
De link tussen wetenschappelijk onderzoek en de brandweerpraktijk:

UL onderzoek naar veiligheid voor brandweerlui

Door Stephen Kerber, PE, Directeur, UL Firefighter Safety Research Institute.

Gebaseerd op gegevens verzameld door de US Fire Administration, zijn tussen 2001 en 2011 maar liefst 1160 brandweermannen in de US in bevolen dienst om het leven gekomenⁱ ten gevolge van verwondingen opgelopen tijdens de interventie. Ook al is er de laatste jaren een daling waarneembaar, het aantal brandweermannen dat nu jaarlijks omkomt tijdens binnenbrandbestrijding ligt hoger dan in de jaren 70 en 80. En dit ondanks een daling van het totaal aantal branden per jaar.ⁱⁱ Bijkomend zijn er voortdurende veranderingen in de methodes van bouwen, bouwmaterialen, ontwerpen en de producten die gebruikt worden om een huis mee af te werken. Deze evoluties houden potentiële nieuwe gevaren in voor brandweerlui tijdens het bestrijden van een binnenbrand. Voortdurend onderzoek naar de karakteristieken van de moderne woningbrand is dan ook essentieel om de veiligheidsrisico's voor brandweerlui zo laag mogelijk te houden en dit samen met de veiligheid van de bewoners.



UL is reeds lang een voortrekker in het onderzoek naar brandveiligheid om inspanningen te ondersteunen die onnodige dodelijke ongevallen tijdens binnenbrandbestrijding kunnen vermijden. Heel wat van dit onderzoek heeft zich gericht op het beter begrijpen van de karakteristieken van het brandgedrag bij een moderne woningbrand. Deze kennis en informatie wordt doorgegeven aan de brandweerdiensten zodat zij waar nodig hun tactieken kunnen aanpassen. Terwijl brandbestrijding nooit geheel zonder risico zal zijn, levert UL onderzoek fundamentele steun aan de inspanningen om de risico's te beperken en levens te redden.

Dit artikel is een overzicht van enkele recente en nog lopende onderzoeksprojecten van UL met telkens de gevolgen voor de veiligheid van de brandweerman.

1. Structurele stabiliteit van licht gewicht houtskelet bij brand.....	2
2. Blootstelling van brandweermannen aan rookdeeltjes.	3
3. Veiligheid van de brandweerman en fotovoltaïsche installaties.	4
4. Kelderbranden en de gevaren van lichtgewicht houtconstructies.....	5
5. De impact van horizontale ventilatie.	8
6. Impact van verticale ventilatie.	12
7. Onderzoek en experimenten op Governors eiland door FDNY en NIST	16
8. Nog lopende onderzoeken.	17
9. Tot slot.	18

1. Structurele stabiliteit van licht gewicht houtskelet bij brand.ⁱⁱⁱ



Afbeelding 1: Laag energie houtskelet woning. ©Pieter Maes

Lichtgewicht houten spanten en houtskeletbouw zijn meer en meer de klassieke opbouw, met massieve houten balken, van vloeren en daken in woningbouw aan het vervangen. Maar de gegevens omtrent de brandveiligheid van deze lichtgewicht constructie elementen zijn onvoldoende om in te schatten of deze nieuwe bouwmethodes een risico vormen voor brandweermannen.

In samenwerking met de brandweer van Chicago, Michigan State University en de International

Association of Fire Chiefs, zijn onderzoekers van UL het brandgedrag van massieve balken en licht gewicht houtskeletbouw gaan vergelijken. De studie toont aan dat, onder gecontroleerde omstandigheden, de weerstand tegen brand van een vloerpakket met massieve houten balken aanzienlijk beter was dan die van de constructie met lichtgewicht houtskelet elementen.



Afbeelding 2: complexe passief woning in houtskelet.
©Pieter Maes

2. Blootstelling van brandweermannen aan rookdeeltjes.^{iv}

Voor deze studie heeft UL samengewerkt met de brandweer van Chicago en de faculteit geneeskunde van de universiteit van Cincinnati. De bedoeling was om gegevens te verzamelen omtrent de rookdeeltjes en gasachtige rookproducten waarmee brandweermannen in contact komen tijdens normale brandbestrijding en via vuile PBM's. (persoonlijke beschermingsmiddelen). Het project omhelsde onderzoek op drie vlakken: 1) branden in Chicago's stedelijk gebied; 2) branden van woonkamer elementen (meubels, versieringen, decoratie,...) en autobranden; 3) brandproeven van specifieke materialen. De studie wees uit dat de verbranding van materialen bij brand een productie geeft van verstikkende, irriterende stoffen met zwevende kankerverwekkende bijproducten die desastreus zijn voor de gezondheid van een brandweerman. Deze bijproducten werden ook terug gevonden in de rook tijdens het neerslaan van de brand en het nablussen. Deze kankerverwekkende stoffen kunnen opgenomen worden via inademing of door absorptie doorheen de huid bij contact met besmette uitrusting.

