

# Projektowanie systemów wentylacji pożarowej w aspekcie nowelizacji przepisów techniczno-budowlanych

Dorota BRZEZIŃSKA

W znowelizowanym w tym roku rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], zwanym dalej „Warunkami Technicznymi”. pojawiło się między innymi szereg **zmian w zakresie wymagań dla systemów wentylacji pożarowej**.

Obecnie, celem **instalacji wentylacji oddymiającej jest zapewnienie usuwania dymu z taką intensywnością , aby w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych, nie wystąpiło zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację** (§270 ust. 1 [2]). Należy tu zwrócić uwagę na likwidację dotychczas powszechnie stosowanego kryterium 10 wymian na godzinę. Teraz powoływanie się na nie będzie już niedozwolone [15]. Ponadto zlikwidowane zostały wymagania dotyczące wysokości montażu kratki nawiewnych i wywiewnych oraz odległości pomiędzy kratkami wywiewnymi, co ułatwi projektowanie instalacji, między innymi wykorzystujących wentylatory strumieniowe. W budynkach wysokich kategorii ZL I, ZLII, ZL III i ZL V, i we wszystkich budynkach wysokościowych, klatki schodowe i przedsionki przeciwpożarowe stanowiące drogę ewakuacyjną będą musiały być wyposażane w urządzenia zapobiegające ich zadymieniu (§246 ust. 2,3 [2]), tak samo, jak szyby dźwigów dla ekip ratowniczych (§253 [2]). W budynkach średniowysokich kategorii ZL I, ZLII, ZL III i ZL V i niskich kategorii ZLII pozostała możliwość wyboru pomiędzy zastosowaniem urządzeń zapobiegających zadymieniu i urządzeń służących do usuwania dymu. Należy tu jednak pamiętać, iż oddymianie klatki schodowej może umożliwić bezpieczną ewakuację jedynie pod warunkiem, że ilość dymu, jaka przedostała się na klatkę jest niewielka. Jest to możliwe jednak tylko w przypadku zastosowania wydzielenia klatki schodowej i zamykania jej za pomocą drzwi wyposażonych w urządzenia zapewniające ich zamknięcie w czasie pożaru, gwarantujących, że w pozycji otwartej będą one pozostawać jedynie w czasie trwania ewakuacji użytkowników danej kondygnacji. Istotny jest tu także system sterowania klapą dymową, gwarantujący jej otwarcie nie tylko w przypadku dotarcia dymu do górnej części klatki schodowej. Należy mieć na uwadze również konstrukcję klatki, która powinna umożliwiać swobodny przepływ dymu ku górze (dusza). Istnieją także systemy mechanicznego usuwania dymu z przestrzeni klatek schodowych, jednak ich parametry powinny być ustalane szczególnie dokładnie, tak aby nie powodowały powstawania podciśnienia i zasysania dymu do klatki. Zwraca się jednak uwagę, że największą skuteczność zabezpieczenia przed zadymieniem klatki schodowej uzyskuje się poprzez zastosowanie mechanicznej instalacji nawiewnej, wytwarzającej w klatce schodowej nadciśnienie, zapobiegające przedostawaniu się na nią dymu.

W przypadku obiektów standardowych, o typowej geometrii, zakłada się najczęściej, że spełnienie wspomnianego wcześniej wymagania dla instalacji wentylacji oddymiającej będzie zrealizowane poprzez zaprojektowanie tej instalacji na podstawie dostępnych polskich i zagranicznych norm, poradników i wytycznych, dotyczących ochrony dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem w określonej grupie budynków. W przypadku obiektów nietypowych, nie ma możliwości bezpośredniego stosowania rozwiązań standardowych i konieczne staje się korzystanie z narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego polegających na przeprowadzaniu indywidualnych obliczeń parametrów rozwoju pożaru i warunków panujących na przejściach i drogach ewakuacyjnych, z uwzględnieniem czasu potrzebnego do ewakuacji ludzi z poszczególnych części budynku. Obliczenia te wykonuje się na podstawie odpowiednich norm, takich jak NFPA 92B [5], BS 7346-4: 2003 [6].

Czas potrzebny do ewakuacji ludzi zależy przede wszystkim od długości przejść i dojeżdżających ewakuacyjnych oraz ilości użytkowników obiektu i jego rodzaju. Obejmuje on czas zwłoki (czas do rozpoczęcia ewakuacji, w tym czas potrzebny na uzyskanie informacji o pożarze), czas na opuszczenie pomieszczenia oraz czas potrzebny na pokonanie drogi do obudowanej klatki schodowej, innej strefy pożarowej lub bezpośrednio do wyjścia na zewnątrz budynku. Czas ten można wyznaczyć za pomocą obliczeń, w oparciu o normy lub wytyczne (np. PD 7974- 6 :2004 [8]).

