

# ROZGORZENIE I TECHNIKI OPEROWANIA PRĄDAMI WODNYMI

Paul GRIMWOOD

Tłumaczenie: Witold Nocoń  
[noconwit@zeus.polsl.gliwice.pl](mailto:noconwit@zeus.polsl.gliwice.pl)



## 1. Rozgorzenie, backdraft i zapalenie gazów pożarowych

Rozgorzenie i backdraft są zdarzeniami całkowicie różnymi i powstają w różny sposób. Wiele badań naukowych poświęcono rozgorzeniu, jednak wysiłki naukowe ukierunkowane na backdraft były do niedawna bardzo rzadkie. Pomimo tego, podczas analiz naukowych, powstało wiele definicji tego zjawiska, choć pod względem treści, definicje te zgadzają się ze sobą.

### Rozgorzenie -

*'Podczas pożaru pomieszczenia może dojść do sytuacji, w której całkowite promieniowanie termiczne pochodzące od płomieni, gorących gazów i gorących powierzchni pomieszczenia, spowoduje radiacyjne zapalenie wszystkich palnych powierzchni w tym pomieszczeniu. To nagłe przejście rosnącego pożaru w pożar w pełni rozwinięty nazywane jest rozgorzeniem'. (Fire Research Station - UK 1993).*

*'Nagłe przejście w stan całkowitego zajęcia się ogniem powierzchni podczas pożaru palnych materiałów w pomieszczeniu. (International Standards Organisation - ISO 1990).*

### Backdraft -

*'Ograniczona wentylacja może doprowadzić do tego, że pożar wewnątrz pomieszczenia będzie wytwarzał gazy pożarowe zawierające znaczne ilości gazów częściowo spalonych i niespalonych produktów pirolizy. Jeśli gazy te będą się akumulować, wtedy doptyk powietrza spowodowany otwarciem pomieszczenia może doprowadzić do nagłej deflagracji (zapalenia). Ta deflagracja przemieszczająca się z tego pomieszczenia na jego zewnątrz nazywana jest backdraftem'. (Fire Research Station - UK 1993).*

*'Eksplodujące lub nagłe spalanie nagranych gazów, występujące gdy tlen dostarczony jest do budynku, który podczas pożaru nie był odpowiednio wentylowany i w którym wyczerpał zapas tlenu'. (National Fire Protection Association - USA).*

Fleischmann, Pagni i Williams zasugerowali, że w definicji NFPA *niespalone produkty pirolizy* powinny być zastąpione przez *'nagrane gazy'*.

### Zapalenia gazów pożarowych

Oczywistym jest fakt, że rozgorzenie i backdraft są różnymi zdarzeniami. Istnieje więcej sytuacji w których może nastąpić zapalenie się gazów pożarowych w pomieszczeniu. Te dodatkowe 'zdarzenia' niekoniecznie muszą podlegać pod którąś z wyżej wymienionych definicji, ale spowodują podobny wynik w postaci szybkiego rozprzestrzenienia pożaru. Dla strażaka ważne jest by zrozumieć na czym polegają wszystkie te zdarzenia mogące

prowadzić do takiego zapalenia, w zmieniających się warunkach wewnątrz budynku objętego pożarem.

a) Wewnątrz budynku mogą tworzyć się różnego rozmiaru 'balony' gazów pożarowych. Mogą one występować wewnątrz pomieszczenia objętego pożarem lub w pomieszczeniach przyległych, holach wejściowych i korytarzach. Mogą one także przemieszczać się na pewne odległości od źródła pożaru do pustych przestrzeni konstrukcyjnych i przestrzeni dachowych. Dopływ tlenu nie jest wymagany aby gazy te zapaliły się, ponieważ już wytworzyła się idealna mieszanka czekająca jedynie na źródło zapłonu. Powstająca deflagracja będzie podobna do występującej podczas backdraftu ale 'eksplozja dymu' lub 'zapalenie gazów pożarowych' jest chyba lepszym określeniem w takim przypadku.

Podczas pewnego pożaru w Sztokholmie, warstwa gazów pożarowych nagromadziła się pod wysokim sufitem w magazynie i zapaliła się z siłą eksplozji podczas dogaszania, jakiś czas po tym, jak główny pożar został stłumiony. Nastąpiło to, gdy na skutek prądów konwekcyjnych, palące się szczątki wzniósł się do warstwy gazów. Inny incydent, w niedużym schowku pod schodami, spowodował odrzucenie strażaka w korytarz gdy ten podniósł szczątki i odsonił ogień w żarzącej się stercie szmat i plastiku. Nagromadzone gazy pożarowe wewnątrz schowka zostały wystawione na działanie źródła zapłonu, który do tej pory pozostawał zasłonięty! Żadna z tych sytuacji nie wymagała napływu powietrza do zainicjowania deflagracji (zapalenia). Zademonstrowały za to sytuację odsłonięcia źródła zapłonu i wystawienia gazów na działanie tego źródła.

b) Inne zapalenie przegrzanych gazów pożarowych może nastąpić, gdy podczas wydostawania się z pomieszczenia mieszają się one z powietrzem. Może to nastąpić w oknie lub drzwiach, zaś wynikiły z tego ogień może przenieść się z powrotem do pomieszczenia poprzez warstwę gazów, podobnie jak odrzut płomienia (ang. flashback) w palniku Bunsena. Autor doświadczył takiej sytuacji podczas wchodzenia do pożaru pomieszczeń piwnicznych gdzie, w momencie otwarcia wejścia, gazy pożarowe zapaliły się na zewnątrz. Sytuacja ta doprowadziła do odcięcia strażaków na kilka sekund u podstawy schodów prowadzących w dół do pomieszczenia przez płomienie przetaczające się nad ich głowami, odcinając jedyną drogę ucieczki w górę schodów do poziomu ulicy.

c) Sytuacja która powoduje szybkie rozprzestrzenienie pożaru i często nazywana jest rozgorzeniem przez strażaków będących na miejscu pożaru, może wystąpić, gdy pożar nagle zostanie 'zamieszany' przez silne ruchy powietrza, głównie w kierunku strażaków. Może się to zdarzyć gdy strażacy przemieszczają się na przeciw linii gaśniczej natarcia operującej w ich kierunku, gdy PPV (ang. Positive Pressure Ventilation - wentylacja nadciśnieniowa przeprowadzana za pomocą specjalnych wentylatorów - *przyp. tłum.*) stosowana jest z niekorzystnym skutkiem lub gdy wybijane jest okno po drugiej stronie pożaru i poryw wiatru popycha pożar w stronę strażaków. Obserwujemy wtedy wzrost płomieni i narastające ciepło kierowane jest dokładnie na nacierających strażaków. Efekt ten występuje też często w wysokich budynkach, w których za strażakami operującymi prądownicą może wytworzyć się podciśnienie, co jest wynikiem 'efektu stosu' (ang. stack action) na klatce schodowej. Ten naturalny efekt powoduje czasami wczesne wybicie szyb, gdy powietrze przepływa od okien w kierunku klatki schodowej. Londyńscy strażacy doświadczyli takiej sytuacji w pożarze wysokiego budynku w momencie gdy otworzyli palące się pomieszczenie. W momencie gdy drzwi wejściowe do mieszkania zostały otwarte, na dwunastym piętrze budynku, ogień wybuchnął w kierunku wejścia, co spowodowane było tym, iż okna wypadły do wewnątrz budynku. Ciepło zmusiło strażaków do wycofania się o dwa piętra niżej. Dopiero potem ponowili oni natarcie w najbardziej trudnych warunkach! Efekt stosu spowodował powstanie sytuacji podobnej do rozgorzenia ale sytuacja ta nie był ani rozgorzeniem ani backdraft'em. Podobne sytuacje wystąpiły podczas innych pożarów wysokich budynków takich jak pożar Westvaco (Nowy Jork, 1980), pożar Empire state Building (Nowy Jork, 1990) i pożar Hotelu Winecoff (Atlanta, 1946).

d) Możliwa jest też sytuacja w której rozgorzenie wywołane zostanie poprzez zwiększoną wentylację - co jeszcze bardziej gmatwa całą sprawę. Chitty zademonstrował jak na początku pożaru, w fazie rozwoju, małe otwory w pomieszczeniu powodują, że pożar osiąga kontrolowany wentylacją punkt stabilności. Jeśli doprowadzona zostanie dodatkowa

wentylacja (otwarcie drzwi lub okna) wtedy utrata ciepła z pomieszczenia zostanie zwiększona z powodu prądów konwekcyjnych skierowanych na zewnątrz pomieszczenia. Zanim nastąpi zmiana w wentylacji, pożar będzie wytwarzał więcej produktów pirolizy niż jest w stanie spalić. W tym momencie ilość dostarczonej wentylacji ma zasadnicze znaczenie - jeśli będzie dostatecznie duża to utrata ciepła też będzie wystarczająco duża by zapobiec rozgorzeniu. Jeśli jednak ilość wentylacji będzie niewystarczająca i temperatura pozostanie na stałym poziomie, wtedy energia uwolniona podczas pirolizy stworzy warunki odpowiednie do powstania rozgorzenia - rozgorzenia wywołanego przez wentylację! W pewnych warunkach może się to objawić jako backdraft.

## Nagłe zmiany sytuacji

Podczas pożaru istnieje kilka podstawowych mechanizmów które mogą dotyczyć nagłych zmian w rozwoju pożaru i zmiany te mogą być podzielone na zdarzenia krokowe (gdy spalanie jest podtrzymane) i zdarzenia przejściowe (krótkie, czasem gwałtowne uwolnienia energii z pożaru które nie są podtrzymane). Chitty opisał siedem sytuacji w których takie nagłe zmiany mogą nastąpić. Rozgorzenie jest zdefiniowane jako zdarzenie krokowe, zaś backdraft jako zdarzenie przejściowe. Możliwe jest, że zdarzenie krokowe i przejściowe nastąpią po sobie lub w tym samym czasie. Przykładowo, otwierając drzwi do pomieszczenia, w którym pożar jest kontrolowany przez wentylację i który przez jakiś czas wytwarzał niestabilne gazy, może spowodować backdraft, wypalenie nadmiaru produktów pirolizy, po którym nastąpi prawdopodobnie bardzo gwałtowny rozrost pożaru do fazy porozgorzeniowej, aż pożar ten nie zostanie ograniczony przez nowy otwór wentylacyjny. W rzeczywistych warunkach, może być trudno ustalić które zdarzenie spowodowało nagłą eskalację intensywności pożaru, lecz dla strażaków ważniejsze jest, aby zrozumieć że ich działania mogą doprowadzić do takiego zapalenia się gazów pożarowych.

