

Regardons d'un peu plus près les feux sous-ventilés

La recherche sur les feux sous-ventilés « ne cesse d'augmenter ». C'est parce que le service d'incendie est de plus en plus confronté à ce type de feu sur intervention. Cette recherche nous enseigne beaucoup de choses sur le comportement du feu sur de tels incendies. Dans cet article, nous allons voir de plus près le comportement du feu des incendies sous-ventilés.

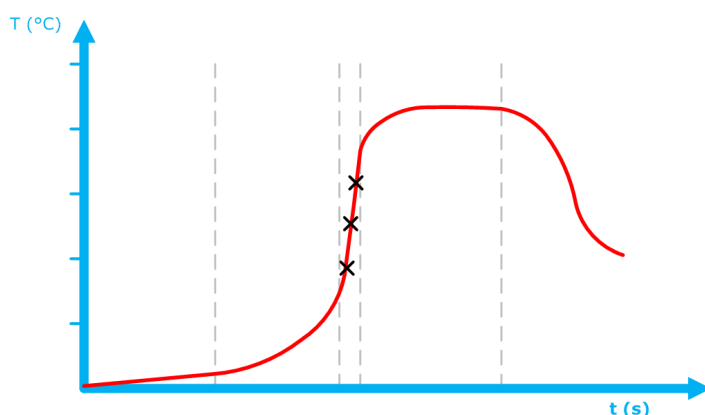
1 Quelle est la différence entre un feu ventilé et un feu sous ventilé ?

Lorsqu'un incendie se déclare dans un bâtiment ayant une charge calorifique normale, à un instant donné le feu sera contrôlé par la ventilation. Cela signifie que l'intensité du feu est déterminée par la quantité d'air frais qui est capable de pénétrer dans le volume en feu.

1.1 Développement d'un feu ventilé

Lorsqu'une grande fenêtre est ouverte, beaucoup d'air peut entrer dans le volume en feu dès le début de l'incendie, lui permettant ainsi de se développer correctement. Un feu de bâtiment qui peut se développer librement va progresser vers un flashover. Flashover signifie que le feu est en train de passer de la phase de croissance à la phase d'un feu pleinement développé. Tout le combustible dans la pièce va commencer à brûler. Cela signifie que l'apport d'air frais doit considérablement augmenter. Les ouvertures (portes et fenêtres) ne sont plus en mesure de fournir suffisamment d'air frais pour le feu. Le feu est devenu contrôlé par la ventilation. Le moment où un feu passe de contrôlé par le combustible à contrôlé par la ventilation est appelé le point FC/VC (Fuel control / Ventilation control).

Un feu qui est devenu contrôlé par la ventilation pendant le flashover est appelé un feu ventilé. Finalement suffisamment d'air doit être disponible depuis le début pour permettre au feu de progresser jusqu'au flashover.



L'image 1 montre le graphique d'un feu ventilé. Actuellement, nous ne savons pas exactement où le point FC/VC se situe dans ce type de développement du feu. Il est quelque part au court de la phase de flashover, mais personne ne sait avec certitude où précisément. Certains experts affirment que le point FC/VC peut même être situé plus tôt, un peu avant le début du flashover. Ils comparent la croissance du feu à un navire en mer. Lorsque vous arrêtez le moteur, il continuera à avancer

Image 1 Les emplacements possibles du point FC/VC lors d'un feu ventilé. (Graphique : Barth Noyens)

un petit moment. Pour cela, ils affirment que suffisamment d'énergie doit être libérée dans une pièce, vers la fin de la phase de croissance pour permettre l'embrasement. Chaque « x » marque un emplacement possible du point FC/VC. Pour les feux ventilés, peu importe où se situe exactement le point FC/VC. Il est important que les pompiers puissent distinguer un feu en développement par rapport à un feu pleinement développé car ces incendies nécessitent des tactiques différentes.

