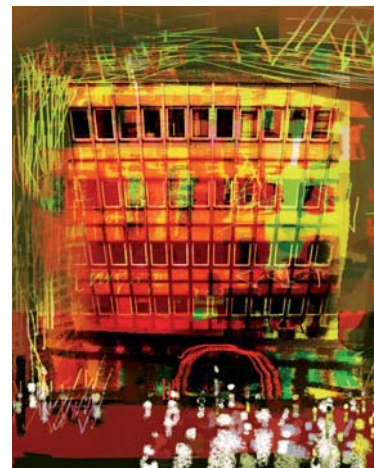


dr inż. ANNA BOGDAN  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy  
 mgr inż. MARTA CHLUDZIŃSKA  
 Politechnika Warszawska

# Wybrane aspekty ochrony przeciwpożarowej w budynkach



Pojawienie się pożaru w miejscach pracy stwarza ogromne niebezpieczeństwo dla wszystkich ludzi przebywających w budynku. Z jednej strony zagrażają im oparzenia wywołane przez płonące materiały i bardzo wysoką temperaturę powierzchni, z drugiej strony zdolność do ewakuacji jest często ograniczona ze względu na dym, powstający i rozprzestrzeniający się w pomieszczeniach ze znaczną prędkością, który, ze względu na dużą zawartość substancji toksycznych, może doprowadzić do zaciężenia i zatrucia. W artykule przedstawiono wybrane aspekty ochrony pracowników przed skutkami zatrucia dymem oraz wymagania, jakie powinny spełniać system wentylacji oddymiającej.

## Selected aspects of fire protection in buildings

When a fire breaks out in the workplace, it is dangerous for everybody present in the building. On the one hand people are impeded by burning materials and very high temperature of surfaces; on the other, evacuation is often limited by smoke rising and dispersing quickly in rooms, which may lead to infection or poisoning with carbon monoxide. This paper presents practical aspects of employee protection against smoke poisoning by utilizing smoke ventilation system.

## Zjawisko pożaru, schemat bezpiecznego postępowania

Warunkiem rozpoczęcia i podtrzymania pożaru jest jednoczesne występowanie trzech czynników: ciepła (energii), tlenu i paliwa, natomiast rozmiar pożaru uzależniony jest w głównej mierze od dostępności tlenu i paliwa. Przy braku któregoś z tych składników pożar gaśnie. Zapalenie paliwa w budynku powoduje rozprzestrzenianie się płomieni oraz gorącego dymu w kierunku od podłogi do sufitu, po przekroczeniu temperatury 600 °C możliwe jest przetrzucenie ognia nawet na znaczne odległości od źródła ciepła i ogarnięcie przez pożar całego pomieszczenia lub budynku. Ograniczenie tego zjawiska następuje przy zastosowaniu wentylacji pożarowej (oddymiającej), która usuwa znaczne ilości dymu od momentu rozpoczęcia pożaru i uruchomienia instalacji. Rozróżnia się 2 rodzaje pożaru [1]:

– limitowany przez wentylację (ilość powietrza w pomieszczeniach jest niewystarczająca do procesu spalania) oraz

– limitowany przez ilość paliwa (rozwój pożaru zależy od szybkości przemieszczania się płomieni).

Elementem skutecznego zabezpieczenia przeciwpożarowego budynku jest zaplanowanie prawidłowego scenariusza rozwoju zdarzeń w czasie pożaru [2]. Scenariusz ten powinien zawierać następujące elementy (modyfikowane w zależności od budynku):

– wykrycie źródła pożaru  
 – odcięcie strefy objętej pożarem – użytkownicy przyległych stref możliwie długo nie powinni być alarmowani, a ich ewentualna ewakuacja powinna zostać rozpoczęta dopiero po podjęciu odpowiedniej decyzji przez służby ratownicze

– zaalarmowanie straży pożarnej w przypadku, gdy służby ochrony budynku stwierdzą, że zagrożenie nie może zostać opanowane własnymi siłami

– ewakuację użytkowników strefy objętej pożarem do przestrzeni zabezpieczonej przed pożarem i jego skutkami w taki sposób, aby ewakuowani nie byli narażeni na działanie dymu i gorących gazów, a także, aby dym i gorące gazy nie wydostały się poza strefę objętą pożarem

– rozpoczęcie akcji gaśniczej przez służby ratownicze – podczas akcji gaśniczej dym i gorące gazy nie powinny utrudniać interwencji służb ratowniczych, a także wydostawać się poza strefę objętą pożarem

– ewakuację ludzi z pozostałych stref, nie objętych pożarem

– zabezpieczenie mienia i samego budynku.

