

ROZGORZENIE - największy koszmar strażaka!

Paul GRIMWOOD

Tłumaczenie: Witold Nocoń
noconwit@zeus.polsl.gliwice.pl

'... i wtedy warunki nagle się zmieniły. Nigdy czegoś takiego nie widziałem. Walczyłem z wieloma różnymi pożarami, w różnego rodzaju budynkach, w różnej pogodzie, z wszystkimi rodzajami materiałów palnych. Myślałem, że wiele już widziałem. Widziałem tyle, że poradziłbym sobie z czymkolwiek co mogłoby się stać i że potrafiłbym zadbać o moich ludzi. Ale jak powiedziałem, wtedy tak nagle wszystko się zmieniło. Do dziś, wciąż jestem zdumiony że to się stało.

W ciemności zauważyłem wokół siebie łagodne pomarańczowe migotanie. Żar był niewiarygodny. Niewiarygodny!... . Ciepło z tego rozgorzenia było jak z wielkiego pieca, a to powoduje że zamieniasz się w instynktownie działające zwierzę. Widziałem ludzi na filmach jak wyskakiwali z okien z kilku pięter i myślałem sobie "Co oni do cholery myśleli? Mogliśmy przecież uratować tych ludzi." Teraz już wiem. Ból spowodowany gorącym i uczucie że jesteś w pułapce są obeszładniające. Gdybym był na dziewiątym piętrze, to bym wyskoczył.

Niestety, John Lorenzano i Woodie Gelenius zginęli w tym pożarze. Znalaziono ich w różnych miejscach na drugim piętrze. Nie wiem jak John i ja rozdzieliliśmy się. Byłem ostatnim który rozmawiał z Johnem. Jako ostatni widziałem Woodiego. Dlaczego mnie uratowano a oni zginęli? Nie wiem. Ta myśl będzie we mnie na zawsze.

*Kapitan Mike Spalding o pożarze Indianapolis
Athletic Club 1992*

Ogólnie rzecz biorąc, rozgorzenie jest znaczącym czynnikiem powodującym wypadki śmiertelne wśród strażaków. W USA, statystyki NFPA (National Fire Protection Association) notowane w latach 1985-1994 pokazują, że na skutek rozgorzenia życie straciło 47 amerykańskich strażaków. Spośród 87 strażaków jacy ponieśli śmierć od 1990 roku, którzy podobno zginęli na skutek **zatrucia dymem** podczas działań wewnątrz budynków, główne powody obrażeń były następujące - **zagubienie się wewnątrz budynku i wyczerpanie zapasu powietrza** (29 zgonów); **zaskoczenie przez rozprzestrzeniający się pożar, backdraft lub rozgorzenie** (23 zgony); oraz **uwięzienie w zawalonych budynkach** (18 zgonów, z czego 10 w zawałach podłóg). Wszystkie za wyjątkiem jednej z tych 70 ofiar miało na sobie aparaty oddechowe. (Jedynym wyjątkiem był strażak ratujący członków rodziny w pożarze swojego własnego domu.) Z 31 amerykańskich strażaków którzy podobno zginęli na skutek **oparzeń wewnątrz pożarów budynków** od roku 1990, 14 zostało otoczonych przez szybko rozprzestrzeniający się pożar, **backdraft lub rozgorzenie** oraz 12 zostało uwięzionych w zawalonych budynkach (NFPA). Trzech strażaków zginęło, kiedy w 2002 roku dach budynku napraw karoserii samochodowych zawalił się - świadkowie donosili o słyszalnej eksplozji na kilka sekund przed zawaleniem się dachu. Czy to backdraft czy eksplozja dymu spowodowała zawalenie? Dowódca na miejscu akcji przyznał, że podczas gdy strażacy próbowali wyciąć otwór w suficie budynku, uwięzione nagrzane gazy znalazły tlen potrzebny by buchnąć płomieniem.

'Rozgorzenie' (ang. **flashover**) (gwałtowne rozprzestrzenienie się pożaru) często kończyło się zbiorowymi wypadkami śmiertelnymi podczas pożarów. W 1981 roku w Stardust Disco w Dublinie (Irlandia), 'rozgorzenie' spowodowało śmierć 48 młodych ludzi. W 1982 dwóch szwedzkich strażaków zginęło w eksplozji dymu. Po tym wypadku szwedzka straż pożarna wprowadziła programy Nauki Zachowania się w Pożarach Budynków (NZPB) (CFBT - ang. Compartment Fire Behaviour Training) w celu zwiększenia bezpieczeństwa strażaków. Również w 1982 roku 24 osoby poniosły śmierć w rozgorzeniu jakie wystąpiło w apartamentach Dorothy Mae w Los Angeles. W 1987 trzydziestu jeden ludzi, w tym oficer straży pożarnej, poniosło śmierć, gdy zapaliły się gazy pożarowe w sercu londyńskiej sieci metra, zaś w 1991 ośmiu rosyjskich strażaków zginęło w rozgorzeniach jakie wystąpiły na korytarzach podczas dużego pożaru hotelu w Petersburgu. W 1994 roku, trzech nowojorskich strażaków zginęło na klatce schodowej w momencie, gdy strażacy otwarli wejście do mieszkania objętego pożarem, co spowodowało backdraft. W 1996 miało miejsce siedemnaście zgonów w wyniku rozgorzenia, jakie wystąpiło podczas pożaru na lotnisku w Dusseldorfie. W 1997 roku, trzech strażaków w Wielkiej Brytanii poniosło śmierć w wypadkach związanych z rozgorzeniem, po czym straż pożarna w tym kraju zmodyfikowała programy szkolenia i wprowadziła programy NZPB. W nowym tysiącleciu kilku strażaków straciło życie z powodu 'rozgorzenia' podczas ćwiczeń na 'rzeczywistych' palących się obiektach, w szczególności w Danii i w USA, zaś w 2002 roku pięciu paryskich strażaków zginęło odciętych przez dwa wydarzenia spokrewnione z 'rozgorzeniem'. Możemy więc zapytać - ilu więcej jeszcze musi niepotrzebnie zginąć?

