

Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów



Redakcja naukowa:
bryg. dr. inż. Jacka Zboiny

Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów

Publikacja opracowana w ramach projektu nr DOB-BIO7/08/01/2015
finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju pod tytułem:
„Opracowanie innowacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów
zabytkowych w zurbanizowanych centrach miast”

Projekt realizowany przez konsorcjum w składzie:

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie

Dynamic Safety Corporation Spółka z o.o.



Szkoła Aspirantów
Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie



**Dynamic
Safety
Corporation**
virtual reality systems

Wydawnictwo CNBOP-PIB

Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów

Redakcja naukowa:
bryg. dr. inż. Jacka Zboiny

Wydawnictwo CNBOP-PIB
Józefów 2018

Redakcja naukowa:

bryg. dr inż. Jacek Zboina

Zespół autorski:

mgr inż. Damian Bąk

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Jan Kielin

mgr Beata Wojtasiak

mgr inż. Konrad Zaciera

bryg. dr inż. Jacek Zboina

Recenzja:

prof. dr hab. inż. Bernard Wiśniewski

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Piotr Wojtaszewski

Opracowanie graficzne i projekt okładki:

Marek Klimek

Przygotowanie do wydania i wydruk:

Wydawnictwo PASCAL

Grafika na okładce:

Shutterstock.com

ISBN: 978-83-948534-3-3

DOI: 10.17381/2018.4

Publikacja jest dostępna na licencji Creative Commons-Uznanie autorstwa-
Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0).

Objętość: 7,5 ark. wyd.

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

05-420 Józefów k/Otwocka, ul. Nadwiślańska 213

www.cnbop.pl

Spis treści

Wstęp	7
ROZDZIAŁ I. TWORZENIE SCENARIUSZY ROZWOJU POŻARÓW W MUZEACH	9
Wprowadzenie	9
1. Przygotowanie niezbędnych informacji mających wpływ na możliwość powstawania i rozwoju pożarów w muzeach i obiektach zabytkowych	11
1.1. Ocena warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu muzealnego/ zabytkowego, dla którego jest opracowywana analiza możliwości powstania i rozprzestrzenienia się pożaru (AMPIRP).....	11
2. Cele ochrony i standardy (kryteria) bezpieczeństwa	19
2.1. Cele ochrony, wymagania funkcjonalne i kryteria jakościowe	19
2.2. Spełnienie wymagań funkcjonalnych przez dotrzymanie kryteriów wydajnościowych – definiowanie celów ochrony poprzez zasady techniki	21
3. Podstawowe informacje z zakresu teorii spalania substancji	23
3.1. Pojęcia podstawowe	23
3.2. Podstawowe informacje dotyczące spalania	27
3.3. Zapalność	30
3.4. Powstawanie węgla	30
3.5. Spowalnianie spalania (flegmatyzacja).....	31
3.6. Trójkąt spalania – 3 warunki do zaistnienia spalania	31
3.7. Przepływ ciepła	33
3.8. Źródła ciepła i zapłonu	38
3.9. Rozwój pożaru	43
3.10. Klasyfikacja pożarów	53
3.11. Wpływ geometrii pomieszczenia na przebieg pożaru.....	55
3.12. Ciąg wsteczny płomieni (backdraft).....	63
4. Opracowywanie analizy możliwości powstania i rozprzestrzenienia się pożaru w strefie pożarowej – scenariusz pożarowy	69
4.1. Określenie warunków brzegowych i maksymalnego dopuszczalnego oddziaływania pożaru	72
4.2. Opracowywanie scenariuszy pożarowych	73
4.3. Ochrona zabytków	86
5. Analiza możliwego wpływu zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych oraz rozwiązań organizacyjnych na rozwój pożaru	89
Podsumowanie i wnioski	93

ROZDZIAŁ II. WYMAGANIA DLA SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY EWAKUACJI ZBIORÓW, DÓBR I EKSPONATÓW ZABYTKOWYCH ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W CHRONIONYCH OBIEKTACH	95
Wprowadzenie.....	95
1. Koncepcja i podstawowe wymagania dla systemów.....	97
2. Wymagania klimatyczne oraz kompatybilności elektromagnetycznej dla elektronicznych/fizycznych elementów systemu.....	107
3. Opracowanie wymagań techniczno-użytkowych dla elektronicznych/fizycznych elementów systemu.....	127
Podsumowanie i wnioski.....	134
ROZDZIAŁ III. PROGRAM CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH I ZABYTKOWYCH	137
Wprowadzenie.....	137
1. Wymagania w procesie certyfikacji obiektów muzealnych.....	141
2. Ocena bezpieczeństwa pożarowego obiektu.....	145
3. Zasady certyfikacji muzeów.....	149
Podsumowanie i wnioski.....	151
Zakończenie	153
Bibliografia	155
Notki biograficzne autorów	158

WSTĘP

Bezpieczeństwo, w tym bezpieczeństwo pożarowe, jest przedmiotem badań naukowych, prac rozwojowych, obszarem poszukiwania i wdrażania nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych. Aktualne są wciąż pytania: jak skuteczniej chronić życie, zdrowie, mienie i środowisko? Jak zapewnić ciągłość funkcjonowania muzeów, a także obiektów zabytkowych? Prowadzone w tym zakresie badania, prace i działania muszą uwzględniać w praktyce zmiany, to jest przede wszystkim ewolucje znanych zagrożeń i fakt powstawania nowych, dotychczas nieznanych. Wypracowywaniu nowych rozwiązań służą między innymi ukierunkowane na ten temat projekty badawcze. Jednym z nich jest projekt OZAB¹. Prowadzone w ramach tego projektu badania naukowe przez konsorcjum² poświęcone są rozwiązaniom służącym poprawie ochrony przeciwpożarowej w obiektach muzealnych, w tym w tych zabytkowych, i lepszej ochronie ich zbiorów przed pożarem z zastosowaniem nowych technologii i rozwiązań technicznych. Prowadzone w ramach projektu badania były przyczynkiem i inspiracją do dalszych pogłębianych badań i prac autorów w tym zakresie. Niezależnie, autorzy poniższej publikacji prowadzili własne badania naukowe, które upoważniają do sformułowania konkretnych wniosków i przedstawienia nowych propozycji i wdrażania rozwiązań w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów muzealnych i ich zbiorów, które zawarto w poniżej monografii.

W publikacji przedstawiono na podstawie prowadzonych badań literatury w trzech kolejnych rozdziałach: w rozdziale pierwszym – wytyczne tworzenia scenariuszy rozwoju pożarów w muzeach, w kolejnym – propozycje wymagań dla systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach muzealnych, a w ostatnim, trzecim rozdziale – propozycje zasad certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych, które są już wdrożone i stanowią ofertę CNBOP-PIB. Każdy z rozdziałów zakończono podsumowaniem zawierającym wnioski sformułowane na podstawie prowadzonych badań własnych.

¹ Projekt pt. *Opracowanie innowacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych w zurbanizowanych centrach miast* nr DOB-BIO7/08/01/2015, finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (konkurs nr 7/2015 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa).

² Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, Dynamic Safety Corporation Spółka z o.o.

W rozdziale pierwszym przedstawiono niezbędne informacje mające wpływ na możliwość powstawania i rozwoju pożarów w muzeach i obiektach zabytkowych. W dalszej części opisano cele ochrony przeciwpożarowej i standardy (kryteria) bezpieczeństwa pożarowego. W rozdziale tym zawarto także podstawowe wiadomości z zakresu teorii spalania, które są przydatne do opracowywania analizy możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru w strefie pożarowej, czyli scenariuszy pożarowych. Rozdział ten zakończono analizą możliwego wpływu zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych oraz rozwiązań organizacyjnych na rozwój pożaru. Rozdział opracowano na podstawie dostępnej literatury, która została przywołana, a także na podstawie wyników badań własnych i doświadczeń autorów.

Kolejny rozdział poświęcono przybliżeniu propozycji ogólnych wymagań dla systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach. Zawarto w nim koncepcje stosowania takich systemów na rzecz ochrony przeciwpożarowej. Sformułowano propozycje wymagań klimatycznych, kompatybilności i techniczno-użytkowych dla elektronicznych/fizycznych elementów systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów. Rozdział opracowano na podstawie dostępnej literatury, ogólnodostępnych dokumentów normatywnych, a także na podstawie praktyki i doświadczenia zawodowego autorów w zakresie formułowania wymagań dla wyrobów i systemów.

Trzeci rozdział to propozycja zasad certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych, która zawiera wymagania w procesie certyfikacji obiektów muzealnych, a także właściwe kryteria oceny bezpieczeństwa pożarowego tego typu obiektów, które proponuje CNBOP-PIB. Przybliżono w nim program certyfikacji opracowany dla obiektów muzealnych, który pozwala skutecznie oceniać warunki ochrony przeciwpożarowej i dokonywać certyfikacji w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Program ten jest propozycją wdrożoną w praktyce i stanowi ofertę certyfikacyjną CNBOP-PIB. Rozdział opracowano na podstawie dostępnej literatury, ogólnodostępnych dokumentów normatywnych, a także na podstawie praktyki i doświadczenia zawodowego autorów w zakresie badań i certyfikacji.

bryg. dr inż. Jacek Zboina

ROZDZIAŁ I

TWORZENIE SCENARIUSZY ROZWOJU POŻARÓW W MUZEACH

WPROWADZENIE

Zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru, katastrofy lub innego miejscowego zagrożenia oraz przygotowanie zasobów osobowych i technicznych do zwalczania pożarów są jednymi z podstawowych zadań, jakie ustawa o ochronie przeciwpożarowej¹ stawia przed zarządzającymi bezpieczeństwem pożarowym w każdym obiekcie. Dotyczy to także szeroko rozumianych obiektów kultury, które jako dobra narodowe podlegają szczególnej ochronie.

Dla obiektów nowo powstających cele ochrony przeciwpożarowej są określane już na etapie ich projektowania. W przypadku obiektów istniejących niezbędne jest przeprowadzenie analizy możliwości osiągnięcia tych celów. Istotnym elementem tej oceny są scenariusze rozwoju i rozprzestrzeniania się możliwych pożarów. Jednym z przykładów obiektów istniejących są obiekty zabytkowe i muzealne, mające w większości wieloletnią, a nierzadko już wielowiekową historię. Obecnie dostępne są coraz nowocześniejsze rozwiązania techniczne, których zastosowanie pozwala na skuteczniejszą ochronę przeciwpożarową tego typu obiektów, zarówno w zakresie ochrony biernej, jak i czynnej.

Aby móc ocenić poziom bezpieczeństwa oraz zapewnić odpowiednie środki ochrony w muzeum lub w obiekcie zabytkowym, niezbędne jest opracowanie analizy prawdopodobieństwa powstania i rozwoju pożarów dla poszczególnych stref pożarowych w takim obiekcie.

¹ Art. 1 ust. 2 ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2018 r., poz. 620).

1. PRZYGOTOWANIE NIEZBĘDNYCH INFORMACJI MAJĄCYCH WPŁYW NA MOŻLIWOŚĆ POWSTAWANIA I ROZWOJU POŻARÓW W MUZEACH I OBIEKTACH ZABYTKOWYCH

1.1. Ocena warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu muzealnego/zabytkowego, dla którego jest opracowywana analiza możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru (AMPiRP²)

Przystępując do opracowania AMPiRP w obiekcie muzealnym/zabytkowym, która będzie podstawą do oceny poziomu przygotowania na wypadek pożaru lub innego zdarzenia krytycznego, a także podstawą do opracowania wniosków mających na celu poprawę tego przygotowania, należy najpierw zapoznać się z dokumentacją dotyczącą sformułowanych dla danego obiektu celów ochrony przeciwpożarowej i opracowanymi analizami: jakościową i ilościową dla rozpatrywanej strefy pożarowej (strefy pożarowych – jeśli analiza dotyczy kilku stref) lub w przypadku ich braku opracować takie analizy. Dla obiektów istniejących niejednokrotnie trzeba będzie zweryfikować wcześniej ustalone cele ochronne i poddać je krytycznej analizie.

W tym celu należy pozyskać z dokumentacji lub opracować w oparciu o dostępne źródła:

- a) analizę jakościową,
- b) analizę ilościową,
- c) zestawienie porównawcze rezultatów ww. analiz z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (sformułowanymi w celach ochrony) oraz
- d) objaśnienie tych rezultatów.

Analiza jakościowa

W ramach analizy jakościowej określa się możliwe rozwiązania z uwzględnieniem ogólnych i specjalnych celów ochronnych (np. szczególne wymagania dotyczące ewakuacji najcenniejszych zbiorów z rozpatrywanej strefy pożarowej).

W tym celu ustala się istotne warunki brzegowe w zakresie technicznej ochrony przeciwpożarowej dla obiektu, sposób jego użytkowania i parametry wyjściowe niezbędne do analizy jakościowej z wymaganym poziomem uszczegółowienia. Dotyczy to przede wszystkim:

- zastosowanej technologii wykonania obiektu (konstrukcja budynku i zastosowane materiały budowlane, podział na strefy pożarowe, drogi ewakuacyjne),
- sposobu użytkowania obiektu (gęstość obciążenia ogniowego, sposób użytkowania, użytkownicy),

² AMPiRP – analiza możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru.

- infrastruktury (techniczne urządzenia ochrony przeciwpożarowej, warunki do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych),
- scenariuszy pożarowych (możliwe miejsca powstania pożaru i jego rozprzestrzenienia się, warunki brzegowe przebiegu pożaru) – jeżeli takie scenariusze zostały już na etapie projektowania opracowane.

Należy także przeanalizować, czy w wymaganiach wynikających z przepisów ochrony przeciwpożarowej uwzględnione są ryzyka i cele w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa.

Analiza ilościowa³

W ramach analizy jakościowej ustalane są cele ochrony i wybrane scenariusze pożarowe, które stanowią teraz, wraz z ustalonymi technicznymi warunkami brzegowymi ochrony przeciwpożarowej, podstawę dla ilościowego badania różnych problemów.

W ramach analizy ilościowej należy rozpatrzyć:

- scenariusze pożarów projektowych, które były podstawą do przyjęcia technicznych środków ochrony przeciwpożarowej,
- analizy możliwości powstania i rozwoju możliwych pożarów dla przypadków, gdy takich scenariuszy dotychczas nie opracowano,
- analizę oddziaływania hipotetycznego pożaru, włącznie z rozprzestrzenieniem się dymu i jego odprowadzaniem (wraz z uzasadnieniem),
- wymagania ochrony przeciwpożarowej dla elementów budynku i jego konstrukcji nośnej (wraz z uzasadnieniem),
- modele i dane do ustalenia potrzeb w zakresie technicznych środków ochrony przeciwpożarowej i przygotowania do gaszenia pożaru w obiekcie (wraz z uzasadnieniem),
- ustalone wymagania dla zapewnienia bezpieczeństwa osób i warunków do ewakuacji ludzi (wraz z uzasadnieniem),
- środki do ewakuacji obiektu (ludzi i zbiorów) w sytuacji zagrożenia,
- ocenę ryzyka i ustalenie wymagań w zakresie bezpieczeństwa.

Zastosowane postępowanie obliczeniowe może obejmować zakres, począwszy od zespolonych modeli symulacji (np. CFD – model do prognozowania rozprzestrzeniania się dymu w budynkach) do prostych podstawowych równań przybliżonych. Wybór stosownego postępowania zależy od potrzeb i wymaganej dokładności.

Wiele parametrów powinno się badać w powiązaniu z czasem, tzn. rachunkowe rezultaty dla zadania mogą być jednocześnie wyjściowymi wielkościami dla kolejnego problemu, który może wystąpić w kolejnej fazie hipotetycznego pożaru. Przy tym muszą być brane pod uwagę współzależności wielkości fizycznych wejściowych i wyjściowych, by zapewnić właściwą ocenę ogólną dla strefy pożarowej.

³ Na podstawie *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013, rozdz. 1, str. 13–14.

Odpowiedzialność, co do wyboru stosownego postępowania obliczeniowego i potrzebnych danych wejściowych, spoczywać powinna na specjalście ds. bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie, w którym zlokalizowana jest rozpatrywana strefa pożarowa lub rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych mającego doświadczenie w kierowaniu działaniami ratowniczo-gaśniczymi.

Interpretacja wyników

Dane uzyskane z analizy powstania i rozprzestrzeniania się pożaru należy następnie porównać z rezultatami analiz ilościowych względem istotnych dla obiektu problemów. W oparciu o te ustalenia sformułować należy wnioski końcowe odnośnie do kompensowania zagrożeń przy pomocy technicznych środków ochrony przeciwpożarowej (urządzenia przeciwpożarowe), w które analizowana strefa jest wyposażona, a które mogą mieć wpływ na rozwój zakładanego pożaru.

Powinno się wtedy przede wszystkim ponownie przeanalizować przebieg hipotetycznego pożaru i rozważyć możliwe jego oddziaływanie na znajdujące się w otoczeniu elementy palne. Przy tym zachodzą z reguły dwa przypadki, które należy rozpatrzeć:

- rozwój pożaru i jego oddziaływanie w pomieszczeniu objętym pożarem jako baza do rozprzestrzeniania się dymu i obciążenia cieplnego dla elementów budynku w tej przestrzeni,
- rozwój pożaru poza przestrzeń objętą pożarem jako baza do rozprzestrzeniania się dymu i jego odpływu oraz obciążenie cieplne elementów budowlanych w rozpatrywanej strefie pożarowej i w strefach sąsiednich.

Przy opracowywaniu scenariuszy rozwoju pożaru istotną rolę odgrywają następujące parametry:

- promieniowanie cieplne,
- przepływ ciepła (konwekcja i przewodzenie),
- rozprzestrzenianie się pożaru,
- spalanie,
- wentylacja,
- uwalnianie ciepła,
- skład dymu,
- produkty spalania.

Parametry te mogą zależeć od technicznych urządzeń i środków do zwalczania pożaru. Z uwzględnieniem wpływu tych wielkości fizycznych należy przeanalizować parametry graniczne mające wpływ na poszczególne cele ochrony (bezpieczeństwa). Są to wartości graniczne odporności pożarowej elementów budynku i jego konstrukcji nośnej w przypadku pożaru, i z drugiej strony graniczne stany bezpieczeństwa ludzi mające wpływ na skuteczność ewakuacji.

W dalszej części zawarte zostały zestawy różnych danych charakterystycznych dla substancji, które mogą znajdować się w środowisku pożaru i które mają wpływ na intensywność jego rozwoju, ale także które decydują o składzie gazowych produktów pożaru (gazy toksyczne, sadza). Informacje te i schematy powinny być pomocne przy analizie możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru w rozpatrywanych strefach.

Przedstawienie i interpretacja rezultatów⁴

Przedstawienie rezultatów powinno zawierać wszystkie założenia i warunki brzegowe, które są niezbędne do jego zrozumienia przez osoby trzecie. Powinny się w nim znaleźć następujące informacje:

- określenie celu analizy,
- charakterystyka budynku,
- uczestnicy (autorzy) analizy,
- rezultaty analizy z podaniem celów ochrony,
- badania rachunkowe dla przyjętej hipotezy przeprowadzone z zastosowaniem uznanych przez środowisko inżynierskie modeli lub procedur obliczeniowych oraz z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z charakterystyki obiektu (jeśli nie istnieje możliwość przeprowadzenia takich badań, wnioski należy sformułować w oparciu o uproszczone scenariusze pożarów),
- porównanie rachunkowej analizy z wymaganiami celów ochrony;
- zalecenia dla odnoszących się do budowy środków ochrony przeciwpożarowej,
- zalecenia dla technicznych urządzeń i środków ochrony przeciwpożarowej,
- zalecenia w zakresie organizacyjnych środków ochrony przeciwpożarowej podczas **eksploatacji budynku, na przykład określenie obowiązków pracowników, a w szczególności osób funkcyjnych zawarte w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego (IBP⁵)**, instrukcje obsługi urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, zadania pracowników w wypadku powstania pożaru, kierowanie (zarządzanie) działaniami ratowniczo-gaśniczymi przed przybyciem jednostek straży pożarnej oraz współpraca z tymi jednostkami po ich przybyciu.

Przy objaśnieniu rezultatów tych prac konieczne jest także wskazanie na niepewność rezultatów wynikającą z niepewnych albo wątpliwych wielkości wejściowych i niepewności samego modelu. Z reguły wpływ niepewnych parametrów może być oceniany przez powtórne obliczenia ze zmieniającymi danymi wejściowymi. Inną możliwością kompensowania niepewności jest stosowanie danych wejściowych leżących po stronie bezpiecznej.

⁴ Opracowanie własne na podstawie *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013, rozdz. 2, str. 17–20.

⁵ IBP – Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego.

Charakterystyka obiektu⁶

Przed przystąpieniem do oceny budynku z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej, niezbędne jest zebranie danych pozwalających na jej wykonanie. Dane te dotyczą:

- struktury budynku,
- zawartości budynku,
- infrastruktury technicznej ochrony przeciwpożarowej,
- wpływu otoczenia,
- użytkowników.

Informacje te powinny zawierać konkretne dane, takie jak wymiary, przyległe zabudowania i ich rodzaj oraz sposób użytkowania wynikający z zamierzeń projektowych, które zostały opracowane w ramach analizy jakościowej.

Struktura budynku

Struktura budynku powinna być rozpoznana z dokumentacji projektowej. Powinny być ustalone następujące dane:

- zewnętrzne wymiary budynku, wysokość i liczba kondygnacji,
- usytuowanie elementów nośnych konstrukcji (belki, podpory, ściany) i ich odporność ogniowa,
- podział budynku na strefy pożarowe z danymi dotyczącymi jakości oddzielen pod względem pożarowym w odniesieniu do ścian, stropów, drzwi, dachów, jak również zamknięć otworów występujących w tych elementach,
- dostęp do budynku z zewnątrz i drożność istniejących dróg ewakuacyjnych (dostępne klatki schodowe i przedsionki) w budynku, zapewniających możliwość ewakuacji w bezpieczne miejsce na zewnątrz lub do sąsiedniej strefy pożarowej (plan ewakuacji),
- rozmieszczenie klatek schodowych, śluz (przedsionków), ukształtowanie konstrukcji i powiązanie z poszczególnymi poziomami budynku,
- oddzielenie przedsionków od przestrzeni użytkowych i klatek schodowych, ukształtowanie konstrukcji, zamknięcie przedsionków w strefach przez samoczynnie zamykane drzwi (bramy) zabezpieczające przed rozprzestrzenianiem się dymu (ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu),
- rozmieszczenie i konstrukcyjne ukształtowanie pionowych i poziomych instalacji wentylacyjnych w budynku, włącznie z urządzeniami oddzielającymi w przejściach, jak i przejścia przez instalacje i urządzenia techniczne budynku i niezbędne izolacje przejść przez ściany i stropy oddzielen przeciwpożarowych,
- usytuowanie wind dla celów pożarowych (jeśli takie są), przedsionki i ich połączenia,

⁶ Opracowanie własne na podstawie *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013, rozdz. 2, str. 17–20.

- występowanie budowlanych elementów, takich jak sufity podwieszane, podłogi podniesione, ich oddzielenie od sąsiednich stref, jak i ich podział,
- kształt elewacji i zastosowane materiały, jak i rozmieszczenie okien, drzwi oraz bram,
- termiczne właściwości (gęstość, przewodzenie ciepła i pojemność cieplna) używanych ściennych materiałów, jak również ich klasyfikacja materiałowa.

Zawartość budynku

Określenie zawartości budynku jest jedną z podstaw dla jego oceny, ponieważ istniejąca gęstość obciążenia ogniowego decyduje o czasie trwania, jak i o intensywności, przebiegu pożaru w strefie pożarowej. Ilościowe dane dotyczące palnych materiałów są konieczne, by móc określić metodami obliczeniowymi oddziaływanie pożaru w przestrzeni objętej pożarem i ewentualne rozprzestrzenianie się pożaru w strefie. Rodzaj i rozmieszczenie obciążenia ogniowego, obok działania wentylacji, decyduje o intensywności pożaru i jego wpływu (oddziaływania) na konstrukcję, jak i na ilość i skład powstających gazów pożarowych. Mogą one rozprzestrzeniać się w budynku i oddziaływać szkodliwie na osoby podczas ewakuacji i ratowania, jak i na działania straży pożarnej, podczas gaszenia pożaru. Ponadto mogą powodować znaczne straty. Istnieje także ryzyko uszkodzenia czułych urządzeń przez korozyjne gazy spalinowe.

Dla nowych budowli, które dopiero są projektowane, mogą być przyjęte obciążenia ogniowe z podobnych budynków o porównywalnym sposobie użytkowania. Z powodu znacznych różnic danych należy przyjąć wielkości oparte o większą liczbę danych z takich obiektów.

Infrastruktura ochrony przeciwpożarowej

Kolejne dane, które trzeba ustalić ze względu na bezpieczeństwo budynku, to:

- zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru dla budynku,
- liczba i położenie pionów wodnych w budynku, jak również hydrantów zewnętrznych,
- strefy z instalacjami wykrywania pożaru z czujkami reagującymi na dym, ciepło lub płomień i akustyczne systemy alarmowe,
- strefy z samoczynnymi urządzeniami gaśniczymi (wodne instalacje gaśnicze, gazowe instalacje gaśnicze, itp.),
- strefy z samoczynnymi systemami do grawitacyjnego odprowadzenia dymu (pionowe względnie poziome), względnie z mechanicznym odprowadzaniem dymu,
- strefy z wentylacją ciśnieniową, np. klatki schodowe, śluzy lub windy dla straży pożarnej.

Otoczenie

Przyległe zabudowania i ich ewentualne oddziaływanie na budynek mogą mieć znaczenie dla lokalizacji i wymiarowania naturalnych kominów (wyrzutnie). Z reguły wpływy te, z technicznego punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej, są oceniane jako małe. Przy analizie trzeba uwzględnić możliwy, w razie pożaru, wpływ wiatru i jego kierunek w stosunku do budynku, rozkład temperatur (zewnątrz i wewnątrz), obciążenie śniegiem, jak również ruchy powietrza w budynku.

Wiatr wywiera na ścianę, na którą jest skierowany, określone parcie. Opływa budynek tak, że przy jego bokach i na dachu powstaje ujemne ciśnienie na ścianie przeciwnej do kierunku wiatru. Do określenia kierunku i siły wiatru przyjmuje się dane Instytutu Meteorologii dla danego obszaru. Dane te dotyczą gwałtowności i częstości występowania wiatru na przestrzeni roku. Wpływ wiatru ma szczególne znaczenie dla rozmieszczenia i usytuowania wylotów dla naturalnego odprowadzania dymu i ciepła. W przypadku pożaru otwory do wyprowadzania dymu powinny być otwierane tylko w ścianach zewnętrznych, na których jest ujemne ciśnienie (ssanie), a otwory nawiewne w ścianie, na którą napiera wiatr. Ma to zastosowanie także dla otworów wentylacji mechanicznej.

O ile to ma znaczenie dla określenia wymagań ochrony przeciwpożarowej, należy uwzględnić występujące na terenie Polski temperatury. Temperatury w budynku mogą być bardzo różne, zależnie od położenia. Jako wartość orientacyjną przyjmuje się temperaturę 20°C. W wysokich przestrzeniach, jak atria, przy słonecznym napromieniowaniu może wystąpić znaczna różnica temperatury. Przy pewnych stanach pogody może ukształtować się pod dachem atrium ogrzana warstwa powietrzna, która w wypadku pożaru wznosi się, a ostudzone wraz z wysokością gazy pożarowe mogą się nie przebić („stan inwersji” w budynku). Trzeba to uwzględnić przy projektowaniu urządzeń technicznych budynku, szczególnie tych służących do naturalnego odprowadzania dymu.

Obciążenie śniegiem i lodem może przeszkadzać funkcjonowaniu oddymiania i wyprowadzania ciepła na dachu, a w przypadku automatycznego otwierania klap dymowych może opóźnić lub wręcz uniemożliwić ich uruchamianie. Dla klasyfikowanych urządzeń ich funkcjonowanie pod obciążeniem śniegiem i lodem jest deklarowane przez producenta. Należy jednak uwzględnić posiadane w tym zakresie doświadczenie użytkowników i brać pod uwagę wariant niekorzystny.

Przy mechanicznej wentylacji w sąsiedztwie dachu mogą, np. w przypadku dużych hal wystawowych, występować silne ruchy powietrza. Wznoszące się gazy pożarowe mogą skutkować rozwojem pożaru i niekontrolowanym rozprzestrzenianiem dymu. Może to powodować opóźnienia w zadziałaniu czujek do wykrywania pożaru. Z tego względu do oszacowania wpływu tych gazów na przebieg potencjalnego pożaru mogą być niezbędne dodatkowe badania przy wyłączonej wentylacji.

Użytkownik

Przy analizie publicznoprawnych celów ochrony przeciwpożarowej dla budynku zapewnienie warunków do ewakuacji ludzi jest zadaniem priorytetowym. Potrzebna jest do tego pogłębiona wiedza o osobach przebywających w budynku i ich zachowaniach. Liczba osób i zachowanie użytkowników w przypadku niebezpieczeństw mają istotny wpływ na czas ewakuacji z budynku. Znaczenie mają tu następujące kryteria:

1. Znajomość budynku: osoby, które w budynku, gdzie ma miejsce zdarzenie krytyczne np. pożar, przebywają codziennie i które z miejscowymi uwarunkowaniami i z wymogami bezpieczeństwa są obeznane, wybiorą w przypadku niebezpieczeństwa najkrótszą drogę do bezpiecznego miejsca. Obycie z drogami ewakuacyjnymi i środkami na wypadek zagrożenia może być wyuczone na szkoleniach zakładowych. Osoby, które budynku jeszcze nie znają, wybiorą do ewakuacji najczęściej tę drogę, którą doszły do miejsca aktualnego przebywania w budynku.
2. Osoby, które stale pracują w budynku, jak również osoby, które są wyznaczone do kontaktu (udzielania informacji), mają z reguły podwyższoną spostrzegawczość co do zmieniającej się sytuacji.
3. Mobilność: trzeba brać pod uwagę różne metody pokonywania drzwi, przedsiionków, klatek schodowych. Szybkości te mogą być dla młodych ludzi i dla osób w podeszłym wieku bardzo zróżnicowane, może być ona obniżona przez zwiększoną liczbę osób ewakuujących się w przedsiionkach. W przypadku osób chorych, na wózkach lub niepełnosprawnych trzeba przewidzieć dodatkowe wymagania dla dróg ewakuacyjnych (np. platformy ewakuacyjne – tak zwane platformy przetrwania oraz ewakuację do sąsiednich stref pożarowych, zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi).
4. Przynależność socjalna: osoby w grupach (rodzina albo grupy odwiedzające) zostają z reguły razem i tak samo jako grupa poruszają się do wyjścia. W takiej grupie sygnał alarmu pożarowego jest rozpoznawany często wcześniej, co jednak niekoniecznie prowadzi do szybszej ewakuacji. O szybkości ewakuacji decydują osoby najwolniejsze w grupie.
5. Odpowiedzialność: osoby, które w budynku są obarczone odpowiedzialnością, wywierają wpływ na zachowanie innych osób. Przez wskazania w sytuacjach niebezpiecznych skracane są czasy od ogłoszenia alarmu do opuszczenia budynku.
6. Czynności w budynku: czas do rozpoczęcia ewakuacji jest większy w przypadku osób, które śpią (hotel), niż w przypadku osób np. siedzących na wykładzie, stojących lub będących w ruchu.
7. Zobowiązania: osoby, które mają powierzone szczególne zadania, np. stoją w kolejce, wspólnie konsumują w restauracji, nie opuszczą szybko swojego miejsca, jeśli nie otrzymają wyraźnej informacji o zagrożeniu pożarem w budynku (instalacja alarmowa lub komunikat o konieczności opuszczenia budynku).

2. CELE OCHRONY I STANDARDY (KRYTERIA) BEZPIECZEŃSTWA

Zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego w budynkach polega na zastosowaniu w nich zespołu zabezpieczeń budowlanych oraz technicznych urządzeń przeciwpożarowych, jak również przedsięwzięć organizacyjnych, a także środków służących do zwalczania pożaru, gdy do niego dojdzie. Każda zmiana poziomu ryzyka pożarowego, np. przez bardzo wysokie obciążenie ogniowe lub wzrost możliwości zapłonu lub możliwe zbyt duże strefy pożarowe, musi być zrekompensowana jednym lub kilkoma środkami ochrony przeciwpożarowej w celu doprowadzenia do poziomu zapewniającego bezpieczeństwo przebywających w obiekcie osób i ochronę zgromadzonych w nim dóbr. W przypadku obiektów muzealnych i zabytkowych dotyczy to bezpieczeństwa osób zwiedzających i samych dóbr kultury. Zmiany w odniesieniu do dotąd stosowanych środków ochrony, na przykład obniżenie wymagań dotyczących budowlanych środków ochrony przeciwpożarowej albo oszczędzanie na urządzeniach przeciwpożarowych i siłach straży pożarnej, wpływają zdecydowanie na obniżenie poziomu bezpieczeństwa pożarowego – w istocie odzwierciedlenie tych oszczędności ma miejsce dopiero w statystycznych analizach strat dla określonych przedziałów czasu.

Cele ochrony przeciwpożarowej wynikają z jednej strony z publicznoprawnych przepisów, a z drugiej strony z prawa prywatnego i prywatnych interesów właścicieli albo administratorów budynków. Zapewnienie realizacji celów ochrony jest wymagane przez określone przepisy prawa budowlanego.

Skuteczność zastosowanych środków ochrony przeciwpożarowej musi odpowiadać zagrożeniom i ryzykom pożarowym w budynku i ustalonym (przyjętym) celom ochrony.