Skuteczne przeprowadzenie tych działań wymaga prawidłowego zaplanowania poszczególnych elementów ochrony przeciwpożarowej budynku.

## Dym jako zagrożenie życia człowieka

Dym – zgodnie z PN-B-02856:1989 [3] – jest to „faza produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów rozpraszających światło, składająca się z cząstek, które stanowiąc mogą kropelki cieczy, fragmenty ciała stałego oblepione cieczą lub substancją smolistą”. Dym jest więc mieszaniną składającą się z fazy stałej (niedopalonych części stałych), ciekłej (aerozoli i pary wodnej) oraz gazowej (gazowych produktów spalania). W zależności od udziału poszczególnych faz

dym może przybierać barwę białą (bogaty w aerozole i parę wodną), szarą (aerozole i cząstki stałe) albo czarną (głównie cząstki stałe). Produktami procesów zachodzących podczas spalania w obiektach budowlanych są (poza wymienionymi we wcześniejszej części artykułu): cząsteczki niespalonych materiałów palnych oraz gazy toksyczne, tj. cyjanowodór (HCN), chlorowodór (HCl), bromowodór (HBr), fluorowodór (HF), tlenki azotu oraz akroleina (związek z grupy aldehydów nienasyconych). Główne zagrożenia związane z pożarem to:

- oddziaływanie termiczne i bezpośrednie oddziaływanie płomieni
- silne oddziaływanie toksyczne produktów zawartych w dymie, połączone z obniżeniem zawartości tlenu
- zmniejszenie widzialności, powodujące spowolnienie ewakuacji.

**Toksyczne właściwości dymu**

Oprócz podstawowych produktów spalania, w budynkach wydzielają się bardzo duże ilości innych gazów drażniąco-duszających oddziałujących na organizm. Wpływ ten jest uzależniony od czasu ekspozycji oraz stężenia danej substancji. Do najbardziej niebezpiecznych gazów duszących należy tlenek węgla (CO), który powstaje w dużych

MINIMALNA WIDOCZNOŚĆ ZAPEWNIAJĄCA BEZPIECZEŃSTWO EWAKUACJI [6,7]  
Minimum visibility provides safe evacuation [6, 7]

Stopień znajomości budynku	Widoczność
Budynek znany	3-5 m
Budynek nieznan	15-20 m
Rodzaj pomieszczenia	Widoczność
Małe pomieszczenie	5
Inne pomieszczenia lub przestrzenie	10

ilościach, jest bezwonny i powoduje utratę świadomości i przytomności. Równie istotny jest spadek stężenia tlenu w pomieszczeniach objętych pożarem, który stanowi składnik procesu spalania i w niedługim czasie jego stężenie spada poniżej 10% [4]. Pochłanianie tlenu do procesu spalania nie następuje tylko w otwartym płomieniu, ale również w przypadku dopalania się cząstek unoszących się wraz z dymem. Często to właśnie nie płomienie stanowią bezpośrednie zagrożenie życia i zdrowia, lecz rozprzestrzeniający się w budynku dym, toksyczne gazy i obniżenie zawartości tlenu w powietrzu. Jak wynika z przeprowadzonych badań [5], na toksyczne właściwości CO ma wpływ nie tylko jego stężenie, lecz także towarzysząca mu procentowa zawartość CO<sub>2</sub> w mieszaninie

gazów. Efektywna toksyczność tlenu węgla rośnie wraz ze wzrostem stężenia ditlenku węgla, co zostało przedstawione na rysunku.