En dehors de cela, il est extrêmement important que les pompiers puissent reconnaître les signes d'un flashover imminent :

- Une chaleur intense, provenant de la couche de fumée au-dessus
- Des anges danseurs dans la couche de fumée, le début d'un roll-over
- Une couche de fumées qui descend rapidement où qui est déjà très basse
- La couche de fumées qui devient turbulente (mouvements tourbillonnants)
- La pyrolyse soudaine des objets inflammables dans la pièce.

1.2 Développement d'un feu sous-ventilé

Pour les feux sous-ventilés, l'emplacement du point FC/VC est extrêmement important. Lors d'un feu sous-ventilé, ce point est situé avant le flashover. Ce type d'incendie n'a pas assez d'air pour progresser vers un flashover. Le feu veut suivre le graphique d'un feu ventilé, mais puisqu'il n'a pas assez d'air, il est contraint à un taux de dégagement de chaleur (HRR : Heat release rate) inférieur. On peut comparer cela à une autoroute qui est en cours de travaux. En règle générale, la limite de vitesse est réduite à 70km/h. Dès que les conducteurs voient ce panneau, ils vont ralentir de 120km/h à 70km/h. Ils veulent aller plus vite, mais le panneau limite leur vitesse, tout comme le feu qui veut produire plus d'énergie mais qui ne peut pas. Il veut progresser vers un taux de dégagement de chaleur plus élevé, mais le manque d'air rend cela impossible.



Image 2 la limite de 70km/h des routes en travaux est une bonne analogie à un feu sous-ventilé. Le feu veut brûler plus fort, mais ne peut pas en raison du manque d'air.

La taille du compartiment et la ventilation présente dans le compartiment, va déterminer quand le feu va passer d'un incendie contrôlé par le combustible à un incendie contrôlé par la ventilation. L'image 3 montre un feu ventilé et plusieurs feux sous-ventilés. La différence entre ces incendies est que l'un devient contrôlé par la ventilation juste un peu plus tard que le précédent. Le feu « vert » devient contrôlé par la ventilation en premier, alors que le feu « jaune » représente une situation où il y a un peu plus d'air disponible. Ce feu restera contrôlé par le combustible environs 1 minute plus longtemps avant de devenir contrôlé par la ventilation. Encore une fois, le « x » représente le point FC/VC pour chaque feu. Maintenant, quel feu semble le plus dangereux?

La réponse évidente est le feu illustré par la ligne jaune. Ce feu est le dernier à devenir contrôlé par la ventilation. Cela signifie que la température à l'intérieur de la chambre est la plus haute entre les deux feux au moment où le point FC/VC survient.

Si la température dans le compartiment est très faible, alors faible est le risque pour le service incendie. Supposons un instant que la température de la ligne verte ne dépasse pas 200°C, alors il n’y aura pas beaucoup de gaz de pyrolyse. Il ne fait pas assez chaud pour que les objets soumis à cette chaleur atteignent le seuil à laquelle la pyrolyse se produit. La température à laquelle un objet commence à pyrolyser, est très dépendante du type de matériaux dont il est composé. Une bonne règle de base est que lorsqu’il fait plus de 300°C, il y a beaucoup de gaz de pyrolyse. Les objets à proximité du foyer, auront chauffés rapidement. En raison du rayonnement provenant des flammes.