Daarenboven kwamen uit de studie volgende conclusies naar voren:

- De concentraties van verbrandingsproducten bleken enorm te verschillen van brand tot brand afhankelijk van de grootte van de brand, de samenstelling van de betrokken materialen en het ventilatieregime van de brand.
- De aard van en de hoeveelheid van de rookpartikels en de geproduceerde gassen die vrijkomen bij de brand hangen af van de chemische en fysische samenstelling van de materialen die branden. Het is echter ook zo dat kunststofmaterialen meer rook zullen produceren dan natuurlijke materialen.
- Herhaaldelijke blootstelling aan rook over langere periodes kan de kans op overlijden ten gevolge van cardiovasculaire aandoeningen verhogen. Ook zal **atherosclerosis** sneller optreden en sneller evolueren.

3. Veiligheid van de brandweerman en fotovoltaïsche installaties.^v



Afbeelding 3: brandproef zolderbrand met fotovoltaïsche panelen. ©Underwriters Laboratories Inc.

Photovoltaïsche installaties (PV) die gebruikt worden om elektriciteit op te wekken met zonne-energie geven unieke elektrische gevaren en brandgevaren. Maar er is slechts heel weinig informatie beschikbaar omtrent de risico's voor brandweerlui die branden gaan bestrijden waarbij elektrische zonnepanelen betrokken zijn. UL heeft testen uitgevoerd op functionele PV-installaties op de Northbrook IL site en op het Delaware County Emergency Service Training Center om de mogelijke gevaren die samengaan met deze PV-installaties en brand in te schatten. Deze testen

hebben onder meer het risico bepaald omtrent het gebruiken van water op een PV-installatie bij brandbestrijding. Alsook werd bekeken hoe deze installatie stroomloos gezet kunnen worden tijdens brandbestrijding. Op basis van deze onderzoeken heeft UL een aanzet ontwikkeld voor het aanpassen van de SOP's voor brandbestrijding waarbij PV-installaties betrokken zijn.

4. Kelderbranden en de gevaren van lichtgewicht houtconstructies.^{vi}



Afbeelding 4: installatie van vloer op kelder met I-joist, lichtgewicht houten profielen. ©<http://www.reserveatfarmview.com>

De doelstelling van deze UL studie was om de kennis te vergroten omtrent de reactie op brand van houten vloerconstructies boven een kelderbrand. Meer bepaalde vloerconstructies die samengesteld zijn met moderne lichtgewicht houtprofielen, in tegenstelling tot oude massieve balken die vroeger gebruikt werden. De systemen die men gebruikt om een vloerpakket op te bouwen vandaag de dag zijn ontworpen om het warmtetransport maximaal te beperken en betere isolatiewaarden te bekomen. Als gevolg hiervan kunnen materialen aan de onderzijde van een vloerpakket (bv de



Afbeelding 5: brandproeven om stabiliteit van lichtgewicht houten vloerconstructies bij brand te testen. ©Underwriters Laboratories.

kelderzijde) aan het branden zijn terwijl aan de bovenzijde van de vloerpakket er slechts een beperkte stijging in temperatuur waar te nemen is. Standaard methodes om de stabiliteit van een vloer te evalueren zoals kloppen op de vloer, doorzakken van de vloer inschatten, evaluatie van de vloer met warmtebeeldcamera,... blijken niet betrouwbaar om de integriteit van een vloer boven een brandend compartiment te evalueren. De resultaten van de studie gaven een aantal tactische overwegingen die brandweermannen zouden moeten in acht nemen wanneer

ze een kelderbrand gaan aanpakken. Deze conclusies waren onder meer:

- De tijd tot het instorten van de alle onbeschermden vloerconstructies viel binnen de te verwachten interventietijd van de brandweer ongeacht de responstijd van de brandweer.
- Tijdens de verkenning moet men de kelderbrand lokaliseren alsook het ventilatieregime van de brandhaard inschatten. De instorting begon steeds recht boven de vuurhaard. Hoe meer het compartiment met de brand geventileerd werd, hoe sneller de vloer instortte.
- Wanneer mogelijk moet de vloer langs de onderzijde geïnspecteerd worden alvorens men boven op deze vloer ploegen gaat inzetten. Signalen die instabiliteit aankondigen verschillen van vloersysteem tot vloersysteem:
 - Massieve houten balken moeten nagekeken worden op scheuren of volledig doorgebrande plaatsen.
 - I-joists, houten I-profielen, moeten nagekeken op doorgebrande lijfplaten en loskomen van de ondervloer.



Afbeelding 6: I-joist profielen gebruikt om vloer te bouwen.
 ©<http://blog.armchairbuilder.com/>

- Vakwerkliggers moeten geïnspecteerd worden op doorgebroken verbindingen.