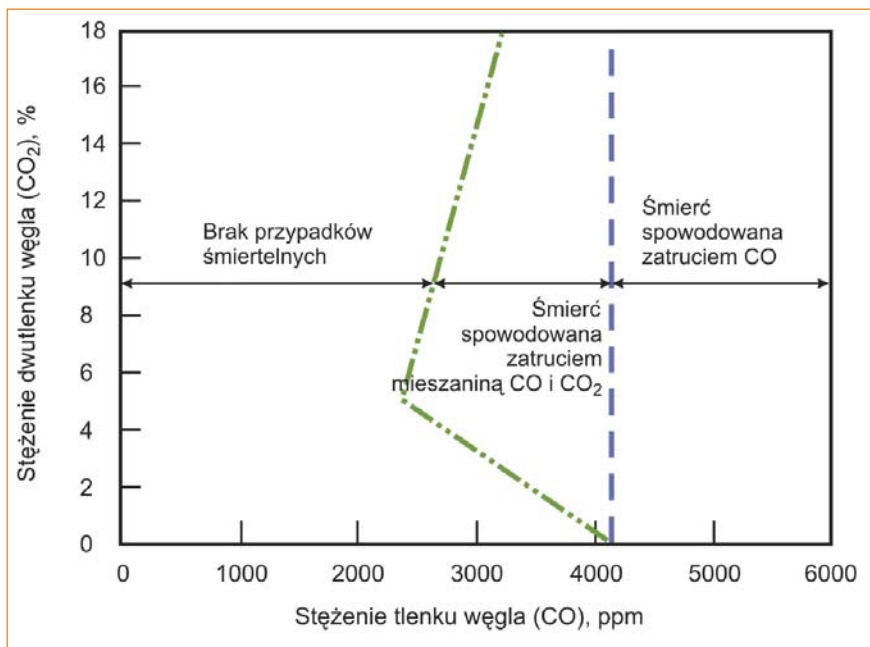
**Widoczność**

Widoczność jest elementem pośrednio wpływającym na zagrożenie życia ludzi, jednak należy pamiętać, że osoby poruszające się w zadymionych pomieszczeniach potrzebują znacznie więcej czasu na wydotanie się z budynku niż miałyby to miejsce w przypadku normalnego użytkowania obiektu, gdyż do czasu swobodnego opuszczenia budynku przez pracowników należy dodać czas wynikający z zaskoczenia, stresu i dezorientacji. Wymagane jest, aby gęstość dymu nie przekroczyła wartości umożliwiającej poruszanie się z prędkością 0,3 m/s, czyli z teoretyczną prędkością poruszania się w ciemności [1], przy czym przyjmuje się, że utrudnienie ewakuacji następuje przy widoczności poniżej 4 m. Dla poszczególnych budynków i pomieszczeń określono graniczne, minimalne wartości widoczności, jakie muszą być zachowane podczas pożaru (tabela).

Należy pamiętać również o tym, że gorsza widoczność to dłuższy czas ewakuacji, a tym samym dłuższy czas ekspozycji na niebezpieczne gazy i większa inhalacja powodowana przyspieszonym oddechem.

**Temperatura i płomienie**

Zakłada się, że kontakt z dymem o temperaturze powyżej 120 °C stanowi bezpośrednie zagrożenie dla człowieka, jednakże dym także o niższej temperaturze jest złejszy od powietrza w pomieszczeniu i unosi się do góry, gromadząc w strefie pod sufitem [4]. Umożliwia to w początkowej fazie pożaru stosunkowo bezpieczną ewakuację i mniejsze ryzyko poparzenia, lecz przy braku wentylacji pożarowej warstwa gro-



Rys. Śmierć spowodowana ekspozycją wyłącznie na tlenek węgla oraz na mieszaninę tlenu i dwutlenku węgla [5]

Fig. Death caused by exposure strictly on carbon monoxide and composite of carbon monoxide and carbon dioxide [5]

madzącego się pod sufitem dymu może się na tyle zwiększyć, że temperatura w strefie przebywania ludzi przekroczy dopuszczalny poziom.

### Wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej budynków

Przepisy regulujące wymagania ochrony przeciwpożarowej budynków (bez uwzględnienia wymagań stawianych wyrobom budowlanym i elementom instalacji wewnętrznych) zawarte są w ustawie – Prawo budowlane [8], a także rozporządzeniach odpowiednich ministrów: w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9] oraz w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [10].

