

PRZEWODNIK

wentylacja strumieniowa garaży safety carpark



Z uwagi na dynamiczny rozwój budownictwa pojawia się konieczność coraz bardziej racjonalnego zagospodarowania przestrzeni użytkowej. Problem ten jest szczególnie widoczny w centrach dużych miast, a więc w miejscach potencjalnie najbardziej atrakcyjnych dla inwestorów. Niezależnie od przyszłego przeznaczenia budynku podejmuje się próby optymalnego wykorzystania terenu przeznaczanego do zabudowy. W rezultacie projekty optymalne z ekonomicznego punktu widzenia to takie, w których zmaksymalizowana powierzchnia użytkowa przeznaczona do sprzedaży lub wynajmu przynosi wymierne korzyści finansowe. Konsekwencją takiego podejścia jest systematyczna popularyzacja wielostanowiskowych parkingów i garaży podziemnych. W tym miejscu aspekty ekonomiczne stykają się bezpośrednio z szeregiem kwestii technicznych, które powinny być uwzględnione na etapie wykonywania projektu oraz podczas eksploatacji takich obiektów. Należy tutaj zwrócić szczególną uwagę na spełnienie szeregu wymagań normatywnych w odniesieniu do kontroli stężenia substancji szkodliwych, jakości mikroklimatu oraz w szczególności zapewnienia możliwości bezpiecznej ewakuacji osób znajdujących się w garażu w przypadku pożaru.

W odpowiedzi na stale rosnące zainteresowanie tą tematyką oraz liczne kontrowersje towarzyszące w szczególności praktycznemu zastosowaniu instalacji wentylacji strumieniowej firma SMAY opracowała „Przewodnik Wentylacja Strumieniowa Garaży”, w którym w przystępnej formie omówiono szereg aspektów technicznych związanych z projektowaniem oraz oceną skuteczności tego rodzaju instalacji. Z uwagi na fakt, że wentylacja strumieniowa to tylko jeden ze sposobów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła w garażach w Przewodniku opisane zostały również podstawowe zagadnienia związane z projektowaniem mechanicznej wentylacji kanałowej projektowanej w oparciu o brytyjską normę BS 7346-7 oraz normę niemiecką VDI 2053.

W ostatniej części Przewodnika opisano metodykę prowadzenia prób odbiorowych zgodnie z australijską normą AS 4391 oraz okresowych przeglądów instalacji wentylacji strumieniowej i kanałowej obsługującej garaże podziemne ze szczególnym uwzględnieniem autorskiej ultradźwiękowej techniki pomiarowej pozwalającej na weryfikację wyników symulacji komputerowych CFD wykonywanych przez firmę SMAY.

Kolejny już raz firma Smay postawiła na sprawdzony model świadczenia usług kompleksowych. Dlatego oferujemy Państwu wsparcie techniczne na każdym etapie realizacji inwestycji, począwszy od projektowania instalacji kanałowej wentylacji bytowej i oddymiającej jak również wentylacji strumieniowej garaży, poprzez kompletne systemy detekcji LPG i CO, wykonanie symulacji komputerowych CFD (FDS, Ansys® Fluent®) na montażu i próbach odbiorowych skończywszy.

Z ogromną przyjemnością przekazujemy w Państwa ręce niniejszy Przewodnik, który mamy nadzieję okaże się dla Państwa użyteczny w praktyce otwierając nam drogę do dalszej współpracy. Współpracy której celem nadrzędnym jest rozwój innowacyjnych rozwiązań technicznych oraz systematyczne podnoszenie poziomu bezpieczeństwa w budynkach na wypadek pożaru.

Zapraszamy do współpracy

Zespół firmy SMAY Sp. z o.o.

Autorzy:

Tomasz Burdzy, Paweł Holewa, Grzegorz Sypek, Jarosław Wiche

Projekt okładki i wnętrza, skład:

Karol Filas

Wydawca:

Smay Sp. z o.o.

ul. Ciepłownicza 29, 31-587 Kraków

www.smay.pl

Biblioteka Projektanta Wentylacji

1. **„Poradnik Systemy VAV”**,
Wiesław Sudół, Jacek Hendiger
2. **„Przewodnik Systemy Różnicowania Ciśnienia w budynkach wielokondygnacyjnych”**,
Paweł Holewa, dr Grzegorz Kubicki, Grzegorz Sypek, Jarosław Wiche, Robert Zapata
3. **„Przewodnik Wentylacja Strumieniowa Garaży”**,
Tomasz Burdzy, Paweł Holewa, Grzegorz Sypek, Jarosław Wiche

1. Przedmiot i zakres opracowania	5
2. Regulacje prawne	5
3. Wypis najistotniejszych paragrafów dla projektantów instalacji wentylacyjnych w garażach	5
4. Wytyczne projektowe wentylacji strumieniowej oddymiającej.	12
4.1. Założenia i kryteria projektowe	12
4.2. Strefy dymowe	13
4.3. Wentylatory strumieniowe	14
4.4. Główne wentylatory wyciągowe	17
4.5. Kompensacja powietrza w garażu	17
4.6. Założenia projektowo - koncepcyjne	19
5. Wytyczne projektowe wentylacji strumieniowej bytowej.	20
5.1. Zasada działania oraz praktyka stosowana w Polsce	20
5.2. Podstawowe wytyczne brytyjskie	21
5.3. Garaże wentylowane naturalnie.	21
5.4. Garaże wentylowane mechanicznie i naturalnie	21
5.5. Garaże wentylowane mechanicznie	21
5.6. Szczegółowa ocena ilości zanieczyszczeń	21
6. Wytyczne projektowe wentylacji kanałowej oddymiającej.	22
6.1. Strefy dymowe	22
6.2. Obliczenia analityczne ilości wytwarzanego dymu przy źródle pożaru zgodnie z BS 7346-4 2003	23
6.3. Obliczenia analityczne maksymalnej ilości powietrza jaka może być wyciągana przez pojedynczą kratę wyciągową bez efektu zasysania czystego powietrza z pod warstwy dymu.	24
6.4. Prędkość w otworach kompensacyjnych	26
6.5. Przykład obliczeniowy	27
7. Opis instalacji wentylacji bytowej kanałowej	27
7.1. Obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego dla garaży w celu usunięcia tlenku węgla (na podstawie VDI 2053)	29
7.2. Przykład obliczeniowy ilości powietrza wentylacyjnego w celu usunięcia tlenku węgla z garażu	

8. Obliczenia czasów ewakuacji z garażu	32
8.1. Podstawa prawna	32
8.2. Warunki bezpiecznej ewakuacji	32
8.3. Poszczególne składowe dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji -ASET	33
8.4. Czas reakcji użytkowników na alarm	34
8.5. Obliczenia czasów przemieszczania po drogach poziomych	35
8.6. Przykład obliczeniowy ewakuacji z garażu	36
9. Wytyczne elektryczne i SAP	38
10. Wytyczne konstrukcyjno-budowlane	38
11. Detekcja CO i LPG.	38
11.1. Wymagania prawne odnośnie stosowania detekcji CO i LPG.	38
11.2. Zasady jakimi należy się kierować przy montażu detektorów:	39
11.3. Rodzaje sensorów w detektorach:	40
11.4. Detektory DU0master CO/LPG G/EP/RS485 – Pro-Service**	41
11.5. Centralki Unister....z/RS-485 – Pro-Service**	45
12. Układy automatyki dla wentylacji garaży	48
12.1. Sterowanie podzespołami systemów oddymiania**	49
12.2. Przykład obliczeniowy ewakuacji z garażu	50
12.3. Założenia odnośnie układów zasilająco sterujących.	52
13. Metodyka prowadzenia prób odbiorowych instalacji zabezpieczenia przed zadymieniem oraz wentylacji strumieniowej garaży.	58

1

Przedmiot i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie przedstawia zasadę pracy instalacji wentylacji strumieniowej i kanałowej oraz wytyczne do jej zaprojektowania oparte na brytyjskim standardzie BS 7346-7. Standard ten określa warunki dla wentylacji:

- bytowej – zapewniającej usunięcie nadmiernych stężeń CO.
- oddymiającej – pracującej tylko w razie wystąpienia pożaru.

Przewodnik podaje również kryteria projektowe wentylacji strumieniowej bytowej oparte na przyjętej praktyce panującej w Polsce która w wielu kwestiach różni się od opisanego standardu brytyjskiego. Opisano także podstawy kryteriów projektowych wentylacji bytowej kanałowej w garażach zgodnie z niemieckim standardem VDI 2053.

2

Regulacje prawne

Normy:

BS 7346-4:2003 Components for smoke and heat control systems - Part 4: Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady-state design fires- Code of practice.

BS 7346-7:2006 Components for smoke and heat control systems - Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks.

PD 7974-6:2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings - Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6).

PN-73/B-03431 Wentylacja mechaniczna w budownictwie – Wymagania.

VDI 2053 Air treatment systems for car parks.

Rozporządzenia:

Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z dnia 15 czerwca, 2002 r.) z późniejszymi zmianami

Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dn. 23.09.1997 w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 129, poz. 844)

3

Wypis najistotniejszych paragrafów dla projektantów instalacji wentylacyjnych w garażach

Garaże dla samochodów osobowych.

§102. Garaż do przechowywania i bieżącej, niezawodowej obsługi samochodów osobowych, stanowiący samodzielny obiekt budowlany lub część innego obiektu, będący garażem zamkniętym - z pełną obudową zewnętrzną i zamykanymi otworami, bądź garażem otwartym - bez ścian zewnętrznych albo ze ścianami niepełnymi lub ażurowymi, powinien mieć:

- 1) wysokość w świetle konstrukcji co najmniej 2,2 m i do spodu przewodów i urządzeń instalacyjnych 2 m,
- 2) wjazdy lub wrota garażowe co najmniej o szerokości 2,3 m i wysokości 2 m w świetle,
- 3) elektryczną instalację oświetleniową,
- 4) zapewnioną wymianę powietrza, zgodnie z § 108,
- 5) wpusty podłogowe z syfonem i osadnikami w garażu z instalacją wodociągową lub przeciwpożarową tryskaczową, w garażu podziemnym przed wjazdem do niego oraz w garażu nadziemnym o pojemności powyżej 25 samochodów,
- 6) instalację przeciwpożarową, wymaganą przepisami dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej, zabezpieczoną przed zamarzaniem.

Komentarz: Kanały wentylacyjne oraz wentylatory strumieniowe mogą być opuszczane do wysokości 2 m nad posadzką garażu. Także do takiej wysokości mogą sięgać stałe lub być opuszczane ruchome kurtyny dymowe rozdzielające poszczególne strefy dymowe. W przypadku prowadzenia kurtyn rozdzielających strefy dymowe wzdłuż przejazdów, należy uwzględnić paragraf § 242.3. Wysokość drogi ewakuacyjnej powinna wynosić co najmniej 2,2 m natomiast wysokość lokalnego obniżenia 2m, przy czym długość obniżonego odcinka drogi nie może być większa niż 1,5 m.

- § 103. 1. Do garażu położonego poniżej lub powyżej terenu należy zapewnić dojazd dla samochodów za pomocą pochylni o maksymalnym nachyleniu nie większym niż określone w § 70 lub zastosować odpowiednie urządzenia do transportu pionowego.
2. W garażu przeznaczonym dla więcej niż 25 samochodów na każdej kondygnacji, należy stosować pochylnie o szerokości co najmniej 5,5 m, umożliwiające ruch dwukierunkowy, lub osobne, jednopasmowe pochylnie o szerokości co najmniej 2,7 m dla wjazdu i wyjazdu samochodów.
3. W garażu przeznaczonym dla nie więcej niż 25 samochodów na kondygnacji, dopuszcza się zastosowanie wyłącznie pochylni jednopasmowych, pod warunkiem zainstalowania sygnalizacji do regulacji kierunków ruchu.
4. W garażu jedno- i dwupoziomowym, przeznaczonym dla nie więcej niż 10 samochodów na kondygnacji, dopuszcza się zastosowanie pochylni jednopasmowej bez sygnalizacji świetlnej.
- § 104. 1. Dojazd (droga manewrowa) do stanowisk postojowych w garażu jednoprzestrzennym (bez ścian wewnętrznych) powinien mieć szerokość dostosowaną do warunków ruchu takich samochodów, jakie mają być przechowywane, oraz do sposobu ich usytuowania w stosunku do osi drogi, ale co najmniej:
- 1) przy usytuowaniu prostopadłym - 5,7 m,
 - 2) przy usytuowaniu pod kątem 60° - 4 m,
 - 3) przy usytuowaniu pod kątem 45° - 3,5 m,
 - 4) przy usytuowaniu równoległym - 3 m.
2. Dopuszcza się zmniejszenie wymiaru, o którym mowa w ust. 1 pkt 1, do 5,0 m, jeżeli stanowiska postojowe mają szerokość co najmniej 2,5 m.
3. Stanowiska postojowe w garażu powinny mieć co najmniej szerokość 2,3 m i długość 5,0 m, z zachowaniem odległości między bokiem samochodu a ścianą lub słupem - co najmniej 0,5 m.
4. Stanowiska postojowe w garażu, przeznaczone dla samochodów, z których korzystają osoby niepełnosprawne, powinny mieć zapewniony dojazd na wózku inwalidzkim z drogi manewrowe do drzwi samochodu co najmniej z jednej strony, o szerokości nie mniejszej niż 1,2 m.
- § 105. 1. W garażu podziemnym i wielopoziomowym nadziemnym jako dojścia należy stosować schody odpowiadające warunkom określonym w § 68.
2. W garażu jednopoziomowym podziemnym i nadziemnym dopuszcza się wykorzystanie jako dojścia pochylni przeznaczonych do ruchu samochodów, jeżeli ich nachylenie nie przekracza 10% oraz istnieje możliwość wydzielenia bezpiecznego pasma ruchu pieszego o szerokości co najmniej 0,75 m.
3. Nie wymaga się wydzielenia pasma ruchu pieszego na pochylni dwupasmowej, a w garażu o pojemności do 25 samochodów łącznie na kondygnacji - także na pochylni jednopasmowej.
4. Stanowiska postojowe dla samochodów, z których korzystają osoby niepełnosprawne, należy sytuować na poziomym terenie lub na kondygnacjach dostępnych dla tych osób z pochylni, z uwzględnieniem warunków, o których mowa w § 70.

5. W garażu wielopoziomowym lub stanowiącym kondygnację w budynku mieszkalnym wielorodzinnym oraz budynku użyteczności publicznej należy zainstalować urządzenia dźwigowe lub inne urządzenia podnośne umożliwiające transport pionowy osobom niepełnosprawnym poruszającym się na wózkach inwalidzkich na inne kondygnacje, które wymagają dostępności dla tych osób.

§ 106. 1. Garaż znajdujący się w budynku o innym przeznaczeniu powinien mieć ściany i stropy, zapewniające wymaganą izolację akustyczną, o której mowa w § 326, oraz szczelność uniemożliwiającą przenikanie spalin lub oparów paliwa do sąsiednich pomieszczeń, przeznaczonych na pobyt ludzi, usytuowanych obok lub nad garażem.

2. Dopuszcza się sytuowanie nad garażem otwartym kondygnacji z pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi, z wyjątkiem pomieszczeń mieszkalnych, opieki zdrowotnej oraz oświaty i nauki, przy spełnieniu jednego z warunków:

- 1) lico ściany zewnętrznej tych kondygnacji z oknami otwieranymi jest cofnięte w stosunku do lica ściany garażu otwartego lub do krawędzi jego najwyższego stropu co najmniej o 6 m, a konstrukcja dachu i jego przekrycie nad garażem spełniają wymagania określone w § 218,
- 2) usytuowanie ścian zewnętrznych tych kondygnacji w jednej płaszczyźnie z licem ścian zewnętrznych części garażowej lub z krawędziami jej stropów wymaga zastosowania w tych pomieszczeniach okien nieotwieranych oraz wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej lub klimatyzacji.
3. Wymaganie, o którym mowa w ust. 2, nie dotyczy budynków jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej.

§ 107. 1. Posadzka w garażu powinna mieć spadki do wewnętrznego lub zewnętrznego wpustu kanalizacyjnego. W zabudowie jednorodzinnej, zagrodowej i rekreacji indywidualnej dopuszcza się wykonywanie spadku posadzki skierowanego bezpośrednio na nieutwardzony teren działki.

2. W garażu krawędzie płaszczyzny posadzki, a także znajdujących się w niej otworów, należy, z uwzględnieniem ust. 1, ograniczyć progiem (obrzeżem) o wysokości 30 mm, uniemożliwiającym spływ wody lub innej cieczy na zewnątrz i na niższy poziom garażowania. Na drodze ruchu pieszego próg ten powinien być wyprofilowany w sposób umożliwiający przejazd wózkiem inwalidzkim.

§ 108. 1. W garażu zamkniętym należy stosować wentylację:

- 1) co najmniej naturalną, przez przewietrzanie otworami wentylacyjnymi umieszczonymi w ścianach przeciwległych lub bocznych, bądź we wrotach garażowych, o łącznej powierzchni netto otworów wentylacyjnych nie mniejszej niż $0,04 \text{ m}^2$ na każde, wydzielone przegrodami budowlanymi, stanowisko postojowe - w nieogrzewanych garażach nadziemnych wolno stojących, przybudowanych lub wbudowanych w inne budynki,
- 2) co najmniej grawitacyjną, zapewniającą 1,5-krotną wymianę powietrza na godzinę - w ogrzewanych garażach nadziemnych lub częściowo zagłębionych, mających nie więcej niż 10 stanowisk postojowych,
- 3) mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia tlenu węgla - w innych garażach, niewymienionych w pkt 1 i 2, oraz w kanałach rewizyjnych, służących zawodowej obsłudze i naprawie samochodów bądź znajdujących się w garażach wielostanowiskowych, z zastrzeżeniem §150 ust. 5.

Komentarz: Czujniki CO należy umieszczać na wysokości od 1,2 do 1,7 [m] od podłogi.

- 4) mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan - w garażach, w których dopuszcza się parkowanie samochodów zasilanych gazem propan-butan i w których poziom podłogi znajduje się poniżej poziomu terenu.

Komentarz: Czujniki LPG należy umieszczać na wysokości od 0,2 do 0,3 [m] od podłogi.

2. W garażu otwartym należy zapewnić przewietrzanie naturalne kondygnacji spełniające następujące wymagania:
- 1) łączna wielkość niezamykanych otworów w ścianach zewnętrznych na każdej kondygnacji nie powinna być mniejsza niż 35% powierzchni ścian, z dopuszczeniem zastosowania w nich stałych przeston żaluzjowych, nie ograniczających wolnej powierzchni otworu,
 - 2) odległość między parą przeciwległych ścian z niezamykanymi otworami nie powinna być większa niż 100 m,
 - 3) zagłębienie najniższego poziomu posadzki nie powinno być większe niż 0,6 m poniżej poziomu terenu bezpośrednio przylegającego do ściany zewnętrznej garażu, a w przypadku większego zagłębienia - należy zastosować fosę o nachyleniu zboczy nie większym niż 1:1.

Wymagania przeciwpożarowe dla palenisk i instalacji.

§ 270. 1. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

- 1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację,

Komentarz: Paragraf ten dotyczy tak samo przejść ewakuacyjnych w przestrzeni garażu jak i innych korytarzy, pasaży czy krytych dziedzińców.

- 2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem.
2. Przewody wentylacji oddymiającej, obsługujące:
 - 1) wyłącznie jedną strefę pożarową, powinny mieć klasę odporności ogniowej z uwagi na szczelność ogniową i dymoszczelność - E600 S, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216, przy czym dopuszcza się stosowanie klasy E300 S, jeżeli wynikająca z obliczeń temperatura dymu powstającego w czasie pożaru nie przekracza 300 °C,
 - 2) więcej niż jedną strefę pożarową, powinny mieć klasę odporności ogniowej EIS, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216.
3. Kłapy odcinające do przewodów wentylacji oddymiającej, obsługujące:
 - 1) wyłącznie jedną strefę pożarową, powinny być uruchamiane automatycznie i mieć klasę odporności ogniowej z uwagi na szczelność ogniową i dymoszczelność - E600 S AA, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216, przy czym dopuszcza się stosowanie klasy E300 S AA, jeżeli wynikająca z obliczeń temperatura dymu powstającego w czasie pożaru nie przekracza 300 °C,
 - 2) więcej niż jedną strefę pożarową, powinny być uruchamiane automatycznie i mieć klasę odporności ogniowej EIS AA, co najmniej taką jak klasa odporności ogniowej stropu określona w § 216.
4. Wentylatory oddymiające powinny mieć klasę:
 - 1) F600 60, jeżeli przewidywana temperatura dymu przekracza 400 °C,
 - 2) F400 120 w pozostałych przypadkach, przy czym dopuszcza się inne klasy, jeżeli z analizy obliczeniowej temperatury dymu oraz zapewnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych wynika taka możliwość.
5. Kłapy dymowe w grawitacyjnej wentylacji oddymiającej powinny mieć klasę:
 - 1) B300 30 - dla kłap otwieranych automatycznie,
 - 2) B600 30 - dla kłap otwieranych wyłącznie w sposób ręczny

Komentarz: Kanały oddymiające muszą posiadać odporność EIS tylko w tej części sieci kanałów, w której przechodzą przez inne strefy pożarowe. Końcowa część, która nie uczestniczy w żadnych innych scenariuszach może posiadać odporność tylko E600 S od granicy strefy pożarowej. W związku z tym: np. kanał oddymiający przechodzący przez kolejne kondygnacje biurowca lub centrum handlowego powinien posiadać odporność EIS natomiast w garażu wystarczy jeżeli ten kanał będzie blaszany, czyli o odporności E600 S. Jeżeli jest to garaż wielopoziomowy to sieć przewodów zaczynająca się na głównym szachcie wyciągowym, obsługująca tylko jedną kondygnację czyli strefę pożarową, wystarczy że będzie wykonana z blachy E600 S, natomiast główny szacht wyciągowy powinien mieć odporność EIS, klapy montowane na szachcie na poszczególnych kondygnacjach także powinny mieć odporność EIS taką samą jak strop danej kondygnacji.

W ustępie 4 jest mowa o zapewnieniu bezpieczeństwa dla ekip ratowniczych. Obliczenia normowe które zakładają moc pożaru na poziomie 4 MW dla garaży wyposażonych w instalację tryskaczową oraz 8 MW dla garaży bez tej instalacji jest jedynie założeniem. Doświadczenia instytucji takich jak CTICM czy BRE, które badały moc pożaru palących się samochodów pokazują, że ta moc zmienia się wielokrotnie względem czasu. I wynosi od 1,5 do 16 MW. Nawet za pomocą symulacji, która zwykle jest liczona na 15 min (przewidywany czas przybycia straży pożarnej) nie udowodnimy co będzie w okresie późniejszym, gdyż nie jesteśmy w stanie nigdy zagwarantować czy pożar obejmie dwa czy cztery samochody po tym czasie.

Symulacja obejmuje zapłon do trzeciego samochodu w 13-tej minucie, natomiast 8 MW to średnia moc rozwiniętego pożaru dwóch samochodów i to także nie określa czy np. w 30 minucie od zapłonu podczas akcji gaśniczej ta moc nie będzie wynosiła 16 MW. W związku z powyższym główne wentylatory oddymiające dla garaży nie powinny być klasy niższej niż $F_{400}120$ z uwagi na bezpieczeństwo ekip ratowniczych, pomimo że norma BS 7346-7 dopuszcza wentylatory klasy $F_{300}60$ min.

Wymagania przeciwpożarowe dla garaży.

§ 274. 1. Wymagania przeciwpożarowe, określone w niniejszym rozdziale, dotyczą garaży zamkniętych i otwartych, o których mowa w § 102-108.

2. W przypadku gdy przepis rozporządzenia nie określa rodzaju garażu, należy rozumieć, że dotyczy on garaży zamkniętych i otwartych.
3. Jednokondygnacyjny, nadziemny garaż otwarty, mający formę zadaszenia miejsc postojowych z odkrytymi drogami manewrowymi, powinien mieć elementy konstrukcji i przekrycia dachu niekapiące pod wpływem wysokiej temperatury.

§ 275. 1. Klasę odporności pożarowej garażu należy przyjmować, jak dla budynku PM o gęstości obciążenia ogniowego do 500 MJ/m^2 , pod warunkiem wykonania jego elementów jako nierozprzestrzeniających ognia, niekapiących i nieodpadających pod wpływem ognia, jeżeli przepisy rozporządzenia nie stanowią inaczej.

2. Dopuszcza się, z zastrzeżeniem § 277 ust. 5, wykonanie nad najwyższą kondygnacją garażu otwartego, będącego budynkiem niskim (N), dodatkowego poziomu miejsc postojowych bez zadaszenia lub z zadaszeniem spełniającym wymagania określone w § 274 ust. 3.
3. Garaż otwarty, którego najwyższy poziom parkowania znajduje się nie wyżej niż 25 m nad poziomem otaczającego terenu, może być wykonany w klasie D odporności pożarowej, jeżeli nad kondygnacją przeznaczoną do parkowania samochodów nie znajdują się inne pomieszczenia.

§ 276. 1. Usytuowanie garażu zamkniętego i otwartego powinno odpowiadać warunkom określonym w § 271 jak dla budynków PM o gęstości obciążenia ogniowego do 1.000 MJ/m^2 , z zastrzeżeniem § 19.

2. Przepisu ust. 1 nie stosuje się do garażu o liczbie stanowisk postojowych nie większej niż 3, w zabudowie jednorodzinnej i rekreacji indywidualnej.

- § 277. 1. Powierzchnia strefy pożarowej w nadziemnym lub podziemnym garażu zamkniętym nie powinna przekraczać 5 000 m².
2. Powierzchnia, o której mowa w ust. 1, może być powiększona o 100%, jeżeli jest spełniony jeden z poniższych warunków:
- 1) zastosowano ochronę strefy pożarowej statymi samoczynnymi urządzeniami gaśniczymi wodnymi,
 - 2) wykonano, oddzielające od siebie nie więcej niż po dwa stanowiska postojowe, ściany o klasie odporności ogniowej, w części pełnej co najmniej EI 30, od posadzki do poziomu zapewniającego pozostawienie prześwitu pod stropem o wysokości 0,1 do 0,5 m na całej ich długości.
3. W garażu zamkniętym strefa pożarowa obejmująca więcej niż jedną kondygnację podziemną powinna spełniać jeden z warunków określonych w ust. 2.

Komentarz: W praktyce sprowadza się to do podziału poszczególnych kondygnacji garażu podziemnego na oddzielne strefy pożarowe oddzielane bramą o odpowiedniej odporności ogniowej. W przeciwnym wypadku należałoby zastosować instalację tryskaczową lub oddzielenia w postaci ścian co dwa stanowiska j.w.

4. W garażu zamkniętym o powierzchni całkowitej przekraczającej 1 500 m² należy stosować samoczynne urządzenia oddymiające.

Komentarz: Aby spełnić ten paragraf należy zaprojektować instalację oddymiającą spełniającą warunki paragrafu § 270. W celu uniknięcia konieczności projektowania instalacji oddymiającej każda strefa pożarowa powinna mieć nie tylko odpowiednią powierzchnię całkowitą, ale również osobny wjazd i wyjazd. Garaż powinien tworzyć odrębną funkcjonalnie całość z tego powodu jest mowa o powierzchni całkowitej.

5. W przypadku zastosowania rozwiązania, o którym mowa w ust. 2 pkt 1, klasa odporności ogniowej przewodów wentylacji oddymiającej powinna odpowiadać wymaganiom określonym w §270 ust. 2 - jedynie z uwagi na kryterium szczelności ogniowej [E].

§ 278 1. Na każdej kondygnacji garażu, której powierzchnia całkowita przekracza 1 500 m², powinny znajdować się co najmniej dwa wyjścia ewakuacyjne, przy czym jednym z tych wyjść może być wjazd lub wyjazd. Długość przejścia do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego nie może przekraczać:

- 1) w garażu zamkniętym - 40 m,
- 2) w garażu otwartym - 60 m.