Afbeelding 7: houten vakwerkliggers gebruikt voor een vloer. ©<http://tawnaallred.com>



Afbeelding 8: Metalen vakwerliggers voor vloeropbouw.
©<http://energyefficientbuild.blogspot.be>

- Metalen C-profielen moeten geïnspecteerd worden op vervormingen en loskomen van de ondervloer.
- Kloppen op de vloer is niet betrouwbaar om de stabiliteit er van te bepalen en moet daarom gecombineerd worden met andere technieken.
- Warmtebeeldcamera's kunnen helpen om vast te stellen dat er een kelderbrand is, maar ze zijn niet gebruikt worden om de stabiliteit van een vloer langs boven te evalueren.
- Een kelderbrand aanvallen langs de keldertrap zorgt voor grote risico's voor brandweermannen. Door langs de trap af te dalen bevinden moeten ze tegen de stroming van hete gassen, die de trap opkomen, in vorderen. Ze werken daarenboven op een structuur (de trap) die zich boven de brand bevind met mogelijkheid op instorting.
- Er werd aangenomen dat indien een brandweerman snel de trap afdaalde hij lagere temperaturen zou vinden onderaan de keldertrap (de zogenaamde hittestop bovenaan). De resultaten van de experimenten toonden echter aan dat de temperaturen onderaan de trap juist hoger zijn dan de temperaturen bovenaan de trap.
- De coördinatie van de ventilatie is extreem belangrijk. De kelder ventileren zal een stroming geven die langs de trap omhoog gaat en door de (voor)deur naar buiten. De snelheid van deze hete gassen zal bijna verdubbelen en de temperaturen ervan gaan stijgen tot het niveau waar ze een brandweerman (in volledige uitrusting) ernstige kunnen verwondingen tot overlijden toe.
- Het doorbuigen van de vloer is een onbetrouwbare indicator omdat het heel moeilijk is om dit in te schatten terwijl men zich erover beweegt.
- (Gas)-temperaturen in de kamer boven de brand kunnen een slechte indicator zijn van zowel de brandcondities onder de vloer als de stabiliteit van de vloer.

- Elke actie om houten vloerconstructies zichtbaar te maken door holle ruimtes te openen moet steeds gebeuren met de bescherming van een lijn onder druk.

5. De impact van horizontale ventilatie.^{vii}



Afbeelding 9: brandproef om effect horizontale ventilatie te onderzoeken. ©Underwriters Laboratories Inc.

In dit onderzoek hebben UL onderzoekers de ventilatietechnieken van de brandweer en hun impact op ventilatie in het kader van moderne woningbouw onderzocht. In het totaal werden er 15 experimenten uitgevoerd in twee huizen die speciaal voor dit onderzoek werden opgetrokken. Tijdens de experimenten kon men de locatie van en het aantal ventilatieopeningen veranderen. Eén van de belangrijkste bevindingen van de studie is dat coördinatie tussen het blussen (met water of een ander blusmiddel) en verhoogde ventilatie cruciaal is, wil men tot een succesvolle operatie bekomen. De studie heeft ook bevestigd dat het sluiten van een deur tussen de vuurhaard en de brandweerman kan zorgen voor draaglijke temperaturen en aanvaardbare zuurstofconcentraties achter die gesloten deur. Hiermee stijgen de overlevingskansen van de brandweerman.

De tactische overwegingen uit deze studie zijn onder meer:

- **De ontwikkelingsfases van een brand.** De fases die een brand doorloopt veranderen wanneer een brand ventilatiegecontroleerd wordt. Met branden in moderne gebouwen is het normaal dat een brand in een vervroegde dooffase komt (nvdr: "ondergeventileerd wordt") om daarna toch tot flashover (nvdr: "ventilatie geïnduceerde flashover") te evolueren. Dit benadrukt het belang van controle over het ventilatieprofiel van een brand.
- **Een (voor)deur openen is ventileren.** Zich toegang verschaffen moet gezien worden als een actie die tot ventilatie leidt. Ook al is het nodig om deuren te openen om de brandhaard te bereiken, we moeten ons er op dat moment van bewust zijn dat er verse lucht naar vuurhaard gaat. De klok begint dan te tikken tot het vuur geblust wordt of tot de brand zodanig groeit dat de veiligheid van de iedereen binnen in het gevaar komt.