2.1. Cele ochrony, wymagania funkcjonalne i kryteria jakościowe

Główne cele ochrony przeciwpożarowej są następujące:

1. Ochrona wartości i dóbr takich jak:
 - życie i zdrowie ludzi (m.in. poprzez zapewnienie warunków bezpiecznej ewakuacji osób mogących przebywać w obiekcie np. zwiedzających i pracowników),
 - życie i zdrowie zwierząt (w przypadku obiektów muzealnych dotyczy to głównie skansenów),
 - dobra materialne (w przypadku muzeów i obiektów zabytkowych dotyczy to głównie zgromadzonych tam przedmiotów kultury),
 - środowisko, a w tym: powietrze, woda, gleba.
2. Zapewnienie warunków do skutecznego prowadzenia działań gaśniczych przez pracowników dzięki ich odpowiedniemu przeszkoleniu i wyposażeniu w podręczny sprzęt i urządzenia do gaszenia pożaru w zarodku oraz przez jednostki ratownicze dzięki zapewnieniu im dostępu do potencjalnych miejsc powstania pożaru i odpowiedniego zaopatrzenia w wodę do celów gaśniczych.

Cele te powinny być realizowane głównie przez:

1. Zapobieganie możliwości powstania pożaru, dzięki czemu zredukowane jest ryzyko jego wystąpienia.
2. Ograniczenie możliwości rozprzestrzeniania się powstałego pożaru, dzięki czemu zmniejszy się zagrożenie dla osób przebywających w obiekcie i nastąpi poprawa warunków do bezpiecznej ich ewakuacji.

Spełnienie właściwych wymagań funkcjonalnych jest równoznaczne:

- spełnieniu warunków dla (udanych) interwencji sił ratowniczych straży pożarnej oraz do wykonania czynności ratowniczych i gaśniczych przez personel i środki techniczne w celu zapewnienia pierwszej pomocy ratowniczej,
- spełnieniu warunków odpowiedniej nośności konstrukcji budowlanej podczas określonego oddziaływania pożaru w zdefiniowanym przedziale czasu,
- zapewnieniu przed określony czas minimalnej grubości warstwy ubogiego dymu w przypadku pożaru (ewakuacja osób, dostęp dla ekip ratowniczych).

Wymagania funkcjonalne powinny zostać osiągnięte, w ramach opisanego celu ochronnego. Co do zasady, dokonuje się ich rozróżnienia na podstawie aspektów ochrony przeciwpożarowej, tj. między bezpieczeństwem osób, ochroną sąsiedztwa, ochroną środowiska i dóbr materialnych.

Tabela 1. Przykłady konkretyzacji celów ochrony

Ochrona dla:	Wymagania funkcjonalne	Kryteria jakości (działania)
osób (ludzi)	zapobieganie stratom wśród ludzi	rodzaj i liczba akceptowalnych strat w ludziach na zdarzenie
dóbr materialnych	ograniczenie pożarów do maksymalnej powierzchni	< 200 m ²
środowiska	brak szkód w powietrzu, wodzie i ziemi	akceptowalne wartości graniczne dla dopuszczalnej kontaminacji ziemi, powietrza i wody

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013, str. 26.

Następny poziom konkretyzacji jest wzorowany na celach ochrony wynikających z przepisów budowlanych pokazanych w Tabeli 2.

Tabela 2. Przykłady konkretyzacji celów ochronnych dla ludzi i dóbr materialnych w oparciu o przepisy budowlane

Wymagania funkcjonalne	Konkretyzacja przez specyfikację zgodną z kryteriami jakości
ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu	utrzymanie w stanie niezadymionym dróg dla osób mogących znajdować się w rozpatrywanej strefie pożarowej (w ciągu 10 minut)
ratowanie ludzi	bezpieczny pobyt w zabezpieczonych strefach do czasu wyratowania przez straż pożarną (dla konkretnego obiektu np. przez 30 minut) – pomieszczenia przetrwania , tworzone zgodnie z wymaganiami UE z myślą o osobach niepełnosprawnych
umożliwienie skutecznych działań gaśniczych wewnątrz budynku	bezpieczny stan konstrukcji w wielokondygnacyjnym budynku (dla konkretnego obiektu np. 90 min, wyciąg dymu i ciepła przez czas x przy maksymalnej grubości warstwy dymu)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013, str. 27.

W skutecznej redukcji ryzyka, na przykład poprzez wspieranie możliwości samoratowności lub gaszenia pożaru przez strażaków, szczególne znaczenie mają środki, które zapobiegają powstawaniu pożaru i jego rozwojowi oraz rozprzestrzenianiu się ognia i dymu. Są to tak zwane pierwszorzędne środki (przeciwdziałające powstawaniu pożaru) i wtórne (ograniczanie rozprzestrzeniania i rozwój strat powodowanych przez ogień). Działają one w czasie przed środkami budowlanymi (środki trzeciorzędne), które mają znaczenie głównie w fazie rozwiniętego pożaru, gdy środki pierwszorzędne i drugorzędne nie spełniły swojego zadania (zawiodły). Środki pierwszorzędne i drugorzędne mają zatem zasadniczo zredukować prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia pożarowego (jednak nie w 100%).

2.2. Spełnienie wymagań funkcjonalnych przez dotrzymanie kryteriów wydajnościowych – definiowanie celów ochrony poprzez zasady techniki

Definicja celów ochrony opartych o wymagania wynikające z przepisów budowlanych skutkuje w praktyce potrzebą wprowadzenia niektórych rozwiązań technicznych, aby spełnić wymagania ogólne, zgodnie z którymi budynki muszą być takie, że:

- zapobiega się powstaniu pożaru i rozprzestrzenianiu się ognia i dymu,
- możliwe jest prowadzenie działań ratowniczych (ratowanie ludzi i zwierząt podczas pożaru) oraz skutecznej walki z ogniem.

Wymagania techniczno-budowlane, wprowadzone rozporządzeniem o warunkach technicznych, pozwalają na osiągnięcie celów ochrony określonych w § 207 tego dokumentu, takich jak:

- reakcja na ogień materiałów budowlanych,
- odporność ogniowa elementów, wyrażone w klasach odporności ogniowej,
- szczelność zamknięć i otworów,
- układ dróg ewakuacyjnych.

3. PODSTAWOWE INFORMACJE Z ZAKRESU TEORII SPALANIA SUBSTANCJI

Aby lepiej zrozumieć ekstremalne zjawiska pożarowe i wyrafinowane metody gaśnicze, potrzebna jest wystarczająca, podstawowa wiedza na temat procesów chemiczno-fizycznych zachodzących podczas spalania materiałów oraz sposobów ich przerywania. Dlatego poniżej zostały przytoczone podstawowe definicje przydatne do zrozumienia tych procesów.

3.1. Pojęcia podstawowe

Siła nośna⁷

Siłę nośną stanowi nakierowana ku górze siła stałej, płynnej albo gazowej objętości w otaczającym gazie albo w otaczającym płynie, o takiej samej objętości. Jeżeli dana objętość gazu ma siłę nośną, wówczas jest on lżejszy od otaczającego gazu i będzie się unosić. Przy ujemnej sile nośnej substancja jest cięższa i będzie opadać.

Jeżeli gazy palne, które są cięższe od powietrza, ulotnią się ze zbiornika, wówczas mogą przemieścić się na znaczne odległości, do niżej położonych miejsc (w których może być źródło zapłonu, jest to ważne w przypadku gazów palnych). Propan (C_3H_8), którego ciężar właściwy wynosi 44, należy przykładowo do tego typu gazów.

Gęstość gazów spada wraz ze wzrostem temperatury. Dlatego także gazy spalinywe uzyskują w wyniku spalania siłę nośną. W przeciwieństwie do tego, gazy skroplone o mniejszym ciężarze cząsteczkowym od powietrza, kiedy nastąpi ich wyciek ze zbiornika i parowanie, są cięższe od powietrza i zachowują się podobnie jak propan.

Spalanie⁸

Spalanie jest samopodtrzymującą się reakcją egzotermiczną substancji palnych stałych lub gazowych. Jej przebieg związany jest z reguły z reakcją substancji palnej z tlenem zawartym w powietrzu. Analizy produktów spalania wykazują istnienie kilku wiązań atomów tlenu z innymi atomami, jak np. CO_2 , H_2O , SO_2 , NO_2 , Al_2O_3 lub SiO_2 . W przypadku niektórych stałych substancji proces spalania może przebiegać jako proces żarzenia. Podczas spalania płomieniowego substancji stałych lub płynnych proces spalania jest poprzedzony zawsze fazą parowania.

Rozróżnia się dwa rodzaje płomieni:

1. Wstępnie zmieszany, kiedy paliwo w postaci gazowej jest mieszane z powietrzem przed zapłonem.
2. Dyfuzyjny, kiedy spalanie zachodzi w strefach, w których następuje mieszanie substancji palnej z tlenem.

Jeżeli spalanie w fazie wstępnego wymieszania odbywa się w zamkniętej przestrzeni, istnieje możliwość szybkiego wzrostu ciśnienia aż do wybuchu.

⁷ W. Klein, J. Böke, *Brandschutzanlagen. Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, Wydanie VdS, str. 10.

⁸ Tamże, str. 11.

Reakcje spalania⁹

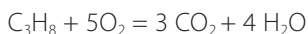
W ogniu mamy do czynienia z egzotermiczną reakcją utleniania, tzn. uwolnienia ciepła. Jednakże nie można mówić o spalaniu, jeżeli proces utleniania jest rozłożony w czasie, tygodni czy miesięcy. Mimo że w procesie powolnego utleniania zostaje uwolnione ciepło, wzrost temperatury jest minimalny. Przykładem tego typu reakcji jest proces rdzewienia stali lub żelaza.

Różnica pomiędzy powolnym utlenianiem a spalaniem polega na tym, że podczas spalania ciepło jest szybciej wytwarzane niż odprowadzane, skutkiem czego mogą powstać temperatury sięgające kilkuset, a nawet więcej stopni. Wysokość temperatury jest za tym decydująca i to, że przy spalaniu przeważnie powstaje widoczne światło.

Płomień jest rezultatem utleniania się gazu, który w ograniczonych pojemnościach jest o wiele bardziej gorący od otoczenia, a światło zostaje wypromieniowane w określonych częstotliwościach. Znanym przykładem są żółte płomienie świecy i niebieskie płomienie palącego się gazu na kuchence gazowej.

Płomienie są traktowane jak faza gazowa. Kiedy mamy do czynienia z płonącą substancją stałą na przykład zapałki albo świecy, paląc się w strefie spalania, część ciepła jest przekazywana do substancji będącej w stanie stałym (drewno zapałki, wosk świecy), co powoduje parowanie składników substancji stałej (wosk) lub rozkład termiczny drewna – piroliza (zapałka).

Podczas spalania musi istnieć zarówno substancja palna, jak i tlen. Substancje mogą występować w najróżniejszych postaciach. Ze względu na swój skład chemiczny w procesie spalania tworzą się stabilne związki chemiczne, do których należą dwutlenek węgla i woda. Dla przykładu:



Połączenia węglowodoru, z jakimi mamy do czynienia w propanie, składają się tylko z węgla i wodoru. Także inne tradycyjne substancje palne, czy to w formie płynnej, czy gazowej, składają się w przeważającej części z węgla i wodoru. Ponadto tlen cząsteczkowy (O_2) zawarty w powietrzu jest najczęstszym utleniaczem.

Powietrze w około jednej piątej składa się z tlenu, co stanowi 21%, i w czterech piątych z azotu. Oprócz tlenu zawartego w powietrzu istnieją także inne silne utleniacze, jak np. azotan sodu (NaNO_3). Jeżeli dochodzi do jego wymieszania z substancją palną, wówczas powstaje bardzo niestabilny materiał wybuchowy.

Inną odmianą spalania, podczas którego brak jest jakichkolwiek płomieni, jest tlenie lub żarzenie. W ten sposób pali się papieros. Również w przypadku bawełny czy pianki poliuretanowej mamy do czynienia z tleniem. W przypadku wiórów drewnianych lub węgla możemy mieć do czynienia z ich tleniem przez wiele tygodni, a nawet miesięcy.

⁹ Tamże, str. 11.

Tlenie ograniczone jest do materiałów porowatych, które tworzą pozostałość węglową, jeżeli nastąpi ich rozgrzanie. Tlen zawarty w powietrzu dyfunduje do porów istniejących w materiale, poprzez co następuje stabilizacja strefy reakcji, w której dochodzi do tlenia. Nawet w sytuacji powolnego spalania pozostaje w strefie reakcji wystarczająca ilość ciepła dla podtrzymania procesu spalania.

Podczas spalania, w trakcie którego pojawiają się płomienie, ilość uwalnianej energii jest wielokrotnie wyższa aniżeli podczas spalania w formie żarzenia.

Zapalenie (wzbudzenie i samozapłon)¹⁰

Zapłon jest procesem, podczas którego zostaje zainicjowany samopodtrzymujący się proces spalania. Aby zainicjować palenie się palnej mieszanki powietrzno-parowej lub gazowej, można zastosować płomienie, iskry lub żar jako źródło zapłonu. Niezależnie od sposobu ogrzania substancji palnej w określonej temperaturze, charakterystycznej dla danej substancji, dochodzi do samorzutnego samozapłonu.

Aby proces spalania był samopodtrzymujący się, zarówno cząsteczki substancji palnej, jak tlenu muszą zostać pobudzone do aktywności, która prowadzi do powstania produktów pośrednich z wolnymi rodnikami mającymi wysoką zdolność do reagowania. Te z kolei tworzą szybko rozgałęziające się łańcuchy reakcji, a substancje palne i tlen, uwalniając energię cieplną, zamieniają się w produkty spalania. Reakcje łańcuchowe są samopodtrzymujące się dotąd, dopóki ilość energii wyzwalonej jest równa lub większa niż energia pobierana (ze strefy spalania). Raz zapoczątkowany proces spalania jest tak długo podtrzymywany, aż nastąpi zużycie substancji palnej lub tlenu albo zgaszenie płomieni. Samopodtrzymujące się spalanie wymaga zaistnienia odpowiednich warunków, które je umożliwiają. Jeżeli dla przykładu ciśnienie lub stopień koncentracji tlenu w otoczeniu są niewystarczające do podtrzymywania procesu palenia, to są one również niewystarczające do zapalenia.

W przypadku substancji palnych płynnych, stałych i gazowych następuje zapalenie poprzez płomienie w fazie gazowej. W pierwszej kolejności należy doprowadzić energię cieplną, aby wystarczającą ilość substancji palnej zamienić w parę oraz aby tę mieszkankę parowo-powietrzną wytworzyć w pobliżu górnej powierzchni. Dla ciekłych substancji palnych istotne znaczenie ma proces parowania, a w przypadku prawie wszystkich stałych substancji palnych musi nastąpić wcześniej proces ich chemicznego rozkładu (dysocjacja termiczna) w pobliżu powierzchni, zanim powstanie para.

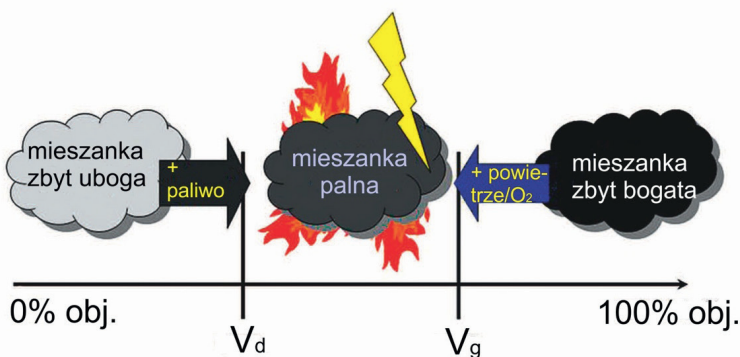
Można określić minimalną temperaturę substancji płynnych i stałych, przy której w pobliżu ich powierzchni powstanie mieszanka palna. Dla płynnych materiałów palnych jest to temperatura, przy której wierzchnia warstwa może się zapalić. Jest ona nazywana temperaturą zapłonu. To samo zjawisko występuje przy stałych substancjach

¹⁰ Tamże, str. 15.

palnych i powinno być określone jako temperatura zewnętrznej warstwy. Należy wziąć pod uwagę fakt, że temperatury te odnoszą się do zapłonu wymuszonego – aby nastąpiło zapalenie mieszanki nieodczowne jest zewnętrzne źródło zapłonu; zapaleniu ulega tylko parowo-powietrzna mieszanka palna. Jeżeli płynna lub stała substancja palna ma się dalej palić, pomimo zużycia mieszaniny palnej, musi ona osiągnąć nieznacznie wyższą temperaturę od punktu zapłonu.

W praktyce można wpływać na temperaturę zapłonu substancji stałych i ciekłych poprzez przepływ powietrza, intensywność ogrzewania i wielkość oraz formę próbek materiałów palnych. W szczególności dla ciał stałych zależy ona od rodzaju każdorazowej metody badawczej. Ogólnie rzecz ujmując, na zapłon wymuszony mieszanki gazowo- lub parowo-powietrznej ma wpływ ciśnienie otoczenia, wielkość próbki materiału palnego, wymiary pojemnika i rodzaj oraz energia źródła zapłonu.

Dla konkretnej mieszanki paliwowo-powietrznej istnieje minimalne ciśnienie, poniżej którego nie nastąpi zapłon. Wraz z rosnącą temperaturą będzie potrzebna coraz mniejsza energia, aby nastąpił zapłon mieszanki, aż do momentu, kiedy przy osiągnięciu odpowiedniej temperatury nastąpi samozapłon. Ta temperatura jest nazywana temperaturą zapalenia.



Ryc. 1. Granice zapalności mieszanin

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 31.

Temperatura zapłonu gazu zależy również od stężenia i ciśnienia. Jest ona do tego szczególnie wrażliwa na wymiary oraz kształt zbiornika, w którym następuje zapłon. Różnice wynikające z kształtu instalacji badawczych mogą prowadzić do znacznych odchyłeń wyników pomiaru.

3.2. Podstawowe informacje dotyczące spalania¹¹

Małe płomienie, np. na świeczce lub zapalce, płoną stale i równomiernie. Są one nazywane laminarnymi płomieniami dyfuzyjnymi. Większe płomienie stają się „niespokojne” i zaczynają migotać. Płomienie o średnicy około 40 mm stają się burzliwe.

Istnieje wiele badań dotyczących rozprzestrzeniania się mniejszego ognia z płomieniami laminarnymi. W oparciu o nie można obliczyć intensywność rozprzestrzeniania się płomieni na stałych powierzchniach ułożonych pionowo lub poziomo. Przy tym można także ustalić stopień rozprzestrzeniania się płomieni poprzez konwekcyjną wymianę ciepła pomiędzy płomieniem a stałą powierzchnią palną, co z kolei prowadzi do wydzielania się palnych gazów lub pary, które będą podtrzymywały płomienie.

Większy ogień posiadający burzliwe płomienie dyfuzyjne nie jest już tak łatwy do opisanie. Turbulencyjne ruchy gazu oraz promieniowanie płomieni są trudne do obliczenia. Ustalono, że promieniowanie płomieni przy większym ogniu wykazuje inne wartości zapalności niż przy próbie z małym ogniem.

Zapalenie oraz spalanie¹²

Proces zapalenia i spalania ciał stałych jest złożony, dlatego zostanie objaśniony na przykładzie ognia w kominku. Jeżeli przyjmiemy, że element drewniany jest ogrzewany tylko drogą promieniowania, to jego temperatura wzrasta do momentu, kiedy cała wilgoć wyparuje z drewna. Powstająca mieszanka pary wodnej oraz powietrza praktycznie nie zawiera substancji palnych. Temperatura wzrasta dalej, a osuszenie zachodzi w głębszych warstwach drewna. Po osiągnięciu temperatury 300°C zewnętrzna warstwa drewna zmienia barwę. Ta zmiana barwy jest wyraźną oznaką zachodzącej pirolizy, czyli rozkładu materiału pod wpływem ciepła. Podczas pirolizy drewna następuje ulatnianie się gazów palnych, a powierzchnia drewna ulega zwęgleniu. Tak długo, jak długo następuje dopływ ciepła, zjawisko pirolizy przenika do coraz głębszych warstw drewna.

Gaz powstały w wyniku zjawiska pirolizy zapaliłby się natychmiast w wypadku obecności ognia pilotażowego lub innego źródła zapłonu. Jeżeli w strefie powstającej mieszanki palnej nie ma źródła zapłonu, to aby taka mieszanka się zapaliła, musi zostać ogrzana do temperatury zapalenia.

Po zapaleniu się płomień dyfuzyjny rozprzestrzenia się bardzo szybko po całej powierzchni, na której zachodzi zjawisko pirolizy na tyle intensywnie, że tworzy się mieszanka palna. Powierzchnia drewna będzie się dalej nagrzewała kosztem ciepła wypromieniowywanego ze strefy spalania i emisja produktów pirolizy będzie wzra-

¹¹ Tamże, str. 17.

¹² Tamże, str. 17.

stać. Gdy źródło ciepła (bodziec termiczny), które doprowadziło do zapalenia powstającej mieszanki, zostanie oddalone, to spalanie będzie ciągle trwało, aż do momentu, kiedy się okaże, że deska jest zbyt gruba. W innym wypadku płomień zgasną, ponieważ ochłodzona powierzchnia poprzez wypromieniowanie ciepła na zewnątrz oraz przewodnictwo ciepła ku środkowi spowoduje oddanie zbyt wiele ciepła. Jeśli część promieniowania natrafi na sąsiednią powierzchnię, może ono się od niej odbić i wrócić do materiału, przez co proces palenia zostanie podtrzymany.

Wraz z przebiegiem procesu palenia grubość zwęglonej warstwy staje się coraz większa. To zwiększa izolację cieplną, a tym samym redukuje dopływ ciepła, jak i piroliza. Kiedy zabraknie materiału palnego, proces pirolizy zostanie zatrzymany. Gdy piroliza będzie zakończona, tlen przeniknie do zwęglonej warstwy drewna i wówczas będzie mogło nastąpić tlenie, pod warunkiem niezbyt dużego promieniowania cieplnego wychodzącego. Przebieg tego procesu jest uwarunkowany wystarczającą, lecz nie nadmierną ilością powietrza potrzebnego do spalania. W przypadku zbyt małej ilości tlenu następuje przemieszczanie się niespalonych gazów powstałych w wyniku procesu rozkładu i ewentualny ich zapłon w miejscu, gdzie jest wystarczająca ilość tlenu. Z tą sytuacją mamy do czynienia, np. kiedy paliwo wydostaje się na zewnątrz płonącego pomieszczenia, w którym była niewystarczająca ilość powietrza, poprzez okna i dochodzi do jego palenia się na zewnątrz.

Ogień z powodu niewystarczającej ilości powietrza wytwarza z reguły dużą ilość dymu, który zawiera trujące składniki.

Z drugiej strony można wytworzyć silny przepływ powietrza na zewnętrzną warstwę podlegającą pirolizie, co spowoduje zaopatrzenie jej w tlen, którego ilość będzie wyższa niż ta potrzebna do przebiegu procesu spalania. W tym wypadku nadmiar powietrza schłodzi płomień do takiego stopnia, że ulegną one zgaszeniu. Przykładem tego jest np. zdmuchnięcie świeczki. Przy większym ogniu mocniejszy podmuch powietrza prowadzi do jego szybszego rozprzestrzeniania się.

Ogień po zapaleniu na określonej części drewna rozprzestrzeni się po całej jego powierzchni. Rozprzestrzenianie się płomieni można sobie przedstawić jako nieprzerwany zapłon wymuszony, przy którym płomień sam stanowi źródło ciepła. Można także zaobserwować, że rozprzestrzenianie płomieni po pionowej powierzchni do góry jest znacznie szybsze niż w dół lub poziomo. Dzieje się tak, ponieważ płomień przekazuje ciepło do dużej powierzchni w przypadku rozprzestrzeniania się pożaru do góry, niż gdy ma to miejsce w dół czy poziomo.

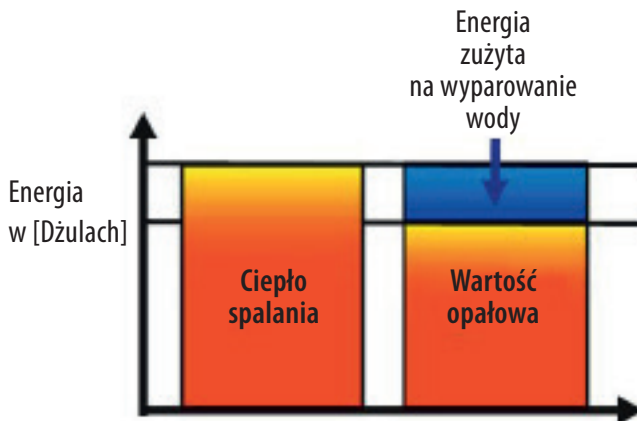
Intensywność spalania w przypadku większych niebezpiecznych pożarów zależy od ilości ciepła przekazywanego drogą promieniowania do zewnętrznych powierzchni materiałów palnych ulegających pirolizie. Promieniowanie cieplne w warunkach pożaru pochodzi w głównej części od świecących cząstek sadzy znajdujących się

w płomieniach. Materiały palne, które mają tendencje do tworzenia dużej ilości sadzy, przyczyniają się do powstawania większego ognia. Spalanie przy nadmiarze powietrza powoduje powstawanie mniej dymu niż to, które przebiega przy jego niedoborze.

Spalanie zachodzące przy niedoborze powietrza powoduje powstawanie większej ilości dymu, a także powstawanie produktów niecałkowitego spalania, takich jak tlenek węgla. Spalanie przebiegające z dostateczną ilością tlenu wytwarza wyższą temperaturę, większe (intensywniejsze) promieniowanie i szybsze spalanie.

Poniżej przedstawione parametry odgrywają duże znaczenie w typowych sytuacjach pożarowych.

Wartość opałowa (Wu)¹³

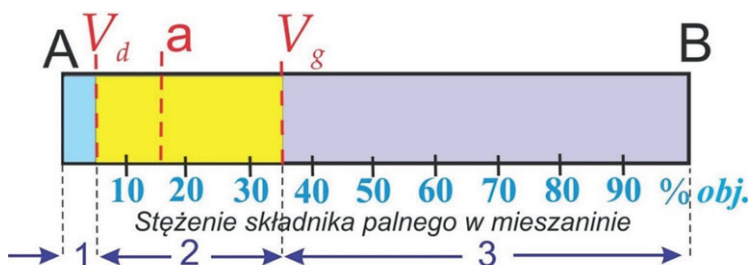


Ryc. 2. Przedstawienie relacji między wartością spalania i wartością opałową

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 31.

Wartość opałowa to ciepło reakcji całkowitego spalania jednostki masy paliwa w warunkach normalnych przy założeniu, że w produktach spalania CO_2 , H_2O i SO_2 występują w fazie gazowej. Liczbowo wartość opałowa jest równa ilości ciepła, jaką można uzyskać ze spalania 1 kg paliwa stałego lub ciekłego albo 1 m³ paliwa gazowego. Wartość opałową oblicza się jako różnicę ciepła spalania i ciepła parowania wody wydzielonej z paliwa podczas jego spalania; wartość opałową np. ropy naftowej wynosi 40–46 MJ/kg, węgla kamiennego – 15–35 MJ/kg.

¹³ *Encyklopedia techniki. Podstawy techniki*, Wydanie WNT, Warszawa 1974, str. 870.



- 1 - mieszaniny ubogie
- 2 - mieszaniny wybuchowe i zapalne
- 3 - mieszaniny bogate

V_d . dolna granica wybuchowości

V_g . górna granica wybuchowości

a - stężenie stechiometryczne

Ryc. 3. Granice stężeniowe palności gazów powstających podczas pirolizy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 49.

3.3. Zapalność¹⁴

Zapalność jest odwrotnie proporcjonalna do czasu, który jest konieczny, aby poprzez określony strumień cieplny skierowany na powierzchnię górną substancji palnych spowodować jej zapalenie. Ta właściwość jest bardzo ważna zarówno dla zapalenia, jak i dla rozwoju ognia.

3.4. Powstawanie węgla¹⁵

Węgiel stanowi czarną warstwę, powstającą podczas zjawiska pirolizy kilku substancji, jak np. drewna, duroplastów. Powstałe zwęglenia mogą stanowić skuteczną izolację, a tym samym znacznie zredukować uwalnianie się gazów palnych, jak i docieranie ciepła.

Niektóre powłoki ochronne pod działaniem pożaru zachowują się podobnie – pęcznieją, a tym samym chronią materiał przed rozgrzaniem i zapłonem.

Tworzenie się sadzy¹⁶

Sadza składa się z drobnych stałych cząsteczek, które są rezultatem niecałkowitego spalania. Powstaje ona głównie w tych warstwach płomieni, w których jest nadmiar paliwa. Paliwa, które wytwarzają dużą ilość sadzy, są bardziej niebezpieczne ze

¹⁴ W. Klein, J. Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 20.

¹⁵ Tamże, str. 20.

¹⁶ Tamże, str. 20.

względu na wzrost promieniowania cieplnego płomieni i prędkości spalania. Sadze są także źródłem powstawania dymu, który przemieszczając się nawet na znaczne odległości, wyrządza znaczne szkody.

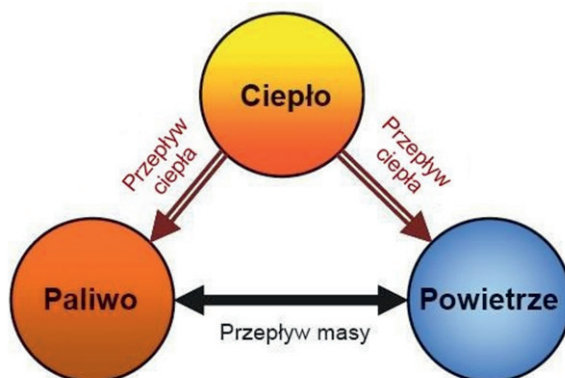
3.5. Spowalnianie spalania (flegmatyzacja)¹⁷

Specjalne dodatki do substancji palnych lub do tlenu mogą powodować opóźnienie zapłonu fazy gazowej. W odniesieniu do małych płomieni mogą wykazywać się dużą skutecznością, zapobiegając zapłonowi i dalszemu rozprzestrzenianiu się ognia. Substancje spowalniające można również dodawać do substancji stałych.

3.6. Trójkąt spalania – 3 warunki do zaistnienia spalania¹⁸

Proces spalania wymaga:

- substancji palnej,
- utleniacza,
- odpowiedniej energii zapłonu.

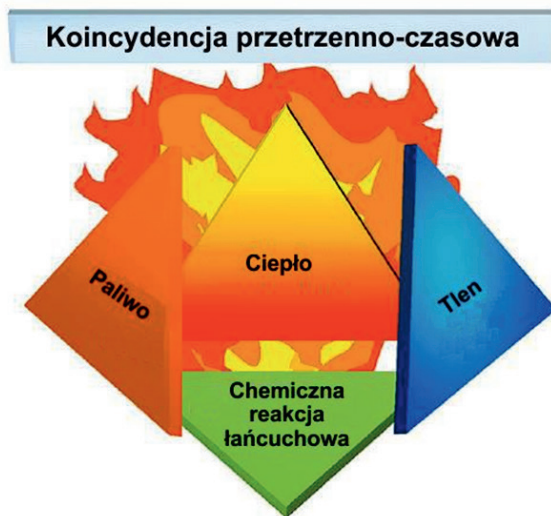


Ryc. 4. Trójkąt spalania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangrif*, str. 28.

¹⁷ Tamże, str. 20.

¹⁸ Tamże, str. 21.



Ryc. 5. Czworobok pożaru

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 28.

Te trzy czynniki same nie doprowadziłyby do pożaru. Po pierwsze, między wszystkimi wymienionymi czynnikami musi zająć interakcja zarówno przestrzenna, jak i czasowa (koincydencja). Po drugie, brakuje jeszcze ważnej składowej, by zachodziło samodzielne spalanie – samopodtrzymująca się chemiczna reakcja łańcuchowa. Dzięki tym uzupełnieniom powstaje tak zwany czworobok pożaru/spalania.

Zanim nastąpi zapalenie i rozprzestrzenianie się płomieni, materia palna musi zostać rozgrzana do temperatury zapalenia. Następnie proces spalania podtrzymuje się sam na skutek wracania się ciepła z płomieni na powierzchnię materiału, powodując pirolizę lub parowanie.

Proces spalania trwa:

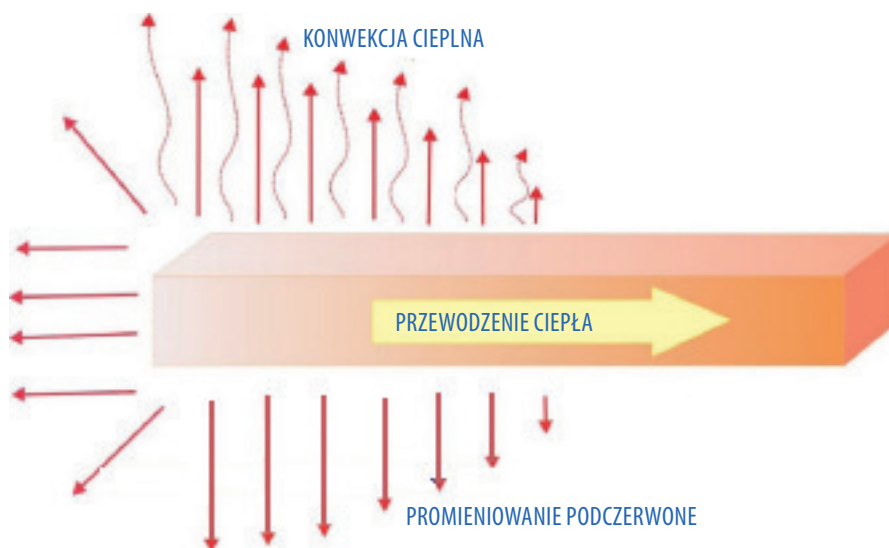
- dopóki nie nastąpi zużycie materiału palnego;
- dopóki zawartość tlenu nie obniży się poniżej wartości, która jest niezbędna dla procesu spalania;
- dopóki nie spowoduje się odprowadzenia ciepła z powierzchni palącej się, względnie uniemożliwi dalsze ogrzewanie, zapobiegając tym samym dalszej pirolizie;
- dopóki w sposób chemiczny nie spowoduje się spowolnienia powstawania płomieni lub ich schłodzenia, aby przerwać dalsze reakcje.