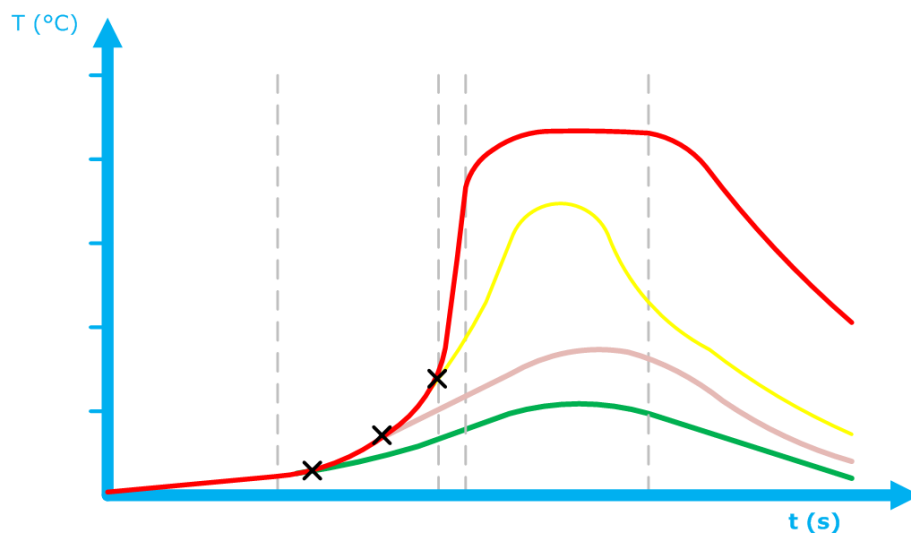


Image 3 La ligne rouge illustre la progression du feu ventilé. Les trois autres lignes, représentent trois feux sous ventilés différents. La ligne verte représente un incendie dans un bâtiment étanche, fortement isolé à l’air. A cause de cela, le feu devient contrôlé par la ventilation dès le début. La ligne rose est un feu qui a un peu plus d’air disponible. La ligne jaune est un feu qui est limité par la ventilation juste avant le flashover. (Graphique : Bart Noyens)

Seulement lorsque la température atteint un niveau assez élevé dans la pièce et qu’une couche de fumées est formée, les objets plus loin dans la pièce vont commencer à pyrolyser. Le rayonnement proviendra à ce moment-là en grande partie de la couche de fumées. Les objets entourés par les fumées vont aussi commencer à chauffer par convection.

L’emplacement du point FC/VC sur la courbe de développement du feu est donc très importante. Plus la température a augmenté au moment où le feu devient contrôlé par la ventilation, plus le feu devient dangereux.

Le danger produit par un incendie varie également en fonction du temps passé. Lors de tous les incendies, une certaine puissance est générée. Nommé le Heat Release Rate (HRR) (taux de dégagement de chaleur). Cela signifie que chaque seconde, une certaine quantité d’énergie (mesurée en Joules) est produite. Cependant, l’énergie est également perdue. Dans un compartiment fermé, l’énergie est généralement perdue en raison de la conduction à travers les murs. Cela signifie essentiellement qu’une certaine quantité d’énergie par seconde quitte le compartiment. Le feu génère de la puissance, et en même temps, la puissance est perdue à travers les murs. Lors d’un feu contrôlé par le

combustible, le taux de dégagement de chaleur (HRR) généré par le feu va augmenter. Ce HRR va devenir supérieur au HRR de sortie à travers les parois.

Lorsque – mesurée par seconde – il y a plus d'énergie produite que celle qui est perdue, la température va augmenter. Peu de temps après le point FC/VC, la température continuera d'augmenter pendant quelques temps. Le HRR du feu va stagner ou même baisser. Mais il faudra quelques secondes avant que le HRR perdu à travers les murs, dépasse le HRR généré par le feu. Dès qu'il y a plus d'énergie perdue que produite, la température commence à baisser. Encore une fois, l'analogie avec le navire peut aider à illustrer les sujets. La puissance des moteurs des bateaux peut avoir été limitée, mais néanmoins le navire continuera à avancer pendant un certain temps. Le HRR du feu est limité, mais la température va continuer à augmenter parce que – en dépit de la puissance limitée – plus de chaleur est produite qu'il n'en disparaît.

La vitesse à laquelle l'énergie est perdue dépendra de la température de la pièce, la température extérieure et la température de la paroi. En dehors de cela, certaines caractéristiques des matériaux de construction (conductivité thermique, densité et capacité thermique spécifique) jouent également un rôle important. L'épaisseur des différentes couches de la paroi (par exemple plaques de plâtre, brique, isolation) est importante.