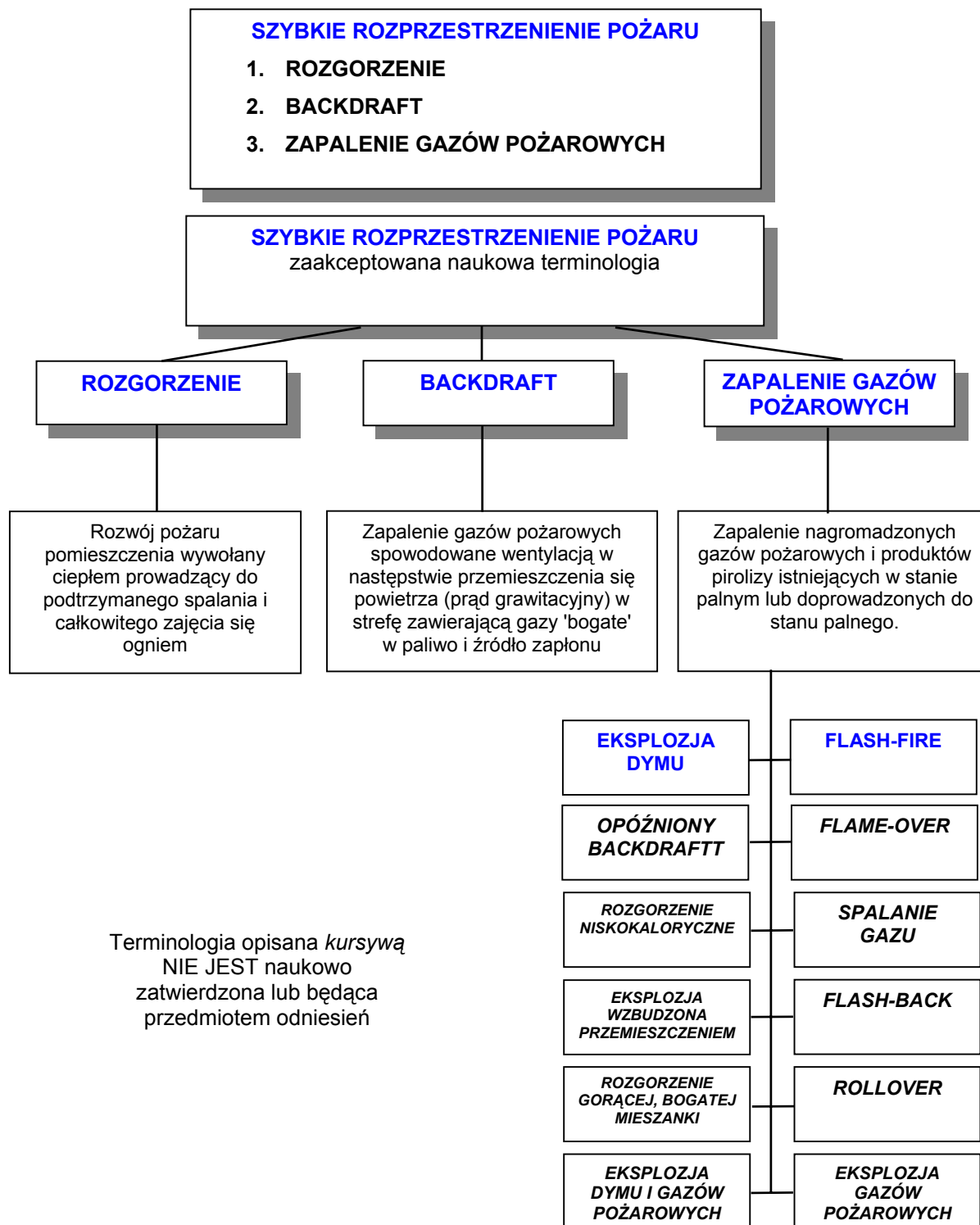
Jednak, czy należy zachęcać do ogólnego użycia określenia **rozgorzenie** i czy strażacy powinni posiadać jasne zrozumienie innych związanych z tym zjawisk?

ROZGORZENIE JAKO ZJAWISKO

Określenie 'rozgorzenie' po raz pierwszy zostało wprowadzone przez brytyjskiego naukowca P.H. Thomasa w roku 1960 i użyte zostało do opisu teorii rozwoju pożaru do momentu gdy staje się on w *pełni rozwinięty*. Tradycyjnie mówiło się, że faza rozwoju kończy się rozgorzeniem, jednak Thomas przyznał że jego pierwotna definicja była nieprecyzyjna i zgodził się, że może ona zostać użyta do określenia różnych rzeczy w różnym kontekście. Wtedy Thomas ogłosił w UK Fire Research Note 663 (grudzień 1967) że może wystąpić *więcej niż jeden rodzaj rozgorzenia* i opisał rozgorzenia będące wynikiem zdarzeń zarówno *wentylacyjnych* jak i *kontrolowanych przez paliwo*. Jednocześnie Thomas zauważył ograniczoną jakiegokolwiek dokładnej definicji rozgorzenia łączonej z *pełnym powierzchniowym spalaniem paliwa* wewnątrz pomieszczenia (pokoju) gdzie, szczególnie w wielkich pomieszczeniach, może być fizyczną niemożliwością aby całe paliwo zostało zajęte ogniem w tym samym czasie.