Pod pojęciem **zadymienia uniemożliwiającego bezpieczną ewakuację** rozumie się, że w obszarze poruszania się ludzi nie występuje niedopuszczalne ograniczenie zasięgu widzialności, niekiedy również stężenia tlenu, a w szczególnych przypadkach – niedopuszczalny wzrost stężenia tlenku węgla i ewentualnie innych gazów toksycznych. W przypadku temperatury, zakłada się, że we wspomnianym obszarze nie nastąpi przekroczenie jej dopuszczalnej wartości, niekiedy również dopuszczalnej wartości natężenia promieniowania cieplnego, a także temperatury ponad 200°C na wysokości powyżej 2,5 m od poziomu posadzki. Najczęściej przyjmuje się tu następujące wartości krytyczne poszczególnych parametrów na wysokości do 1,8 m [8]:

- temperatura – 60°C,
- zasięg widzialności – 10 m dla fluorescencyjnych znaków wskazujących kierunek ewakuacji oraz elementów budowlanych,
- stężenie CO – 800 ppm dla czasu ekspozycji 15 min,
- stężenie O<sub>2</sub> – 12% dla czasu ekspozycji 15 min.

Przy projektowaniu instalacji oddymiających oraz przy doborze rozwiązań techniczno-budowlanych zabezpieczających przed zadymieniem bardzo pomocne jest korzystanie z nowoczesnych technik komputerowych CFD, które umożliwiają uwzględnienie wszystkich indywidualnych parametrów obiektu, mających istotny wpływ zarówno na przebieg rozwoju pożaru, jak i na ilość powstającego dymu i sposób jego rozprzestrzeniania. Niejednokrotnie pozwala to na wprowadzenie korekt i optymalizację rozwiązań przyjętych na podstawie przeprowadzonych wstępnie obliczeń, zarówno parametrów instalacji oddymiającej, jak i przewidywanego czasu ewakuacji.

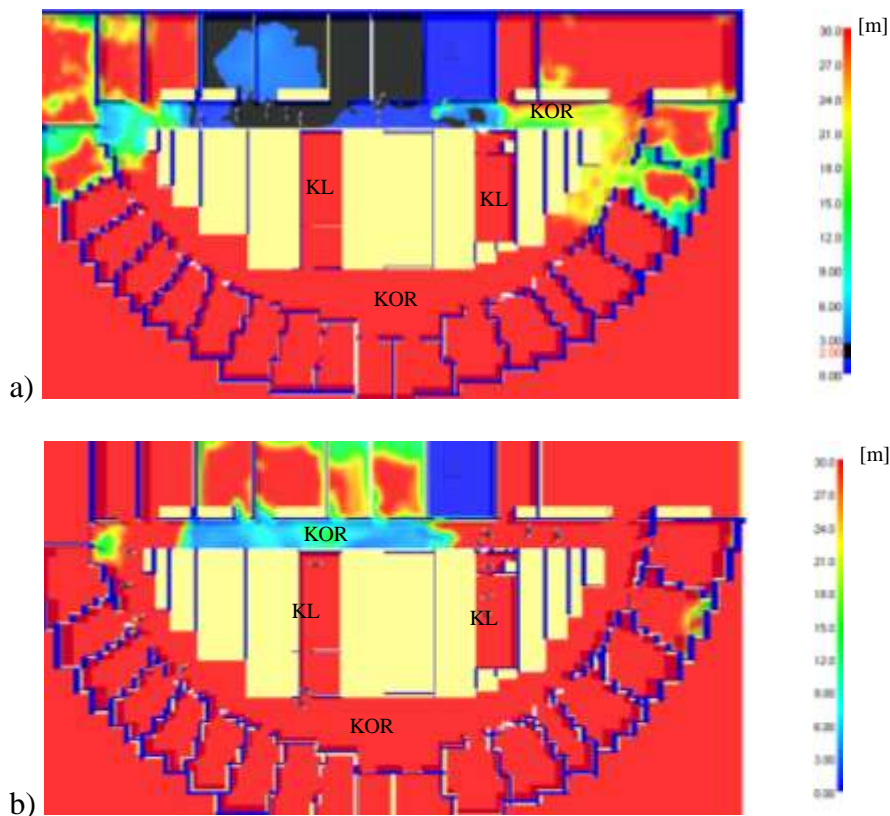
Jak pokazuje jednak doświadczenie, nawet w przypadku typowej geometrii obiektu, realizacja projektu zgodnie z wymaganiami wytycznych nie zawsze zapewnia wystarczający poziom bezpieczeństwa. Przykładem mogą tu być poziome drogi ewakuacyjne w budynkach wysokich i wysokościowych, które tradycyjnie zabezpieczane są przed zadymieniem poprzez stosowanie instalacji oddymiającej. W Polsce od kilku lat powszechnie dostępne są wytyczne do projektowania systemów oddymiania korytarzy ewakuacyjnych w postaci poradnika [12] oraz norma PN-EN 12101-6 [11]. Jak wspomniano wcześniej, przy projektowaniu systemu oddymiania korytarzy ewakuacyjnych, w oparciu o takie standardy, najczęściej nie dokonuje się weryfikacji obliczeń za pomocą symulacji komputerowych. Przeprowadzone analizy wykazały jednak, że standardowe systemy oddymiania korytarzy ewakuacyjnych są skuteczne jedynie w przypadku, gdy na korytarz w czasie pożaru może wydostawać się jedynie stosunkowo niewielka ilość dymu, w związku z czym w projekcie konieczne jest zastosowanie zapewniających to ograniczenie rozwiązań technicznych, na przykład w postaci drzwi z samozamykaczami do wszystkich pomieszczeń.