Une question importante à se poser est : « Quand le service incendie crée une ouverture ? » Dès que les pompiers ouvrent une porte, l'air frais se précipite et les fumées sortent. Cet air frais, peut causer une augmentation du HRR. Plus l'entrée d'air frais est rapide, plus le feu est dangereux.

Quand nous regardons l'image 3 une seconde fois, on voit que le timing est extrêmement important sur intervention. Lorsque les pompiers ouvrent la porte, au moment où la ligne jaune atteint son apogée, le risque sera beaucoup plus grand que s'il arrivait au pic de la ligne rose. Cependant, il est également clair que nous voyons que la température baisse assez rapidement. Supposons qu'il n'y ait aucune alerte ou aucun appel pour feu, et que les équipes de pompiers ouvrent la porte une heure ou plus après que le point FV/VC soit passé. Dans ce cas, le feu sera peut-être éteint de lui-même. Typiquement, la température intérieure ne sera pas très élevée et la vitesse du flux d'air sera limitée. A ce moment, il devient clair que la ligne rose à son apogée est une situation plus dangereuse que la jaune qui a perdu toute sa chaleur.

Pour évaluer le risque, il faut tenir compte de deux choses :

- Quand le feu est devenu contrôlé par la ventilation ? (Comment était la chaleur à ce moment-là ?)
- Comment est encore la chaleur dans le compartiment lorsque les pompiers ouvrent la porte?

2 Pression

Lors d'un feu sous-ventilé, différentes courbes de pressions peuvent se produire dans un compartiment. Un incendie provoque une élévation de température. La fumée est beaucoup plus chaude que la température de l'environnement. Tout ce qui est chauffé va

se dilater. Si le feu se produit dans une pièce dont la porte a été laissée ouverte, les fumées vont s'écouler vers l'extérieur. Cela compensera en partie l'augmentation de la température. En raison de la présence d'une grande ouverture (environ 2m² dans le cas d'une porte), le feu ne pourra faire monter la pression.

Si les portes et les fenêtres demeurent fermées, l'installation d'un scénario différent apparait. La pièce se remplira progressivement de fumées. La température de la pièce augmentera. Cela entraînera également une hausse de pression à l'intérieur du compartiment. Tant que le feu a assez d'air, le HRR augmentera. La température de la pièce augmentera en conséquence. L'oxygène à l'intérieur de la pièce va commencer à manquer. A un certain moment, le feu atteindra le point FC/VC comme décrit ci-dessus. La production de chaleur va diminuer et l'énergie perdue par les murs restera plus ou moins la même. La température atteindra un pic puis les pertes d'énergie élevées entraîneront une baisse rapide de la température.