3.7. Przepływ ciepła¹⁹

Jeżeli mamy do czynienia z dwoma ciałami o różnej temperaturze, wówczas następuje jej przepływ od ciała o wyższej temperaturze do ciała o temperaturze niższej aż do momentu zrównania ich temperatur (entropia). Materiał o większej pojemności cieplnej zmienia wolniej swoją temperaturę aniżeli materiał o mniejszej pojemności cieplnej.

Przekazywanie ciepła w większości wypadków ma olbrzymi wpływ na zapalenie, spalanie i gaszenie ognia. Wymiana ciepła może następować poprzez:

- przewodzenie ciepła przez materiał,
- zabranie z sobą ciepła lub konwekcję, gdy materiał przemieszcza się,
- promieniowanie.



Ryc. 6. Przekazywanie ciepła

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, VdS Schadenverhütung Verlag, str. 25.

Barwy żarzenia²⁰

Przybliżone temperatury spalania można ustalić na podstawie barw żarzenia się stali, które zawarte są w poniższej tabeli.

¹⁹ Tamże, str. 25.

²⁰ Tamże, str. 24.

Tabela 3. Kolory żarzącej się stali

Kolor żarzenia	Temperatura w °C
czarno-brązowy	550°C
brązowo-czerwony	630°C
ciemnoczerwony	680°C
ciemnowiśniowy	740°C
wiśniowy	770°C
jasnowiśniowy	800°C
jasnoczerwony	850°C
żółto-czerwony	950°C
ciemnożółty	1000°C
jasnożółty	1110°C
biały	1130°C

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, VdS Schadenverhütung Verlag, str. 24.

Przewodzenie ciepła

Przewodzenie ciepła jest to zjawisko wzajemnego przekazywania energii wewnętrznej przez bezpośredni styk cząsteczek bez istotnej zmiany ich położenia, występujące przy istnieniu różnicy temperatury w ośrodku materialnym.

W ten sposób np. jest przenoszony ciepło kolby lutowniczej na cynę do lutowania, wskutek czego ulega ona topieniu, a jednocześnie przenosi ciepło na obie części, które należy zlutować. Przenoszona ilość energii cieplnej w określonym czasie jest zależna od drogi, jaką przebędzie w danym przewodniku cieplnym. Przewodzony strumień cieplny jest zależny od przewodności cieplnej danego materiału, jego średnicy i długości przewodzenia. Gęstość strumienia cieplnego jest to wielkość fizyczna określająca ilość ciepła przepływającego przez jednostkę powierzchni w jednostce czasu²¹.

Zdolność do przewodzenia ciepła (λ) konkretnego materiału określa się jako ilość ciepła przypadającego na jednostkę pola powierzchni prostopadłej do kierunku strumienia ciepła na jednostkę gradientu temperatury i na jednostkę czasu. Jednostką główną w układzie SI jest W/(m).

Współczynnik przewodzenia ciepła dla gazów mieści się w granicach 0,005-0,5 W/(mK). Rośnie ze wzrostem temperatury i nie zależy od ciśnienia (z wyjątkiem ciśnienia bardzo wysokiego pow. 2000 bar i bardzo niskiego, czyli poniżej 1330 N/m²). Współczynnik przewodzenia ciepła (W.p.c.) cieczy mieści się w granicach 0,09-0,7 W/(mK), dla

²¹ *Encyklopedia Techniki. Podstawy Techniki*, str. 49.

ciał stałych zmienia się w granicach 0,02-417 W/(mK). Najmniejsze wartości odnoszą się do włóknistych i porowatych materiałów izolacyjnych z porami wypełnionymi gazem, a największe do metali²². Materiały stałe są lepszymi przewodnikami ciepła od gazów. Materiały termoizolacyjne zbudowane są przeważnie z lekkich materiałów, w których jest zamknięta duża ilość gazu (powietrza).

Niemniej strumienie ciepłne nie zostają całkowicie stłumione poprzez materiały izolacyjne. Strumień ciepłny jest nieporównywalny ze strumieniem cieczy, którą możemy powstrzymać całkowicie przy pomocy zaworu zamykającego. Materiały termoizolacyjne zawsze przepuszczają niewielką ilość ciepła. Jakakolwiek byłaby grubość materiału termoizolacyjnego pomiędzy materiałem palnym a źródłem, będzie to najprawdopodobniej zawsze warstwa niewystarczająca do powstrzymania zapłonu. Jeżeli przepływ ciepła przez materiał izolacyjny jest większy aniżeli odpływ ciepła z substancji palnej, może nastąpić rozgrzanie substancji i jej zapalenie. Dlatego jest rzeczą bardzo ważną, aby pomiędzy materiałem palnym a materiałem izolacyjnym znajdowała się wolna, przewietrzana przestrzeń do odprowadzania ciepła niż tylko sam materiał termoizolacyjny.

Dla przewodnictwa cieplnego materiału są miarodajne następujące parametry:

(λ) – przewodność cieplna,

(ρ) – gęstość,

(C_p) – ciepło właściwe.

Jeżeli weźmiemy razem dwie ostatnie wielkości jako produkt $\lambda \times C_p$, to otrzymamy w ten sposób pojemność cieplną, a więc wielkość dotyczącą ilości ciepła, która jest wymagana do podwyższenia o określoną jednostkę temperatury pewnej jednostki objętości materiału. Typową jednostką jest np. J/(m³ x K).

Jeżeli powierzchnia jakiegoś materiału podlega stałemu oddziaływaniu wzrastającej temperatury, to wówczas po upływie określonego czasu wzrasta także temperatura w jego wnętrzu.

Konwekcja²³

Konwekcja polega na przenikaniu strumienia cieplnego poprzez media typu gazowego i płynnego. Ciepło powstałe w piecu jest przenoszone drogą konwekcji na powietrze znajdujące się w pomieszczeniu. Przemieszczanie się ogrzanego powietrza w pomieszczeniu do oddalonych przedmiotów określamy jako wymiana cieplna poprzez konwekcję.

Rozgrzane powietrze ulega rozszerzeniu jak i unoszeniu się ku górze i dzięki temu zjawisku następuje transport ciepła poprzez konwekcję często skierowaną ku górze.

²² Tamże, str. 665.

²³ W. Klein, J. Böke, *Brandschutzanlagen...*, str. 26.

Niemniej strumień powietrzny może się poruszać w dowolnym kierunku, także na dół, jeżeli zastosujemy dmuchawę.

Pojęcie konwekcji używane jest także w odniesieniu do wymiany ciepła pomiędzy substancją płynną a powierzchnią materiałów stałych.

Współczynnik wnikania ciepła (a) jest określany przez wzór:

$$q = a\Delta T$$

przy czym (q) podaje gęstość strumienia cieplnego na jednostkę powierzchni, ΔT różnicę temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pomiędzy cieczą a górną powierzchnią. Współczynnik wnikania ciepła (a) jest zależny od prędkości, z jaką porusza się fluid w stosunku do górnej powierzchni.

Promieniowanie ciepłe²⁴

Promieniowanie ciepłe jest pewną formą energii fal elektromagnetycznych, które poruszają się w próżni lub przez materię, porównywalnie jak światło, fale radiowe czy promieniowanie rentgenowskie. W próżni promieniowanie to przemieszcza się z prędkością światła. Jeżeli promieniowanie napotka na swojej drodze jakieś ciało, może zostać ono pochłonięte, odbite lub przepuszczone. Promienie światła widzialnego od fioletowego do czerwonego mają długość od $0,4 \times 10^{-6}\text{m}$ do $0,7 \cdot 10^{-6}\text{m}$. Podczas spalania uwalniane promieniowanie ciepłe leży w zakresie podczerwieni, o długości fal, które są niewidoczne dla oka.

Płomień świecy np. wytwarza zarówno światło widzialne, jak i promieniowanie ciepłe. Promieniowanie ciepłe poczujemy, gdy zbliżymy rękę z boku płomienia.

Tabela 4. Charakterystyczne wartości promieniowania cieplnego

Promieniowanie ciepłe w kW/m ²	Porównywalne do:
ok. 0,7	Promieniowanie słoneczne w ciepły słoneczny dzień
ok. 7	Bóle po krótkiej ekspozycji skóry
20	Samozapalenie drewna Próg do rozgorzenia Czas przeżycia dla ratownika w pełnej ochronie (AODO) wynosi mniej niż 30 s

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, Volkmar, *Brandbekämpfung Im Innenangriff*, str. 33.

²⁴ Tamże, str. 27.

Przy małych płomieniach, z jakimi mamy do czynienia w przypadku małych świec, przeważa głównie konwekcja pionowa. Odczuwamy to, trzymając rękę nad płomieniem. Z góry odczuwamy o wiele większe promieniowanie cieplne aniżeli z boku. Przy większych pożarach może jednak dojść aż do 50% zamiany energii spalania na promieniowanie, a tym samym dostarczenie sąsiadującym powierzchniom dużej ilości promieniowania cieplnego. Promieniowanie cieplne rozchodzi się liniowo we wszystkie strony od źródła promieniowania. Mała powierzchnia, leżąca naprzeciwko większej, wypromieniowuje o wiele mniej promieniowania cieplnego, aniżeli by to robiła duża powierzchnia, pod warunkiem że powierzchnie wypromieniowują podobne ilości promieniowania przypadające na jednostkę powierzchni.

Promieniowanie cieplne może przemieszczać się w symetrycznych dwuatomowych gazach, jak na przykład tlen (O_2) albo azot (N_2) tworzących powietrze wolno i bez przeszkód. Ulega jednak ono absorpcji przez cząsteczki kurzu i dymu znajdujące się w powietrzu. Cząsteczki o asymetrycznej liczbie atomowej, jak para wodna (H_2O) i dwutlenek węgla (CO_2) lub dwutlenek siarki (SO_2) także pochłaniają promieniowanie cieplne. Właściwość ta oddziałuje bardzo pozytywnie podczas gaszenia ognia, ponieważ woda, która ulega rozdrobnieniu przez tryskacze lub dysze, a także gaz gaśniczy (CO_2) absorbują pewną część promieniowania cieplnego.

Jeżeli ciało o wyższej temperaturze znajduje się naprzeciw ciała o niższej, wówczas mamy do czynienia z sytuacją przepływu ciepła z cieplejszego do chłodniejszego aż do momentu wyrównania się temperatur. Zdolność absorbowania promieniowania cieplnego zależy od rodzaju powierzchni ciała chłodniejszego i wielkości powierzchni promieniowania ciała cieplejszego. Jeżeli powierzchnia pochłaniająca jest błyszcząca lub wypolerowana, to wówczas odbija większą część promieniowania cieplnego, a gdy z kolei jest czarna lub w ciemnym kolorze, powoduje jego absorpcję. Tak właśnie zachowuje się większość ciał niemetalicznych w odniesieniu do promieniowania cieplnego i można je zakwalifikować jako ciała czarne, także wówczas, jeżeli promieniowanie widzialne jest odbijane. Kilka materiałów, jak woda czy szkło, jest przepuszczalnych dla promieniowania widzialnego, ale z kolei absorbują promieniowanie cieplne. Ciepłarnie i ogniwa słoneczne wykorzystują tę zasadę.

Błyszczące metaliczne materiały bardzo dobrze odbijają promieniowanie cieplne. Dlatego dla przykładu aluminium wraz z substancjami tłumiącymi wykorzystywane jest do izolacji cieplnej. Także blacha wykorzystywana jest do ochrony przed promieniowaniem cieplnym ścian pieców.

Promieniowania cieplnego ognia nie da się skrupulatnie obliczać, niemniej przyjmuje się, że około jednej trzeciej części całkowitej energii powstającej w wyniku spalania wydziela się w formie promieniowania cieplnego. Resztę stanowi ciepło konwekcyjne i niepełne spalanie.



Ryc. 7. Rozkład konwekcji i promieniowania przy przekazywaniu (transporcie) ciepła podczas pożarów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str.34.

3.8. Źródła ciepła i zapłonu²⁵

Ochrona przeciwpożarowa, jak i technika gaszenia opierają się na opanowaniu energii cieplnej. Dlatego jest rzeczą ważną, aby wymienić również możliwe źródła energii. Rozróżnić należy źródła ciepła:

- chemiczne,
- elektryczne,
- mechaniczne lub
- nuklearne.

Samozapalenie²⁶

Przed wystąpieniem samozapłonu dochodzi do ogrzania substancji palnej bez dopływu ciepła z zewnątrz. Natychmiast po osiągnięciu temperatury zapalenia następuje spontaniczny zapłon i spalanie paliwa. Istnieje kilka zasadniczych czynników oraz wiele okoliczności zewnętrznych mogących doprowadzić do samozapłonu. Bardzo istotne są następujące trzy warunki:

- ilość wytworzonej energii przypadającej na jednostkę czasu;
- dopływ powietrza;
- oddziaływanie izolacji cieplnej w bezpośrednim otoczeniu.

²⁵ W. Klein, J. Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 28.

²⁶ Tamże, str. 29.

Wiele substancji pochodzenia organicznego ulega utlenianiu, jednocześnie oddając ciepło, jeżeli dochodzi do ich łączenia się z tlenem. Zjawisko utleniania przebiega w normalnej temperaturze, jednakże w tak wolnym tempie, że jest ono nieodczuwalne. Mamy wtedy do czynienia z sytuacją, kiedy to wytworzona ilość ciepła zostaje natychmiast odprowadzona, skutkiem czego nie następuje wzrost temperatury w utlenianym materiale.

Jednakże, aby mogło zaistnieć samozapalenie, musi być wystarczająca ilość powietrza, jednak tak, by ilość ciepła odprowadzanego nie była większa niż jest wytwarzanego w wyniku utleniania. Szmata nasyciona jadalnym olejem roślinnym może się zapalić, jeżeli zostanie wrzucona do pojemnika na odpady, natomiast gdy ją powiesimy na sznurze do suszenia prania, gdzie ruch powietrza powoduje odprowadzanie ciepła, nie zapali się. Nie zapali się również, kiedy będzie ułożona w stosie i szczelnie zamknięta. W luźnej stercie natomiast może się ona palić bardzo dobrze, kiedy znajdą korzystne stosunki pomiędzy izolacją cieplną a dopływem powietrza. Ze względu na niezliczoną ilość kombinacji czynników prowadzących do samozapalenia jest trudno je niezawodnie przewidzieć.

Substancje ulegające utlenianiu w powietrzu wytwarzają produkty niepełnego spalania, które z kolei służą im jako katalizatory do dalszego spalania. Przykładem może być zjełczały olej z oliwek, który w tym stanie szybciej ulega utlenianiu aniżeli świeży.

Doprowadzone ciepło może wywołać samozapalenie w materiałach palnych, do którego by nie doszło w normalnych warunkach. W takim przypadku na skutek fazy wstępnego rozgrzania dochodzi do wystarczającego przyspieszenia procesu utleniania i sytuacji, kiedy ilość ciepła wytworzonego jest większa od ilości ciepła odprowadzonego. Taką skłonność do samozapalenia mają np. tworzywa spienione w suchym pomieszczeniu.

Powszechnie wiadomo, że produkty rolnicze także mają tendencje do rozgrzewania się na skutek procesów mikrobiologicznych. Ponieważ bakterie mogą przeżyć tylko do temperatury 80°C, należy przyjąć, że za dalszy proces powodujący rozgrzewanie odpowiedzialne jest utlenianie.

Zawartość wilgoci w produktach rolnych ma znaczący wpływ na rozgrzewanie powodowane przez bakterie. Mokre lub niewystarczająco wyschnięte siano ma tendencje do rozgrzewania się przy styku z podłożem. Doświadczenia wykazały, że siano składowane w pierwszych 4–6 tygodniach ma tendencję do zapalenia. Również inne produkty rolne wykazują tendencję do samozapłonu, a w szczególności zawierające utleniające się oleje.

Ciepło powstające na skutek rozkładu²⁷

Ciepło to powstaje na skutek rozpadu połączeń chemicznych, wywołanych reakcją endotermiczną. Takie połączenia są poza tym nadzwyczaj niestabilnie, a na po-

²⁷ Tamże, str. 30.

czątku ich rozkładu, na skutek ogrzewania ponad pewną krytyczną temperaturę, jest połączony z oddawaniem ciepła. Acetylen na przykład jest znany z tego, że podczas jego rozkładu dochodzi do niebezpiecznego uwolnienia ciepła.

Ciepło wydzielane podczas rozpuszczania²⁸

Pod pojęciem ciepła rozpuszczania rozumiemy ciepło, które powstaje podczas rozpuszczania się jakiejś substancji w płynach. Większość substancji wydziela ciepło podczas rozpuszczania, jednak jego ilość nie odgrywa żadnej roli w kontekście zagrożenia pożarowego. Jednak w przypadku niektórych substancji chemicznych, np. stężonego kwasu siarkowego, ilość wydzielanego ciepła podczas reakcji może stanowić zagrożenie. Substancje chemiczne, które w ten sposób reagują podczas rozpuszczania w wodzie, same z reguły nie są palne, jednakże ilość ciepła wydzielana podczas reakcji może spowodować zapłon znajdującej się w pobliżu substancji palnej.

Energia cieplna powstająca podczas przepływu prądu elektrycznego²⁹

Jeżeli mamy do czynienia z przepływem prądu przez przewód elektryczny, to wówczas następuje przemieszczanie się w nim elektronów z jednego atomu do drugiego. Takie metale, jak miedź czy srebro są dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego. Napięcie (przewody miedź, srebro) wymagane, aby nastąpił przepływ prądu, jest bardzo małe w porównaniu z tym, które jest potrzebne w przewodach, gdzie elektrony są mocno związane ze stałymi warstwami elektronowymi. Opór elektryczny jest właściwością materii zależną od budowy atomów i cząsteczek. Opór jest proporcjonalny do napięcia, niezbędnego, aby nastąpił przepływ prądu określonej mocy przez przewódnik elektryczny. Niezbędna tutaj energia jest oddawana w formie ciepła.

Ogrzewanie wykorzystujące oporność materiałów³⁰

Przy elektrycznym ogrzewaniu oporowym ilość ciepła rośnie proporcjonalnie do oporności i prądu podniesionego do kwadratu. Temperatura przewodnika zależy od strumienia cieplnego, który może zostać oddany otoczeniu. Druty nieizolowane mogą przewodzić prąd większy aniżeli druty izolowane, a przewód pojedynczy może przewodzić wyższy prąd od wiązki przewodów, bez niebezpieczeństwa jego przegrzania.

Wielkość ciepła wydzielanego przez drut żarzący żarówkę jest zależna od rodzaju drutu i jego oporności. Żarówki, które świecą jaśniej, mają drut rozgrzewający się do wyższej temperatury, a żarówki z niższą temperaturą drutu żarzącego wydzielają z kolei więcej energii cieplnej.

²⁸ Tamże, str. 30.

²⁹ Tamże, str. 30.

³⁰ Tamże, str. 31.

Ogrzewanie dielektryczne³¹

Oddziaływanie pola elektrycznego wpływa na położenie atomów i cząsteczek wewnątrz materiału. Przy stałym napięciu nie następuje rozgrzanie materiału. Przy napięciu zmieniającym się dochodzi do rozgrzania materiału, co jednak nie ma praktycznego znaczenia. Dopiero przy zaistnieniu dużych różnic napięć oraz wysokich częstotliwości może dojść do rozgrzania powodującego zagrożenie.

Ogrzewanie indukcyjne³²

Jeżeli przewodnik elektryczny poddamy oddziaływaniu zmiennego pola magnetycznego lub przewodnik poruszała będzie się poprzecznie do linii pola magnetycznego, zostanie w nim wzbudzony prąd elektryczny. Powstały prąd elektryczny w wyniku istniejącego oporu wytwarza ciepło. Istnieje możliwość indukcyjnego rozgrzania materiałów metalicznych poprzez umieszczenie ich wewnątrz cewki o dużym natężeniu prądu i wysokiej częstotliwości. Dlatego należy zwrócić uwagę, że w przewodzie elektrycznym leżącym równolegle do przewodu, w którym przepływa prąd, może nastąpić wzbudzenie prądu indukcyjnego. A z kolei płynący prąd, jak i opór przewodnika mogą doprowadzić do jego rozgrzania stwarzającego zagrożenie.

Ogrzanie powodowane przez prąd upływow³³

Niedostateczna izolacja lub istniejące zanieczyszczenia pomiędzy dwoma przewodami elektrycznymi mogą prowadzić do przepływu prądu i uwolnienia energii cieplnej. Można to np. przedstawić na podstawie eksperymentu, kiedy to dwa przewody elektryczne, przez które przepływa prąd, wciśniemy do mokrego drewna – spowoduje to przepływ prądu w drewnie, który je zwęgli, w wyniku czego nastąpi wzrost wielkości prądu, co w końcu doprowadzi do dalszego jego rozgrzania i zapalenia.

Ogrzanie powodowane przez łuk elektryczny³⁴

Jeżeli dwa przewody znajdujące się pod napięciem ulegną na moment zwarcia, może pomiędzy ich końcówkami powstać łuk elektryczny, który oddaje bardzo dużą ilość energii. Ta zasada została wykorzystana do spawania łukiem elektrycznym. Również zjawisko to może wystąpić, gdy klemy elektryczne są zbyt luźne, co prowadzi do ich nagrzania i zapalenia materiału łatwopalnego.

Wyładowania elektrostatyczne³⁵

Jeżeli dwa ciała są różnorodnie naładowane pod względem elektrycznym, to podczas ich zbliżenia może dojść do przeskoku iskry i wyrównania potencjałów.

³¹ Tamże, str. 31.

³² Tamże, str. 31.

³³ Tamże, str. 31.

³⁴ Tamże, str. 31.

³⁵ Tamże, str. 32.

Z taką sytuacją wiele osób miało do czynienia np. podczas dotknięcia karoserii samochodu. W większości przypadków wielkość tej energii jest zbyt mała do spowodowania zapłonu, niemniej w przypadku wystąpienia łatwo zapalnych gazów tego typu zapłon jest możliwy. Celem uniknięcia zapłonu między samolotem a pojazdem cysterną jest kładziony przewód służący wyrównaniu potencjałów między nimi.

Powstające podczas burz wyładowania elektryczne stanowią również formę statycznego wyładowania, jednak charakteryzującego się bardzo dużą energią i możliwością wywołania zapłonu w miejscu zaistnienia.

Mechaniczna energia cieplna³⁶

Energia mechaniczna prowadzi często do powstania pożarów. W większości przypadków tarcie jest czynnikiem powodującym rozgrzanie, a następnie zapalenie. W przenośnikach taśmowych transportujących węgiel może dojść do silnego rozgrzania łożysk przechodzącego w żarzenie, co skutkuje zapłonem. Taka sytuacja jest szczególnie niebezpieczna w przypadku zatrzymania przenośnika taśmowego.

Iskrzenie na skutek tarcia³⁷

Do tego typu iskier będziemy zaliczali iskry, które powstają podczas uderzenia jednego ciała o drugie, z których jedno z nich (bardzo często) jest metalem. Istnieją informacje o pożarach powstałych na skutek upadku stalowych przedmiotów na betonowe podłoże czy rury. Także obuwie posiadające metalowe okucia może wytworzyć wystarczającą ilość iskier do zapłonu. Czy taki zapłon nastąpi, jest to w dużej mierze uzależnione od materiału i narzędzi. W przypadku stali temperatura iskier dochodzi do 1400°C. Z kolei przy stalach nierdzewnych jest ona już znacznie niższa. Korzystniej zachowuje się nikiel czy brąz. Jednak gdy mamy do czynienia z węglowodorami, to i te metale mogą się okazać niewystarczające. Zamiast metali należy wówczas stosować skórę, drewno lub tworzywa sztuczne celem uniknięcia powstawania iskier.

Ciepło sprężania³⁸

To źródło zapłonu jest wykorzystywane na przykład w silniku Diesla. Do paliwa wtryskiwane jest sprężone, rozgrzane powietrze, wskutek czego następuje samozapłon. Samozapalenie może nastąpić także, kiedy znajdujący się pod wysokim ciśnieniem gaz, w tym także gaz do gaszenia, spręży znajdujące się w rurze zanieczyszczonej substancją palną powietrze i ogrzeje się w ten sposób powyżej granicy zapłonu.

³⁶ Tamże, str. 32.

³⁷ Tamże, str. 31.

³⁸ Tamże, str. 32.

3.9. Rozwój pożaru³⁹

Jeżeli mamy do czynienia z ustabilizowanym pożarem, to wówczas rozwija się on w oparciu o własną energię i rozprzestrzenia się poprzez dotknięte nim pomieszczenia na inne części budynku. Pożar stanowi nie tylko źródło płomieni i gorących gazów, które przyczyniają się do jego rozprzestrzeniania, lecz jest także źródłem dymu i trujących oraz korozyjnych gazów. Zarówno strumień ciepły, jak i ilość ciepła początkowego ognia są decydujące w zakresie tego, czy ogień rozprzestrzeni się poza pomieszczenie, w którym powstał.

Obciążenie ogniowe, które powoduje przyrost oraz rozprzestrzenianie się ognia, może być scharakteryzowane na dwa sposoby:

- poprzez strumień ciepły, który płynie do otoczenia i do pomieszczenia,
- poprzez istniejącą ilość ciepła wynikającą z ilości dostępnej substancji palnej.

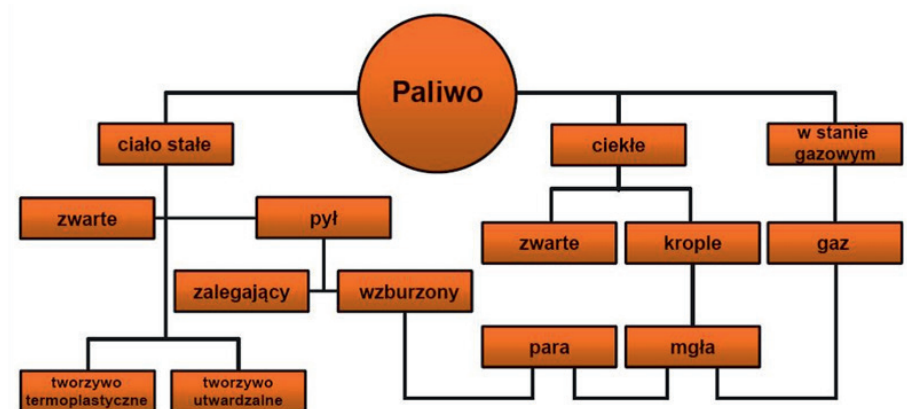


Ryc. 8. Przebieg procesu energetycznego przygotowania materiału do zapalenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 41.

Oba wyżej wymienione kryteria będą wykorzystywane do opisu potencjalnego obciążenia ogniowego. Strumień ciepły ognia w określonym momencie jest mierzony w kilowatach (kW lub kJ/s). Jeżeli obciążenie ogniowe jest definiowane poprzez ilość ciepła, to wychodzi się z założenia, że całkowita ilość substancji palnej w pomieszczeniu ulegnie spaleniu niezależnie od wymaganej do tego ilości czasu. Jeżeli obciążenie ogniowe jest definiowane poprzez ilość ciepła, to wówczas jest ono podawane w kilodżulach (kJ/m²) na jednostkę powierzchni danego pomieszczenia. Definicja obciążenia ogniowego poprzez ilość ciepła nie daje żadnego wyjaśnienia co do tego, jak intensywnie i jak długo będzie przebiegać spalanie.

³⁹ Tamże, str. 33.



Ryc. 9. Rodzaje materiałów palnych wg ich stanu skupienia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 35.

Obciążenie ogniowe jako strumień ciepły; intensywność spalania⁴⁰

Podczas spalania wytwarzany strumień ciepły zależy od wartości opałowej paliwa, od ilości paliwa spalane go w jednostce czasu i współczynnika sprawności procesu spalania. Strumień ciepły Q jest zwyczajowo podawany w kW lub kJ/s. Jest on ważny w fazie, w której ogień może się jeszcze swobodnie rozwijać (faza rozwoju), ponieważ istnieje wystarczająca ilość tlenu w powietrzu, a jest on określany tylko poprzez intensywność spalania substancji palnej. W fazie tej pożar nieustannie rozwija się.

Tabela 5. Zmiany stanu ciała stałego aż do zapalenia

Temperatura drewna	Powstające produkty pirolizy
> 200°C	Powstanie niepalnych gazów i pary, np. para wodna, CO ₂ , metan, kwas mrówkowy, kwas octowy
200–280°C	Przeważnie reakcje endotermiczne, powstaje jeszcze tylko mała ilość pary wodnej i małe ilości CO
280–500°C	Reakcje egzotermiczne: powstają palne gazy i pary oraz cząsteczki stałe, równoległe do tego przebiegają pierwsze reakcje powstającej w międzyczasie warstwy zwęglonej
> 500°C	Pozostałości spalania, przeważnie węgiel drzewny z przebiegającymi reakcjami katalitycznymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 37.

⁴⁰ Tamże, str. 34.

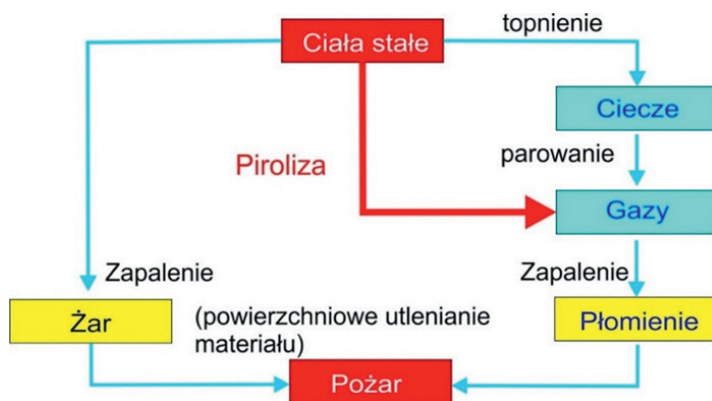
Strumień ciepły spalania jest zależny od składu chemicznego substancji palnej, a także od jego geometrycznego kształtu. Substancje palne mogą być pochodzenia roślinnego, jak i petrochemicznego. Do substancji palnych pochodzenia roślinnego będziemy zaliczali np. papier, drewno i bawełnę, a do petrochemicznych np. oleje, tłuszcze, a także tworzywa sztuczne.

Tabela 6. Ważne produkty pirolizy

Produkt pirolizy	Pochodzenie i charakterystyka
Cyjanek/Cyjanowodór (HCN)	Powstaje z materiałów, takich jak wełna, jedwab, nylon albo poliuretan; bardzo lekko zapalny, trujący, może powodować śmierć przez uduszenie, bezbarwny
Tlenki azotu (np. NO ₂)	Powstają z tworzyw tekstylnych i wiskozy; silnie drażniąc drogi oddechowe, gaz bez zapachu, typowe brunatne zabarwienie, powstaje często z cyjankiem (HCN)
Kwas solny (HCL)	Powstaje z PCV (np. zawartego w materiale izolacyjnym, w materiałach z tworzyw sztucznych, z których wykonane są osłony), silnie żrący, bezbarwny gaz

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 36.

Intensywność spalania jest określana w znacznym stopniu poprzez stosunek górnej powierzchni substancji do jej masy. Kłoda drewna pali się powoli. Ta sama jednak masa przerobiona na papier i rozłożona na dużej powierzchni ulega spalaniu znacznie szybciej, a gdy do pomieszczenia wdmuchamy pył drzewny, będziemy mieli do czynienia z mieszaniną wybuchową. Ta różnica w intensywności spalania jest widoczna również w przypadku tworzyw sztucznych. Tworzywa w postaci gąbczastej palą się szybciej aniżeli zwarte. Tworzywa termoplastyczne ulegają topnieniu i palą się z większą intensywnością aniżeli tworzywa duroplastyczne.



Ryc. 10. Schemat procesu przygotowania ciała stałego do spalania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 37.

Obciążenie ogniowe jako czas spalania⁴¹

W tym przypadku poddaje się badaniom, przez jaki czas trwałby pożar w jakimś pomieszczeniu czy budynku, gdyby dochodziło do całkowitej zamiany występujących w nim substancji palnych na energię cieplną.

Tabela 7. Ciepło spalania oraz ilość ciepła wydzielonego z 1 kg zużytego tlenu dla wybranych materiałów

Materiał palny	Ciepło spalania (MJ/kg materiału palnego)	HRR/kg O ₂ (MJ/kg O ₂)
Metan	50	13
Etan	47	13
Butan	46	13
Etylen	47	14
Benzol	40	13
Polietylen	43	13
Polipropylen	43	13
Polistyrol	40	13
PCV	16	13
PMMA	25	13
PET	22	13

⁴¹ Tamże, str. 34.

Materiał palny	Ciepło spalania (MJ/kg materiału palnego)	HRR/kg O₂ (MJ/kg O₂)
Policarbonat	30	13
Nylon 66	30	13
Celuloza	16	14
Bawełna	16	14
Papier (gazeta)	18	13
Drewno (klon)	19	13
Węgiel (węgiel koksowy)	35	14
Węgiel (węgiel koksowy)	35	14

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 38.

Intensywność spalania jest przy tym pochodną dopływu dostępnego powietrza. Przyjmuje się, że wszystkie dostępne drzwi i okna są otwarte, a w związku z tym mamy do czynienia ze stałym dopływem powietrza, co prowadzi do stałej intensywności spalania, a tym samym do równomiernego zużycia substancji palnej. Czas spalania jest wynikiem ilości ciepła dostępnego z substancji palnej podzielonego przez prędkość jego spalania.