Prawo budowlane [8] stanowi, iż **każdy obiekt budowlany powinien być projektowany, budowany, użytkowany i utrzymywany zgodnie z przepisami, w tym techniczno-budowlanymi oraz zasadami wiedzy technicznej, w taki sposób, aby spełnione były podstawowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego** (art. 5 ust. 1 pkt 1b [8]). Natomiast §207 ust. 1 rozporządzenia ministra infrastruktury [9], mówi, że budynek i urządzenia z nim związane, powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru:

- 1) nośność konstrukcji przez czas wynikający z wymagań dla danego typu budynku,
- 2) ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
- 3) ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na inne budynki,
- 4) możliwość ewakuacji ludzi, a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

W dalszej części tego rozporządzenia [9] są także postanowienia dotyczące m.in. podziału budynków według kategorii zagrożenia ludzi (ZL), podziału na strefy pożarowe, określenia wymagań odnośnie oddzieleni pożarowych, długości dróg ewakuacyjnych oraz określenia odporności pożarowej budynku.

W rozporządzeniu ministra spraw wewnętrznych i administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów

[10] określono czynności zabronione i obowiązki w zakresie przeciwpożarowym oraz wymagania dotyczące dróg ewakuacyjnych, przeciwpożarowych instalacji wodociągowych, czy stałych urządzeń gaśniczych. Nieprzypadkowo położono w nim nacisk na zabezpieczenie dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem (§11 ust. 1, pkt 4). Niespełnienie tego warunku zgodnie z §12 ust. 1, pkt 5 daje podstawę do uznania obiektu za zagrażający życiu ludzi w nim przebywających.

### Wentylacja pożarowa – wymagania

Mianem wentylacji pożarowej określa się instalację oddymiającą:

- wywiewną, która usuwa dym oraz gorące gazy
- instalację nawiewną, dostarczającą powietrze do strefy zadymionej, dzięki czemu rozprzestrzenianie dymu będzie skierowane w stronę otworów wywiewnych, a na miejscu zanieczyszczonego powietrza usuwanego będzie dostarczane czyste powietrze kompensacyjne.

Wentylacja pożarowa zabezpiecza przed zadymieniem takie drogi ewakuacji osób, jak: klatki schodowe, przedsionki przeciwpożarowe i szyby dźwigowe używane przez ekipy ratownicze oraz korytarze ewakuacyjne. Prawidłowe działanie instalacji wentylacji pożarowej jest podstawowym warunkiem przeprowadzenia sprawnego ewakuacji ludności z budynku podczas pożaru. Takie zabezpieczenie jest szczególnie ważne w przypadku budynków wysokościowych (tj. o wysokości powyżej 55 m i powyżej 8 kondygnacji), gdzie podjęcie akcji ratowniczej dla wyżej zlokalizowanych kondygnacji jest możliwe tylko poprzez wewnętrzne korytarze i klatki schodowe.

### Elementy składające się na prawidłowe zabezpieczenie pracowników przed dymem:

#### Strefy pożarowe

W budynku powinny być wydzielone przestrzenie, poza które nie będzie możliwości przedostania się pożaru. Strefą pożarową może być zatem: kondygnacja, klatka schodowa, szyby dźwigowe i wen-

tylacyjne itp. Elementami ograniczającymi strefy pożarowe powinny być elementy wykonane z materiałów o najwyższych klasach odporności ogniowej, np. odporność ogniowa drzwi powinna wynosić co najmniej EI 30. Zgodnie z § 232 ust. 1 rozporządzenia ministra infrastruktury [9], ściany i stropy stanowiące elementy oddzielenia przeciwpożarowego, powinny być wykonane z materiałów niepalnych, a występujące w nich otwory obudowane przedsiionkami przeciwpożarowymi lub zamykane za pomocą drzwi przeciwpożarowych bądź innego zamknięcia przeciwpożarowego.