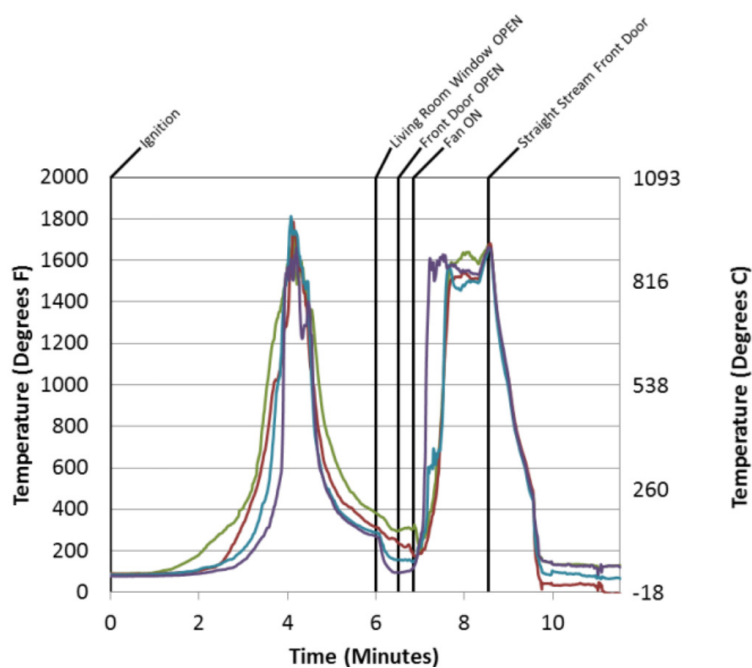


Image 4 Graphique de températures d'un des tests UL. Les températures. Indiquées sont celles mesurées à l'intérieur d'un salon où se trouvait le siège de l'incendie. Les différentes couleurs indiquent les différentes hauteurs de mesure : Vert : 2.1m ; Rouge : 1.5m ; Bleu : 0.9m ; Violet : 0,3m. Il est clair que la température monte d'abord puis descend à nouveau. (© Image: UL FSRI)

En Janvier 2015, j'assistais à une nouvelle série de tests de sécurité à l'institut de recherche des pompiers de Underwriters Laboratories (UL FSRI) à Chicago. Depuis quelques années, UL a fait des recherches de haute qualité en lutte contre les incendies. Chaque année, ils construisent deux maisons dans un grand centre d'essais. Ensuite, ces maisons sont enflammées à plusieurs reprises. L'objectif de la recherche est d'étudier de nouvelles tactiques de lutte contre l'incendie dans des conditions sûres et reproductibles.

Le but de la recherche de Janvier était d'évaluer l'efficacité de l'attaque par pression positive (Positive Pressure Attack : PPA). Cela signifie qu'on utilise de la

ventilation à pression positive avant l'extinction.

L'image 4 illustre ce qui a été décrit ci-dessus. Le feu provoque une élévation de la température. Puisque l'oxygène est en train de manquer dans la pièce, le feu passe au point FC/VC. Ensuite, il y a une baisse massive de la température. Après l'éclosion, il y a une phase de naissance. Une couche de fumées chaude observée après environ 1min30: La ligne verte indique des températures à 2,1 m au-dessus du niveau du sol. Après environ 2min30, la température à 1,5 m au-dessus du niveau du sol commence à monter. Cela signifie que la couche de fumée progresse en dessous de 1,5 m. Peu de

temps après, les températures montent en flèche d'environ 200 ° C (400 ° F) à 982 ° C (1800 ° F) au bout de quatre minutes après le début de l'essai. Une minute plus tard cependant, la température retombe de nouveau à 200 ° C (400 ° F). La vitesse à laquelle la température baisse, est influencée par la quantité d'isolant et des caractéristiques des matériaux utilisés.

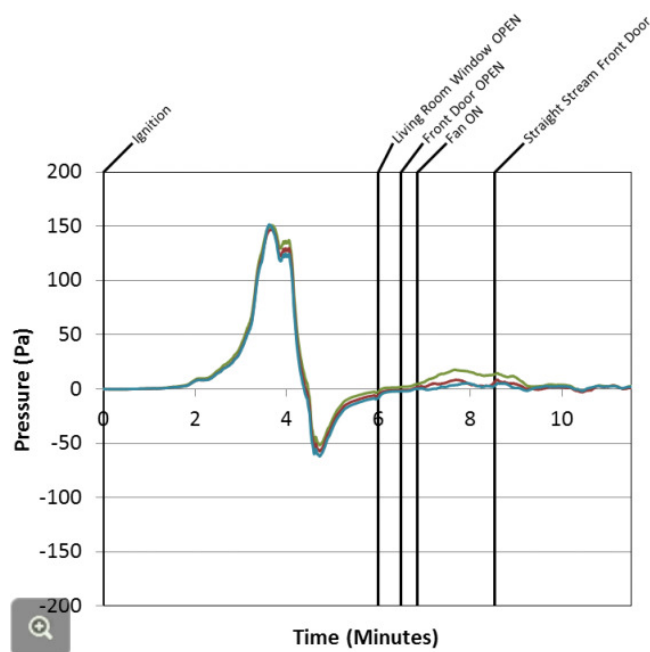


Figure 1 L'évolution de la pression pendant l'essai. Il est clair que l'augmentation de la pression suit l'augmentation de la température. Dès que le pic de la température est passé, la pression commence à diminuer. (© Grafique: UL FSRI)