W okresie lat 1970 do 2002 określenie rozgorzenie było szeroko używane, i poczyniono wiele prób by ponownie zdefiniować terminologię związaną z tym zjawiskiem. Stało się oczywistym, że strażacy nie zdołali osiągnąć jasnego zrozumienia różnych zdarzeń mogących wystąpić podczas pożarów, zaś NFPA optowała za tym, by zdarzenia takie dokumentować po prostu jako **Szybkie Rozprzestrzenienie Pożaru**. Jest wiele określeń używanych przez różne autorytety na określenie zjawisk spokrewnionych z rozgorzeniem. Niektóre z nich mają pochodzenie naukowe i odniesienia do nich są uniwersalne, podczas gdy inne zostały przez autorów wprowadzone do języka w celu opisu zdarzeń jakich oświadczyli podczas pożarów. Zdarza się, że różne określenia oznaczają czasami te same rzeczy. Faktem jest również, że określenia angielskie często nie dają się przetłumaczyć na inne języki z tym samym znaczeniem, i dokonuje się poprawek tych określeń by umożliwić przetłumaczenie. To może wprowadzić dalsze zagmatwanie w przypadku gdy określenia te są na powrót tłumaczone na język angielski w innych wydaniach! Może się tak stać gdy dokumenty naukowe lub edukacyjne są tłumaczone z powrotem na angielski i pojawia się nowa terminologia.

Bardziej wygodnie jest chyba aby wymienić takie zjawiska pod trzema określonymi nagłówkami, które opiszają uniwersalnie zaakceptowane definicje, szczegółowo opisując przypadki z historii i demonstrując przeciwdziałające i prewencyjne działania (obronę), które mogą być użyte przez strażaków.



ROZGORZENIE - DEFINICJA

*'W pożarze pomieszczenia może dojść do takiego stadium, w którym całkowite promieniowanie ciepłe pochodzące od płomienia, gorących gazów i gorących brzegów pomieszczenia spowoduje wytwarzanie palnych produktów pirolizy przez wszystkie odsłonięte palne powierzchnie wewnątrz tego pomieszczenia. Wprowadzenie źródła zapłonu, spowoduje gwałtowne i **podtrzymane** przejście wzrastającego pożaru w pożar w pełni rozwinięty.....To nazywamy 'rozgorzeniem'.....'*

Znaczącą cechą 'rozgorzenia' jest to, że przejście do stadium całkowitego zajęcia się ogniem jest **podtrzymane** (pożar pozostaje w tym stanie - *przyp. tłum.*). Dodatkowo ustalono, że 'rozgorzenie' w swojej prawdziwej formie, jest całkowicie zależne od takich zmiennych, jak wpływy ciepłe, w których zakłada się że *radiacyjny i konwekcyjny strumień ciepła* są mechanizmami napędowymi, jakkolwiek warunki wentylacyjne, objętość i geometria pomieszczenia, miejsce pożaru i skład chemiczny warstwy gorących gazów również wpływają na możliwość przejścia rozprzestrzeniającego się pożaru w rozgorzenie. Generalnie, zdarzenie takie jest fizycznie zdefiniowane jako takie, które doprowadziło do płomieni wychodzących przez okna lub drzwi, temperatury gazów 600°C na poziomie sufitu; oraz strumienia ciepła doprowadzanego do odsłoniętych przedmiotów na poziomie podłogi sięgającego 20KW/m². Warto zauważyć, że *'rollover'* (zjawisko polegające na przetaczaniu się języków ognia pod sufitem - *przyp. tłum.*), jako zdarzenie które uważa się za poprzedzające na kilka sekund rozgorzenie, również może spełnić powyższe kryterium. Jako naukowiec, Thomas uznał ograniczoność jakiegokolwiek dokładnej definicji rozgorzenia łączonej z *pełnym powierzchniowym spalaniem paliwa* wewnątrz pomieszczenia (pokoju) gdzie, szczególnie w wielkich pomieszczeniach, może być fizyczną niemożliwością aby całe paliwo zostało zajęte ogniem w tym samym czasie. Rozprzestrzenianie pożaru w ten sposób jest zazwyczaj powiązane z takimi zjawiskami jak *flash-fires* lub *flameover*.

W swoim ogólnym sensie pojęcie 'rozgorzenie' jest ciągle używane przez wielu strażaków na określenie pewnego zakresu zjawisk które kończą się szybką eskalacją pożaru - szybkim rozprzestrzenieniem pożaru - albo nawet na określenie eksplozji której towarzyszy fala ciśnienia wybijająca okna lub przewracająca ściany. Gdy taka generalizacja ma miejsce, rozgorzenie jest ogólnie rzecz biorąc **rozprzestrzenieniem pożaru wywołanym ciepłem**. Pożar który przetacza się 'leniwie', czasami z wielką prędkością, pod sufitem zazwyczaj posiada takie cechy. Ma on rzadko charakter eksplozji pomimo tego, iż fala ciśnienia i spalania może wybijać okna. Należy zauważyć, że rozgorzenie może być wywołane poprzez zwiększenie przewietrzenia pomieszczenia, kiedy to *prędkość utraty ciepła zwiększa się* w miarę jak więcej ciepła, w sposób konwekcyjny, ucieka drzwiami i oknami. W takim przypadku nie powinno stosować się określenia rozgorzenie. Istnieje niestabilny punkt, w którym wentylacja może spowodować uwolnienie się większej ilości ciepła w pomieszczeniu niż może zostać oddane poprzez drzwi i okna i ten warunek 'termicznej ucieczki' może prowadzić do 'rozgorzenia'.