- **Wat als er is geen rook zichtbaar is?** Iets wat regelmatig gebeurde tijdens de experimenten was dat eens de brand ondergeventileerd was, de rook die eerder naar buiten kwam ook sterk afnam tot zelfs geheel verdween. Indien er bij de eerste verkenning langs de buitenkant geen rook zichtbaar is, zou die een alarmbelletje moeten doen rinkelen omtrent de mogelijke gevaren binnen.
- **Coördinatie ventilatie en blussen.** Als je luchttoevoer naar de vuurhaard toelaat en niet snel ook water op de vuurhaard kunt hebben, dan zal de vuurhaard groeien en de veiligheid van de manschappen binnen afnemen. Het onderzoeken van de tijd die nodig was om de omstandigheden binnen tot onhoudbaar te laten evolueren geven een best-case scenario omtrent de coördinatie van een aanval op de vuurhaard. Wanneer we de gemiddelde tijd opnamen tussen de start van de ventilatie en het onhoudbaar worden van de condities binnen voor een brandweerman kwamen we uit op 100 seconden voor een huis met enkel gelijkvloers en 200 seconden voor een huis met twee verdiepingen. In heel wat van de experimenten waren er minder dan 10 seconden tussen het onhoudbaar worden van de condities voor een brandweerman en het optreden van de flashover. Deze tijdsopnames moeten al zeer conservatief geïnterpreteerd worden. Indien er al een ventilatieopening bestaat omdat de bewoner een raam of deur heeft open gelaten dan zal de vuurhaard sneller reageren op extra ventilatie omdat de temperaturen al hoger waren. Goede coördinatie van een aanvalsploeg mét water is essentieel voor een geslaagde interventie met het brandgedrag in moderne woningen.
- **Observeren van tunnelvorming in de rook en snelle luchtstromen door de voordeur.** Eens de voordeur geopend is, moet men de stromingen door de voordeur goed observeren. Een sterke instroom van lucht of een tunnel effect in de rook kunnen een indicatie zijn van een ondergeventileerde brand.
- **Wat met ventilatie – binnendringen – verkenning (Vent – Enter – Search; VES)¹?** Indien met dit overweegt moet men prioriteit geven aan het sluiten van de binnendeur(en) van de kamer die men doorzoekt. Op deze manier sluit men de invloed van de ventilatie uit door het pas geopende venster uit en kan de rook ontsnappen. Zodanig stijgen de overlevingskansen van slachtoffers in dit nu geïsoleerde compartiment.
- **Besluiten betreffende luchtstromingen.** Elke nieuwe ventilatie opening zorgt voor een nieuwe stroming naar de vuurhaard toe en omgekeerd. Dit kan tot zeer gevaarlijke situaties leiden als er sprake is van een ondergeventileerde brand.

¹ Dit is een typisch Amerikaanse tactiek waarbij men via vensters kamer per kamer gaan doorzoeken op slachtoffers. Dit gebeurt zonder water.



Afbeelding 10: onderzoek naar impact van horizontale ventilatie. ©Underwriters Laboratories.

- **Kun je voldoende ventileren?** Tijdens experimenten waarbij meerdere ventilatie openingen werden gemaakt bleek het niet mogelijk om een ventilatiegecontroleerde brand terug te brengen naar een brandstofgecontroleerde brand. De brandhaard reageerde op alle extra lucht die werd aangevoerd. Dit betekent dat een zelfs met extra ventilatie de brand toch ventilatiegecontroleerd blijft. De vuurhaard zal enkel snel of heel snel reageren op de extra lucht. Het is aannemelijk dat de reactie van de vuurhaard heel snel zal zijn omdat de temperaturen al hoger liggen ten gevolge van de eerdere ventilatie. In deze gevallen is een snelle oncontroleerbare uitbreiding van de brand (rapid fire progress) zeer waarschijnlijk. De coördinatie van de aanval op de vuurhaard met de ventilatie is dan ook van extreem belang.
- **Besluiten omtrent de impact van een gesloten deur op de overleefbaarheid voor een bewoner en houdbaarheid voor een brandweerman.** Tijdens elk experiment bleven de condities in de slaapkamer, achter een gesloten deur, aanvaardbaar wat temperatuur en zuurstofconcentraties betreft. Dit betekent dat het sluiten van een deur tussen een bewoner en de brandhaard, of tussen een brandweerman en de brandhaard, de kansen op overleving aanzienlijk vergroot. Wanneer een brandweerman tijdens binnenbrandbestrijding een verkenning uitvoert voor de slang uit of het contact met zijn slang verliest en de omstandigheden verslechteren, dan kan het een goede keuze zijn om een kamer binnen te gaan en de deur te sluiten. Vervolgens blijft men daar tot de vuurhaard is neergeslagen of men ontsnapt via een raam. Er zal aanzienlijk meer tijd zijn om dit te doen door het sluiten van de deur.

- **Potentiële gevolgen van een open ventilatie opening pre-flash over.** Alle experimenten waren ontworpen om de acties op het vlak van ventilatie van de eerste ploeg ter plekke te evalueren indien er nog geen ventilatie openingen waren. Het is echter wel mogelijk dat een brand een venster doet stuk springen of dat een vluchtende bewoner een deur heeft open gelaten. Het is belangrijk dat men beseft dat de vuurhaard verse lucht krijgt via reeds bestaande ventilatie openingen. Hierdoor zal de intensiteit van vuurhaard gelijk blijven of zelfs toenemen in intensiteit.



Afbeelding 11: onderzoek naar invloed horizontale ventilatie. ©Underwriters Laboratories.