Komentarz: Wentylacja oddymiająca strumieniowa nie stanowi podstawy do zwiększenia długości przejść ewakuacyjnych. W takim wypadku konieczna jest wentylacja oddymiająca kanałowa która dłużej utrzymuje rozwarstwienie na część zadymioną i wolną od dymu.

2. Długość przejścia, o którym mowa w ust. 1, w przypadku garażu zamkniętego, może być powiększona zgodnie z zasadami określonymi w § 237 ust. 6 i 7.
3. Wyjście ewakuacyjne powinno być dostępne także w przypadku zamknięcia bram między strefami pożarowymi.
4. Jeżeli poziom parkowania leży nie wyżej niż 3 m nad poziomem terenu urządzonego przy budynku, za wyjście ewakuacyjne mogą służyć nieobudowane schody zewnętrzne.
5. W garażu podziemnym kondygnacje o powierzchni powyżej 1 500 m² powinny, w razie pożaru, mieć możliwość oddzielenia ich od siebie i od kondygnacji nadziemnej budynku za pomocą drzwi, bram lub innych zamknięć o klasie odporności ogniowej nie mniejszej niż EI 30.

- § 279. 1. W garażu zamkniętym, znajdującym się w budynku ZL, odległość w pionie między wrotami garażu a oknami tego budynku powinna wynosić co najmniej 1,5 m. Odległość ta może wynosić 1,1 m, jeżeli wykonano nad wjazdem do garażu daszek z materiałów niepalnych o wysięgu co najmniej 0,6 m od lica ściany, wysunięty obustronnie 0,8 m poza boczne krawędzie wrót garażu, lub jeżeli wrota garażu są cofnięte o 0,8 m od lica ściany.
2. W budynku, o którym mowa w ust. 1, odległość wrót garażu wbudowanego lub przybudowanego od najbliższej krawędzi okien pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi w tym samym budynku nie może być mniejsza niż 1,5 m w rzucie poziomym.
- § 280. 1. Potączenie garażu z budynkiem wymaga zastosowania przedsionka przeciwpożarowego zamykanego drzwiami o klasie odporności ogniowej co najmniej EI 30.
2. Nie wymaga się zastosowania przedsionka, o którym mowa w ust. 1, przed dźwigiem oddzielonym od garażu drzwiami o klasie odporności ogniowej co najmniej EI 60.
3. Wymaganie, o którym mowa w ust. 1, nie dotyczy budynków mieszkalnych jednorodzinnych i rekreacji indywidualnej.
- § 281. Instalowanie w garażu studzienek rewizyjnych, urządzeń i przewodów gazowych, z zastrzeżeniem § 164 ust. 6, oraz umieszczanie otworów od palenisk lub otworów rewizyjnych przeznaczonych do czyszczenia kanałów dymowych, spalinowych i wentylacyjnych, jest zabronione.

4 Wytyczne projektowe wentylacji strumieniowej oddymiającej

Zgodnie ze standardem BS 7346-7 wentylacja strumieniowa oddymiająca może być zaprojektowana dla celów:

- 1) Oczyszczanie z mieszaniny dymu oraz gorących gazów pożarowych w trakcie pożaru i po jego stłumieniu. System kontroli rozprzestrzeniania dymu służy w takim przypadku do kontrolowania wtórnych źródeł ognia jak również do przywrócenia budynku do normalnej eksploatacji.
- 2) Wspomaganie działania ekip ratowniczych poprzez wytworzenie i utrzymanie wolnej od nadmiernego zadymienia, temperatury i promieniowania drogi dojścia w pobliże źródła ognia i umożliwienie w ten sposób podejścia do źródła ognia przez ekipy jednostek gaśniczych.
- 3) Zabezpieczenie przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych na czas ewakuacji dla użytkowników znajdujących się na tej samej kondygnacji lub strefie dymowej, na której znajdują się płonące samochody.

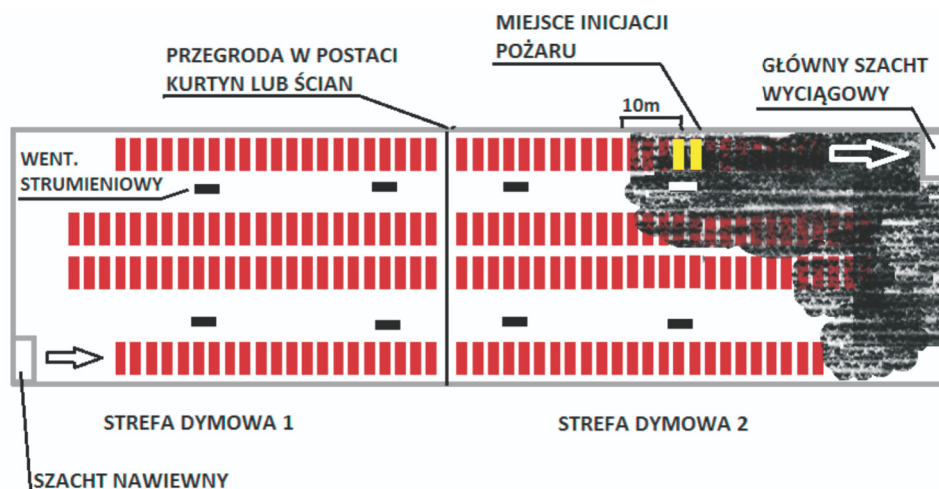
Pomimo, że standard brytyjski określa 3 cele, z których projektant wraz z rzeczoznawcą pożarowym powinni wybrać przynajmniej 1 odpowiedni dla danego garażu, w Polsce zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z dnia 15 czerwca, 2002 r.) z późniejszymi zmianami § 277. 4 (patrz rozdz. 3) wymagany jest tylko cel 3, który jako najbardziej restrykcyjny i trudny do zaprojektowania obejmuje także pozostałe punkty, tj. 1 i 2.

Niniejsze opracowanie opisuje tylko cel 3.

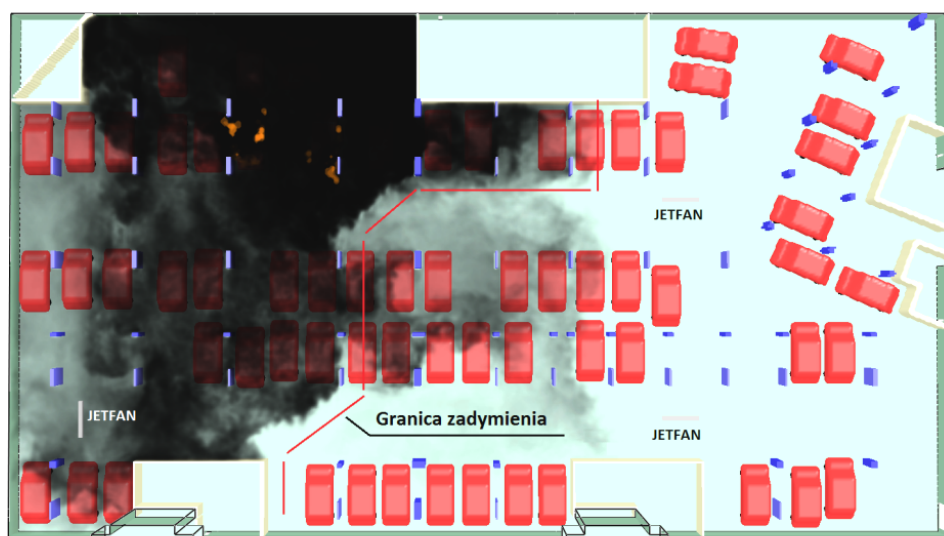
4 Założenia i kryteria projektowe

Na każdej kondygnacji garażu należy przewidzieć lokalizację dostatecznej liczby wyjść ewakuacyjnych oraz dróg ewakuacyjnych utrzymywanych w stanie wolnym od dymu dla określonej liczby ewakuujących się osób.

Należy przyjąć założenie, że wszystkie wyjścia ewakuacyjne zlokalizowane po stronie punktów wyciągowych (w kierunku, którym przemieszczany jest dym) zostają odcięte - rys. 4.1 i 4.2



Rys. 4.1. Zadymienie od miejsca pożaru do szachtu wyciągowego.

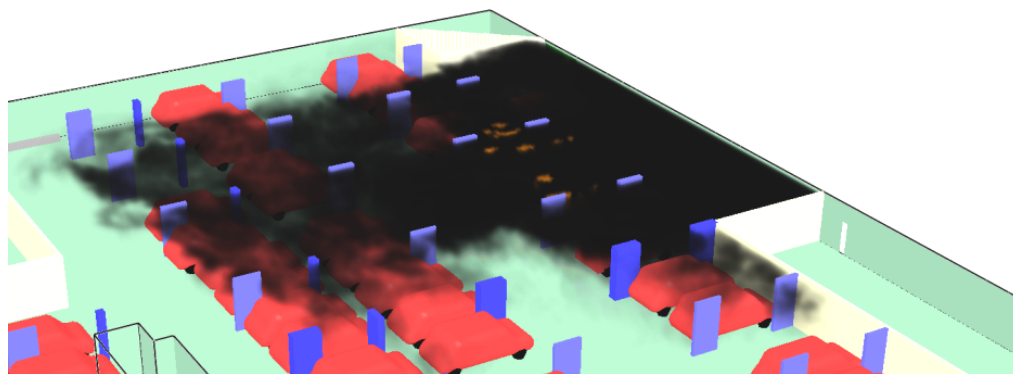


Rys. 4.2. Wentylatory strumieniowe wytwarzają granicę zadymienia.

Wszystkie strefy znajdujące się poza określoną strefą przemieszczania dymu są dostępne - rys. 4.1. W obrębie strefy, w której wybuchł pożar, wszystkie ewakuujące się osoby powinny mieć możliwość poruszania się w części garażu wolnej od dymu i ciepła generowanych podczas pożaru - rys. 4.2. Projekt powinien potwierdzać możliwość zapewnienia czasu bezpiecznej ewakuacji z danej strefy, dłuższego od wymaganego czasu ewakuacji uwzględniającego poprawkę związaną z przyjętym marginesem bezpieczeństwa (rys. 8.1, s. 33)

Strefy dymowe

System oddymiania garażu powinien utrzymać zadymienie w jednej strefie dymowej w której wystąpił pożar.



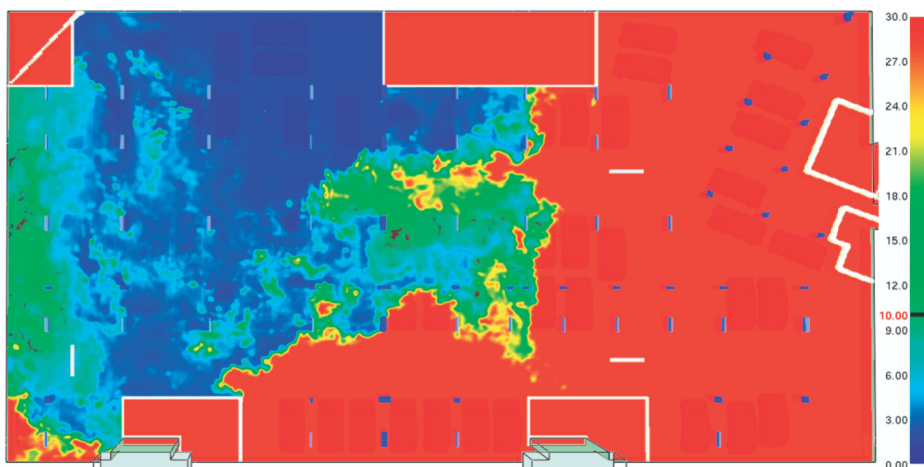
Rys. 4.3. Rozprzestrzeniający się dym w przestrzeni garażu.

Każda strefa dymowa garażu obsługiwana jest przez własną instalację oddymiania. Uruchomienie instalacji oddymiającej w sąsiedniej strefie dymowej może zostać zrealizowane tylko wtedy jeżeli nie zmniejszy to obliczeniowego wydatku wyciąganej mieszanki dymu i gazów pożarowych w strefie w której jako pierwszej wykryto pożar. Nie zwiększy to prędkości napływu powietrza kompensacyjnego powyżej 5 m/s w miejscach gdzie prędkość ta może utrudnić poruszanie się ewakuujących się użytkowników garażu.

Zgodnie z BS 7346-7 strefa dymowa nie powinna przekraczać powierzchni 2000 m² dla wentylacji strumieniowej a jej najdłuższy bok powinien przekraczać 60 m długości.

4.2 Strefy dymowe

Zasada działania wentylacji strumieniowej polega na przettaczaniu dymu od miejsca palących się samochodów do szachtów wyciągowych. Jeżeli weźmiemy pod uwagę najgorszy scenariusz ze strefy dymowej która ma długość 60 m to instalacja musi praktycznie zadymić cały garaż aby móc odprowadzić dym i gazy pożarowe. Jeżeli obok znajdują się inne strefy dymowe to użytkownicy garażu będą mogli się do nich ewakuować. W przypadku jednak garażu w pełni obudowanego należy na podstawie analizy CFD oraz dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji dostosować ilość wyjść ewakuacyjnych do warunków zadymienia w takim garażu.



Rys. 4.4. Zakres widoczności (m) na poziomie 1,8 m od podłogi

W celu zminimalizowania możliwości przepłynięcia dymu z jednej strefy dymowej do drugiej, kurtyny dymowe należy rozmieszczać w taki sposób aby maksymalnie wykorzystać do tego celu ukształtowanie architektoniczno-geometryczne garażu. Pod kurtyną dymową nie może znajdować się stanowisko parkingowe. Kurtyny należy rozmieszczać pomiędzy kolumnami, nad przejściami pieszych lub przejazdami dla samochodów. W miejscach gdzie nie jest to możliwe i kurtyna wisi pomiędzy dwoma stanowiskami postojowymi, stanowiska te powinny być oddzielone niepalną ścianą.

Strefy dymowe należy wyznaczać w taki sposób aby maksymalnie do tego celu wykorzystać ukształtowanie geometryczne garażu, a w miejscach gdzie jest to konieczne zastosować kurtyny dymowe (zwykle stałe) sięgające od stropu garażu do wysokości 2 m lub 2,2 m nad posadzką garażu.

Wentylacja oddymiająca podczas normalnego użytkowania powinna pracować jako wentylacja bytowa.

Strefy dymowe wyznaczone są tak samo niezależnie czy garaż jest wyposażony w instalację tryskaczową czy nie.

4.3 Wentylatory strumieniowe

Suma wydatków wentylatorów strumieniowych pracujących w danym scenariuszu czyli wentylatorów pracujących podczas wykrycia pożaru w danej strefie dymowej powinna być zawsze mniejsza niż sumaryczny wydatek mieszaniny dymu i gazów pożarowych wyciągany przez zespół głównych krat wyciągowych w tej strefie dymowej.

Dolna krawędź wentylatora strumieniowego nie powinna być opuszczona niżej niż 2 m nad posadzką garażu.

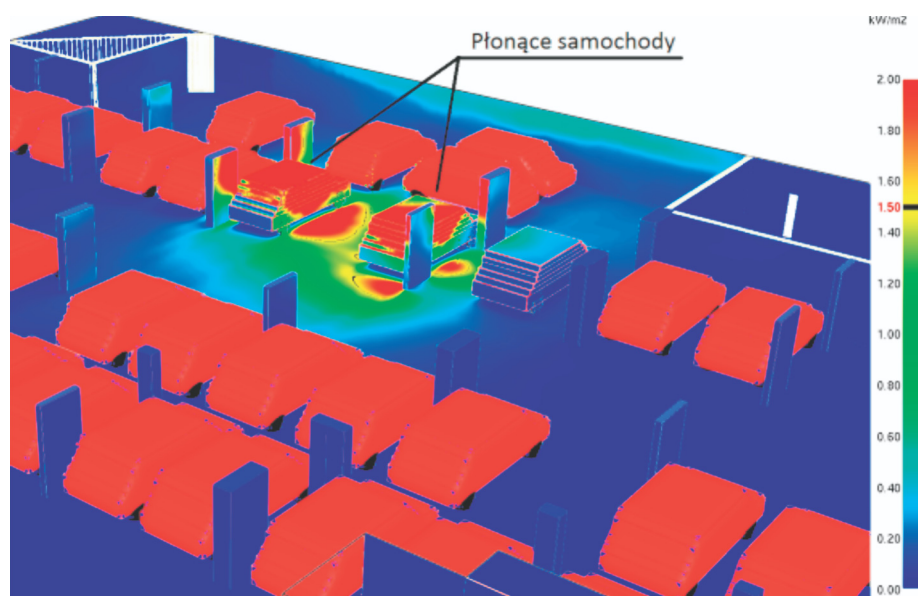
Należy starać się tak rozstawiać wentylatory strumieniowe aby przettaczały one mieszaninę dymu i gazów pożarowych w kierunku głównych krat wyciągowych. Ponadto nie mogą one przettaczać dymu pod kurtynami dymowymi do sąsiednich stref dymowych. Założenia te należy zweryfikować na etapie projektowania za pomocą analiz CFD, a na etapie wykonawczym należy zbadać prędkości powietrza na granicach stref dymowych za pomocą anemometru ultradźwiękowego.

4-3 Wentylatory strumieniowe

Zaleca się nie rozstawianie wentylatorów strumieniowych nad miejscami postojowymi. Według badań „BRE Building Research Establishment” temperatura nad palącym się samochodem dochodzi do 1200 °C. Wentylator zawieszony nad palącym się samochodem na pewno szybko przestanie działać oraz istnieje ryzyko, że zanim przestanie działać będzie wydmuchiwał na dużą odległość gorące gazy pożarowe w ekipę gaśniczą straży pożarnej. W przypadku zawieszenia nawet w niewielkiej odległości temperatura ta jest znacznie mniejsza natomiast sprawność przetłaczania dymu bardzo zbliżona.

Należy zwrócić uwagę aby wentylatory strumieniowe nie dmuchały w żadne drzwi ewakuacyjne utrudniając tym samym ich otwarcie.

Wentylatory strumieniowe należy dobierać w taki sposób, by dym rozprzestrzeniający się nad źródłem pożaru nie był w stanie kierować się w stronę przeciwną jak do głównych krat wyciągowych. Maksymalna odległość jaką może pokonać w przeciwnym kierunku to 10 m od miejsca pożaru. Dalej od tej granicy, czy po stronie wolnej od nadmiaru dymu, musi panować względna widoczność 10 m (rys. 4.4) oraz temperatura 60 °C na wysokości 1,8 m od posadzki, bezpieczna dla ewakuujących się osób we wczesnej fazie pożaru. W fazie późniejszej podczas początku działań ekip ratowniczych jako kryteria przyjmuje się: temperatura 100 °C na wysokości 1,8 m, widoczność 3 m na wysokości 1,5 m oraz promieniowanie 1,5 kW/m² w promieniu 10 m od źródła ognia. (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Zakres promieniowania 1,5 kW/m² nie przekracza odległości 10 m od miejsca pożaru.

Wentylatory strumieniowe uruchamiają się z odpowiednim opóźnieniem wynikającym z przewidywanych warunków bezpiecznej ewakuacji WCZBE (RSET) + margines bezpieczeństwa, który dla garażu zawiera się zwykle w zakresie od 30 do 60 [s].

Dla garaży niskich i wąskich czas opóźnienia załączenia wentylatorów strumieniowych wynosi np. 30 s. Czas ten powinien być wyznaczony/zweryfikowany za pomocą analizy CFD.

4-3 Wentylatory strumieniowe

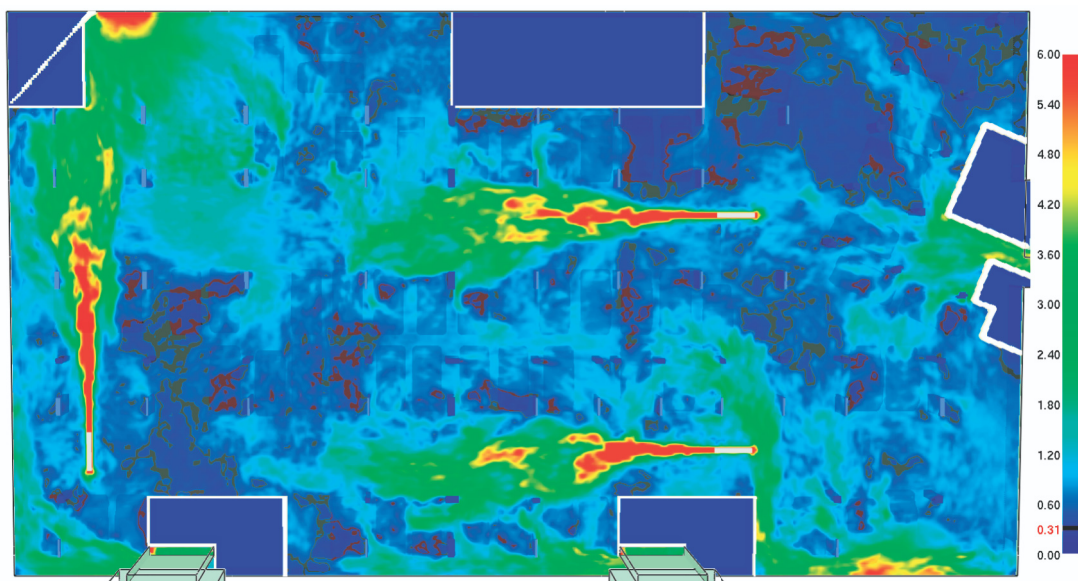
UWAGA: Niezależnie od wartości przyjętej zwłoki czasowej dla wentylatorów strumieniowych uruchomienie ich będzie skutkowało bardziej gwałtownym ruchem dymu i ciepła w garażu w stosunku do naturalnych wartości. Wpływ uruchomienia wentylatorów strumieniowych powinien być uwzględniony jako istotna część przeprowadzanej analizy CFD.

Nie włączanie wentylatorów strumieniowych aż do opuszczenia garażu przez jego użytkowników pochodzi z instalacji które służą do współpracy tylko z ekipami gaśniczymi. Ich zasada działania polega na tym, że po wykryciu pożaru natychmiastowo włączany jest główny szacht wyciągowy, przez co dym powoli jest kierowany w jego stronę, a w tym czasie trwa ewakuacja. Po zakończeniu ewakuacji włączane są wentylatory strumieniowe, które powodują rozbicie dymu i jego szybkie kierowanie go do głównego szachtu wyciągowego. Konsekwencją tego działania jest znaczne obniżenie temperatury, co umożliwia sprawną akcję gaśniczą oraz zapewnia o wiele niższe prawdopodobieństwo rozprzestrzenienia się pożaru na sąsiednie samochody.

Włączenie wentylatorów strumieniowych od razu po wykryciu pożaru lub ze zwłoką czasową, ale mniejszą niż to wynika z warunków ewakuacji powoduje szybkie rozcieńczenie dymu. Biorąc pod uwagę, że we wczesnej fazie pożaru samochodów moc pożaru jest stosunkowo niewielka, a powstająca wtedy ilość dymu daje się łatwo rozcieńczyć rozwiązanie takie może znacznie poprawić warunki ewakuacji.

Podczas projektowania instalacji oddymiającej strumieniowej dla celów ewakuacji w kwestii projektanta jest ustalenie po jakim czasie mają się włączyć wentylatory strumieniowe. Opóźnienie włączenia wentylatorów strumieniowych w stosunku do uruchomienia całej instalacji zależy od:

- wysokości garażu,
- ukształtowania rzutu garażu a w szczególności od długości jego strefy dymowej,
- wydajności wentylatorów strumieniowych oraz głównych wyciągowych,
- sposobu użytkowania garażu.



Rys. 4.6. Prędkość (m/s) powietrza na poziomie 2,1 m od podłogi, w przekroju wentylatorów strumieniowych

4 Główne wentylatory wyciągowe

4 Wydajność głównych wentylatorów wyciągowych powinna być dobierana w zakresie 160 000 ÷ 240 000 m³/h a następnie weryfikowana za pomocą analiz CFD. W przypadku obliczeń zgodnych z BS 7346-4 należy pamiętać że obliczona ilość jest jeszcze rozcieńczana poprzez przettaczanie przez kubaturę garażu co pociąga za sobą zwiększenie strumienia objętościowego dymu i gazów pożarowych.

Każda strefa dymowa powinna być obsługiwana przez przynajmniej dwa wentylatory oddymiające o klasie nie mniejszej niż F₄₀₀ 120 min.

Jeżeli z obliczeń lub analiz wynika, że wydajność głównych wentylatorów wyciągowych jest mniejsza niż 10 wymian/h garażu, to należy ją zwiększyć do wydajności zapewniającej 10 wymian powietrza w całości garażu czyli na danej kondygnacji garażu lub danej strefie pożarowej, ewentualnie strefie dymowej jeżeli strefy dymowe są wydzielane w sposób pełny.

Wszystkie elementy, które współpracują z głównymi wentylatorami wyciągowymi oraz są narażone na kontakt z gorącymi gazami pożarowymi powinny być certyfikowane w tej samej klasie co wentylatory wyciągowe.

W razie awarii jednego z wentylatorów pozostałe lub drugi powinien zapewnić wyciąg z wydajnością minimum 50% obliczeniowego wydatku. Oznacza to że każdy z wentylatorów oddymiających powinien być wyposażony w swoją własną klapę wentylacji pożarowej. Kłapa ta zamknie się w wypadku nie włączenia się wentylatora po to, by drugi wentylator wyciągał mieszaninę dymu i gazów pożarowych z garażu, a nie podciągał czyste powietrze przez uszkodzony wentylator. Jest to praktyka powszechnie stosowana różniąca się od problematycznego zapisu normy, który określa że pozostałe wentylatory muszą utrzymać 100% wydatku. Wentylatory powinny pracować równolegle.

Główne wentylatory wyciągowe pracują w trybie wentylacji ogólnej oraz wentylacji oddymiającej, w związku z czym co do lokalizacji wyrzutni obowiązują je paragrafy § 150, § 151, § 152. warunków technicznych jakich powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wiąże się to również z brakiem możliwości posadowienia wentylatorów oddymiających między budynkami ze względu na powyższe paragrafy oraz fakt, że do lokalizacji wyrzutni powietrza na poziomie terenu dopuszczalne jest tylko za zgodą i na warunkach właściwego państwowego inspektora sanitarnego.

4 5 Kompensacja powietrza w garażu

W celu zapobiegania przed rozmyciem dymu w warstwie podsufitowej w okolicach otworów dolotowych poprzez efekt Bernoulliego, prędkość w otworach dolotowych przy nawiewie mechanicznym nie powinna przekraczać 2 m/s. Natomiast we wszelkich rampach przejściach i drzwiach nie powinna przekraczać 5 m/s ze względu na utrudnienia w poruszaniu się uciekających osób.

Bramy wjazdowe, o ile to możliwe, powinny być wykorzystane jako otwory dolotowe. Prędkość efektywna w bramie nie powinna przekraczać 5 m/s.

W garażu podczas pracy systemu powinno panować zawsze lekkie podciśnienie w stosunku do ciśnienia atmosferycznego. Kryterium podciśnienia w garażu może służyć jako kryterium w wyznaczaniu otworów dolotowych dla czerpni grawitacyjnych. Za podstawę obliczeń analitycznych tego kryterium można wykorzystywać dane zawarte w normie PN-EN 12101-6. W przypadku projektu garażu podziemnego z grawitacyjną kompensacją powietrza zewnętrznego może okazać się że po uruchomieniu instalacji panuje w nim duże podciśnienie.

4-5 Kompensacja powietrza w garażu

Podciśnienie to jest powodowane przez straty ciśnienia w wyniku wymuszenia przepływu powietrza z odpowiednią prędkością oraz straty ciśnienia powodowane jego przepływem przez kanały czerpne. Nie należy dopuścić aby została przekroczona dopuszczalna siła na drzwiach ewakuacyjnych z garażu wywołana tym podciśnieniem, która wynosi 100 N.