PRZYPADKI HISTORYCZNE ROZGORZENIA

1. W grudniu 2002 roku, w edycji magazynu Firehouse w USA, oficer zastępu opisał jak jego załoga brała udział w akcji gaszenia pożaru jednego pokoju domu, który to pożar był przewietrzany poprzez tylne okna. Widoczne były intensywne płomienie wydobywające się z okna - pożar był w fazie porozgorzeniowej (ang. post flashover). W momencie gdy strażacy wyważyli drzwi frontowe wybili także dwa okna po obu stronach drzwi. Posuwając się naprzód napotkali umiarkowane ciepło więc wybili jeszcze jedno okno od wewnątrz. W tym momencie pożar ich złapał! W tym samym czasie oficer będący na zewnątrz wydał, za pomocą radia, rozkaz natychmiastowej ewakuacji budynku z powodu szybko narastających warunków pożarowych. Warunki wewnątrz były takie, że strażacy musieli natychmiast się ewakuować. Trzeba pamiętać, że pożar często będzie zmierzał w kierunku dostępu powietrza - jeśli ten dostęp jest za Tobą to znajdziesz się w kłopotach! Im więcej wybijesz okien za sobą tym większe prawdopodobieństwo że tak się stanie. Należy

tez pamiętać, że warunki wystąpienia rozgorzenia mogą być stworzone lub wzmocnione przez wybite okien co spowoduje *'termiczną ucieczkę'*. Jeśli okno ma zostać wybite to powinno być to okno **naprzeciw** natarcia linii gaśniczej, zakładając, że pozwala na to wiatr.

2. Grupa strażaków przyjechała na miejsce pożaru domu i zdecydowała się na przeprowadzenie podstawowego przeszukania (w taktyce amerykańskiej i angielskiej spotkać się można z pojęciem przeszukania podstawowego (ang. primary search) i przeszukania wtórnego (ang. secondary search) - *przypr. tłum.*) przed rozpoczęciem natarcia. W miarę jak pożar postępował i nie był doglądany przez strażaków przez kilka minut, bez żadnej formy jego izolacji lub ograniczenia, rozwinął się do fazy porozgorzeniowej i uwięził dwóch strażaków na piętrze powyżej pożaru. Strażacy przeżyli, doznając jednak poważnych poparzeń.

BACKDRAFT - DEFINICJA

'Ograniczona wentylacja może doprowadzić do pożaru wewnątrz pomieszczenia, który wytwarzać będzie gazy pożarowe zawierające znaczną ilość częściowych produktów spalania i niespalonych produktów pirolizy (pożar niedowietrzony). Jeśli produkty te zakumulują się, wtedy dostarczenie powietrza w momencie otwarcia pomieszczenia może doprowadzić do nagłej deflagracji (zapalenia). Deflagracja ta przemieszczająca się w pomieszczeniu i na zewnątrz drzwi i okien nazywana jest backdraftem.

W 1992 roku C. Fleischmann opisał zjawisko backdraftu - celem jego projektu było rozwinięcie fizycznego zrozumienia zjawiska backdraftu. Badania zostały podzielone na trzy fazy: symulacje badawcze, modelowanie prądów grawitacyjnych, oraz ilościowe eksperymenty nad backdraftem. Określenie prądy grawitacyjne jest używane naukowo do opisu dwóch cieczy o różnych gęstościach oddziałujących ze sobą w taki sposób, że istnieje pionowa granica pomiędzy tymi cieczami, zaś wynikający z tego ruch polega na tym, że cięższy płyn przemieszcza się poziomo pod lżejszym płynem. Mówi się, że taki przepływ powoduje tworzenie się prądu grawitacyjnego. Prądy grawitacyjne są w przyrodzie bardzo rozpowszechnione, ich podstawowe cechy można zaobserwować w lawinach, wywołaniach ciężkich gazów, prądach zmętnienia, wymianie słodkiej i słonej wody, w bryzach morskich. Jednak rola jaką spełniają w backdraftzie jest związana z ruchem powietrza do pomieszczenia objętego niedowietrzonym pożarem i często jest przez strażaków określane jako 'struga powietrza' (ang. air-track). Często wyraźnie można zobaczyć, jak dym intensywnie wydostaje się z okna lub drzwi z wyraźną granicą poniżej której powietrze wpływa do pomieszczenia lub budynku. Prędkość 'strugi powietrza' lub szybkość z jaką dym się wydobywa często jest pewnym znakiem co do stopnia w jakim pożar jest niedowietrzony. Jednak prąd grawitacyjny nie zawsze jest wyraźny, gdy gęsty dym występuje na poziomie podłogi. Czasami widoczna jest wtedy 'trąba powietrzna' w dymie, w miejscu wejścia do pomieszczenia, gdzie wiry wielkości piłki nożnej wydają się zaciągać powietrze do środka. W efekcie backdraft jest **zapaleniem** gazów i produktów spalania **wywołanym przez wentylację**. Sytuacja taka może spowodować odgłos 'tuuummmp' lub 'bang' i może być gwałtownie wybuchowa i niszcząca dla elementów struktury pomieszczenia. Zazwyczaj występuje wtedy wielka kula ognia wychodząca na zewnątrz budynku, gdyż gazy pożarowe mogą swobodnie spalić się w obecności znacznej ilości tlenu.

W wydaniu Fire Engineering (styczeń, 2000), Brian White, kapitan Straży Pożarnej Nowego Jorku, podał swoją własną teorię zjawiska które nazwał - **wysokociśnieniowym backdraftem**. Zdaniem White'a oddziaływanie wiatru na budynek powoduje wzrost ciśnienia wewnątrz budynku gdy powietrze dostaje się do budynku przez różne otwory od strony skąd wieje wiatr. Zasugerował też, że gdy otworzy się drzwi lub okna gdzieś indziej w budynku, to nagłe uwolnienie nagromadzonego ciśnienia pogarsza czasami efekt szybkiego rozprzestrzeniania pożaru, gdyż następuje zamieszanie dużej masy szybko

przemieszczającego się powietrza w budynku. Opisał też kilka sytuacji w których nagła dekompresja budynku nastąpiła po wybiciu lub wypadnięciu okien powodując znaczne zwiększenie się intensywności pożaru, większe niż normalnie oczekiwany efekt 'dmuchawy' spowodowany tylko przez wiatr. Grimwood również omówił to zjawisko w swojej książce *Fog Attack* (1992) oraz w swoim artykule *momentum & inertia theory* na stronie www.firetactics.com.

PRZYPADKI HISTORYCZNE BACKDRAFTU.

