.00	35.80	51.00	36.10	52.00	35.60
15	50.00	35.90	50.00	36.10	52.00	35.60
16	57.00	35.90	50.00	36.10	51.00	35.60
17	56.00	35.90	48.00	36.10	51.00	35.60
18	46.00	35.90	43.00	36.10	45.00	35.60
19	55.00	35.90	51.00	36.10	53.00	35.60
20	58.00	35.90	50.00	36.20	54.00	35.60

ตารางที่ ก.7 อุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง รูปแบบที่ 3 การฉีดฝอยน้ำขนาดใหญ่เป็นลำตรง – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด
1	69.00	35.90	63.00	36.10	64.00	35.30
2	60.00	35.90	60.00	36.10	58.00	35.30
3	55.00	35.90	45.00	36.10	59.00	35.30
4	78.00	36.00	59.00	36.20	62.00	35.30
5	78.00	36.00	63.00	36.20	66.00	35.40
6	80.00	36.00	63.00	36.20	69.00	35.40
7	56.00	36.00	52.00	36.20	54.00	35.40
8	50.00	36.00	43.00	36.20	60.00	35.40
9	62.00	36.00	59.00	36.20	62.00	35.40
10	78.00	36.00	66.00	36.20	61.00	35.40
11	78.00	36.00	65.00	36.20	62.00	35.40
12	53.00	36.00	59.00	36.20	58.00	35.40
13	50.00	36.00	53.00	36.20	55.00	35.40
14	76.00	36.00	58.00	36.20	52.00	35.40
15	75.00	36.00	64.00	36.20	56.00	35.40
16	75.00	36.00	66.00	36.30	53.00	35.40
17	77.00	36.00	59.00	36.30	57.00	35.40
18	69.00	36.10	51.00	36.30	53.00	35.50
19	71.00	36.10	65.00	36.30	63.00	35.50
20	68.00	36.10	65.00	36.30	72.00	35.50

ตารางที่ ก.8 อุณหภูมิภายในห้องที่ส่งผลกระทบผลต่อนักดับเพลิง รูปแบบที่ 4 การฉีดฝอยน้ำขนาดเล็ก – การปรับหัวฉีดเป็นช่วงยาว

การทดลอง / เวลา (วินาที)	ค่าความร้อน (องศาเซลเซียล)					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด	ภายนอกชุด	ภายในชุด
1	53.00	35.50	57.00	35.20	56.00	35.20
2	56.00	35.50	57.00	35.20	53.00	35.20
3	57.00	35.50	44.00	35.20	44.00	35.20
4	55.00	35.50	48.00	35.20	45.00	35.20
5	56.00	35.50	52.00	35.20	55.00	35.20
6	47.00	35.50	54.00	35.20	45.00	35.20
7	47.00	35.50	53.00	35.20	42.00	35.20
8	49.00	35.50	50.00	35.20	44.00	35.20
9	52.00	35.50	52.00	35.20	46.00	35.20
10	54.00	35.60	53.00	35.20	49.00	35.20
11	47.00	35.60	53.00	35.30	47.00	35.20
12	48.00	35.60	52.00	35.30	43.00	35.30
13	48.00	35.60	49.00	35.30	43.00	35.30
14	50.00	35.60	48.00	35.30	44.00	35.30
15	52.00	35.60	51.00	35.30	47.00	35.30
16	52.00	35.60	52.00	35.30	45.00	35.30
17	56.00	35.60	50.00	35.30	42.00	35.30
18	48.00	35.60	45.00	35.30	45.00	35.30
19	45.00	35.60	48.00	35.30	47.00	35.30
20	57.00	35.60	51.00	35.30	48.00	35.30

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จรูญ สีสายชล
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 ศิลปศาสตร์บัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 (รัฐประศาสนศาตร์) มหาวิทยาลัยวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พ.ศ. 2553 สาธารณสุขศาสตร์บัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยากรด้านความปลอดภัย บริษัท เทรนเนอร์ อิน ไทย จำกัด
ผลงานทางวิชาการ	จรูญ สีสายชล, และอำนาจ ผดุงศิลป์. (2020). การศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำในการดับเพลิงภายในอาคาร. เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมระดับชาติมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2563. วันที่ 1 พฤษภาคม 2563.