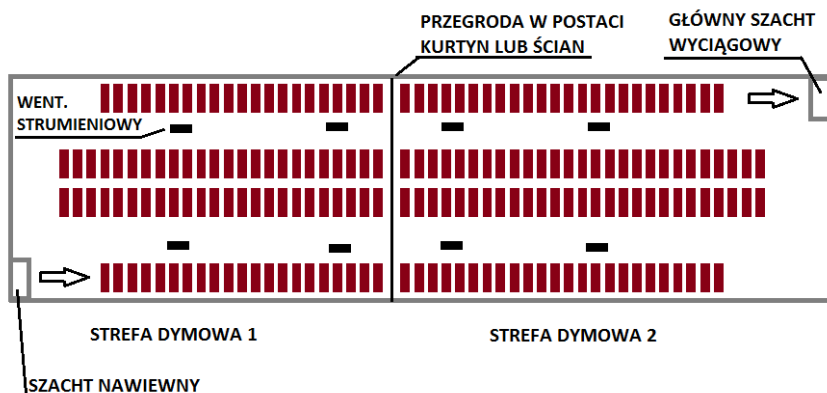
Czerpnie które służą wyłącznie dla celów pożarowych nie podlegają przepisom z warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Czerpnie które służą dla celów pożarowych oraz bytowych podlegają w/w. przepisom.

Powietrze kompensacyjne w bardzo istotny sposób wpływa na sprawność całej instalacji. Bardzo ważne jest aby wymiana powietrza następowała w przestrzeni całego garażu. O ile główne kraty wyciągowe powinny zawsze znajdować się jak najdalej bram wjazdowo – wyjazdowych, a w drugiej kolejności nie w pobliżu wyjść ewakuacyjnych, to otwory dolotowe powinny znajdować po przeciwnych stronach krat wyciągowych. W przypadku gdy zaprojektujemy szacht w środku strefy dymowej to powinien być równomierny dostęp powietrza kompensacyjnego wzdłuż obwodu strefy dymowej. Najlepsze wyniki są uzyskiwane jednak gdy zorganizujemy główne kraty wyciągowe w rogu obudowy strefy dymowej w taki sposób, aby dym nie miał większych szans na przedostanie się w część garażu poza głównym wyciągiem. W takim wypadku najlepiej by powietrze kompensacyjne docierało do układu tylko z przeciwnej strony - rys. 4.7.



Rys. 4.7. Napływ powietrza kompensacyjnego z przeciwnej strony głównych krat wyciągowych.

Niska prędkość napływającego powietrza wymaga bardzo dużej powierzchni efektywnej otworów kompensacyjnych. Najlepszym rozwiązaniem w takim wypadku jest nawiew powietrza kompensacyjnego szachtem nawiewnym do sąsiedniej strefy dymowej, co umożliwia zwiększenie prędkości napływającego powietrza bez ryzyka „ściągnięcia dymu” przed zakończeniem ewakuacji. Rys. 4.8. jest to możliwe pod warunkiem że strefy dymowe nie są w pełni rozdzielone ścianami a jedynie kurtynami dymowymi. Powietrze wtedy będzie przepływało pod kurtynami dymowymi z małą prędkością, co bardzo polepsza warunki ewakuacji i oddymiania.



Rys. 4.8. Nawiew powietrza kompensacyjnego szachtem nawiewnym z sąsiedniej strefy dymowej.

4.5 Kompensacja powietrza w garażu

Rozwiązanie z rys. 4.8 pozwala zwiększyć prędkość do 5 m/s w przypadku powietrza nawiewanego na przejście ewakuacyjne, natomiast w przypadku nawiewu z głównego szachtu, który w tym wypadku pracuje jako nawiewny i doprowadza powietrze zewnętrzne w strefę parkingową poza przejściami i daleko strefy dymowej objętej pożarem można tę prędkość jeszcze zwiększyć.

Układ z rys. 4.8 można zaadoptować jako system rewersyjny, w którym główne wentylatory obsługujące szachty są rewersyjne. W takim układzie w przypadku wykrycia pożaru w strefie dymowej dwa wentylatory obsługujące główny szacht (w tym wypadku wyciągowy) uruchamiane są jako wyciągowe. Wentylatory strumieniowe uruchamiane są w taki sposób, że dmuchają w kierunku szachtu wyciągowego, natomiast wentylatory rewersyjne na drugim szachcie uruchamiane są jako nawiewne. Układ taki pomimo doprowadzenia powietrza kompensacyjnego z dużą prędkością jest poprawny, dlatego że powietrze to zanim dotrze do właściwej strefy dymowej to wytraci swoją prędkość oraz rozptylnie się równomiernie, przez co następnie przepłynie pod kurtyną dymową z niską prędkością poniżej 2 m/s. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest zabezpieczenie przed wypływem dymu pod kurtyną dymową do sąsiedniej strefy dymowej. W przypadku wykrycia pożaru w pozostałej strefie dymowej scenariusz odbywa się analogicznie.

4.6 Założenia projektowo - koncepcyjne

Na potrzeby wykonywanych projektów zakłada się:

Możliwość powstania pożaru jedynie na miejscach postojowych.

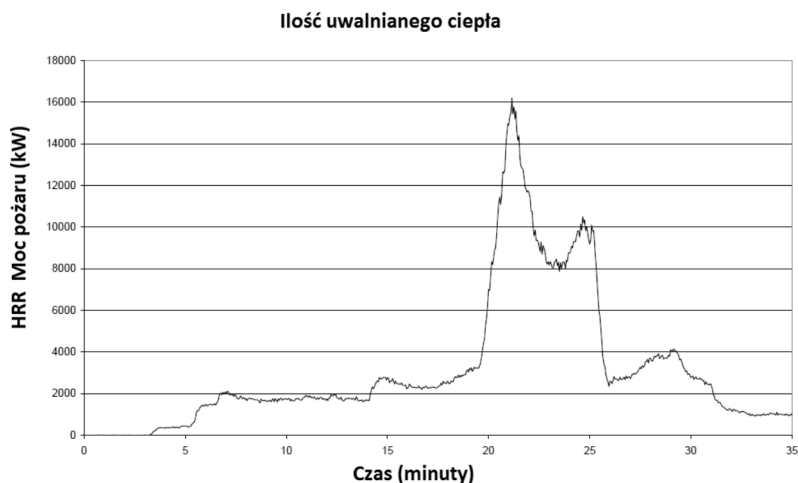
Możliwość powstania tylko jednego pożaru na raz

Za przejścia ewakuacyjne przyjęto wszystkie przejazdy oraz założono, że ewakuujący się nie będą się przemieszczali po miejscach postojowych.

Do przeprowadzenia symulacji przyjęta została krzywa przedstawiająca ilość uwalnianego ciepła względem czasu. Wyznaczona została ona na podstawie badań doświadczalnych BRE Building Research Establishment z 2009 r. Źródłem pożaru jest jeden samochód, a przeniesienie pożaru na samochód znajdujący obok następuje po czasie 4 minut od rozpoczęcia pożaru. Trzeci samochód zaczyna się palić w 13 minucie.

Na podstawie normy BS 7346-4 2003 możemy przyjąć dla celów obliczeniowych stałą całkowitą moc pożaru rozwiniętego, ustalonego wynoszącą 8 MW.

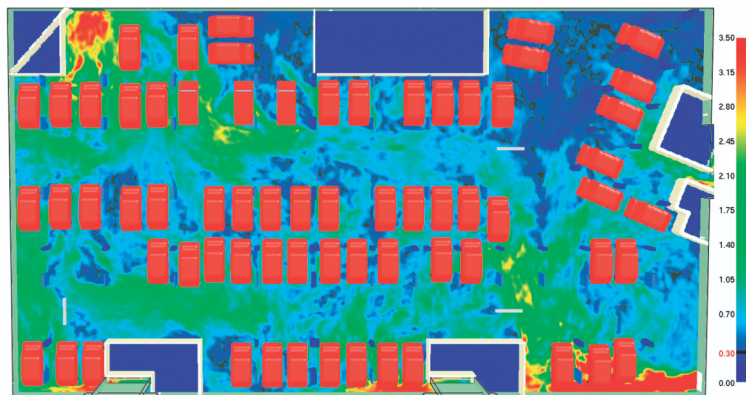
Na potrzeby przeprowadzanych analiz CFD przyjmuje się wykresy z badań nad palącymi się samochodami.



Rys. 4.9. Jest to wykres mocy powstały ze spalania się 3 samochodów (bez instalacji tryskaczowej) 3 klasy około 1250 kg masy pojedynczego samochodu z czego 320 kg to materiały palne. Źródło: BRE Building Research Establishment. Projekt Fire Spread in Car Parks BD 2552 (Pożary w zamkniętych parkingach BD 2552).

Zasada działania oraz praktyka stosowana w Polsce

Podczas emisji zanieczyszczeń CO lub LPG Uruchamiają się detektory zanieczyszczenia. Po wykryciu stężenia 30 ppm (50 ppm centra miast) dla CO i 10% DGW dolnej granicy wybuchowości dla LPG włącza się wentylacja bytowa na 1 zakres wydajności zwykle 2 - 3 wymiany. W przypadku przekroczenia stężenia 90 ppm CO lub 30% DGW dla LPG wentylacja włącza się na drugi zakres wydajności tj. min. 6 wymian powietrza w garażu na godzinę.

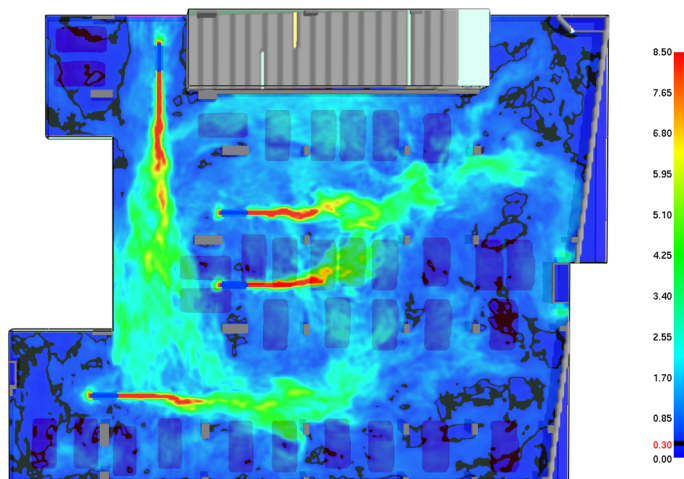


Rys. 5.1.1. Prędkość (m/s) na poziomie 0,3 m nad podłogą. Widoczna strefa stagnacji w prawym górnym rogu rysunku.

Jeżeli stężenie któregoś gazu jeszcze się zwiększy lub przez dłuższy okres nie spada wtedy dodatkowo wentylatory strumieniowe włączają się na drugi bieg. W takim wypadku hałas generowany przez wentylatory strumieniowe nie jest istotny ze względu na to, że jest to sytuacja alarmowa i włączane zostają sygnalizatory oraz alarm informujący o konieczności niezwłocznego opuszczenia garażu oraz o zakazie wejścia do niego. Oprócz tego że stale kontrolowane są stężenia CO oraz LPG, wentylacja powinna (w zależności od przeznaczenia i użytkowania) pracować stale lub z przerwami dla celów higienicznych na pierwszym zakresie wydajności.

Pomimo rozmieszczenia czujników stężenia CO oraz LPG wentylacja strumieniowa powinna uruchamiać się okresowo na pierwszy zakres wydajności, np. na 30 min co 30 min lub pracować stale.

Wentylatory strumieniowe dla wentylacji bytowej powinny być tak rozmieszczone aby zapewnić ruch powietrza w całej objętości garażu. Rozmieszczenie to powinno być zweryfikowane za pomocą symulacji CFD (rys. 5.1 i 5.2) lub metodyką przy zastosowaniu anemometru ultradźwiękowego.



Rys. 5.2. Prędkość (m/s) powietrza wymuszona pracą wentylatorów strumieniowych.

Wytyczne te różnią się od metody opisanej w punkcie 5.1 jednak należy pamiętać że na podstawie dodatkowych analiz jakie oczywiście dopuszcza standard brytyjski można wprowadzać zmiany na różnych trybach pracy instalacji. Ponadto wentylacja bytowa jest weryfikowana w drodze analizy CFD.

Według standardu brytyjskiego jedno z czterech poniższych alternatywnych rozwiązań w zakresie kontroli stężenia szkodliwych dla człowieka gazów emitowanych przez pojazdy opisanych w punktach 5.2.1 ÷ 5.2.4 powinno zostać zastosowane.

5.2.1. Garaże wentylowane naturalnie

Dla garaży wentylowanych naturalnie należy zapewnić wentylację ciągłą. Całkowita powierzchnia otworów wentylacyjnych powinna wynosić co najmniej 5% powierzchni posadzki na każdej z kondygnacji garażu. Co najmniej połowa otworów wentylacyjnych powinna być równomiernie rozmieszczona na dwóch przeciwległych ścianach.

5.2.2. Garaże wentylowane mechanicznie i naturalnie

W przypadku zastosowania mieszanej wentylacji naturalnej i mechanicznej całkowita powierzchnia stałe otwartych otworów wentylacyjnych może zostać ograniczona do 2.5% powierzchni posadzki na każdej z kondygnacji garażu pod warunkiem, że instalacja wentylacji mechanicznej zapewni co najmniej trzy wymiany powietrza na godzinę.

5.2.3. Garaże wentylowane mechanicznie

W przypadku garaży podziemnych lub zamkniętych należy zapewnić ich wentylację z wydajnością 6 wymian powietrza na godzinę. Dodatkowo wszędzie tam, gdzie możliwe jest tworzenie się kolejek pojazdów z uruchomionymi silnikami np. wyjazdy, rampy wydajność instalacji wentylacji mechanicznej powinna wzrastać do 10 wymian na godzinę.

5.2.4. Szczegółowa ocena ilości zanieczyszczeń

Jako alternatywa dla 5.2.3 możliwe jest obliczenie średniej przewidywanej wartości stężenia wybranych zanieczyszczeń. Instalacja wentylacji mechanicznej może zostać zaprojektowana tak, aby kontrolować stężenie tlenu węgla na poziomie maksymalnym 30 ppm przy założeniu czasu ekspozycji 8 h oraz dodatkowo okresowego wzrostu stężenia do 90 ppm przy założeniu czasu lokalnej ekspozycji np. sąsiedztwo wyjazdów nie przekraczającego 15 min. Przykładem takiej oceny jest np. analiza CFD lub obliczenia zgodne z niemiecką normą VDI 2053 która została opisana w rozdziale 7.

6 Strefy dymowe

Zgodnie z wytycznymi BS 7346-4 w przypadku gdy pożar znajduje się bezpośrednio pod zbiornikiem dymu, maksymalna powierzchnia zbiornika dymu o dowolnym kształcie powinna wynosić 2600 m² w przypadku gdy zamontowano wentylatory wyciągowe oraz 2000 m² w przypadku oddymiania grawitacyjnego. Najdłuższy bok strefy dymowej nie powinien być dłuższy niż 60 w dowolnej osi. Warunek ten określa maksymalną powierzchnię strefy dymowej.

System oddymiania garażu powinien utrzymać zadymienie w jednej strefie dymowej w której wystąpił pożar.

W przypadku przejścia dymu do innej strefy dymowej, może uruchomić się w niej osobny system oddymiania, ale tylko wtedy jeśli nie wpłynie to na wydajność systemu oddymiania i usuwania ciepła obiegającego bieżącą strefę dymową. Uruchomienie systemu w drugiej strefie nie może zwiększyć także prędkości powietrza kompensującego w przejściach i bramach powyżej wartości 5 m/s. Jeżeli warunki te nie zostaną spełnione nie powinno być możliwości uruchomienia systemu SOiUC w innej strefie dymowej.

W celu zminimalizowania możliwości przepłynięcia dymu z jednej strefy do drugiej kurtyny dymowe należy rozmieszczać w taki sposób aby maksymalnie wykorzystać do tego celu ukształtowanie architektoniczno-geometryczne garażu. Pod kurtyną dymową nie może znajdować się stanowisko parkingowe. Kurtyny należy rozmieszczać pomiędzy kolumnami, nad przejściami pieszych lub przejazdami dla samochodów. W miejscach gdzie nie jest to możliwe i kurtyna wisi pomiędzy dwoma stanowiskami postojowymi, stanowiska te powinny być oddzielone niepalną ścianą.

W jednym zbiorniku dymu nie należy stosować jednocześnie wentylatorów wyciągowych oraz klap dymowych.

Kolejność uruchamiania urządzeń wchodzących w skład SOiUC nie powinna wpływać na działanie pozostałych komponentów tego systemu. Np. najpierw powinny otworzyć się klapy wentylacji pożarowej oraz klapy zabezpieczające otwory dolotowe a dopiero wtedy wentylatory oddymiające.

Każda strefa dymowa garażu obsługiwana jest przez własną instalację oddymiającą. Możliwe jest użycie tego samego głównego szachtu wraz z wentylatorami wyciągowymi do innej strefy dymowej w taki sposób że po wykryciu pożaru w danej strefie odpowiednia sieć poziomych kanałów wyciągowych jest odcinana i/lub podłączana do tego szachtu za pomocą klap wentylacji pożarowej.

Strefy dymowe należy wyznaczać w taki sposób aby maksymalnie do tego celu wykorzystać ukształtowanie geometryczne garażu, a w miejscach gdzie jest to konieczne zastosować kurtyny dymowe (zwykle stałe) sięgające od stropu garażu do wysokości 2 m lub 2,2 m nad posadzką garażu.

Wentylacja oddymiająca podczas normalnego użytkowania może pracować jako wentylacja bytowa.

Strefy dymowe wyznaczane są tak samo, bez względu na to czy garaż jest wyposażony w instalację tryskaczową czy nie.

$$M_f = C_e \times P \times Y^{\frac{3}{2}} \quad (6.1)$$

M_f [kg/s]	-	ilość wytworzonego podczas pożaru dymu wpływającego do podstawy warstwy dymu na wysokości Y
C_e [kg/(s·m ^{2.5})]	-	współczynnik wnikania powietrza do słupa dymu powstałego z dużego pożaru, wynoszący dla garażu 0,19 - dla dużych niskich przestrzeni, kiedy jest spełniona nierówność
$Y \leq 10 \times A_f^{\frac{1}{2}}$	-	oraz występuje dobre dotlenienie pożaru
P [m]	-	obwód pożaru
Y [m]	-	wysokość wznoszenia się słupa dymu do podstawy warstwy dymu

Wartość tę należy wyznaczyć z zależności $0,8 \cdot h$, gdzie h to wysokość garażu.

Dla wysokich garaży $Y = 2,5$ m.

$$T_1 = Q_c / (M_f \times C) \quad (6.2)$$

T_1 [K]	-	przyrost średniej temperatury warstwy dymu względem temperatury otoczenia
C [kJ/kgK]	-	ciepło właściwe mieszaniny dymu i powietrza do celów projektowych przyjęto 1,01 kJ/kgK
Q_c [kW]	-	konwekcyjna część mocy pożaru zgodnie z BS 7346-7, 5600 kW

Przewodnik podaje wartość zgodną z wytycznymi standardów NFPA czyli konwekcyjna część mocy pożaru to $0,7 \cdot Q$ całkowita moc pożaru Q . Standard BS 7346-4 podaje wartość $0,8 \cdot Q$ natomiast w punkcie 4.8.1 wskazuje standard NFPA, czyli opracowanie gdzie można znaleźć dodatkowe informacje. Ponadto wartość ta dla większości materiałów wynosi około 0,7. Standard angielski był stworzony głównie z myślą o budynkach atrialnych i sklepach natomiast materiały występujące w palących się samochodach z reguły odbiegają od typowych materiałów występujących w pomieszczeniach.

$$V_1 = M_f \times \frac{(T_1 + T_{amb})}{\rho_{amb} \times T_{amb}} \quad (6.3)$$

V_1 [m ³ /s]	-	strumień objętościowy dymu wytwarzany podczas pożaru (wpływający do podstawy warstwy dymu nad pożarem)
T_1 [K]	-	przyrost średniej temperatury warstwy dymu względem temperatury otoczenia
M_f [kg/s]	-	ilość wytworzonego podczas pożaru dymu wpływającego do podstawy warstwy dymu na wysokości Y
T_{amb} [K]	-	założona temperatura otoczenia dla garażu 278 K
ρ_{amb} [kg/m ³]	-	gęstość powietrza w warunkach normalnych 1,2 kg/m ³

6.2 Obliczenia analityczne ilości wytwarzanego dymu przy źródle pożaru zgodnie z BS 7346-4 2003

Zgodnie z paragrafem §134.2 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie temperatura obliczeniowa dla garaży wynosi 5°C czyli 278 K.

$$V = V_1 \times 3600 \quad (6.4)$$

V [m³/h] – strumień objętościowy wytwarzany podczas pożaru (wpływający do warstwy dymu nad pożarem). Wymagana łączna wydajność wentylatorów oddymiających w danej strefie dymowej

V_1 [m³/s] – strumień objętościowy dymu wytwarzany podczas pożaru (wpływający do podstawy warstwy dymu nad pożarem)

Wartości domyślne dla pożarów projektowych					
Zapętnienie	powierzchnia pożaru [A _i] m ²	Obwód pożaru [P] m	Szybkość uwalniania ciepła na jednostkę powierzchni [q] kW/m ²	Moc pożaru [Q] MW	Wymiary m
Parking (palący się 1 samochód)	10	14	400	4	2x5
Parking (palące się 2 samochody)	25	20	400	8	5x5

Tab. 6.1. Tabela podaje wartości obliczeniowe dla projektowego pożaru w parkingu. Wartości zgodne z BS 7346-4 oraz BS 7346-7.

6.3 Obliczenia analityczne maksymalnej ilości powietrza jaka może być wyciągana przez pojedynczą kratę wyciągową bez efektu zasysania czystego powietrza z pod warstwy dymu

$$V_{maxs} = C_{ph} \times \beta \times d^{2,5} \times \sqrt{T_{amb} \times T_1} \quad (6.5)$$

$$V_{maxh} = V_{maxs} \times 3600 \quad (6.6)$$

V_{maxs} [m³/s] – max. ilość dymu usuwana przez 1 punkt wyciągowy

V_{maxh} [m³/h] – max. ilość dymu usuwana przez 1 punkt wyciągowy w m³/h

C_{ph} [-] – 0,00887

β [-] – 2,8 wartość parametryczna dla punktów wyciągowych znajdujących się w stropie daleko od ścian lub 2,0 dla punktów wyciągowych w ścianie lub blisko nich

d [m] – grubość warstwy dymu od punktu wyciągowego do podstawy warstwy dymu.

T_1 [K] – założona temperatura otoczenia dla garażu 278 K

T_{amb} [K] – przyrost średniej temperatury warstwy dymu względem temperatury otoczenia

$$N = V/V_{maxh} \quad (6.7)$$

- N [-] – ilość punktów wyciągowych. Wynik zawsze zaokrąglamy w górę do liczby naturalnej.
- V_{maxh} [m³/h] – max. Ilość dymu usuwana przez 1 punkt wyciągowy
- V [m³/h] – strumień objętościowy wytwarzany podczas pożaru (wpływający do warstwy dymu nad pożarem). Wymagana łączna wydajność wentylatorów oddymiających z danej strefy dymowej

Maksymalną ilość powietrza wyciąganą przez pojedynczą kratę wyciągową można także obliczyć z wytycznych: „Smoke management: atriums and plugholes” - NRCC-44007

$$m_{max} = C \times \beta \times d^{2,5} \times \sqrt{\frac{T_1}{T_1 + T_{amb}} \times \frac{T_{amb}}{T_1 + T_{amb}}} \quad (6.8)$$

- m_{max} [kg/s] – max. Ilość dymu usuwana przez 1 punkt wyciągowy
- C [-] – 3,13
- β [-] – 2,8 wartość parametryczna dla punktów wyciągowych znajdujących się w stropie daleko od ścian lub 2,0 dla punktów wyciągowych w ścianie lub blisko nich
- d [m] – grubość warstwy dymu od punktu wyciągowego do podstawy warstwy dymu
- T_{amb} [K] – założona temperatura otoczenia dla garażu 278 K
- T_1 [K] – przyrost średniej temperatury warstwy dymu względem temperatury otoczenia

$$N = M_f/m_{max} \quad (6.9)$$

- N [-] – ilość punktów wyciągowych. Wynik zawsze zaokrąglamy w górę do liczby naturalnej.
- m_{max} [kg/s] – max. Ilość dymu usuwana przez 1 punkt wyciągowy
- M_f [kg/s] – ilość wytworzonego podczas pożaru dymu wpływającego do podstawy warstwy dymu na wysokości Y

$$A_{in} = V_1/v_{in} \quad (6.10)$$

- A_{in} [m²] – powierzchnia otworów kompensacyjnych które należy zapewnić w celu swobodnego napływu powietrza kompensacyjnego
- V_1 [m³/s] – strumień objętościowy dymu wytwarzany podczas pożaru (wpływający do podstawy warstwy dymu nad pożarem). Wymagana łączna wydajność wentylatorów oddymiających w danej strefie dymowej
- v_{in} [m/s] – prędkość efektywna w otworach kompensacyjnych

Prędkość w otworach kompensacyjnych wzór (5.10) ma bardzo duże znaczenie ze względu na:

4 – Wytworzenie podciśnienia w przestrzeni garażu

Różnica ciśnień Pa	50	25	8,5	6	4
Prędkość przepływu powietrza m/s	5,9	4,2	2,4	2,0	1,7

Tab. 6.2

Tabela 6.2 pochodzi z normy PN-EN 12101-6. Przedstawia ona zależność różnicy ciśnień panującej pomiędzy dużymi przestrzeniami a prędkością przepływu powietrza w otworach pomiędzy nimi. Już na podstawie samych tych wartości można wywnioskować, że projektowanie otworów kompensacyjnych na 5 m/s powoduje podciśnienie w garażu prawie 40 Pa. Jeżeli w garażu znajduje się klatka schodowa wyposażona w system różnicowania ciśnień na 50 Pa wtedy różnica ciśnień pomiędzy przestrzenią garażu a klatką schodową przy otwartych drzwiach przedsionka pożarowego wynosi 90 Pa, co będzie prowadziło do braku możliwości wejścia na klatkę z powodu zbyt dużej siły wymaganej do jej otwarcia. W przypadku norm z serii BS 7346 maksymalna dopuszczalna siła potrzebna do otwarcia drzwi to tak jak w PN-EN 12101-6 100 N.

Ponadto jeżeli powietrze kompensujące doptykające do przestrzeni garażu prowadzone jest przez kanał grawitacyjny do podanych różnic ciśnień należy dodatkowo dodać straty ciśnienia statycznego związane z przepływem przez ten kanał.

– Zaburzenia warstwy zadymionej względem warstwy wolnej od dymu

Zbyt duża prędkość nawiewu zaburza warstwę dymu która jest nad nią. Wartość prędkości która poprzez efekt Bernoulliego nie zaburzy tej warstwy dymu względem wysokości dymu nad nawiewnikiem jest dość trudna do obliczenia ze względu na wtórny efekt odbicia strugi od wszelkich załamań i kolumn oraz samej temperatury warstwy dymu.

Dobrą praktyką jest przyjmowanie nawiewu grawitacyjnego w zakresie $2,0 \div 2,5$ m/s zarówno ze względu na wytworzenie podciśnienia jak i znaczne zaburzenie warstwy dymu pod stropem.

Prędkość powietrza 5 m/s dla nawiewu grawitacyjnego można przyjmować w określonych przypadkach tj.:

- podczas gdy otwory dolotowe są rozmieszczone równomiernie po obwodzie garaż i prowadzą one bezpośrednio na zewnątrz,
- za otwory dolotowe służą bramy wjazdowa i wyjazdowa zlokalizowane po przeciwnych stronach garażu a sam garaż jest nie duży i ma bardzo prostą geometrię.

Prędkość efektywna w otworach nawiewnych dla nawiewu kompensacyjnego mechanicznego to 2,0 m/s zgodnie z BS 7346-7

6 Przykład obliczeniowy

5

Poniższe tabele przedstawiają obliczenia analityczne dla dwóch stojących obok siebie palących się samochodów w garażu o wysokości stropu 2,5 m. Tabela 6.1 to obliczenia dla źródła pożaru. Natomiast tabela 6.3 to obliczenia dla wydajności instalacji z której najistotniejszymi wynikami są: wydajność wyciągu mieszaniny dymu i powietrza z przestrzeni garażu – 92 000 m³/h oraz ilość krat wyciągowych – 27 szt.