Pożar to złożone zjawisko, wiążące ze sobą wiele interakcji pomiędzy fizycznymi oraz chemicznymi procesami⁴². Jest to „niekontrolowany proces spalania zachodzący poza miejscem do tego celu przeznaczonym, przynoszący straty materialne; towarzyszy mu występowanie czynników szkodliwych, takich jak: płomień, wzrost temperatury, dym, wybuchy, iskry, toksyczne produkty spalania, a w konsekwencji np. naruszenie konstrukcji budowlanych i urządzeń technologicznych, zniszczenie upraw lub lasu”⁴³.

Wzajemne oddziaływanie pomiędzy płomieniem, paliwem, utleniaczem oraz otoczeniem jest zależnością nieliniową, a ilościowa ocena tych procesów jest bardzo złożona, i mimo dostępnych licznych modeli i programów obliczeniowych w dalszym ciągu nie daje pewnych wyników.

Zjawiska zachodzące podczas pożarów w zamkniętych pomieszczeniach dotyczą przede wszystkim wymiany ciepła i masy pomiędzy paliwem i otoczeniem. Pożar w zamkniętym pomieszczeniu może się rozwijać wielorako. Zależy to od wielu czynników, takich jak:

⁴² D. Drysdale, *An introduction to Fire Dynamics*, Wiley-Interscience Publication, 1987.

⁴³ <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/po%C5%BCar.html>, *Internetowa Encyklopedia PWN* [dostęp w dniu 09.04.2018].

- geometria pomieszczenia;
- wentylacja;
- rodzaj i ilość paliwa, które ulega spalaniu.

Fazy pożaru⁴⁴

Rozwój pożaru w pomieszczeniu zaczyna się od zapłonu materiałów palnych, po którym generowana jest duża ilość energii cieplnej w wyniku ich spalania. Na tym etapie pożar jest kontrolowany głównie przez paliwo, a oprócz energii produkowane są również toksyczne produkty spalania. Gorące gazy pożarowe otacza zimne powietrze, co powoduje powstanie kolumny konwekcyjnej pożaru. Transportuje ona produkty spalania w kierunku przestrzeni podsufitowej zamkniętego pomieszczenia. Proces ten zachodzi w wyniku różnicy ich gęstości w stosunku do gęstości powietrza znajdującego się w pomieszczeniu. Kolumna konwekcyjna pożaru powoduje formowanie się warstwy gorących gazów pożarowych oraz jej rozprzestrzenianie się na całą kubaturę pomieszczenia. Podczas tego etapu zjawiska fizyczne zachodzące w warstwie podsufitowej gorących gazów pożarowych obejmują przede wszystkim tworzenie się strumieni ciepłych o dużym zróżnicowaniu temperatur, które oddziałują termicznie na konstrukcję budynku oraz zjawiska chemiczne, w tym powstawanie różnych związków toksycznych szkodliwych dla ludzkiego organizmu.

Podczas pożarów wewnętrznych wyodrębnić można trzy zasadnicze fazy:

- I faza to faza rozwoju pożaru (tzw. przedrozgorzeniowa), charakteryzująca się niską średnią temperaturą oraz stosunkowo wolnym tempem rozwoju, uzależnionym przede wszystkim od właściwości reakcji na ogień materiałów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie źródła ognia. Od momentu zainicjowania pożaru spalający się materiał ogrzewa otoczenie, powodując rozprzestrzenianie się ognia. W wyniku spalania powstaje coraz więcej gorących produktów spalania wypełniających pomieszczenie;
- II faza to pożar w pełni rozwinięty (porozgorzeniowa faza pożaru), podczas tej fazy wszystkie palne przedmioty palą się, a płomienie wypełniają całe pomieszczenie;
- III faza to okres spadku, formalnie zdefiniowany jako faza pożaru, której początek określa spadek do 80 procent szczytowej wartości temperatury.

Moc pożaru⁴⁵

Energia wytwarzana przez pożar, zwana inaczej mocą pożaru, wpływa znacząco na temperaturę w pomieszczeniu objętym pożarem. Ilość energii wyzwolana podczas spalania niektórych rodzajów paliw i niektórych pożarów w obiektach budowlanych przedstawiona jest w tabeli 8.

⁴⁴ *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 153–154.

⁴⁵ Tamże, str. 155.

Tabela 8. Średnia moc wytwarzana przez pożary w wybranych obiektach

Rodzaj obiektu/pomieszczenia	Średnia wartość mocy pożaru na jednostkę powierzchni [kW/m ²]
Sklepy	550
Biura	290
Pokoje hotelowe	250
Obiekty przemysłowe	90–620
Galeria sztuki	250
Pomieszczenia magazynowe z niewielką ilością materiałów palnych	250
Pomieszczenia szpitalne, w których przebywają chorzy	250
Sala lekcyjna w szkole	250
Lokal mieszkalny	250
Recepcja w hotelu	250
Obiekt magazynowy zawierający materace wypełniane pianką	500
Centrum handlowe	500
Biblioteka	500
Kino/teatr	500
Obiekt magazynowy zawierający stos palet drewnianych, o wysokości 0,5 m	1250
Obiekt magazynowy zawierający stos plastikowych butelek w kartonach, o wysokości 4,6 m	4320

Źródło: *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 158.

Szybkość wytwarzania tej energii równa jest szybkości utraty masy paliwa podczas jego spalania, co wyraża wzór:

$$Q = m_f \Delta h_c$$

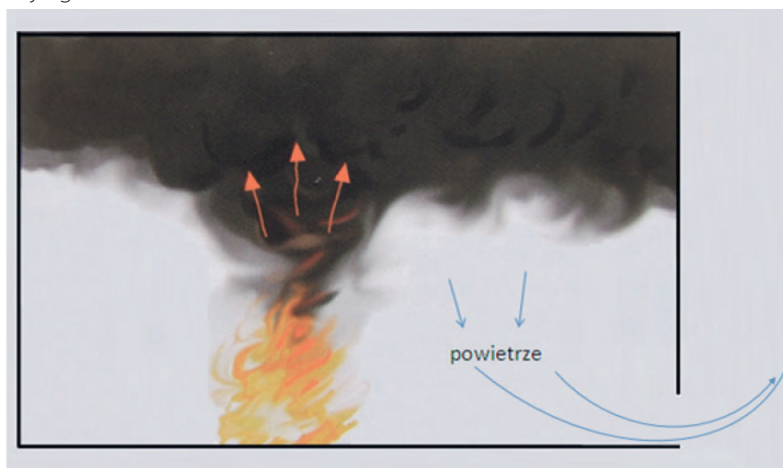
gdzie:

Q – moc pożaru (kW),

m_f – szybkość ubytku masy paliwa (kg/s),

Δh_c – ciepło spalania paliwa (kJ/kg).

Wzrost wartości mocy pożaru zależy w znacznym stopniu od temperatury, w tzw. gorącej warstwie podsufitowej oraz geometrii pomieszczenia. W większości pożarów około 35% energii opuszcza kolumnę konwekcyjną ognia jako promieniowanie. W pożarach w pomieszczeniach zamkniętych część energii przepływa do podsufitowej warstwy dymu. Głównym zjawiskiem związanym z mocą pożaru jest konwekcja energii do górnej warstwy dymu w pomieszczeniu za pośrednictwem kolumny konwekcyjnej ognia.



Ryc. 11. Konwekcja energii cieplnej pożaru do górnej warstwy dymu w pomieszczeniu

Źródło: *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 159.

Jeżeli kolumna ognia wzrasta, to tym samym zasysane jest powietrze z dolnej warstwy pomieszczenia, co ogranicza temperaturę i podnosi szybkość przepływu masy. Określenie zmiany mocy pożaru w czasie, przebiegającej według ustalonego wzorca, pozwala wyznaczyć jego przybliżony przebieg w odniesieniu do pożarów rzeczywistych. W przypadku pożaru rozprzestrzeniającego się w poziomie, ilość ciepła może być określona wzorem:

$$q = \gamma \cdot t^2$$

gdzie:

q – ilość wydzielającego się ciepła (kW),

γ – stała określająca przebieg krzywej pożaru (kW/s²),

t – czas od momentu zapłonu (s).

Tabela 9. Szybkość rozprzestrzeniania się pożarów w zależności od rodzaju obiektu

Rodzaj obiektu/pomieszczenia	Rozprzestrzenianie się pożaru
Galeria obrazów	wolne
Lokal mieszkalny	średnie
Pomieszczenie biurowe	średnie
Recepcja hotelowa	średnie
Pokój gościnny w hotelu	średnie
Sklep	szybkie
Magazyn przemysłowy lub pomieszczenie produkcyjne	bardzo szybkie

Źródło: *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 160.

Wysokość płomienia⁴⁶

Obliczenia dotyczące wysokości płomienia podczas pożaru w pomieszczeniach można wykonać za pomocą wzoru Alperta i Warda z 1963 r.:

$$H_f = 0,011(k \cdot Q)^{0,4}$$

gdzie:

H_f – wysokość płomienia (m),

k – współczynnik dotyczący ścian w narażonym przez pożar pomieszczeniu:

$k = 1$ – gdy w pomieszczeniu blisko źródła pożaru nie ma ścian,

$k = 2$ – gdy paliwo zgromadzone jest blisko ściany,

$k = 4$ – gdy paliwo zgromadzone jest w narożniku ścian,

Q – moc pożaru przypadająca na jednostkę powierzchni (kW/m²).

⁴⁶ *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 161.

Temperatura wydzielanych gazów pożarowych

Za pomocą poniższego wzoru można ocenić temperaturę kolumny gazów wytwarzanych przez pożar:

$$\Delta T = \frac{0,222(k \cdot Q)^{2/3}}{H^{5/3}}$$

gdzie:

ΔT – maksymalny przyrost temperatury (°C) ponad temperaturę w pomieszczeniu,

Q – całkowita moc pożaru (W),

k – współczynnik dotyczący ścian w narażonym przez pożar pomieszczeniu,

H – odległość od materiałów palnych (m).

Szybkość wytwarzania warstwy dymu z pożarów i temperatura warstwy dymu⁴⁷

Istnieją różne sposoby kontroli warstwy dymu podczas pożarów w pomieszczeniach, dzięki którym istnieje możliwość bezpiecznej ewakuacji osób, jak również szybkiego zlokalizowania i ugaszenia pożaru przez ekipy ratownicze. Kontrola dymu powinna zapewniać utrzymywanie poziomu warstwy dymu powyżej wysokości głowy ewakuujących się ludzi, co ściśle związane jest z prawidłowym zaprojektowaniem systemu usuwania dymu i ciepła. Pomocne w tym zakresie są modele komputerowe.

Podczas projektowania systemu usuwania dymu i ciepła należy wykonać kilka podstawowych obliczeń dotyczących wartości i parametrów warstwy dymu. Podczas wczesnej fazy rozwoju pożaru w pomieszczeniu, produkty spalania materiałów palnych unoszą się do górnej warstwy pomieszczenia, tworząc warstwę gorących gazów pożarowych. Jeżeli pomieszczenie, w którym powstał pożar, jest szczelne i zamknięte, uniemożliwia to przemieszczanie się warstwy dymu do sąsiednich pomieszczeń.

Szybkość wytwarzania warstwy dymu zależy częściowo od szybkości spalania, ale także od dopływu powietrza które zasysane jest przez kolumnę ognia przed powstaniem warstwy dymu. Szybkość wytwarzania warstwy dymu w każdej wysokości nad źródłem pożaru może być wyrażona wzorem:

$$M = 0,096 \cdot P_f \cdot \rho_0 \cdot z^{3/2} \left(g \frac{T_0}{T_f} \right)^{1/2}$$

gdzie:

M – szybkość wytwarzania warstwy dymu nad źródłem pożaru,

Q – moc pożaru przypadająca na jednostkę powierzchni (kW/m²),

z – wysokość warstwy dymu nad źródłem pożaru (m).

⁴⁷ Tamże.

3.10. Klasyfikacja pożarów⁴⁸

Klasyfikacja pożarów ułatwia komunikowanie się. Ogień jest zwykle charakteryzowany na cztery sposoby. A mianowicie, ze względu na:

- rodzaj procesu spalania,
- intensywność rozwoju pożaru,
- dopływ powietrza,
- fazy pożaru.

Klasyfikacja ze względu na rodzaj procesu spalania⁴⁹

Prostym sposobem opisu pożaru jest podział jego rozwoju na trzy fazy:

- faza przygotowania substancji palnej (faza przedrozgorzeniowa),
- faza porozgorzeniowa, pożar w pełni rozwinięty,
- faza wygasania.

W fazie wstępnej mamy do czynienia z procesem rozgrzania materiału aż do momentu zapłonu. Następuje tutaj uwalnianie par oraz gazów z substancji palnej.

Tleniem nazywa się żarzenie substancji występujące na jej górnej powierzchni. Proces ten może być połączony, ale nie musi, z poborem tlenu z otoczenia pożaru. Przy czym temperatura jak i ilość wyparowanej substancji palnej nie są wystarczające do spowodowania zapalenia.

Podczas spalania właściwego, któremu towarzyszą płomienie, wytworzona ilość energii jest wystarczająca do przygotowania materiału palnego do spalania (piroliza).

Przy pożarze występują z reguły wszystkie trzy warunki jednocześnie. Ponieważ płomienie rozprzestrzeniają się we wszystkie strony ponad paliwem, faza wstępna pożaru występuje głównie na obrzeżu ognia. Jednoczesne tlenie i spalanie z reguły występują podczas pożarów pomieszczeń, ponieważ dochodzi tam do rozprzestrzeniania się ognia na najrozmaitsze rodzaje substancji palnych.

Klasyfikacja ze względu na prędkość narastania pożaru⁵⁰

Ogień, którego intensywność spalania jako funkcja czasu ciągle narasta, jest to ogień rozwijający się. Można go zdefiniować poprzez szybkość spalania. Ogień narastający jest powiązany z reguły z istniejącą nadwyżką powietrza. Jego przyrost będzie trwał tak długo, dopóki paliwo nie zostanie zużyte albo nie zabraknie powietrza.

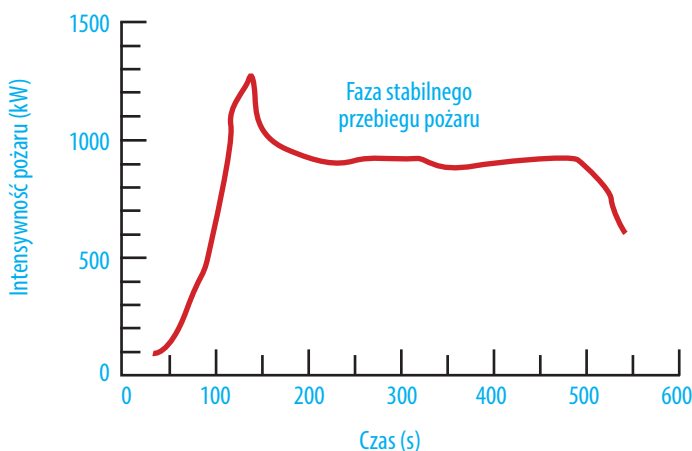
⁴⁸ *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 154.

⁴⁹ Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadeverhütung Verlag*, str. 35.

⁵⁰ Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadeverhütung Verlag*, str. 35.

Druga kategoria pożarów to pożary z zerową intensywnością narastania, tzn. ogień jest w stanie stacjonarnym. Charakteryzuje je stała prędkość spalania. Takim przykładem jest płonąca świeczka lub pożar kałuży (np. oleju) mający ograniczoną górną powierzchnię. Pożar taki może również znajdować się w stanie stacjonarnym w sytuacji wystarczającej ilości paliwa, a przy ograniczonym dopływie powietrza.

Trzecią kategorię pożarów stanowią pożary ze spadającą prędkością spalania przy wystarczającym dopływie powietrza na skutek wyczerpywania się paliwa.



Ryc. 12. Rozwój pożaru oraz intensywność jego rozwoju

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 36.

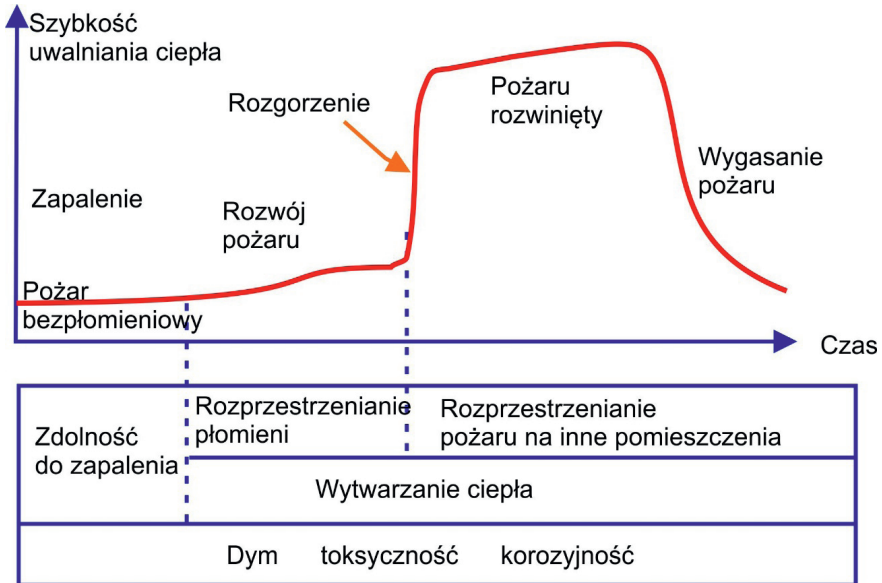
Klasyfikacja ze względu na dopływ powietrza⁵¹

Požary możemy również klasyfikować pod względem braku lub nadmiaru powietrza. Jeżeli mamy do czynienia z ogniem na otwartej przestrzeni lub przebiegającym w fazie początkowej w jakimś pomieszczeniu, to wówczas istnieje nadmiar powietrza, a ogień jest kontrolowany poprzez ilość substancji palnej. Jeżeli jednak następuje dalsze narastanie ognia w pomieszczeniu, może zaistnieć sytuacja, w której ilość tlenu w doprowadzonym powietrzu poprzez istniejące otwory jest niewystarczająca. Palenie jest wówczas warunkowane istniejącą wentylacją.

⁵¹ Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 36.

Klasyfikacja według fazy pożaru⁵²

Pożary można także rozróżnić wg etapów wczesnej fazy, to jest spalanie swobodne i tlenie. W fazie wczesnej tlenie może trwać kilka godzin, nie powodując palenia się. Z punktu widzenia wczesnego rozpoznania przez czujki pożarowe faza ta odgrywa bardzo ważną rolę. Powstały pożar może najpierw być w fazie swobodnego spalania i rozprzestrzeniać się bez ograniczeń i znowu z powodu niedoboru powietrza przejść do długiego tlenia.



Ryc. 13. Fazy rozwoju pożaru

Źródło: Opracowanie własne na podstawie VdS 2827.

3.11. Wpływ geometrii pomieszczenia na przebieg pożaru

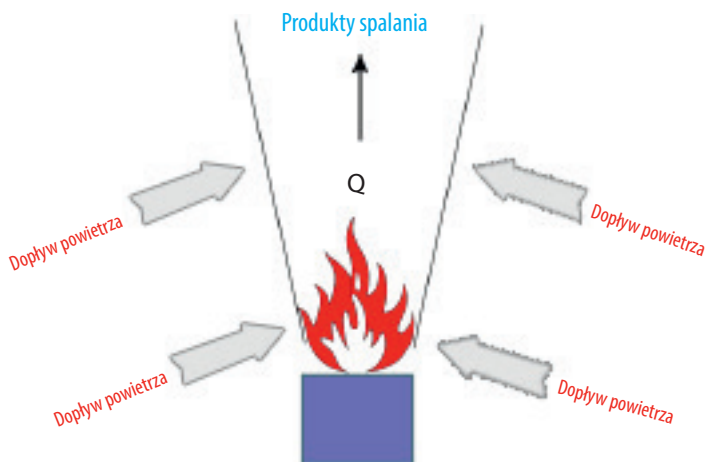
Kształt pomieszczenia, jak chociażby usytuowanie i wymiary ścian, sufitu czy zabudowań mogą mieć znaczny wpływ na rozwój ognia.

Pożar na wolnej przestrzeni⁵³

Najprościej jest opisać przebieg spalania na terenie otwartym przy braku ścian, sufitów i wiatru. Jako ogień na otwartej powierzchni rozumieć należy swobodnie wypalający się materiał przy nadmiarze powietrza.

⁵² Jw.

⁵³ Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 37.



Ryc. 14. Ogień na terenie otwartym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 37.

Rycina 14 przedstawia stacjonarny, swobodnie palący się ogień. Z tego typu ogniem można spotkać się w odpowiednio dużych pomieszczeniach lub na przestrzeni otwartej, gdy ilość materiału palnego jest ograniczona.

Powyżej ognia wznosi się słup gorących gazów i produktów spalania. Te słupy określane są także jako słupy ognia. Ulegają rozszerzeniu ku górze w kształcie kuli, a składają się z gorących produktów spalania oraz dymu. Jeżeli nie występują zakłócenia, wówczas taki słup powstaje symetrycznie nad ogniem. Siła nośna istniejąca w takiej kolumnie konwekcyjnej oddziałuje na otaczające powietrze i zasysa je do ognia oraz wznoszącego się słupa dymu.

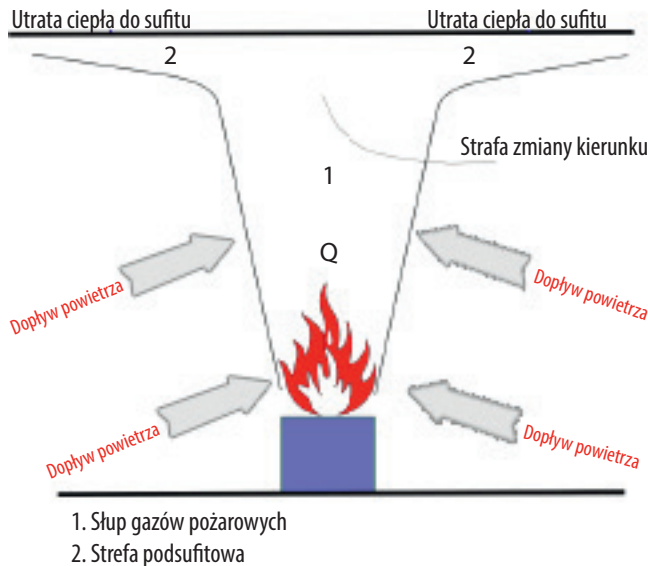
Proces ten jest określany jako zasysanie powietrza i związany jest ze schłodzeniem kolumny konwekcyjnej ognia poprzez zasysanie chłodniejszego powietrza. Jeżeli temperatura w kolumnie konwekcyjnej zrówna się z temperaturą otoczenia, wówczas przestaje się ona wznosić. Tego typu fenomen możemy zaobserwować podczas bezwietrznych dni, kiedy to dym w początkowej fazie unosi się do góry, aby na pewnej wysokości znieruchomieć i rozchodzić się, ale już tylko horyzontalnie. Jest to wynikiem schłodzenia się słupa dymu do temperatury otoczenia

Ogień w części podsufitowej (bez wpływu ścian)⁵⁴

Jeżeli nad ogniem znajduje się sufit to wówczas dym, jak i gazy powstałe w wyniku spalania po dojściu do powierzchni sufitu natychmiast rozchodzą się pozio-

⁵⁴ Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 38.

mo we wszystkich kierunkach. Gdy mamy do czynienia z płaskim, równym sufitem, wówczas ten słup gazowo-dymowy rozchodzi się idealnie równo we wszystkich kierunkach. Ilustracja przedstawia nam wpływ jaki wywiera sufit. Jeżeli powierzchnia sufitu spowoduje obrócenie słupa dymu, może wówczas dojść do jego podziału w dwóch obszarach.



Ryc. 15. Ogień pomiędzy podłogą a sufitem (brak ścian):
1. Kolumna konwekcyjna, 2. Strefa podsufitowa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 38.

Zarówno temperatura, jak i prędkość znajdujących się w kolumnie konwekcyjnej spalin w dużym stopniu zależy od wysokości, na jakiej się znajduje powyżej ognia, jak i boczego odstępu od krawędzi ognia.

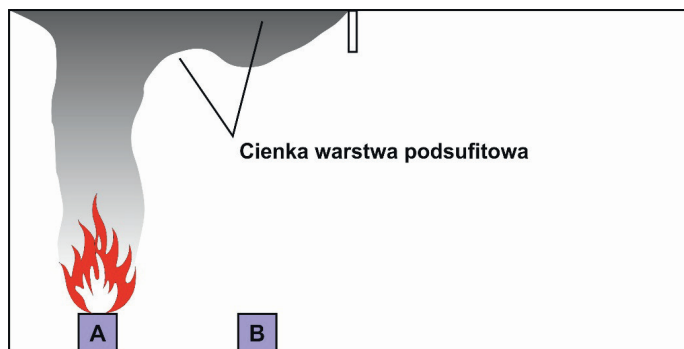
Prace badawcze wykazały, że w obszarze strefy obrotu (patrz ryc. 15) kolumny konwekcyjnej istnieje cały szereg współzależności. Zarówno temperatura, jak i prędkość spalin w tym punkcie stanowią głównie pochodną wysokości sufitu nad ogniem bazowym ponieważ wpływa ona na ilość zasysanego powietrza.

Pożar wewnętrzny – oddalony od ścian⁵⁵

We wczesnej fazie pożaru występuje swobodne palenie (patrz ryc. 16). Na ilustracji przedstawiono dwa materiały palne A i B. Materiał A pali się, z kolei materiał B jest

⁵⁵ Tamże, str. 39.

niezapalonym obiektem znajdującym się w wystarczającej odległości od palącego się obiektu, aby nie doszło do bezpośredniego zapalenia. Rozwija się spalanie obiektu A, gazowe produkty spalania gromadzą się w części podsufitowej i zostają pochwycone przez dolny ciąg.

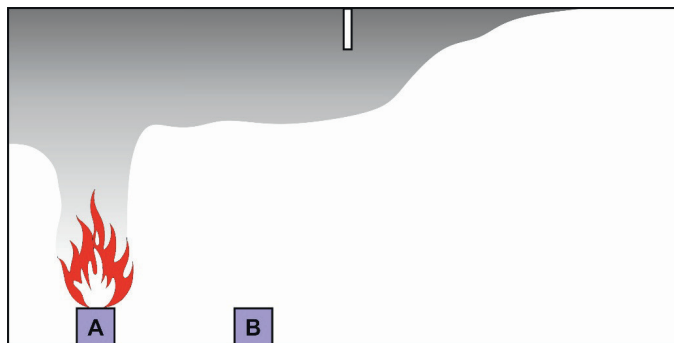


Ryc. 16. Efekt początkowy sufitu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 40.

Ponieważ ogień bez przerwy wytwarza gazy pożarowe, dlatego ich warstwa staje się coraz grubsza i następuje w końcu jej przepływ na skutek dolnego ciągu do następnych pomieszczeń (patrz ryc. 17). Jeżeli nie następuje od tego momentu jego przyrost, to mamy do czynienia ze spalaniem stacjonarym, zarówno warstwa spalin, jak i ilość odprowadzanych spalin z pomieszczenia pozostaje również stała.

Z sytuacją powiększania się ognia spotykamy się, gdy otwory okazują się zbyt małe, aby odprowadzić wytwarzane spalinę. Grubość warstwy spalin ulega ciągłemu powiększaniu nawet, jeżeli istnieje otwór do sąsiedniego pomieszczenia (patrz ryc. 17).



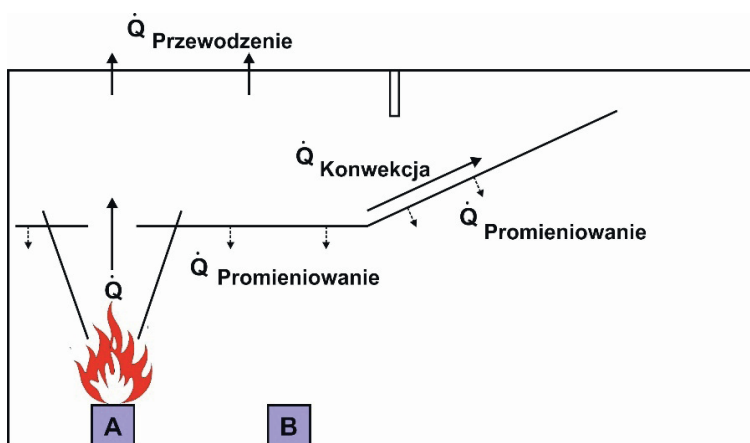
Ryc. 17. Narastający ogień i coraz grubsza warstwa spalin

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 40.

Wyżej opisaną sytuację objaśnia następujący model:

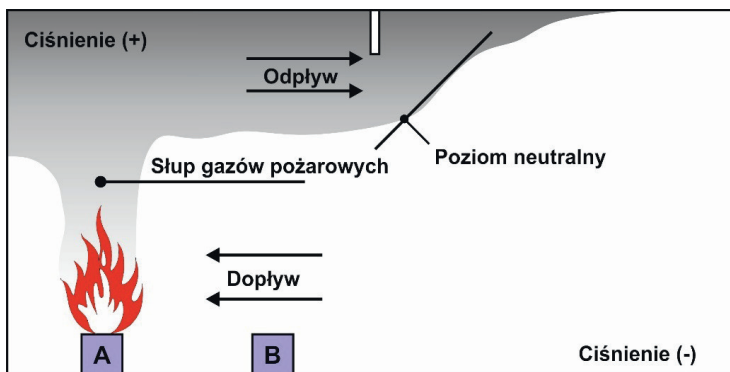
1. Następuje wzrost kolumny konwekcyjnej ognia z pierwotnie palącego się materiału.
2. Tworzy się górna warstwa gorących gazów pożarowych i warstwa dolna chłodniejsza.

Model ten jest określany jako model strefowy (patrz ryc. 18). Na barierze tworzy się różnica ciśnień wynikająca z tego, że przed barierą są gorące gazy, a po drugiej jej stronie zimne. Wskutek tego następuje przepływ gazów spalinowych przez otwór do sufitowej części sąsiedniej przestrzeni. Ta sytuacja jest pokazana na ryc. 19.



Ryc. 18. Model strefowy w pomieszczeniu objętym pożarem

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 41.



Ryc. 19. Ciśnienie i dopływ powietrza w pomieszczeniu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 41.

Pożar przy ścianie lub w narożniku pomieszczenia⁵⁶

Usytuowanie ognia w pomieszczeniu może mieć znaczący wpływ na szybkość jego rozprzestrzeniania, temperaturę, jak i prędkość strumienia gazów pożarowych w okolicach sufitu. Jeżeli ogień w pomieszczeniu znajduje się w odpowiedniej odległości od ścian, to wówczas powietrze może być zasysane do kolumny konwekcyjnej ze wszystkich stron, a spaliny mogą się równomiernie rozprzestrzeniać w części podsufitowej. Jeżeli ogień pali się w narożniku, to wówczas mamy do czynienia z ograniczeniem dopływu powietrza do kolumny konwekcyjnej, które wynosi jedną czwartą przekroju kolumny i płynie od strony pomieszczenia. Strumień ciepły ogranicza się tylko do ilości powietrza zasysanego. Następuje powolniejsze tworzenie się warstwy gazów pożarowych w części podsufitowej, ale wykazuje z kolei wyższą temperaturę.

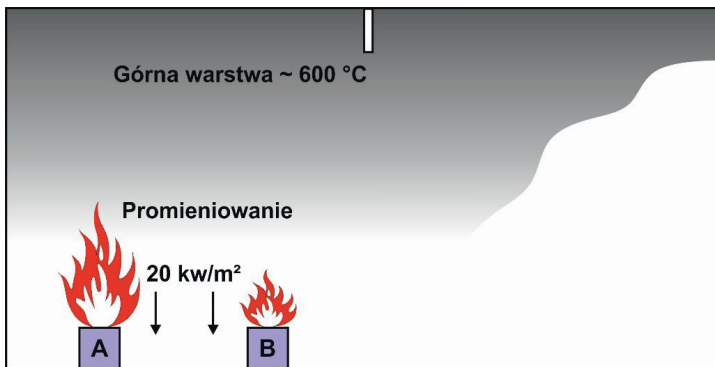
W otworze powstaje warstwa graniczna pomiędzy wypływającymi gorącymi gazami a wpływającym zimnym powietrzem. Ta warstwa graniczna stanowi neutralną warstwę pod względem ciśnienia odnoszącą się do ciśnienia wewnątrz, jak i na zewnątrz. Na podstawie ryc. 19 istnieje możliwość objaśnienia także ogólnych balansów cieplnych wewnątrz pomieszczenia z ogniem. Słup złożony ze spalin oddziałuje jak pompa przemieszczając gorące spaliny do górnych warstw. Na ryc. 18 obrazuje to Q. W górnej warstwie mamy do czynienia z oddawaniem energii cieplnej różnymi drogami. Utrata energii następuje poprzez promieniowanie górnych warstw, przewodnictwo cieplne do sufitu i do ścian, a także poprzez konwekcję przez otwarte drzwi. Jeżeli występuje spalanie o stałej intensywności wytwarzania ciepła, to po pewnym czasie zaistnieje równowaga pomiędzy wytwarzanym a odpływającym ciepłem. Jeżeli

⁵⁶ Tamże, str. 38.

jednak ogień wzrasta, to warunki będą ulegać zmianie. Temperatura górnych warstw będzie wzrastać, również powiększy się grubość górnej warstwy i będzie wypromieniowywana coraz większa ilość ciepła, co w końcowym efekcie może doprowadzić do zapłonu dalszych materiałów palnych. Tworzenie gorącej warstwy pod sufitem odgrywa decydującą rolę w rozwoju pożaru. Promieniowanie cieplne górnej warstwy powoduje nie tylko przygotowanie kolejnego materiału do zapalenia, ale również następuje zwiększenie prędkości spalania palącego się już materiału.