## Działania strażaków i sygnały ostrzegawcze

a) Nagłe otwarcie wejścia do pomieszczenia może spowodować rozgorzenie, backdraft lub spowodować ujemny przepływ powietrza w stronę klatki schodowej i spowodować wybite okien do środka, co spowoduje nagły rozwój pożaru. Aby zmniejszyć to ryzyko, należy stosować odpowiednie techniki otwierania drzwi i przestrzennej mgły wodnej. Jeśli to możliwe, na piętrze pożaru należy zamknąć wszystkie dojścia do szybu klatki schodowej zanim pomieszczenie objęte pożarem zostanie otwarte.

b) Pożary w miejscach ukrytych, przestrzeniach dachowych lub mocno uszczelnionych z małą wentylacją są często narażone na niebezpieczeństwo backdraftu, gdyż akumulacja gazów pożarowych następuje w takich pomieszczeniach powoli. Ponadto, dym wydobywający się spod okapów budynku jest znakiem wzrostu ciśnienia wewnątrz. Wentylacja taktyczna i przestrzenna mgła wodna są najefektywniejszymi sposobami radzenia sobie z takimi sytuacjami.

c) Oleisty osad na oknach, gorące drzwi i uchwyty oraz pulsujący dym z tych miejsc są pewnym znakiem że istnieje niebezpieczeństwo backdraftu w momencie otwarcia. Również w tej sytuacji wentylacja taktyczna połączona z przestrzenną mgłą wodną są wymagane.

d) W momencie wejścia lub podczas przemieszczania się z linią gaśniczą w głąb gęstego dymu - należy obserwować dym w drzwiach. Jeśli pulsowanie dymu jest wyraźnie widoczne, w którym dym jest zasysany i pulsuje tam i z powrotem, lub gdy dym jest czarny i zawija się z powrotem w siebie, należy niezwłocznie wycofać się z tego miejsca za pulsującym strumieniem przestrzennej mgły wodnej skierowanej w górę. Oznaki te świadczą wyraźnie o możliwości powstania backdraftu.

e) Odgłosy gwizdu lub ryku są klasycznymi oznakami backdraftu - należy szybko wyjść!! Również tu, należy użyć pulsującego strumienia skierowanego w górę w celu zubożenia gazów pożarowych.

f) Kolejną oznaką backdraftu może być obecność niebieskich płomieni wewnątrz pomieszczenia. Może to być ostrzeżeniem świadczącym o spalaniu mieszanek, w której

powietrze bardzo szybko przemieszcza się do źródła ognia.....należy 'pulsować' i wycofać się!

g) Każdy nagły wzrost temperatury wewnątrz pomieszczenia objętego pożarem, szczególnie jeśli zmusza strażaków do bardzo niskiego przykucania, jest sygnałem ostrzegawczym przed nieuchronnym rozgorzeniem. Należy wtedy "pulsować" wodę w górę, tzn. zastosować metodę przestrzennej mgły wodnej w celu ochłodzenia fazy gazowej.

h) Oznaki płomieni w warstwie gazów nad twoją głową są oznaką rozgorzenia - "pulsuj", "pulsuj", "pulsuj"!!!

i) Jeśli granica dymu gwałtownie obniża się w kierunku podłogi zaś pożar pojawia się na suficie, należy wycofać się z pomieszczenia za pulsującym strumieniem skierowanym ku górze, zanim nastąpi rozgorzenie.

j) Podczas robienia otworów w ścianach, pustych przestrzeniach itp. należy zachować szczególną ostrożność. Należy mieć po ręką napętnioną linię gaśniczą, aby za pomocą pulsującego strumienia ochłodzić strumienie gazów wydostających się lub powracających do pomieszczenia.

k) W momencie opanowania pożaru i podczas dogaszania, nigdy nie należy zakładać, że nie istnieje niebezpieczeństwo. Należy uważać na nagromadzone gazy pożarowe w górze, w kredensach, przestrzeniach dachowych, pustych przestrzeniach i pomieszczeniach przylegających. Należy upewnić się, że wszystkie miejsca są właściwie wywietrzone pod osłoną pulsującej mgły. Należy uważać przy zastosowaniu PPV (ang. Positive Pressure Ventilation - wentylacja nadciśnieniowa) w sytuacji gdy palące się fragmenty mogą się unieść ku górze.

## 2. Chłodzenie fazy gazowej

Woda jest i była uważana za środek gaśniczy od czasów gdy człowiek poznał ogień. Za wyjątkiem helu i wodoru, woda posiada największe ciepło właściwe ze wszystkich występujących naturalnie substancji i posiada największe utajone ciepło parowania z pośród wszystkich cieczy. Teoretycznie ocenia się, że jeden gram ciekłej wody może ugasić 50 litrową objętość płomienia poprzez obniżenie jego temperatury poniżej wartości krytycznej - co odpowiada "szybkości podawania" równej 0,02 l/m<sup>3</sup>. Sugerowano ponadto, iż ilość wody potrzebnej aby uzyskać kontrolę na pożarem wewnętrznym wynosi 38 - 68 litrów na 28 metrów sześciennych ognia. W Wielkiej Brytanii ocenia się, że większość typowych pożarów pomieszczeń gasi się przy użyciu 60-361 litrów, czyli mniej niż posiada jeden wóz gaśniczy. Jest też wiele opublikowanych wzorów pozwalających strażakom na oszacowanie wymaganej ilości wody podczas pożaru wewnętrznego. Jednym z nich jest pogląd Royera-Nelsona, iż przepływ 38 litrów na minutę (10 galonów na minutę) jest wymagany na 28,3 metrów sześciennych (1000 stóp sześciennych) pożaru. Bardziej akceptowanym oszacowaniem jest oszacowanie National Fire Academy (USA) iż przepływ ok. 115 l/min jest wymagany dla podanej objętości pożaru.

### Możliwości chłodzące wody

Jako środek gaśniczy, woda ma teoretyczną pojemność chłodzenia równą 2,6 MW na litr na sekundę, chociaż w zastosowaniu praktycznym bezpośredniego natarcia, pojemność ta wyniesie raczej ok. 0.84 MW na litr na sekundę. Spoglądając na te liczby z perspektywy, strażak jest w stanie docenić prawdziwy potencjał linii gaśniczej w każdej szczególnej sytuacji. Przykładowo, szacunkowa szybkość wydzielania się ciepła (SWC) z krzesła wypętnionego pianką zawiera się najczęściej w przedziale 400-500 kW, zaś dla małej garderoby 1.8 MW. Większe pożary, jak nowoczesne pracownie biurowe zawierające meble, artykuły piśmiennicze i komputer, mogą powodować SWC o wartości 1.7 MW w 5 minut (dwa przepierzenia) i 6,7 MW w 9 minut (trzy przepierzenia) i ciepło te pochodzi tylko od

podanych przedmiotów. Trzymiejscowa kanapa będzie miała SWC = 3,5 MW, a dla sosnowego łóżka piętrowego wartość ta sięgnie 4,5 MW. Szwedzkie symulatory rozgorzenia zazwyczaj osiągają poziom 3 MW, podczas gdy ocenia się, iż podczas dwóch lub trzech minut początkowej fazy pożaru w budynku wysokim Interstate Bank w Los Angeles w roku 1988 SWC równało się 10 MW! Aby poradzić sobie z tak wielką ilością ciepła potrzebna jest znaczna ilość wody. Dla strażaka oznacza to, że używana prądownica posiada pewną 'maksymalną praktyczną' pojemność chłodzenia. Można podać pewne wiarygodne oszacowania tej wartości (Tabela 1). Można zauważyć, że przy 0,84 MW na litr na sekundę praktyczna pojemność chłodzenia wody wynosi ok. jednej trzeciej pojemności teoretycznej! Oznacza to, że około dwie trzecie ilości wody dostarczonej do pożaru ma mały lub nie ma żadnego efektu - dochodzi do utraty znacznej ilości wody!

50 l/min - 0.69 MW

100 l/min - 1.39 MW

150 l/min - 2.10 MW

200 l/min - 2.79 MW

300 l/min - 4.20 MW

550 l/min - 7.69 MW

800 l/min - 11.19 MW

1000 l/min - 13.99 MW

#### **Tabela 1 - Praktyczna pojemność chłodzenia wody przy bezpośrednim natarciu**

Woda jest potencjalnie bardzo silnym środkiem gaśniczym, jednak aby uzyskać ten duży potencjał, ciepło musi być efektywnie przeniesione z pożaru i jego otoczenia do wody dostarczonej podczas gaszenia. Wielu naukowców dokładnie badało dynamikę tłumienia i gaszenia, w ogólności zakładając, iż głównym mechanizmem gaszenia pożarów wewnętrznych jest chłodzenie paliwa, chociaż uznaje się, że pośrednie chłodzenie i neutralizacja atmosfery pożaru także odgrywają rolę. Jednak niewielu zdało sobie sprawę z korzyści i potencjału chłodzenia fazy gazowej szczególnie jeśli chodzi o bezpieczeństwo i przeżycie strażaków. Celem tej książki (Grimwood, 1992) jest właśnie przedstawienie techniki zastosowania przestrzennej mgły wodnej która stała się bardzo popularna wśród strażaków stolic Europy w ciągu ostatnich 20 lat.