ŹRÓDŁO POŻARU BEZPOŚREDNIO POD ZBIORNIKIEM DYMU		
projektowa moc pożaru (kW)	Q	8000
konwekcyjna moc pożaru (kW)	Q _c	5600,0
współczynnik wnikania dla dużego pożarowego stupa dymu (kg/m ² s)	C _e	0,19
powierzchnia pożaru (m ²)	A _f	25
obwód pożaru (m)	P	20
wysokość wznoszenia stupa dymu (m)	Y	2
ilość dymu wpływająca do warstwy dymu (kg/s)	M _f	10,75
ciepło właściwe powietrza (kJ/kgK)	c _p	1,01
przyrost temperatury dymu (K)	θ	515,87
temperatura dymu (K)	T _i	793,87
temperatura dymu (C)	t _i	520,87
temperatura toczenia (K)	T _{amb}	278
gęstość powietrza w temperaturze otoczenia (kg/m ³)	ρ _{amb}	1,2
przyśpieszenie ziemskie (m/s ²)	g	9,81

Tab. 6.3.

WYCIĄG MECHANICZNY NAD ŹRÓDŁEM POŻARU		
wydajność wyciągu (m ³ /s)	V _i	25,58
wydajność wyciągu (m ³ /h)	V	92077,39
głębokość warstwy dymu (m)	d	0,4
max. ilość dymu usuwana przez 1 punkt (m ³ /s)	V _{max s}	0,95
max. ilość dymu usuwana przez 1 punkt (m ³ /h)	V _{max h}	3426,30
ilość punktów wyciągowych (-)	N	26,87
prędkość powietrza w otworze do lotowym grawitacyjnym (m/s)	v	2,5
powierzchnia otworów do lotowych (m ²)	A	10,23

Tab. 6.4.

Opis działania systemu oraz elementy składowe

Strefa wentylacyjna jest to odrębna część garażu wydzielona przegrodami bądź umownie obsługiwana przez jedną lub kilka systemów instalacji wentylacyjnej bytowej. Podział na strefy wentylacyjne zwykle jest taki sam jak podział strefy dymowe dlatego, że nie ma żadnych wytycznych co do wyznaczania tych stref. Także strefą wentylacyjną jest zwykle:

- pojedyncza strefa dymowa,
- pojedyncza kondygnacja garażu wielokondygnacyjnego,
- strefa pożarowa,
- część garażu wydzielona poprzez ukształtowanie geometryczne garażu.

Instalacja wentylacyjna pojedynczej strefy garażu składa się z :

- głównego szachtu wyciągowego wraz z wentylatorem wyciągowym położonym zwykle na dachu budynku,
- kanałów wyciągowych (poziomych) które są wyposażone w kratki wyciągowe znajdujące się pod stropem garażu w odległości co drugie stanowisko oraz krutek wyciągowych na wysokości 0,3 m nad posadzką garażu, także co drugie stanowisko na przemian z kratkami pod stropem.
- kanałów nawiewnych połączonych z zewnętrznymi czerpniami; nawiew może być realizowany przez perforowaną bramę wjazdową, lub za pomocą wentylatorów nawiewnych; zaleca się w miarę równomierne rozłożenie otworów nawiewnych.

W celu poprawnego działania systemu wentylacyjnego garaż musi zostać wyposażony w czujniki CO i LPG. Sygnał z czujników CO i LPG uruchamia wentylator w głównym szachcie wyciągowym urządzenie to działa wtedy na pierwszym zakresie wydajności. W przypadku wykrycia podwyższonych stężeń CO lub LPG (stan alarmowy) wentylator przetaczany jest na drugi zakres wydajności.

Sposób działania systemu oraz cykliczność włączeń będzie zależna od częstości zadziałani czujników CO i LPG. Charakterystykę instalacji należy dopasować do sposobu funkcjonowania budynku.

Minimalną ilość powietrza wyciąganego (inną dla każdej strefy wentylacyjnej można obliczyć według punktu 7.1

Wszystkie wyżej wymienione elementy mogą wchodzić również w skład instalacji oddymiania.

7 Obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego dla garaży w celu usunięcia tlenku węgla (na podstawie VDI 2053)

Ilość tlenku węgla jaką emituje jeden pojazd.

$$q_{co} = \left(e_1 \times \frac{t}{3600} + e_2 \times \frac{s}{10000} \right) \times f_A \quad (7.1)$$

gdzie:

q_{co} [m ³ /h CO x pojazd]	-	emisja tlenku węgla na jeden pojazd
t [s]	-	czas uruchomienia i rozgrzania silnika pojazdu (zwykle 20 s)
s [m]	-	średnia długość drogi przejazdu w garażu
s_1 [m]	-	średnia długość drogi przejazdu przez daną strefę wentylacyjną pojazdów z innych części garażu np. z niższych kondygnacji garażu
f_A [-]	-	współczynnik jednoczesności ruchu samochodów
e_1 [m ³ /h x pojazd]	-	emisja CO na biegu jałowym
e_2 [m ³ /h x pojazd]	-	emisja CO w czasie jazdy z postojami (prędkość pojazdu 10 km/h)

$$V_g = \frac{q_{CO}}{CO_{COdop} - CO_A} \times n \quad (7.2)$$

gdzie:

- V_g [m³/h x pojazd] – wymagana ilość powietrza zewnętrznego dla garażu
- q_{CO} [m³/h CO x pojazd] – emisja tlenku węgla na jeden pojazd
- CO_{COdop} [ppm] – maksymalne dopuszczalne stężenie CO dla garaży
- CO_A [ppm] – zawartość CO w powietrzu zasysanym z zewnątrz
- n [-] – ilość miejsc parkingowych
- n_1 [-] – ilość miejsc parkingowych innej strefie wentylacyjnej z której samochody będą przejeżdżały przez strefę rozpatrywaną

Tab. 7.1.

Rodzaj pojazdu i jazdy	Zużycie paliwa		Emisja spalin		Zaw. CO	Emisja CO		
	l/100 km	l/h x pojazd	Nm ³ /100km	Nm ³ /h x pojazd	% obj.	Nm ³ /100km	Nm ³ /h x pojazd	Kg/h x pojazd
Samochody osobowe								
Bieg jałowy - silnik zimny	-	1,34	-	10,99	5,0	-	0,55	0,69
Bieg jałowy – silnik rozgrzany Jazda na biegu jałowym	-	1,24	-	10,44	4,5	-	0,47	0,59
Jazda swobodna z postojami 10km/h	21,6	2,16	174,9	17,49	2,9	6,0	0,60	0,75
Jazda swobodna po terenie płaskim	7,9	4,74	63,98	38,39	2,7	1,73	1,04	1,30
Nachylenie większe niż 4%	9,5	5,7	63,98	38,39	3,2	2,1	1,2	1,50
Samochody ciężarowe*								
Jazda swobodna z postojami 10km/h	-	-	750	75	0,2	1,5	0,15	0,19
Jazda swobodna po terenie płaskim	-	-	420	250	0,2	0,83	0,50	0,63

*- Samochody ciężarowe o masie 10 t; dla innej masy pojazdu wartości należy przeliczyć proporcjonalnie do masy.

7 Obliczenia ilości powietrza wentylacyjnego dla garaży w celu usunięcia tlenku węgla (na podstawie VDI 2053)

Tab. 7.2.

Czas ekspozycji	CO _{COdop} [ppm] (wg VDI 2053)	CO _{COdop} [ppm] (wg Dz.U. 2002 nr 217 poz 1833)
10 min	250	-
15 min	-	NDSCh \approx 94
30 min	100	-
60 min	50	-
8h		NDS \approx 18
Rodzaj terenu		CO _A [ppm]
ulice o bardzo dużym natężeniu ruchu, centra miast, arterie		30
ulice o przeciętnym natężeniu ruchu		20
dzielnice mieszkaniowe, osiedla		5
Rodzaj garażu		f _A [-]
garaże o niewielkim ruchu (np. garaże w budynkach mieszkalnych)		0,6
garaże w obiektach użyteczności publicznej (biurowce centra handlowe)		0,8 ÷ 1,5

7 Przykład obliczeniowy ilości powietrza wentylacyjnego w celu usunięcia tlenku węgla z garażu

- ilość miejsc parkingowych: n – np. 100
- średni czas pracy silnika na postoju wynosi: t - 20 s
- prędkość poruszania się samochodu w garażu: 10 km/h
- średnia droga pojazdu w garażu wynosi: s – np. 60 m
- średnia droga pojazdu przejeżdżającego z innej części garażu np. innej kondygnacji w garażu wynosi: s₁ – np. 40 m
- poziom stężenia CO w powietrzu zewnętrznym przyjmuje się: CO_A – np. 5 ppm
- poziom dopuszczalnego stężenia CO w garażu przyjmuje się: CO_{COdop} - [ppm]
- stopień obciążenia garażu: f_A – np. 1,0
- emisja CO na biegu jałowym: e₁ - 0,55 m³/h x pojazd
- emisja CO w czasie jazdy z postojami wynosi: e₂ - 0,60 m³/h x pojazd

Emisja CO przez jeden pojazd:

$$q_{CO} = (0,55 \times 20/3600 + 0,60 \times 60/10000) \times 1,0 = 0,00665 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{pojazd}$$

Ilość powietrza wentylacyjnego zewnętrznego dla pojazdów parkujących w danej strefie wentylacyjnej:
 $V_g = (q_{CO}/(CO_{dop} - CO_A)) \times n = (1\ 000\ 000 \times 0,00665/(94-5)) \times 100 = 7472 \text{ m}^3/\text{h} \approx 7500 \text{ m}^3/\text{h}$

Dodatkowa ilość powietrza zewnętrznego ze względu na przejazd pojazdów z pozostałych części garażu, np. przejazd samochodów z niższych kondygnacji garażu.

Emisja CO przez jeden pojazd:

$$q_{CO} = (0,55 \times 0/3600 + 0,60 \times 40/10000) \times 1,0 = 0,0024 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{pojazd}$$

Dla obliczenia emisji CO przejeżdżającego pojazdu należy użyć wzoru (6,1) z wpisaniem czasu rozruchu równym 0 dlatego że rozruch następuje w innej strefie wentylacyjnej wyposażonej we własny system wentylacji bytowej. Ilość powietrza wentylacyjnego zewnętrznego dla pojazdów przejeżdżających przez daną strefę wentylacyjną z innych stref:

$$V_g = q_{CO}/(CO_{max} - CO_A) \times n1 = (1\ 000\ 000 \times 0,0024/(94-5)) \times 60 = 1618 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1650 \text{ m}^3/\text{h}$$

Podsumowanie ilości powietrza

Część garażu	Rozpatrywana strefa wentylacyjna	Pozostała część garażu do której wjeżdżające lub wyjeżdżające samochody przejeżdżają przez rozpatrywaną strefę wentylacyjną	Sumaryczna ilość powietrza nawiewana i wyciągana z danej strefy wentylacyjnej
Ilość powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	7500	1650	9150

Uwaga: Sumaryczna ilość powietrza dla danej strefy wentylacyjnej powinna być zwiększona o odpowiedni współczynnik jeżeli instalacja pracuje z przerwami np. włącza się co 0,5h. Przedstawione obliczenia przedstawiają wydatki powietrza przewidziane do pracy ciągłej wentylatorów.

8 Obliczenia czasów ewakuacji z garażu

8 Podstawa prawna

Rozporządzenie:

Art. 270. 1 Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że **w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych**, nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację.

Dostępne najczęściej stosowane normy i uznana wiedza techniczna:

PD 7974-6:2004 **The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings** – Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)

SFPE – Society of Fire Protection Engineers, Bethesda Maryland. „Handbook of Fire Protection Engineering” Czwarta edycja 2008 r.

8 Warunki bezpiecznej ewakuacji

2 Warstwa wolna od dymu

PD 7974-6

warstwa wolna od dymu: 2,5m, temperatura gazów nad drogami ewakuacyjnymi: 200 °C

BS 7346-4

Warstwa wolna od dymu 3,0 m – budynki publiczne (np. jednokondygnacyjne centra handlowe, hale sportowe lub wystawowe)

Warstwa wolna od dymu 2,5 m – biura, mieszkania

Warstwa wolna od dymu 2,5 m lub 0,8 H – garaże

Widoczność

Z wielu badań wynika, że około 30% osób będzie szukać innej drogi ucieczki jeżeli widoczność spadnie poniżej 3 m, co w przeliczeniu na gęstość optyczną daje 0,33 D/m

Jeżeli widoczność spadnie poniżej 10m (gęstość optyczna 0,08 D/m), a do przebycia będzie więcej niż 10 m, niektóre osoby będą chciały szukać innej drogi ucieczki

Zgodnie z PD 7974-6, jeżeli najbardziej zagrażającym czynnikiem dla użytkowników budynku jest dym, to wartością graniczną średniej widoczności jest:

- 5m (0,2 D/m) dla pomieszczeń mieszkalnych i biur
- 10m (0,08 D/m) dla dużych pomieszczeń (korytarzy)

Toksyczne gazy

Jeżeli najbardziej zagrażającym czynnikiem są toksyczne gazy to:

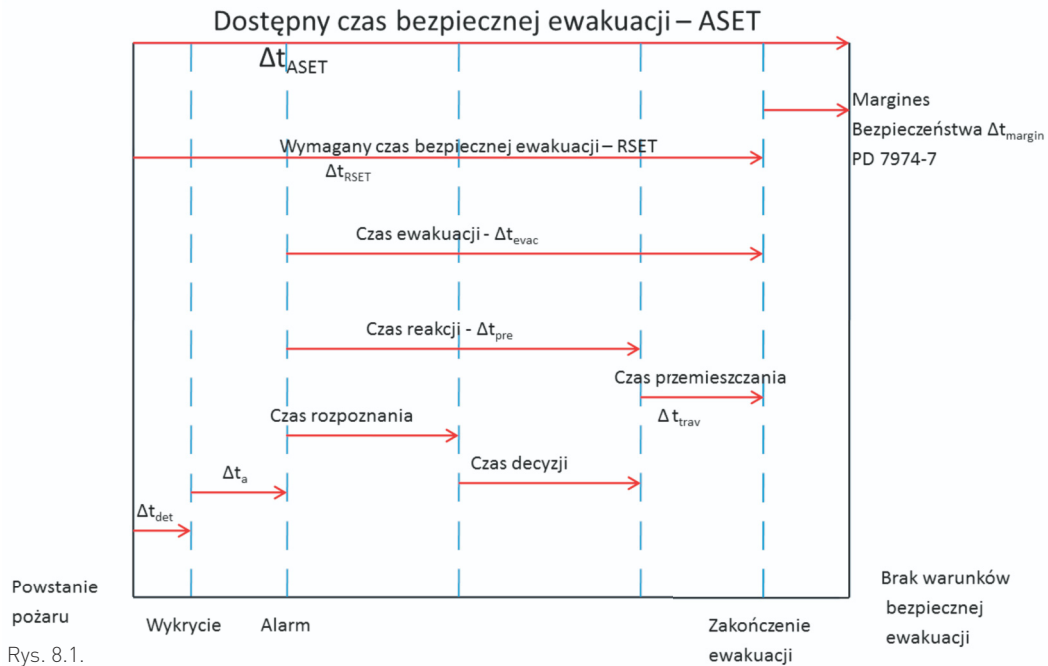
- 0,1 dawki efektywnej (FED) dla budynków opieki zdrowotnej
- 0,3 dawki efektywnej (FED) dla pozostałych budynków

Ciepło

Tab. 7.1. Wpływ ciepła na ewakuujące się osoby w zależności od czasu ekspozycji PD 7974-6

Rodzaj przepływu ciepła	Wartość	Tolerowany czas ekspozycji
Promieniowanie	<2,5 kW/m ²	>5min
	2,5kW/m ²	30s
	10kw/m ²	4s
Konwekcja	<60 °C 100% wilgotności względnej	>30min
	100 °C 10%	8 min
	110 °C 10%	6 min
	120 °C 10%	4 min
	130 °C 10%	3 min
	150 °C 10%	2 min
180 °C 10%	1 min	

Poszczególne składowe dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji - ASET



Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji to : $\Delta t_{RSET} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre} \cdot 1\% + \Delta t_{pre99\%} + \Delta t_{trav}$

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji jest obliczany za pomocą symulacji CFD lub analitycznie według zaleceń BS 7346-5. Powinien być przynajmniej równy: $\Delta t_{ASET} = \Delta t_{RSET} + \Delta t_{margin}$

8 Czas reakcji użytkowników na alarm

4

Określenie kategorii budynku Ax, By, Mz:

Alarm:

- A1 – Detekcja automatyczna i natychmiastowe uruchomienie alarmu we wszystkich członach budynku
- A2 – Alarm dwustanowy, detekcja a następnie potwierdzenie przez osobę dyżurną
- A3 – Alarm wyłączenie w pobliżu pożaru lub jedynie aktywacja ręczna

Złożoność budynku:

- B1 – Duży budynek o nieskomplikowanej budowie z jednym lub kilkoma pomieszczeniami np. supermarket
- B2 – Kilkukondygnacyjny prosty budynek np. biurowiec SW
- B3 – Duży złożony budynek

Kwalifikacje osób dyżurnych:

- M1 – Wysoki poziom wyszkolenia personelu, z regularnie powtarzаныmi szkoleniami i ćwiczeniami praktycznymi. Przeprowadzony audyt. Oddzielny personel do alarmowania różnych części budynku (piętra)
- M2 – Podobnie jak M1 jednak niższy poziom wyszkolenia. Audyt nie wymagany. Personel
 - osoba dyżurna nie zawsze obecna
- M3 – Minimalne wymagania

Tab. 8.2 Sugerowane czasy reakcji w zależności od kategorii budynku PD 7974-6

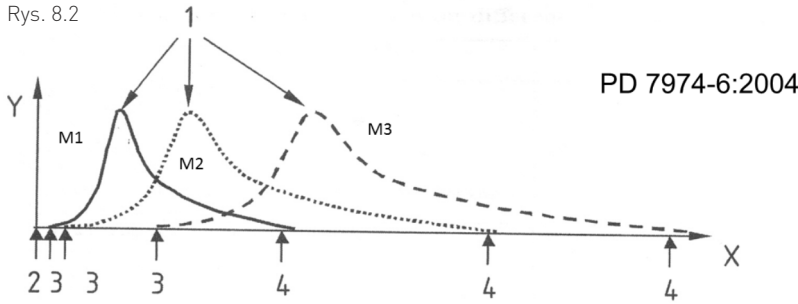
Kategoria	Czas reakcji 1% osób $\Delta t_{pre1\%}$	Czas reakcji 99% osób $\Delta t_{pre99\%}$
A: brak możliwości snu, użytkownicy zaznajomieni M1 B1-B2 A1-A2 M2 B1-B2 A1-A2 M3 B1-B2 A1-A3 Dla B3 należy dodać 30s na znalezienie drogi	30 s 60 s > 15 min	60 s 120 s > 15 min
B: brak możliwości snu, użytkownicy niezający budynku M1 B1 A1-A2 M2 B1 A1-A2 M3 B1 A1-A3 Dla B2 należy dodać 30s na znalezienie drogi Dla B3 należy dodać 60s na znalezienie drogi	30 s 60 s > 15 min	120 s 180 s > 15 min

Uwaga. Całkowity czas reakcji to: $\Delta t_{pre} [1\%] + \Delta t_{pre} [99\%]$

Czas reakcji użytkowników na alarm

Statystyczny rozkład czasu reakcji użytkowników budynku

Rys. 8.2



X – czas

Y – osoby/s

1 – krzywe rozkładu czasu reakcji

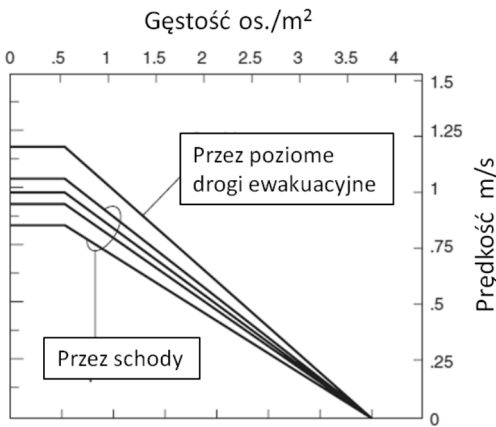
2 – alarm

3 - Δt_{pre} 1% czas po którym zaczęto już uciekać pierwszych kilku użytkowników (1%).

4 - Δt_{pre} 99% czas po którym zaczęto uciekać 99% użytkowników.

Obliczenia czasów przemieszczania po drogach poziomych

Ewakuujący się użytkownicy budynku bądź strefy pożarowej poruszają się ze średnią statystyczną prędkością 1,19 m/s w warunkach gęstości $\leq 0,54$ os./m². Jeżeli gęstość ta jest większa to wraz z nią maleje prędkość poruszających się osób - jak na rys. 8.3. Zależność tą opisuje wzór 8.1.



Rys. 8.3. Źródło: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

$$S = k - akD \quad (8.1)$$

$$S(max) = 1,19 \text{ m/s} \quad (8.2)$$

D – Gęstość os./m²

S – Prędkość wzdłuż linii przemieszczania się m/s

k – Współczynnik doświadczalny 1,4 dla dróg poziomych

a – Współczynnik doświadczalny stały 0,266

Maksymalna prędkość 1,19 m/s występuje przy gęstości mniejszej niż 0,54 os./m². Ilość przebywających jednocześnie w garażu osób zgodnie z Approved Document B z 2000r. Edycja 2006 r. to 2 os./przestrzeń parkingu.

Z punktu widzenia obliczeń ewakuacji to nie jest ważne czy w garażu jest 2 czy 5 osób istotnym elementem jest natomiast brak kolejek i zatorów ewakuujących się z garażu osób co redukuje obliczenia do wyznaczenia maksymalnej drogi ucieczki z danej przestrzeni garażu i podzielenia jej przez prędkość ewakuujących się osób.

$$\Delta t_{trav} = l/S(max) \quad (8.3)$$

Δt_{trav} [s] – czas przemieszczania się ewakuujących się osób w garażu

l [m] – długość linii przemieszczania się ewakuujących się osób

Weryfikacja poszczególnych czasów, będących składowymi całkowitego czasu ewakuacji RSET dla garażu pod budynkiem mieszkalnym:

Zachowania korzystających z garażu osób można zaliczyć do kategorii A, ponieważ:

- brak możliwości snu w strefie pożarowej garażu,
- znajomość garażu przez korzystających z niego osób (korzystający są właścicielami miejsc parkingowych),
- mała gęstość osób przebywających jednocześnie w garażu. Zgodnie z wytycznymi angielskimi Approved document B 2000r. przyjmuje się do kilku osób w przestrzeni garażu przez co nie wyznacza się czasów potrzebnych na pokonanie zatorów ani kolejek przy drzwiach wyjściowych,
- strefa pożarowa garażu stanowi jedno pomieszczenie z miejscami parkingowymi + pomieszczenia techniczne oraz komórki,
- ponadto zakłada się że ewakuujący się nie będą się przemieszczali po miejscach postojowych, a jako przejścia ewakuacyjne wykorzystuje się wszystkie przejazdy.

Efektywność zastosowanego systemu alarmowego określa się jako poziom A1 - (tzn. wykrycie możliwości pożaru w danej strefie pożarowej co w tym wypadku jest tożsame z daną strefą dymową a następnie potwierdzenie przez inną czujkę lub ewentualne potwierdzenie za pomocą ROP przez przypadkową osobę. Wykrycie pożaru włącza alarm pożarowy oraz otwiera klapy wentylacji pożarowej doprowadzające powietrze kompensujące wyciąg mieszaniny dymu i powietrza przez (SHEVS) system oddymiania.

Warunki geometryczne wpływające na czas ewakuacji i ochronę dróg ucieczkowych określa się jako poziom B1, tzn. jednopoziomowe pomieszczenie garażu z dobrą widocznością i dostępem do wyjść ewakuacyjnych.

Zarządzanie w razie pożaru przez przeszkolony personel nie jest wymagane, ani także nie dotyczy przedmiotowego garażu pod budynkiem mieszkalnym. System alarmowy i praca urządzeń oddymiających są automatyczne. Zakłada się poziom M2.

Czas reakcji osób będących w garażu w trakcie pożaru to M2 B1 A1, czyli 60 s dla pierwszych kilku osób oraz kolejne 120 s dla czasu po którym 99% osób rozpoczęło ucieczkę.

Najdłuższa droga ewakuacji: 40 m

Prędkość uciekających osób: 1,19 m/s (założenie przyjęte w związku z niską gęstością przebywających jednocześnie w garażu osób)

Czas potrzebny na ucieczkę: $Dt_{\text{trav}} = 40/1,19 = 34 \text{ s}$

Tab. 8.3.

Zestawienie czasów ewakuacji				
Scenariusz pożarowy:	Czas do rozpoczęcia ucieczki pierwszych kilku osób [s]	Czas do rozpoczęcia ucieczki 99% osób [s]	Czas po którym zdołają uciec pierwsze osoby [s]	Czas po którym zdoła uciec 99% osób. [s]
Ewakuacja z garażu	150	270	184	304

Czas alarmu $\Delta t_a = 0$ s związane jest to z tym że po potwierdzeniu zagrożenia pożarowego przez inną czujkę dymu lub ciepła automatycznie od razu jest uruchamiany alarm informujący o konieczności opuszczenia garażu.

Czas detekcji $t_{det} = 90$ s. Czas ten został wyznaczony na podstawie odrębnych kilku symulacji w programie FDS. Zależy on ściśle od wysokości garażu.

Czas detekcji oraz alarmu: $\Delta t_{det} + \Delta t_a = 90 + 0 = 90$ s.

Jako margines bezpieczeństwa przyjmuje się $\Delta t_{margin} = 30$ s

$t_{RSET} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre\ 1\%} + \Delta t_{pre\ 99\%} + \Delta t_{trav} + \Delta t_{margin} = 334$ s

W związku z niewielką ilością przebywających jednocześnie osób w garażu zgodnie z Approved document B 2000 r. (2 os./przestrzeń garażu) najbardziej prawdopodobny czas ewakuacji z garażu to 214 s. Jako projektowy czas ewakuacji przyjmuje się najgorszy scenariusz przez co wymagany czas bezpiecznej ewakuacji RSET wynosi 304 s co wraz z wymaganym marginesem bezpieczeństwa dla danego garażu daje minimalny dostępny czas bezpiecznej ewakuacji ASET 334 s.

Wytyczne elektryczne i SAP

SOiUC System oddymiania i usuwania ciepła należy wyposażyć w co najmniej dwa źródła energii umożliwiające działanie systemu, jego elementów chronionych, komponentów pozostających w stanie pogotowia oraz instalacji zgodnie z pkt. 4.2.4 BS 7346-4:2003 Components for smoke and heat control systems- Part 4: Functional recommendations and calculation methods for smoke and heatexhaust ventilation systems, employing steady-state design fires- Code of practice.

Zasilanie wentylatorów strumieniowych i oddymiających głównych zapewnione zostanie kablami o klasie PH90 z przed przeciwpożarowego wyłącznika prądu.

Wytyczne konstrukcyjno-budowlane

Ewentualne wymagane otwory w przegrodach budowlanych uzgodnić z Inwestorem oraz kierownikiem budowy i konstruktorem. Zabezpieczyć odpowiednie przejścia przez dach, zwrócić szczególną uwagę na ich uszczelnienie.

Przed montażem sprawdzić wszystkie wymiary zamawianych kształtek wentylacyjnych oraz wymiary otworów montażowych.

Należy sprawdzić powierzchnie czynne czerpni powietrza doprowadzających kompensujące powietrze do garażu w razie pożaru.

Zapewnić odpowiednie zawiesia instalacji oraz zaopatrzyć je w elementy tłumiące drgania.

Detekcja CO i LPG

Zakłada się że w garażach najczęściej występującym gazem niebezpiecznym, powstającym jako produkt niepełnego spalania, pochodzącym od parkujących samochodów, jest tlenek węgla CO. Jest to gaz bezwonny, bezbarwny, nieco lżejszy od powietrza, łatwo z nim mieszalny, stąd jego koncentracja następuje raczej w górnych partiach kondygnacji (przyjmuje się największe prawdopodobieństwo pojawienia się niebezpiecznego stężenia na wysokości dróg oddechowych przeciętnej wysokości człowieka – stąd określone miejsce montażu).