1. O godzinie 17.39, 26 lutego 1994 londyńscy strażacy wyjechali do pożaru prywatnego klubu-kina w centrum miasta. W momencie przyjazdu widoczne były cztery osoby uwięzione w oknie na trzecim piętrze, zaś jedna osoba wyskoczyła z tego okna przed przyjazdem strażaków. Gdy sprawiana była drabina w celu ewakuacji, kolejne trzy osoby wyskoczyły z okna, zaś kolejne trzy zostały w końcu wyprowadzone z budynku po drabinie. Mając informację o kolejnych osobach uwięzionych wewnątrz budynku, strażacy w aparatach powietrznych rozwinęli linię gaśniczą w kierunku schodów wewnętrznych. Gdy dotarli do schodów 'bardzo głośno, ryczący i intensywny ogień' zaczął narastać w klatce schodowej i zmusił strażaków do wycofania się. Kolejne trzy osoby wyskoczyły z trzeciego piętra zaś kolejnych 17 osób ewakuowano przy pomocy przenośnych drabin i podestu hydraulicznego. Następnym sześciu ludzi zginęło na trzecim piętrze kina. Klasyczne odgłosy 'ryku' doświadczane przez strażaków starających się dotrzeć do górnych pięter poprzez wewnętrzną klatkę schodową, pokazały przypadek backdraftu w którym gazy pożarowe spalały się na klatce gdyż powietrze dostało się tam poprzez wejście.
2. Dnia 1 lutego 1996 w Blaina w Walii, we wczesnych godzinach porannych, pożar zajął kuchnię na parterze, z tyłu dwu kondygnacyjnego budynku. Pierwsza grupa sześciu strażaków napotkała na trudną sytuację trójki dzieci uwięzionych na piętrze. W budynku występowało silne zadymienie, zaś dym wydobywał się spod okapu dachu. Strażacy zdecydowali się najpierw ratować uwięzione dzieci i nie podjęli żadnego *wewnętrznego natarcia lub obrony*. Dwie linie szybkiego natarcia (19mm) zostały rozwinięte do budynku ale żadna z nich nie została użyta zanim, pięć minut po przyjeździe, nastąpił backdraft. Wydobywające się płomienie widoczne były z tylnego okna kuchni, zaś pożar rozwinął się do fazy porozgorzeniowej. Występował też wyraźny prąd grawitacyjny z dużą ilością gęstego dymu wydobywającego się frontowymi drzwiami wejściowymi. Backdraft, który wystąpił w tym pożarze odebrał życie dwóm strażakom, gdy pożar rozwijał się przez kilka minut niestrzeżony.
3. Zaledwie trzy dni później kolejny strażak (kobieta) zginął w wyniku backdraftu jaki wystąpił w wielkim pożarze supermarketu w Bristol. Gdy czterech strażaków (łącznie z ofiarą) weszło poprzez główne wejście by gasić pożar, widoczna była poruszająca się warstwa intensywnego dymu, która ciągle podnosiła się i opadała. Zaledwie 5 minut po wejściu, widoczny był intensywny 'wyjący podmuch wiatru' wchodzący do wewnątrz poprzez główne wejście, powodując zakrzywienie płomieni do wewnątrz. Wynikłe z tego zapalenie się gazów pożarowych rozprzestrzeniło się w obszernej przestrzeni sklepu zarówno pod, jak i wewnątrz sufitu z tworzywa sztucznego, z przybliżoną prędkością pięciu metrów na sekundę (wysoko prędkościowe spalanie gazu). Towarzysząca fala ciśnienia wyrzuciła jednego strażaka. Czy strażacy w ogóle powinni byli wejść do tego budynku? Ciągłe podnoszenie się i opadanie warstwy dymu jest najprawdopodobniej wynikiem *cyklu pulsacyjnego* spowodowanego krótkimi zapaleniami (spalanie oscylacyjne) w warstwach bogatego w paliwo gazu. Może to być też związane ze zjawiskiem 'dyszenia' zauważonym przez Sutherlanda. Gdy zapalenia te występują w sposób nieciągły, powtarzające się rozszerzanie termiczne gazów pożarowych może spowodować podnoszenie się i opadanie warstwy granicznej dymu. Taki proces musi być uważany za klasyczny sygnał ostrzegawczy przed backdraftem.

4. 28 marca 1994 roku Straż Pożarna Nowego Jorku (FDNY) wyjechała do zgłoszenia dymu i iskier wydobywających się z komina trzykondygnacyjnego budynku mieszkalnego na Manhattanie. Oficer dowodzący rozkazał trój-osobowym grupom z liniami gaśniczymi wejść do mieszkań na pierwszym i drugim piętrze podczas gdy zastęp truck (zastęp drabiny mechanicznej, którego zadaniem jest zazwyczaj działanie na dachach budynków - *przypp. tłum.*) wywietrzył klatkę schodową z dachu. Kiedy drzwi do mieszkania na pierwszym piętrze zostały otwarte, duży płomień wydobył się z tego mieszkania i przemieścił do góry klatki schodowej, pochłaniając trzech strażaków na podeście tejże klatki na drugim piętrze. Płomień ten trwał przez przynajmniej 6,5 minuty, w wyniku czego strażacy ci zginęli. FDNY poprosiła o pomoc National Institute of Standards and Technology (NIST) w celu zamodelowania tego wypadku, w nadziei na zrozumienie czynników które spowodowały powstanie warunków backdraftu utrzymujących się przez tak długi czas. Model CFAST był w stanie powtórzyć zaobserwowane warunki, co potwierdziło teorię, że nagromadzone zostały znaczne ilości niespalonego paliwa z pożaru w mieszkaniu, które dla oszczędności energii zostało zaizolowane i uszczelnione. Sytuacja ta pokazuje, że backdraft nie zawsze jest, jak się powszechnie uważa, zdarzeniem przejściowym polegającym na szybkim, prawdopodobnie gwałtownym, uwolnieniu energii z pożaru, które *normalnie* nie jest podtrzymane!
5. Straż pożarna stosowała PPV (ang. positive pressure ventilation - wentylacja nadciśnieniowa) przed natarciem w pożarze domu, aby pomóc strażakom w zlokalizowaniu pożaru. Otwór wydechowy (okno) był jednak zbyt mały i nastąpił backdraft gdy gazy pożarowe zapaliły się wzdłuż granicy bogatej/ubogiej mieszanki.