Na rys. 1 przedstawione zostały wyniki analiz warunków występujących na korytarzu ewakuacyjnym w razie pożaru w jednym z pomieszczeń budynku biurowego, w sytuacji, gdy:

a) nie zastosowano samozamykaczy (drzwi do pomieszczenia objętego pożarem w czasie pożaru pozostają otwarte i cały dym wydostaje się na korytarz),

b) zastosowano samozamykacze (dym wydostaje się na korytarz w niewielkiej ilości poprzez pęknięte okienko w drzwiach do pomieszczenia, które po wyjściu jego użytkowników zamykają się).

W analizach uwzględnione zostało wyposażenie budynku w tryskacze szybkiego reagowania, których uruchomienie, przy założeniu pożaru rozwijającego się ze średnią szybkością powinno nastąpić w czasie do 4 min. od rozpoczęcia pożaru, przy mocy niepełna 700 kW. Przeprowadzono symulacje komputerowe, uwzględniające zarówno sposób rozprzestrzeniania się dymu jak i przebieg ewakuacji 65 użytkowników analizowanej kondygnacji budynku. Analizie poddany został zarówno rozkład temperatury jak i spadku zasięgu widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki korytarza ewakuacyjnego. Ze względu na zastosowanie tryskaczy – temperatura na korytarzu w żadnym przypadku nie stanowiła zagrożenia. W związku z tym, zaprezentowane tu zostały jedynie wyniki analiz zadymienia korytarza (oznaczonego symbolem „KOR”).

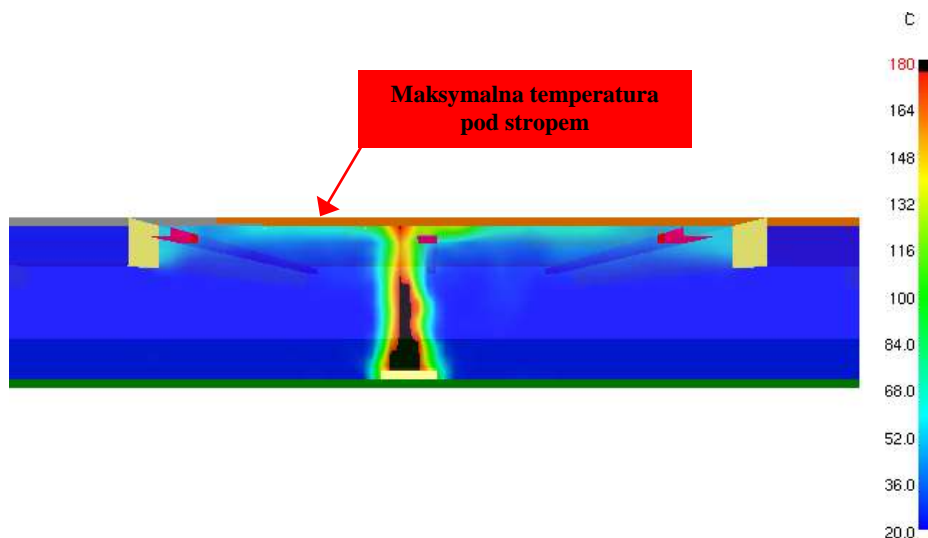


Rys. 1. Zasięg widzialności w korytarzu ewakuacyjnym a) w przypadku braku samozamykaczy, b) w przypadku zastosowania samozamykaczy.

Wyniki symulacji (rys. 1) wskazują, iż w przypadku braku samozamykaczy, mimo zgodnego z wytycznymi [12] działania systemu oddymiania, dym wydostający się z pomieszczenia objętego pożarem na korytarz powoduje zagrożenie dla użytkowników obiektu (7 osób znalazło się w strefie zadymienia z zasięgiem widzialności ograniczonym poniżej dopuszczalnych 10 m – rys. 1a), co oznacza, iż system oddymiania nie zawsze jest wystarczającym zabezpieczeniem korytarzy ewakuacyjnych przed zadymieniem. Dopiero w przypadku zastosowania samozamykaczy na korytarzu nie wystąpiło zadymienie uniemożliwiające bezpieczną ewakuację w wymaganym czasie – wszyscy ewakuujący się mogli bezpiecznie dojść do wyjść na klatki schodowe „KL”.