- **Vuur duwen met een waterstraal ("pushing fire").** Er werden geen pieken in temperatuur waargenomen in geen enkele kamer, vooral niet in de aanpalende ruimtes, wanneer er langs buiten een waterstraal werd ingezet. Blijkbaar werd de brand in de meeste gevallen vertraagd door de inzet van een waterstraal en had deze inzet geen negatieve invloed op de overlevingskansen van de bewoners. De sproeistraal zal 'duwde' stoom langs het stromingspad, maar er werd geen 'vuur' verplaatst of geduwd.
- **Geen schade aan aanpalende ruimtes.** Zoals je kan afleiden uit de vuurdriehoek heeft een brand zuurstof nodig. Een evolutie die we in elke experiment terug zagen was dat de brand (in de living of andere kamer) toenam tot het zuurstofgehalte zakte onder het minimum niveau nodig voor een brand. Dit betekent dat de brand het zuurstofgehalte in het gehele huis omlaag haalde door zuurstof te verbruiken uit aanpalende ruimtes en verder afgelegen ruimtes tot verbranding niet meer mogelijk was. In de meeste gevallen was er in aanpalende kamers zoals de eetkamer of keuken geen brand zelfs wanneer in de kamer met brandhaard sprake was van een volontwikkelde uitslaande brand.

Op de website van UL FSRI kan men een trainingsmodule vinden met de bevindingen van dit onderzoek.

6. Impact van verticale ventilatie.^{viii}



Afbeelding 12: brandproef om effect ventilatie te onderzoeken. ©Underwriters Laboratories Inc.

Na het onderzoek omtrent horizontale ventilatie is UL de impact van verticale ventilatie gaan onderzoeken (bv via het dak) op de ontwikkeling van een brand in woonhuizen. Dit tweejaar durende project heeft onderzoeksdata voortgebracht betreffende de locatie van de ventilatie opening en de grootte van de ventilatie openingen in relatie tot de ontwikkeling van de brand. Verticale ventilatie verdient vooral onze aandacht omdat ze per definitie boven de vuurhaard geplaatst moet worden en zo dus kan ze een snelle impact hebben op de condities veroorzaakt door de binnenbrand. De studie resulteerde in experimentele data die het brandgedrag illustreren voor vuurhaarden op verschillende locaties en ventilatieopeningen op verschillende locaties. En dit met een vergelijking tussen oude woonhuizen en moderne woningen. Deze data zullen ter beschikking gesteld worden van de brandweerdiensten om te helpen bij opleiding en het geven van advies omtrent het correct gebruik van ventilatie als tactiek bij binnenbrandbestrijding. Het zal resulteren in een vermindering van het risico op verwondingen of overlijden voor brandweermannen ten gevolge van niet correct toepassen van ventilatie. De resultaten zullen helpen bij het beter begrijpen van de relatie tussen binnenbrandbestrijding en ventilatie.

De voorbije jaren is er een gestage verandering geweest op het vlak van brandgedrag in woningen. Deze verandering zijn onder meer grotere huizen, meer open ruimtes of volumes en een grotere brandlast met kunststof producten. UL heeft 17 brandproeven op ware grote kunnen uitvoeren om de evolutie in het brandgedrag en de impact van ventilatie en brandbestrijdingstactieken te kunnen onderzoeken. Dit onderzoek naar brandgedrag heeft ons van de nodige onderzoeksdata voorzien nodig om het brandgedrag bij deze scenario's te verklaren en resulteert in de onmiddellijke ontwikkeling van ventilatie richtlijnen tijdens de brandbestrijding om de kans op verwonden of overlijden van een brandweerman te verminderen.



**Afbeelding 13: brandproef om impact verticale ventilatie op brandverloop te onderzoeken.
©Underwriters Laboratories.**

De brandlast gebruikt voor deze brandproeven produceerde gemiddeld 9MW tot 10MW, hetgeen genoeg energie is om een ondergeventileerde brand te bekomen in beide woningen (oude versus nieuw). De slaapkamers en leefkamers waren beiden voorzien van een brandlast tussen 19 en 39 kg/m². De keukens waren voorzien van een brandlast tussen 39 en 49 kg/m². Deze brandlasten kunnen als laag beschouwd worden tegenover echte woningen waar meer spullen zullen staan. Ondanks dit verschil ontstonden er steeds ventilatie-gecontroleerde branden. Extra brandlast zou er enkel voor gezorgd hebben dat het vuur langer bleef branden. Daarenboven bleek dat de HRR en de totale vrijgekomen energie van de brandlast in de living valt binnen 10% van de waarden, die gemeten werden met de brandlast die gebruikt werd bij eerdere studies rond horizontale ventilatie. De verschillende scenario's voor horizontale en verticale ventilatie van de experimenten kunnen dus vergeleken worden. De tijd tot flashover zal niet significant langer worden als het volume van de brandende kamer verdubbelt door het plafond te verhogen met de zelfde ventilatie voorwaarden. Dit komt door de snelle stijging van de HRR die plaatsvindt voor de flashover in de kamer. Elke kamer waarin een experiment werd uitgevoerd ging over naar flashover tussen de 5min en 5min30s na ontsteking.

De toevoer van lucht naar de brandhaard beperken bleek een belangrijke factor te zijn in deze reeks experimenten met ventilatiegecontroleerde branden. De experimenten waar de deur geopend werd om toegang te krijgen en deze vervolgens gesloten werd tot een opening groot genoeg om een slang door te krijgen, vertraagde de brandontwikkeling. De temperaturen binnen bleven lager en de concentraties van aanwezige gassen waren beter dan wanneer de deur geheel open gelaten werd. Dit laat toe dat de brandweer tussenkomt terwijl de brand een lagere HRR heeft en bijgevolg ook makkelijker te blussen is.