ZAPALENIE GAZÓW POŻAROWYCH

Istnieje szeroki zakres zdarzeń które wygodnie można zgrupować pod nazwą Zapalenie Gazów Pożarowych (ZGP) i takie zjawisko może być ogólnie zdefiniowane jako - '*Zapalenie nagromadzonych gazów pożarowych i produktów pirolizy istniejących w stanie palnym lub doprowadzonych do stanu palnego*'. Każde takie zapalenie jest zazwyczaj spowodowane poprzez dostarczenie źródła zapłonu do palnej mieszanki gazów; lub poprzez przeniesienie tych gazów do źródła zapłonu; lub przeniesienie mieszaniny gazowej bogatej w paliwo do obszaru zawierającego tlen i źródło zapłonu. Zapalenie to nie jest zależne od zaistnienia prądu powietrza przemieszczającego się w kierunku źródła zapłonu, które jednoznacznie uważa się za backdraft.

Wiele badań naukowych poświęconych zostało zjawisku **eksplozji dymu** wraz z najnowszymi przeprowadzonymi przez B.J. Sutherlanda z University of Canterbury in Christchurch w Nowej Zelandii (1999). Eksplozja zdefiniowana jest w tej pracy jako nagła propagacja płomienia z towarzyszącą mu falą ciśnienia (Croft, 1980). Croft sugeruje, że ciśnienia o wartości do 5-10 kPa mogą powstać podczas eksplozji dymu. Ciśnienia na tyle duże wystarczą aby wybić okna. Czynnikiem decydującym o wielkości fali ciśnienia jest prędkość przemieszczania się płomieni. Jeśli fala ciśnienia nie tworzy się lub jest zaniedbywalnie mała, wtedy zjawisko takie nazywane jest **flash-fire**, a nie eksplozją (Wiekema, 1984). Ten znakomity raport opisuje jak warstwy dymu/gazu mogą obniżyć się do źródła zapłonu; jak źródła zapłonu mogą wznieść się do warstw gazu i jak proces zwany 'dyszeniem' może poprzedzić eksplozję gazu. Efekt taki uważa się za podobny do pulsującego dymu - uważanego za sygnał ostrzegawczy przez backdraftem! Inny autor uznał również oddzielające się płomienie pod sufitem jako poprzedzające niektóre eksplozje dymu.

W pożarze Indianapolis Athletic Club w 1992 roku, sugerowano, że zdarzenia które doprowadziły do obrażeń i śmierci strażaka i osoby cywilnej nie spełniały warunków definicji rozgorzenia i mówiono, że jakaś forma **flash-fire** lub **flame-over** odpowiedzialna była za nagłe rozprzestrzenienie się pożaru. Pożar ten pokazał również, jak płomienie mogą podążać w kierunku nowych źródeł powietrza w oknach lub innych otworach zrobionych lub

istniejących za posuwającymi się strażakami. Określenie **flame-over** jest używane na określenie efektu przemieszczających się z dużą prędkością płomieni wzdłuż bardzo nagranych powierzchni, z których wydobywają się palne gazy. Zjawisko to nie jest w efekcie odmienne w stosunku do **flash-fire** i mylone jest czasami z **roll-over**, które to zjawisko polega na oddzielaniu się płomieni od głównego źródła ognia w kierunku sufitu często poprzedzającego rozgorzenie.

Floyn Nelson (USA) wprowadził kolejną definicję pojęcia, które nazwał '**eksplozja wzbudzona przemieszczeniem**'. W efekcie, definicja ta opisuje zapalenie się chmur gazów pożarowych, które przemieściły się wewnątrz budynku. Zjawisko to różni się od backdraftu tym, iż świeże powietrze (tlen) jest czynnikiem przemieszczającym się w backdraftcie, zaś w '**eksplozji wzbudzonej przemieszczeniem**' same gazy są czynnikiem przemieszczającym się w kierunku źródła powietrza. Sytuacja taka może wystąpić na wiele sposobów wewnątrz objętego pożarem budynku, np. gdy wałący się sufit powoduje ucieczkę gazów na zewnątrz od miejsca zawalenia. Mieszając się z powietrzem mogą one osiągnąć stan palny i zapalić się, czemu może towarzyszyć efekt wybuchu. Nelson opisał również skutki **gazów o dużej prędkości** które mogą nabrać momentu w wielkich przestrzeniach, korytarzach lub klatkach wewnątrz budynków. W sytuacjach, gdzie przemieszczanie i zapalenie gorących gazów jest przyspieszone lub odchylone przez wąskie otwory lub korytarze, skutki mogą być dramatyczne. Głęboki stopień spalenia (o którym w Wielkiej Brytanii mówi się *lokalne pogłębienie* (ang. local deepening)) spowoduje niezwykły charakter palenia się, tak jakby przyspieszacz został użyty to zwiększenia intensywności ognia. Okazjonalnie, gdy gazy o dużej prędkości wyjdą na zewnątrz, zaś ich ruch nie zostanie odchylony, ich przepływ będzie taki, że będą one mogły przemieścić się w poprzek całej ulicy tworząc ogień odrzucający od okien i drzwi.