Kolejnym elementem jaki należy obecnie analizować jest **temperatura dymu powstającego w czasie pożaru i jej wpływ na wymaganą klasę odporności ogniowej elementów instalacji oddymiającej**. W przypadku *przewodów wentylacji oddymiającej*

obsługujących wyłącznie jedną strefę pożarową oraz występujących w nich *klap odcinających*, po wykazaniu za pomocą obliczeń bądź symulacji komputerowych, że temperatura dymu powstającego w czasie pożaru nie przekracza 300°C, możliwe jest obniżenie ich klasy odporności ogniowej z uwagi na szczelność i dymoszczelność w przypadku przewodów z E<sub>600</sub>S do E<sub>300</sub>S, a w przypadku klap - z E<sub>600</sub>S AA do E<sub>300</sub>S AA (§270 ust. 2 i 3 [2]). W praktyce jest to możliwe prawie zawsze w obiektach wyposażonych w instalację tryskaczową. Przykładem może tu być pomieszczenie handlowe, w którym, jako element ponadstandardowy, zastosowano tryskacze szybkiego reagowania (RTI<50). Analiza rozwoju pożaru w pomieszczeniu handlowym o wysokości około 6 m pokazuje, iż uruchomienie tryskaczy powinno nastąpić w czasie do 200 s, kiedy moc pożaru szybko rozwijającego się (fast fire) wynosi 1900 kW. Maksymalna temperatura dymu pod stropem pomieszczenia, bezpośrednio ponad źródłem pożaru, wyznaczona za pomocą symulacji komputerowej, wynosi w takich warunkach około 220°C (180°C + 20% margines bezpieczeństwa wynikający z dokładności obliczeń programu FDS), co przedstawia rys. 2. Widoczne jest zatem, iż na podstawie przeprowadzonych analiz możliwe jest zastosowanie, w omówionych powyżej warunkach przewodów oddymiających i przeciwpożarowych klap odcinających o obniżonej klasie odporności ogniowej.



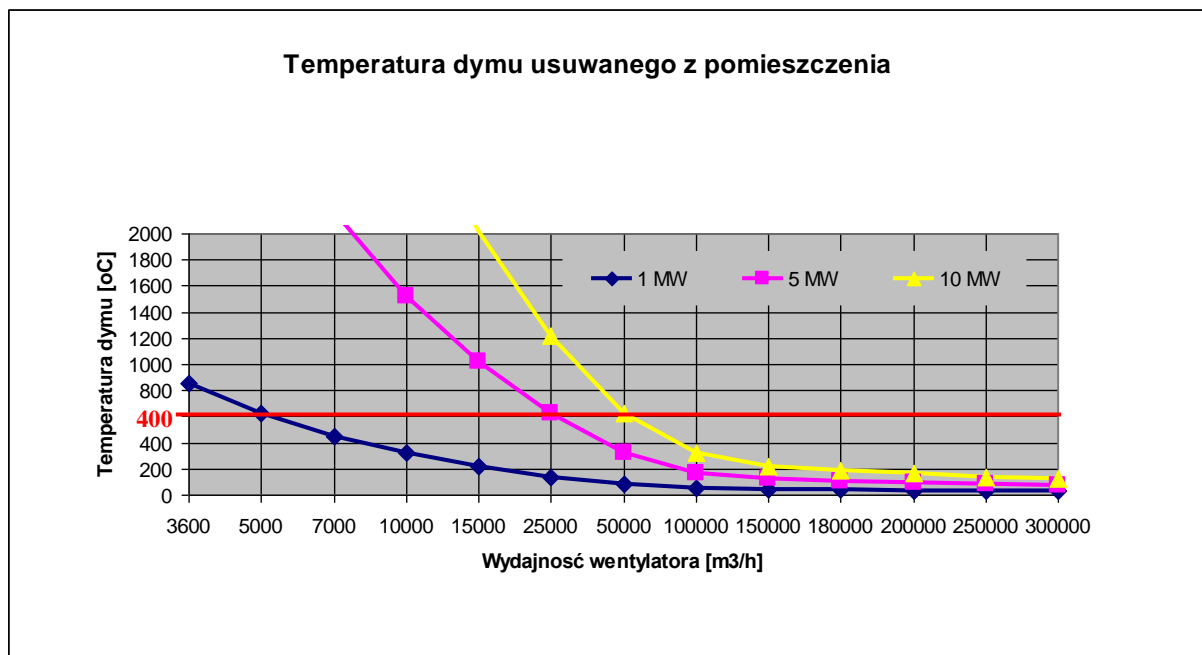
Rys. 2. Maksymalna temperatura dymu pod stropem pomieszczenia handlowego wyposażonego w instalację tryskaczową.