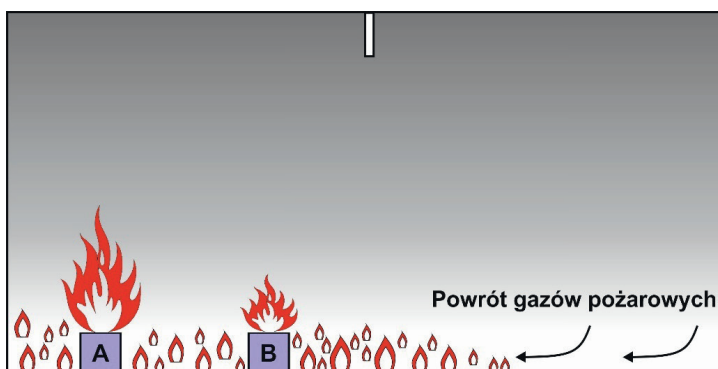
Substancja palna, która wchłania promieniowanie cieplne gorących warstw gazów pożarowych, zostaje poddana procesowi gazyfikacji i wymagana jest tylko temperatura zapłonu, aby w sposób gwałtowny zapalić cały materiał palny wytworzony w pomieszczeniu. Przejście z fazy pożaru wstępnego do fazy pełnego spalania, w której to w całym pomieszczeniu wskutek promieniowania cieplnego, jak i konwekcji powstają produkty pirolizy, a w przeciągu kilku sekund następuje zapłon, określa się jako moment rozgorzenia (flashover). Wielkość dopływu powietrza po rozgorzeniu będzie pochodną wielkości otworów znajdujących się w pomieszczeniu oraz usytuowania warstwy górnej względem tych otworów. Jeżeli warstwa górna będzie cieńsza, to wymiana powietrza zmniejszy się.

Warunki, w których może nastąpić rozgorzenie, to temperatura warstwy gazowej wynosząca ok. 600°C , oddziaływanie promieniowania q na jeszcze niezapalony materiał na poziomie 20 kW/m^2 . Ryc. 20 przedstawia sytuację przed rozgorzeniem i przed całkowitym rozwinięciem pożaru w pomieszczeniu.



Ryc. 20. Rozgorzenie – przejście do fazy pożaru całkowitego pomieszczenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 43.

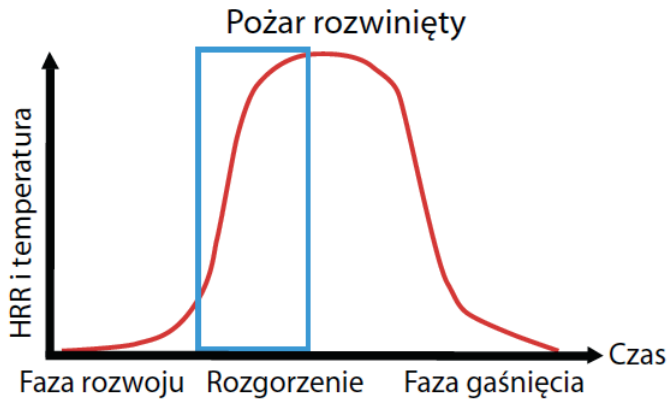


Ryc. 21. Pożar całkowity pomieszczenia po rozgorzeniu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Wilfried Klein, Joachim Böke, *Brandschutzanlagen Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen VdS Schadenverhütung Verlag*, str. 43.

Całkowicie rozwinięty pożar pomieszczenia przedstawiono na ryc. 21. Charakteryzuje się on nadmiernym uwalnianiem par materiałów palnych, które nie zostają zużyte przez dostępne powietrze znajdujące się wewnątrz pomieszczenia (niedobór tlenu; pożar sterowany wentylacją). Sytuacja taka prowadzi do rozprzestrzenienia się pożaru poza dotychczasowe granice, przy czym płomienie mogą się przemieszczać poprzez istniejące już otwory lub przez otwory spowodowane pożarem. Okna wytrzymują napór pożaru przez krótki czas, a po zaistnieniu rozgorzenia ulegają z reguły zniszczeniu, przyczyniając się do dodatkowej wymiany powietrza. Rozgorzenie nie stanowi skutku, którego nie da się uniknąć. Przy ograniczonej ilości paliwa lub przy dostatecznej ilości napływającego powietrza i odpowiednich wyciągach dymowych można zapobiec powstaniu pod sufitem warstwy gazów, które mogłyby doprowadzić do rozgorzenia i objęcia pożarem całego pomieszczenia. Również dużą rolę w zapobieganiu powstawaniu rozgorzenia czy pożaru całkowitego odgrywa natychmiastowe użycie środków gaśniczych (ręczne lub automatyczne). Zawsze powinno się zapobiegać powstawaniu rozgorzenia, ponieważ prowadzi to do podwyższonej intensywności spalania.

W chwili zaistnienia rozgorzenia i pożaru całkowitego pomieszczenia, przebieg pożaru kontrolowany jest przez wentylację. Spaliny nie przemieszczają się całkowicie do górnej warstwy, lecz ulegają recyrkulacji i następuje zassanie także zimnych spalin z sąsiednich pomieszczeń. Proces ten powoduje ograniczenie ilości dostępnego tlenu i prowadzi także do ograniczenia prędkości spalania, a także do spalania stacjonarnego.



Ryc. 22. Krzywa temperatura/czas rozgorzenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, Volkmar, *Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 74.

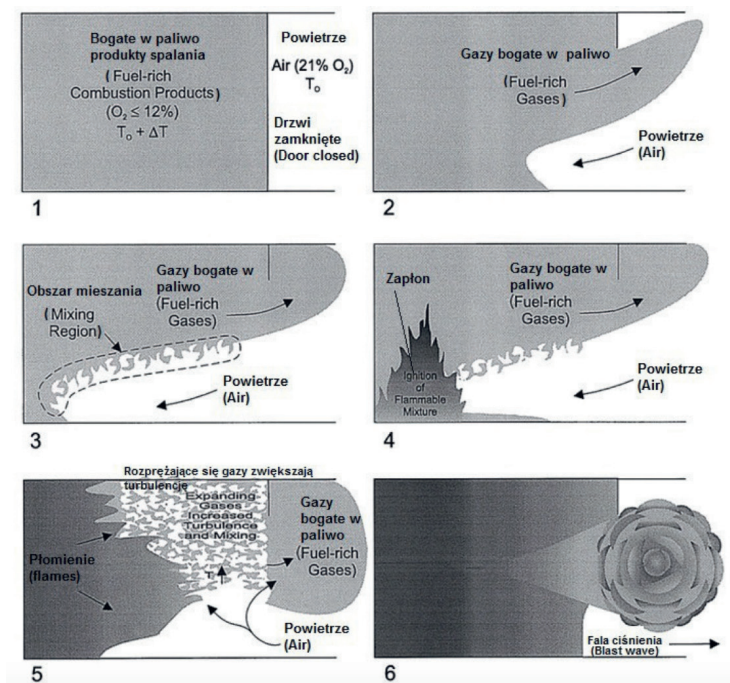
3.12. Ciąg wsteczny płomieni (backdraft)⁵⁷

Ciąg wsteczny płomieni określane jest jako spalanie płomieniowe mające miejsce w wyniku wejścia utleniacza (najczęściej powietrza) do pomieszczenia wypełnionego zgromadzonymi produktami niezupełnego i niecałkowitego spalania oraz rozkładu termicznego (pirolizy). Schematycznie zjawisko to przedstawiono na rycinie 23.

W pomieszczeniu zamkniętym wybuchają pożary. Pomieszczenie jest na tyle szczelne, że nie pozwala na dopływ świeżego powietrza z zewnątrz w dostatecznych ilościach i na tyle nieszczelne, że nie zachodzi znaczny wzrost ciśnienia w pomieszczeniu na skutek wzrostu ilości produktów spalania. Temperatura w pomieszczeniu stopniowo rośnie, pożar zużywa tlen nagromadzony w pomieszczeniu, powodując stopniowy spadek jego stężenia. Na skutek spadku ilości tlenu pożar stopniowo zanika, jednocześnie nie pozwalając na zupełne spalanie się płonących przedmiotów. Dominującym zjawiskiem zaczyna być piroliza. Pomieszczenie wypełnia się więc produktami niezupełnego i niecałkowitego spalania o stosunkowo wysokiej temperaturze < 200–300°C. Na skutek nagłego otwarcia pomieszczenia (np. wybitie szyby lub otwarcie drzwi) w powstałym otworze pojawiają się dwa strumienie gazów o przeciwnych kierunkach ruchu: pierwszy – świeżego powietrza poruszający się w dolnej części powstałego otworu w kierunku „do pomieszczenia” i drugi – produktów niezupełnego spalania nagromadzonych w górnej części pomieszczenia wypływający „z pomieszczenia” przez górną część otworu (ryc. 23–2). Napływające dołem świeże powietrze miesza się z produktami niezupełnego spalania (ryc. 23–3). W momencie, gdy bogata w tlen mieszanina gazów dotrze do źródła

⁵⁷ *Czerwona Księga Pożarów*, Tom 2, Wyd. CNBOP-PIB, 2016 str. 172 (D. Małozieć, R. Porowski).

zapłonu, będącym najczęściej źródłem pożaru, który stopniowo zanikł, następuje zapłon znacznej objętości wymieszanych z powietrzem gazów. Powstałe płomienie dodatkowo powodują przepływ turbulentny w pomieszczeniu i zwiększenie szybkości mieszania się pozostałych gazów ze świeżym powietrzem (ryc. 23–5). Następuje przyspieszenie płomieni, nagły wzrost objętości i ciśnienia gazów. Z otworu wypływa struga gorących produktów spalania, której może towarzyszyć również fala uderzeniowa (ryc. 23–6). Płynące, wypływające gazy przekształcają się następnie w kulę ognia.



Ryc. 23. Schemat powstawania wstecznego ciągu płomieni

Źródło: Czerwona Księga Pożarów, Tom 2, D. Małociąg, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, str. 172.

Rozprzestrzenianie się pożaru jest procesem złożonym, uzależnionym od dwóch składowych: transportu materiału (dostarczanie powietrza i odprowadzanie gazów pożarowych) i przekazywania ciepła. Patrząc z punktu widzenia transportu materiału, pożar rozprzestrzenia się w różnych kierunkach z różną szybkością: najszybciej w górę (porównaj naturalne pionowe wydłużanie płomieni), wolniej na boki i najwolniej na dół. Takie zachowanie wywołane jest wzajemnym oddziaływaniem między doprowadzonym powietrzem i uwalnianymi gazowymi produktami rozkładu termicznego. Podczas rozprzestrzeniania się pożaru do góry, front produktów rozkładu termicznego przemieszcza się w tym samym kierunku co dopływające świeże powietrze. Dzięki temu następuje

bardzo dobre mieszanie paliwa i utleniacza, a co za tym idzie – w tym kierunku następuje szybkie rozprzestrzenianie się płomienia. W sytuacji, gdy kierunek dopływu powietrza jest przeciwny do kierunku rozprzestrzeniania się pożaru, prędkość jest mniejsza niż w przypadku, gdy oba kierunki są zgodne. Obok transportu materiałów palnych, istotne jest także przekazywanie ciepła niezbędnego do rozwoju pożaru. Płomienie transportują ciepło na różne sposoby. Część ciepła przekazywana jest do otoczenia w formie promieniowania cieplnego (a więc do pobliskich ścian i materiałów palnych) albo podgrzewając otaczające powietrze (jeśli w pobliżu nie ma żadnych ścian), inna część ciepła przekazywana jest przez przewodzenie wprost do będących w pobliżu ścian lub materiałów palnych i powoduje kontynuowanie pirolizy materiałów palnych znajdujących się w otoczeniu. W wyniku zjawiska konwekcji ciepło unosi się i powoduje nagrzewanie się ścian i otoczenia, co może dalej prowadzić do ich rozkładu termicznego.

Na wymianę ciepłą podczas spalania bardzo duży wpływ ma miejsce jego powstania. Jeżeli przykładowo paląca się sofa znajduje się w rogu pomieszczenia, to część promieniowania od płomieni zostaje odbita przez dwie ściany z powrotem do miejsca pożaru. Sprawia to, że wzrasta temperatura ogniska pożaru, płomienie stają się wyższe i pożar rozprzestrzenia się szybciej. Sytuacja jest inna, gdy pożar rozpoczyna się przy środkowej części ściany. Wtedy strumień promieniowania cieplnego odbijany jest od jednej ściany i rozwój pożaru jest wolniejszy. Natomiast w sytuacji, gdy źródło pożaru jest np. na środku pomieszczenia, całe ciepło promieniowania od płomieni rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Nie napotyka na żadne przeszkody, które mogłyby część tego promieniowania odbić i zwrócić w kierunku strefy spalania. Dlatego w tym przypadku pożar rozwija się zdecydowanie wolniej. Natomiast jeszcze większe znaczenie dla rozprzestrzeniania się pożaru, oprócz omówionego powyżej wpływu otoczenia, ma kwestia wystarczającej ilości tlenu do spalania. Dopływ tlenu decyduje także o możliwości powstania niebezpiecznych zjawisk. Ten aspekt dopływu tlenu nazywany jest trybem procesu spalania albo profilem wentylacji. Te pojęcia określają, co warunkuje wzrost pożaru: to znaczy, czy istniejące paliwo lub istniejący tlen są czynnikami kontrolującymi wzrost pożaru, tak więc czy mamy do czynienia z pożarem kontrolowanym przez paliwo, czy pożarem kontrolowanym przez wentylację. W sytuacji, gdy zapewniona jest dostateczna ilość utleniacza, mamy do czynienia z pożarem kontrolowanym paliwem. Pożary wewnętrzne w fazie początkowej przebiegają raczej jako pożary kontrolowane paliwem. Ilość paliwa jest decydująca dla rozwoju spalania, a liczba i wielkość otworów oraz geometria i wielkość pomieszczenia są nieistotne. Na tym etapie, jeśli paliwo będzie zbyt oddalone od ogniska pożaru, to nastąpi powolne jego przygasanie. Pożar w fazie początkowej w pomieszczeniu zachowywałby się w tym przypadku jak ognisko na wolnym powietrzu.

W sytuacji, gdy pożar swobodnie się rozwija, w pewnym momencie zaczyna mieć większe zapotrzebowanie na tlen. Ilość tlenu zgromadzona w pomieszczeniu lub docierająca z zewnątrz staje się niewystarczająca do dalszego rozwoju pożaru. A zatem

czynnikiem limitującym spalanie jest wówczas ilość utleniacza. Mamy wtedy do czynienia z pożarem kontrolowanym przez wentylację. W takich warunkach zredukowanie dopływu tlenu prowadzi do przygasania pożaru, natomiast doprowadzanie tlenu – do jego rozwoju. W związku z tym, że tlen jest czynnikiem pośrednio decydującym o ilości uwalnianego ciepła, będzie się to przekładało na bardzo gwałtowne zmiany temperatury. Temperatura będzie wzrastać tak długo, jak obecny będzie w przestrzeni tlen. Jeśli tylko zacznie go brakować, płomienie będą się zmniejszały, a intensywność pożaru mocno spadnie (może nawet zgasnąć). W sytuacji, gdy profil wentylacji zmieni się w kierunku zwiększenia ilości dostarczanego tlenu, intensywność pożaru może bardzo dynamicznie wzrosnąć. Tym samym, gdy nie zostanie wprowadzona odpowiednia ilość środka gaśniczego, mogą powstać warunki stwarzające zagrożenie dla ratowników, a pożar może wymknąć się spod kontroli. Zasadniczo obu możliwym trybom procesu spalania należy przypisać właściwości jak w tabeli nr 10.

Tabela 10. Przegląd możliwych trybów procesów spalania

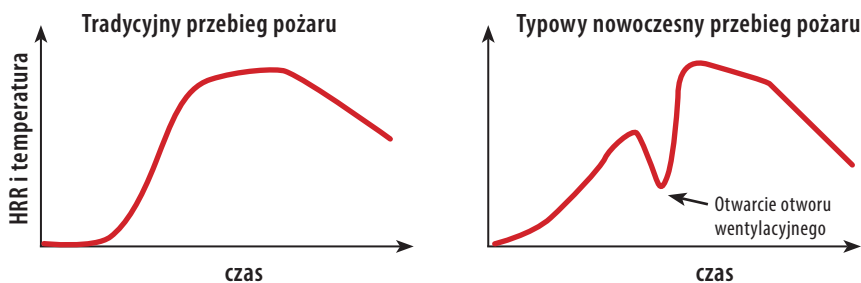
Spalanie	Tlen	Paliwo
Kontrolowane przez wentylację	niewystarczająca ilość, czynnik limitowany	w wystarczającej ilości, niecałkowicie spalane
Kontrolowane przez paliwo	dostępny bez ograniczeń i obecny w wystarczającej ilości	w ograniczonej ilości, czynnik limitowany

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 55.

Z przeprowadzonych w USA badań wynika, że wpływ na rozwój pożaru mają nie tylko rodzaje materiałów budowlanych, ale również większa szczelność pomieszczeń (izolacja cieplna itp.) czy też ich rozkład. Obecnie bardzo często stosuje się przestrzenie otwarte, o większej kubaturze, a rzadziej małe, podzielone pomieszczenia. Ponadto przez ostatnie dziesięciolecia znacznie wzrosła powierzchnia mieszkalna w domach. Bardzo istotna sprawa, która została zaobserwowana podczas badań, dotyczy wpływu rodzaju okien na rozwój pożaru. Okazało się, że stare okna z prostym, pojedynczym przeszkleniem wytrzymują dłużej oddziaływanie strumienia cieplnego, przed tym jak stracą swoją funkcję oddzielającą niż nowe wielowarstwowe okna. Nowsze badania przeprowadzone w Niemczech wykazały jednak odwrotny rezultat. Ten zaskakujący wniosek dla starych okien wysnuty w USA podyktowany był tym, że szyba w starym oknie jest zwykle grubsza (ok. 0,5 mm) od nowszej, jak również sposobem osadzenia jej w oknie. W starym oknie możliwe było wydłużenie się szyby pod wpływem ciepła, zanim osiągnęła naprężenia niszczące.

Ogromne znaczenie dla obciążenia ogniowego podczas pożaru ma stosowanie tworzyw sztucznych (w przeciwieństwie do naturalnych materiałów, takich jak bawełna, nieimpregnowane drewno czy też metale) we wszystkich dziedzinach życia domowego i wyposażenia wewnętrznego. Stwierdzono, że powszechne występowanie w nowoczesnych domach materiałów, takich jak np. sprzęt elektroniczny, meble, zabawki itp., w porównaniu z połową ubiegłego stulecia doprowadziło do znacznego wzrostu obciążenia ogniowego podczas pożarów.

Najistotniejszą przyczyną tej zmiany jest zdecydowanie większa niż wcześniej ilość ciepła wydzielana podczas spalania materiałów, z których wykonane jest wyposażenie. Dla przykładu, w porównaniu z ciepłem spalania drewna, polietylen (PE) ma wartość dwukrotnie wyższą, polistyrol (PS) do czterech razy wyższą, a polipropylen (PP) 4,5-krotnie. Ponadto przy spalaniu tworzyw sztucznych z jednostki materiału palnego (jednostki paliwa) powstaje ok. 13 razy więcej dymu niż przy spalaniu drewna, co utrudnia działania straży pożarnej, ale także utrudnia ewakuację ludziom znajdującym się w obiekcie. W wyniku wzrostu intensywności uwalniania ciepła często potrzeba więcej tlenu, niż może go napłynąć przez otwór wentylacyjny. Dlatego w takich warunkach mamy do czynienia z niecałkowitym spalaniem, a pożar kontrolowany jest przez wentylację. W związku z tym, że rozwój pożaru zależy od obecności powietrza, można sformułować stwierdzenie – im więcej powietrza, tym więcej ognia. Należy podkreślić, że pożar nowocześnie urządzonego pomieszczenia rozwija się bardzo gwałtownie w początkowej fazie, kiedy jest kontrolowany przez paliwo. Znana powszechnie krzywa rozwoju pożaru zmieniła swój przebieg, przesuując się w lewo, co oznacza, że dużo szybciej dochodzi do zjawiska rozgorzenia niż przed dziesięcioleciaми.



Ryc. 24. Porównanie krzywej przebiegu pożaru kiedyś i dziś

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, *Volkmar Brandbekämpfung im Innenangriff*, str. 58.

Bardzo istotne jest więc, by mieć świadomość podczas opracowywania analizy możliwości rozwoju pożaru, że rozwój pożaru jest odmienny od tego, który mamy zapisany w podświadomości. Otwarcie drzwi, okna, itp. może poprawić wentylację pożaru, a tym samym znacznie zintensyfikować jego rozwój, który do tego czasu z powodu niewystarczającej ilości utleniacza rozwijał się powoli.

Jako podsumowanie można stwierdzić, że pożary w obecnych czasach przebiegają:

- szybciej niż w przeszłości;
- gwałtowniej (większa szybkość wydzielania ciepła HRR);
- intensywniej się rozprzestrzeniają (szybsze wystąpienie rozgorzenia w pomieszczeniu i w większych przestrzeniach);
- z wytwarzaniem większej ilości dymu;
- w sposób kontrolowany przez wentylację oraz zależny od dopływu powietrza.

4. OPACOWYWANIE ANALIZY MOŻLIWOŚCI POWSTANIA I ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ POŻARU W STREFIE POŻAROWEJ – SCENARIUSZ POŻAROWY

Zgodnie z § 226 Warunków Technicznych⁵⁸ **strefę pożarową** stanowi budynek albo jego część oddzielona od innych budynków lub innych części budynku elementami oddzielenia przeciwpożarowego bądź też pasami wolnego terenu o szerokości nie mniejszej niż dopuszczalne odległości od innych budynków. Powierzchnia strefy pożarowej jest obliczana jako powierzchnia wewnętrzna budynku lub jego części, przy czym wlicza się do niej także powierzchnię antresoli.

Scenariusz pożarowy⁵⁹ – jest to opis sekwencji możliwych zdarzeń w czasie pożaru, reprezentatywnego dla danego miejsca jego wystąpienia lub obszaru oddziaływania, w szczególności dla strefy pożarowej lub strefy dymowej, uwzględniający przede wszystkim:

- a) sposób funkcjonowania urządzeń przeciwpożarowych, innych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, urządzeń użytkowych lub technologicznych oraz ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie,
- b) rozwiązania organizacyjne niezbędne do właściwego funkcjonowania projektowanych zabezpieczeń.

Opracowanie scenariusza pożarowego wymagane jest w szczególności dla obiektów budowlanych, dla których istnieje obowiązek stosowania systemu sygnalizacji pożarowej.

Ogólna koncepcja ochrony przeciwpożarowej dla obiektu podlegającego szczególnej ochronie ze względu na bezpieczeństwo mogących przebywać w jego wnętrzu osób (zwiedzanie obiektu zabytkowego, obrzędy religijne) ma zapewnić realizację przyjętych celów ochrony, czyli wymagany poziom bezpieczeństwa dla ludzi oraz dóbr kultury przy zastosowaniu odpowiednich środków ochrony przeciwpożarowej – biernych, takich jak zabezpieczenia techniczne oraz czynnych, czyli reagujących w razie powstania pożaru w celu jego ugaszenia i ograniczenia możliwości rozprzestrzeniania, by stworzyć warunki do bezpiecznej ewakuacji ludzi i cennego mienia. Ustalanie wymagań bezpieczeństwa pożarowego, na etapie projektowania, ale także w trakcie przeprowadzanych analiz stanu bezpieczeństwa w trakcie eksploatacji, może być wspierane metodami inżynierii, które korzystają z określonych założeń, także założeń modelowych dla scenariuszy pożarowych i dla tak zwanych „pożarów projektowych”. Inżynieria współczesna, konfrontując je z celami ochronnymi profilak-

⁵⁸ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2015 poz. 1422, ze zm.).

⁵⁹ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. 2015 poz. 2117).

tyki pożarowej oraz z odpowiednimi parametrami wejściowymi do symulacji, tworzy rzeń planowanych realizacji lub modernizacji obecnych niewystarczających systemów zabezpieczeń.

W oparciu o symulację pożaru mogą zostać wyprowadzone wnioski na temat potencjalnych skutków określonych zdarzeń pożarowych. W tym celu konieczny jest najpierw słowny opis rozpatrywanego zdarzenia objętego analizą (scenariusz pożaru projektowego lub uproszczony scenariusz rozwoju możliwego pożaru), a następnie przy zastosowaniu wiedzy technicznej, specyfikacja ilościowa tych ustaleń do realizacji. Pożary projektowe są również bardzo przydatne do oceny ryzyka (oceny szkód po określonym czasie trwania pożaru). Oceniony pożar projektowy może być stosowany do oceny konsekwencji, jeżeli na przykład elementy zabezpieczające, takie jak drogi ewakuacyjne, systemy sygnalizacji i gaszenia pożaru zawiodą.

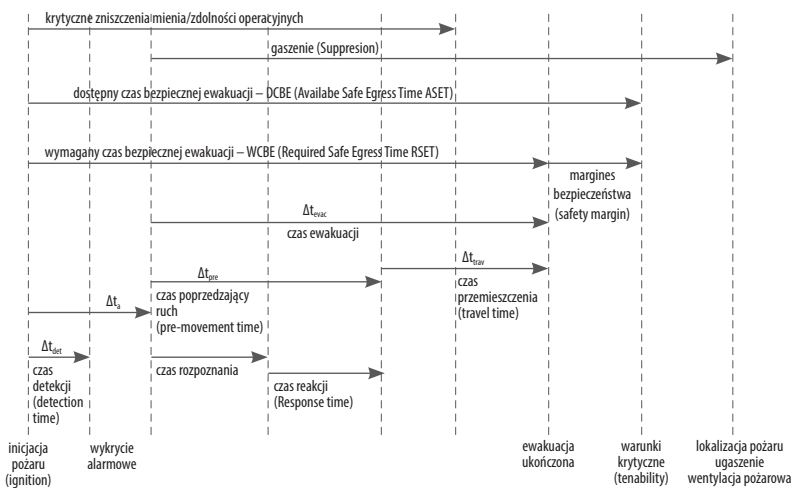
Przed każdą techniczną analizą ochrony przeciwpożarowej, muszą być zebrane, znane lub przyjęte, podstawowe parametry konstrukcyjne ocenianego budynku. Charakterystyczne parametry mogą być przyjęte z zasady z dokumentacji projektowej, w przypadku obiektów nowo projektowanych, lub z instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, w przypadku obiektów istniejących, np. wymiary, liczba kondygnacji i organizacja komunikacji, a także zagadnienia związane z ratowaniem ludzi i kierunkami natarcia przez służby ratownicze. O ile części budynku są zabezpieczone aktywnymi środkami (np. instalacje tryskaczowe, sygnalizacja pożaru, przegrody przeciwpożarowe, wentylacja i klimatyzacja), to także ich podstawowe właściwości włączone są do analizy ryzyka. Muszą być znane informacje o użytkownikach: co najmniej o ich przewidywanej liczbie, mobilności i rozmieszczeniu w budynku, by można było zastosować te informacje w pracach związanych z tworzeniem scenariuszy. Ponadto założenia dotyczące rodzaju, ilości i rozmieszczenia materiałów palnych powinny być znane i uzgodnione odpowiednio: z właścicielem, zarządcą lub użytkownikiem, ponieważ są niezbędne w kolejnych obliczeniach (ustaleniach) i akceptacji pochodnych koncepcji ochrony przeciwpożarowej. Podobnie muszą być uzgodnione z administracją obiektu dane podstawowe, które będą stosowane do rozpatrywanych zdarzeń pożarowych.

Zmiany tych parametrów w czasie eksploatacji budynków mogą powodować konieczność zastosowania innej koncepcji ochrony przeciwpożarowej lub modyfikacji i zoptymalizowania opracowanej koncepcji. Koncepcje te muszą uzyskać akceptację, a ich realizacja musi w regularnych odstępach czasu podlegać kontroli przez specjalistę.

Takie opracowanie powinno ułatwić zrozumienie rozwoju i akceptacji zorientowanej na cele koncepcji ochrony przeciwpożarowej przez osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo pożarowe obiektu i instytucje nadzorujące. Jest to związane z uwzględnieniem interesu ochrony osób i wartości materialnych. Obok aspektów

scenariuszy pożarowych i pożarów projektowych, powinny być przedstawione także rozważania uwzględniające kryteria przyjęte przy definiowaniu celów ochrony oraz ich akceptacji.

Osoby zaangażowane w analizę aktualnego stanu zabezpieczenia przeciwpożarowego obiektu muszą wyraźnie uzgodnić cele ochrony i je akceptować. Nie jest wystarczające napisać na przykład, jak długa może być droga ewakuacji – musi to być sformułowane dokładnie, tzn. ile osób i w jakim czasie po wykryciu pożaru ze strefy zagrożenia powinno być ewakuowane tą drogą i w jakim czasie. Istotne znaczenie ma tu między innymi liczba osób, jak i inne czynniki mające wpływ na możliwości skutecznej ewakuacji, takie jak pokazane na rycinie nr 25.



Ryc. 25. Czasy składowe WCBE i DCBE

Źródło: W. Jaskółowski, R. Krupa, A. Kukliński, *Szybkość tworzenia się zagrożeń utrudniających bezpieczną i skuteczną ewakuację podczas pożarów instalacji elektrycznych w budynkach*, elektro.info 9/2012.

Stuprocentowe bezpieczeństwo dla wszystkich osób zagrożonych przez pożar w nagłych przypadkach jest trudno osiągalne i ze względów ekonomicznych na ogół nie może być zrealizowane i dlatego straty muszą być akceptowalne w ramach ryzyka rezydualnego. Nie oznacza to akceptowania ofiar śmiertelnych z założenia, a tylko konieczność zdania sobie sprawy, że nie wszystkie przyczyny takich wypadków mogą być przewidziane i wyeliminowane.

Koncepcje ochrony przeciwpożarowej obejmują typowe zagrożenia pożarowe i scenariusze służące do zapewnienia celów ochrony. Na wypadek wystąpienia wyjątkowych scenariuszy (podpalenia, złośliwe podpalenia, katastrofy lotnicze) powinny być opracowane specjalne scenariusze.

W stosunku do planu ewakuacji budynku powinno się sporządzić ekspertyzy na temat środków, jakie mają być dostępne dla działań ewakuacyjnych w określonych przedziałach czasowych, przy tym akceptowalne jeszcze oddziaływanie pożaru na ludzi w strefie pożaru (takie jak wartości graniczne działania ciepła, skutki działania dymu – zwłaszcza tlenu węgla i dwutlenku węgla – i widoczność), które powinny zostać określone. Biorąc pod uwagę niepewność w założeniach, trzeba się upewnić, że dla ochrony osób zostaną przyjęte odpowiednio wysokie współczynniki bezpieczeństwa i inne czynniki polityczno-etyczne, ale także uwzględniona będzie indywidualna kompatybilność dla różnych działań. Ponadto powinno się określić ryzyko użytkownika **niedostania się do strefy bezpiecznej**.

Wobec niewystarczających w wielu zakresach danych i potrzebnych wartości, celowe jest zaangażowanie do takich opracowań osób posiadających w tym zakresie bogate doświadczenie i wiedzę, w tym inżynierów pożarnictwa, by zapewnić optymalne dla bezpieczeństwa rozwiązania techniczne i ekonomiczne dla analizowanego obiektu, z uwzględnieniem wniosków z opracowanych scenariuszy rozwoju możliwych pożarów.

4.1. Określenie warunków brzegowych i maksymalnego dopuszczalnego oddziaływania pożaru

Kwantyfikacja celów ochrony przeciwpożarowej wymaga po pierwsze określenia rodzajów i wielkości skutków pożaru dla majątku, który ma być chroniony, i określać akceptowalne straty i szkody, które mogą być używane jako kryteria skuteczności koncepcji ochrony przeciwpożarowej. Kryteria te mogą być na przykład wyrażone w postaci:

- promieniowania cieplnego (na przykład z gorącej warstwy gazu),
- uwalniania ciepła,
- stężenia gazów toksycznych i korozyjnych,
- zasięgu widoczności.

Tabela 11. Przykłady granicznych wartości obliczeniowych dla warunków do przeżycia na podstawie literatury

Parametr	Wartość graniczna	Wartość graniczna ze współczynnikiem bezpieczeństwa*
Temperatura powietrza**	< 65°C	< 50°C
Stężenie CO**	< 1400 ppm	< 700 ppm
Stężenie CO ₂ **	< 6% obj.	< 5% obj.
Tlen**	> 12% obj.	> 14% obj.
Wysokość strefy wolnej od dymu	> 1,50 m	> 1,8 m
Zasięg widoczności	> 10 m	> 20 m

* wartości tego współczynnika są dowolne wg uznania
 ** zakłada się, że zgodnie z tymi limitami „normalni” ludzie mogą przetrwać skutki pożaru w ciągu 30 minut bez istotnych obrażeń. Przy korzystaniu z takich ograniczeń niezbędne jest w każdym indywidualnym przypadku zbadanie i wymaga zatwierdzenia.

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o normę: VdS 2728:2000-05 *Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte*.

Tabela 12. Przykład celów inżynierijno-projektowych dla ochrony wartości materialnych

Parametr	Wartość graniczna	Wartość graniczna ze współczynnikiem bezpieczeństwa*
Promieniowanie cieplne na podłoże poza pomieszczeniem, w którym powstał pożar	< 20 kW/m ²	< 5 kW/m ²
Temperatura gorącej warstwy gazów	< 600°C	< 300°C
* wartości dowolne wg uznania		

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o normę: VdS 2728:2000-05 *Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte*.

4.2. Scenariusze pożarowe – opracowywanie

Względy bezpieczeństwa powinny mieć odzwierciedlenie w celach ochrony przeciwpożarowej.