Geen enkele van de ventilatie openingen die gebruikt werden (1,2m x 1,2m of 1,2m x 2,4m) bij deze experimenten slaagde erin om de de ontwikkeling van de brand te vertragen. Alle experimenten met een verticale ventilatie kwamen sneller tot flashover en een volontwikkelde brand. Echter, eens de blussing begonnen was (water op de vuurhaard), speelde de positie en de grootte van de ventilatieopening wel een rol. Hoe groter en hoe dichter de opening bij de vuurhaard, hoe meer verbrandingsproducten het gebouw konden verlaten. Hierdoor zakte de temperatuur en werd zichtbaarheid beter. Ventilatie boven de vuurhaard is de beste keuze indien dit gebeurt in coördinatie met een blussing. Indien een ventilatiegecontroleerde brand verse lucht krijgt, dan zal de brand in omvang toenemen. Daarenboven, hoe dichter de inlaat van de luchttoevoer bij de vuurhaard is, hoe sneller de vuurhaard zal groeien. Indien je het ventileren kan coördineren met de blussing van de vuurhaard (het bluswater neemt meer energie weg dan dat er geproduceerd kan worden), dan maakt het niet uit waar je gaat ventileren. Maar hoe dicht bij de vuurhaard, hoe efficiënter de ventilatie hitte en rook zal afvoeren. En zo dus zullen de condities voor de tussenkomende brandweermannen verbeteren voor de rest van de interventie.



Afbeelding 14: Brandproef om impact van verticale ventilatie te onderzoeken. ©Underwriters Laboratories.

Ventileren op afstand (van de vuurhaard) kan efficiënt zijn onder bepaalde omstandigheden. Indien de vuurhaard zich in een kamer bevindt die verbonden is met de rest van het huis via een gang dan kan ventileren via het dak boven de gang er voor zorgen dat rook uit de rest van het huis zal afgevoerd worden. Aangezien er ook verse lucht zal aangevoerd worden, zal ook de vuurhaard groeien. En dit terwijl de zichtbaarheid zal verbeteren op het traject dat de luchtstroom volgt van de inlaatopening naar

de vuurhaard. De reden waarom deze vuurhaard niet ongecontroleerd zal groeien is omdat de deur de beperkende factor is. De deur houdt de brand in één compartiment, één kamer. Eens er echter brandstof voorbij de deur ontsteekt (zoals bv een brand in de slaapkamer een sofa in de living ontsteekt) dan kan de heat release rate zo snel stijgen dat het tijdelijk voordeel van de ventilatie op afstand verloren gaat. Ventilatie verwijderd van de vuurhaard kan een voordeel op vlak van zichtbaarheid geven, maar de intensiteit van de vuurhaard en de temperatuur in die omgeving gaan toenemen.

Het traject dat de stroming volgt en timing zijn zeer belangrijke zaken om de dynamiek van een brand en de impact van de tactiek van de brandweer te begrijpen. Hoe dicht bij de inlaatopening bij de vuurhaard, hoe sneller de vuurhaard zal groeien. Meerdere experimenten hebben aangetoond dat zichtbare vlammen niet betekenen dat een brand geventileerd is. Het betekent dat er geventileerd is maar dat de brand nog steeds ventilatiegecontroleerd is. In elk experiment waren er vlammen zichtbaar aan de buitenzijde van een venster of doorheen de ventilatieopening in het dak omdat er binnen onvoldoende lucht beschikbaar was voor de brand. Het is onmogelijk om verklaringen te doen over de effectiviteit van ventileren tenzij je ook gaat kijken naar het tijdsverloop.

En daarbij moet men goed beseffen dat hoe verder de verse lucht moet gaan tot aan de vuurhaard, des te meer vertraging er op de reactie van de vuurhaard zal zitten. Echter, brandweermannen zullen in het traject van de stroming (inlaat-brandhaard-uitlaat) komen te zitten. Hoe langer dit traject is, hoe groter het risico is dat een snelle brandontwikkeling tot dramatische gevolgen kan leiden.

De werkomgeving van de brandweer is de laatste jaren veranderd. En één van de significante veranderingen is het meubilair waarmee we onze huizen inrichten. De laatste decennia worden meubels meer en meer van kunststoffen gemaakt. Met deze evolutie is de heat release rate van deze meubels ook aanzienlijk gestegen. Deze wijziging versnelt de stadia van het klassieke brandverloop waardoor de kans een ventilatiegecontroleerde brand bij aankomst van de brandweer groter is geworden. Bij deze experimenten duurde het 5 minuten eer de brand in een klassieke gelijkvloerse woning met modern meubilair naar een ventilatiegecontroleerd regime ging. Dit terwijl het in dezelfde woning met oud meubilair (met merklijk minder kunststoffen) ongeveer 18 minuten zal duren eer de brand naar een ventilatiegecontroleerd regime gaat. Het eerder ontstaan van ventilatie gecontroleerde situaties maken de ventilatie tactieken van de tussenkomende brandweer van cruciaal belang. Nog prangender blijken de tijden tussen ventilatie en flashover (nvdr: het gaat hier over ventilatie geïnduceerde flashover) te zijn. In de moderne woning zaten er 2 minuten tussen ventilatie en flashover. In de oude woning waren dit 8 minuten. De woningen met ouder meubilair zijn in dat opzicht vergevingsgezinder daar ze minder snel reageren op ventilatie. Slecht getimedede ventilatie of een ongecoördineerde aanval op de vuurhaard kunnen hier gecompenseerd worden in de acht minuten tijd die er over blijven. De tijd om te reageren in een moderne woning is slechts 2 minuten, oftewel 25% van de tijd in een oude woning.