Podobną procedurę można zastosować w przypadku doboru *wentylatorów oddymiających* (§270 ust. 4 [2]). Tu jednak należy zwrócić uwagę na dwa dodatkowe elementy:

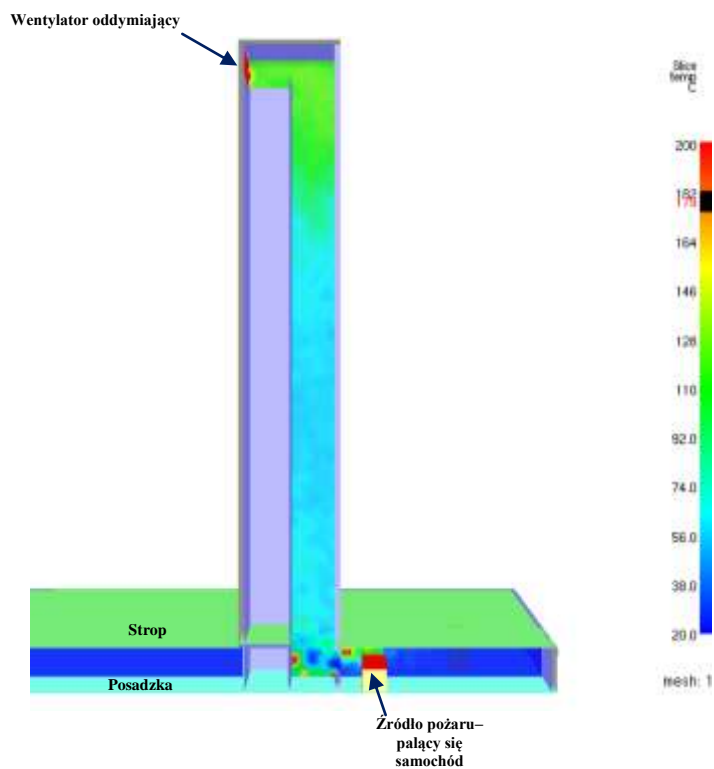
- a) analizę temperatury dymu należy przeprowadzać z uwzględnieniem lokalizacji wentylatorów i ich wydajności,
- b) w przypadku chęci zastosowania wentylatorów o klasie niższej niż F<sub>400</sub> 120 należy, poza wykazaniem, iż temperatura dymu w pobliżu wentylatorów będzie niższa niż 400°C, przeanalizować czy zastosowane rozwiązanie zapewni bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

W najbardziej niesprzyjających warunkach, w sytuacji pożaru w bezpośrednim sąsiedztwie punktu wyciągowego, temperatura usuwanego dymu jest zależna przede wszystkim od mocy pożaru oraz od wydajności projektowanej instalacji oddymiającej. Na poniższym wykresie przedstawiono temperaturę dymu usuwanego z pomieszczenia w zależności od wydajności instalacji oddymiającej dla trzech, przykładowych, mocy pożaru: 1 MW (moc osiągnięta po 2,5 min. trwania pożaru szybkiego lub 5 min. pożaru o średniej

szybkości), 5 MW (moc osiągnięta po 5,5 min. trwania pożaru szybkiego lub 11 min. pożaru o średniej szybkości) oraz 10 MW (moc osiągnięta po około 8 min. trwania pożaru szybkiego lub 16 min. pożaru o średniej szybkości)