PRZYPADKI HISTORYCZNE ZAPALENIA GAZÓW POŻAROWYCH

1. Strażacy rozgrzebywali zgliszcza po małym pożarze jaki wystąpił w kredensie zawierającym plastik i kartonowe pudła. W momencie gdy podnieśli oni stertę zgliszczy, źródło zapłonu zostało odstonięte co spowodowało zapalenie się nagromadzonych gazów. Wynikła z tego eksplozja spowodowała odrzucenie strażaka aż na korytarz.
2. Do wywietrzenia pożaru jednego pokoju w pożarze domu użyto wentylatora PPV (ang. Positive Pressure Ventilation). Ciągły efekt jaki wywierał wentylator, po tym jak główna część ognia została stłumiona, spowodował wystąpienie szybko tłącego się pożaru w rumowisku i w elementach ścian, co spowodowało nagromadzenie się bogatych w paliwo niedowietrzonych produktów spalania wewnątrz budynku. W rezultacie, po tym jak iskra uniosła się do tej warstwy gazów, nastąpiła eksplozja!
3. Pożar w magazynie w Sztokholmie w 1986 roku został ugaszony, lecz warstwa intensywnego dymu utrzymywała się w wielkich przestrzeniach nad głowami strażaków. W momencie gdy zaczęto grzebać w zgliszczech, do góry uniosł się płomień powodując silną eksplozję i poważne poparzenia wśród kilku strażaków.
4. Pożar w magazynie spowodował dwie eksplozje dymu - najpierw, niewywietrzona warstwa dymu szybko obniżyła się do poziomu podłogi gdzie spotkała się z palącym się źródłem ognia. Spowodowało to zapalenie się warstwy dymu, który zmienił się w mieszaninę palną. Druga eksplozja nastąpiła gdy zawalił się dach, wypychając bogatą w paliwo mieszaninę na zewnątrz do innych rejonów magazynu zawierających bogate źródło powietrza (tlenu). Gdy bogate w paliwo gazy rozrzedziły się, weszły równocześnie w kontakt z ogniem co doprowadziło do kolejnej eksplozji.
5. W 1973 roku grupa londyńskich strażaków usiłowała wejść do piwnicy w sześciokondygnacyjnym budynku. Pożar był w stanie niedowietrzonym, jednak okna nie były naruszone. W momencie otwarcia drzwi gazy uległy **samozapaleniu**

w kontakcie ze świeżym powietrzem. Płomienie buchały nad głowami strażaków przez kilka sekund, powodując uwięzienie strażaków w otwartej przestrzeni piwnicy poza budynkiem. Nie byli w nagłym niebezpieczeństwie i byli w stanie zaobserwować jak gazy wypalają się na zewnątrz pomieszczenia na wolnym powietrzu. Nie zaobserwowali jednak płomieni wewnątrz korytarza. Efekt ten może wydać się podobnym do tego jakiego doświadczyli nowojorscy strażacy podczas pożaru na Watts Street (powyżej) - jeśli gorące gazy spotykają świeże powietrze w miejscu wyjścia, wtedy przyczyną zapalenia nie jest backdraft. Jeśli jednak zapalenie nastąpiło najpierw wewnątrz pomieszczenia, w momencie gdy zaciągnięte zostało powietrze i wypaliło się na zewnątrz pomieszczenia (Watts Street), wtedy mamy do czynienia z backdraftem - jest to zapalenie wywołane przez wentylację. Te dwa zdarzenia mogą się wydać podobne w momencie gdy się objawiają.

6. W 1997 roku grupa dziewięciu strażaków z South Yorkshire (Wielka Brytania) wyjechała do pożaru sklepu z częściami zamiennymi do samochodów. Budynek ten był dobrze uszczelniony metalowymi drzwiami i oknami wypełnionymi płytami drewnianymi i blachą. Gdy strażacy wyważyli wejście od frontu sklepu, okazało się, że wewnątrz jest umiarkowanie ciepło i tylko niewielki dym wydobywa się z drzwi. Prąd wody został skierowany pod sufit przed wejściem do środka. Jednak w tym momencie wejście 'zrobiło się pomarańczowe' i kula ognia wydostała się na ulicę. Eksplozja zniszczyła całą przód sklepu i przysypała kilku strażaków znajdujących się przed frontem sklepu na ulicy. Ośmiu strażaków zostało przewiezionych do szpitala - trzech z nich odniosło poważne obrażenia. Jest bardzo prawdopodobne, że ogień palił się przez jakiś czas wewnątrz uszczelnionego pomieszczenia zaś gazy pożarowe i produkty spalania spowodowały utworzenie mieszanki wybuchowej. Po wyważeniu drzwi, palący się element mógł zostać uniesiony do warstwy gazów pod sufitem powodując gwałtowną eksplozję. Budynek ten był trudny do wywietrzenia z powodu wzmocnionych stalowych tylnych drzwi i okien pokrytych płytami. Piętro służyło jako osobne mieszkanie. W tym przypadku, wprowadzenie pod sufit kropli wody nie zdołało stłumić eksplozji dymu. Nauczka płynąca z tego doświadczenia jest taka, że front takiego budynku należy traktować jak lufę broni myśliwskiej! Zostało to wspomniane w książce *Fog Attack* (1992), w której wyważając drzwi wejściowe do uszczelnionego budynku zaleca się aby, jeśli to tylko możliwe, działać jak najmniejszą ilością strażaków w strefie niebezpiecznej, korzystając z możliwych do wykorzystania osłon. W momencie eksplozji, wszystkich ośmiu strażaków znajdowało się dokładnie przed frontem budynku, kilka stóp od drzwi.
7. Zastępca komendanta Thomas Dunne (FDNY) przedstawił najbardziej interesujący opis zdarzenia które nazwał '*opóźnionym backdraftem*'. Opisał on jak strażacy podeszli do pożaru wewnątrz dwukondygnacyjnego budynku z piwnicą, 15 x 30 m, z cegły i drewnianych łączy w dzielnicy Bronx. Strażacy, którzy jako pierwsi przybyli na miejsce zastali dym (ale nie płomienie) wydobywający się z parteru z zakładu naprawy opon, który znajdował się na końcu jednego z trzech pomieszczeń w budynku. Działania wewnętrzne polegały na rozwinięciu linii gaśniczej 63,5 mm i otwarciu wszystkich trzech pomieszczeń na parterze, gdy okazało się że pożar ograniczony jest do pomieszczenia zakładu naprawy opon. Pożar został zlokalizowany i prawie ugaszony w piwnicy tej części budynku, zaś pomieszczenia przyległe nie były zadymione ani objęte pożarem. W rzeczywistości poważna ściana ognia istniała pomiędzy pomieszczeniem objętym pożarem a przylegającym do niego sklepem z materacami. Dym wydobywający się ze sklepu z oponami nagle zaczął narastać i rozprzestrzenił się na przylegający sklep z materacami, uniemożliwiając wewnętrzne działania gaśnicze. W tym momencie duża liczba gumowych opon paliła się w piwnicy zakładu naprawy opon. Eksplozja (relacjonowana jako backdraft lub eksplozja dymu) nastąpiła ok. 45 minut po tym jak pierwsze jednostki zaczęły podawać wodę do pożaru. Zaraz po eksplozji znaczne ilości ognia zajęły parter budynku. Pożar rozprzestrzenił się na cały budynek, zaś zewnętrzne działania gaśnicze trwały całą noc. Zastępca komendanta