W tym miejscu trzeba podkreślić, że takie użycie mgły wodnej w żaden sposób nie jest porównywalne z 'pośrednim natarciem' które stało się popularne w latach 50-tych i 60-tych. Ten styl gaszenia, który ciągle ma swoich zwolenników, ucierpiał z powodu dodatkowych niebezpieczeństw jakie stwarza - przykładowo, technika ta polegała na wytworzeniu nadmiernych ilości przegrzanej pary wewnątrz stosunkowo niewywietrzonego pomieszczenia (pokoju lub przestrzeni). Było to osiągane poprzez dostarczenie rozpylonej wody na gorące powierzchnie, ściany i sufity wewnątrz pomieszczenia objętego pożarem, co często zmuszało strażaków do pracy w ekstremalnych warunkach, zaś wielu doznało poparzeń i cierpiało na przemęczenie cieplne. Występował też problem wywołany przez efekt "tłokowy" rozszerzającej się pary, która popychała dym i ciepło, a czasami również ogień do względnie nienaruszonych części budynku powodując, że ludzie wyskakiwali z okien na wyższych piętrach. Zastosowanie to często powodowało, iż strażacy często uwięzieni byli na skutek swoich własnych działań, jako że równowaga cieplna wewnątrz pomieszczenia została wystawiona na efekt zwrotny. Efekt ten polega na tym, że pośrednie zastosowanie wody ponownie pcha ogień i ciepło w kierunku odległej ściany po czym płomienie te kierowane są ku górze i w poprzek sufitu i z powrotem w dół otaczając zbliżających się strażaków! W odróżnieniu, główne cele przestrzennej mgły wodnej nie są skierowane na zastąpienie sposobu tłumienia ognia, lecz raczej na uzupełnienie podejścia

taktycznego, poprzez stworzenie komfortowego i bezpiecznego środowiska w którym strażacy będą mogli efektywnie funkcjonować podczas gaszenia i ratowania. W sytuacji idealnej, zastosowanie to ma na celu zapobiegnięcie jakimkolwiek zapaleniu się gazów pożarowych, lecz nawet jeśli to nie całkiem się powiedzie, to zastosowanie to pomoże w ugaszeniu, złagodzeniu i zapanowaniu nad niebezpieczeństwami związanymi z rozgorzeniem i backdraftem. Techniki zastosowania są precyzyjne i w znacznej mierze opierają się na odpowiednim wyposażeniu, efektywnych procedurach postępowania i prawidłowym, regularnie przeprowadzanym szkoleniu.

## Rozpylona woda

Kiedy strumień gaśniczy staje się rozpylony i kiedy strumień rozpylony staje się mgłą? Są to ważne pytania i w kilku opracowaniach starano się na nie odpowiedzieć. Ma to szczególne znaczenie dla producentów Systemów Gaszenia Pożarów Mgłą Wodną (SGPMW), którzy są zaangażowani w dostarczanie statych urządzeń gaśniczych w zastępstwie systemów ochronnych gaszących halonem. Herterich wykazał potrzebę spójnej terminologii do dyskusji nad gaśniczymi strumieniami rozpylonymi, szczególnie jeśli chodzi o charakterystykę rozmiarów kropeł. Grant i Drysdale zaadoptowali 'spektrum średnicy kropeł' aby zademonstrować szeroki zakres możliwości. Wielkości w zakresie 100 - 1000 mikronów (0,1mm - 1.0mm) były najbardziej interesujące w zastosowaniach gaśniczych, co odpowiada na wykresie spektrum wielkości kropeł lekkiego deszczu lub mżawki. Rozgraniczenie pomiędzy strumieniem rozpylonym i mgłą pozostaje umowne. Przykładowo, amerykańska NFPA (National Fire Protection Association) zasugerowała praktyczną definicję 'mgły wodnej' jako strumienia rozpylonego w którym 99% objętości wody jest zawarta w kroplach o średnicy mniejszej niż 1000 mikronów (1.0 mm), podczas gdy w konwencjonalnych systemach tryskaczowych 99% objętości wody zawarta jest w kroplach o średnicy mniejszej niż 5000 mikronów (5 mm). Niektórzy uważają definicję mgły podaną przez NFPA jako "luźną" w odniesieniu do SGPMW i alternatywna definicja została rozwinięta sugerując, że mgła powinna składać się w 99% z kropeł o średnicach do 500 mikronów (0,5mm). Warto zauważyć, że większość SGPMW wytwarza krople w zakresie 50-200 mikronów i ogólnie uważa się, że krople mniejsze od 20 mikronów są potrzebne aby strumień rozpylony posiadał właściwości podobne do gazu.

## Co to jest chłodzenie fazy gazowej?

W roku 1990 Pożarnicza Jednostka Badawcza w Wielkiej Brytanii ukończyła badania nad użyciem wodnych prądów rozpylonych w pożarach pomieszczeń. Wyraźnie zaobserwowano, że strażacy naturalnie postępują według "trójfazowego" podejścia podczas natarcia na pożary w fazie porozgorzeniowej.

**Faza pierwsza:** Chłodzenie pokoju za pomocą strumienia rozpylonego przed wejściem, podczas którego następuje gwałtowny spadek temperatury (800°C - 400°C).

**Faza druga:** Po 60 sekundowej fazie pierwszej natarcia, strażacy posuwają się w głąb pokoju aby rozpocząć bezpośrednie natarcie na pożar (400°C - 190 °C)

**Faza trzecia:** Końcowe ugaszenie które ma miejsce na miejscach gorących (190°C i mniej).

Panuje zgodność co do faktu, iż kierowanie wodnego strumienia rozpylonego ku górze (tzn. w palącą się lub przegrzaną warstwę gazów pod sufitem) w pożarze pomieszczenia, ogólnie rzecz biorąc stwarza bezpieczniejsze i bardziej komfortowe środowisko dla posuwających się strażaków. Takie podejście może zostać zaklasyfikowane jako pierwsza faza czyli 'chłodzenie fazy gazowej'. Jeśli jednak prądownik nie jest przeszkolony w zastosowaniu mgły przestrzennej, wtedy pewna ilość wody może uderzyć w gorące powierzchnie wewnątrz pomieszczenia, co spowoduje nagłe jej przejście w stan przegrzanej pary. Należy tego unikać, gdyż takie zastosowanie bliższe jest starej metodzie natarcia pośredniego w raz z jej niebezpieczeństwami. Jest sprawą zasadniczą aby chłodzenie fazy gazowej

przeprowadzać precyzyjnie i pod kontrolą oraz aby zrozumieć jak zachowuje się przestrzenna mgła wodna.

Przeprowadzono wiele badań dotyczących efektów chłodzenia fazy gazowej lecz większość tych badań dotyczyła SGPMW i urządzeń tryskaczowych, podczas gdy niewiele uwagi poświęcono efektom podczas zastosowań pożarniczych. Pomimo tego, wiele wyników uzyskanych za pomocą modeli komputerowych i testów laboratoryjnych ma bezpośrednie odniesienie do zastosowań przestrzennej mgły wodnej, szczególnie zaś w stosunku do optymalnych rozmiarów kropeł, interakcji pomiędzy kroplami wody, płomieniami, trajektoriami kropeł i czasów "lotu" (lub czasu "rezydencji"). Potwierdzono też występowanie "zaciągania powietrza" podczas wyptywu wody co przyczyniało się do zwiększenia intensywności spalania podczas początkowej fazy zastosowania mgły wodnej. W stosunku do gaśniczych strumieni rozpylonych zaobserwowano, że stały wpływ wody do wnętrza pomieszczenia objętego pożarem spowoduje wzrost temperatury, szczególnie w miejscu wejścia, o ok. 14% przez okres 2-5 sekund zanim nastąpi chłodzenie fazy gazowej. Obserwacja ta została poczyniona podczas użycia stałego (nie pulsującego) strumienia rozpylonego o wydajności 2 litrów na sekundę, ustawionego na kąt stożkowy 26°. Taki efekt może być znacznie niepokojący dla strażaków przy prądownicy! Jednak poprzez wykorzystanie prawidłowych technik pulsacji przy pracy z prądownicą, efekt "zaciągania powietrza" będzie pomijalny, zaś natychmiastowy efekt chłodzący stanie się oczywisty.

Nowoczesne prądownice strażackie wytwarzają prądy rozpylone za pomocą efektu ciśnieniowego rozpylacza (atomizatora), czego efekt nazywany jest "polidispersyjnym strumieniem rozpylonym" - to znaczy, zawiera on szeroki zakres rozmiarów kropeł - od dużych do bardzo drobnych. Jest kilka metod pomiaru rozmiarów kropeł w strumieniu rozpylonym, jednak wyniki są często sprzeczne w zależności od użytej metody. Sugerowano, iż istnieje optymalna wielkość kropeł w odniesieniu do gaszenia ognia, ale nigdy tej wartości nie znaleziono, jako że różne są cele tych poszukiwań. Teoretycznie dosyć prosto jest ustalić optymalny rozmiar, lecz w rzeczywistych sytuacjach gaśniczy strumień rozpylony musi stawić czoło kilku utrudniającym czynnikom podczas wtłaczania go do nieprzyjaznej masy przegrzanych gazów pożarowych. Im mniejsza jest kropla, tym lepsza jest pojemność chłodzenia, lecz jeśli krople są zbyt małe wtedy prawdopodobne jest, że interakcja z płomieniami może uniemożliwić kroplom dotarcie do źródła ognia. Ta strata wody do otoczenia jest szczególnie istotna tylko wtedy gdy ostatecznym celem jest ugaszenie źródła ognia za pomocą strumienia rozpylonego. Jeśli chodzi zaś o chłodzenie fazy gazowej, efekt ten nie jest już tak przeważający, zaś rozmiary kropeł w strumieniu mogą być zmniejszone. Idealna prądownica gaśnicza wytwarzać będzie strumień rozpylony zawierający krople wystarczająco małe aby zawiesić się w powietrzu na przynajmniej cztery sekundy, optymalizując zastosowanie przestrzennej mgły wodnej podczas chłodzenia fazy gazowej. Jednak, prądownica taka powinna również być wszechstronna na tyle, aby z łatwością zmieniać strumień rozpylony na zwarty i z powrotem w celu umożliwienia bezpośredniego uderzenia na źródło ognia. Mając to na uwadze, powszechnie został zaakceptowany fakt, iż strumień rozpylony o średniej średnicy kropeł równej 300 mikrom (0,3 mm) jest idealny do zastosowania przestrzennej mgły wodnej do chłodzenia fazy gazowej. Zastosowanie to było krytykowane w związku z "inwersją temperatury" podczas używania strumieni 300 mikronowych. Efekt ten powstaje, gdy chłodzenie górnych warstw jest na tyle nagłe i całkowite, że czasami przez kilka sekund temperatura na poziomie podłogi przewyższa temperaturę pod sufitem! Sugeruje się, że taka inwersja temperatury jest dobrą rzeczą gdy temperatura podłogi nie jest w stanie opaść tak szybko jak temperatura palnych gazów pożarowych, co spowodowane jest całkowitym wyparowaniem drobnych kropeł wody w górnej strefie. Nie chodzi o to, że temperatura podłogi wzrasta podczas zastosowania przedstawionej techniki, ale po prostu, że chłodzenie gazów w górze jest tak pełne, iż bardzo mało kropeł spada z powrotem na podłogę!