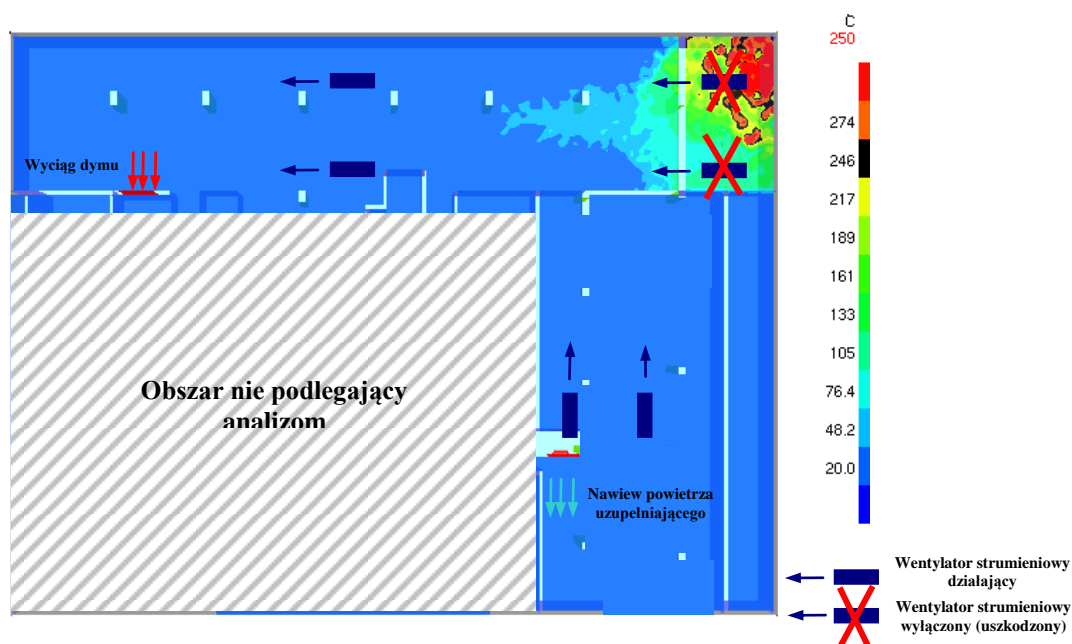
Widoczne jest, iż nawet w przypadku pożaru o mocy 1 MW temperatura dymu usuwanego z pomieszczenia jest niższa niż 400°C dopiero przy wydajności instalacji oddymiającej większej niż 8 000 m<sup>3</sup>/h. Dla mocy 5 i 10 MW wydajność ta musi wynosić odpowiednio około 40 000 i 100 000 m<sup>3</sup>/h. Jednocześnie, przy wydajnościach mniejszych, nawet przy stosunkowo niewielkiej mocy pożaru należy się liczyć z temperaturą znacznie przekraczającą nawet 600°C, co oznacza, iż przy zastosowaniu tak niewielkich wydajności instalacji oddymiającej (np. w obiektach biurowych), znaczący wzrost pożaru (np. przy braku instalacji tryskaczowej) może spowodować uszkodzenie wentylatorów oddymiających, nawet o klasie F<sub>600</sub> 60, która jest maksymalną klasą, jakiej wymagają obowiązujące przepisy. Jednocześnie widoczne jest, iż przy wydajności instalacji oddymiającej powyżej 150 000 m<sup>3</sup>/h przewidywana temperatura dymu, nawet w przypadku pożaru o mocy 10 MW nie przekracza 200°C, co umożliwia zastosowanie wentylatorów o obniżonych parametrach i znacznie niższej cenie. Najdokładniejszą analizę temperatury dymu usuwanego przez wentylator oddymiający można przeprowadzić za pomocą symulacji komputerowych. Na rysunku 3 przedstawiono rozkład temperatury dymu usuwanego z garażu podziemnego za pomocą wentylatora o wydajności 180 tys. m<sup>3</sup>/h, zlokalizowanego w szachcie, na dachu budynku. Założono pożar samochodu osobowego, bezpośrednio przy kracie wyciągowej. Widoczne jest, iż temperatura dymu usuwanego przez wentylator wynosi około 220°C (180°C powiększone o margines bezpieczeństwa wynoszący 20%), co pozwala na zmniejszenie klasy odporności wentylatora nawet do 250°C. W praktyce, podobnie jak w przypadku klap odcinających oraz przewodów oddymiających, obniżenie wymagań w zakresie odporności ogniowej wentylatorów jest prawie zawsze możliwe w obiektach wyposażonych w instalację tryskaczową.



Rys. 3. Rozkład temperatury dymu usuwanego z garażu.

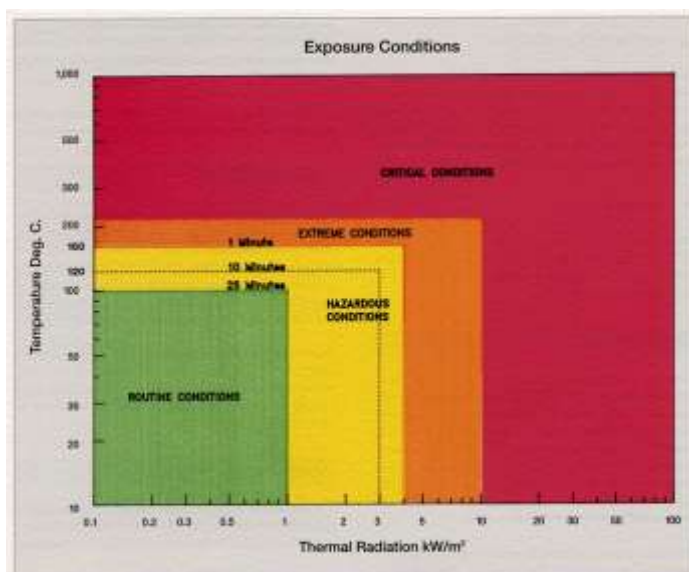
Odrębny problem stanowią wentylatory strumieniowe, stosowane najczęściej w garażach i tunelach. Zlokalizowane są one pod stropem pomieszczenia i istnieje prawdopodobieństwo, iż pożar wystąpi bezpośrednio pod wentylatorem lub w bardzo bliskiej odległości od niego. W takiej sytuacji konieczne jest przeanalizowanie rozkładu temperatury na wysokości montażu wentylatorów strumieniowych i określenie maksymalnego zasięgu temperatury na jaką odporne są zastosowane wentylatory. Następnie należy przeprowadzić powtórny analizę, zakładającą, iż wentylatory znajdujące się w obszarze zasięgu tej temperatury mogą ulec uszkodzeniu i w przeprowadzanej symulacji ich działanie nie jest uwzględnione. Na rys. 4 pokazany został rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów strumieniowych, który pokazuje, że w przypadku wystąpienia pożaru temperatura  $300^{\circ}\text{C}$  (będąca temperaturą odporności ogniowej wentylatorów) może objąć maksymalnie dwa wentylatory, których brak działania uwzględniono we właściwej symulacji komputerowej, wykazującej czy w analizowanym garażu zapewnione zostały odpowiednie warunki na przeprowadzenie ewakuacji.