Drugim gazem, którego detekcje przewidujemy jest LPG. Jest to gaz cięższy od powietrza atmosferycznego dlatego ma tendencje do zalegania w niższych partiach kondygnacji. W przypadku garaży wielokondygnacyjnych o kondygnacjach potoczonych ze sobą, przemieszcza się on zawsze w kierunku kondygnacji dolnych i tam należy się spodziewać jego największej kondygnacji.

Wymagania prawne odnośnie stosowania detekcji CO i LPG

Zgodnie z BS 7346-7:2006 "Components for smoke and heat control systems - Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks", p. 6.4 i 6.5, w garażach podziemnych lub zamkniętych kontrola prawidłowego usuwania zanieczyszczeń wytwarzanych przez pojazdy powinna odbywać się albo poprzez wentylację mechaniczną z wydajnością co najmniej 6 wymian powietrza na godzinę albo poprzez obliczenie średniej przewidywanej wartości stężenia wybranych zanieczyszczeń. Drugi sposób sprowadza się do zaprojektowania instalacji wentylacji mechanicznej z funkcją kontroli stężenia CO i LPG, tak aby wentylacja mogła pracować z minimalną konieczną wydajnością.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 75, poz.690, 2002r wraz ze zmianami, „wentylację mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan - w garażach, w których dopuszcza się parkowanie samochodów zasilanych gazem propan-butan i w których poziom podłogi znajduje się poniżej poziomu terenu”.

Miejsce zamontowania detektorów:

- detektory należy montować na ścianach, podporach, filarach, wysięgnikach itp.,
- należy montować detektory możliwie daleko od otworów okiennych i wentylacyjnych, unikając miejsc narażonych bezpośrednio na działanie promieni słonecznych, wiatru i wody (pary wodnej, innych płynów), silnych pól elektromagnetycznych, gazów spalinowych a także zapylenia oraz substancji chemicznych,
- nie należy montować detektorów bezpośrednio nad źródłami ciepła (piece, nagrzewnice),
- detektory powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, oraz przed działaniem drgań i wibracji,
- detektor CO należy instalować na wysokości 120 – 170 cm od podłoża.
- detektor LPG należy instalować na wysokości 20 – 30 cm od podłoża.
- ze względów środowiskowych (możliwość zalania detektora wodą lub inną cieczą) może zaistnieć konieczność umieszczenia głowic w obudowach o wyższym IP.
- czujniki należy montować w miejscu dostępnym, umożliwiającym dokonywanie sprawdzeń, regulacji czujnika a także jego wymiany lub odłączenia

Pozycja montażowa

Zaleca się montowanie detektora CO w pozycji poziomej (wlot gazu z boku, dławicą kablową do góry). Detektor LPG powinien być zamontowany w pozycji poziomej (wlot gazu od dołu, dławicą kablową do góry). Nie zaleca się instalowania detektorów wlotem gazu do góry.

Rozmieszczenie detektorów

Ilość i rozmieszczenie detektorów w danym obiekcie należy dobierać indywidualnie, zależnie od warunków lokalnych i środowiskowych (powierzchnia chronionego pomieszczenia, wysokość pomieszczenia, ilość i rodzaj potencjalnych miejsc zagrożeń występowaniem gazów lub oparów, skuteczność wentylacji, zakres zmian temperatury i wilgotności w pomieszczeniu, itp.).

Dla garaży i parkingów podziemnych można przyjąć że odległości między detektorami powinny wynosić:

- zalecana odległość między detektorami – 7...10 m,
- dopuszczalna odległość (w przypadku monitorowania rozległych obszarów garaży, o niewielkim ruchu pojazdów) - maksimum 15 m,
- dla przeciętnej wielkości garażu można przyjąć, że pojedynczy detektor zabezpiecza obszar o promieniu 10 m,
- dla typowego parkingu podziemnego można przyjąć, że na każde 120 ÷ 200 m² wymagany jest jeden czujnik i uzależnione jest to od lokalnych warunków (wentylacji, miejsca prawdopodobnego gromadzenia się gazu, sposobu konstrukcji obiektu).

Półprzewodnikowe

Detektory z czujnikami półprzewodnikowymi nie są selektywne. Mogą podlegać wpływowi różnych substancji (gazów i oparów) zakłócających. Przy odpowiednio dużym stężeniu może to być przyczyną generowania alarmów przez detektor, nieprawidłowej pracy, lub jego uszkodzenia.

Substancjami najbardziej zakłócającymi mogą być :

- opary rozpuszczalników, farb, lakierów, benzyny, olejów,
- silikony,
- aerozole, środki kosmetyczne, środki czyszczące,
- opary spirytusu i innych alkoholi,
- gaz ziemny i LPG,
- spaliny,
- para wodna.

Elektrochemiczne

Detektory z czujnikami elektrochemicznymi mają bardzo dobrą selektywność jeśli chodzi o wykrywanie gazów i oparów co wpływa na stabilność pomiaru i brak fałszywych alarmów.

Dodatkowo na prawidłowe wskazania tego sensora nie mają zmiany temperatury oraz wilgotności.

Jednak długotrwała obecność gazów i oparów o stężeniu przekraczającym dopuszczalne dla danego sensora, obecność spalin oraz związków aktywnych chemicznie (np. silikony, opary kwasów i zasad, itp.) może być przyczyną nieprawidłowej pracy detektora lub nawet jego uszkodzenia.

Katalityczne

Ten typ sensorów jest najdokładniejszy. Najczęściej jest stosowany w detektorach LPG.

Detektory Co i LPG mogą być wyposażone w zmienne moduły sensorów co pozwala na kalibrację sensora przez wykwalifikowany serwis zarówno w miejscu zamontowania detektora lub bez konieczności przyjazdu na obiekt przy braku konieczności demontażu całego detektora co znacznie obniża koszt czynności serwisowych.

- Wpust kablowy (dławica) –moduł LPG :
 - PG 16 - dławica kablowa do połączenia z modułem głównym
- Klimatyczne warunki pracy:
 - temperatura pracy: - 30 do + 50 °C
 - wilgotność: 10... 90% bez kondensacji pary
- Obudowa: stopień ochrony- IP44.
- Waga : 220 g –moduł główny, 155 g –moduł LPG
- Wymiary: wysokość x szerokość x głębokość :
 - moduł główny (szer. x wys. x głębok.): 125 mm x 115 mm x 65 mm (z dławicą)\
 - moduł LPG (szer. x wys. x głębok.): 128 mm x 82 mm x 60 mm (z dławicą i komorą pom.)
- Wersje detektora:
 - DUOmaster CO/LPG/EP – czujnik CO elektrochemiczny, czujnik LPG półprzewodnikowy
 - DUOmaster CO/LPG/PP – czujnik CO półprzewodnikowy, czujnik LPG półprzewodnikowy

Detektory Duomaster mogą posiadać do 5 progów alarmowych przy zakresie do 100 ppm.

Detektory z jednostkami centralnymi, sterownikami przemysłowymi komunikują się poprzez łącze RS-485, wykorzystując protokół Modbus RTU. Każdy detektor posiada unikalny adres z zakresu 1 do 30, a więc fizycznie na jednej linii RS- 485 można umieścić do 30 detektorów.

Połączenie jest magistralowe (dwie żyły linii zasilania + dwie żyły linii wyjściowych). Do systemu nadrzędnego (centralki, sterownika itp.) przesyłane są informacje o przekroczeniu progów alarmowych dla poszczególnych gazów i informacje diagnostyczne (stan detektora, informacje o uszkodzeniu detektora, uszkodzeniu sensorów itp.). Maksymalna długość magistrali RS-485 to 1200 metrów.

Na listwie ZG (moduł główny) znajdują się (patrząc od góry) następujące zaciski śrubowe:

- zaciski (A/A2) i (B/A1) – linie sygnałowe (odpowiednio A i B) magistrali RS-485
- zaciski (-) i (+) - zasilanie detektora, standardowo 12 V (możliwe 10... 15V)

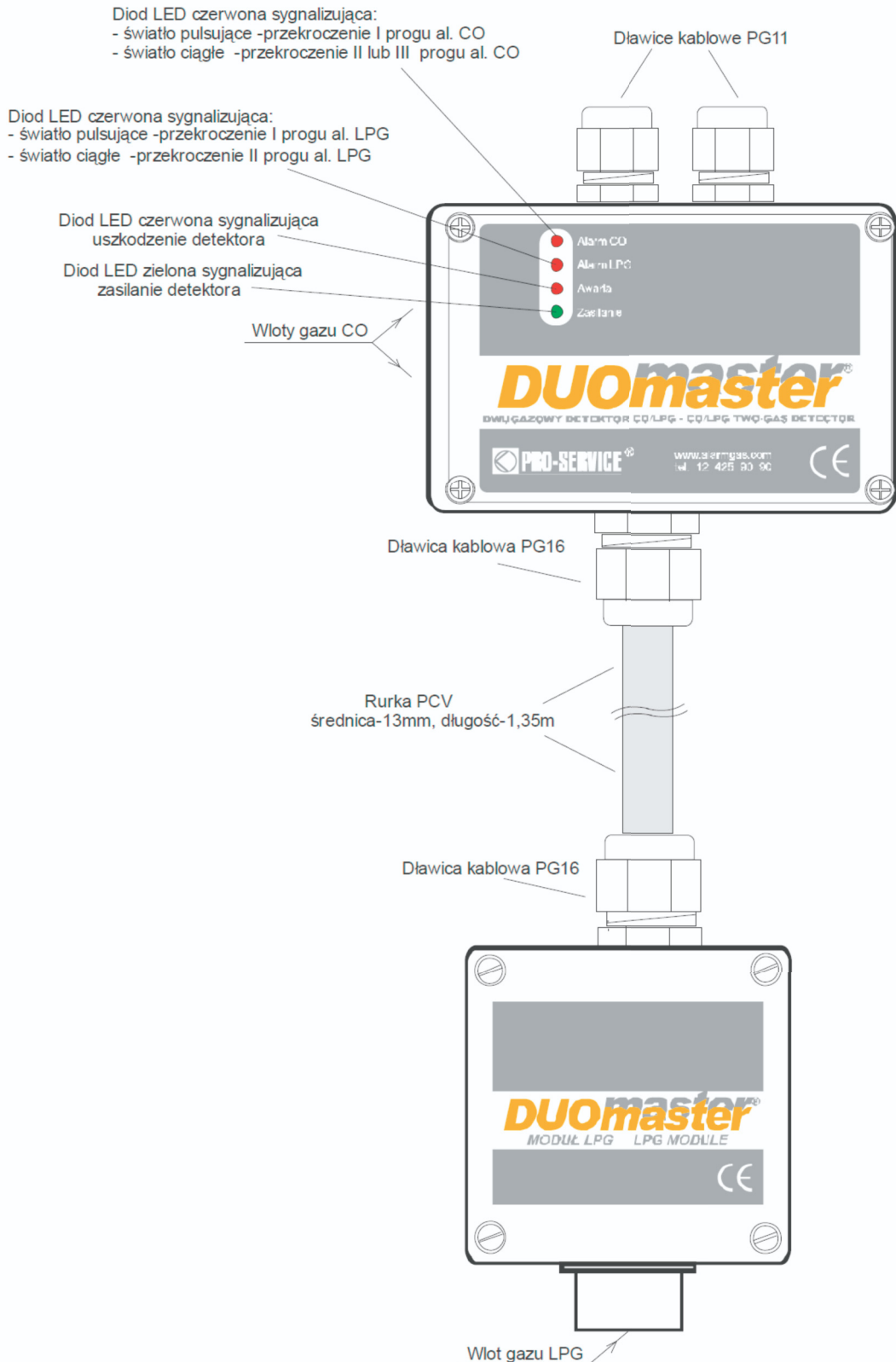
Listwa M_L (moduł główny) służy do połączenia modułu głównego z modułem LPG.

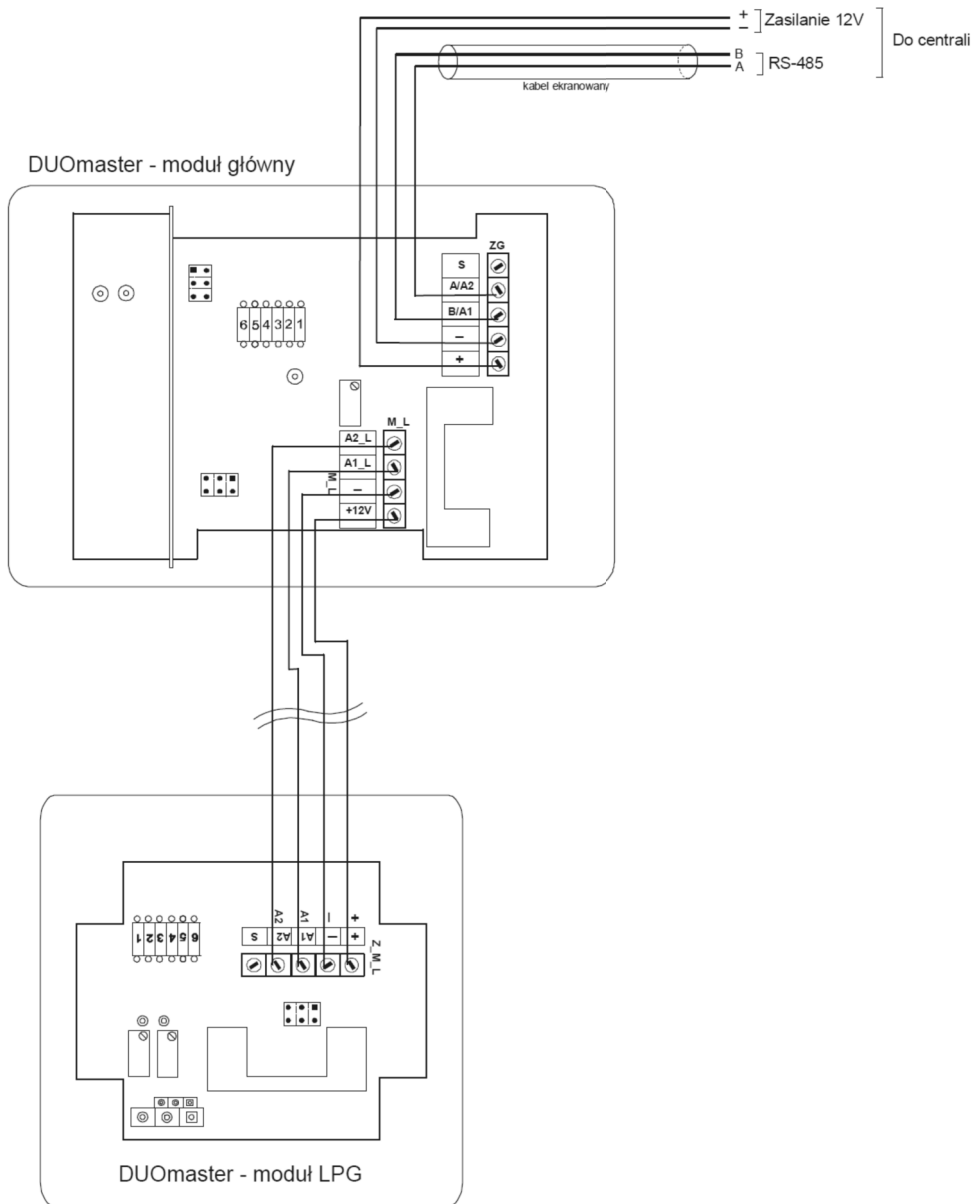
Zawiera zaciski:

- zacisk (A2_L) – sygnał wejściowy alarmu II z modułu LPG
- zacisk (A1_L) – sygnał wejściowy alarmu I z modułu LPG
- zaciski (-) i (+12V) - zasilanie modułu LPG (12V)

Listwa zaciskowa Z_M_L (moduł LPG) służy do połączenia modułu LPG z modułem głównym (kablem czterożyłowym). Zawiera zaciski:

- zacisk (A2) – sygnał wyjściowy alarmu II z modułu LPG
- zacisk (A1) – sygnał wyjściowy alarmu I z modułu LPG
- zaciski (-) i (+) - zasilanie modułu LPG (12V)





Detektory z centralkami łączymy za pomocą przewodu sygnałowego ekranowanego o przekroju np. YTKSYekw 1x2x0.5 mm² lub YTKSYekw 1x2x0.8 mm².

Jeśli chodzi o zasilanie detektorów to powinno używać się przewodu dwużyłowego o przekroju dobranym w zależności od długości, uwzględniając maksymalny spadek napięcia zasilającego detektor wynoszącego 3 V (np. typu YDY lub YLY).

Moduł główny z modułem LPG łączy się za pomocą przewodu 4 żyłowego np. YDY 4x1 mm².



Centrala Alarmowa „uniSTER....z/RS-485” jest jednostką centralną przeznaczoną do pracy w systemach wykrywania (detekcji) gazów wybuchowych i toksycznych.

Służy do współpracy (zasilania i kontroli) z głowicami detekcyjnymi (detektorami) o napięciu zasilania 12 V i wyjściu RS-485 (z protokołem Modbus RTU).

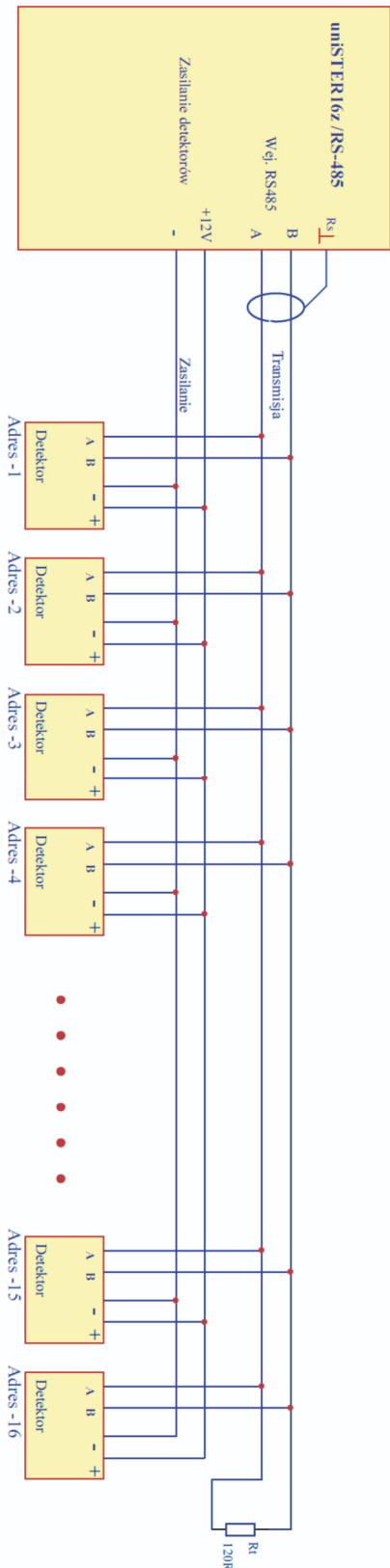
Do centralki można podłączyć od jednego do szesnastu detektorów. Konfigurowalne (programowo) wejścia, wyjścia przekaźnikowe i napięciowe umożliwiają realizację dowolnych funkcji sterowniczych, sygnalizacyjnych i alarmowych. Centralka może współpracować z systemami sterowania wentylacją, sygnalizatorami optyczno-akustycznymi, zaworami odcinającymi (elektrozaworami), sterownikami przemysłowymi i innymi układami automatyki. Jeśli za pomocą magistrali RS-485 połączymy centralkę Unister z np. sterownikiem programowalnym to możemy dokładnie odczytać, który z detektorów przekroczył wartość progową i która to wartość. Możliwe to jest dzięki adresowaniu detektorów.

Centrala Alarmowa uniSTER jest przeznaczony do zasilania z sieci 230 V AC. Maksymalny pobór mocy (przy podłączeniu ośmiu detektorów i wystereowaniu wyjść napięciowych) to 40 W.

Połączenie należy realizować kablem dwużyłowym o przekrojach od 2x 0,75 mm² do 2x 2,5 mm² (zalecane 2x1,0 mm²) – np. typu YLY lub YDY.

Centralka posiada wewnętrzny akumulator żelowy 12 V o pojemności 2,2Ah, realizujący funkcje podtrzymania napięcia.

Centralka Unister 8z może obsługiwać do 8 detektorów, Unister 16z do 16 detektorów, natomiast Unister 32z do 32 detektorów na magistrali o standardzie RS-485 i protokole Modbus RTU.



Dobór przekroju przewodu magistralnego:

Ilość detektorów	Minimalny zalecany przekrój kabli [mm ²]					
	I	dł. kabla 50m	dł. kabla 100m	dł. kabla 200m	dł. kabla 500m	dł. kabla 1000m
5		0,75	0,75	1	2,5	4
10		0,75	0,75	1,5	2,5	x
15		0,75	1,5	2,5	4	x
20		0,75	1,5	2,5	x	x
25		1	2,5	4	x	x
30		1,5	2,5	4	x	x

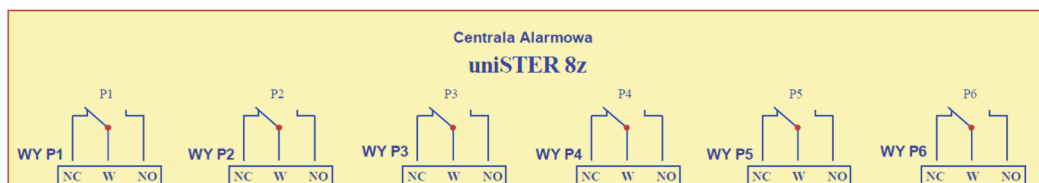
Centrala Alarmowa uniSTER 8z, 16z, 32z posiada sześć wyjść przekaźnikowych konfigurowalnych programowo.

Konfiguracja podstawowa (standardowa) wyjść przekaźnikowych;

- „WY P1”, „WY P3”, „WY P5”, – standardowo przekaźniki załączane po przekroczeniu I progu alarmowego na którymkolwiek z detektorów.
- „WY P2”, „WY P4”, „WY P6”, – standardowo przekaźniki załączane po przekroczeniu II progu alarmowego na którymkolwiek z detektorów.

Maksymalne obciążenie styków przekaźników to 4 A / 230 V AC.

Typowe zastosowania wyjść przekaźnikowych w systemach detekcji : sterowanie systemami wentylacji, wyłączeniem rozdzielni i maszynowni, włączanie lamp ostrzegawczych zasilanych z sieci, wyzwalanie sygnalizacji dźwiękowej itp.



Do sygnalizacji wykrycia podwyższonego stężenia używane mogą być lampy z napisem ostrzegawczym AWF-18 zasilane napięciem sieciowym 230 V, oraz sygnalizatory akustyczne SA (zasilanie 12 V).

Do zasilania detektorów i sygnalizatorów akustycznych stosowane są osobne zasilacze 12 V o prądzie wyjściowym dobranym do potrzeb systemu.

Rozróżnia się dwie podstawowe tryby pracy wentylacji garaży. Może ona pracować w funkcji bytowej czyli w sposób ciągły lub w określonych odstępach czasu wentylować przestrzeń garażową albo też pełnić funkcję oddymiania, a więc w czasie pożaru usuwać produkty spalania i zapewnić dostęp służb gaśniczych (ratowniczych) do miejsca pożaru lub zgodnie z niektórymi wymaganiami zapewnić możliwość ewakuacji. Układ sterowania wentylacją musi być zatem tak skonstruowany aby zapewnić obie te funkcje i w odpowiedni sposób pomiędzy nimi przechodzić.

Zgodnie z powyższym rozróżnić można:

- wentylację kanałową bytową,
- wentylację kanałową oddymiającą z funkcją bytową,
- wentylację strumieniową bytową,
- wentylację strumieniową oddymiającą z funkcją bytową.

Tryb pożarowy wentylacji garaży powinien być uruchamiany poprzez jedno z poniższych sposobów:

- detekcja dymu,
- detekcja gwałtownego wzrostu temperatury,
- wielokryterialną detekcję pożaru,
- przełącznik przepływu instalacji tryskaczowej,
- ręczny przełącznik na wypadek pożaru.

Ostatnia możliwość powinna być integralną częścią wcześniejszych sposobów, natomiast nie może być jedyną metodą uruchamiania systemu.

Tryb pożarowy wentylacji garaży powinien stanowić priorytet w stosunku do pozostałych funkcji.

Konieczność montażu w garażach instalacji detekcji pożaru zakłada Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006, §28 ust. 1 pkt. 17 a także norma BS 5839-1.

W przypadkach gdy wymagane jest sterowanie wentylacją garaży strefowe, system detekcji powinien umożliwić lokalizację źródła pożaru z dokładnością umożliwiającą uruchomienie i pracę poszczególnych stref. Zakłada się detekcję koincydencyjną w strefie co oznacza wywołanie alarmu pożarowego drugiego stopnia w wyniku zadziałania co najmniej dwóch czujek. Pobudzenie jednej czujki powoduje tylko alarm pierwszego stopnia. Zapobiega to fałszywym alarmom.

Wyraźnie oznaczone ręczne przełączniki powinny być umieszczone w uzgodnionych wcześniej miejscach w pobliżu punktów dostępu ekip straży pożarnej. W przypadku systemów automatycznych przełączniki powinny umożliwiać sterowania dwupołożeniowe włącz/wyłącz lub tam gdzie jest to konieczne trzypołożeniowe włącz/auto/wyłącz. W przypadku systemów sterowanych ręcznie należy stosować przełączniki dwupołożeniowe włącz/wyłącz.

W przypadku kiedy systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła są wyposażone w wentylatory sterowane przetwornicami częstotliwości każdy z podstawowych wentylatorów wyciągowych i nawiewnych powinien być wyposażony we własną przetwornicę częstotliwości. Przetwornice częstotliwości powinny być lokalizowane w panelu sterowania systemu lub w osobnych pomieszczeniach oddzielonych od garażu przegrodami o odporności ogniowej co najmniej EI 60. W przypadku awarii przetwornicy częstotliwości powinno być zapewnione jej „obejście” i możliwość bezpośredniego zasilenia wentylatorów (tzw. „bypass elektryczny”).

Zgodnie z opinią niektórych rzeczoznawców ds. ochrony przeciwpożarowej odnośnieysterowania podzespołów systemów oddymiania, funkcja detekcji pożaru (dymu lub temperatury) powinna być oddzielona od funkcji sterowania. Dlatego też centrali CSP powinny w takich układach spełniać rolę detekcji. Do sterowań zalecane jest stosowanie dedykowanych centralek, które wyposażone są w specjalne funkcje przeznaczone do tego typu urządzeń.