Optymalny rozmiar kropeł dla chłodzenia fazy gazowej został też omówiony w raporcie finansowanym wspólnie przez Fińską i Szwedzką Radę Badań Pożarniczych gdzie pokazano, iż krople o rozmiarach mniejszych niż 200 mikronów i większych niż 600 mikronów powodują tworzenie się nadmiernych ilości niepożądanego pary wodnej podczas testów, podczas gdy te w zakresie 400 mikronów (0,4 mm) optymalizują efekt chłodzenia fazy gazowej. Powodem tego jest głównie efekt interakcji słupa ognia z kroplami wody podczas

użycia mniejszych kropeł, co powodowało konieczność użycia większej ilości wody w celu osiągnięcia efektywnej prędkości chłodzenia oraz zwiększa ilość wody docierającą do gorących powierzchni w przypadku większych kropeł (większe krople są cięższe i mają mniejszy czas "rezydencji" (lotu) w gazach). Fakt ten został także odnotowany w kilku testach przeprowadzonych w USA, gdzie temperatury ścian w pomieszczeniu objętym pożarem były generalnie zmniejszane proporcjonalnie do zwiększających się średnic kropeł - również powodując większe parowanie i chłodzenie poza gazami pożarowymi, gdzie - podczas pierwszych dwóch minut zastosowania -

strumienie rozproszone o 330 mikronowych kroplach obniżały temperaturę ścian o 57°C

strumienie rozproszone o 667 mikronowych kroplach obniżały temperaturę ścian o 124°C

strumienie rozproszone o 779 mikronowych kroplach obniżały temperaturę ścian o 195°C

To również pokazuje, że strumienie rozproszone o większych kroplach dotrą do większej powierzchni (szczególnie ścian i sufitu), co z kolei spowoduje wytworzenie się nadmiernych ilości pary i mniejsze kurczenie się gazów. Chłodzenie fazy gazowej jest efektywne tylko wtedy, gdy krople wody parują w gazach pożarowych, unikając na ile to możliwe kontaktu z gorącymi powierzchniami.

### 3. Zastosowanie przestrzennej mgły wodnej

W latach 80-tych, po tym jak rozgorzenie zabiło dwóch szwedzkich strażaków, strażacy w Sztokholmie zaczęli ćwiczyć techniki opracowane przez Gisselona i Rosandera, których celem była ochrona przed niebezpieczeństwami związanymi z rozgorzeniem i backdraftem. Techniki te pociągały za sobą wykorzystanie prądownic mgłowych (T&A Forfighter) w celu dostarczenia drobnej 'mgły' wodnej do górnych warstw gazów pożarowych, za pomocą serii krótkich 'wytrysków' (poprzez zastosowanie techniki 'pulsowania' na prądownicy). Celem było uniknięcie kontaktu z gorącymi powierzchniami, ścianami i sufitem, oraz umieszczenie niewielkich ilości kropeł wody bezpośrednio w gazach pożarowych, gdzie efekt chłodzący byłby zmaksymalizowany. Takie zastosowanie pozwoliło na uniknięcie znacznej ekspansji pary oraz innych problemów związanych z pośrednim natarciem mgłą wodną, tworząc jednocześnie bezpieczne i komfortowe środowisko dla posuwających się strażaków przed natarciem na główne źródło ognia. To szwedzkie pojęcie (nazywane też 'ofensywnym natarciem') zostało oparte na zrozumieniu procesu rozwoju pożaru i wielki nacisk położony został na obserwację szczególnych znaków ostrzegawczych, które mogą doprowadzić do zapalenia gazów pożarowych takich jak rozgorzenie czy backdraft. Zalety przestrzennej mgły wodnej są równie dobrze widoczne w przypadku pożaru przedrozgorzeniowego jak i porozgorzeniowego.

**Sytuacja przedrozgorzeniowa** - Mgła wodna podawana jest podczas podejścia do pożaru, nawet na zewnątrz pomieszczenia objętego pożarem, w celu zubożenia gazów pożarowych, które mogą być przegrzane lub po prostu ciepłe. Celem, w tym przypadku, jest umieszczenie mgły drobnych kropeł w górnych warstwach pomieszczenia, aby zapobiec albo złagodzić niebezpieczeństwo spalania gazowego. Sama ta technika prawdopodobnie uratowała życie wielu strażakom działającym w niebezpiecznych warunkach pożaru wewnętrznego. Kolejne zastosowanie korzysta z podciśnienia tworzącego się pod 'granica warstw' (ang. 'interface' - granica pomiędzy dymem zajmującym górną część pomieszczenia a czystym powietrzem w dolnej części tego pomieszczenia - *przyp. tłum.*), gdzie powietrze jest zaciągane w kierunku pożaru. Powoduje to, iż kropelki wody dostają się do tej 'strugi powietrza' maksymalizując efekt techniki mgły przestrzennej. Oba te zastosowania są dokładne i wymagają efektywnego 'pulsowania' na prądownicy, przywiązując szczególną uwagę do 'kąta stożkowego' (średnicy prądu wody) i kąta zastosowania (w odniesieniu do poziomu).

**Sytuacja porozgorzeniowa** - W sytuacji, gdy pożar rozwinął się do fazy rozgorzeniowej i porozgorzeniowej, zastosowanie przestrzennej mgły wodnej może zostać użyte do

ugaszenia palących się gazów w szybki i bezpieczny sposób. Umiejętność taka wymaga intensywnego szkolenia, w którym strażak przeżywa prawdziwe rozgorzenia w symulatorze pożarów (kontenerze). W symulatorze tym obserwuje się fazy rozwoju i ćwiczone jest 'pulsowanie' na prądownicy w celu szybkiego i bezpiecznego opanowania pogarszających się warunków pożaru. Podczas rozgorzenia, wszystko odbywa się szybko, dlatego strażak podczas ćwiczeń przechodzi przez kilka prób w symulatorze, aby zyskać pewność w radzeniu sobie z tą sytuacją życia lub śmierci!

Aby zyskać pożądane rezultaty, 'kąt stożkowy' prądu wody i 'kąt zastosowania' są równie ważne, jak praktyczne aspekty 'pulsowania' na prądownicy. Przykładowo, prąd wody o kącie stożkowym 60° zastosowany pod kątem 45° do poziomu, w przeciętnym pokoju (ok. 50 m<sup>3</sup>) zawierać będzie ok. 16 m<sup>3</sup> kropel wody. Jednosekundowy wytrysk z linii gaśniczej o wydajności 100 l/min spowoduje wtłoczenie do stożka ok. 1.6 litra wody. Załóżmy, że pojedyncza 'jednostka' nagrzanego powietrza o temperaturze 538°C waży ok. 0.45 kg i zajmuje objętość jednego metra sześciennego (1 m<sup>3</sup>). Ta pojedyncza 'jednostka' powietrza jest w stanie spowodować odparowanie 0,1 kg (0.1 litra) wody, która już jako para (wytworzona w typowej temperaturze pożaru pomieszczenia będącego na granicy rozgorzenia) będzie zajmować objętość 0.37 m<sup>3</sup>. Należy zauważyć, że 60-stopniowy stożek mgły wodnej, po wtłoczeniu, będzie zajmował przestrzeń 16 'jednostek' powietrza będącego w temperaturze 538°C. Oznacza to, że 1.6 kg (16 x 0.1 kg) lub 1.6 litra wody, może zostać odparowane - tzn. dokładnie taka ilość która została wtłoczona do stożka podczas jednego wytrysku. Taka ilość jest wyparowywana w gazach zanim padnie ściany i sufit, maksymalizując tym samym efekt chłodzenia w górnych warstwach pomieszczenia. Można zaobserwować, że większa ilość wody przejdzie przez warstwę gazów i wyparuje na gorących powierzchniach wewnątrz pomieszczenia, powodując wytworzenie się niepożądanych ilości pary.

Na podstawie prawa Charlesa, możemy zobaczyć, jak gazy zostały efektywnie ochłodzone powodując ich skurczenie. Każda 'jednostka' powietrza wewnątrz stożka mgły wodnej została ochłodzona do temperatury ok. 100°C i zajmuje objętość zaledwie 0.45 m<sup>3</sup>. Powoduje to, iż zmniejsza się całkowita objętość powietrza (w przestrzeni objętej stożkiem mgły wodnej) z 16 m<sup>3</sup> do 7.2 m<sup>3</sup>. Do tego musimy jednak dodać 5.92 m<sup>3</sup> pary wodnej (16\*0.37) która wytworzona została w temperaturze 538°C wewnątrz gazów. Efekt ten powoduje powstanie podciśnienia wewnątrz pomieszczenia zmniejszając całkowitą objętość z 50m<sup>3</sup> do 47.1 m<sup>3</sup>. za pomocą jednego wytrysku mgły wodnej! Wpływ powietrza jaki może mieć miejsce na prądownicy będzie minimalny (ok. 0.9 m<sup>3</sup>) co spowoduje utrzymanie się podciśnienia.

Oczywiście w rzeczywistości, cała przestrzeń jest gotującą się masą ciepła w której 'temperatura powietrza' oraz 'ciśnienie w pomieszczeniu' od razu wzrosną, chyba że zastosowanie wodnej mgły przestrzennej będzie efektywnie postępować. W praktyce, faktyczny czas 'pulsowania' może trwać tylko 0.1 to 0.5 sekundy, umożliwiając zastosowanie linii węzowych o większej wydajności z takim samym skutkiem. Są to moje własne obliczenia oparte na teorii przestrzennej mgły wodnej, i zgodnie z moją wiedzą, nie występują w innych opracowaniach. Pomimo tego, że dużo bardziej skomplikowane obliczenia wymagane byłyby aby zadowolić naukową skrupulatność, naukowcy w brytyjskim Fire Research Station powiedzieli mi, że biorąc pod uwagę zmienne związane z rozmiarami kropel, wyniki końcowe pozostaną zbliżone do moich.

## **Praktyczne aspekty zastosowania wodnej mgły przestrzennej**

Zastosowanie wodnej mgły przestrzennej podczas prawdziwych pożarów wymaga aby prądownik dokładnie rozumiał cele i możliwości tej techniki. Strażak taki musi być też bardzo doświadczony w 'pulsacyjnym' postępowaniu się prądownicą. Umiejętności takie mogą być zdobyte wyłącznie podczas regularnych ćwiczeń przeprowadzanych w specjalnie do tego celu zbudowanych symulatorach lub w przerobionych do tego celu stalowych kontenerach. Uwagę należy też zwrócić na wyposażenie i utrzymanie odpowiedniego sprzętu i prądownic, zaś technika ta powinna zostać uzupełniona o odpowiednie wytyczne dla strażaków.