Tijdens alle experimenten werden de condities werden onhoudbaar in het brandend compartiment voor de aankomst van de brandweer. Enige uitzondering hierop was de gelijkvloerse woning met "oud" meubilair. De grootste kans op het vinden van een slachtoffer met een kans op overleving is achter een gesloten deur. In elk experiment was er een slaapkamer met een gesloten deur met daarnaast een slaapkamer met de deur open. In elk experiment was een slachtoffer achter de gesloten deur in de mogelijkheid om bewust te zijn tot ruim na de aankomst van de brandweer. In de slaapkamer met de open deur is dit een heel andere verhaal. De meest slachtoffers zouden bewusteloos zijn, zo niet overleden, nog voor de aankomst van de brandweer of ten gevolge van ventilatietactieken van de brandweer zelf. De overleefbaarheid in de kamer met de open deur was 7min30sec rekening houdend met de temperatuur en de koolstofmonoxide concentratie. In de slaapkamer met de gesloten deur werd geen van deze criteria overschreden tot ruim na interventie van de brandweer.

Tijdens elk experiment werd er een buitenaanval gedaan. Soms door een deur, soms door een raam. Er werd ongeveer 15sec water geven, wat overeen komt met ongeveer 95l water. De temperaturen net voor het inzetten van de waterstraal langs buiten werden vergeleken met temperaturen 60 seconden na deze inzet. In het compartiment met de brandhaard gaf dit een daling van de temperatuur met 40%, in de aanpalende kamers daalde de temperatuur met 22%. In quasi alle experimenten verbeterden de condities in de gehele woning (gelijkvloers of met twee bouwlagen) door het inzetten van een waterstraal langs buiten. Dit zowel tussen de inlaatopening en de brand als tussen de brand en de uitlaatopening. De resultaten van dit onderzoek geven de voordelen aan van een snelle aanval langs buiten alvorens men binnen dringt en maken duidelijk dat het onmogelijk is om vuur te verplaatsen of te 'duwen' met een

waterstraal. De brand werd immers nooit verplaatst van één kamer naar een andere door de inzet van een buitenaanval. Dit toont de voordelen aan van een directe aanval op de vuurhaard in een groot volume.

Het brandgedrag in woningen is complex en een heuse uitdaging voor de brandweer. Het is cruciaal dat men de principes van ventileren begrijpt indien men veilig zijn opdracht als brandweer wil kunnen uitvoeren: levens redden en eigendommen vrijwaren.

Op de website van UL FSRI kan men een e-learning module vinden omtrent de bevindingen en conclusies uit deze onderzoeken.

7. Onderzoek en experimenten op Governors eiland door FDNY en NIST^{ix}



Afbeelding 15: Onderzoeken en experimenten op Governors eiland door FDNY en NIST.
©Underwriters Laboratories.

UL heeft samengewerkt met het National Institute of Standards and Technology (NIST), het New York City Fire Department, het Governors Island preservation en het Education Corporation om gefundeerde wetenschappelijke methodes te benutten om de veiligheid van brandweermannen te kunnen verbeteren. Het gehele onderzoeksteam werkte maandenlang samen om experimenten te ontwerpen die gedurende 6 dagen in juli werden uitgevoerd op Governors eiland in New York. De experimenten bestonden uit een reeks reële branden die de omstandigheden in moderne woningen simuleerden. De brandproeven waren erop gericht om te meten hoeveel branden veranderd zijn tegenover vroeger. En dan meer bepaald of dit een gevolg is van nieuwe bouwmethodes en de samenstelling van het meubilair waarmee we onze huizen inrichten. Daar waar deze in het verleden vooral uit natuurlijke materialen bestonden, zoals hout of katoen, bevatten deze nu grote hoeveelheden componenten gebaseerd op petroleum. En die

branden sneller en met hogere temperaturen. Ventilatie en de brandbestrijdingstechnieken werden geanalyseerd tijdens experimenten met kelderbranden, branden op het gelijkvloers en branden op het eerste verdiep. En dit gespreid over 20 branden in klassieke stedelijke bebouwing. Op de website van UL FSRI kan je een e-learning module vinden met betrekking tot de bevindingen en conclusies van deze proeven.

8. Nog lopende onderzoeken.

➤ **Branduitbreiding langs buiten en zolderbranden (lopend onderzoek)^x**



Afbeelding 16: Brandproeven in verband met zolderbranden en branduitbreiding langs buiten. ©Underwriter Laboratories.