Rys. 4. Rozkład temperatury dymu pod stropem garażu.

Decyzję o obniżeniu klasy wentylatorów można jednak podjąć dopiero po dokonaniu oceny, czy w obiekcie będzie **zapewnione bezpieczeństwo ekip ratowniczych**. Na podstawie badań przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii, w czasie odbywanych ćwiczeń [13], określone zostały obszary działań ekip ratowniczych w zależności od warunków występujących podczas pożaru. Dokonano określenia bezpiecznych warunków pracy ekip ratowniczych, w zależności od temperatury otoczenia, natężenia promieniowania cieplnego oraz czasu ekspozycji, co przedstawia rysunek 5. Jako warunki rutynowe (routine conditions) przyjęto warunki najczęściej spotykane w czasie działań ratowniczych, w których temperatura nie przekracza  $100^{\circ}\text{C}$  i promieniowanie cieplne jest poniżej  $1 \text{ kW/m}^2$ . Przeprowadzone ćwiczenia przewidywały przebywanie ratowników w takich warunkach w czasie do 30 min, przy czym, w zaleceniach podano maksymalny czas ekspozycji do 25 min. Zwrócono uwagę na znaczący wpływ wilgotności powietrza w tych warunkach, przy czym nie określono wartości granicznych. Zakres warunków niebezpiecznych (hazardous conditions) przewiduje krótkotrwałe działania ratowników (do 10 min), przy temperaturze do  $120^{\circ}\text{C}$  i promieniowaniu cieplne do  $3 \text{ kW/m}^2$ . Zaznaczono, że w tych warunkach wilgotność powietrza ma już mniejsze znaczenie, ponieważ w temperaturze powyżej  $100^{\circ}\text{C}$  nie należy spodziewać się znaczącej wilgotności. Za warunki ekstremalne (extreme conditions), występujące w sytuacji konieczności prowadzenia działań ratowniczych w sytuacji zagrożenia wystąpienia rozgorzenia, przyjęto temperaturę w przedziale od  $160^{\circ}\text{C}$  do  $235^{\circ}\text{C}$  i natężenie promieniowania cieplnego od  $4 \text{ kW/m}^2$  do  $10 \text{ kW/m}^2$ . W warunkach tych przewiduje się możliwość przebywania do 1 min, przy czym należy się liczyć z możliwością uszkodzenia wyposażenia i ubrań ochronnych ratowników, a nawet odniesienia ran. Powyżej tych parametrów zakłada się występowanie warunków krytycznych (critical conditions), w których może pojawić się zagrożenie życia ratowników.



Rysunek 5. Wpływ warunków występujących w czasie działań ratowniczych na służby ratownicze [13].

Na podstawie powyższych informacji proponuje się, aby za wartości graniczne parametrów mających wpływ na bezpieczeństwo ekip ratowniczych, w przeprowadzanych analizach, przyjmowane były parametry odpowiadające warunkom rutynowym (temperatura 100°C, natężenie promieniowania cieplnego – 1 kW/m<sup>2</sup>), w odległości 10 m od źródła pożaru, która odpowiada maksymalnej odległości, z jakiej możliwe jest prowadzenie akcji gaśniczej.

Należy również zwrócić uwagę, czy ratownicy nie będą musieli prowadzić działań pod takimi elementami konstrukcji budynku, które nie mają gwarantowanej klasy odporności ogniowej (z uwagi na nośność ogniową), np. w budynkach klasy „E” odporności pożarowej lub bezpośrednio pod dachem w budynkach klasy „D”. Trzeba by wtedy określić, po jakim czasie oddziaływania pożaru elementy te mogą utracić swą nośność. Dla elementów konstrukcji budynku mających gwarantowaną klasę odporności ogniowej, omawiany czas będzie wynikał z tej klasy.