W rzeczywistych sytuacjach, perfekcyjne zastosowanie jest trudne do osiągnięcia i niewielkie ilości wody mogą spotkać się z gorącymi powierzchniami w pomieszczeniu. Nawet wtedy, prądownik powinien starać się, aby uzyskać stosunek chłodzenia 2 do 1 na korzyść gorących gazów w stosunku do powierzchni, aby działanie takie nie było faktycznie natarciem 'pośrednim'. Takie zastosowanie wymaga kąta stożkowego mgły wodnej w granicach 40-60° zaś strumień wody powinien być podany pod kątem ok. 45° do podłogi. W zadymionym pomieszczeniu taka precyzja może być trudna do osiągnięcia. Jednak nowoczesne prądownice 'kontrolujące rozgorzenie' często wyposażone są w pierścienie, które w sytuacji braku widoczności, umożliwiają poinformowanie prądownika czy idealny zakres kąta został osiągnięty. Uczy się czasami, aby starać się osiągnąć taki kształt strumienia mgły wodnej, aby objąć tym strumieniem powierzchnię jednego metra kwadratowego w pomieszczeniu. Zasada ta jest nieprawidłowa! Po pierwsze, celem wodnej mgły przestrzennej jest unikanie kontaktu wody w powierzchniami - a po drugie, w pomieszczeniu średniej wielkości, aby uzyskać ten warunek, wymagany kąt stożkowy strumienia wynosi 20°. Za pomocą takiego kąta strumienia osiągniemy objętość mgły niewiele ponad 1 m<sup>3</sup>, w przeciwieństwie do 7 m<sup>3</sup> przy kącie stożkowym 40° i 16 m<sup>3</sup> przy kącie 60°. Określenie 'przestrzenny' sugeruje, że takie zastosowanie mierzone jest w pojemności przestrzennej i dlatego można zauważyć, że kąty stożkowe lub średnice strumienia mgły poniżej 40° nie przyniosą optymalnego efektu chłodzenia fazy gazowej. Ponadto, im węższy strumień - tym więcej powietrza zostanie zaciągnięte do tego strumienia przy prądownicy! Jeśli chodzi o kąt zastosowania - w przeciętnym pokoju o kubaturze 50 m<sup>3</sup> - prądownik powinien kierować środek strumienia wody w przeciwległy kąt pokoju, w miejsce w którym sufit styka się ze ścianami. Spowoduje to umieszczenie strumienia pod kątem ok. 45° do podłogi. Kąt taki zmniejszy ilość wody padającej na ściany i sufit oraz zoptymalizuje zużycie wody poprzez umieszczenie większości kropel wody w strumieniu bezpośrednio w gazach.

'Pulsowanie' na prądownicy realizowane jest poprzez szybkie otwieranie i zamykanie dzwigni zaworu prądownicy. Działanie takie wymaga trochę wprawy, zaś niektóre prądownice nadają się do tego celu bardziej od innych. W przypadku idealnym, poszczególne 'pulsy' powinny trwać pomiędzy 0.1 - 0.5 sekundy i na powinny kilka sekund umieścić w górnych warstwach pomieszczenia drobną mieszaninę kropel. Gdy 'puls' strumienia wody wyparują, przestrzeń stanie się 'zamgloną', 'suchą' parą wodną, co jednak dzieć się będzie pod ścisłą kontrolą prądownika, który wraz z doświadczeniem, nauczy się tak dozować 'impulsy' by uzyskać optymalny efekt. Jakikolwiek 'omiatające' ruchy prądownicą najprawdopodobniej zakłóca równowagę termiczną wewnątrz pomieszczenia i spowodują obniżenie się warstwy gorących gazów do dolnych warstw pomieszczenia w których znajdują się strażacy. Ciągłe impulsy trwające dłużej niż sekundę mogą natomiast spowodować efekt 'tłokowy' przepychający ogień do miejsc niezajętych ogniem, przestrzeni dachowych itp. Technika użycia przestrzennej mgły wodnej często nazywana była 'dziurkowaniem', gdyż prądownik będzie próbował 'podziurawić' 'poduszkę' gazów pożarowych zawieszoną w górnych warstwach pomieszczenia za pomocą krótkich wtrysków kropel wody. Efekt ten spowoduje, że gazy ochłodzą się i skurczą oraz spowoduje zubożenie wewnątrz tej poduszki.

W badaniach przeprowadzonych przez Straż Pożarną w Fairfax County w 1985 roku porównano zdolność chłodzenia prądów wytworzonych przez prądownice z gładkimi otworami (prądownice uniwersalne - *przyp. tłum.*) z prądami wytwarzanymi przez prądownice wielofunkcyjne wytwarzające zarówno prądy zwarte jak i mgłowe. Na podstawie pomiarów uzyskanych za pomocą zabezpieczonych termopar okazało się, iż prądownice wielofunkcyjne nastawione na wytwarzanie prądu mgłowego były trzykrotnie bardziej efektywne w chłodzeniu górnych warstw niż prądownice wytwarzające tylko prąd zwarty. Nieco zaskakującym jest fakt, iż prądy zwarte wytworzone przez prądownice wielofunkcyjne były dwukrotnie bardziej efektywne w chłodzeniu warstw podsufitowych w porównaniu z prądami zwartymi prądownic uniwersalnych. Strażacy, którzy brali udział w testach, zostali przekonani, iż dobrze jest dysponować możliwościami prądownicy wielofunkcyjnej na początku jakichkolwiek działań gaśniczych w pożarach wewnętrznych.

W 1994 roku Naval Research Laboratory Amerykańskiej Marynarki Wojennej zainicjowało badania na pokładzie pełnowymiarowego statku służącego do próbnego przeprowadzania pożarów. Celem było określenie zalet i wad zastosowania podejścia przestrzennej w

porównaniu z tradycyjnym natarciem prądem zwartym do ugaszenia rosnącego pożaru (klasy "A") wewnątrz pomieszczenia o kubaturze 73m<sup>3</sup>. Obciążenie ogniowe składało się z drewnianych stosów i płyt wiórowych, zaś spalanie zostało zainicjowane za pomocą płomienia zbiorników z n-heptanem. Aby zwiększyć realizm sytuacji, pomiędzy źródłami ognia a wejściem do pomieszczenia objętego pożarem umieszczono przeszkody. Zmusiło to grupy nacierające do znacznego posunięcia się wewnątrz pomieszczenia, zanim możliwe było bezpośrednie uderzenie na podstawie płomieni. Użyta została linia gaśnicza 38mm o wydajności 380 l/min dla natarcia mgłą wodną jak i dla natarcia strumieniem zwartym. Przy stosowaniu mgły wodnej, woda była pulsacyjnie 'wtryskiwana' strumieniem o kącie stożkowym 60° zastosowanym pod kątem 45° do podłogi do warstw podsufitowych pomieszczenia. Po ugaszeniu spalania gazowego, strażacy przemieszczali się dalej do źródła ognia aby dokończyć gaszenie za pomocą prądu zwartego. Termopary zamontowane na różnych wysokościach mierzyły temperaturę podczas testów. Zużycie wody też było notowane. Stało się oczywistym, że zastosowanie przestrzennej mgły wodnej było dużo bardziej efektywne w kontrolowaniu warunków środowiskowych - równowaga termiczna nie została zakłócona, zaś tworzenie się pary było minimalne. Dla porównania, natarcie prądem zwartym powodowało wytwarzanie nadmiernych ilości pary, zakłócało równowagę cieplną, powodując oparzenia prądowników, zmuszając ich czasami do wycofania się z pomieszczenia. Obniżenie temperatury w pomieszczeniu też odbywało się szybciej przy zastosowaniu pulsującego prądu mgłowego. W podsumowaniu stwierdzono, iż "strategia wodnej mgły przestrzennej jest najlepszą metodą służącą do zapewnienia bezpiecznego i skutecznego podejścia do pożaru w pomieszczeniu, w którym nie można od razu uzyskać bezpośredniego dostępu do źródła ognia".

Jeden z autorów na Irlandzkim Zjeździe Komendantów Straży Pożarnej w 1998 roku przedstawił następujące sprawozdanie. Przedstawia ono typową symulację pożaru wewnętrznego będącego na granicy rozgorzenia i pokazuje jak wodna mgła przestrzenna może zostać zastosowana w celu uzupełnienia taktycznej wentylacji i PPV (ang. Positive Pressure Ventilation).

*Gdy wczółgaliśmy się do pokoju, ryk pożaru był dosyć niepokojący, Gęsty dym z płomieni pożaru zakręcał do dołu, powodując powstanie dolnej granicy dymu (ang. interface) na poziomie ok. 1,2 m nad podłogą, zaś ciepło promieniujące od górnych warstw pomieszczenia były wyraźnie odczuwalne poprzez warstwy ubrań ochronnych. Spojrzałem dokładnie ponad nas, w ciemność dymu i ujrzałem kilka żółtych języków ognia przetaczających się pod sufitem, oddzielających się od głównego źródła ognia, który buchał w oddalonym kącie pomieszczenia. Posunęliśmy się jakiś metr w głąb pokoju po czym chwyciłem prądownicę wysokociśnieniowej linii szybkiego natarcia i wypuściłem krótkie 'pulsy' mgły wodnej do górnych warstw ponad naszymi głowami. Na podłogę nie spadła ani kropla wody a seria trzasków sugerowała, że mgła 'robiła swoją robotę' w warstwach przegrzanego gazu. Języki ognia znikły na kilka sekund po czym ponowiły swój niesamowity 'taniec węża' w kierunku otwartych drzwi znajdujących się za nami. "Woda stój!" krzyknął Miguel przez radio zamontowane w aparacie. Gdy stopniowo posuwaliśmy się w głąb, zdałem sobie sprawę, że pokładam w tym człowieku całą nadzieję.*

*Dym ciągle zakręcał ku dołowi wokół nas, i z przerażeniem obserwowałem, jak kilka 'balonów' gazów pożarowych zapaliło się przed moimi oczyma jakiś metr nad podłogą, każdy na krótką sekundę. Czuję, że moment rozgorzenia w pomieszczeniu szybko nadciągał i instynktownie sięgnąłem po prądownicę. "CZEKAJ!", krzyczał Miguel - i śmiejąc się kopnął w drzwi wejściowe prawie je zamykając. Czuję się niezwykle krucho, ale wtedy, jakby ktoś zakręcił zawór, pożar nagle stracił swój ryk i przetaczające się pod sufitem płomienie całkowicie znikły. Wszystko przyciemniało, podczas gdy pożar trzaskał a dym obniżył się do podłogi. Nastąpiła dziwna cisza w tym oślepiającym doświadczeniu, które było aż nazbyt znajome dla 'strażaka' w moim wnętrzu. Miguel wziął prądownicę z moich rąk i wypuścił kilka krótkich 'pulsów' mgły wodnej w szeroką przestrzeń do górnych warstw pokoju. Teraz też, ani jedna kropla nie spadła na podłogę i prawie czuło się, jak bardzo małe cząstki wody zawieszały się w warstwach przegrzanego gazu. Nadciśnienie pary wodnej i jej wilgotność była zanedbywalna, zaś jakkolwiek ruch powietrza był niezauważalny. Co ważniejsze, promieniowanie cieplne od górnych warstw znacznie się zmniejszyło, zmniejszając równocześnie prawdopodobieństwo wystąpienia rozgorzenia.*

Potem usłyszałem, jak Miguel, za pomocą radia, woła o przeprowadzenie z zewnątrz taktycznej wentylacji i prawie natychmiast dolna granica dymu zaczęła się podnosić gdy strażacy na ulicy otworzyli okno tego pomieszczenia. Pożar w kącie pokoju znów stał się wizualnie aktywny i zwiększał intensywność, jednak tym razem języki ognia pod sufitem kierowały się w stronę otwartego okna i z dala od naszej pozycji.