Podczas pożaru w obiekcie muzealnym, ze względu na różnorodność wyposażenia i sposób jego użytkowania oraz trudne do przewidzenia zachowanie osób zwiedzających, a także pracowników, można sobie wyobrazić różnorodne, prawdopodobne scenariusze przebiegu pożaru. Ponieważ nie można określić uniwersalnego postępowania obliczeniowego dla wszystkich takich sytuacji, trzeba w pierwszej kolejności opracować reprezentatywne dla obiektu analizy możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożarów (AMPIRP), tzw. uproszczone scenariusze pożarowe, które będą uwzględniać możliwe sytuacje i ich rozwój. Scenariusze takie powinien opracować specjalista ds. ochrony przeciwpożarowej w obiekcie przy ewentualnej współpracy ze specjalistami z zewnątrz, np. rzeczoznawcami do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, mającymi doświadczenie w zakresie kierowania działaniami ratowniczymi, i specjalistami z zakresu kierowania działaniami ratowniczymi.

Projekt struktury analizy możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru w obiektach zabytkowych i muzeach

Na potrzeby konstruowania możliwych scenariuszy pożarów w obiekcie istniejącym proponuje się przyjąć opisany niżej schemat postępowania.

Typ możliwego (prawdopodobnego) pożaru i miejsce jego powstania (określenie typów możliwych pożarów, jakie mogą powstać w rozpatrywanym muzeum, a także miejsc ich powstania).

Na podstawie doświadczeń i danych historycznych dotyczących pożarów w obiektach muzealnych powinno się ustalić informacje, które mogłyby być pomocne przy określeniu listy prawdopodobnych przyczyn pożarów i miejsc, w których mogą powstać.

Dotyczy to przede wszystkim:

- a) częstych przyczyn pożarów w podobnych obiektach,
- b) opisu pożarów ze znacznymi stratami, które miały miejsce w podobnych obiektach (np. scenariusze pożarów z ofiarami śmiertelnymi lub szczególnie dużymi stratami).

Najbardziej prawdopodobny rodzaj pożaru może być określony na podstawie informacji o materiałach palnych, jakie są stosowane w muzeum i które mogą być objęte pożarem w jego początkowej fazie, o potencjalnych źródłach zapłonu oraz o miejscu powstania prognozowanego pożaru.

Przebieg pożaru z prawdopodobnymi dużymi skutkami może być określony na podstawie statystyk pożarowych i w oparciu o odpowiednie informacje o szkodach osobowych lub rzeczowych podczas pożarów, jakie miały już miejsce w kraju lub za granicą. Z tych dużych strat, które mogą mieć miejsce w obiekcie, także ze względu na sposób jego wykorzystania, należy wybrać odpowiedni typ prawdopodobnego (zakładanego) pożaru. Gdy statystyki z niezbędnymi informacjami nie są dostępne, można wziąć pod uwagę ewentualnie podobne dane historyczne z innych krajów z podobnymi doświadczeniami (jeśli są dostępne) lub oprzeć się o opinie doświadczonych specjalistów z zakresu technologii gaszenia pożarów.

Dla każdego zidentyfikowanego w punkcie A typu pożaru powinno się także ustalić najbardziej prawdopodobne, możliwe miejsce powstania pożaru. Scenariusz pożarowy powinien być przyjmowany dla każdego celu ochrony z najgorszymi dla niego konsekwencjami (najbardziej niekorzystny rozwój wydarzeń związanych z prognozowanym pożarem).

Spośród wielu różnych prawdopodobnych scenariuszy powinno się wybrać ich ograniczoną liczbę do dalszej analizy. Scenariusze mogą być podzielone na pożary, które powstały na zewnątrz rozpatrywanej strefy i realnie jej zagrażają włącznie z przeniesieniem się do tej strefy, i pożary, które mogą powstać wewnątrz obiektu (strefy). Typowymi przykładami mogą być:

- pożary, które powstają w rogach pomieszczenia,
- pojedyncze płonące obiekty lub przedmioty,
- pożary w instalacjach kablowych,
- pożary w specjalnych konfiguracjach pomieszczeń, takie jak atrium, tunel lub hala wystawiennicza,
- pożary w poddaszu i stropie lub pod dachem i stropem,
- pożary elewacji,
- pożary, które mogą oddziaływać na sąsiednie budynki, składy na wolnej przestrzeni lub samochody przez promieniowanie lub ognie lotne ponad dachami mogą rozprzestrzenić pożar na sąsiednie budynki.

Szczególne zagrożenia, jakie mogą być spowodowane takimi pożarami

Należy rozpoznać dla przyjętych wcześniej założeń dodatkowe krytyczne scenariusze ze znacznymi konsekwencjami. Scenariusze te zwykle mogą dotyczyć następujących sytuacji:

- pożar w miejscach zgromadzeń, np. gdy muzeum posiada pomieszczenia (sale konferencyjne, kościoły),
- pożar w obrębie dróg ewakuacyjnych,
- pożar, który spowoduje ograniczenie lub uniemożliwienie dostępu do wyjść ewakuacyjnych albo okien dla ekip ratowniczych,
- pożar, który może spowodować utratę nośności konstrukcji,
- pożar, który dotyczy substancji niebezpiecznych,
- pożar o wyjątkowo dużej prędkości propagacji ognia.

Tabela 13. Czynniki które mają wpływ na scenariusz rozwoju pożaru

Sytuacja wyjściowa:	Informacje o budynku, jego podziale na strefy pożarowe i innych oddzielonych obszarach ochrony przeciwpożarowej, stan i rodzaj budowli.
Źródła zapłonu:	Temperatura, energia zapłonu, czas i powierzchnia źródła zapłonu oddziałującego na materiały palne.
W pierwszej kolejności mogące ulec zapaleniu przedmioty:	Stan fizyczny (także pary), stosunek powierzchni do masy, rozdrobnienie.
Możliwości rozprzestrzeniania się pożaru:	Z pomieszczenia objętego pożarem na zewnątrz pomieszczenia lub obiektu.
Miejsca przebywania osób podlegających ochronie i obiekty:	Ustalenie wszystkich przewidzianych do ochrony obiektów lub stref, dla których są ustalone cele ochronne, albo stref, które mogą zostać objęte pożarem (ciepło, dym).
Stan osób, które mogą przebywać w obiekcie:	Śpiący, czujni i mobilni, niepełnosprawni, bardzo młodzi albo starzy.
Inne parametry, które mogą mieć wpływ na rozprzestrzenianie się pożaru:	Warunki wentylacyjne (drzwi, okna: otwarte lub zamknięte), wentylacja i klimatyzacja (włączone lub wyłączone), pora dnia, wpływ środowiska (wiatr, temperatura, warunki ciśnienia w wysokich budynkach), zwalczanie pożarów przez osoby lub systemy gaśnicze, eksploatacja systemów wczesnego ostrzegania w pomieszczeniu powstania pożaru.
Dane statystyczne:	Prawdopodobieństwo powstania pożaru, prawdopodobieństwo niesprawności urządzeń technicznych.

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o normę VdS 2728:2000-05 *Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte*.

Czynniki mające wpływ na rozwój poszczególnych pożarów i ich możliwe oddziaływanie na otoczenie

Należy zebrać możliwie pełne informacje o wszystkich parametrach istotnych z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej, które mogą mieć wpływ na powstanie pożaru i realizację celów ochronnych (patrz tabela 13).

Przewidywane postępowanie osób znajdujących się w obiekcie, w którym powstał pożar (pracownicy i osoby trzecie znajdujące się w tym czasie w muzeum)

Określenie cech i właściwości reakcji użytkowników budynku, którzy mogą podjąć działania po powstaniu pożaru, i warunki, jakie mogą mieć znaczący wpływ na ich zdolność do reagowania w warunkach krytycznych. Zazwyczaj następujące czynniki powinny być uwzględnione i ocenione:

- użytkownicy budynku reagują na alarmy (normalnie lub reakcja jest opóźniona),
- użytkownicy budynku zauważają i reagują na zjawiska pożarowe jak płomień i dym (reakcja normalna lub opóźniona),
- mobilność użytkowników budynku (normalna lub chaotyczna),
- zwalczanie pożaru przy użyciu podręcznego sprzętu gaśniczego (z powodzeniem lub nieudane).

Drzewo zdarzeń dla przyjętego scenariusza pożaru(-ów)

Opisy scenariuszy możliwych pożarów powinny być rozważane deterministycznie⁶⁰, ale również probabilistycznie⁶¹. Polega to na uzyskaniu jak najpełniejszego opisu konkretnych scenariuszy pożarów od powstania, poprzez w pełni rozwinięty pożar do końcowej fazy pożaru (wygasanie).

Pełne opisy pożarów powinny zawierać informacje o:

- fazie tlenu,
- fazie rozprzestrzeniania się ognia,
- rozgorzeniu i pełnej fazie pożaru,
- fazie pożaru z intensywnością malejącą do wypalenia – wygasanie.

Tworzenie drzewa zdarzeń powinno uwzględniać ustalone istotne czynniki mogące zainicjować pożar. Każda droga przez to drzewo zdarzeń powinna odzwierciedlać możliwość powstania pożaru, którą należy uwzględnić w analizie.

Drzewa zdarzeń mogą być tworzone tak, że jeden przypadek zapłonu jest początkiem następnego, następnie „widelec” z gałęziami jest dołączany dla każdego następ-

⁶⁰ Determinizm przyczynowy – koncepcja filozoficzna, według której wszystkie zdarzenia w ramach przyjętych paradygmatów są połączone związkiem przyczynowo-skutkowym, a zatem każde zdarzenie i stan jest *zdeteminowane* przez swoje uprzednio istniejące przyczyny (również zdarzenia i stany), <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/Determinizm%20przyczynowy%20.html>, *Encyklopedia PWN* [dostęp: 08.04.2018].

⁶¹ Probabilistyka – dział matematyki zajmujący się badaniem prawidłowości występujących w zdarzeniach losowych, <https://sjp.pwn.pl/sjp/probabilistyka;2572480.html>, *Słownik języka polskiego PWN* [dostęp: 09.04.2018].

nego zdarzenia. Ten proces („widelec” + gałęzie) powtarza się, aż wszystkie wydarzenia będą uwidocznione. Należy zauważyć, że suma wszystkich prawdopodobieństw zdarzeń w każdym odgałęzieniu jest dodawana do jednego lub stu procent. Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia często może powodować w praktyce duże trudności, które powinny być oszacowane przez ekspertów na podstawie wartości empirycznych. Każde odgałęzienie jest utworzone na podstawie wcześniejszego wydarzenia.

Prawdopodobieństwo realizacji zakładanych scenariuszy

Względne prawdopodobieństwo dla każdego możliwego scenariusza jest produktem wszystkich prawdopodobieństw wzdłuż ścieżki zdarzeń dla każdego scenariusza.

Prawdopodobieństwo, w znaczeniu potocznym, jest to szansa na wystąpienie jakiegoś zdarzenia, natomiast w matematycznej teorii prawdopodobieństwa to rodzina miar służących do opisu częstości lub pewności tego zdarzenia. W rozumieniu potocznym wyraz „prawdopodobieństwo” odnosi się do oczekiwania względem rezultatu zdarzenia, którego wynik nie jest znany (niezależnie od tego, czy jest ono w jakimś sensie zdeterminowane, miało miejsce w przeszłości, czy dopiero się wydarzy). W ogólności należy je rozumieć jako pewną miarę przewidywalności bądź pewności względem zjawiska (przy danej o nim wiedzy), co umożliwia ocenę potencjalnie związaną z nim ryzyka.

Natomiast prawdopodobieństwo w sensie matematycznym służy do modelowania doświadczeń losowych poprzez przypisanie poszczególnym zdarzeniom losowym liczb, zwykle z przedziału jednostkowego (często wyrażanych procentowo: od 0 do 100%), wskazujących szanse ich wystąpienia.

Istnieje wiele matematycznych interpretacji pojęcia prawdopodobieństwa, między innymi tzw.:

- obiektywne jako obiektywną częstość zdarzenia w dużej liczbie prób losowych,
- subiektywne jako reprezentację subiektywnej pewności, w oparciu o dotychczasową wiedzę i zaobserwowane dane.

Ocena skutków pożarów (dla których opracowano scenariusze)

Konsekwencje pożaru powinny być oszacowane przez specjalistę ochrony przeciwpożarowej. Jako szacowane następstwa pożaru proponuje się liczbę możliwych ofiar pożaru w razie nieopanowania pożaru w początkowej fazie lub prawdopodobną wartość uszkodzonego mienia. Szacunki należy przyjmować konserwatywnie.

Ocena ryzyka

By zapewnić bezpieczeństwo obiektu (np. muzealnego albo jakiegokolwiek innego), trzeba znać niebezpieczeństwa, na które jest on narażony. Przy analizie problemów bez-

pieczeństwa (każdego obiektu) występują dwa podstawowe pojęcia – zagrożenie i bezpieczeństwo. Pojęcie „bezpieczeństwo” jest przeciwstawne pojęciu „zagrożenie”. Do obu wymienionych pojęć musi być dodawane dalsze pojęcie – „ryzyko”. Pojęcie „ryzyko” łączy w pewnym sensie wywołane wyżej pojęcia. Tak powstaje podstawowa triada teorii ryzyka i bezpieczeństwa: **„zagrożenie – ryzyko – bezpieczeństwo”**.

Tabela 14. Podstawowe pojęcia teorii ryzyka i bezpieczeństwa⁶²

Termin	Definicja	Oznaczenie
Zagrożenie	Zjawisko dowolnego pochodzenia (fizyczne, chemiczne, biologiczne, ekonomiczne, socjalne itp.), które jest stanie spowodować szkody społeczne, w środowisku lub w chronionym obiekcie.	A,B,C ...
Ryzyko	Jakościowa charakterystyka możliwości realizacji niebezpieczeństwa lub jego następstw, które są z reguły mierzone w określonych jednostkach miary.	RA, RB, RC,
Zarządzanie ryzykiem	Wypracowanie kompleksowych przedsięwzięć (techniczno-inżynierskich, gospodarczych, socjalnych i tak dalej), które są właściwie obniżać do akceptowalnego poziomu wartość odpowiedniego ryzyka.	$R_j \leq R_j^*$ (i-A,B,...)
Bezpieczeństwo	Stan chronionego obiektu, w którym wartości wszystkich ryzyk nie przekraczają dopuszczalnego poziomu.	R^*A, R^*B, \dots, R^*Z

Źródło: Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru (tłum. Jan Kielin), Wydawnictwo Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa 2008.

Ryzyko jest to możliwość realizacji konkretnego niebezpieczeństwa, ponieważ pojęcie „ryzyko” przy realizacji niebezpieczeństwa praktycznie wiąże się zawsze z możliwością strat, szkód (własność, finanse, zdrowie, reputacja itp.). Straty w większości wszystkich przypadków związane są z ilościowym ich oszacowaniem.

Przykład: Ryzyko człowieka jest to możliwość utraty dobrego imienia lub reputacji. Jest to możliwe przez przypadek albo na podstawie własnego złego zachowania, nie może być jednak mierzone ilościowo. Dlatego rozróżnia się ryzyka „jakościowe”, które są niemierzalne, i ryzyka „ilościowe”, które są mierzalne.

Obliczanie ryzyka [R]⁶³

$$R = P \cdot U$$

⁶² Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru (tłum. Jan Kielin), Wydawnictwo Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2008, str. 51.

⁶³ Tamże, s. 55.

gdzie:

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia destrukcyjnego,

U – matematyczne oczekiwanie (średnia wartość) szkody.

Pod pojęciem prawdopodobieństwo jest rozumiana zawsze frekwencyjnie wyznaczona charakterystyka wystąpienia nieszczęścia przynoszącego zdarzenia, która posiada pewną jednostkę miary; przy czym prawdopodobieństwo przypadkowego zdarzenia zawsze jest wielkością niemianowaną.

Metodyka obliczania ryzyka przedstawiona jest szczegółowo w pozycji: *Humanity and fires*, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2010, str. 35–37.

Scenariusze powinny być wymienione w kolejności siły skutków. Wskaźnikiem ryzyka może być związek pomiędzy konsekwencjami pożarowymi z prawdopodobieństwem każdego sformułowanego (opisanego) scenariusza.

Wybór dokumentacji do ostatecznego zdefiniowania scenariusza do badania

Podczas opracowywania analizy ilościowej należy współpracować z administracją obiektu i komendą powiatową/miejską PSP.

Dla bardzo dokładnej analizy może być konieczne, aby rozważyć wytypowane scenariusze, w sposób bardziej szczegółowy. Wybrane scenariusze pożarowe stanowią scenariusze projektowe pożaru, w oparciu o które można precyzyjnie dobrać środki i metody przeciwdziałania prawdopodobnym zdarzeniom pożarowym, jakie mogą zaistnieć w obiekcie, i odpowiednio przygotować pracowników oraz zespoły ratowniczo-gaśnicze straży pożarnych przewidziane do zwalczania pożarów lub innych zdarzeń krytycznych w rozpatrywanym obiekcie.

Dokumentacja dotycząca procesu analizy możliwości powstania i rozprzestrzenienia się pożaru powinna odzwierciedlać poszczególne ogniwa algorytmu bezpieczeństwa pożarowego rozpatrywanego obiektu.

Scenariusze pożarów dla potrzeb oceny poziomu przygotowania obiektów muzeum do skutecznego reagowania w wypadku powstania pożaru

Obok jakościowego opisu scenariuszy pożaru i miejsca powstania pożaru powinna zostać także opracowana ilościowa analiza rozwoju pożaru. Opisuje ona główne parametry pożarowe i ich rozwój w czasie. Często rozwój pożaru jest najważniejszym źródłem informacji (np. „szybkość wydzielania ciepła -RHR-“). Ważny jest w tym aspekcie wybór rozstrzygających parametrów pożaru do badania faz jego rozwoju. Tutaj też powinno mieć miejsce ujednoczenie stanowisk wszystkich uczestników procesu takiej analizy.

Dla celów ochrony osób faza propagacji pożaru ma szczególne znaczenie (bezpieczeństwo osób jest najważniejsze). Zanim zaczyna się opisywać rozwój pożaru

z zastosowaniem liczb, ważne jest, aby rozpoznać charakter planowanych scenariuszy pożarowych, a następnie określić kluczowe parametry pożaru. Na przykład:

- szybkość wydzielania ciepła,
- szybkość rozprzestrzeniania się pożaru (na powierzchniach płaskich),
- maksymalna temperatura, albo
- intensywność powstawania dymu jako masowe uwalnianie produktów spalania – te informacje powinny być tu decydujące.

W ramach nowoczesnej symulacji czasu rozwoju pożaru można oszacować ważne parametry pożarowe z wysokim stopniem dokładności. Zazwyczaj kluczową wielkością dla symulacji pożaru według teorii równowagi cieplnej jest uwalnianie ciepła w funkcji czasu. Krzywą wydzielania ciepła w czasie można ustalić na różne sposoby, na przykład:

- w wyniku eksperymentów (takie jak gęstość obciążenia ogniowego w podobnych warunkach przestrzennych i wentylacji),
- jako wynik obliczeń,
- na podstawie oceny szkód lub innych wyników.

Zazwyczaj mamy do czynienia z problemami, takimi jak:

- stabilność konstrukcji pomieszczenia objętego pożarem,
- wykrycie pożaru przy zastosowaniu czujek dymu lub płomieni.

Przed przeprowadzeniem badań rachunkowych za pomocą symulacji pożarowych niezbędne jest przygotowanie danych liczbowych (danych wejściowych).

Do badań wspomaganých komputerowo potrzebne są różne prace wstępne („analizy jakościowe”), między innymi ustalenie przeznaczenia budynku i przyjęcia w oparciu o te założenia miarodajnych scenariuszy pożarowych oraz ich opisanie. Dotyczy to w szczególności miejsc pożarowych wewnątrz budynku i okoliczności towarzyszących w bliższym otoczeniu ogniska pożaru (bodziec zapłonowy, rozwój pożaru). Muszą być przy tym brane pod uwagę informacje o stanie konstrukcji budynku włącznie z jego wyposażeniem technicznym i urządzeniami ochrony przeciwpożarowej. Pożar i jego rozwój (powstanie, rozprzestrzenianie) powinny być opisane z uwzględnieniem gęstości obciążeń ogniowych (rodzaj i ilość materiałów palnych, sposób ich magazynowania), przyjętych warunków wentylacji i wpływu zewnętrznych oddziaływań (środków gaśniczych). Należy w przybliżeniu opisać i przyjęc odpowiednio ustalenia. Celem jest umożliwienie przeprowadzenia wiarygodnych obliczeń. W obliczeniach rachunkowych muszą być ujęte wszystkie prawdopodobne pożary. Uwzględnienie wszystkich możliwych zdarzeń pożarowych zależy w szczególności od przyjętych celów ochronnych.

Przypadki, których warunki brzegowe są skrajnie nieprawdopodobne, nie muszą być uwzględniane. Wymiarowanie następuje zwykle na podstawie scenariuszy i za-

łożeń, których warunki brzegowe odznaczają się wystarczającym prawdopodobieństwem i mogą występować podczas eksploatacji budynku.

Ponieważ zdarzenie pożarowe zawsze zależy od szeregu czynników, w szczególności takich, jak materiały palne, rodzaj i intensywność źródła zapłonu, przestrzenna konfiguracja wyposażenia pomieszczenia i wentylacja, nie jest możliwa w praktyce precyzyjna prognoza rozwoju pożaru. W celu określenia wymagań dla urządzeń przeciwpożarowych należy wystarczająco precyzyjnie opisać przebieg możliwych pożarów, które w ramach studium parametrów z zastosowaniem metod inżynierii mogą być analizowane i mogą być brane za podstawę do podejmowania decyzji dotyczących środków i metod obrony.

Odpowiednie scenariusze pożarów powinny być zorientowane na osiągalność przyjętych celów ochrony. Na początku, na podstawie systematycznej oceny, należy zidentyfikować zagrożenia oraz przeprowadzić ocenę ryzyka. Jako ostatecznie ocenia się prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego scenariusza (możliwość wystąpienia ryzyka pożaru) wraz z oczekiwanymi następstwami zdarzenia. W ramach ustalania scenariuszy pożarowych dochodzą aspekty oceny ryzyka o podwyższonym znaczeniu, które są związane bezpośrednio z materiałami palnymi. W aspekty te wpisują się następujące pytania:

1. Które materiały palne mogą występować w rozpatrywanej przestrzeni i jak są zarządzane (zorganizowane), składowane?
2. Jak łatwo mogą te materiały palne zapalać się i jak bardzo, przy przyjętym sposobie zarządzania nimi, są one podatne na dalsze samodzielne palenie się?
3. Które źródła zapłonowe mogą wpływać na te materiały w rozpatrywanym czasie?
4. Które produkty spalania i jakie ciepło spalania mogą uwalniać te materiały?

W praktyce wychodzi się zwykle z założenia, że prawdopodobieństwo powstania pożaru nie jest związane z określonym miejscem, ale jest jednakowo wysokie w każdym miejscu pomieszczenia. Dla szczególnych badań konkretnego przypadku może być potrzebne ustalenie parametrów użytkowych (jak zarządzanie palnymi materiałami albo możliwymi źródłami zapłonu) i lokalizacji potencjalnego źródła pożaru. W dalszym przebiegu zdarzenia pożarowego mogą brać udział wszystkie materiały palne. W pewnych przypadkach trzeba brać pod uwagę możliwość przeniesienia się pożaru między materiałami palnymi nad strefą zupełnie wolną od obciążenia ogniowego na materiały lub wyposażenie znajdujące się w pewnej odległości od pożaru. Przedział czasu od zapalenia do początku rozprzestrzeniania się pożaru jest w scenariuszach pożaru z reguły zaniedbywany.

Obok odnoszenia się do „właściwości materiału” decydujące są w szczególności warunki spalania i niezbędne przedsięwzięcia gaśnicze wpływające na rozwój pożaru. Z warunkami spalania związana jest przede wszystkim zawartość tlenu w powietrzu znajdującym się w strefie spalania.

Urządzenia służące do detekcji pożaru i sygnalizacji nie wywierają bezpośredniego wpływu na przebieg pożaru. Mogą mieć jednak wpływ w rzeczywistości na moment aktywacji środków gaśniczych ze stałych urządzeń gaśniczych i pośrednio także na przebieg zdarzenia pożarowego i akcję gaśniczą.

Podczas pożaru prawdopodobne jest także oddziaływanie aktualnych warunków atmosferycznych, a w szczególności wiatru. Przedostający się przez otwory w budynku wiatr może wpływać na przepływ i rozprzestrzenianie się produktów spalania. Efekt ten jest szczególnie obserwowany w budynkach z otworami na powierzchniach elewacyjnych i dachowych, przede wszystkim w odniesieniu do pożarów, w których występuje niskie wydzielanie ciepła, w początkowej fazie scenariusza pożarowego. Dotyczy to zwłaszcza źródła pożaru zlokalizowanego w sąsiedztwie otworów budowlanych, którego „pióropusze” płomieni znajdują się w bezpośrednim obszarze oddziaływania strumieni dolotowych. Wiatr ma na rozwój źródła ciepła jedynie niewielki wpływ, a zatem można pominąć go w ogóle.⁶⁴

Poniższe porady mogą być pomocne do zidentyfikowania odpowiednich – spośród wielu możliwych – scenariuszy pożaru oraz do ograniczenia liczby analiz parametrów obliczeniowych w badaniach scenariuszy pożarowych.

W celu podjęcia decyzji o rozpatrywanych scenariuszach rozwoju pożaru należy wziąć pod uwagę następujące czynniki mające wpływ na rozwój potencjalnego pożaru:

a) parametry niezmiennie w obiekcie:

- geometria pomieszczenia, w którym rozpatrujemy możliwość powstania i rozwoju pożaru,

b) parametry zmienne:

- rodzaj wyposażenia (gęstość obciążenia ogniowego, substancje palne), wielkość i położenie źródła ognia,
- źródła zapłonu/czynniki inicjujące zapłon, rodzaj i sposób składowania substancji, które pierwsze będą się paliły,
- fazy rozwoju pożaru (pochodzenie ognia/faza rozpalania, faza rozprzestrzeniania ognia – rozgorzenie),
- warunki wentylacji i otwory dla dopływu powietrza i odprowadzania gazów pożarowych oraz ciepła,
- warunki powodujące uruchamianie aktywnych technicznych środków zwalczania pożaru (urządzenia przeciwpożarowe),

c) szczególne przypadki:

- wydarzenia specjalne/rzadkie i nietypowe (na przykład: podpalenie w kilku miejscach i zastosowanie przyspieszaczy rozwoju pożaru),
- scenariusze, kiedy przewidywane techniczne środki ochrony przeciwpożarowej nie działają lub działają niezgodnie z przeznaczeniem.

⁶⁴ VdS 2728:2000-05 *Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte*.

W zależności od konkretyzacji celów ochronnych i akceptowalnego poziomu strat przyjmować należy różne i odpowiednie do tych założeń scenariusze pożarowe. Do pierwszej orientacji może być stosowany następujący podział dużych scenariuszy odpowiednich do celów ochrony:

Ochrona osób – aspekty użytkownika:

I faza pożaru, czyli faza utajona, jest zwykle pomijana i jest to część koncepcji bezpieczeństwa (dodatkowy margines bezpieczeństwa, który nie jest osadzony ilościowo na podstawie symulacji pożaru w czasie). Wymagania istotne dla bezpieczeństwa osób są oceniane w powiązaniu z fazą rozwoju pożaru.

Zewnętrzne siły ratownicze:

Potrzeba i zakres zewnętrznych środków ratowniczych, jak również określenie celów ochrony zawiera się w koncepcji ochrony przeciwpożarowej w odniesieniu do kryteriów związanych z danym obiektem i planem ratowniczym. Trzeba przyjąć bezpośrednio odniesienie do możliwości dotarcia na miejsce zdarzenia (po jakim czasie, w jakim składzie osobowym i z jakim wyposażeniem – czy będzie możliwe podejmowanie skutecznej pomocy ratowniczej osobom zagrożonym oraz skutecznego zwalczania pożaru). Chodzi tu o scenariusze rozwoju pożaru wobec osób potrzebujących ratunku (np. w pomieszczeniach przetrwania), ale również pełne scenariusze pożarowe obejmujące potrzeby ratownicze w innych częściach budynku.

Umożliwienie efektywnego zwalczania pożaru przez straż pożarną:

Zasadniczo koncepcje ochrony przeciwpożarowej nie uwzględniają w ocenie skuteczności działania zastosowanych środków gaśniczych podawanych przy wykorzystaniu podręcznego sprzętu gaśniczego do natarcia wewnętrznego przez straż pożarną. Niezbędna wielkość sił straży pożarnej potrzebnych do opanowania pożaru jest precyzowana przez właściwą komendę PSP – brak jest dotychczas standardów udzielania pomocy ratowniczej. Musi się tu uwzględnić możliwości dotarcia jednostek straży pożarnej do budynku, zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru, dostęp do budynku dla prowadzenia natarcia wewnętrznego, a także dostęp do budynku za pośrednictwem drabin w celu udzielania pomocy ludziom zagrożonym przez pożar i odciętych od dróg ewakuacji. Oceny takiej trzeba dokonać w oparciu o ustalenia z ekspertami i uzgodnić z właściwą KP/M PSP.

Stabilność (pewność) i zamknięcie przestrzeni w przypadku pożaru:

Pożary w fazie rozwoju oraz te w pełni rozwinięte, powstające w „małych” pomieszczeniach traktowane są jako pełne pożary całego pomieszczenia, a w przypadku „dużych przestrzeni” mogą przejść w lokalnie ograniczone pożary. Należy również uwzględnić w analizie takie warianty.

Ochrona dóbr:

Specyfikacja celów ochrony jest mocno uzależniona od indywidualnego przypadku, dlatego przygotowując się do obliczeniowej symulacji pożaru, należy najpierw zebrać możliwe scenariusze pożarów z uwzględnieniem prawdopodobieństwa ich wystąpienia i oczekiwanych poziomów szkód, które powinny być zweryfikowane przez eksperta. W tym celu niezbędne jest zebranie i uwzględnienie dla każdego scenariusza pożaru następujących aspektów:

- 1) Wybór lokalizacji ognia (źródło pożaru):
 - pomieszczenie lub miejsce w pomieszczeniu, gdzie pożar może powstać, oraz powodować poważne lub niebezpieczne skutki,
 - jeżeli istnieje kilka możliwych miejsc powstania pożaru w pomieszczeniu będących jednakowo prawdopodobnymi, należy przyjąć jedno reprezentatywne miejsce. Jeśli nie jest to możliwe, może być konieczne rozpatrywanie większej liczby sytuacji; przyjmuje się wtedy najniekorzystniejsze możliwe do zaistnienia przypadki scenariuszy.
- 2) Opis gęstości obciążenia ogniowego i możliwość powstania pożaru:
 - określić wartość wysoce prawdopodobnego obciążenia ogniowego w przypadku pożaru (rodzaj, położenie i sposób przechowywania, ilości, zagrożenie rozprzestrzenianiem się ognia),
 - opisać powstanie pożaru (wstępne uwolnienie ciepła na początku fazy propagacji ognia) i ewentualnie pierwsze objęcie pożarem przedmiotów wyposażenia,
 - opisać intensywność uwalniania ciepła i szybkość rozprzestrzeniania się pożaru.
- 3) Opis warunków wentylacji pomieszczenia pożarowego:
 - opisać otwory w pomieszczeniu objętym pożarem (takie jak okna, drzwi, wentylacja pożarowa, itd.) – ich powierzchnię do odprowadzania dymu, kryteria wydajności (masowego natężenia przepływu) oraz rozmieszczenie w budynku, włącznie z warunkami ich otwierania.
- 4) Rodzaj pożaru:
 - w celu prowadzenia badań przede wszystkim odnośnie do fazy pożaru nazwać i określić, czy byłby to pożar kontrolowany paliwem (niezbędna jest wystarczająca dostępność powietrza do spalania), czy pożar kontrolowany wentylacją.
- 5) Wpływ instalacji technicznych na przebieg prognozowanego pożaru:
 - biorąc pod uwagę urządzenia przeciwpożarowe (np. samoczynne urządzenia gaśnicze czy zraszacze), jest możliwe ograniczenie „niezakłóconego” rozwoju pożaru. Wymaga to ustalenia kryteriów aktywacji instalacji takich urządzeń i określenie ich przewidywanego wpływu na zdarzenie pożarowe,

- przy kalkulacji oddziaływania pożarów wzorcowych na przebieg projektowanego scenariusza rozwoju pożaru i powodowane tym samym oddziaływanie na krzywą przebiegu pożaru należy wziąć pod uwagę prawdopodobieństwo niewykonania działań przez urządzenie(-a) przeciwpożarowe zgodnie z założeniami. Dotyczy to w zasadzie oczekiwanego działania (skuteczności) wszelkich zastosowanych środków bezpieczeństwa⁶⁵.
- 6) Szacowanie potencjalnych szkód powinno opierać się o:
- opis prognozowanych skutków pożarów/obraz strat oparty o scenariusz pożarowy,
 - ocenę i wybór scenariusza pożaru projektowego,
 - wybór jednego lub ewentualnie więcej scenariuszy pożarowych spośród ocenianych scenariuszy pożarowych, w których oszacowane są potencjalne straty,
 - zakres szkód w obiekcie powstałych wskutek prognozowanych pożarów w okresie eksploatacji danego obiektu.

⁶⁵ Branie pod uwagę awarii urządzeń bezpieczeństwa jest przedmiotem koncepcji bezpieczeństwa i analizy ryzyka. Powoduje to również inne scenariusze, które są istotne i przewidywalne dla konkretnych zagadnień (koncepcji bezpieczeństwa, analizy ryzyka).