Dunne wyjaśnił potem, że podczas gdy strażacy nauczeni są rozpoznawać 'klasyczne' znaki ostrzegające przed backdraftem po przyjeździe na miejsce, to chyba niewystarczający nacisk kładzie się na fakt, że takie zdarzenie może wystąpić dopiero po pewnym czasie od rozpoczęcia działań gaśniczych, prawdopodobnie w momencie w którym strażacy znajdują się wewnątrz budynku. Powiadomił, iż dwa takie wypadki miały miejsce ostatnio w przydzielonej mu dywizji i że strażacy powinni być ostrożni w zamkniętych przestrzeniach, z których wydobywa się dym i które są niewystarczająco wywietrzone. Określenie '*opóźnione rozgorzenie*' zostało po raz pierwszy wprowadzone w materiałach dydaktycznych szwedzkich strażaków na początku lat 80-tych i odnosiło się do sytuacji, w których prawdopodobne źródła zapłonu były izolowane od nagromadzonych warstw palnych gazów. Sytuacja taka może powstać gdy żarzący się pożar istniał w tym samym pomieszczeniu, w którym nagromadziły się gazy pożarowe lub potencjalnie gdy gazy gromadziły się w pomieszczeniach przylegających do, lub będących w pewnej odległości od pomieszczenia objętego pożarem. Będąca tego wynikiem eksplozja, w przypadku, w którym źródło zapłonu spotkało się z nagromadzonymi gazami pożarowymi, została zdefiniowana jako opóźnione rozgorzenie. Później, w połowie lat 90-tych, to same zdarzenie zostało przedefiniowane w Brytyjskich materiałach szkoleniowych jako '*opóźniony backdraft*'. Jednak w obydwu przypadkach definicje te były niepoprawne w tym sensie, że zdarzenia te bardziej poprawnie nazywane są *zapaleniem gazów pożarowych* lub *eksplozją dymu*. Doświadczenie pokazało nam jednak, że chyba bardziej ostrożnie jest położyć większy nacisk na fakt, że WSZYSTKIE zdarzenia związane z szybkim rozprzestrzenieniem się pożaru, czy to rozgorzenie, czy backdraft lub zapalenie gazów pożarowych, mogą wystąpić jakiś czas po rozpoczęciu wstępnych działań gaśniczych. Dlatego określenie '*opóźniony*' poza możliwością opóźnienia, ma zastosowanie do wszystkich form szybkiego rozprzestrzenienia pożaru, choć chyba jeszcze większy nacisk potrzebny jest w odniesieniu do gazów pożarowych i dymu gromadzących się w przyległych lub pobliskich pomieszczeniach, pokojach, przestrzeniach lub poddaszach itp. (*eksplozja dymu*). Ten rodzaj eksplozji rzadko poprzedzony jest jakąkolwiek formą sygnałów ostrzegawczych i jest chyba największym zagrożeniem dla strażaków. Eksplozje takie występują często, gdy nagromadzenia gazów pożarowych formują się w swych punktach stechiometrycznych. W odniesieniu do granic palności mieszanki gazu z powietrzem, mieszanka stechiometryczna jest mieszanką 'idealną' jeśli doprowadzi do najbardziej pełnego spalania. Punkt ten znajduje się gdzieś pomiędzy górną a dolną granicą wybuchowości i zapalenie w punkcie stechiometrycznym może spowodować najbardziej intensywną deflagrację (zapalenie) w stosunku do punktów zbliżonych do dolnej lub górnej granicy palności.

8. Szczególny typ eksplozji dymu związany jest zwykle z pożarami w saunach. Taka eksplozja następuje często z *opóźnieniem* gdyż sauna zbudowana jest tak, by zatrzymywać ciepło! Jeśli pożar wybuchnie w saunie, mamy sytuację *pomieszczenia wewnątrz pomieszczenia* jeśli sauna znajduje się wewnątrz budynku. Pożary takie rozwijają się bardzo powoli w warunkach niedowietrzonych, wytwarzając duże ilości dymu. Spalanie żarowe osłabia konstrukcję drewnianą sauny i w momencie gdy strażacy skierują silny strumień wody do sauny, jej struktura ulegnie uszkodzeniu i uwolni źródło zapłonu do otaczającej jej atmosfery, która najprawdopodobniej znajduje się w silnie palnym stanie. Powstająca wtedy eksplozja lub zapalenie nagromadzonych gazów pożarowych następuje bez ostrzeżenia i często jest *opóźniona* do momentu, w którym strażacy znajdują się już w jej wnętrzu. Sytuacja taka wymaga pewnej formy taktycznego wietrzenia zanim nastąpi natarcie na źródło pożaru.