Miguel Basser był Komendantem Hiszpańskiej Straży Pożarnej w Walencji. Był człowiekiem praktycznym, który wiele nauczył się o ogniu i o jego zachowaniu w różnych warunkach. 'Bawił' się z ogniem przez kilka lat, eksperymentując wraz z swoją zaufaną grupą strażaków, forsując parametry 'pulsowania' do granic możliwości, w celu sprawdzenia efektu 'pulsowania' na rozwój pożaru. W ognistych otchłaniach tego porzuconego domu w którym przeprowadzane były testy, Miguel wiele mnie nauczył o tym, jak zapewniać sobie kontrolę nad pożarem. Jasno pokazał, jak strażacy mogą zastosować taktyczną wentylację w celu wywarcia wpływu na rozprzestrzeniający się pożar i że poprzez zwykłe zamknięcie drzwi wejściowych lub otwarcie okna na jak najwyższym poziomie możesz zapobiec sytuacji backdraftu czy rozgorzenia, lub sytuację taką opóźnić. Pokazał też jak strażacy mogą zmniejszyć promieniowanie ciepłe z górnych warstw pomieszczenia, poprzez odwrócenie kierunku płomieni z dala od wejścia do pomieszczenia tak, jak zostało to opisane.

## Strategia i taktyka zastosowania przestrzennej mgły wodnej

Można zauważyć, że zastosowanie techniki chłodzenia fazy gazowej może efektywnie i bezpiecznie uzupełnić aspekty operacyjne związane z taktyczną wentylacją pożaru lub użyciem wentylacji nadciśnieniowej (ang. Positive Pressure ventilation - PPV). Tak samo jak w przypadku każdej strategii, tak i w tym przypadku ważnym jest, aby zapewnić i utrzymywać komunikację na miejscu pożaru. Grupy działające wewnątrz są tymi grupami które decydują o tym kiedy i czy w ogóle należy rozpocząć działania wentylacyjne i ich żądania powinny być przekazywane do dowódcy akcji, który odpowiedzialny jest za podjęcie takich działań.

Wymagania taktyczne wynikające z użycia wodnej mgły przestrzennej podejmowane są przed wejściem do budynku objętego pożarem. W sytuacji idealnej, jeśli pozwala na to ilość strażaków, druga wspomagająca (zapasowa) linia gaśnicza powinna zostać rozwinięta z zajęciem stanowiska gaśniczego za pierwszą linią gaśniczą. Strażacy europejscy często używają linii o bardzo małych wydajnościach do zastosowania przestrzennej mgły wodnej, używając do tego celu linii szybkiego natarcia o wydajności tak małej jak 100 l/min. Jednak ze względów bezpieczeństwa minimalna wydajność zalecana jest, jeśli to możliwe, na poziomie 450 l/min dla celów początkowego natarcia wewnętrznego.

**Procedura otwarcia i wejścia do pomieszczenia** - Strażaków uczy się, aby zanim wejdą do pomieszczenia objętego pożarem, zaledwie na sekundę przed otwarciem drzwi, wtłoczyć 'pulsując' niewielką ilość kropeł wody do górnych warstw w rejonie wejścia do pomieszczenia. Działanie takie może zapobiec zapaleniu się przegrzanych gazów, które wydostając się do pomieszczenia przylegającego, holu czy korytarza, napotkają świeże powietrze. W tym momencie zawsze istnieje niebezpieczeństwo, że jeśli gazy te uległyby zapaleniu, mogą one przemieścić się z powrotem do pomieszczenia tworząc efekt 'cofnięcia się płomienia'. Początkowe zastosowanie mgły wodnej, o kącie stożkowym prądu wody 60°, na zewnątrz pomieszczenia objętego pożarem, zaczyna się właśnie tym 'pulsowaniem' do góry w miejscu wejścia do pomieszczenia, aby zapobiec lub zdusić prawdopodobieństwo 'cofnięcia się płomienia'. Następnie, zastosowanie to kontynuowane jest poprzez krótką serię 'pulsów' do strumienia powietrza które wchodzi do pomieszczenia poniżej granicy dymu. Działanie takie spowoduje przeniesienie części kropeł wody w kierunku podstawy pożaru i może mieć natychmiastowy efekt chłodzący i tłumiący w pobliżu źródła płomieni. Na tym etapie, strażacy powinni posunąć się z linią gaśniczą ok. metra do wewnątrz pomieszczenia, przed rozpoczęciem kolejnej serii 'pulsów' wody do górnych warstw tego pomieszczenia. Pierwszy z nich powinien zostać skierowany prosto do góry w celu 'sprawdzenia' warunków, obserwując czy na podłogę spadają krople wody i nastuchując

trzasków które towarzyszą parowaniu kropel wody. Po tym należy niezwłocznie wytryskiwać kolejne 'pulsy' wody pod kątem 45° do podłogi, skierowane w oddalony kąt pokoju, w miejsce, gdzie sufit spotyka się ze ścianami. Prądownik powinien kierować prądownicę w różne rejony pomieszczenia, aby jak najpełniej 'pokryć' przestrzeń wodą, unikając jednocześnie 'omiatań' prądem wody. Prądownik musi uchwycić łagodną granicę pomiędzy umieszczeniem odpowiedniej ilości mgły wodnej w górnych warstwach pomieszczenia a zbyt dużym 'przemoczeniem' - obserwując jak rozwija się sytuacja. Strażacy operujący linią gaśniczą są wtedy w pozycji wyjściowej, aby zacząć przemieszczać się w głąb pomieszczenia, 'pulsując' do góry w miarę posuwania się. Jeśli poniżej dolnej granicy dymu, przy podłodze, istnieje czysta strefa widoczności, należy strefę tę utrzymywać poprzez 'pulsowanie' do strefy gazów i unikanie kontaktu wody z gorącymi powierzchniami. Ta czysta strefa może być wtedy użyta do zlokalizowania zarówno ognia jak i ewentualnych ofiar znajdujących się na podłodze. W ten sposób, poprzez zachowanie równowagi termicznej i rozcieńczenie warstwy gazów w górnej części pomieszczenia, pomieszczenie to stanie się zauważalnie chłodniejsze, zaś prawdopodobieństwo jakiegokolwiek zapalenia się gazów pożarowych zostanie znacznie zmniejszone.

Niektórzy europejscy strażacy, szczególnie w Szwecji, preferują częściowo zamknąć drzwi wejściowe do pomieszczenia po wejściu do niego - nazywają to 'anty-wentylacją'. Podstawą takich działań jest zachowanie kontroli nad powietrzem, ograniczając ilość powietrza doprowadzonego do pożaru. Wielu jednak krzywo patrzy na taką strategię, szczególnie gdy brak jest urządzenia zabezpieczającego drzwi przed zamknięciem. Urządzenie takie powinno przynajmniej zapobiec przez zakleszczeniem się w przypadku wystąpienia backdraftu oraz zapobiec przed możliwością zablokowania linii gaśniczej w tych drzwiach.

Strażacy działający wewnątrz muszą ciągle oceniać warunki wewnątrz pomieszczenia i muszą brać pod uwagę wpływ rozmiaru otworu na rozwój pożaru. Otwór ten może zostać powiększony lub zmniejszony w każdym momencie działań gaśniczych, aby wpłynąć na takie warunki jak -

1. Wysokość dolnej granicy dymu.
2. Ilość ciepła promieniującego od sufitu.
3. Intensywność pożaru.
4. Kierunek płomieni pod sufitem.
5. Temperaturę wewnątrz pomieszczenia.

Zamykając jednak drzwi wejściowe, produkcja i akumulacja gazów pożarowych wewnątrz pomieszczenia zwiększa się i 'pulsowanie' na prądownicy staje się jeszcze ważniejsze aby zubożyć atmosferę pokoju. Zalety zachowania kontroli nad powietrzem (anty-wentylacji) można zobaczyć analizując temperatury wewnątrz kontenera, zmierzone podczas typowej symulacji treningowej -

(Podczas tego eksperymentu nie stosowano żadnych czynności gaśniczych)

Zamknięcie drzwi wejściowych - temperatura spada

800 C - 600 C pod sufitem w ciągu 20 sekund

800 C - 400 C 1,6 metra nad podłogą w ciągu 20 sekund

600 C - 300 C 0.9 metra nad podłogą w ciągu 20 sekund

Otwarcie drzwi wejściowych - temperatura podnosi się

400 C - 800 C 1,6 metra nad podłogą w ciągu 20 sekund

Drzwi wejściowe ponownie zamknięte - temperatura spada

800 C - 450 C 1,6 metra nad podłogą w ciągu 20 sekund

Strumień Promieniowanego Ciepła za każdym razem spada poniżej poziomu krytycznego ( $20\text{KW/m}^2$ ) gdy zamykane są drzwi - zwiększając się ponad tą wartość, po 20 sekundach, za każdym razem po otwarciu drzwi - bezpośrednio wpływając na prawdopodobieństwo wystąpienia rozgorzenia.

W swojej książce, David Birk opisuje modelowanie komputerowe 'prawdziwego' pożaru w pokoju hotelowym i bada jaki wpływ na rozwój i rozprzestrzenianie pożaru wywiera stopień otwarcia drzwi wejściowych.