Pendant les quatre premières minutes de l'incendie, la pression dans la chambre augmentera. La figure 5 illustre l'importance de la montée en pression. La surpression dans le compartiment atteint 150 Pa (1,5mb). Ceci est à peu près égal à une force de 15 kg/m² de surface. S'il y a une porte dans la chambre avec une surface de 2 m², la fumée chaude va exercer une force de 30 kg sur le panneau de porte. Il y a eu des cas documentés à l'étranger où les résidents ne sont pas en mesure de fuir leurs maisons en raison de la haute pression dans la chambre les empêchant d'ouvrir la porte.

La surpression va provoquer une sortie des fumées par tous les interstices. A cause de cette sortie de fumées, l'augmentation de pression reste limitée.

Dès que le feu atteint sa température maximale, la dilatation des fumées est stoppée. Les fumées ne seront pas plus chauffées. Lorsque la température de la pièce diminue, les fumées refroidiront aussi. Mais tant qu'il y aura de la surpression à l'intérieur du compartiment, les fumées vont continuer à être poussées en dehors. Cela entraînera une diminution progressive de la surpression, un peu comme un pneu de vélo qui se dégonfle lentement.

Les gaz qui ont été chauffés, se dilatent. Les gaz qui sont refroidis, se contractent. Lors de la contraction des gaz, la surpression diminue d'autant plus. Au final, elles ont un moins grand volume quand elles sont refroidies. Etant donné qu'une partie des fumées a été poussée en dehors, les gaz froids restants ne rempliront plus toute la pièce. Le refroidissement de la pièce provoque une dépression. L'expérience a mesuré une dépression de 50 Pa. Ensuite, l'air frais est aspiré à travers les mêmes interstices jusqu'à ce que la pression intérieure corresponde à celle de l'extérieur.

Si nous devons superposer l'image 4 et l'image 5, nous pourrions facilement voir que les deux phénomènes sont liés l'un à l'autre. La pression augmente alors que la température augmente. Des vidéos de l'expérience montrent les fumées s'échappant à travers tous les interstices. Une fois le point FC/VC atteint, la pression commence à baisser aussi. La

vidéo montre un arrêt soudain de la sortie des fumées. Le courant d'air frais entrant n'est pas visible à l'œil nu.

Enfin, il est important de noter que les graphiques ci-dessus illustrent un seul test. D'autres tests ont donné lieu à d'autres courbes de pression. La variation de la pression et la température dépendent de nombreux paramètres. Certains graphiques peuvent se montrer totalement différents de ceux décrits ci-dessus.

3 L'arrivée des pompiers

Maintenant, nous devons nous demander: «Comment peut-on utiliser les connaissances ci-dessus sur intervention ? ».



Image 6 Les fumées sortent par une fenêtre. En regardant la couleur, la vitesse de sortie, ... on peut déterminer la gravité de la situation. (© Photo: Warren St- Germain)

À l'arrivée sur intervention, tout le monde doit essayer d'avoir une idée de ce qui se passe à l'intérieur du bâtiment en feu. Surtout les sous-officiers et les officiers doivent se faire une image correcte de la situation. En regardant les ouvrants, leur taille et leur emplacement, les pompiers peuvent essayer de déterminer si ils sont face à un feu ventilé ou un feu sous ventilé. Quand une porte est ouverte et que les fumées en sortent, il est probable que le feu soit ventilé.

La situation est néanmoins différente lorsque les pompiers arrivent sur un bâtiment complètement fermé. Lorsque toutes les fenêtres et les portes sont fermées, la ventilation est insuffisante pour que le feu se développe pleinement. Bien sûr, cela doit être pris en compte correctement. Dans une maison

moderne, les volumes des pièces sont petits et le feu sera probablement incapable de briser une fenêtre ou forcer une ouverture à travers les murs extérieurs du bâtiment. Les équipes de pompiers peuvent supposer que le profil de ventilation restera inchangé jusqu'à ce qu'ils pénètrent. Dans un hangar d'usine avec un grand volume, cependant, il est possible que le feu se développe de manière significative avant d'être contrôlé par la ventilation. En fin de compte, une très grande quantité d'air est disponible dans un tel grand hangar. A part cela, il est possible qu'un élément de construction en plastique dans la paroi (par exemple une porte) ou sur le toit (par exemple une tôle ondulée transparente) fonde. Cela va créer une ouverture par laquelle la ventilation se produira.