W celu dokonania oceny, czy w analizowanym obiekcie zapewnione jest bezpieczeństwo ekip ratowniczych konieczne jest także określenie przewidywanego czasu rozpoczęcia działań gaśniczych, który jednocześnie można przyjmować jako czas, po którym następuje ograniczenie rozwoju pożaru (pod warunkiem, że budynek nie jest wyposażony w instalację tryskaczową i ograniczenie rozwoju pożaru nie zostało przyjęte po czasie uruchomienia tryskaczy). Czas rozpoczęcia działań gaśniczych uzależniony jest przede wszystkim od czasu przekazania informacji o pożarze do jednostki ratowniczo- gaśniczej i od jej odległości od obiektu, w którym powstał pożar. Zgodnie z niemiecką normą VDI 6019-1 [4], w obiektach wyposażonych w system sygnalizacji pożarowej i automatycznego przekazywania alarmu do jednostek ratowniczych czas rozpoczęcia działań gaśniczych można przyjmować zgodnie z tabelą 1.

Tabela 1. Czas rozpoczęcia działań gaśniczych.

Warunki dojazdu	Czas [s]
Warunki sprzyjające (obecność miejscowej jednostki straży pożarnej)	600*
Warunki normalne (istnienie zawodowych jednostek straży pożarnej mających łatwy dojazd do obiektu)	900*
Warunki niesprzyjające (istnienie ochotniczych jednostek straży pożarnej lub zawodowych jednostek straży pożarnej mających utrudniony dojazd do obiektu)	1200*



Warunki szczególnie niesprzyjające (istnienie ochotniczych jednostek straży pożarnej mających utrudniony dojazd do obiektu)	1500*
---	-------

\* czas ten uwzględnia czas 120 s przewidziany na wykrycie pożaru i przekazanie informacji do jednostek straży pożarnej oraz czas 180 s przewidziany na przygotowanie jednostek ratowniczych do rozpoczęcia akcji gaśniczej.

Przedstawione powyżej przykłady obrazują, jak ważna jest obecnie rola narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego w projektowaniu systemów zabezpieczenia przeciwpożarowego i w jaki sposób, po ostatniej nowelizacji Warunków Technicznych odbywać się powinno projektowanie indywidualnych rozwiązań dla danego budynku. Zastosowanie najdokładniejszego z tych narzędzi, którym są symulacje komputerowe CFD, pozwala na szczególnie precyzyjne uwzględnienie wszystkich elementów mających wpływ na rozwój pożaru i rozprzestrzenianie się dymu i zastosowanie w danym obiekcie optymalnych rozwiązań. Niejednokrotnie uzyskuje się dzięki temu znaczną poprawę skuteczności działania systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, przy jednoczesnym zredukowaniu ich sumarycznych kosztów. Należy tu jednak brać pod uwagę fakt, iż wiarygodne wyniki symulacji można uzyskać jedynie przy prawidłowym doborze oprogramowania i założeń przyjmowanych do analiz oraz odpowiednim kwalifikacjom osób je wykonujących (potwierdzonym certyfikatami z odpowiednich kursów lub szkoleń).

## Literatura

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r.- Prawo budowlane (Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.) .
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
4. VDI 6019-1 Engineering methods for the dimensioning of systems for the removal of smoke from buildings, Fire curves, verification of effectiveness
5. NFPA 92 B. Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Spaces. 2009 Edition.
6. [BS 7346-4: 2003 Components for smoke and heat control systems - Part 4: Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems, employing time steady-state design fires – Code of practice](#)
7. [BS 7346 – 7:2006 Components for smoke and heat control systems- Part7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks.](#)
6. ~~NFPA 204. Standard for Smoke and Heat Venting. 2007 Edition.~~
7. ~~BS 9999:2008. Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings~~
8. PD 7974- 6 :2004. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings –Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behavior and condition ( Sub -system 6)
9. VDI 6019-1 Engineering methods for the dimensioning of systems for the removal of smoke from buildings, Fire curves, verification of effectiveness
10. VDI 6019-2 Engineering methods for the dimensioning of systems for the removal of smoke from buildings - Engineering methods

11. PN-EN 12101-6: 2007 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów ciśnieniowych –Zestawy urządzeń
12. Brzezińska D., Jędrzejewski R. „Wentylacja pożarowa budynków wysokich i wysokościowych” Poradnik, Fluid Desk, Szczecin 2003.
13. Measurements of the Firefighting Environment Department for Communities and Local Government Eland House Bressenden Place London SW1E 5DU 1994
14. Guideline no. GL-17: Fire Brigade Intervention Model, General Provisions. Metropolitan Fire & Emergency Services Board Community Safety Directorate. 15 Sep. 2005.
15. Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Tekst jednolity z komentarzami, ITB Warszawa 2009.