Drzwi otwarte na 90 cm - rozgorzenie osiągnięte po 2.38 minutach.

Drzwi otwarte na 30 cm - rozgorzenie osiągnięte po 2.82 minutach.

Drzwi otwarte na 15 cm - rozgorzenie osiągnięte po 4.28 minutach.

Drzwi otwarte na 7.5 cm - rozgorzenie osiągnięte po 6.97 minutach.

Drzwi zamknięte - rozgorzenie nie nastąpiło.

Zauważono również, że dolna dranca gorących gazów którą zmierzono na wysokości jednego metra do podłogi przy drzwiach zamkniętych, podniosła się do 1,8 metra po otwarciu drzwi na 90 cm.

Obserwacja zachowania się pożaru - Prądownik musi obserwować warunki jakie występują wokół niego i oceniać prawdopodobieństwo zapalenia się gazów pożarowych. Należy sprawdzać, czy pod sufitem nie ma znaków palenia się w warstwie gazów, gdyż jest to pewny znak przed nadchodzącym rozgorzeniem. Trochę niżej, występowanie 'balonów' (chmur gazów pożarowych) zapalających się na krótki moment jest kolejnym ostrzeżeniem przed nadciągającym rozgorzeniem. Wystąpienie szybkiego ruchu powietrza poniżej dolnej granicy dymu jest pewnym sygnałem do tego, aby wycofać się za strumieniem 'pulsującym', gdyż w ciągu kilku sekund może wystąpić backdraft. Strażacy powinni również zwracać uwagę na zawijający się dym, szczególnie czarny dym, który czasami można zaobserwować przy wejściu, gdyż jest on następnym sygnałem ostrzegawczym przed backdraftem. Kolejnym przykładem niebezpiecznych warunków jest obecność płomieni zabarwionych na niebiesko - które mogą wskazywać na występowanie spalania mieszanki (pre-mixed), co też wskazuje na backdraft. Gdy widoczność jest szczególnie ograniczona na skutek gęstego dymu, strażak musi polegać na swoich zmysłach - nagły wzrost temperatury w pomieszczeniu, zmuszający strażaków do bardzo mocnego przykucania, jest pewnym znakiem przed nadchodzącym rozgorzeniem.

## Spalanie gazowe i tłumienie eksplozji

Pogląd, że zastosowanie przestrzennej mgły wodnej może być użyte w celu tłumienia lub ostudzenia palnej atmosfery jest dobrze ugruntowany. Jednak, dotychczasowe badania naukowe skupiały się na systemach SGPMW i sugerowały, że prądy wodne o niezwykle drobnych kroplach potrzebne są do złagodzenia lub zapobieżenia efektem rozprzestrzeniania się płomienia w palnej mieszance gazów z powietrzem. Przeprowadzono różne testy i próby polegające na tłumieniu eksplozji wszystkich rodzajów palnych gazów i par cieczy, w których to testach niezwykle drobne mgiełki wodne z powodzeniem zatrzymywały rozprzestrzeniające się płomienie oraz powodowały zobojętnienie (rozcieńczenie) atmosfer do takiego stanu, w którym spalanie nie może przebiegać. W raporcie FRDG4 odniesiono się do tych badań i poinformowano, iż krople o rozmiarach poniżej 100 mikronów (0.1 mm) bardzo dobrze nadawały się do osiągnięcia stłumienia. W przypadku prądów gaśniczych, istnienie tak małych kropeł w całej przestrzeni prądu wodnego nie jest normalnie osiągalne podczas 'przeciętnego' zastosowania, ale sugeruje się,

że prądownice wytwarzające krople o rozmiarach ok. 0.3 mm też spowodują efektywne tłumienie wewnątrz warstw palnego gazu. Jeśli natomiast doszło już do zapalenia się warstw gazów, to rozbitcie kropeł 'macierzystego' prądu w 'mikro-mgłę' spowoduje załagodzenie efektów eksplozji.

Wymagane są dalsze badania w zakresie efektywności prądów gaśniczych, jednak powszechnie uważa się, że zastosowanie ciągłego 'pulsowania' kroplami wodnymi, zawieszanymi w górnych warstwach przegrzanych gazów w pomieszczeniu objętym pożarem, spowoduje zmniejszenie się prawdopodobieństwa wystąpienia spalania gazowego i ogólnie zwiększy bezpieczeństwo strażaków znajdujących się w tym pomieszczeniu.

## **Chłodzenie gazów i przestrzenna mgła wodna w pożarach budynków wysokich**

Nowoczesne, otwarte pomieszczenia biurowe są powszechnym składnikiem budynków wysokich i stwarzają pewne trudności dla strażaków. Wielka otwarta przestrzeń powoduje obfitość powietrza doprowadzanego do pożaru, zaś nowoczesne umeblowanie biurowe stanowi źródło paliwa, któremu towarzyszy niezwykle wysoka wartość SWC. Czynniki te, wraz z opóźnionym czasem dotarcia na piętro objęte pożarem powodują, że strażacy często napotykają sytuacją pożaru o silnym i gorącym zadymieniu, szczególnie gdy nie ma zainstalowanych urządzeń tryskaczowych. Pożar może znajdować się na granicy rozgorzenia, zaś przepierzenia oddzielające poszczególne stanowiska pracy umożliwią strażakom widoczność płomieni w górnych warstwach pomieszczenia, ale uniemożliwią bezpośrednie uderzenie prądem wody na źródło ognia, chyba że znajduje się ono blisko w stosunku do nich. Sytuacja taka umożliwi nagromadzenie się warstwy gazów o wysokim stopniu palności pod sufitem tego pomieszczenia lub w obszarze pod sufitowym w całej rozciągłości piętra objętego pożarem! Aby uzmysłowić sobie skalę problemu wystarczy zauważyć, że takie piętra często przekraczają kubaturę 5500 m<sup>3</sup>. Kolejnym czynnikiem powstrzymującym udane natarcie na pożar w takich warunkach jest dostępność wody na wyższych piętrach budynku wysokiego. Można zauważyć, że wytyczne NFA (National Fire Academy) odnośnie wydajności, podające że minimalną wartością jest 125 l/min na każde 28 m<sup>3</sup> objętości, są rzadko spełnione podczas gaszenia budynków wysokich. W rzeczywistości, strażacy często musieli zmagać się z wydajnościami wynoszącymi zaledwie 10% tej 'normalnej' wydajności wymaganej w takich sytuacjach i też udawało im się ugasić pożar!

Przykład takiego pożaru miał miejsce w 1992 roku, kiedy to siódme piętro 70-cio metrowego (12 pięter) budynku biurowego w Los Angeles zaczęło się palić. Pożar, który rozpoczął się na stanowisku pracy, rozprzestrzenił się i zajął większość 11200 m<sup>3</sup> siódmego piętra. Po przyjeździe na miejsce, ok. 10<sup>05</sup> strażacy z LAFD (ang. Los Angeles Fire Department - Straż Pożarna Los Angeles) zauważyli płomienie buchające w dwóch okien na siódmym piętrze. Budynek ten znajdował się zaledwie o kilka bloków od Interstate Bank Tower - miejsca poważnego pożaru w 1988. Na piętrze objętym pożarem, kapitan wozu gaśniczego 3 (Engine 3) Don Austin wraz ze swoim zastępem napotkał gęsty dym obniżający się do poziomu podłogi oraz umiarkowane ciepło. Strażacy rozwinęli linię gaśniczą 50mm, wyposażoną w automatyczną prądownicę, ok. 7 metrów do wnętrza tego piętra gdy przed sobą zobaczyli pomarańczowy żar. Pomimo, iż starali się uderzyć na ogień, linia 50mm nie wywierała na płomienie żadnego wpływu. W ciągu 60 sekund od otwarcia prądownicy, pożar rozbłysnął pod sufitem i płomienie znalazły się na głowach strażaków oraz za nimi, powodując tym samym ich uwięzienie. Austin wraz ze swoim zastępem, z topiącymi się na głowach hełmami, zdołali wyczołgać się na brzuchach do lobby tego piętra. Mniej więcej w tym czasie cała północna strona budynku zapaliła się płomieniami buchającymi z okien siódmego piętra. Pożar w końcu został ugaszony przez 263 strażaków, po godzinie i dziewiętnastu minutach od rozpoczęcia działań gaśniczych.

Niedawny raport USFA (ang. United States Fire Administration) przeanalizował taktykę strażaków w budynkach wysokich i zwrócił uwagę na niektóre problemy na jakie napotykali strażacy, szczególnie jeśli chodzi o ciśnienie i dostępność wody na wyższych piętrach. Wymagania NFPA (National Fire Protection Association) przed rokiem 1993 zakładały użycie prądownic uniwersalnych (z gładkim otworem) podłączonych do linii 68mm i określało

minimalne ciśnienie na wyjściu suchych pionów na poziomie 4.5 bar. NFPA zrewidowała to wymaganie w 1993 roku i podniosła to ciśnienie do 7 bar, jednak USFA ciągle radziła strażą pożarnej przygotować się na sytuacje, w których natarcie na pożary w budynkach wysokich odbywać się będzie w warunkach 'niskiego ciśnienia' wody. Może się tak zdarzyć w budynkach z przed 1993 roku lub gdy suche piony lub zawory redukujące ciśnienie nie będą działały poprawnie. W swoich zaleceniach, USFA zasugerowała, że linie gaśnicze powinny być przynajmniej średnicy 50mm i powinny być wyposażone w prądownice z gładkimi otworami lub prądownice z końcówkami rozbijającymi strumień wody, które posiadają zarówno zalety prądownic o gładkich otworach jaki i mgłowych. Prądownice z końcówkami rozbijającymi strumień wody, zaprojektowane są na ciśnienie znamionowe 5 bar (dla mgły wodnej) i 3.5 bar (dla prądu zwartego). Budynkiem wysokim, z definicji, nazywamy każdy budynek mający więcej niż 10 pięter, mimo że, większość 'budyneków wysokich' ma wysokość zbliżoną to tej wartości. Czynnikiem kluczowym jeśli chodzi o wybór rodzaju prądownicy jest, aby sprawdzić zaopatrzenie w wodę i ciśnienia na każdym piętrze takiego budynku. Tylko wtedy można zdecydować o wyborze rodzaju prądownicy i średnicy linii gaśniczej gdyż każda sytuacja może być różna. Doświadczenie pokazuje jednak, że sprzęt musi zawsze być dobierany tak, by przygotować się na najgorszą ewentualność - co na wyższych piętrach wysokiego budynku oznacza małe ciśnienie wody i nieadekwatną jej ilość.