Il est cependant possible, en tenant compte de la taille du bâtiment, d'évaluer si un incendie est ventilé ou sous ventilé en regardant les ouvertures sur les murs et les toits.

3.1 Le feu sous-ventilé peu après le point FC/VC

Lorsqu'il n'y a pas d'ouvertures présentes, il faut également regarder les fumées sortir. Dans la section ci-dessus, nous avons expliqué que la pression augmente dans un compartiment en feu. La surpression va provoquer une sortie des fumées à travers les interstices et les brèches. Plus la pression est élevée, plus les fumées sortiront et plus vite elles iront.



Image 7 Lors d'un feu sous-ventilé, la température à l'intérieur va rapidement augmenter. La surpression à l'intérieur va pousser les fumées à l'extérieur (© Photo: Zbigniew Wozniak)

Lorsque les fumées sont poussées vers l'extérieur, c'est alors évidemment qu'il y a une grande surpression à l'intérieur du compartiment. Cela signifie également qu'une température élevée a été atteinte à l'intérieur. Si, à ce moment-là, une porte est ouverte pour entrer, un courant violent va être créé. Les fumées vont être expulsées violemment et de l'air sera aspiré. Typiquement un tunnel d'air est formé. Une grande partie de la porte est utilisée pour évacuer les fumées, tandis qu'un tunnel d'air apparaît en bas. Cette situation ne va cependant pas durer. En

raison de la grande ouverture, la surpression diminue. L'air va continuer à entrer et les fumées vont continuer à sortir. Mais cette situation va évoluer rapidement. Un flashover induit par la ventilation va très probablement survenir. Dans de rares cas, un backdraft peut même se produire.

La situation ci-dessus est clairement reconnaissable sur intervention. Les pompiers peuvent comprendre ce qui se passe si ils ont été formés sur le développement du feu sous-ventilé et sur l'accumulation de chaleur et de pression. Ce qui se passe quand la porte est ouverte, peut être illustrée à nouveau en utilisant l'analogie de la «route en construction ». Avant les travaux de construction, les conducteurs ont dû ralentir à 70 km/h. Cependant, la plupart des conducteurs sont pressés et veulent revenir à 120 km/h aussi rapidement que possible. Dès qu'ils quittent la zone de travaux, ils passent devant un panneau indiquant



Image 8 A la fin de la zone de travaux, la limitation de vitesse est retirée. Un incendie a un taux de dégagement de chaleur (Heat Release Rate : HRR) limité par le manque d'air. Dès qu'une porte est ouverte, cette restriction est levée si bien que le feu va progresser vers un flashover induit par la ventilation.

que la limite de vitesse abaissée ne s'applique plus. Tous les conducteurs pourront accélérer jusqu'à ce qu'ils soient à nouveau à 120 km/h. Un incendie, comme celui décrit

ci-dessus, va progresser rapidement une fois qu'il obtient l'air dont il a besoin. Le feu va «accélérer» vers la HRR maximale qu'il peut atteindre avec la quantité d'air actuellement autorisée par l'ouverture de la porte.

3.2 Feu sous-ventilé en dépression

La section ci-dessus explique comment un feu sous-ventilé va s'éteindre seul. La température et la pression vont diminuer à l'intérieur. La sortie des fumées va s'arrêter. Le plus souvent, les fumées vont laisser quelques traces. Des traces de suie peuvent être visibles autour des fenêtres et des portes. Ces tâches de suie peuvent être le seul signe visible qu'un feu a été où qu'il brûle encore à l'intérieur. Il n'est pas très facile de savoir de l'extérieur si un feu est en phase de dépression ou si elle il a complètement disparu.