UL is momenteel een onderzoek van 2 jaar aan het leiden om te achterhalen welke tactieken bruikbaar zijn voor zolderbranden en wat de gevaren zijn voor brandweermannen bij het bestrijden van zolderbranden in moderne woningen. De overheid in de USA schat dat elk jaar er zo'n 10.000 gerapporteerde zolderbranden zijn. Tijdens deze branden vallen er 30 burgerslachtoffers en 125 gewonden. In het totaal gaat er zo elk jaar 477 miljoen dollar aan eigendom verloren. Dit soort van branden zijn een uitdaging voor de brandweer en hebben in het verleden al tot meerdere dodelijke ongevallen met brandweerpersoneel geleid. Wat het vandaag de dag nog moeilijker maakt voor de brandweer zijn nieuwe bouwnormen die voorschrijven dat daken beter geïsoleerd moeten worden. In het opmaken van deze nieuwe normen wordt geen rekening gehouden met de brandveiligheid of de extra risico's voor de brandweer die een zolderbrand moet gaan bestrijden. De doelstelling van de studie is om de veiligheid van de brandweermensen te

verhogen door het brandgedrag tijdens een zolderbrand wetenschappelijk te achterhalen en door de impact van de tussenkomst van de brandweer en de gekozen tactieken te onderzoeken. De testen gebeurde steeds op realistische woningen op full scale.

➤ **Overdruk ventilatie (lopend onderzoek)^{xi}**

De doelstelling van dit onderzoek is om de veiligheid van de brandweermensen te verhogen door betrouwbare wetenschappelijke gegevens ter beschikking te stellen betreffende ventilatietechnieken bij woningbranden. Meer bepaald wordt de tactiek van overdruk ventilatie in combinatie met een aanval op de vuurhaard onderzocht tijdens brandproeven op ware grootte. Het veranderende brandgedrag in woningen is een gevolg van veranderingen in bouwmethode, bouwmaterialen, inhoud van de woningen, compactheid, vorm,... over de laatste 30 jaar. En dit in combinatie met ons gebrek aan kennis omtrent de effecten van ventilatie op een brand. Overdrukventilatoren werden geïntroduceerd als een tactiek om de veiligheid van de brandweermensen te verhogen

door controle te houden over de ventilatie. Er zijn echter onvoldoende wetenschappelijke data beschikbaar om deze tactiek te gebruiken zonder dat de risico's voor brandweerlui te verhogen.

9. Tot slot.

Alle volledige rapporten van de bovenstaande afgeronde onderzoeken zijn beschikbaar op de website van het UL Firefighter Safety Research Institute op www.ULfirefightersafety.com.

Zoals mag blijken uit bovenstaande onderzoeken heeft UL een belangrijke bijdrage geleverd aan het doorgronden en begrijpen van brandgedrag in moderne woningen. Het heeft brandweerdiensten voorzien van belangrijke tactische adviezen om het risico voor brandweermensen te verlagen en hun veiligheid te verhogen. Maar er blijft nog veel werk te doen, nog veel zaken begrijpen we niet of onvoldoende. UL zal in de toekomst dan ook zijn best blijven doen om met toekomstige onderzoeken en studies de job van brandweermannen veiliger maken.

Stephen Kerber is de directeur van het UL Firefighter Safety Research Institute in Northbrook, IL. Hij is bereikbaar via email fsri@ul.com of via tel +1 847 664 3329

ⁱ "Firefighter casualties, 2001-2011," U.S. Fire Administration, Federal Emergency Management Administration. Web, 10 September, 2012, <http://www.usfa.fema.gov/fireservice/fatalities/statistics/casualties.shtm>. Het aantal omgekomen brandweermannen houdt geen rekening met de 341 New Yorkse brandweermannen die op 11/9/2011 omkwamen in de World trade Center.

ⁱⁱ "Firefighter Fatalities in the United States – 2011," National Fire Protection Association, June 2012, p 13. Web, 18 september, 2012, <http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/osfff.pdf>.

ⁱⁱⁱ <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/structural-stability-of-engineered-lumber-in-fire-conditions/>

^{iv} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/firefighter-exposure-to-smoke-particulates/>

^v <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/firefighter-safety-and-photovoltaic-systems>

^{vi} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/improving-fire-safety-by-understanding-the-fire-performance-of-engineered-floor-systems/>

^{vii} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/impact-of-ventilation-on-fire-behavior-in-legacy-and-contemporary-residential-construction/>

^{viii} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/effectiveness-of-fire-service-vertical-ventilation-and-suppression-tactics/>

^{ix} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/governors-island-experiments/>

^x <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/study-of-residential-attic-fire-mitigation-tactics-and-exterior-fire-spread-hazards-on-fire-fighter-safety/>

^{xi} <http://ulfirefightersafety.com/category/projects/study-of-the-effectiveness-of-fire-service-positive-pressure-ventilation-during-fire-attack-in-single-family-homes-incorporating-modern-construction-practices/>