4.3. Ochrona zabytków

Ochrona zabytków⁶⁶ w rozumieniu przyjętym w obowiązującej obecnie w Polsce ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami z 23 lipca 2003 r. oznacza działania organów administracji publicznych podejmowane w celu:

- zapewnienia warunków prawnych, organizacyjnych i finansowych umożliwiających trwałe zachowanie zabytków oraz ich zagospodarowanie i utrzymanie,
- zapobiegania zjawiskom niepożądanym: niszczeniu (m.in. w wyniku pożaru lub innego destrukcyjnego zdarzenia) i niewłaściwemu korzystaniu z zabytków, ich kradzieżom, zaginięciom, nielegalnemu wywozowi za granicę,
- kontrolowania stanu zachowania i przeznaczenia zabytków,
- uwzględniania zadań ochronnych w procesie planowania, zagospodarowania przestrzennego oraz kształtowania środowiska.

Ochrona zabytków, na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych, polega na planowaniu, przygotowaniu i realizacji przedsięwzięć zapobiegawczych, dokumentacyjnych, zabezpieczających, ratowniczych i konserwatorskich, mających na celu ich uratowanie przed zniszczeniem, uszkodzeniem lub zaginięciem.⁶⁷

Przedsięwzięcia ochronne określone w ustawie są realizowane poprzez:

- 1) zapobieganie i prowadzenie prac przygotowawczych – w czasie poprzedzającym wystąpienie konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej,
- 2) podwyższenie gotowości – wprowadzanej w okresie narastania bezpośrednio zagrożenia przez właściwe organy kierowania kryzysowego, określone w art. 12 ust. 1 ustawy z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz.U. z 2017 r., poz. 1897),
- 3) reagowanie – w czasie wystąpienia i trwania konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej,
- 4) zabezpieczenie i dokumentowanie – po ustąpieniu konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej.

Zapobieganie i prowadzenie prac przygotowawczych obejmują między innymi następujące przedsięwzięcia i czynności:

- 1) opracowanie planów ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych,
- 2) kontrolę i doskonalenie stanu technicznego zabytków,
- 3) instalowanie i utrzymywanie w sprawności urządzeń i systemów zabezpieczenia zabytków, w tym sygnalizacji wykrywania i alarmowania (np. o pożarze),
- 4) projektowanie i wykonywanie inżynieryjno-technicznych prac zabezpieczających przy zabytkach, takich jak:

⁶⁶ Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. z 2017 r., poz. 2187).

⁶⁷ § 1 Rozporządzenia Ministra Kultury z dnia 25 sierpnia 2004 r. w sprawie organizacji i sposobu ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych (Dz.U. 2004 nr 212 poz. 2153).

- a) podwyższenie klasy odporności ogniowej i poprawa właściwości konstrukcyjnych,
- b) zabezpieczenia przed skutkami wybuchów, wichur, śnieżyc, powodzi lub zalania z innych przyczyn, osunięć lub zapadnięć gruntu,
- c) obudowa lub osłona fragmentów szczególnie wartościowych i narażonych na destrukcję.

Podwyższenie gotowości obejmuje następujące czynności:

- 1) demontaż i ukrycie najcenniejszych detali architektonicznych i elementów wyposażenia,
- 2) zgromadzenie i utrzymywanie w gotowości urządzeń, sprzętu, narzędzi, opakowań, materiałów niezbędnych do wykonania prac zabezpieczających i działań ratowniczych,
- 3) zorganizowanie systemu monitorowania zagrożeń, alarmowania i powiadamiania,
- 4) wyznaczenie i przygotowanie zespołów ludzkich do prac zabezpieczających i działań ochronnych.⁶⁸

Podczas reagowania prowadzi się działania ratownicze (ewakuacja osób znajdujących się w obiekcie) oraz udziela niezbędnej pomocy jednostkom ratowniczo-gaśniczym.

Ochrona zabytków ruchomych polega ponadto na podjęciu, w zależności od sytuacji i posiadanych możliwości, następujących czynności:

- zabezpieczenia ich przed zniszczeniem lub uszkodzeniem, w miejscu stałego przechowywania, oraz na zorganizowaniu stałego dozoru,
- przemieszczenia do innych, przygotowanych pomieszczeń jednostki organizacyjnej,
- rozśrodkowania zabytków do innych wytypowanych i przygotowanych obiektów w tej samej miejscowości,
- ewakuacji do wyznaczonych i uprzednio przygotowanych obiektów poza miejscowością ich stałego przechowywania, jeżeli nie ma możliwości ich właściwego zabezpieczenia na miejscu lub w tej samej miejscowości, oraz zapewnienia stałego dozoru,
- ewakuacji najcenniejszych zabytków za granicę w przypadku konfliktu zbrojnego,
- przyjmowania, na wniosek właściciela lub posiadacza, cennych zabytków na czasowe przechowanie przez publiczne jednostki organizacyjne kultury.⁶⁹

⁶⁸ § 1 Rozporządzenia Ministra Kultury z dnia 25 sierpnia 2004 r. w sprawie organizacji i sposobu ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych (Dz.U. 2004 nr 212 poz. 2153).

⁶⁹ Jw.

Organizację i sposób ochrony zabytków, na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych, planuje się w jednostkach organizacyjnych posiadających zabytki oraz na poszczególnych stopniach administracji, uwzględniając:

- stan zasobu podlegającego ochronie,
- zagrożenia,
- zamiar działania,
- sposób realizacji,
- niezbędne siły i środki oraz
- czas i koszty wykonania w sporządzanym w tym celu następującym dokumencie:
Plan ochrony zabytków znajdujących się w obiekcie zabytkowym lub muzeum.

5. ANALIZA MOŻLIWEGO WPŁYWU ZASTOSOWANYCH URZĄDZEŃ PRZECIWOŻAROWYCH ORAZ ROZWIĄZAŃ ORGANIZACYJNYCH NA ROZWÓJ POŻARU

W celu wyeliminowania możliwości powstania pożaru bądź też znacznego ograniczenia jego skutków coraz powszechniej stosowane są różnego rodzaju techniczne środki zabezpieczenia przeciwpożarowego. Jednym z ważniejszych i najpowszechniej stosowanych jest system sygnalizacji pożarowej, w który wyposażane są rozpatrywane obiekty. W świetle aktualnych przepisów przeciwpożarowych obowiązek stosowania systemów sygnalizacji pożarowej, obejmujących urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, służących do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze, a także urządzeń odbiorczych alarmów pożarowych i urządzeń odbiorczych sygnałów uszkodzeniowych – dotyczy w szczególności obiektów wskazanych w § 28 ust. 1 pkt. 14 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719)⁷⁰. Obejmuje on także muzea i zabytki budowlane wyznaczone przez Generalnego Konserwatora Zabytków w uzgodnieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej. Obiekty te muszą spełniać także wymagania dotyczące obligatoryjnego wyposażenia ich w inne urządzenia przeciwpożarowe, np. w instalację wodociągową przeciwpożarową (§ 18), stałe urządzenia gaśnicze związane na stałe z obiektem, zawierające zapas środka gaśniczego i uruchamiane samoczynnie we wczesnej fazie rozwoju pożaru (§ 27 ust. 1), dźwiękowy system ostrzegawczy, umożliwiający rozgłaszanie sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych na potrzeby bezpieczeństwa osób przebywających w obiekcie, nadawanych automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej, a także przez operatora (§ 29). Mówiąc więc o zabezpieczeniu obiektu, należy pamiętać również o wymaganiach dotyczących stosowania urządzeń przeciwpożarowych wynikających z przepisów techniczno-budowlanych⁷¹, np. przeciwpożarowego wyłącznika prądu (§ 183 ust. 2), awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego (§ 181 ust. 2), przeciwpożarowych klap odcinających (§ 268 ust. 4), urządzeń zapobiegających zadymieniu lub służących do usuwania dymu (§ 245 i 246), itp. Poza wspomnianymi wyżej przepisami konieczność zastosowania urządzeń przeciwpożarowych, już nie tylko w odniesieniu do urządzeń wymienionych wprost w tych przepisach ochrony przeciwpożarowej, może również wynikać ze wskazań ekspertyz technicznych, po uzgodnieniu ich z właściwymi komendantami wojewódzkimi PSP w trybie postanowienia. W takich przypadkach zastosowanie konkretnych urządzeń przeciwpożarowych (np. SSP, SUG)

⁷⁰ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).

⁷¹ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r., poz. 1422, ze zm.).

w budynkach, w których znajdują się zbiory muzealne, może stanowić rozwiązanie zamienne w stosunku do braku możliwości spełnienia wprost wymagań wynikających zarówno z przepisów techniczno-budowlanych, jak i przeciwpożarowych.

Wyżej wymienione rozporządzenie MSWiA z dnia 7.06.2010 r. precyzyjnie określa rodzaje obiektów, w których konkretne urządzenia przeciwpożarowe powinny być obowiązkowo zastosowane. Obowiązek stosowania systemu sygnalizacji pożarowej (§ 28 ust. 1 pkt. 14) dotyczy obiektów zabytkowych i muzealnych wyznaczonych przez Generalnego Konserwatora Zabytków w porozumieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej⁷². Według danych⁷³ Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej spośród muzeów i zabytków budowlanych, wyznaczonych przez Generalnego Konserwatora Zabytków w porozumieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej, w których wymagany jest system sygnalizacji pożarowej (SSP), według stanu na 31 grudnia 2015 r., posiada go 625 obiektów (85,50%), a 567 obiektów (77,56%) jest połączonych z Państwową Strażą Pożarną (tabela 15).

Tabela 15. Obiekty zabytkowe objęte obowiązkiem wyposażenia w SSP oraz stan zaawansowania prac z tym związanych (stan na 31.12.2015 r.)

Lp.	Liczba	Obiektów objętych obowiązkiem				Obiektów połączonych do PSP
	Rodzaj obiektu	Ogółem	A*	B*	C*	
1	2	3	4	5	6	7
1	Obiekty kultu religijnego (kościół, klasztor)	249	172	15	6	141
2	Muzea	345	334	1	1	319
3	Pałace, zamki (bez muzeów)	54	41	0	1	41
4	Biblioteki	17	15	1	0	14
5	Obiekty zabytkowe o innym przeznaczeniu	66	63	1	4	52
Razem		731	625	18	12	567

A – wyposażone dotychczas w SSP, **B** – w trakcie wyposażenia w SSP,
C – z zaawansowanymi pracami nad przystąpieniem do wyposażenia w SSP

Źródło: Na podstawie danych Komendy Głównej PSP.

⁷² Zgodnie z listą zawartą w dokumencie znak BODKM-37/96 z listopada 1996 r. pierwotnie wyznaczono 738 muzeów i zabytków budowlanych. Obecnie na podstawie danych przesłanych przez komendy wojewódzkie PSP wyznaczono 731 muzeów i zabytków budowlanych, w których wymagane jest stosowanie systemu sygnalizacji pożarowej, wyznaczonych przez Generalnego Konserwatora Zabytków w uzgodnieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej.

⁷³ Stan realizacji monitoringu pożarowego w Polsce (według stanu na 31 grudnia 2015 r.) – BZ-III-0361/1-12/16 – KG PSP, Warszawa, listopad 2016 r.

Analiza „wpływu urządzeń przeciwpożarowych oraz rozwiązań organizacyjnych zastosowanych w wytypowanej strefie na rozwój pożaru” powinna zostać poprzedzona szczegółową analizą doboru urządzeń przeciwpożarowych i innych urządzeń służących bezpieczeństwu pożarowemu w wyznaczonym obiekcie, dostosowanych do wymagań wynikających z przepisów dotyczących ochrony przeciwpożarowej i przyjętych scenariuszy pożarowych, z podstawową charakterystyką tych urządzeń – w myśl § 4 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r.⁷⁴. Scenariusz pożarowy, zgodnie z § 2 pkt 3 ww. rozporządzenia MSWiA, powinien zawierać opis sekwencji możliwych zdarzeń w czasie pożaru, reprezentatywnego dla danego miejsca jego wystąpienia lub obszaru oddziaływania, w szczególności dla strefy pożarowej lub strefy dymowej, uwzględniający przede wszystkim:

- a) sposób funkcjonowania urządzeń przeciwpożarowych, innych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, urządzeń użytkowych lub technologicznych, oraz ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie,
- b) rozwiązania organizacyjne niezbędne do właściwego funkcjonowania projektowanych zabezpieczeń.

W odniesieniu zaś do rozwiązań organizacyjnych, jeśli w muzeum lub obiekcie zabytkowym występują urządzenia przeciwpożarowe, a w szczególności system sygnalizacji pożarowej, każdorazowo dla takiego obiektu projektant i rzeczoznawca do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych zobowiązani są do przeprowadzenia dogłębnej i wnikliwej analizy scenariusza rozwoju pożaru. Powinna ona obejmować m.in. ocenę szybkości rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiadujące materiały i elementy wyposażenia, a także eksponaty, przyległe strefy pożarowe, w kontekście ewentualnej możliwości rozprzestrzenienia się rozpatrywanego pożaru projektowego lub możliwego pożaru w obiekcie funkcjonującym ze względu na nieskuteczne (nieczynne) zamknięcia otworów pomiędzy strefami pożarowymi przy zastosowaniu drzwi przeciwpożarowych, przeciwpożarowych klap odcinających lub innych zamknięć.

Zgodnie z § 6 ust. 1 pkt 2 rozporządzenia MSWiA z 7.06.2010 r., właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu bądź jego części stanowiących odrębne strefy pożarowe, przeznaczonych do wykonywania funkcji użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, magazynowych oraz inwentarskich, powinien zapewnić i wdrożyć instrukcję bezpieczeństwa pożarowego, zawierającą m.in. określenie wyposażenia w wymagane urządzenia przeciwpożarowe i gaśnice oraz sposoby poddawania ich przeglądowi technicznemu i czynnościom konserwacyjnym oraz warunki i organizację ewakuacji ludzi oraz praktyczne sposoby ich sprawdzania.

⁷⁴ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015 r., poz. 2117).

W obiektach muzealnych i zabytkowych stosowane są zazwyczaj urządzenia przeciwpożarowe, takie jak:

- instalacja oddymiania w klatkach schodowych,
- instalacja hydrantów wewnętrznych 25 z wężem półsztywnym w częściach ZL oraz 52 z wężem płasko składanym w częściach PM,
- instalacja awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego na drogach ewakuacyjnych,
- przeciwpożarowy wyłącznik prądu”.

Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego zawiera informacje, takie jak:

1. Warunki ochrony przeciwpożarowej, wynikające z przeznaczenia, sposobu użytkowania, prowadzonego procesu technologicznego, magazynowania (składowania) i warunków technicznych obiektu, w tym zagrożenia wybuchem.
2. Wyposażenia w wymagane urządzenia przeciwpożarowe i gaśnice oraz sposoby poddawania ich przeglądom technicznym i czynnościom konserwacyjnym, a także osoby odpowiedzialne w obiekcie za terminową realizację tych czynności.
3. Sposoby postępowania pracowników na wypadek pożaru lub innego zagrożenia.
4. Sposoby zabezpieczenia prac niebezpiecznych pod względem pożarowym oraz określenie osób odpowiedzialnych za bezpieczne przeprowadzanie takich prac.
5. Warunki i organizację ewakuacji ludzi oraz praktyczne sposoby ich sprawdzania oraz określenie osób odpowiedzialnych za przygotowanie pracowników do przeprowadzania ewakuacji osób, a także za utrzymanie we właściwym stanie dróg ewakuacji.
6. Sposoby zapoznawania użytkowników obiektu, w tym pracowników, z przepisami przeciwpożarowymi oraz treścią przedmiotowej instrukcji.
7. Zadania i obowiązki w zakresie ochrony przeciwpożarowej dla osób będących ich stałymi użytkownikami.
8. Plany obiektów, obejmujące także ich usytuowanie oraz terenu przyległego, z uwzględnieniem graficznych danych dotyczących w szczególności:
 - a) powierzchni, wysokości i liczby kondygnacji budynku,
 - b) odległości od obiektów sąsiadujących,
 - c) parametrów pożarowych występujących substancji palnych,
 - d) występującej gęstości obciążenia ogniowego w strefie pożarowej lub w strefach pożarowych,
 - e) kategorii zagrożenia ludzi, przewidywanej liczby osób na każdej kondygnacji i w poszczególnych pomieszczeniach,
 - f) lokalizacji pomieszczeń i przestrzeni zewnętrznych zaklasyfikowanych jako strefy zagrożenia wybuchem,
 - g) podziału obiektu na strefy pożarowe,
 - h) warunków ewakuacji, ze wskazaniem kierunków i wyjść ewakuacyjnych,
 - i) miejsc usytuowania urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, kurków głów-

- nych instalacji gazowej, materiałów niebezpiecznych pożarowo oraz miejsc usytuowania elementów sterujących urządzeniami przeciwpożarowymi,
- j) wskazania dojeżdż do dźwigów dla ekip ratowniczych,
 - k) hydrantów zewnętrznych oraz innych źródeł wody do celów przeciwpożarowych,
 - l) dróg pożarowych i innych dróg dojazdowych, z zaznaczeniem wjazdów na teren ogrodzony.

Szczegółowe określenie zadań dla poszczególnych pracowników na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia ma kluczowe znaczenie dla możliwości zwalczania takiego zagrożenia, czyli niedopuszczenia do jego rozwoju.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Pożary są jednym z najpoważniejszych elementów zagrożenia dla dóbr kultury. Z tego też względu obiekty te, w celu bezpiecznego użytkowania, wymagają odpowiedniego zabezpieczenia przed pożarem. Zagadnienia ochrony przeciwpożarowej w odniesieniu do obiektów zabytkowych zostały szczegółowo określone w przepisach przeciwpożarowych oraz w przepisach ministra właściwego do spraw kultury i ochrony dziedzictwa narodowego. Niestety stan faktyczny obiektów zabytkowych w zakresie przestrzegania podstawowych wymagań ochrony przeciwpożarowych wynikających z tych regulacji nie zawsze jest zadowalający, o czym może świadczyć zauważalny w ostatnich latach w tej grupie obiektów wzrost liczby pożarów (tabela 16)⁷⁵.

Tabela 16. Liczba pożarów w obiektach zabytkowych w latach od 2008 do 2016

Rok	Liczba pożarów ogółem w obiektach dóbr kultury	Pożary w obiektach kultu religijnego i sakralnych	Pożary w muzeach i galeriach	Pożary w bibliotekach i archiwach
2008	122	103	10	9
2009	139	119	9	11
2010	131	105	10	16
2011	151	140	6	5
2012	154	133	15	6
2013	137	120	12	5
2014	148	124	14	10
2015	201	157	29	15
2016	194	164	16	14

Źródło: Na podstawie danych Komendy Głównej PSP

⁷⁵ Na podstawie danych Komendy Głównej PSP.

Na taki stan ma wpływ wiele różnych czynników, począwszy od poziomu świadomości właścicieli, zarządców i użytkowników wspomnianych obiektów, zobligowanych do właściwego utrzymania stanu techniczno-budowlanego obiektu, kończąc na organizacji ochrony przeciwpożarowej w tych obiektach. Bardzo istotnym elementem wpływającym na poziom bezpieczeństwa obiektów są również środki finansowe (a w zasadzie ich niewystarczająca ilość). Fundusze powinny zarówno zaspokajać potrzeby w zakresie wyposażenia przedmiotowych obiektów w rozwiązania techniczno-budowlane i przeciwpożarowe, jak i zapewniać pełne utrzymanie tych urządzeń w odpowiednim stanie technicznym, gwarantującym skuteczność ich działania. W wielu przypadkach decydujący wpływ na rozwój pożaru, już nie tylko w strefie (pożarowej), w której gromadzone będą zbiory muzealne, ale w całym obiekcie muzealnym, będą miały urządzenia przeciwpożarowe, których zadaniem jest zapobieganie powstaniu, wykrywanie i zwalczanie pożaru już we wczesnej jego fazie rozwoju oraz ograniczanie jego skutków.

ROZDZIAŁ II

WYMAGANIA DLA SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY EWAKUACJI ZBIORÓW, DÓBR I EKSPONATÓW ZABYTKOWYCH ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W CHRONIONYCH OBIEKTACH

WPROWADZENIE

Badania własne autorów, jak również doświadczenia i praktyka zawodowa w ramach opracowywania wymagań dla wyrobów budowlanych stosowanych na rzecz ochrony przeciwpożarowej zawartych w przeszłości w aprobatkach technicznych⁷⁶, a obecnie w krajowych ocenach technicznych⁷⁷, prezentowane również w artykułach na łamach BITP, pozwalają na sformułowanie ogólnych, uniwersalnych wymagań (ich propozycji) dla systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach. Są to nowe systemy niestosowane obecnie jeszcze w praktyce ochrony przeciwpożarowej w obiektach muzealnych. Sformułowane wymagania wynikają z analizy warunków stosowania i funkcjonalności, jakie zakłada się, iż te systemy pozwolą realizować w warunkach zdarzeń pożarowych. Znajomość i dostępność tych wymagań pozwala w praktyce na tworzenie założeń, projektowanie i wdrażanie takich systemów. Autorzy pracy wskazują obszar norm badawczych oraz minimalne wymagania wraz ze wskazaniem warunków narażenia, które powinny potwierdzić niezawodność pracy elementów systemu w warunkach rzeczywistych działań. Pamiętać przy tym należy, iż poniższe wymagania mają charakter ogólny i uniwersalny – tzn. odnoszą się do ogólnych wymagań systemu i jego zakładanych funkcjonalności bez analizy szczegółowej konstrukcji, zastosowanej technologii czy rozwiązań. Aby móc opracować docelowe wymagania dla elementów systemu, należy wcześniej te konkretne elementy zdefiniować. W poniższym opracowaniu wskazano ideowo urządzenia, które mogą wchodzić w skład systemu. Przy aktualnym rozwoju technologicznym nie jest możliwe stworzenie uniwersalnych wymagań techniczno-użytkowych, które by miały szanse bytu

⁷⁶ G. Mroczo, *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BITP Issue 4, 2011, pp. 87–93

⁷⁷ G. Mroczo, B. Wojtasiak, *Jak uzyskać krajową ocenę techniczną CNBOP-PIB dla wyrobu budowlanego?*, BITP Issue 3, 2017, pp. 132–134.

i funkcjonowania w długim okresie w odniesieniu do wszystkich możliwych rozwiązań. Dlatego zasadne i celowe jest przedstawienie wymagań w ujęciu ogólnym, co stanowi podstawę dla pracy projektanta takiego systemu.

1. KONCEPCJA I PODSTAWOWE WYMAGANIA DLA SYSTEMÓW

Poniżej przedstawiono koncepcję systemu służącego do wspomagania procesu ewakuacji zbiorów oraz wymaganą charakterystykę parametrów technicznych urządzeń wchodzących w jego skład. Sformułowano podstawowe wymagania techniczno-użytkowe dla zakładanych elementów fizycznych takiego systemu.

Na potrzeby sformułowania tych wymagań dokonano analizy:

- przeglądu dostępnej literatury w omawianym zakresie,
- dokumentów normatywnych dotyczących wymagań klimatycznych oraz środowiskowych oraz aktów prawa.

Dodatkowo skorzystano z wieloletniego doświadczenia CNBOP-PIB w zakresie badań i oceny poprawności funkcjonowania wyrobów wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej do prowadzenia działań ratowniczych, gaśniczych oraz ewakuacyjnych.

Analiza materiałów zebranych podczas warsztatów poświęconych założeniom funkcjonalnym dla elementów systemu

W ramach warsztatów zorganizowanych przez CNBOP-PIB w dniu 23.01.2017 r., dotyczących określenia dodatkowych wymagań funkcjonalnych dla systemu, przedstawiono dotychczasowe wyniki badań i prac w zakresie opracowania systemu wspierającego zarządzanie bezpieczeństwem w obiektach zabytkowych na wypadek pożaru i konieczności ewakuacji zbiorów. Przedstawienie tych wyników stanowiło podstawę do dyskusji i sformułowania przez zaproszonych ekspertów wymagań funkcjonalnych dla budowanego systemu. Do udziału w warsztatach zaproszono specjalistów z różnych dziedzin po to, aby poznać potrzeby ewentualnych przyszłych użytkowników, a których nie uwzględniono, rozpatrując przede wszystkim warunki ochrony przeciwpożarowej.

Eksperti sformułowali liczne i różnorodne wnioski, propozycje, jak również uwagi odnośnie do wymagań dla systemów tworzonych w przyszłości. Poniżej zostały przedstawione najistotniejsze wnioski.

Stwierdzono, że projektowane urządzenie powinno służyć wsparciu działań mających na celu ewakuację cennych eksponatów, prowadzoną przez pracowników przed przybyciem zespołów ratowniczo-gaśniczych, jak i po ich przybyciu i dalszym prowadzeniu przez nie działań ratowniczo-gaśniczych. W tym celu należy dołożyć staranności, by system był kompatybilny z wyposażeniem ratownika lub dowódcy zastępu, którzy będą korzystali z tego narzędzia podczas akcji, i nie utrudniał możliwości ruchowych ratownika, który ma wykonywać czynności związane z ewakuacją zbiorów.

Zastosowane sensory w systemie będą mogły umożliwić w czasie rzeczywistym precyzyjną lokalizację oznaczonych eksponatów przewidzianych do ewakuacji z określeniem jej kolejności. Pozwoli to na pełne monitorowanie lokalizacji tych eksponatów

do momentu umieszczenia ich w kontenerze ewakuacyjnym lub innym miejscu przewidzianym w planie ewakuacji.

Generowane przez system komunikaty (werbalne lub wizualne) powinny charakteryzować się precyzją, prostotą i nie zmuszać ich odbiorcy do zastanawiania się nad wariantami dalszego działania. Ratownik powinien otrzymywać komunikaty typu: „w lewo”, „prosto” wraz z wizualizacją spriorytetyzowanych celów (*augmented reality*), pozycjami pozostałych ratowników, wizualizacją zagrożenia, a nawet wizualizacją predykcji zagrożenia. System powinien w czasie rzeczywistym pozycjonować w 3 wymiarach wszystkie wizualizowane elementy oraz ratownika. Rozwiązania oparte na technologii BIM oraz szeregu tanich i prostych czujników mogą zagwarantować wystarczającą ilość danych do systemu, aby taką wizualizację 3D w czasie rzeczywistym stworzyć.

Bezpieczna przestrzeń mająca zwiększyć ochronę obiektów sakralnych i zbiorów muzealnych powinna uwzględniać:

- nienaruszalność zabytku (pozostawienie go w stanie nienaruszonym),
- zgodę konserwatorów zabytków na jej utworzenie,
- współlistnienie z innymi rodzajami zabezpieczeń obiektu,
- wizualne wydzielenie spośród otoczenia,
- utrudnienia w dostępie do miejsc chronionych osób niepożądanych,
- dostępność dla ludzi i sprzętu biorących udział w interwencji lub akcji ratowniczej,
- ukształtowanie chęci informowania właściwych instytucji o niepokojących zjawiskach.

Elementy systemu powinny współgrać z innymi zabezpieczeniami występującymi w obiektach i nie powinny nawzajem zakłócać swojej pracy.

Uczestnicy warsztatów wskazali również możliwość wykorzystania technologii BIM (z ang. Building Information Modeling) jako jednej z funkcjonalności elementów systemu. Pomimo iż nie ma ona bezpośredniego powiązania z przedmiotowym opracowaniem, to zasadnym jest, aby poświęcić jej uwagę, gdyż może okazać się zasadna do wykorzystania na etapie projektowania urządzeń, które mają być docelowo użyte w przyszłości. BIM to modelowanie informacji o obiektach budowlanych. Model obiektu powstaje z użyciem oprogramowania komputerowego, które odtwarza fizyczne i funkcjonalne właściwości poszczególnych jego elementów składowych. BIM w swoim długofalowym zamyśle ma odzwierciedlać jak najwięcej właściwości poszczególnych elementów obiektu budowlanego poprzez modelowanie z użyciem oprogramowania komputerowego. Dzięki temu można uzyskać model komputerowy będący bardzo dokładnym odwzorowaniem obiektu. Projekt obiektu zrobiony zgodnie z zasadami BIM, oprócz modelu całego obiektu dysponuje także dodatkowymi informacjami: zaczynając od zestawień powierzchni, kubatury, liczby drzwi, okien czy materiałów wykończeniowych, aż po zestawienia elementów instalacyjnych, wy-

kończeniowych, maszyn i urządzeń wraz z ich charakterystyką. Większość informacji z modelu BIM może być wykorzystana przy zarządzaniu obiektem, a także w ochronie przeciwpożarowej. Służby ratunkowe, posiadając model 3D obiektu w metodyce BIM, mogą korzystać z możliwości wykonania analiz i symulacji. Dostępne są już narzędzia informatyczne umożliwiające symulowanie planów ewakuacji (Autodesk Navisworks), analizę rozprzestrzeniania się i odprowadzania dymu, rozkładu temperatury (Autodesk Simulation CFD), analizę FDS – zachowanie ognia i dymu w budynku (Autodesk Project Scorch). Obecnie wiele krajów rozpoczęło sukcesywny proces wdrażania technologii BIM w procesie budowlanym i gospodarce nieruchomościami. Możliwości BIM zostały dostrzeżone w takich krajach, jak Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Holandia, Indie czy Singapur. W Europie za pionierską należy uznać inicjatywę Wielkiej Brytanii, w której na szczeblu rządowym zdecydowano o obligatoryjnym stosowaniu BIM. W Polsce niektóre z firm, np. Skanska, zdecydowały, że projekty realizowane w Europie Środkowej i Wschodniej muszą być wykonane w programie zgodnym z BIM. Aby znacznie przyspieszyć i ułatwić swoją pracę, część administratorów przeprowadza inwentaryzację swoich budynków w BIM (tzw. inżynieria odwrotna). Na poziomie samorządów, np. w województwie małopolskim, w szczegółowym opisie dotyczącym dofinansowań przy projektach Regionalnej Strategii Innowacji Województwa Małopolskiego 2014–2020 uwzględniono również zintegrowane projektowanie, które opiera się na BIM. Według raportu KPMG z 30.09.2016 r. pt. *Ekspertyza dotycząca możliwości wdrożenia metodyki BIM w Polsce* realny horyzont czasowy na pełne wdrożenie metodyki BIM w nowo projektowanych przedsięwzięciach budowlanych to okres od 3 do 5 lat. Dlatego celowe jest, aby opracowywane rozwiązania współpracowały z nową technologią i umożliwiały efektywne wykorzystanie możliwości, jakie ona daje w zakresie prognozowania i monitorowania predykcji zagrożeń pożarowych. Poruszono również ważny problem, jakim jest sposób podejmowania decyzji oraz przekazywania informacji. Służby zawsze działają w specyficznych warunkach: w stanie zagrożenia, ograniczonego czasu na działanie, niepewności decyzji (kiedy trudno prognozować skutki działań), braku lub nadmiaru sprzecznych informacji (tzw. chaosu informacyjnego), skróconego procesu decyzyjnego. Podejmowanie decyzji w sytuacji nieustannego deficytu czasowego jest szczególnie trudne. Nieodłącznym elementem takich sytuacji jest pojawiający się stres, tym większy, im na mniejszej ilości przesłanek jest oparty proces decyzyjny. Każda nieprawidłowa decyzja może mieć konsekwencje zarówno dla zespołu ratowników, jak i dla mienia czy poszkodowanych. Ci, którzy wchodzą do akcji jako pierwsi, muszą szybko uzyskać prawidłową informację gdzie są, co się dzieje, co powinni zrobić, jakie będą konsekwencje działań lub ich braku. Informacja ta powinna być opracowana w sposób obiektywny, bez wpływu dystraktorów i dostarczona z zewnątrz dla zespołu ratowniczego. Zespół ratowniczy powinien być maksymalnie odciążony od konieczności podejmowania złożonych decyzji w miejscu

akcji, ponieważ tak powstające decyzje będą obarczone dużym ryzykiem popełnienia błędu. Dla omawianego systemu optymalnym rozwiązaniem byłby więc zewnętrzny moduł obliczeniowo-analityczny jako narzędzie wsparcia dyspozytora środków ratowniczych generujący w sposób dynamiczny proste, zrozumiałe i zautomatyzowane komunikaty dla zespołów ratowniczych. Obydwa aspekty są ze sobą powiązane i nie można ich rozpatrywać w oderwaniu od siebie. Ze względu na specyfikę i dynamikę akcji ratowniczej, a także środowisko działania katalog możliwych realnych i praktycznych rozwiązań możliwych do zastosowania w komunikacji jest ograniczony. Możliwe do zastosowania są 3 rozwiązania sprzętowe:

- komunikatory głosowe,
- wyświetlacze przeziernie w hełmie,
- wyświetlacze naramienne (stałe/wbudowane).

Inne rozwiązania wymagające dodatkowej uwagi lub absorbujące manualnie ratownika będą nieporęczne i jako takie nie zyskają jego aprobaty, co w konsekwencji doprowadzi do zaniechania ich stosowania oraz bezużyteczności systemu jako całości. Należy też uwzględnić wymagania dotyczące wysokiej odporności środowiskowej zastosowanych rozwiązań sprzętowych.

Planowane zastosowanie wyrobów

Głównym celem zastosowania wyrobów jest wsparcie techniczne procesu ewakuacji eksponatów ze strefy zagrożenia pożarem lub innym zagrożeniem. Użytkownikami tych wyrobów w głównej mierze będą ratownicy i dowodzący akcją. Ponadto system będzie wykorzystywany przez personel obiektu wspomagający lub samodzielnie prowadzący ewakuację.

Właściwości użytkowe wyrobu i metody zastosowane do ich oceny

Poniżej opisano ogólne właściwości użytkowe wyrobów, które będą wykorzystywane do projektowania systemów i metody zastosowane do ich oceny. Stawiając wymagania dla urządzeń, które będą wykorzystywane do projektowania systemów opartych o powyższe założenia, należy uwzględnić:

- 1) wymagania konstrukcyjne,
- 2) wymagania funkcjonalne,
- 3) wymagania techniczne/środowiskowe.