Wielkości stref pożarowych zależą od rodzaju budynku i dla budynków niskich (do 12 m lub 4 kondygnacji) wynoszą maksymalnie 8000 m<sup>2</sup>, dla średniego (od 12 do 25 m lub 4 do 9 kondygnacji) – 5000 m<sup>2</sup>, a dla wysokiego (od 25 do 55 m lub od 9 do 18 kondygnacji) – 2500 m<sup>2</sup> (§227 ust. 1) [9]. Parametr ten jest szczególnie istotny, gdyż z wielkością stref pożarowych związana jest rozpiętość instalacji wentylacji pożarowej i im większy przyjęty rejon oddymiania obsługiwany przez jedną instalację, tym większe jest ryzyko jej wadliwego działania.

#### Drogi ewakuacji

Z każdego pomieszczenia w budynku powinna być zapewniona możliwość sprawnego wyjścia na zewnątrz lub/i do sąsiedniej strefy pożarowej. Wymagania odnośnie przejść (dróg) ewakuacji reguluje §237 rozporządzenia ministra infrastruktury [9]. Maksymalna długość przejścia ewakuacyjnego powinna wynosić nie więcej niż 40 m, a jednocześnie przejście ewakuacyjne nie powinno prowadzić łącznie przez więcej niż trzy pomieszczenia. Szerokość przejścia określana jest proporcjonalnie do liczby osób, które w razie pożaru będą tamtędy uciekać. Przyjmuje się co najmniej 0,6 m na 100 osób, lecz nie mniej niż 0,9 m, a w przypadku przejścia służącego do ewakuacji do 3 osób – nie mniej niż 0,8 m (§237 ust. 8 i 10) [9]. Liczba wyjść ewakuacyjnych w każdym pomieszczeniu zależy od jego powierzchni. I tak, np. w pomieszczeniach o powierzchni powyżej 300 m<sup>2</sup>, powinny być zaplanowane co najmniej dwa wyjścia ewakuacyjne, oddalone od siebie o co najmniej 5 m (§238 pkt 2) [9]. Dodat-

kowo, w budynkach wysokich i wysokościowych, mających kondygnację użytkową na wysokości powyżej 25 m, przynajmniej jeden dźwig w każdej strefie pożarowej powinien być przystosowany dla ekip ratowniczych (minimalna nośność 1000 kg, wymiary poziome kabiny nie mniejsze niż 1,1 m x 2,1 m), dzięki czemu zapewniona będzie ewakuacja rannych na noszach. Szyb dźwigu dla ekip ratowniczych powinien być wyposażony w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu (§255) [9].

### System detekcji dymu

Rozpoczęcie ewakuacji ludności z budynku oraz akcji gaśniczej zależy od czasu uruchomienia systemu ochrony przeciwpożarowej, tak więc dobór odpowiednich czujek dymu i ognia powinien być potraktowany nadrzędnie. Przy doborze czujek należy przeprowadzić analizę typu pożaru, jaki może zaistnieć w danym budynku – jeżeli jest wiele możliwości powstania pożaru projektanci zazwyczaj dobierają jonizacyjne czujki dymu, które, jak wynika z testów pożarowych, są bardziej uniwersalne niż czujki optyczne. Jednakże ze względu na dużą wrażliwość na znaczne prędkości powietrza, mogą one wywołać fałszywy alarm. W niektórych przypadkach zamiast czujek jonizacyjnych lub optycznych bezpieczniej jest stosować czujki dwusensorowe: optyczno-temperaturowe. Czujka ta ma czułość podobną do optycznej przy wykrywaniu dymów w niskiej temperaturze, jednak ma znacznie wyższą czułość w wyższej temperaturze oraz podczas pożaru bezdymnego. Z tego powodu czujki te są stosowane w nowych budynkach biurowych z lokalami pod wynajem, bowiem nie wiadomo, jakie przeznaczenie docelowe będą miały poszczególne pomieszczenia. Zgodnie z rozporządzeniem MSWiA [10], w budynkach użyteczności publicznej oraz zamieszkania zbiorowego jest wymagane stosowanie systemu sygnalizacji pożarowej oraz dźwiękowego systemu ostrzegawczego. Ponieważ ewakuacja nie musi obejmować jednocześnie całego budynku (przy budynkach o znacznej powierzchni w pierwszym etapie ewakuuje się pracowników ze strefy, w której wykryto pożar, a w dalszej kolejności ze stref nie objętych pożarem), sygnały ostrzegawcze

powinny być odpowiednio nadawane w tych strefach, z których prowadzona jest ewakuacja, a ich natężenie powinno być ustawione na takim poziomie, aby nie były słyszalne w pozostałych strefach pożarowych. W tamtych strefach, w sytuacji, w której ich użytkownicy mogliby poczuć się poważnie zaniepokojeni, powinny być nadawane komunikaty z poleceniem pozostania na swoich miejscach i apelem o zachowanie spokoju.