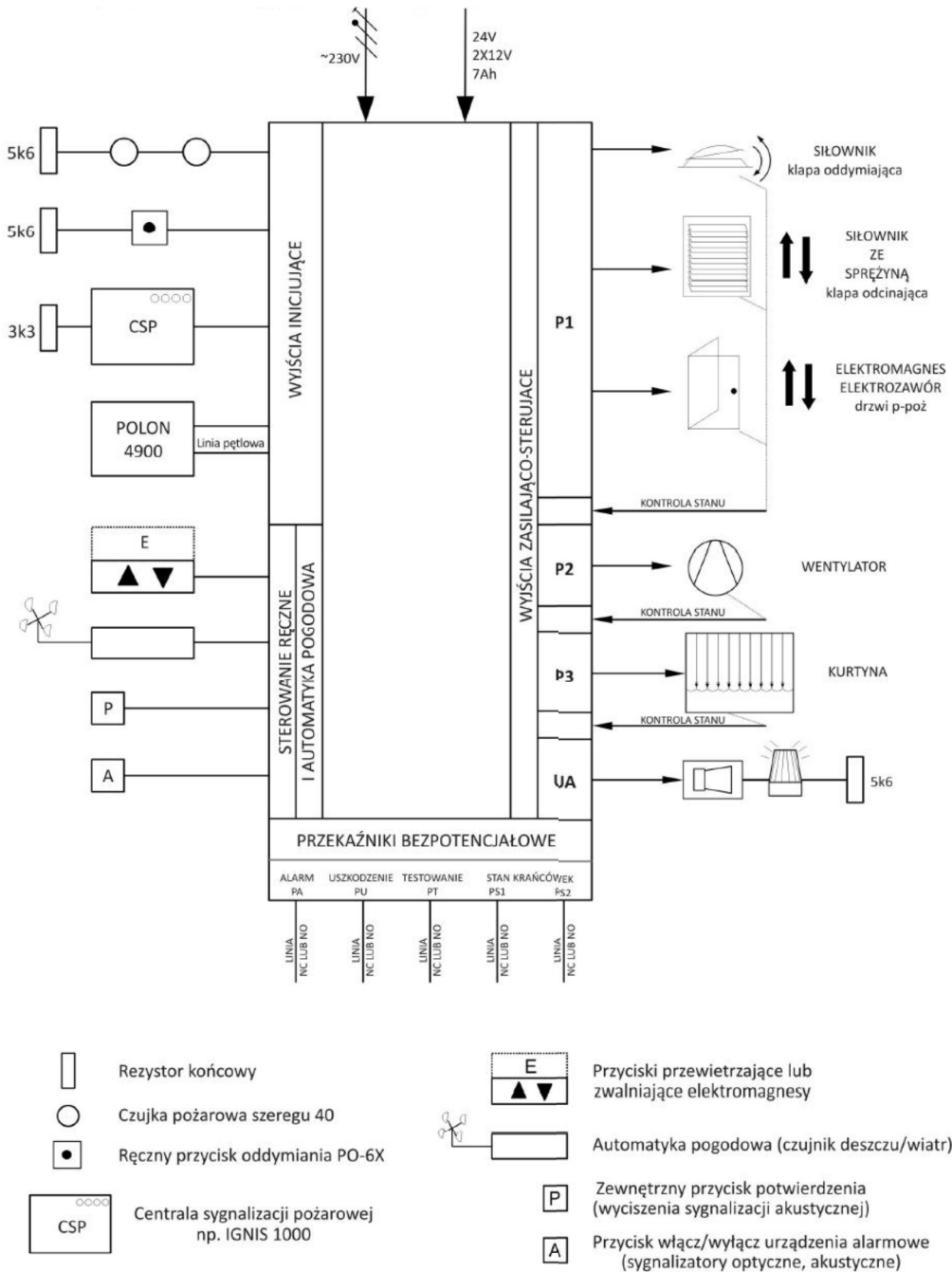


Przykładem dedykowanej centrali do sterowania urządzeniami przeciwpożarowymi, służącymi do oddymiania jest Uniwersalna Centrala Sterująca UCS 4000 Polon Alfa.

Uniwersalna centrala sterująca UCS 4000 jest urządzeniem mikroprocesorowym, które łączy w sobie funkcje centrali sygnalizacji pożarowej i uniwersalnego sterownika oddymiania z funkcją dziennego przewietrzania.

Centrala jest przeznaczona do uruchamiania urządzeń przeciwpożarowych, służących do oddymiania grawitacyjnego i mechanicznego (kłapy oddymiające, kłapy odcinające) i umożliwia:

- wykrywanie pożaru (zadymienia),
- uruchamianie automatyczne lub ręczne urządzeń przeciwpożarowych, instalowanych w systemach oddymiania,
- sygnalizowanie akustyczne i optyczne stanów pracy urządzeń (alarm, uszkodzenie, blokowanie, testowanie),
- automatyczną kontrolę zadziałania urządzeń przeciwpożarowych i wykonawczych (siłowniki, elektromagnesy, wentylatory itp.) systemu oddymiania,
- automatyczną kontrolę własnych układów i obwodów centrali,
- przekazywanie podstawowych informacji do systemów nadrzędnych (np. systemu POLON 4000, systemu IGNIS 1000 lub innych) o alarmie, uszkodzeniu, testowaniu, stanie urządzeń przeciwpożarowych i wykonawczych.



Uniwersalna centrala sterująca UCS 4000 może pracować indywidualnie jako jednostrefowy uniwersalny sterownik oddymiania lub w adresowalnych liniach (pętlach dozorowych) central sygnalizacji pożarowej POLON 4900.

Centrala UCS 4000 wyposażona jest w:

- konwencjonalną linię dozorową (czujki szeregu 40);
- konwencjonalną linię ręcznych przycisków oddymiania (przyciski szeregu PO-6X);
- moduł komunikacyjny do centrali POLON 4900;
- nadzorowaną linię przyjmującą sygnał alarmu z zewnętrznej centrali sygnalizacji pożarowej;
- potencjatomy przekaźnik główny nadzorowany P1 uniwersalnego zastosowania do sterowania i zasilania urządzeń przeciwpożarowych (siłowniki i napędy klap przeciwpożarowych, elektromagnesy oddzieleni przeciwpożarowych, itp.);
- linie kontrolne stanu przelazników krańcowych urządzeń przeciwpożarowych sterowanych i zasilanych przez przekaźnik główny P1;
- dwa bezpotencjatomy przekaźniki dodatkowe nadzorowane P2 i P3 programowane do sterowania urządzeniami instalowanymi w systemach oddymiania (wentylatory, kurtyny, itp.);
- potencjatomy przekaźnik nadzorowany do pożarowych urządzeń alarmowych (sygnalizatory optyczne i/lub akustyczne);
- pięć bezpotencjatomy przekaźników do przekazywania informacji do systemów nadrzędnych:
 - przekaźnik alarmu PA nadzorowany (ciągłość toru),
 - przekaźnik uszkodzenia PU,
 - przekaźnik aktywnej funkcji testowania PT,
 - dwa przekaźniki stanu przelazników krańcowych urządzeń przeciwpożarowych PS1 i PS2;
- linię zasilającą czujnik deszczu i/lub wiatru;
- linię przyjmującą sygnał z czujnika deszczu i/lub wiatru 16 ID-E318-001
- linie przyjmujące sygnały z przycisków przewietrzających (OTWORZ, ZAMKNIJ) lub sygnał z przycisku zwalnającego elektromagnesy;

Sterowanie klapami na wyciągach

W przypadku instalacji wentylacji bytowej garaży w niektórych przypadkach (konieczność kalibracji wyciągu), zastosowane są kłapy KWP-OM-E. Są to głównie przypadki gdzie układy są rozbudowane (wielokondygnacyjne garaże). W przypadku garaży jednokondygnacyjnych lub dwukondygnacyjnych najczęściej nie ma konieczności regulacji wyciągu.

KWP-OM-E jest to kłapa przeciwpożarowa do przewodów wentylacyjnych (normalnie otwarta), z siłownikami ze sprężyną powrotną, o połączonej funkcji bezpieczeństwa z funkcją komfortu, z możliwością stosowania w instalacjach mieszanych, gdzie kalpa może być wykorzystywana do regulacji przepływu powietrza lub regulacji ciśnienia podczas normalnej pracy wentylacji ogólnej, lub może być stosowana do okresowego przewietrzania.

Podczas normalnej pracy przegroda odcinająca kłapy KWP-OM-E może znajdować się w pozycji otwartej, zamkniętej lub w pozycji pośredniej w zakresie $0+90^\circ$. Zastosowany siłownik w zależności od wymagań instalacji wentylacji ogólnej zamyka i otwiera klapę lub zmienia stopień jej otwarcia w celu regulacji ilości powietrza wentylacyjnego, np. ze względu na konieczność okresowego przewietrzania pomieszczenia lub regulacji temperatury wewnętrznej lub regulacji ciśnienia.

W klapach typu KWP-OM-E stosowane są siłowniki ze sprężyną powrotną i możliwością sterowania 0-10 V: BF24-SR, BLF24-SR, BF230-SR, BLF230-SR lub wszystkie wymienione w wersji z wyzwalaczem termicznym.

Sterowanie tymi siłownikami polega na zadawaniu odpowiedniego sygnału sterującego 0-10 V, za pośrednictwem rozproszonych kart analogowych sterownika programowalnego. Zasilanie siłownika jest podawane z odpowiednich urządzeń sterujących współpracujących z CSP. W momencie detekcji pożaru następuje zdjęcie zasilania z siłownika i samoistne przejście kłapy do pozycji bezpiecznej czyli zamkniętej. Jednocześnie sterowanie pośrednie zostaje odcięte.

Zastosowanie sterownika programowalnego i lokalnych kart analogowych daje pełną swobodę w kalibracji wyciągu, a także zmniejsza ilość okablowania.

W systemach wentylacji pożarowej lub systemach mieszanych (spełniających jednocześnie funkcję wentylacji bytowej i wentylacji pożarowej) stosowane są kłapy KWP-PM-E. Kłapa taka może być stosowana do okresowego przewietrzania lub regulacji i jest wyposażona w siłownik serii BE lub BLE o napięciu zasilania 24 V lub 230 V.

Przestawienie kłapy z pozycji zamkniętej do otwartej i odwrotnie, odbywa się poprzez podanie napięcia zasilania na odpowiednie zaciski siłownika. Siłowniki BE i BLE są wyposażone seryjnie w wskaźniki krańcowe informujące o pozycji przegrody kłapy. Kłapy KWP-PM-E nie posiadają wyłączników termicznych, a zastosowane w nich siłowniki bez sprężyny powrotnej (zanik zasilania nie spowoduje ruchu przegrody kłapy tylko jej zatrzymanie w miejscu gdzie była w momencie odcięcia zasilania) przeznaczone są do częstego otwierania i zamykania, z możliwością wykorzystania deregulacji przepływu podczas pracy wentylacji pożarowej w funkcji wentylacji ogólnej (bytowej).

Podczas normalnej pracy instalacji przegroda odcinająca kłap typu KWP-PM-E może znajdować się w pozycji otwartej, zamkniętej lub w pozycji pośredniej pomiędzy nimi (zastosowany siłownik w zależności od wymagań instalacji zamyka i otwiera klapę na przykład w celu okresowego przewietrzania pomieszczenia).

W przypadku wybuchu pożaru kłapy KWP-PM-E powinny być takysterowane aby zamknięte zostały wszystkie kłapy nie obsługujące strefy detekcji pożaru. Kłapy które były zamknięte w momencie detekcji pożaru i nie należą do strefy detekcji pozostają w tej pozycji. Kłapy należące do strefy detekcji powinny zostać otwarte, chyba że znajdowały się wcześniej w tej pozycji.

SZSG – szafa zasilająco sterująca głównych wentylatorów wyciągowych (nawiewnych).

Zakłada się, że do wentylatorów wyciągowych głównych zastosowana jest szafa zasilająco sterująca SZSG. Będzie ona zlokalizowana w pobliżu tych wentylatorów albo w miejscu pozwalającym na optymalizację okablowania. Jeśli szafa nie będzie lokalizowana na dachu tylko np. w wyznaczonym pomieszczeniu na kondygnacji to pomieszczenie to powinno być wydzielone pożarowo (min. EI 60). W zależności od sposobu zasilania tych wentylatorów będzie wyposażona w układy stycznikowe albo w przetwornicę częstotliwości. Jednemu wentylatorowi będzie przypisana jedna przetwornica częstotliwości. Przetwornice montowane będą w szafie SZSG. Dla wentylatorów wyciągowych nie przewiduje się bardzo krótkich czasów uruchomienia ani krótkich czasów przechodzenia między wydatkami, zatem przetwornice nie muszą być wyposażone w rezystory hamowania.

Najczęściej w trybie bytowym pracuje tylko jeden wentylator, w trybie pożarowym uruchamiane są wszystkie.

W momencie awarii jednego z wentylatorów oddymiających pozostałe lub drugi powinien zapewnić wyciąg z wydajnością minimum 50 % obliczeniowego wydatku lub połowę z minimalnych 10 wymian na godzinę jeżeli jest to wartość większa od obliczeniowej. Oznacza to że każdy z wentylatorów oddymiających powinien być wyposażony w swoją własną klapę wentylacji pożarowej. Kłapa ta zamknie się w wypadku nie włączenia się wentylatora po to by drugi wentylator wyciągał mieszaninę dymu i powietrza z garażu a nie podciągał czyste powietrze przez uszkodzony drugi wentylator. Kłapa będzie sterowana z UCS400 przypisanego do tych wentylatorów.

Zasilanie szafy SZSG powinno być gwarantowane a więc pozwalające na prawidłową pracę wentylatorów wyciągowych przez odpowiedni czas (zasilanie awaryjne załączające się automatycznie w przypadku awarii zasilania podstawowego).

Do szafy SZSG doprowadzone są sygnały z CSP informujące o detekcji w strefie obojętnie na której kondygnacji. Wewnątrz szafy zamontowane będzie wtedy odpowiednia ilość sterowników UCS 4000 (jeden sterownik może przyjąć jeden sygnał o pożarze). W przypadku gdy na obiekcie istnieją odpowiednie centrale sterujące, doprowadzone będą do SZSG wygenerowane sygnały do pracy wentylatorów wyciągowych.

Główne wentylatory wyciągowe ruchają natychmiast po otrzymaniu przez szafę informacji o pożarze.

W zależności od miejsca detekcji pożaru wybierany jest odpowiedni kierunek pracy wentylatorów wyciągowych. W przypadku pracy wyciągowej wentylatora obsługującego daną strefę, pozostałe pracują jako nawiew aby zapewnić kompensację powietrza.

Kłapy pożarowe na szachcie wyciągowym na piętrach nie objętych pożarem są automatycznie zamykane.

Okablowanie między SZSG, a wentylatorami musi zapewnić utrzymanie funkcji przez odpowiedni czas.

Szafa SZSG otrzymywać będzie również sygnały z systemu detekcji CO lub LPG na poszczególnych kondygnacjach. Sygnały te informować będą o konieczności podniesienia wydajności wentylatorów w trybie bytowym po przekroczeniu progów stężenia CO lub LPG przez którykolwiek z czujników. Generowane one będą albo poprzez piętrowe centralki detekcyjne albo poprzez lokalne karty wejść analogowych. Sposób będzie wybierany na podstawie kilku kryteriów: obecność sterownika programowalnego, topologii systemu detekcji CO (LPG) lub po prostu w wyniku kalkulacji cenowej. W przypadku braku sterownika jego funkcje w przekazywaniu sygnałów z detekcji przejmą centralki piętrowe. Sterownik odpowiedzialny będzie także za czasowe załączenie wentylatorów (okresowe przewietrzane garaży).

SZS – szafy zasilająco sterujące dedykowane dla kondygnacji

Wentylatory strumieniowe na kondygnacjach garażowych będą zasilane z szaf zasilająco sterujących. Zakłada się użycie jednej szafy na kondygnację. W przypadku kondygnacji rozległych (większa ilość wentylatorów) zastosowane będą dwie szafy. Wentylatory strumieniowe posiadają zazwyczaj dwa lub więcej biegów, mogą być rewersyjne, dlatego do zasilenia tego typu wentylatorów szafy SZS są wyposażone w odpowiednie układy stycznikowe i przełączające.

Szafy SZS piętrowe powinny być lokalizowane w pomieszczeniach wydzielonych pożarowo z przestrzeni garażu przegrodą o odporności co najmniej EI 60.

Zasilanie szafy SZS powinno być gwarantowane a więc pozwalające na prawidłową pracę wentylatorów strumieniowych przez odpowiedni czas (zasilanie awaryjne załączające się automatycznie w przypadku awarii zasilania podstawowego).

Do szafy SZS doprowadzone są sygnały z CSP informujące o detekcji w strefie. Wewnątrz szafy zamontowane będzie wtedy odpowiednia ilość sterowników UCS 4000 (jeden sterownik może przyjąć jeden sygnał o pożarze). W przypadku gdy na obiekcie istnieją odpowiednie centrale sterujące, doprowadzone będą do SZS wygenerowane sygnały do pracy wentylatorów strumieniowych.

Okablowanie między SZS, a wentylatorami musi zapewnić utrzymanie funkcji przez odpowiedni czas.

W zależności od miejsca detekcji pożaru wybierany jest odpowiedni kierunek pracy wentylatorów strumieniowych, tak aby skierować ewentualne produkty spalania w kierunku punktów wyciągowych.

W trybie pracy bytowej może zaistnieć sytuacja że wybrane wentylatory strumieniowe będą pracowały na 1 biegu. W momencie detekcji podwyższonego stopnia CO lub LPG nastąpi załączenie pozostałych. W przypadku detekcji pożaru:

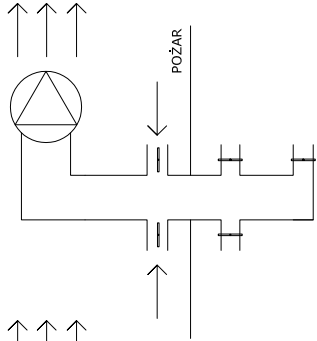
- zatrzymują się wszystkie wentylatory strumieniowe,
- na kondygnacji nie objętej pożarem zamykają się kłapy odcinające na szachcie,
- włączają się wentylatory wyciągowe w strefie w której wykryto pożar na 100% wydatku,
- w drugim szachcie wentylatory pracują jako nawiew na ok. 80% wydatku,
- po określonym czasie od sygnału o pożarze włączają się wentylatory strumieniowe (na kondygnacji objętej pożarem w kierunku szachtu wyciągowego, na drugi bieg: wszystkie w danej strefie dymowej + wytypowane w sąsiedniej strefie dymowej które działają rewersyjnie.

W szafach SZS zamontowane są lokalne karty wyjść analogowych do sterowania kłapami, a także o ile występują to zmontowane są lokalne karty wejść analogowych.

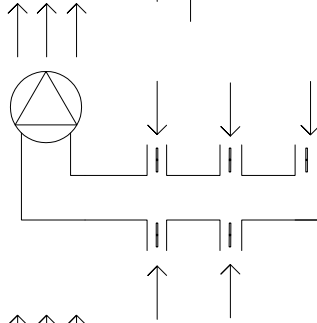
Sterownik SAIA jest potężony z lokalnymi kartami wejść/wyjść na piętrach za pomocą magistrali S-Bus.

Przykładowe przypadki gradacji wydatków dla garaży 2-3 kondygnacyjnych oraz wielokondygnacyjnych.

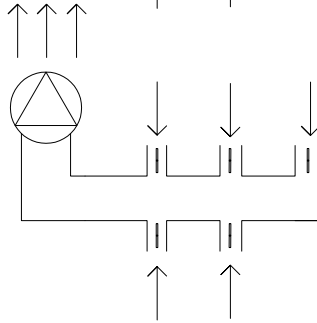
POŻAR NA KONDYGNACJI
 WYDATEK V2
 WENTYLATORY STUMIENIOWE 2 BIEG
 KLAPY NA KONDYGNACJI OBJEKTU POŻAREM OTWARTE,
 POZOSTAŁE ZAMKNIĘTE



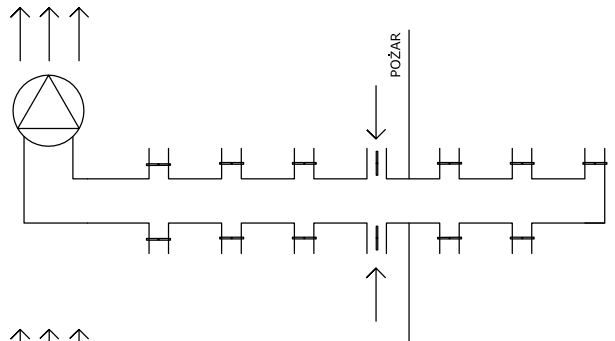
WYDATEK ZWIĘKSZONY V1
 1 PRÓG DETEKCJI CO(LPG)



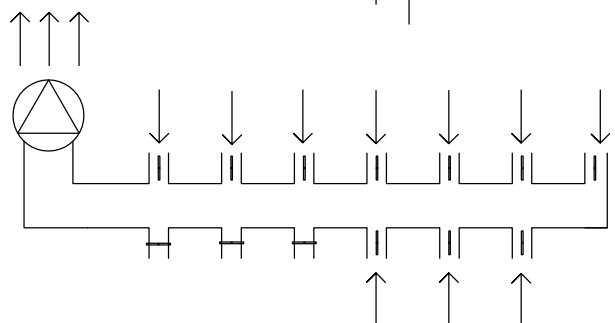
WYDATEK PODSTAWOWY
 BRAK DETEKCJI CO(LPG)



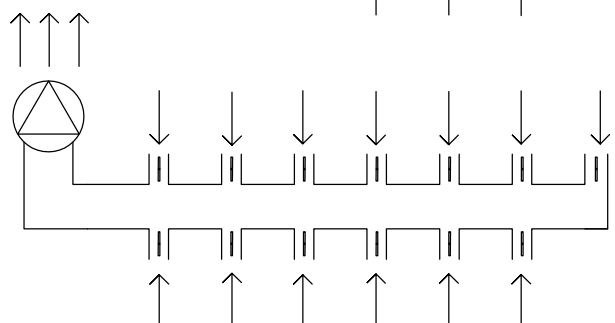
POŻAR NA KONDYGNACJI
 WYDATEK V2
 WENTYLATORY STUMIENIOWE 2 BIEG
 KLAPY NA KONDYGNACJI OBJEKTU POŻAREM OTWARTE,
 POZOSTAŁE ZAMKNIĘTE



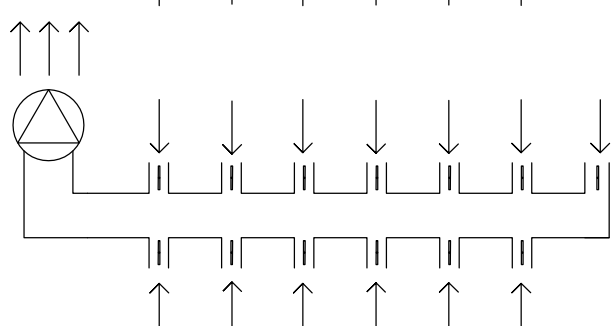
WYDATEK ZWIĘKSZONY V1
 ZAMKNIĘCIE JEDNEJ KLAPY W BATERII
 KWP NA OKRESLONYCH KONDYGNACJACH

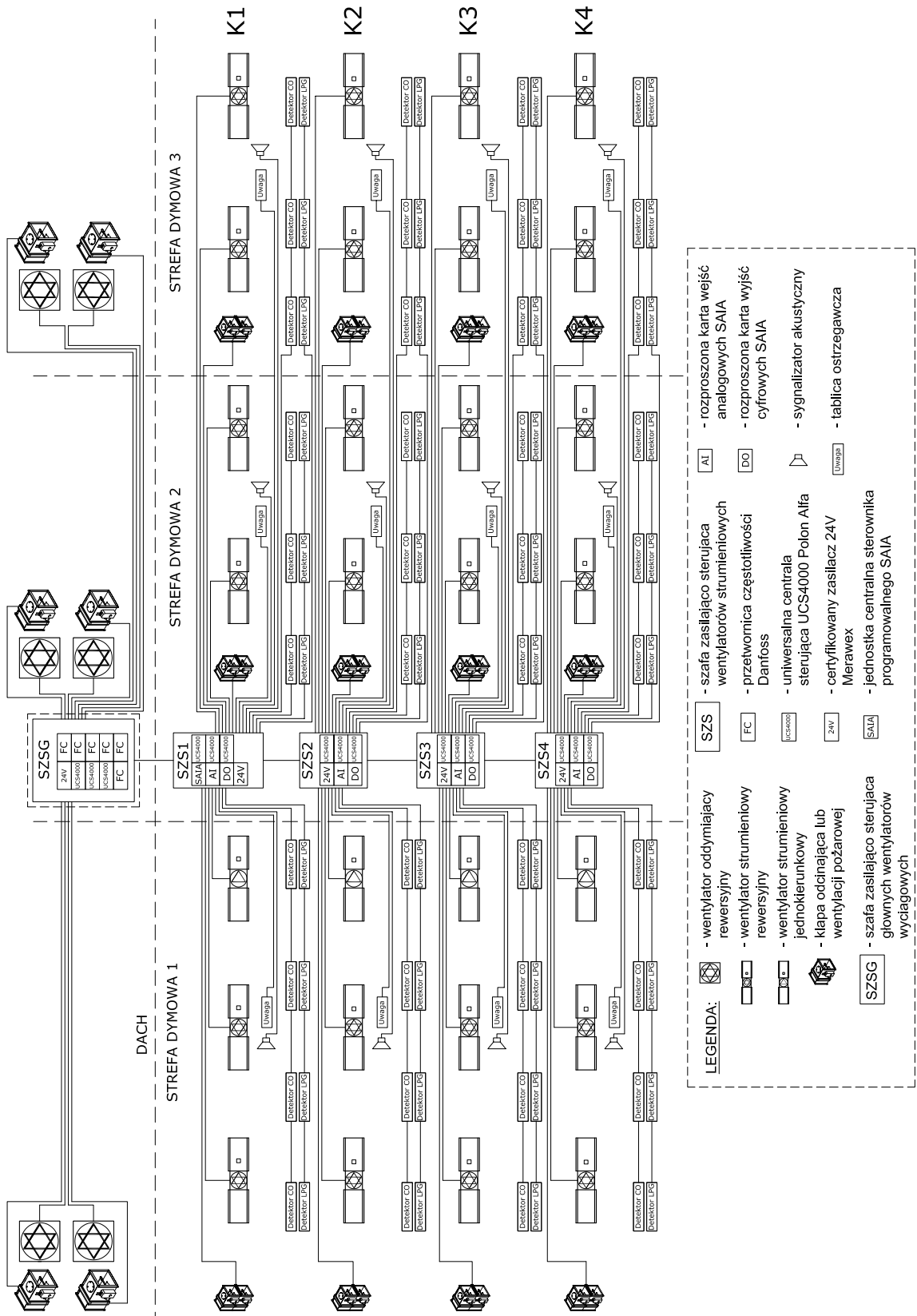


WYDATEK ZWIĘKSZONY V1
 1 PRÓG DETEKCJI CO(LPG)



WYDATEK PODSTAWOWY
 BRAK DETEKCJI CO(LPG)





Schemat podłączeń instalacji wentylacji strumieniowej garażu wielokondygnacyjnego działającej w funkcji bytowej i pożarowej.

Przykład dotyczy czterokondygnacyjnego garażu podziemnego. Każda kondygnacja podzielona jest na trzy strefy dymowe.

Do zasilania i sterowania wentylatorami głównymi rewersyjnymi na dachu dedykowana jest szafa SZSG, zlokalizowana w pobliżu tych wentylatorów lub w pomieszczeniu wydzielonym pożarowo na kondygnacji technicznej poniżej. Do każdej strefy dymowej przypisane są dwa wentylatory. Pracują one w układzie równoległym. Zasilane są one z przetwornic częstotliwości. Przy każdym z wentylatorów zamontowana jest kłapa pożarowa z siłownikiem ze sprężyną powrotną. Ma ona za zadanie zamknięcie kanału w momencie awarii wentylatora lub jeśli on nie pracuje.

Do zasilania i sterowania wentylatorów strumieniowych na kondygnacjach dedykowane są szafy SZS.

Wentylatory strumieniowe mogą pracować w trybie rewersyjnym.

Z każdej strefy dymowej na podstawie koincydencji dwóch czujek dymowych generowany jest sygnał o pożarze. Sygnały te doprowadzane są do szaf SZS. Do szafy SZSG doprowadzane są ogólne sygnały o pożarach na kondygnacjach.

Do detekcji CO i LPG w trybie pracy bytowej zastosowana jest instalacja odpowiednio rozmieszczonych detektorów dedykowanych do każdego z tych gazów i zamontowanych w określonych miejscach.

Informacje z detektorów zbierane są przez rozproszone karty wejść analogowych, zamontowane w szafach SZS na każdej kondygnacji. System jest w stanie określić w jakiej strefie zostało wykryte podwyższone stężenie gazu niebezpiecznego. Informacje te są przekazywane do sterownika, który wydaje sygnały do uruchomienia odpowiednich wentylatorów w określonym kierunku i z określonymi wydatkami.

Zakłada się że w trybie pracy bytowej pracują tylko pojedyncze wentylatory główne.

W trybie normalnym czuwania wentylatory główne jak i strumieniowe mogą być one uruchamiane czasowo.