### **Dodatki do wody i systemy wytwarzania piany przy użyciu sprężonego powietrza**

Rozwój zastosowania dodatków do wody oraz systemów wytwarzania piany przy użyciu sprężonego powietrza (ang. CAFS - Compressed Air Foam Systems) pokazało, że zastosowanie wody jako środka gaśniczego może zostać polepszone jeszcze bardziej, poprzez zastosowanie takich rozwiązań. Co jest jeszcze bardziej przekonujące to fakt, iż, jak pokazały badania nad zastosowaniem prądów mgłowych zawierających takie dodatki, w takim przypadku efekt chłodzenia drobnymi kroplami podczas gaszenia jeszcze się zwiększa. Zalety zastosowania chłodzenia fazy gazowej i wodnej mgły przestrzennej są dodatkowo optymalizowane i pod każdym względem widoczne jest wyraźne polepszenie działania, w stosunku zwykłych prądów wodnych, szczególnie jeśli chodzi o tłumienie eksplozji.

### **Treningi w 'Tunelu Ogniwym' - szwedzkim systemie kontenerowym!**

Szwedzki 'symulator' rozgorzenia jest jednostką treningową zaprojektowaną w 1986 roku przez komisję Swedish National Survival po wstępnych testach i eksperymentach przeprowadzonych przez strażaków ze Sztokholmu. Produkuje się kilka wersji tego systemu, ale większość z nich opiera się na pierwotnym stylu stalowych kontenerów (używanych w transporcie morskim - *przyp. tłum.*) połączonych ze sobą tak, aby stworzyć moduły do przeprowadzania spalania jak i moduły obserwacyjne. Moduł do przeprowadzania spalania wyłożony jest półcalowymi panelami z płyt wiórowych, zaś do rozpalenia tych paneli używany jest mały stos drewna, pozwalając na akumulację znacznych ilości palnych gazów zanim gazy te zaczną się zapalać w powtarzanych symulacjach. Pozwala to strażakom na obserwację rozwoju pożaru i poszczególnych faz jego rozwoju: formowanie się warstw palnych gazów, 'węży' ognistych pod sufitem oraz zapaleń się gazów. Efekty są dosyć dramatyczne z SWC (ang. HRR - Heat Release Rate) dochodzącym do 3 MW. Surowe zasady bezpieczeństwa minimalizują niebezpieczeństwo na jakie narażeni są strażacy.

Symulator ten stanowi efektywny sposób, aby strażacy doświadczyli takich warunków w sposób kontrolowany, oraz aby nauczyli się 'czytać' pożar i doświadczyć efektów zapalenia się gazów pożarowych. Pomimo faktu, iż doświadczone w symulatorze 'rozgorzenia' nie są rozgorzeniami w szerokim sensie definicji tego zjawiska, to jednak reprezentują najsurowsze warunki treningowe w których zarówno strażacy jaki i ich ubrania ochronne są testowane do granic możliwości!

W momencie gdy strażacy znajdują się wewnątrz kontenera, uczeni są nie tylko jak rozpoznawać niebezpieczeństwo zapalenia się gazów pożarowych, ale też jak radzić sobie z sytuacjami 'przed' i 'po' rozgorzeniowymi. Procedury związane z zastosowaniem chłodzenia

fazy gazowej i przestrzennej mgły wodnej są ćwiczone raz po raz, aż do momentu gdy prądownik stanie się biegły w poprawnym zastosowaniu wodnej mgły przestrzennej, średnicy prądu wody (kąta stożkowego) i kąta zastosowania (w stosunku do podłogi) oraz poprawnej techniki 'pulsowania'. Ważnym jest jednak, aby zachować szczególne środki ostrożności, a w szczególności:

(a) Poza linią węzową (kilkoma) używaną w kontenerze, dodatkowa linia powinna być przygotowana, zasilana z osobnego źródła i obsadzona strażakami poza kontenerem.

(b) Termiczne własności ochronne nowoczesnych ubrań ochronnych stwarzają sytuacje, w których strażacy nie zdają sobie sprawy z poziomu temperatury wewnątrz pomieszczenia. Poczyniono wiele pracy w tym względzie i producenci wprowadzili kilka różnych pomysłów, takich jak wyświetlacze na szybkach masek aparatów i alarmy dźwiękowe wbudowane w ubrania w celu ostrzegania strażaków o nagłych zmianach warunków termicznych. Przykładem jest ubranie Smartcoat w którym czujniki kontrolują temperaturę wewnątrz ubrania, ostrzegając strażaków gdy temperatura wewnątrz tego ubrania wzrośnie powyżej 65°C. Opiera się to na fakcie, że ludzka skóra dozna oparzeń I-szego stopnia gdy jej temperatura osiągnie 48°C, II-go stopnia gdy osiągnie 55°C, oraz III-go stopnia gdy osiągnie 65°C. W rzeczywistości, skóra musi być wystawiona na działanie temperatury 71°C przez 60 sekund lub 82°C przez 30 sekund lub 100°C przez 15 sekund aby doznać oparzeń drugiego stopnia. W systemie kontenerów należy oczekiwać uruchomienia alarmów dających strażakom 30 sekund zanim doznają oni oparzeń! Wszyscy strażacy ćwiczący w tym systemie powinni być dokładnie monitorowani podczas symulacji i przez przynajmniej 15 minut po wyjściu z symulatora pod względem oznak stresu cieplnego.

(c) Wszyscy strażacy powinni być odpowiednio nawodnieni przed i po przeprowadzeniu symulacji.

## Wnioski

Zawieszenie niewielkiej ilości kropeł wody bezpośrednio w akumulujących się gazach w górnych warstwach pomieszczenia jest najefektywniejszym działaniem jakie mogą podjąć strażacy podczas podjęcia do źródła pożaru. Zastosowanie to, aby było efektywne, wymaga wielkiej precyzji i kontrolowanego użycia prądownicy. Wymaga regularnych ćwiczeń oraz dostępności odpowiedniego wyposażenia aby osiągnąć optymalne rezultaty. Strażacy nowego tysiąclecia wkrótce zdają sobie sprawę, że jest tylko jeden sposób aby w efektywny sposób radzić sobie z niebezpieczeństwami związanymi z rozgorzeniami, backdraftami i zapaleniami gazów pożarowych - i że tym sposobem jest przede wszystkim zapobieganie tym zjawiskom!

---

Paul Grimwood przez 26 lat służył jako zawodowy strażak, głównie w miejskim obszarze londyńskiego west-endu. Służył też w jednostkach straży w West Midlands i Merseyside jak i podczas długich oddelegowań do Straży Pożarnej Nowego Jorku, Bostonu, Chicago, Los Angeles, San Francisco, Las Vegas, Phoenix, Miami, Dallas Metro Dade Florida, Seattle, Paryża, Walencji, Sztokholmu and Amsterdamu. W połowie lat 70-tych służy w Ochotniczej Straży Pożarnej w Long Island w stanie Nowy Jork w USA.

Od 1975 roku prowadził badania nad różnymi zjawiskami związanymi z 'rozgorzeniem', 'backdraftem', 'eksplozją dymu' i innymi rodzajami 'nagłego rozprzestrzenienia pożaru'. Jako czynny strażak, doświadczył różnych rodzajów 'rozgorzenia' w ogólnym sensie i starał się zebrać uzyskane wyniki badań dla strażaków w celu ich weryfikacji. W latach 80-tych gorąco zabiegał o wprowadzenie programów Nauki Zachowania się w Pożarach Budynków (NZPB) (CFBT - ang. Compartment Fire Behaviour Training) w Wielkiej Brytanii i opublikował szereg innowacyjnych artykułów w międzynarodowych czasopismach zachęcających do zastosowania wodnej mgły przestrzennej ('pulsowania') oraz taktycznej wentylacji, jak i strategii izolujących pomieszczenia w celu ograniczenia niebezpieczeństw związanych z 'nagłym rozprzestrzenieniem pożaru'.

Paul Grimwood był bardzo pomocny w rozwoju technik wiązanych z chłodzeniem fazy gazowej od 1984 roku. Jego książka pt. "FOG ATTACK AND FLASHOVER & NOZZLE TECHNIQUES" posłużyła do przedstawienia praktycznych aspektów dla strażaków na całym świecie i wzmocniła teorie powstające w tych czasach w Szwecji. Jego artykuły w FIRE CHIEF (1993) oraz FIRE ENGINEERING (2000) oraz jego wkład w opracowanie 19-tej edycji Podręcznika NFPA zapewniły szerokie sprawozdanie z tych ratujących życie technik w nadziei, że inni strażacy zdają sobie sprawę z nowoczesnego podejścia do przedstawionych problemów. [www.firetactics.com](http://www.firetactics.com)

---

**Literatura**

Fleischmann, Pagni and Williamson - Exploratory Backdraft Experiments - Fire Technology V29 No4 p298-316 1993.

Chitty - Survey of Backdraft - FRDG UK Home Office - ref 5/94 p19.

Chitty - Survey of Backdraft - FRDG UK Home Office - ref 5/94 p26

Grant & Drysdale - Suppression & Extinction of Class A Fires Using Water Sprays - FRDG UK Home Office - ref 1/97

Ramsden - Water mist - a status update - Fire Prevention 287 - March 1996 p 16-20.

Rimen - The use of High-pressure & Low-pressure pumps with Hosreel Systems - UK Home Office (FEU) report!36 (1990).

Tuomisaari - Supression of Compartment Fires with a Small Amount of Water - VTT Building Technology (Fire Technology) - 1994.

Bruce - Innovative Fog Nozzles - Fairfax County Fire & Rescue Dept (Research & Planning) 1985.

Giselsson & Rosander - Making the Best Use of Water for Fire Extinguishing Purposes - Fire Magazine (UK) October 1984.

Birk - An Introduction to Mathematical Fire Modelling.

Grimwood - Fog Attack - 1992 - DMG Business Media Ltd (UK) Redhill, Surrey UK.

USFA - Operational Considerations for High-Rise Firefighting - 1996

Naval Research Laboratory - US Navy - NRL Ltr Rpt 6180/0798.2, Nov 17 1994 - Farley JP; Scheffey JL; Siegmann CW; Toomey TA; Williams FW.

Fairfax County Fire & Rescue Dept (USA) - December 1985.