### System urządzeń wentylacji pożarowej

Jak wspomniano wcześniej, wentylacja pożarowa jest niezbędnym elementem zabezpieczenia budynku przed zadymieniem: klatek schodowych, przedsionków przeciwpożarowych i szybów dźwigów dla ekip ratowniczych oraz korytarzy ewakuacyjnych, dzięki czemu możliwe jest przeprowadzenie akcji ratowniczej. Wymagania dotyczące instalacji wentylacji pożarowej zostały określone w rozporządzeniu ministra infrastruktury [9]. Urządzenia zastosowane w systemie wentylacji pożarowej powinny zapewnić odpowiedni „naciśnieniowy” rozkład powietrza na klatkach schodowych i w przedsionkach w stosunku do poziomych dróg ewakuacji, przy jednoczesnym usuwaniu dymu w liczbie co najmniej 10 wymian w ciągu godziny (§270 pkt 1) [9]. Wywiew powietrza powinien być połączony z jednoczesnym nawiewem powietrza, wspomagającym skuteczne usuwanie zadymionego powietrza (§270 pkt 2) [9]. Wszystkie elementy, z których wykonana jest instalacja (np: przeciwpożarowa, klapy odcinające, urządzenia sygnalizacji pożarowej, stałe urządzenia gaśnicze, wentylatory do oddymiania) powinny mieć certyfikat zgodności [11] lub deklarację zgodności z wymaganiami norm polskich lub aprobat technicznych.

### Współpraca systemów ochrony przeciwpożarowej budynku

Zgodnie z rozporządzeniem MSWiA [10], w budynkach zamieszkania zbiorowego oraz użyteczności publicznej należy instalować stałe urządzenia gaśnicze, wodne – tryskaczowe lub zraszaczowe, jak również hydranty wewnętrzne z wężem

półsztywnym oraz zawory hydrantowe 52 (bez wyposażenia), umieszczone na pionach nawodniowych.

Najistotniejszym elementem w ochronie pożarowej osób jest prawidłowe współdziałanie wszystkich zainstalowanych w obiekcie systemów, które działając według wcześniej ustalonego scenariusza zapewnią sprawną i szybką ich ewakuację, a także pozwolą służbom straży pożarnej na skuteczne podjęcie działań gaśniczych.

### Podsumowanie

Wentylacja oddymniająca jest jednym z najistotniejszych systemów w budynku. W przypadku, gdy jest prawidłowo zaprojektowana i wykonana oraz sprawdzona wieloma testami, z jednej strony zapewni poczucie bezpieczeństwa użytkownikom budynku, z drugiej – pomoże w sytuacji wystąpienia pożaru, ograniczyć do minimum potencjalne straty.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] D. Brzezińska, R. Jędrzejewski *Wentylacja pożarowa budynków wysokich i wysokościowych – poradnik*, Szczecin 2003
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (DzU nr 121 poz. 1137)
- [3] PN-B-02856:1989 – *Ochrona przeciwpożarowa budynków – Metoda badania właściwości dymotwórczych materiałów*
- [4] P. Chardot *Le Guide du Désenfumage*. CNPP 1998
- [5] J.H. Klote, J.A. Milke *Principles of Smoke Management*. ASHRAE 2002
- [6] B. Mizieliński *Systemy oddymiania budynków*. WNT Warszawa 1999
- [7] *Fire safety engineering in buildings. Part 1. Guide to the application of fire safety principles*. Draft for Development. DD240: Part 1:1997
- [8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (T. jedn. DzU z 2003 r. nr 207, poz. 2016)
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75 poz. 690 ze zm.)
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU nr 80 poz. 563)
- [11] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (DzU nr 143, poz. 1002)