W przypadku wykrycia podwyższonego stężenia w strefie wentylator tej strefy uruchamiany jest na wywiew z podwyższonym wydatkiem. W pozostałych strefach wentylatory uruchamiane są na nawiew z odpowiednim wydatkiem umożliwiającym zbilansowanie ilości powietrza. Wentylatory strumieniowe uruchamiają się w takim kierunku aby kierować powietrze w stronę wyciągu, pracując na pierwszym biegu.

W przypadku wykrycia wyższego progu stężenia następuje zamknięcie jednej połowy baterii kłap wentylacji pożarowej na odnogach bliższych wentylatorowi kanału wyciągowego. Ma to za zadanie polepszenie parametrów wyciągu. Sterowanie kłapami w trybie bytowym realizuje sterownik przy pomocy rozproszonych modułów, zamontowanych w szafach SZS. Jednocześnie włączone zostają tablice świetlne informujące o zakazie wejścia do garażu i informujące o niebezpiecznym stężeniu, oraz sygnalizatory dźwiękowe.

W momencie detekcji pożaru w strefie następuje zamknięcie kłap wentylacji pożarowej na kondygnacjach nie objętych pożarem. Na kondygnacji zagrożonej kłapy zostają otwarte.

Wentylatory strumieniowe jeśli pracowały zatrzymują się. Uruchomione zostają obydwa wentylatory w strefie objętej detekcją pożaru na wywiew (kłapy przy wentylatorach otwarte) z maksymalną wydajnością. W pozostałych strefach również uruchamiane są wszystkie wentylatory główne ale na nawiew z wydatkiem wynikającym z bilansu powietrza. Doysterowania wentylatorów głównych w trybie pożarowym dedykowane są sterowniki UCS4000 zamontowane w szafie SZSG, w ilości 1:1 w stosunku do stref dymowych.

Wentylatory strumieniowe uruchamiają się po czasie określonym jako czas ewakuacji, pracują na drugim biegu, z kierunkami umożliwiającymi „przepychanie” produktów spalania w kierunku wentylatorów wyciągowych.

Doysterowania wentylatorów strumieniowych w trybie pożarowym dedykowane są sterowniki UCS4000 zamontowane w szafach SZS, w ilości 1:1 w stosunku do stref dymowych.

Obliczeniowa weryfikacja zasadności założeń poczynionych na etapie opracowania koncepcji instalacji jak również poszczególnych faz prac projektowych w odniesieniu do instalacji służących do kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła bywa stosunkowo trudna, a w skrajnych przypadkach praktycznie niemożliwa. Przyczyn takiego stanu rzeczy jest wiele, do najważniejszych z nich zaliczyć należy powszechne, selektywne stosowanie się do zapisów stosownych norm. Nierzadko z uwagi na lokalne ograniczenia techniczne oraz wymagania architektów i inwestora projektanci zmuszeni są do wykonania projektu w oparciu o normę zamiast w zgodności z nią. Postępowanie takie choć nieuniknione może prowadzić do wystąpienia szeregu problemów związanych z uzyskaniem obliczeniowych parametrów pracy instalacji, a w konsekwencji do nieprawidłowego jej działania. Z pomocą w takich sytuacjach przychodzi nam uznana wiedza techniczna oraz popularne obecnie metody inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, czyli podstawowe zależności analityczne, bardziej zaawansowane i skomplikowane symulacje komputerowej dynamiki płynów – Computational Fluid Dynamics (CFD) oraz próby odbiorowe czyli najprościej rzecz ujmując eksperymentalne potwierdzenie skuteczności działania instalacji w warunkach rzeczywistych. Wszystkie wymienione metody zostaną opisane w niniejszym rozdziale, ze szczególnym uwzględnieniem podstawowych zasad oraz metodyki prowadzenia prób odbiorowych.

Obliczenia analityczne w wielu sytuacjach związanych z praktyką projektową zaniebywane i pomijane jako archaiczne oraz mało przekonujące stanowią w istocie podstawowe i najbardziej dostępne narzędzie analizy inżynierskiej w zakresie oceny skuteczności działania instalacji. Podstawową zaletą takiego podejścia jest niewątpliwie ogólna dostępność oraz relatywnie krótki czas potrzebny na przeprowadzenie analizy. Wadą natomiast jest mała elastyczność oraz zakres stosowalności ograniczony jedynie do przypadków typowych, zwykle prezentowanych w literaturze fachowej oraz normach. Warto jednak pamiętać o tym, że wzory analityczne stanowiąc pewne przybliżenie rzeczywistości są opracowywane w oparciu o wyniki skomplikowanych obliczeń numerycznych oraz pomiarów laboratoryjnych. Z tego względu w wielu przypadkach warto skorzystać z tego najprostszego, ale jednocześnie pewnego narzędzia pozwalającego na ocenę podstawowych zjawisk fizycznych i procesów towarzyszących pracy instalacji kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. W tym miejscu warto również wspomnieć o prostych i co najważniejsze darmowych narzędziach komputerowych umożliwiających analizę przepływów w budynkach, a mianowicie modelach strefowych (ang. Zone Models). Przykładem może być pakiet CONTAM opracowany przez amerykański National Institute of Standards and Technology (NIST).

Kolejną uznaną i co ważne niezmiernie popularną w ostatnich czasach metodą są symulacje komputerowej dynamiki płynów (CFD) pozwalające na analizę w stanie nieustalonym (zmienną w czasie) szeregu parametrów fizycznych istotnych z punktu widzenia zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa w budynku na wypadek pożaru. Narzędzia te często błędnie utożsamiane z modelowaniem zjawiska pożaru oraz działania instalacji mechanicznej wentylacji oddymiającej lub wentylacji strumieniowej zostały opracowane na potrzeby przemysłu lotniczego oraz rozwoju technologii kosmicznych. W ostatnim czasie w wyniku niespotykanego wcześniej rozwoju komputerów osobistych ich dostępność znacznie wzrosła, w efekcie natomiast skokowo zwiększyła się liczba osób zajmujących się zawodowo lub amatorsko wykonywaniem symulacji komputerowych. Uwolnienie rynku oraz stale rosnąca liczba dostępnych aplikacji spowodowały, że w wielu branżach, a w branży szeroko rozumianych zabezpieczeń przeciwpożarowych, samym symulacjom towarzyszy wiele kontrowersji. Problemy te powszechnie dyskutowane w ostatnich latach nie będą tutaj szerzej omawiane. Pozostaje mieć jedynie nadzieję, że będziemy w dalszym ciągu świadkami rozwoju tej technologii w zakresie modelowania parametrów pracy instalacji przeznaczonych do kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Głównie z tego powodu, że same symulacje o ile oczywiście prowadzone poprawnie oraz właściwie interpretowane mogą dostarczyć mogą stanowić źródło cennych informacji już na etapie projektowania, kiedy wprowadzenie zmian jest stosunkowo proste, a co najważniejsze możliwe. Warto pamiętać, że najważniejsze etapy całego procesu związanego z prowadzeniem symulacji komputerowych to bez wątpienia moment przyjmowania założeń do modelowania, kryteriów zbieżności, a więc świadomego określenia wymaganej dokładności oraz właściwej oceny uzyskiwanych wyników.

W praktyce dopiero zastosowanie modeli numerycznych zwalidowanych w oparciu o rzeczywiste dane pomiarowe oraz dodatkowo zweryfikowanych z zastosowaniem zależności analitycznych pozwala określić ich rzeczywistą dokładność. Nie bez znaczenia jest również samo oprogramowanie, które podzielić można na dwie podstawowe grupy, a mianowicie aplikacje dedykowane do analizy zjawiska pożaru np. Fire Dynamic Simulator (FDS) oraz programy o znacznie szerszym zakresie stosowalności np. Ansys Fluent wyposażony w specjalny moduł przeznaczony do modelowania zjawiska pożaru. Niezależnie od wybranego oprogramowania procesy walidacji oraz weryfikacji bywają czasochłonne i kosztowne i z tego względu często w dalszym ciągu traktowane marginalnie. W efekcie pojawia się obecnie wiele pytań, takich jak kto i w jaki sposób powinien prowadzić symulacje? Być może w niedalekiej przyszłości doczekamy się pewnych rozwiązań formalnych i prawnych w tym zakresie ale trudno przypuszczać, że po ich wprowadzeniu sytuacja ulegnie diametralnej zmianie.

Generalnie w dalszym ciągu aktualne pozostanie dość często cytowane zdanie, że symulacje komputerowe jako bezwolne narzędzie są tak dobre jak osoba, która je wykonuje. Jak zatem zweryfikować ich wyniki oraz czy obecnie dostępna jest metoda pozwalająca z dostatecznie dużym prawdopodobieństwem określić rzeczywiste parametry pracy instalacji w stosunku do ich wartości projektowych? Bez wątplenia najlepszą i co ważne powszechnie akceptowalną metodą są badania i pomiary w skali rzeczywistej, nazywane potocznie próbami odbiorczymi. Próby odbiorowe stanowiące w pewnym sensie ukoronowanie prac całego zespołu osób zaangażowanych w realizację określonego projektu stanowią zatem ostateczną w praktyce jedyną w 100% pewną metodę weryfikacji poprawności pracy instalacji. W konsekwencji na osobach je wykonujących ciąży wyjątkowa odpowiedzialność, związana zarówno z bezpośrednim wpływem na decyzję Państwowej Straży Pożarnej, jak również z bezpieczeństwem przyszłych użytkowników budynku. Aktualnie podobnie jak w przypadku wspomnianych wcześniej symulacji komputerowych (CFD) na rynku polskim działa wiele firm oferujących usługi w zakresie prowadzenia prób odbiorowych, niewiele z nich jednak świadczy prawdziwie kompleksowe usługi w tym zakresie. Jeszcze mniej próbuje zapewnić jakość usług na poziomie wyższym niż wymagany przez aktualnie obowiązujące normy. Do grupy firm o zasięgu europejskim dążących do wyznaczania nowych standardów w tym zakresie zaliczyć można z pewnością krakowską firmę SMAY Sp. z o.o., której dewizą jest budowanie sprawnych struktur zdolnych stanowić wsparcie dla potencjalnych Klientów na każdym z etapów realizacji inwestycji. Począwszy od opracowania koncepcji instalacji, poprzez wykonanie niezbędnych symulacji komputerowych potwierdzających jej zasadność, projekt, poprzez montaż i kalibrację na kompleksowych próbach odbiorowych skończywszy. Z uwagi na chęć systematycznego podnoszenia jakości świadczonych usług firma SMAY Sp. z o. o. jako pierwszy europejski producent wprowadziła do swojej oferty nowatorskie w branży wentylacyjnej techniki pomiarowe pozwalające na precyzyjne wyznaczanie trójwymiarowego pola prędkości, jak również określania zasięgu widzialności w wybranych przestrzeniach na wypadek pożaru. Szczegóły dotyczące opracowanej metodyki pomiarowej, ich praktyczne zastosowania i zalety zostaną opisane szczegółowo w dalszej części niniejszego rozdziału.

Przebieg prób odbiorczych oraz okresowych testów instalacji służących do kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła niezależnie od ich szczegółowego przeznaczenia jest opisany w odpowiednich normach. Z tego względu powinny być powszechnie znane i prowadzone zgodnie z ujednoczoną procedurą. W praktyce jednak często dzieje się inaczej, z tego względu w kolejnej części rozdziału opisana zostanie metodyka ich prowadzenia w odniesieniu do instalacji kanatowej wentylacji oddymiającej oraz wentylacji strumieniowej garaży będących przedmiotem niniejszego opracowania.

Przed rozpoczęciem prowadzenia prób odbiorowych instalacji mechanicznej wentylacji oddymiającej lub wentylacji strumieniowej konieczne jest wykonanie szeregu czynności pozwalających na uzyskanie poprawnych wyników dzięki znajomości specyfiki instalacji jak również zgromadzeniu odpowiednich danych pomiarowych o znanej dokładności.

Do czynności podstawowych na etapie bezpośrednio poprzedzającym próby odbiorowe zaliczyć należy:

- zapoznanie się ze schematem ideowym instalacji oraz scenariuszem jej zadziałania na wypadek pożaru;
- ocenę rozmieszczenia oraz właściwego oznakowania poszczególnych komponentów instalacji zgodnie z aktualną dokumentacją wykonawczą instalacji;
- analizę schematów podłączeń elektrycznych oraz lokalizację i funkcjonalność panelu sterowania.

Po wykonaniu czynności wymienionych powyżej można przystąpić do realizacji pierwszej części prób odbiorowych polegającej kolejno na:

- kontroli zgodności wykonania instalacji z dostarczoną dokumentacją projektową;
- ocenie stanu technicznego kluczowych komponentów instalacji, w tym ewentualnych uszkodzeń mechanicznych np. wentylatorów strumieniowych;
- kontrolę układu sterowania w tym również automatycznego uruchomienia instalacji zgodnie z dostarczonymi scenariuszami działania;
- sprawdzenie sposobu wykonania podłączeń elektrycznych, okablowania instalacji oraz tras prowadzenia i ewentualnego zabezpieczenia przewodów;
- kontrolę parametrów pracy po uprzednim automatycznym wyzwoleniu poprzez symulację zjawiska pożaru: pierwsze uruchomienie; ocena skuteczności działania układu sterowania, czy uruchomione zostały odpowiednie wentylatory strumieniowe zlokalizowane we właściwych strefach oraz dodatkowo czy dostarczają powietrze we właściwym kierunku.

Generalnie wszystkie czynności wymienione powyżej można podzielić na cztery podstawowe grupy, a mianowicie:

- analizę zgodności wykonania instalacji z dostarczoną aktualną wersją projektu wykonawczego;
- analizę instalacji pod kątem mechanicznym, czyli: poprawności działania wentylatorów, klap przeciwpożarowych, kurtyn dymowych i rolet przeciwpożarowych, opcjonalnie elementów regulacyjnych np. przepustnic;
- analizę automatycznego uruchomienia instalacji oraz poprawności działania układu sterowania, czyli: pierwsze uruchomienie instalacji poprzez wyzwolenie alarmu pożarowego, kontrola poprawnościysterowania pozostałych instalacji w tym np. wentylacji bytowej, kontrola położenia przetłączników umieszczonych na panelu sterowania np. czy zmiana położenia przetłącznika skutkuje właściwą reakcją instalacji, czy przetłączniki mają ten sam kierunek zmiany ustawienia oraz czy kontrolki są czytelnie oznakowane;
- analiza podłączeń elektrycznych, czyli: uruchomienie wentylatorów strumieniowych, kontrola położenia mklar przeciwpożarowych oraz kontrola instalacji zasilania awaryjnego (gwarantowanego).

Przed przystąpieniem do prowadzenia prób należy zapewnić w miejscu ich realizacji dostępność niezbędnej aparatury pomiarowej potrzebnej do wykonania pomiarów parametrów pracy instalacji. Należy zwrócić uwagę, że zgodnie z powszechnie przyjętymi standardami dokładność aparatury pomiarowej powinna wynosić +/- 2%, przyrządy zaś powinny posiadać aktualne świadectwa kalibracji. Zwykle do przeprowadzenia pomiarów podstawowych niezbędne są: amperomierz zaciskowy, woltomierz, wytwornica dymu oraz anemometr skrzydełkowy i mikromanometr różnicowy.

Przeprowadzone po uruchomieniu instalacji pomiary powinny obejmować:

- wartości ciśnień różnicowych pomiędzy wybranymi pomieszczeniami, w zależności od warunków lokalnych;
- prędkości przepływu powietrza w miejscach reprezentatywnych, w zależności od warunków lokalnych np. w szachtach oddymiających;
- rejestrację wideo oraz uzupełniającą dokumentację fotograficzną procesu przepływu dymu znacznikowego w wybranych przestrzeniach.

Dodatkowo każdorazowo w raporcie z wykonanych pomiarów należy umieścić następujące informacje:

- nazwa, numer seryjny oraz kopia świadectwa kalibracji przyrządu pomiarowego;
- data i godzina przeprowadzenia pomiarów;
- podpis osoby prowadzącej pomiary oraz asystenta;
- podpis projektanta potwierdzający zgodność zarejestrowanych wyników ze stanem faktycznym.

Uwaga: w trakcie prowadzenia prób z zastosowaniem gorącego dymu konieczne jest zapewnienie ciągłego monitoringu stężenia substancji powstających w procesie spalania i mogących stanowić istotne zagrożenie dla zdrowia osób prowadzących próby jak również obserwatorów uczestniczących zwyczajowo w takich przedsięwzięciach. Dodatkowo niezbędne jest zapewnienie środków gaśniczych pozwalających na ugaszenie pożaru testowego. Wymagania te sprawiają, że profesjonalne przeprowadzenie takich prób wymaga od firmy lub instytucji testującej odpowiedniego zaplecza sprzętowego jak również wiedzy w zakresie realizacji badań tego typu.

Czynności wymienione powyżej powinny stanowić integralny element rutynowych prób odbiorowych instalacji kanałowej wentylacji oddymiającej lub wentylacji strumieniowej. Można je uznać za wystarczające do oceny poprawności wykonania i skuteczności działania instalacji zaprojektowanych w całkowitej zgodności z wybranym standardem, w budynkach typowych. W przypadkach kiedy konieczne jest wprowadzenie pewnych odstępstw od wymagań normowych czyli praktycznie rzecz ujmując w odniesieniu do wszystkich rozwiązań inżynierskich opartych na zastosowaniu metod inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Z uwagi na specyfikę instalacji wentylacji strumieniowej próby odbiorowe pozwalające na jednoznaczną ocenę ich poprawności działania i dotrzymania parametrów obliczeniowych w zakresie zasięgu widzialności, rozkładu temperatury oraz stężenia CO₂ i CO obejmują zwykle również fizyczną symulację zjawiska pożaru. Badania takie nazywane są często próbami z zastosowaniem gorącego dymu (Hot Smoke Tests) polegających na symulowaniu zjawiska rzeczywistego i w pełni kontrolowanego zjawiska pożaru. Próby te mają na celu kontrolę poprawności pracy instalacji mechanicznej wentylacji oddymiającej lub wentylacji strumieniowej garaży, zarówno w ujęciu ilościowym oraz co równie ważne w skali rzeczywistej. Różne warianty tej metodyki badawczej zostały opracowane w Australii, Wielkiej Brytanii oraz Belgii. Zwykle do prowadzenia prób, stosuje się pożary alkoholowe mające stosunkowo łatwy do przewidzenia przebieg, a więc również pozwalające na pełną kontrolę nad ich rozwojem. Metoda australijska przeznaczona jest do prowadzenia prób, w których źródło ognia znajduje się w bezpośrednio pod potencjalnym zbiornikiem dymu. Metoda opracowana przez BRE (British Research Establishment) zakłada natomiast możliwość symulowania rozprzestrzeniania się dymu i ciepła z pomieszczeń przyległych do określonego pomieszczenia np. napływ dymu do korytarza ewakuacyjnego z sąsiedniego pomieszczenia objętego pożarem. Obie metody zakładają konieczność zastosowania wytwornicy sztucznego dymu pozwalającego na wizualizację procesu dystrybucji i usuwania dymu z przestrzeni wybranych pomieszczeń. Metody australijska i BRE zalecają zastosowanie dymu parafinowego o specjalnym składzie odpornym na działanie wysokich temperatur do 200°C. Możliwe jest również wytworzenie dymu znacznikowego z wykorzystaniem granatów dymnych, tzw. dym pirotechniczny.

W celu zapewnienia powtarzalności prowadzonych prób odbiorowych, a co za tym idzie umożliwienia porównywania ich wyników w odniesieniu do różnych budynków konieczne jest ścisłe przestrzeganie zunifikowanej procedury ich prowadzenia. Po zakończeniu testów należy sporządzić raport z pełnym zestawieniem uzyskanych wyników i stosownym komentarzem. Bardzo ważne jest aby raport taki zawierał:

- datę i godzinę prowadzenia prób;
- nazwę instytucji prowadzącej próby oraz dane reprezentujących ją osób;
- lokalizację oraz krótką charakterystykę obiektu oraz testowanej instalacji;
- aktualne parametry otoczenia, a w szczególności temperaturę zewnętrzną oraz prędkość i kierunek wiatru;
- temperaturę powietrza w pomieszczeniu wytypowanym do przeprowadzenia prób;
- rozkład prędkości powietrza w pomieszczeniu wytypowanym do prób,
- plan oraz chronologię prowadzenia prób;
- tabelaryczne zestawienie uzyskiwanych wyników wraz ze stosownym komentarzem;
- dokumentację fotograficzną oraz video pozwalającą na odtworzenie przebiegu prób oraz powtórny analizę wyników.

Szczególną uwagę w tym miejscu należy poświęcić najpowszechniej stosowanej w Polsce metodzie w tym zakresie, a mianowicie procedurze zgodnej z australijską normą AS 4391:1999 Smoke Management Systems - Hot Smoke Tests.

Niniejsza norma opisuje szereg środków technicznych dzięki zastosowaniu których możliwe jest wytworzenie określonej ilości dymu przy zachowaniu bezpiecznej dla budynku temperatury. Podaje szczegółowy opis stanowiska testowego, procedury prowadzenia prób jak również wymagane środki bezpieczeństwa w zakresie prowadzenia testów z zastosowaniem gorącego dymu w celu oceny skuteczności działania systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Wielkość pożaru jest dobierana w sposób zapewniający wytworzenie określonej ilości dymu przy zachowaniu bezpiecznej temperatury. Testy opisane w niniejszej normie zostały opracowane na potrzeby prowadzenia prób stanowiących część czynności związanych z odbiorem technicznym systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu w celu weryfikacji parametrów pracy systemów oraz ich skuteczności w warunkach pożaru akceptowanych przez stosowne władze. Nie zakłada się jednakowoż konieczności obowiązkowego prowadzenia opisanych testów w odniesieniu do każdego systemu kontroli rozprzestrzeniania dymu zainstalowanego w budynku. Co bardzo istotne norma mówi wyraźnie, że testy z zastosowaniem gorącego dymu oraz odpowiedniej aparatury pomiarowej mogą być z powodzeniem stosowane do walidacji wyników symulacji komputerowych CFD.

Testy z zastosowaniem gorącego dymu nie powinny być prowadzone w pomieszczeniach o kubaturze mniejszej niż 250 m³ o ile osoby prowadzące testy nie posiadają fachowej wiedzy w zakresie ich prowadzenia. Podczas prowadzenia testów drzwi do pomieszczenia powinny być otwarte, a grubość warstwy dymu w strefie podsufitowej przy drzwiach nie powinna przekraczać 20 % wysokości pomieszczenia (wysokość pomieszczenia mierzona w stosunku do płaszczyzny sufitu podwieszanego). W niewielkich pomieszczeniach występować może ograniczony napływ powietrza do strumienia gorącego powietrza i stupa dymu co może skutkować występowaniem wyższych od założonych temperatur warstwy dymu. Co więcej promieniowanie ciepłe w przypadku pożarów testowych o dużej mocy w takich pomieszczeniach może powodować zagrożenie bezpieczeństwa dlatego wielkości pożarów testowych powinny być dobierane z uwzględnieniem powyższych.

Powierzchniowa wielkość pożarów, które można symulować z zastosowaniem metodyki pomiarowej opisanej w normie australijskiej zawiera się w przedziale od 0.03 m² do 2.00 m².

Zasada prowadzenia testów zgodnych z przedmiotową normą polega na wytworzeniu konwekcyjnego słupa gorącego powietrza poprzez podpalenie alkoholu etylowego umieszczonego w tacy ogniowej o dobranej odpowiednio wielkości skorelowanej z wymaganą mocą pożaru, do którego dostarczany jest następnie dym wskaźnikowy. Zakłada się jednocześnie, że moc pożaru testowego powinna być dobrana w taki sposób aby nie powodował on zniszczenia elementów stanowiących wyposażenie budynku jak również uszkodzenia jego konstrukcji. Jednocześnie wielkość pożaru testowego nie musi być równa założonej wielkości pożaru projektowego. Właściwy wybór mocy pożaru stanowi zatem zagadnienie kluczowe i powinien być wykonany w oparciu o uznane zasady inżynierii bezpieczeństwa pożarowego stosownie dla konkretnego przypadku z uwzględnieniem szeregu parametrów charakterystycznych dla danego obiektu.

Sam pożar testowy został w normie australijskiej zdefiniowany jako „rzeczywista wielkość (moc) pożaru wytworzonego w celu przeprowadzenia prób skuteczności działania systemu kontroli rozprzestrzeniania dymu nie powodująca uszkodzenia testowanego systemu ani budynku, w którym system został zamontowany”.

Norma opisuje naturalnie w szczegółowy sposób wymagania techniczne stawiane stanowisku do prowadzenia prób z zastosowaniem gorącego dymu. Stanowisko normowe powinno składać się z zestawu tac ogniowych o ściśle określonych wymiarach skorelowanych z wymaganą mocą pożaru testowego umieszczonych w wannach wypełnionych częściowo wodą.

Dodatkowo z uwagi na znaczną ilość ciepła generowanego przez płonący alkohol skutkującego w znacznym podniesieniu się temperatury wody cały zestaw wanien i tac powinien zostać umieszczony na podstawie z materiału niepalnego np. płyta gipsowo-kartonowa o grubości nie mniejszej niż 13 mm. Odległość od krawędzi tac wodnych do krawędzi płyty stanowiącej podstawę nie powinna być mniejsza niż 1.5 m. Zastosowanie etanolu jako paliwa testowego jest zalecane ponieważ charakteryzuje się ono stosunkowo niską ceną, czystymi produktami spalania oraz relatywnie niską emisją ciepła przez promieniowanie. Minimalny czas spalania powinien pozwalać na zapewnienie trwających odpowiednio 3 minuty fazy rozwoju pożaru, 10 minut pożaru w stanie ustalonym oraz 3 minuty fazy zaniku, spadku mocy pożaru.

Profesjonalne stanowisko do prowadzenia prób z zastosowaniem gorącego dymu powinno być również wyposażone w układ służący do pomiaru temperatury w słupie gorącego powietrza do którego doprowadzany jest dym znacznikowy. Wymagana normatywna dokładność pomiaru temperatury wynosi +/- 3 °C. Optymalne rezultaty w tym zakresie przynosi zastosowanie termopar typu K (NiCr – NiAl) umożliwiający w standardowym wykonaniu pomiar temperatury w zakresie od -50 °C do 1150 °C. Termoparowy czujnik temperatury stanowi w istocie połączenie dwóch różnych metali połączonych punktowo w miejscu nazywanym spoiną pomiarową. W wyniku występującej różnicy temperatur na końcach niepołączonych (zimnych końcach) powstaje siła termoelektryczna proporcjonalna do aktualnej wartości różnicy temperatury pomiędzy spoiną pomiarową, a wolnymi (zimnymi) końcami.

Dym znacznikowy powinien mieć obojętne pH, być koloru białego i nie pozostawiać śladów. Co bardzo istotne dym znacznikowy stosowany w próbach z zastosowaniem gorącego dymu powinien być odporny na działanie wysokiej temperatury. Z tego względu wymagane jest zastosowanie profesjonalnych wytwornic dymu parafinowego wyposażonych w nagrzewnice o odpowiedniej mocy oraz płyn do wytwornic o specjalnym składzie chemicznym gwarantującym dużą odporność dymu znacznikowego na wysokie temperatury (do 200 °C). Dym znacznikowy powinien być doprowadzany bezpośrednio do słupa konwekcyjnego powietrza powstającego bezpośrednio nad tacami ogniowymi.

Testy z zastosowaniem gorącego dymu powinny być prowadzone w miarę możliwości w budynkach wykończonych bezpośrednio przed przekazaniem ich do użytkowania. Testy należy prowadzić po zakończeniu wszystkich prac konstrukcyjnych lub przynajmniej po wykonaniu istotnych z punktu widzenia działania instalacji wentylacyjnych oraz systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu elementów. Przed przeprowadzeniem testów w/w instalacje oraz systemy powinny zostać wykonane w całości oraz skontrolowane. Jeśli stwierdzone zostanie uzyskanie wszystkich kryteriów projektowych w zakresie określonych parametrów w tym różnic ciśnienia, prędkości przepływu powietrza oraz wielkości strumienia powietrza usuwanego można przystąpić do rozpoczęcia testów będących przedmiotem niniejszej normy.