Si les pompiers arrivent sur les lieux dans la nuit, ce genre de signes sera facilement manqué. Néanmoins, il n'y a pas de fumée visible. Par conséquent, il est extrêmement important de ne pas tirer des conclusions du fait qu'il n'y ai rien à voir. Ed Hartin des États-Unis utilise l'expression suivante: «Ne rien voir signifie exactement cela: rien" Dans les cas où il n'y a rien à voir de l'extérieur lorsque les pompiers arrivent, il n'y a rien qui se passe la plupart du temps. Cependant, cela peut conduire à la routine et à la complaisance. Nous serons certains si oui ou non quelque chose se passe, seulement quand une porte sera ouverte.

Lorsque le feu est en dépression, l'ouverture d'une porte va provoquer une entrée rapide et turbulente d'air sans sortie de fumée en même temps. Ce flux peut être si puissant qu'il peut être impossible de refermer la porte. Un tel flux indique qu'un feu intense a brûlé à l'intérieur. Les images 4 et 5 montrent une température intérieure d'environ 200°C tandis que la pression en simultanée est de 50 Pa. Si les équipes de pompiers devaient ouvrir une porte dans de telles conditions, un flashover induit par la ventilation se produira rapidement (entre 2 et 4 minutes).

Scénario familier pour les pompiers et peut être facilement expliqué avec la compréhension des relations qui s'unissent entre le développement du feu, les ouvertures du compartiment, la température et la pression. Il est important pour les (sous-)officiers de reconnaître ces signes afin qu'ils comprennent ce qui se passe. De cette manière, ils peuvent ajuster leur tactique en conséquence et lutter efficacement et en sécurité contre le feu.

3.3 Feu sous-ventilé longtemps après le point FC/VC

Il y a aussi la troisième possibilité de l'incendie s'étend étouffé de lui-même depuis longtemps. L'image 3 montre trois feux sous-ventilés différents. La ligne jaune illustre un feu correspondant au graphique de l'image 4. La température augmente de manière significative avant que le manque d'oxygène ne se produise. Il est clairement montré que la température diminue aussi rapidement par la suite. Dans les maisons modernes, il est très peu probable qu'une fenêtre se brise. Le volume restera donc fermé. Après un certain temps, le feu s'éteindra en raison du manque d'oxygène. Les fumées chaudes vont transférer leur énergie sur les murs de la même manière que l'air chaud le fait. Après un certain temps, la température diminuera jusqu'à retomber à la température présente avant l'incendie.

Lorsque les pompiers ouvrent une porte dans ce genre de situations, très peu d'entrée d'air se produira. Il n'y a guère de différence de pression avec l'environnement extérieur. Mis à part cela, les différences de température entre les fumées et l'air extérieur sont très proches. Le flux d'air se formera finalement très lentement. Ceci est encore une situation très dangereuse pour les pompiers. Une caméra d'imagerie thermique montrera une température peu élevée à l'intérieur. Lorsque le feu est éteint complètement, cette température est la même. Une caméra d'imagerie thermique est donc un outil précieux lors de la progression sur un feu sous-ventilé. Dans le cas où il y a encore un foyer et que le HRR augmente, la caméra thermique va permettre aux pompiers de percevoir l'augmentation de la température avant de la ressentir en raison de leur tenue de feu.

4 Références

- [1] *Study of the Effectiveness of Fire Service Positive Pressure Ventilation During Fire Attack in Single Family Homes Incorporating Modern Construction Practices, UL FSRI, resultats attendus en 2016*
- [2] *Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, Kerber Steve, 2011*
- [3] *Ventilating today's residential fires, Kerber Stephen, presentatie op FDIC, 2011*
- [4] *Progression du feu: approche technique, application tactique, Lambert Karel & Baaij Siemco, 2013*
- [5] *Scientific research for the development of more effective tactics, UL FSRI, Fire Department New York & NIST, 2012*