Procedura prowadzenia prób powinna uwzględniać następujące czynności:

1. Przygotowanie pomieszczenia testowego oraz kontrolowanego systemu kontroli rozprzestrzeniania dymu, w tym w szczególności zapewnienie rzeczywistych parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu testowym odpowiadającym warunkom w eksploatowanym budynku;
2. Określenie wielkości (mocy) pożaru testowego skorelowanej z mocą pożaru, który może wystąpić podczas rzeczywistej eksploatacji budynku;
3. Właściwe rozmieszczenie tac i wanien wodnych. Zwykle jako reprezentatywna lokalizacja źródła dymu uznawane jest położenie w okolicy geometrycznego środka pomieszczenia, jest to szczególnie istotne w przypadku pomieszczeń o nieregularnych kształtach. Oczywiście lokalizacja źródła dymu może być inna w zależności od wymagań służb kompetentnych w tym zakresie;
4. Zapłon paliwa w tacach ogniowych z wykorzystaniem świecy woskowej lub zdalnego zapalnika;
5. Doprowadzenie dymu znacznikowego do stupa konwekcyjnego. Ilość dymu nie jest dokładnie określona jednak powinna być ona wystarczająca do zabarwienia całego stupa konwekcyjnego. Dym znacznikowy powinien być generowany w sposób ciągły;
6. Optyczna ocena skuteczności działania testowanej instalacji służącej do kontroli rozprzestrzeniania dymu tzn. instalacji grawitacyjnej lub mechanicznej wentylacji oddymiającej lub wentylacji strumieniowej.

Po zakończeniu prowadzenia prób należy rozważyć zasadność ich powtórnego przeprowadzenia oraz co bardzo istotne dokładnie przewietrzyć pomieszczenie testowe w celu usunięcia wszystkich pozostałości dymowych. Czas przewietrzania nie jest dokładnie określony. Przyjmuje się jednak, że dla pomieszczeń typowych wyposażonych w instalację wentylacyjną bez recyrkulacji powietrza przewietrzanie przez okres 4 h powinno być wystarczające.

Prowadzenie prób z zastosowaniem gorącego dymu z uwagi na konieczność rzeczywistego symulowania zjawiska pożaru wiąże się ze specjalnymi wymaganiami w zakresie zabezpieczenia zdrowia i życia osób uczestniczących w ich prowadzeniu oraz obserwatorów jak również mienia stanowiącego wyposażenie budynku. Absolutnie nieodzowne jest zapewnienie odpowiednich środków gaśniczych oraz obecności odpowiednio przeszkolonego personelu. W przypadku ryzyka uszkodzenia wyposażenia pomieszczenia testowego konieczne jest przygotowanie odpowiednich ekranów wykonanych z arkuszy folii aluminiowej stanowiących ochronę przed emitowanym promieniowaniem cieplnym. Kiedy zabezpieczenia powierzchni przegród budynku lub jego wyposażenia są stosowane zalecane jest zwrócenie uwagi na ich ewentualny wpływ na ruch dymu w pomieszczeniu. Materiały stosowane jako zabezpieczenie mogą zmieniać geometrię pomieszczenia, zakłócać wypyt dymu przez otwory lub powodować ograniczenia w swobodnym napływie powietrza do strumienia gorącego powietrza co może w efekcie skutkować występowaniem wyższych od przewidywanych temperatur stupa dymu. W skrajnych przypadkach folia aluminiowa stanowiąca zabezpieczenie może odbijać promieniowanie ciepłe powodując intensyfikację odparowania paliwa co może prowadzić do niekontrolowanego wzrostu mocy pożaru. W budynkach wyposażonych w instalację tryskaczową maksymalna dopuszczalna temperatura sufitu powinna być co najmniej o 10 °C niższa od temperatury

zadziałania tryskaczy, pożar testowy powinien być w takich budynkach lokalizowany w środku dokładnie pomiędzy czterema główkami tryskaczy, które powinny być dodatkowo owinięte mokrymi papierowymi ręcznikami.

Wspomniana wcześniej instalacja służąca do pomiaru temperatury jest wykorzystywana głównie do monitorowania temperatury sufitu bezpośrednio ponad tacami ogniowymi.

Spirytus etylowy używany jako paliwo miesza się z wodą. W przypadku gdy moc pożaru testowego jest zbyt wysoka tzn. temperatura sufitu przekracza wartość dopuszczalną możliwe jest ograniczenie wartości emitowanego strumienia ciepła poprzez doprowadzenie wody bezpośrednio do tacy ogniowej. Woda powinna być doprowadzana pod niewielkim ciśnieniem aby nie rozchłapać paliwa, co mogłoby doprowadzić do wtórnego zapłonu. W miarę doprowadzania wody wysokość płomienia ulegnie obniżeniu, a jego kolor zmieni się z żółtego na niebieski. W przypadku natychmiastowej konieczności wygaszenia całego pożaru jest konieczne aby dokonać tego z zastosowaniem gaśnicy pianowej zawierającej pianę przeznaczoną do gaszenia alkoholu. W takiej sytuacji pożądane jest rozcieńczenie oraz ochłodzenie spirytusu etylowego poprzez dodanie maksymalnej ilości zimnej wody w celu ograniczenia ilości oparów wytwarzanych przez gorący spirytus. Inną z metod całkowitego ugaszenia pożaru testowego jest dodanie znacznej ilości wody aby przygasić ogień i następnie dogaszenie lokalnych płomieni (które mogą być niewidoczne) z użyciem gaśnicy proszkowej. Należy pamiętać, że nie jest to metoda szybkiego gaszenia pożaru testowego.

W większości przypadków konieczne jest również zapewnienie aparatury pomiarowej pozwalającej na ciągły monitoring stężenia dwutlenku oraz tlenku węgla w strefie przebywania osób prowadzących próby oraz obserwatorów.

Zgodnie z wymaganiami australijskiej normy po zakończeniu prowadzenia prób powinien zostać sporządzony szczegółowy raport z ich przebiegu oraz wniosków wynikających ze zrealizowanych testów uzupełniony dokumentacją fotograficzną i video.

Raport normowy powinien zawierać:

Ustalone kryteria projektowe. Ustalenia kryteriów projektowych powinny obejmować:

- wielkość pożaru:
 - projektowego;
 - testowego;
- wielkości urządzeń dostarczających powietrze (strumień powietrza).
- prędkości powietrza wentylacyjnego;
- listę parametrów konstrukcyjnych budynku powiązanych z działaniem instalacji wentylacyjnych, np. powierzchnie otworów drzwiowych, wysokość balustrad, wysokość przegród pomiędzy drzwiami, a sufitem;
- powierzchnię efektywną żaluzji zewnętrznych;

Opis dokładnej lokalizacji pożaru testowego w obrębie budynku – opis szczegółowy powinien zawierać:

- rzuty;
- rozmieszczenie czujników temperatury;

Zasady prowadzonych testów – krótki opis zasady działania i celów stawianych instalacji kontroli rozprzestrzeniania dymu w wybranej strefie, która jest testowana;

Zastosowane urządzenia – opis zastosowanych urządzeń powinien zawierać następujące informacje:

- wymiary tac ogniowych (pożar testowy);
- rozmieszczenie tac z paliwem;
- ilości paliwa;
- parametry dymu znacznikowego z uwzględnieniem jego składu oraz przewidywanych ilości;
- sposób zapalania paliwa;
- czujniki ciepła;

Rejestracja wyników testów – rejestrowane parametry powinny uwzględniać następujące:

- liczbę przeprowadzonych testów;
- temperatury sufitu;
- temperatura termometru suchego powietrza zewnętrznego;
- prędkość i kierunek wiatru;
- komentarz dotyczący działania systemu kontroli rozprzestrzeniania dymu i uwag czy jest ono zgodne z założeniami projektowymi;
- komentarz dotyczący funkcjonowania układu sterowania systemem kontroli rozprzestrzeniania dymu w odniesieniu do zaproponowanych zasad;
- wszelkie przypadki przerw w pracy lub awarii o ile takowe wystąpiły.

Zgodnie z filozofią działania firma SMAY Sp. z o. o. z uwagi na konieczność stałego podnoszenia jakości swoich usług oraz chęć uczestnictwa w pracach na wszystkich etapach realizacji projektu uzupełniła swoją ofertę od prowadzenie kompleksowych usług w zakresie prób odbiorowych z zastosowaniem zimnego i gorącego dymu. W tym celu zaprojektowane oraz zbudowane zostało kompletne stanowisko normowe zgodne z wymaganiami określonymi w australijskiej normie AS 4391:1999.

W skład stanowiska testowego wchodzi zestawy wariantów wodnych oraz tac ogniowych o wymiarach normowych. Dym znacznikowy może być generowany przez dwie wytwornice dymu Smoke Master ViCount o mocy 2,2 kW, każda o dużej wydajności generujące dym odporny na działanie wysokich temperatur z regulacją wydajności zasilane dodatkowo butlami z dwutlenkiem węgla. Zastosowanie takich urządzeń pozwala na wykonanie profesjonalnych prób w bardzo szerokiej gamie różnych pomieszczeń.



Foto. 13.1. Wytwornica dymu Smoke Concept ViCount 2.2 kW na wózku platformowym

13 Metodyka prowadzenia prób odbiorowych instalacji zabezpieczania przed zadymieniem oraz wentylacji strumieniowej garaży

W trakcie prowadzenia prób realizowany jest ciągły monitoring temperatury w stropie konwekcyjnym, temperatury powierzchni sufitu oraz dodatkowo w przypadku takiej potrzeby temperatury powierzchni wybranych przegród. Pomiar temperatury realizowany jest z zastosowaniem opisanych wcześniej termopar typu K. Wskazania termopar są rejestrowane w sposób ciągły z wykorzystaniem wielokanałowego przenośnego rejestratora MPI-L METRONIC z funkcją archiwizacji danych pomiarowych na kartach MMC/SD. Dodatkowo dla weryfikacji wskazań czujników termoparowych stosowany jest bezdotkowy pomiar temperatury z wykorzystaniem pirometru SENTRY ST-677. Zasada działania takiego przyrządu polega w największym uproszczeniu na pomiarze wartości promieniowania podczerwonego (ciepłego) emitowanego przez wybrany przedmiot. W celu umożliwienia porównania wskazań czujników termoparowych oraz pirometru stanowisko pomiarowe zostało dodatkowo wyposażone w zespół kołowych o średnicy 20 cm znaczników wykonanych z blachy stalowej malowanej proszkowo na kolor czarny umieszczonych na linie stalowej zawieszanej na wysięgniku statywu bezpośrednio w osi słupa konwekcyjnego ponad źródłem ognia. Zastosowanie pirometru przenośnego pozwala również na kontrolę temperatury powierzchni wybranych przegród w pomieszczeniu testowym.



Foto. 13.2. Kompletne stanowisko pomiarowe do prowadzenia prób z zastosowaniem gorącego dymu

Dla zapewnienia bezpieczeństwa osób prowadzących testy oraz obserwatorów stanowisko wyposażone zostało w gaśnice proszkowe, koce gaśnicze oraz apteczki. Dodatkowo ponad wymagane normowo wyposażenie stanowiska zostało uzupełnione o przenośne mierniki parametrów powietrza AZ 7755 oraz poziomu stężenia tlenu węgla AZ 7701. Pozwalają one na ciągły monitoring stężenia substancji toksycznych w powietrzu w strefie przebywania ludzi oraz podjęcie stosownych działań włącznie z przerwaniem próby w przypadku przekroczenia stężeń bezpiecznych.

Wyposażenie dodatkowe stanowiska stanowi komputer PC oraz zestaw pozwalający na sporządzenie dokumentacji fotograficznej i video w jakości HD.

Procedura prowadzenia prób odbiorowych z zastosowaniem gorącego dymu opracowana została przy założeniu całkowitej zgodności z wymaganiami normy australijskiej AS 4391:1999 oraz metod inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Jednakowoż w trosce o zapewnienie możliwie wysokiej jakości świadczonych usług firma SMAY Sp. z o. o. zaproponowała uzupełnienie standardowej metodyki pomiarowej o badania dodatkowe z zastosowaniem innowacyjnej w branży wentylacji pożarowej techniki pomiarów anemometrycznych z zastosowaniem anemometru ultradźwiękowego pozwalającej na precyzyjne wyznaczenie trójwymiarowego pola prędkości w analizowanej przestrzeni obsługiwanej przez testowaną instalację.

Technika taka znajduje swoje zastosowanie wszędzie tam gdzie konieczne jest precyzyjne wyznaczenie rozkładu prędkości w wybranej przestrzeni w celu oceny skuteczności działania oraz poprawności zaprojektowania i wykonania instalacji wentylacji bytowej, klimatyzacyjnej lub w szczególności systemu służącego do kontroli rozprzestrzeniania dymu. Podstawowym zastosowaniem opisywanego rozwiązania jest szczegółowa kontrola poprawności wyników uzyskiwanych z wykorzystaniem symulacji komputerowych CFD. Do niedawna dokładne wyznaczenie trójwymiarowego pola prędkości było skomplikowane i czasochłonne. Obecnie dzięki wykorzystaniu nowoczesnej techniki pomiarowej oraz opracowanego oprogramowania komputerowego uległo znacznemu uproszczeniu. Działanie takie jest kontynuacją metodyki prowadzenia symulacji komputerowych opracowanej przez firmę SMAY Sp. z o. o. podczas realizacji projektu badawczo-wdrożeniowego w zakresie opracowania kompletnego systemu różnicowania ciśnienia, którego rezultatem był system SAFETY WAY®. Filozofia ta polega na próbie zgromadzenia danych pomiarowych z eksperymentów prowadzonych w skali rzeczywistej w celu walidacji wyników symulacji numerycznych oraz zapewnienia ich optymalnej dokładności.

Metodyka znajduje szczególne zastosowanie w przypadku analizy przepływów powietrza i dymu w atriach oraz garażach podziemnych. W odniesieniu do garaży pozwala również na jednoznaczną ocenę skuteczności działania instalacji usuwania CO oraz LPG, w przypadku których istotne mogą być niezwykle subtelne i trudno mierzalne niewielkie prędkości przepływu powietrza.



Foto. 13.3. Anemometr ultradźwiękowy pozwalający na wyznaczenie trójwymiarowego pola prędkości przepływu powietrza

Anemometr ultradźwiękowy wyposażony jest w głowicę pomiarową, w skład której wchodzi zespół sześciu sparowanych sond pomiarowych pomiędzy którymi przesyłana jest sekwencyjnie ultradźwiękowa fala akustyczna w odpowiedniej konfiguracji. Następnie również sekwencyjnie porównywany jest czas przesyłu. Prędkość poruszania się fali w powietrzu jest w praktyce sumą wektorów prędkości dźwięku w nieruchomym powietrzu o określonej temperaturze oraz prędkości przepływu powietrza. Prędkość rozchodzenia dźwięku zawiera się w przedziale od 300 do 370 m/s. Na podstawie zmierzonych czasów przesyłu fali dźwiękowej pomiędzy poszczególnymi sondami wyliczana jest prędkość przepływu powietrza wzdłuż każdej z osi trójwymiarowego układu współrzędnych oznaczane odpowiednio U, V oraz W. Dodatkowo każdorazowo określany jest kierunek przepływu powietrza w zakresie 0 – 359 ° w odniesieniu do kierunku referencyjnego, którym zwykle jest kierunek północny. Oznaczenia U, V oraz W określają składowe wektora prędkości w odpowiednio w kierunkach U – kierunek północny, V – kierunek odchyłony o 90 ° przeciwnie do ruchu wskazówek zegara od kierunku północnego oraz W – kierunek pionowy zgodny z osią pionową montażu anemometru. Dzięki zastosowaniu takiej metody, dokładność pomiaru nie zależy od zmian temperatury, ciśnienia barometrycznego, wilgotności względnej powietrza oraz jego gęstości. Pozwala ona także na wyeliminowanie konieczności okresowych recalibracji przyrządu, za wyjątkiem kalibracji fabrycznej dokonywanej w tunelu aerodynamicznym akredytowanego laboratorium w Wielkiej Brytanii zgodnie z normą ISO 16622. Z uwagi na wysoką częstotliwość próbkowania wynoszącą odpowiednio 20 lub 32 Hz, można przyjąć że pomiar prędkości dokonywany jest w sposób ciągły. Wartości mierzone mogą być dodatkowo w razie potrzeby uśredniane w zakresie od 0 do 3600 s. Zakres pomiarowy opisywanego anemometru wynosi od 0 do 65 m/s.

Zastosowanie ultradźwiękowego pomiaru prędkości gwarantuje dodatkowo unikalną dokładność wyznaczającą nowe standardy w zakresie testowania instalacji wentylacyjnych oraz walidacji wyników symulacji komputerowych CFD. Anemometr wykorzystywany przez SMAY Sp. z o. o. gwarantuje dokładność na poziomie < 1 % RMS (Root Mean Square), średniej kwadratowej w całym zakresie pomiarowym. Można zatem założyć w przybliżeniu, że błąd pomiarów oferowanych przez firmę SMAY Sp. z o. o. nie przekracza wartości 0,10 m/s w całym zakresie pomiarowym. Anemometr wykonany jest ze stali nierdzewnej odpornej na działania środowiska agresywnego i przeznaczony do pracy w zakresie temperatur od -40 °C do +70 °C co czyni go wręcz idealnym i uniwersalnym przyrządem do opisywanych zastosowań. Anemometr komunikuje się z komputerem PC przez port RS232, co pozwala na nadążną archiwizację danych pomiarowych.

Aby maksymalnie usprawnić procedurę oraz skrócić czas prowadzenia pomiarów firma SMAY Sp. z o.o. opracowała autorski program komputerowy o nazwie SMAYSONIC pozwalający na wczytanie podkładów w postaci rzutów poszczególnych analizowanych pomieszczeń lub całej kondygnacji budynku oraz wyznaczenie lokalizacji poszczególnych punktów pomiarowych stanowiących w praktyce punkty węzłowe siatki pomiarowej. Z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego można łatwo wyznaczyć lokalizację punktów pomiarowych, co stanowi istotny element procedury badawczej. Następnie w sposób automatyczny rejestrowane są wskazania anemometru w poszczególnych punktach pomiarowych, przy czym w każdym z punktów możliwe jest określenie czasu rejestracji oraz sposobu uśredniania wyników pomiarów. Po zakończeniu pomiarów program automatycznie generuje trzyczęściowy raport z przeprowadzonych pomiarów zawierający:

1. Informacje dotyczące zakresu pomiarów oraz obiektu, w którym je przeprowadzono;
2. Graficzną ilustrację rozmieszczenia punktów pomiarowych wraz z ich symbolicznym oznaczeniem;
3. Tabełaryczne zestawienie wyników pomiarów.



RAPORT Z POMIARÓW PRĘDKOŚCI PRZEPLYWU POWIETRZA WERYFIKACJA WYNIKÓW SYMULACJI KOMPUTEROWYCH CFD

Nazwa obiektu: Garaż - budynek mieszkalny ZLIV, Słoneczne Wzgórze

Nazwa/nr rysunku: poziom -2

Pomiary dokonał: mgr inż. Stefan Majewski

Data pomiarów: 2011-09-21

Uwagi:
Pomiar prędkości przepływu został wykonany na wysokości 2,1 m nad posadzką

OPIS OBIEKTU I PRZEPROWADZONYCH POMIARÓW

Garaż na 71 miejsc parkingowych, zajmujący powierzchnię 1922 metrów kwadratowych o wysokości 2,6m

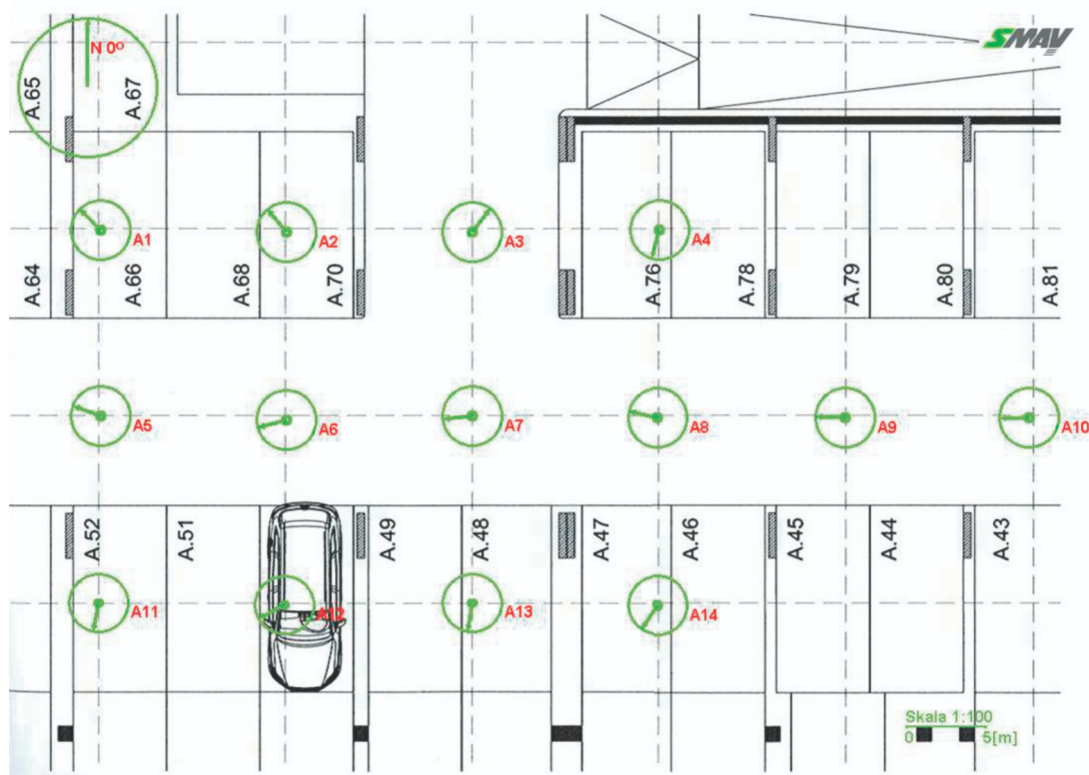
Załączniki
Rzut projektu : Wynik analizy CFD prędkości przepływu powietrza przeznaczony do weryfikacji po uruchomieniu instalacji wentylacyjnej

TABELARYCZNE ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW

LP	NAZWA PUNKTU POMIAROWEGO	PRĘDKOŚĆ [m/s]	KIERUNEK [°]	WYSOKOŚĆ [m]
1	A1	3,2	315°W	2,1
2	A2	1,2	105°W	2,1
3	A3	0,5	37°NE	2,1
4	A4	0,2	195°	2,1
5	A5	0,9	290°W	2,1
6	A6	2,2	255°W	2,1
7	A7	3,7	240°W	2,1
8	A8	6,1	283°W	2,1
9	A9	8,7	272°W	2,1
10	A10	13,4	269°W	2,1
11	A11	0,4	191°S	2,1
12	A12	0,5	240°W	2,1
13	A13	1,1	189°S	2,1
14	A14	2	213°SW	2,1

Aby zapewnić sprawną realizację pomiarów anemometr umieszczony został na specjalnie zaprojektowanym przejezdny statywie o regulowanej wysokości wyposażonym w kółko pomiarowe oraz dalmierz laserowy pozwalające na precyzyjne określenie jego lokalizacji w pomieszczeniu testowanym oraz dodatkowo kompas elektroniczny umożliwiający zorientowanie stanowiska pomiarowego względem stron świata.

Ostatnim z istotnych elementów stanowiska pomiarowego do prowadzenia prób odbiorowych jest sprzęt pozwalający na pomiar aktualnej wartości zasięgu widzialności w testowanych pomieszczeniach, a właściwie spadku zasięgu widzialności w czasie prowadzenia prób odbiorowych. Zasięg widzialności stanowi bardzo istotny parametr wpływający na przebieg akcji ewakuacyjnej jak również warunki prowadzenia akcji gaśniczej. Precyzyjna ocena wartości tego parametru może przysparzać pewnych trudności. Z tego względu stanowisko pomiarowe zostało wyposażone dodatkowo w laserowe mierniki gęstości gazu działające w oparciu o pomiar wartości molowego współczynnika absorpcji dla ściśle określonej długości fali. Zasięg widzialności wyrażony w metrach może być następnie obliczony z prostych zależności analitycznych na podstawie przeprowadzonych pomiarów rzeczywistych.



Rys. 13.1. Przykładowy zrzut ekranu programu SMAVSONIC z wizualizacją kondygnacji, na której rozmieszczono punkty pomiarowe

Zastosowanie jako integralnej części prób odbiorowych oraz okresowych przeglądów instalacji techniki pomiarów ultradźwiękowych oraz laserowego pomiaru zasięgu widzialności ma oprócz fizycznego testowania skuteczności działania instalacji inny niezwykle istotny cel użytkowy związany z gromadzeniem danych służących do jednoznacznej walidacji wyników symulacji komputerowych prowadzonych przez Dział Badań i Rozwoju firmy SMAY Sp. z o.o. jak również inne firmy oraz instytucje świadczące takie usługi. Na podstawie wyników pomiarów w skali rzeczywistej uzupełniana jest sukcesywnie baza danych, na podstawie której możliwe jest opracowywanie autorskich modeli obliczeniowych o znanej dokładności, a zatem gwarantujących wysoką wiarygodność wyników symulacji komputerowych CFD. Jest to szczególnie istotne w przypadku wielu rozwiązań inżynierskich projektowanych w całości w oparciu o wyniki symulacji komputerowych, których skuteczność może być potwierdzona po zakończeniu prac montażowych na etapie prób odbiorowych. Celem najważniejszym jest opracowanie i dostarczenie optymalnych rozwiązań w zakresie systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła pozwalających na zapewnienie możliwie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w przypadku pożaru.

Dzięki opisanemu zapleczu sprzętowemu jak również nakładom ponoszonym na prace badawczo-rozwojowe firma SMAY Sp. z o. o. świadczy kompleksowe usługi pomiarowe nie tylko w opisanym wcześniej zakresie ale również wykonując:

- kompleksowe próby odbiorowe oraz przeglądy okresowe instalacji różnicowania ciśnienia;
- badania szczelności instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych;
- badania szczelności pomieszczeń, w tym również klatek schodowych;
- wyznaczanie charakterystyk elementów zakończających oraz komponentów instalacji wentylacyjnych np. nawiewników, dysz dalekiego zasięgu;
- pomiary przepływów powietrza oraz różnic ciśnienia statycznego w pomieszczeniach czystych.

13 Metodyka prowadzenia prób odbiorowych instalacji zabezpieczania przed zadymieniem oraz wentylacji strumieniowej garaży

Dzięki szerokiemu zakresowi oferty w zakresie pomiarów laboratoryjnych oraz badań fizykalnych jesteśmy w stanie dostarczać Państwu oprócz rozwiązań systemowych koncepcje jednostkowe dedykowane dla konkretnego obiektu o optymalnej konstrukcji oraz parametrach pracy.

Mamy nadzieję, że kolejny raz udaje nam się udowodnić, że firma SMAY Sp. z o. o. to nie tylko producent czy dostawca urządzeń. Naszym celem i integralną częścią filozofii firmy jest stawianie na ciągły rozwój oraz dostarczanie Państwu nowych, interesujących rozwiązań, których głównym celem jest systematyczne podnoszenie komfortu użytkowania oraz poziomu bezpieczeństwa w budynkach na wypadek pożaru. Dlatego oddając w Państwa ręce niniejsze opracowania wierzymy, że wspólnie uda nam się wyznaczać nowe standardy w zakresie projektowania, wykonawstwa oraz testowania instalacji kanałowej wentylacji oddymiającej oraz wentylacji strumieniowej garaży podobnie jak to miało miejsce w przypadku instalacji różnicowania ciśnienia. Razem możemy więcej.

Serdecznie zapraszamy do współpracy

Zespół firmy

SMAY Sp. z o.o.



Smay Sp. z o.o.
ul. Ciepłownicza 29
31-587 Kraków

tel. +48 12 378 18 00

www.smay.pl