W odniesieniu do wymagań konstrukcyjnych należy przyjąć, iż urządzenia oraz ich poszczególne elementy powinny być wykonane starannie, a ich złożenie zgodne z dokumentacją techniczną i instrukcją technologiczną montażu terminali. Elementy składowe urządzeń powinny być odporne na działanie warunków atmosferycznych. Z kolei same terminale powinny mieć stosowną klasę środowiskową, która zostanie określona przy tworzeniu szczegółowych wymagań dla terminali. Dodatkowo termi-

nale powinny zapewniać stosowny czas pracy urządzenia bez konieczności ich doładowywania w trakcie prowadzenia działań ewakuacyjnych.

W przypadku wymagań funkcjonalnych urządzenia powinny:

- cechować się stosownym czasem odpowiedzi związanym z przetwarzaniem sygnałów/komunikatów przekazywanych np. pomiędzy terminalem KDR¹ a terminalem ratownika,
- zapewnić sygnalizowanie stanów pracy, awarii/uszkodzenia oraz niskiego poziomu akumulatorów,
- charakteryzować się również niezawodnością działania, czyli poprawności funkcjonowania pod dużym obciążeniem systemu operacyjnego,
- zapewniać dwukierunkową transmisję danych celem zapewnienia odpowiedniej komunikacji pomiędzy sobą,
- umożliwiać obsługę w rękawicach, a ich pola obsługi powinny być wyraźnie i czytelne przy różnym oświetleniu z zachowaniem różnego kąta pola widzenia,
- zapewniać możliwość lokalizacji ewakuowanych dóbr w celu sprawnego dotarcia do nich (dotyczy to terminali, a w szczególności tych wykorzystywanych przez ratownika).

W celu określenia wymagań technicznych/środowiskowych należy wyjść od określenia zamierzonego zastosowania systemu czujników, jak również terminali oraz od sposobu wykorzystywania tych urządzeń wraz ze wskazaniem środowiska, w jakim te urządzenia będą wykorzystywane. Zdefiniowano, że warunki pracy będą ciężkie (różne temperatury otoczenia, wpływ wody, działanie pod presją), a środowisko zróżnicowane. W związku z powyższym został zdefiniowany obszar norm badawczych, które mogą mieć zastosowanie do określenia wymagań technicznych/środowiskowych. Wśród tych norm wskazano²:

PN-EN 60068-1 Badania środowiskowe – Część 1: Postanowienia ogólne i wytyczne.

W normie zawarto szereg metod badań środowiskowych oraz ich odpowiednie ostrości narażeń. Opisano różne warunki atmosferyczne pomiarów i prób, opracowanych do oceny zachowania się badanych próbek w przewidywanych warunkach podczas transportu, składowania i użytkowania. Chociaż norma była pierwotnie przeznaczona dla wyrobów elektrotechnicznych jej stosowanie nie ogranicza się wyłącznie do nich i można ją stosować w innych dziedzinach, o ile zachodzi taka potrzeba. Inne metody badań środowiskowych właściwe dla poszczególnych rodzajów wyrobów mogą być zawarte w odpowiednich specyfikacjach. Aby pomóc w opracowaniu wymagań technicznych zawierających odpowiednie próby i ostrości narażeń, podano schemat procesu dostosowywania badań środowiskowych. W normie zawarto szereg jednolitych i odtwarzalnych badań środowiskowych,

¹ Kierujący Działaniami Ratowniczymi.

² www.pkn.pl [dostęp: 24.03.2017 r.].

klimatycznych, dynamicznych oraz kombinowanych, na które przygotowuje się specyfikacje i które są włączone do badań wyrobów. Badania i pomiary wykonuje się w standardowych warunkach atmosferycznych. Metody te opracowano na podstawie dostępnego międzynarodowego doświadczenia i wiedzy inżynierskiej. Opracowano je przede wszystkim, żeby dostarczyć informacji na temat następujących właściwości wyrobów: a) zdolności do działania w określonym zakresie temperatury, ciśnienia, wilgotności, naprężenia mechanicznego lub innych warunkach środowiskowych oraz kombinacji tych warunków; b) zdolności do wytrzymania warunków transportu, składowania i instalacji. Próby w niniejszej normie umożliwiają porównanie właściwości próbek wyrobów. Do oceny jakości lub trwałości użytecznej partii produkcyjnej zaleca się stosować metody prób zgodne z określonym planem badań wrywkowych, który można uzupełniać przez odpowiednie dodatkowe próby, jeśli jest to niezbędne. W celu właściwego przeprowadzenia prób o różnej intensywności warunków środowiskowych niektóre procedury mają wiele stopni ostrości. Różne stopnie ostrości uzyskano przez zróżnicowanie czasu, temperatury, ciśnienia powietrza oraz innych czynników determinujących, oddzielnie lub w kombinacji. Ponieważ zaleca się, by próby i ich stopnie ostrości były opracowane na podstawie rzeczywistych warunków środowiskowych, poza które poszczególne próbki mogą wykraczać, podano zakres i niezbędne etapy procesu dostosowywania prób środowiskowych. Proces dostosowywania prób można wykorzystać do opracowania odpowiednich wymagań dotyczących prób dla poszczególnych badanych obiektów.

PN-EN 60068-2-1 Badania środowiskowe – Część 2-1: Próby – Próba A: Zimno.

Norma dotyczy prób zimna przeznaczonych zarówno dla wyrobów niewydzielających ciepła, jak i dla wyrobów wydzielających ciepło. Przedmiot próby zimna jest ograniczony do określenia przydatności podzespołów, urządzeń lub innych wyrobów do ich użytkowania, transportowania lub składowania w warunkach niskiej temperatury.

PN-EN 60068-2-2 Badania środowiskowe – Część 2-2: Próby – Próba B: Suche gorąco.

Opisano cztery znormalizowane i skoordynowane ze sobą próby, pozwalające na określenie odporności wyrobu na suche gorąco. Podzielono na: próby suchego gorąca dla wyrobów niewydzielających ciepła (Ba i Bb) oraz próby suchego gorąca dla wyrobów wydzielających ciepło (Bc i Bd). Podano opis ogólny każdej próby, opis urządzenia probierczego, ostrości próby, stabilizowanie wstępne, sprawdzanie wstępne, narażanie, stabilizowanie końcowe, sprawdzanie końcowe.

PN-EN 60068-2-6 Badania środowiskowe – Część 2-6: Próby – Próba Fc: Wibracje (sinusoidalne).

Podano metodę badania, która ustala znormalizowaną procedurę mającą na celu sprawdzenie, czy podzespoły, urządzenia lub inne artykuły są zdolne do wytrzymania drgań sinusoidalnych o określonych ostrościach. Próbką jest poddawana wibracjom sinusoidalnym, o zmieniającej się w określonym przedziale częstotliwości lub o stałych częstotliwościach drgań w określonym czasie.

PN-EN 60068-2-75 Badania środowiskowe – Próby – Próba Eh: Próby młotami.

Podano trzy znormalizowane i skoordynowane ze sobą próby pozwalające na określenie odporności wyrobu na uderzenia o określonych ostrościach. Stosuje się je do określania możliwego do przyjęcia poziomu wytrzymałości przy ocenie bezpieczeństwa wyrobów, są przeznaczone w szczególności do badania wyrobów elektrotechnicznych. Próby te polegają na poddaniu wyrobu określonej liczbie uderzeń sprecyzowanych przez ich energię uderzenia i wykonywanych w określonych kierunkach. Obejmuje poziomy energii uderzeń w zakresie od 0,14 dżula do 50 dżuli.

PN-EN 60068-2-78 Badania środowiskowe – Część 2–78: Próby – Próba Cab: Wilgotne gorąco stałe.

Podano metodę badania mającą na celu określenie zdolności wyrobów elektrotechnicznych, podzespołów oraz urządzeń do transportu, składowania i pracy w warunkach wysokiej wilgotności względnej. Podstawowym celem próby jest ukazanie skutków działania na wyrób wysokiej wilgotności, w stałej temperaturze, bez kondensacji, w określonym czasie. Niniejsza próba podaje stopnie ostrości narażania dotyczące wysokości: temperatury i wilgotności oraz czasu trwania narażania. Niniejsza próba może być stosowana zarówno do wyrobów wydzielających ciepło, jak i do wyrobów niewydzielających ciepła. Próbę można stosować do badania małych urządzeń i podzespołów, jak również do badania dużych urządzeń połączonych z urządzeniami znajdującymi się poza komorą klimatyczną.

PN-EN 60529 Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP).

W normie podano system klasyfikacji wskazującej, przy pomocy liter i cyfr, stopień ochrony zapewnianej przez obudowę przed wpadnięciem obcych ciał stałych i wody oraz przed bezpośrednim dotykiem do części czynnych. Norma wymienia także rodzaje badań w celu wykazania indywidualnego stopnia ochrony obudowy. Norma określa stopnie ochrony zapewniane przez obudowę urządzeniom elektrycznym o napięciu znamionowym nie większym niż 72,5 kV.

PN-EN 61000-4-2 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–2: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne.

Określono wymagania odporności i metody badań urządzeń elektronicznych i elektrycznych narażonych na wyładowania elektryczności statycznej, pochodzące bezpośrednio od operatorów urządzeń lub od sąsiednich obiektów.

PN-EN 61000-4-3 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–3: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej.

Określono metody badań i ustalono ciąg poziomów probierczych, umożliwiających wyznaczenie odporności sprzętu elektrycznego i elektronicznego na zaburzenia promieniowane o częstotliwości radiowej.

PN-EN61000-4-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–4: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych – Podstawowa publikacja EMC.

Podano wspólne i odtwarzalne odniesienia do oceny odporności sprzętu elektrycznego i elektronicznego narażonego na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych. Metoda badań udokumentowana w niniejszej części IEC 61000-4 stanowi konsekwentną metodę oceny odporności urządzenia lub systemu na zdefiniowane zjawisko. W niniejszej normie określono: kształt przebiegu napięcia probierczego, szereg poziomów probierczych, wyposażenie pomiarowe, procedury kalibracji i sprawdzania wyposażenia pomiarowego, stanowisko pomiarowe, procedurę badania. Podano wymagania techniczne dotyczące badań wykonywanych w laboratorium i w miejscu zainstalowania urządzenia.

PN-EN61000-4-5 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–5: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na udary.

Dotyczy wymagań odporności sprzętu, metod badań i zakresu zalecanych poziomów probierczych w odniesieniu do udarów o ustalonej polaryzacji, powstających w wyniku przepięć łączeniowych i piorunowych stanów przejściowych. Określono kilka poziomów probierczych odnoszących się do różnych warunków środowiskowych i instalacyjnych. Wymagania te opracowano w celu zastosowania do sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Przedmiotem niniejszej normy jest ustalenie wspólnego odniesienia do oceny odporności sprzętu elektrycznego i elektronicznego, który narażony jest na udary. Metoda badań udokumentowana w niniejszej części IEC 61000 stanowi konsekwentną metodę zapewnienia odporności urządzenia lub systemu na zdefiniowane zjawisko.

PN-EN 61000-4-6 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–6: Metody badań i pomiarów – Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej.

*Niniejsza część IEC 61000 dotyczy wymagań z zakresu odporności urządzeń elektrycznych i elektronicznych na przewodzone zaburzenia elektromagnetyczne pochodzące od urządzeń nadawczych o częstotliwościach radiowych (RF) działających w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 80 MHz. **Urządzenia, które nie mają co najmniej jednego przewodu i/lub kabla (na przykład zasilania sieciowego, linii sygnałowej lub uzziemienia), mogącego sprzęgać urządzenie z zakłócającymi polami RF, są wyłączone z zakresu niniejszej normy.***

PN-EN 61000-4-11 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–11: Metody badań i pomiarów – Odporność na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia.

Opisano ogólne zasady wykonywania badań odporności sprzętu elektrycznego i elektronicznego o prądzie zasilania nieprzekraczającym 16 A na fazę na zaburzenia elektromagnetyczne występujące w sieciach zasilających niskiego napięcia i mające postać

zapadów napięcia, krótkich przerw i zmian napięcia (postanowienia normy nie dotyczą sprzętu zasilanego prądem stałym i prądem przemiennym o częstotliwości 400 Hz). Podano procedury badań odporności, wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i zalecane poziomy probiercze.

PN-EN 50130-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów alarmowych pożarowych, włamaniowych i osobistych.

Niniejsza norma EMC dla grupy wyrobów dotyczy wymagań w zakresie odporności i ma zastosowanie do elementów składowych następujących systemów alarmowych użytkowanych w budynkach i wokół nich, w środowisku mieszkaniowym, handlowym, lekko przemysłowym i przemysłowym: systemy kontroli dostępu do zastosowań ochronnych; systemy transmisji alarmu; systemy CCTV do zastosowań ochronnych; systemy sygnalizacji pożarowej; systemy sygnalizacji napadu; systemy sygnalizacji włamania; systemy alarmowe osobiste. Wymagane badania oraz ostrość prób są takie same dla urządzeń zarówno zamontowanych na stałe, jak i ruchomych oraz przenośnych, stosowanych wewnątrz pomieszczeń i na zewnątrz. Poziomy nie obejmują przypadków ekstremalnych, które mogą wystąpić w niektórych miejscach, jednak ze skrajnie niskim prawdopodobieństwem, lub w miejscach położonych blisko silnych nadajników (np. nadajników radarowych). Zaleca się, aby urządzenia objęte zakresem niniejszej normy były zaprojektowane z założeniem prawidłowego działania w środowisku elektromagnetycznym, w przestrzeni mieszkaniowej, handlowej, lekko przemysłowej i przemysłowej. W szczególności oznacza to zalecenie, aby były one zdolne do działania w zakresie warunków ustalonych przez poziomy kompatybilności elektromagnetycznej dla zmiennych zaburzeń w publicznej sieci zasilającej niskiego napięcia, jak określono w EN 61000-2-2. Podane w niniejszej normie badania odporności dotyczą wyłącznie najbardziej krytycznych zjawisk zaburzących. Dla urządzeń wykorzystujących sygnalizację radiową, sygnalizację w sieciach energetycznych lub dołączonych do publicznej sieci telefonicznej mogą być określone dodatkowe wymagania z innych norm, specyficznych dla tych mediów. W niniejszej normie nie wyszczególniono podstawowych wymagań dotyczących bezpieczeństwa, takich jak ochrona przed porażeniami elektrycznymi, działanie zagrażające bezpieczeństwu, koordynacja izolacji i związane z tym badania dielektryczne

Zakres norm, które mogą mieć zastosowanie do opisywanych elementów, jest bardzo szeroki, jednakże zasadnym jest, aby zostały one wykorzystane do określenia wymagań technicznych/środowiskowych. Poprawność pracy i działania urządzeń będzie tak skuteczna, jak trafne i właściwe będą wymagania postawione tym wyrobom.

2. WYMAGANIA KLIMATYCZNE ORAZ KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ DLA ELEKTRONICZNYCH/ FIZYCZNYCH ELEMENTÓW SYSTEMU

W publikacji przedstawiono poniżej propozycje wymagań klimatycznych oraz kompatybilności elektromagnetycznej dla elektronicznych/fizycznych elementów systemów służących wspomaganie procesów ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach. Wymagania odnoszą się do elementów, które będą wchodziły w skład systemu.

Analiza materiałów poświęconych opracowaniu wymagań techniczno-użytkowych oraz klimatycznych i kompatybilności elektromagnetycznej dla elementów systemu

W ramach prowadzonych badań własnych, konsultacji i wykorzystując doświadczenia zawodowe autorów, wytypowano następujące podstawowe elementy składowe, które są proponowane jako wchodzące w skład budowanego systemu:

- urządzenie prezentacji informacji i komunikacji (takie jak smartfon, tablet, itp.) – urządzenie wykorzystywane przez ratowników (rotę), którzy mają za zadanie ewakuować zagrożone dobra,
- urządzenie prezentacji informacji, komunikacji i nadzoru – urządzenie przeznaczone dla KDR i ułatwiające mu prowadzenie działań ratowniczych,
- urządzenie prezentacji informacji, komunikacji, zarządzania i nadzoru (takie jak komputer) – urządzenie wspomagające pracę muzealnika i niewykorzystywane w warunkach prowadzenia działań ewakuacyjnych,
- urządzenia techniczne systemu (jak serwer, zasilacze, itp.) – komputer stacjonarny z aplikacją serwerową,
- sensor lokalizacyjny – urządzenie mające za zadanie wskazywać aktualne położenie ekip ratowniczych w obiekcie,
- sensor pozycjonujący – urządzenie znajdujące się w/na ewakuowanym obiekcie, wskazuje pozycje ewakuowanego obiektu (eksponatu),
- sensor zewnętrzny – urządzenie wskazujące pozycję ewakuowanego obiektu poza budynkiem,
- miejsce przeznaczone do deponowania ewakuowanych zbiorów (np. wskazany kontener, wydzielone pomieszczenie, itp.) – urządzenie przeznaczone do tymczasowego przechowywania ewakuowanych dóbr muzealnych.

Właściwości użytkowe wyrobu i metody zastosowane do ich oceny

Dla powyższych elementów składowych systemu zostały opracowane propozycje wymagań klimatycznych oraz kompatybilności elektromagnetycznej.

Urządzenie prezentacji informacji i komunikacji

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 1, odpowiednio do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 1. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Badanie	Wymaganie	Metoda badania
Zimno odporność	Temperatura $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco stałe, odporność	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna 93% (+2, -3%) Czas 4 doby	PN-EN 60068-2-78
Uderzenia mechaniczne, odporność	Energia uderzenia $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt 3	PN-EN 60068-2-75
Wibracje sinusoidalne, odporność	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Wilgotne gorąco stałe, wytrzymałość	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna 93% (+2, -3%) Czas 21 dób	PN-EN 60068-2-78
Wibracje sinusoidalne wytrzymałość	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $4,905 \text{ m/s}^2$ ($0,5 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6

Suche gorąco, odporność	Temperatura +75 ±2°C Czas 2 h	PN-EN 60068-2-2
Ochrona przed wodą (stopień ochrony IP) Ochrona przed obcymi ciałami stałymi (stopień ochrony IP)	IP 65	PN-EN 60529
Zmiany napięcia zasilania (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 7 PN-EN 50130-4	p. 7 PN-EN 50130-4
Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy zmiany napięcia (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 8 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-11
Wyładowania elektryczności statycznej (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B) (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 14 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Urządzenie prezentacji informacji, komunikacji i nadzoru

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 2, odpowiednio do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 2. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Badanie	Wymaganie	Metoda badania
Zimno, odporność	Temperatura $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco stałe, odporność	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna 93% (+2, -3%) Czas 4 doby	PN-EN60068-2-78
Uderzenia mechaniczne, odporność	Energia uderzenia $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt 3	PN-EN 60068-2-75
Wibracje sinusoidalne, odporność	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Wilgotne gorąco stałe, wytrzymałość	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna 93% (+2, -3%) Czas 21 dób	PN-EN60068-2-78
Wibracje sinusoidalne, wytrzymałość	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $4,905 \text{ m/s}^2$ ($0,5 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN60068-2-6
Suche gorąco, odporność	Temperatura $+75 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Czas 2 h	PN-EN 60068-2-2

Ochrona przed wodą (stopień ochrony IP) Ochrona przed obcymi ciałami stałymi (stopień ochrony IP)	IP 65	PN-EN 60529
Zmiany napięcia zasilania (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 7 PN-EN 50130-4	PN-EN 50130-4
Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy zmiany napięcia (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 8 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-11
Wyładowania elektryczności statycznej (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B) (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 14 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Urządzenie prezentacji informacji, komunikacji, zarządzania i nadzoru

Z racji, iż urządzenie jest przewidywane jedynie do wykorzystywania jako urządzenie wspomagające i nie będzie miało wpływu na prowadzone działania ewakuacyjne, stwierdzono, iż wymagania klimatyczne oraz środowiskowe nie będą opracowywane.

Urządzenia techniczne systemu

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 3, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 3. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Właściwości	Wymagania	Metody badań
Wygląd zewnętrzny, wymiary, znakowanie	Zgodne z deklaracją producenta	Weryfikacja dokumentacji
Budowa urządzenia	Urządzenie musi składać się z oprogramowania i komponentów sprzętowych wskazanych w dokumentacji dla serwera	Weryfikacja dokumentacji
Funkcjonalność zasilania	Urządzenie powinno pracować min. 9 godzin na zasilaniu awaryjnym	Zgodnie z dokumentacją techniczną producenta
Konstrukcja komponentów sprzętowych urządzenia	Zgodnie z dokumentacją techniczną wyrobu	Weryfikacja dokumentacji
Zakres współpracy	Zapewnienie pełnej współpracy z elementami składowymi systemu	Badania konfiguracji testowej, deklaracja producenta
Wizualizacja stanu wszystkich elementów systemu	Urządzenie musi przedstawiać wizualną informację o stanie wszystkich elementów systemów oraz ich komponentów składowych	Badanie oprogramowania konfiguracji testowej
Monitorowanie zmiennych typu ciągłego	Wymagana jest możliwość generowania alarmów na podstawie przekroczenia progów alarmowych monitorowanych zmiennych typu ciągłego	Badanie konfiguracji testowej, weryfikacja dokumentacji
Zapamiętywanie zdarzeń oraz reakcji na zdarzenia	Zdarzenia oraz reakcje na zdarzenia muszą być zapamiętywane w rejestrze (logu). Wymagana jest możliwość filtracji zdarzeń i reakcji na zdarzenia	Badanie oprogramowania

Właściwości	Wymagania	Metody badań
Wizualizacja obiektów	Wymagana jest obsługa formatów bitmapowych jak i wektorowych	Badanie oprogramowania
Uwierzytelnianie	Do obsługi urządzenia obowiązuje bezwzględny wymóg logowania użytkownika. Hasła muszą być przechowywane na serwerze w postaci zaszyfrowanej. Użytkownik musi mieć możliwość zmiany hasła	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Uprawnienia dostępu do oprogramowania	Wymaga się rozbudowanego poziomów dostępu do urządzenia dla poszczególnych grup użytkowników, ze zróżnicowaniem uprawnień na: brak dostępu, tylko odczyt, edycję, wprowadzanie nowych, kasowanie, z możliwością zróżnicowania uprawnień dostępu do: raportów (historii), procedur alarmowych, planów sytuacyjnych, ustawień ogólnych, otwierania, opracowywania i zamykania zdarzeń alarmowych, zamykania zdarzeń nieopracowanych.	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Praca wielostanowiskowa	Wymagana jest możliwość skonfigurowania urządzenia z wieloma stanowiskami roboczymi	Weryfikacja dokumentacji
Możliwość przekierowania zdarzeń na inne stanowiska robocze	Wymagana możliwość skonfigurowania automatycznego kierowania zdarzeń alarmowych na odpowiednie stanowiska robocze. Dodatkowo wymagana jest możliwość przekazania zdarzenia przez użytkownika. Wymagany jest przy tym mechanizm weryfikacji, czy wybrane stanowisko jest aktywne. Przy przekazywaniu zdarzenia wyświetlane są tylko aktywne stanowiska	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Możliwość kategoryzacji zdarzeń	Wymagana jest możliwość dowolnego ustawiania kategorii zdarzeń. Wymagane jest zróżnicowanie kolorów zdarzeń poszczególnych kategorii	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji

Właściwości	Wymagania	Metody badań
Sposób prezentacji zdarzeń alarmowych	Zdarzenia muszą być prezentowane na liście zdarzeń w jednowierszowej postaci zwięzłej. Musi istnieć możliwość edycji postaci zwięzłej – wymagana jest możliwość wyboru wyświetlanych danych spośród np.: lp., czas i data, nazwa (lokalizacja), zdarzenie, stan obecny, priorytet, kategoria, status	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Kolejność wyświetlania zdarzeń alarmowych	Wymagana jest możliwość ustawienia kolejności wyświetlania zdarzeń alarmowych przynajmniej według np. lp., czasu, zdarzenia, priorytetu, kategorii rosnąco lub malejąco	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Zliczanie i filtrowanie zdarzeń	Wymagane są liczniki zdarzeń oddzielne dla zdarzeń wszystkich kategorii. Musi istnieć możliwość filtrowania widoku zdarzeń na liście alarmów na zdarzenia wybranej kategorii poprzez prostą operację (np. kliknięcie)	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Wyświetlanie zdarzeń alarmowych	Z widoku, w którym prezentowane są tylko zdarzenia wybranej kategorii (widok filtrowany), system musi powracać automatycznie do widoku zdarzeń wszystkich kategorii (widok niefiltrowany) po upływie zadanego czasu lub po wystąpieniu zdarzenia	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Korelacja zdarzeń	Wymagana jest możliwość korelacji zdarzeń i generowania zdarzenia dodatkowego	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Backup i archiwizacja	Możliwość wykonywania backupu online, oraz backupu przyrostowego. Możliwość backupu bazy danych. Możliwość odtworzenia systemu z backupu	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji

Właściwości	Wymagania	Metody badań
Przerwy w komunikacji	Wymagana jest sygnalizacja przerwy komunikacji z każdym elementem systemu poprzez wyświetlenie odpowiedniego komunikatu alarmowego. Uszkodzenie serwera powinno być sygnalizowane na zewnątrz (np. na tablicie)	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Zachowanie urządzenia po resecie w wyniku awarii zasilania lub wymuszonym programowo	Wymagane jest, że urządzenie musi automatycznie powrócić do stanu pracy. Niezbędne składniki oprogramowania (moduły) muszą być uruchamiane automatycznie. Obsługa urządzenia musi odbywać się przez odpowiednie oprogramowanie, które musi uruchamiać się automatycznie po starcie systemu operacyjnego. Ze względów bezpieczeństwa niezbędne jest zalogowanie się operatora	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Zgodność stanów urządzeń systemu z ich reprezentacją w urządzeniu serwerowym po awarii komunikacji	Po ponownym uruchomieniu oprogramowania status elementów systemu (alarmy, uszkodzenia, blokady) musi zostać odczytany automatycznie. Wymagane jest zapewnienie zgodności stanów prezentowanych przez systemy integrowane i urządzenia integrującego	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji
Zimno (odporność)	Temperatura $-5 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco stałe (odporność)	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna $93 \pm 2, -3 \%$ Czas 4 doby	PN-EN 60068-2-78
Wilgotne gorąco stałe (wytrzymałość)	Temperatura $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$, Wilgotność względna $93 \pm 2, -3 \%$ Czas 21 dób	PN-EN 60068-2-78
Uderzenia mechaniczne (odporność)	Energia uderzenia $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt 3	PN-EN 60068-2-75

Właściwości	Wymagania	Metody badań
Wibracje sinusoidalne (odporność)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia 0,1 g Liczba osi 3 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1	PN-EN 60068-2-6
Wibracje sinusoidalne (wytrzymałość)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia 0,5 g Liczba osi 3 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20	PN-EN 60068-2-6
Zmiany napięcia zasilania	p. 7 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 50130-4
Uskoki i krótkie przerwy napięcia zasilania	p. 8 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-11
Wyładowania elektryczności statycznej	p. 9 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-2
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego	p. 10 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-3
Zaburzenia przewodzone indukowane przez pola elektromagnetyczne	p. 11 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-6
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych stanów przejściowych	p. 12 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-4
Udar napięciowy	p. 13 PN-EN 50130-4:2012	PN-EN 61000-4-5
Stopień ochrony obudowy IP	IP 30	PN-EN 60529

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Sensor lokalizacyjny

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 4, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 4. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Suche gorąco (odporność)	Temperatura $+55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Czas 2 h	PN-EN 60068-2-2
Zimno (odporność)	Temperatura $-5 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco cykliczne (odporność)	Dolna wartość temp. $+25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $>95\%$, Górna wartość temp. $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $93 \pm 3\%$, Liczba cykli 2, Czas jednego cyklu 24 h	PN-EN 60068-2-30
Wibracje sinusoidalne (odporność)	Zakres częstotliwości 10+150 Hz Amplituda przyspieszenia $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 g_r$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Wibracje sinusoidalne (wytrzymałość)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $4,905 \text{ m/s}^2$ ($0,5 g_r$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Stopień ochrony obudowy	Wskaźnik powinien spełniać wymagania dla stopnia IP 30	PN-EN 60529
Wyładowania elektryczności statycznej	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej	p. 14 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-6

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zasilanie	Urządzenie powinno zapewnić czas pracy za zasilaniu awaryjnym nie krótszy niż 9 godzin	-

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Łączność/Transmisja sygnałów

- Redundancja łączy transmisji

Do przesyłania sygnałów pomiędzy sensorem lokalizacyjnym a wybranymi elementami systemu powinny być wykorzystywane co najmniej dwa torry transmisji określone jako tor podstawowy i tor dodatkowy, zapewniające ogólną dostępność systemu określoną w tabeli 4.1. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 wg tabeli 4.1. Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2 wg tabeli 4.1. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 4.1. Torry transmisji

Typ łączy pożarowych	Wymagania zgodnie z Załącznikiem D normy PN-EN 50136-1						
	tor transmisji	czas transmisji klasyfikacja D	czas transmisji wartość maksymalna M	czas raportowania T	dostępność klasyfikacja A ^{a)}	zabezpieczenie przed podstawieniem klasyfikacja S	bezpieczeństwo informacji klasyfikacja I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5 ^{b)}	A4 ^{a)}	S1	I0
Typ 2 ^{c)}	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4 ^{a)}	S1	I0

a) Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie torry transmisji.

b) Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.

c) W przypadku wykorzystania analogowej, publicznej, komutowanej sieci telefonicznej (PSTN) mogą być stosowane parametry D2 i M2.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wymagań normy PN-EN 50136-1 (Załącznik D).

- Urządzenia pośredniczące
Dopuszcza się stosowanie urządzeń pośredniczących w transmisji sygnałów, takich jak stacje retransmisji, koncentracji i wzmacniania sygnałów oraz urządzenia telekomunikacyjne stacji rezerwowej.
- Rodzaje wykorzystywanych torów transmisyjnych
Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 5 powinny umożliwiać transmisję dwukierunkową, równoczesną lub naprzemienną. W szczególności powinny umożliwiać potwierdzanie odbioru każdej informacji przesyłanej przez te tory. Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 5 nie mogą być wykorzystywane do celów innych, niż przesyłanie sygnałów pomiędzy wybranymi elementami systemu.

Sensor pozycjonujący

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 5, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 5. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Suche gorąco (odporność)	Temperatura $+75 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Czas 2 h	PN-EN 60068-2-2
Zimno (odporność)	Temperatura $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco cykliczne (odporność)	Dolna wartość temp. $+25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $>95\%$, Górna wartość temp. $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $93 \pm 3\%$, Liczba cykli 2, Czas jednego cyklu 24 h	PN-EN 60068-2-30
Wibracje sinusoidalne (odporność)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyśpieszenia $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 g_r$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Wibracje sinusoidalne (wytrzymałość)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia 4,905 m/s ² (0,5 g _n) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN60068-2-6
Stopień ochrony obudowy	Wskaźnik powinien spełniać wymagania dla stopnia IP 65	PN-EN 60529
Wyładowania elektryczności statycznej	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej	p. 14 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-6
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zasilanie	Urządzenie powinno zapewnić czas pracy za zasilaniu awaryjnym nie krótszy niż 9 godzin	–

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Łączność/Transmisja sygnałów

- Redundancja łączy transmisji

Do przesyłania sygnałów pomiędzy sensorem pozycjonującym a wybranymi elementami systemu powinny być wykorzystywane co najmniej dwa torów transmisji określone jako tor podstawowy i tor dodatkowy, zapewniające ogólną dostępność systemu określoną w tabeli 5.1. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 wg tabeli 5.1. Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2 wg tabeli 5.1. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 5.1. Transmisja sygnałów

Typ łącza pożarowych	Wymagania zgodnie z Załącznikiem D normy PN-EN 50136-1						
	tor transmisji	czas transmisji klasyfikacja	czas transmisji wartość maksymalna	czas raportowania	dostępność klasyfikacja	zabezpieczenie przed podstawieniem klasyfikacja	bezpieczeństwo informacji klasyfikacja
		D	M	T	A ^{a)}	S	I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5 ^{b)}	A4 ^{a)}	S1	I0
Typ 2 ^{c)}	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4 ^{a)}	S1	I0

a) Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie tory transmisji.
b) Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.
c) W przypadku wykorzystania analogowej, publicznej, komutowanej sieci telefonicznej (PSTN) mogą być stosowane parametry D2 i M2.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie normy PN-EN 50136-1 (Załącznik D).

- Urządzenia pośredniczące

Dopuszcza się stosowanie urządzeń pośredniczących w transmisji sygnałów, takich jak stacje retransmisji, koncentracji i wzmacniania sygnałów oraz urządzenia telekomunikacyjne stacji rezerwowej.

- Rodzaje wykorzystywanych torów transmisyjnych

Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 5.1 powinny umożliwiać transmisję dwukierunkową, równoczesną lub naprzemienną. W szczególności powinny umożliwiać potwierdzanie odbioru każdej informacji przesyłanej przez te tory. Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 5.1 nie mogą być wykorzystywane do celów innych, niż przesyłanie sygnałów pomiędzy wybranymi elementami systemu.

Sensor zewnętrzny

Trwałość urządzenia w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych powinna być wykazana poprzez badania trwałości przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 6, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 6. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Suche gorąco (odporność)	Temperatura $+55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Czas 2 h	PN-EN 60068-2-2
Zimno (odporność)	Temperatura $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas 16 h	PN-EN 60068-2-1
Wilgotne gorąco cykliczne (odporność)	Dolna wartość temp. $+25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $> 95\%$, Górna wartość temp. $+40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $93 \pm 3\%$, Liczba cykli 2, Czas jednego cyklu 24 h	PN-EN 60068-2-30
Wibracje sinusoidalne (odporność)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 1 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Wibracje sinusoidalne (wytrzymałość)	Zakres częstotliwości 10–150 Hz Amplituda przyspieszenia $4,905 \text{ m/s}^2$ ($0,5 g_n$) Liczba osi 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi 20 Szybkość zmian częstotliwości 1 oktawa/min	PN-EN60068-2-6
Stopień ochrony obudowy	Wskaźnik powinien spełniać wymagania dla stopnia IP 65	PN-EN 60529
Wyładowania elektryczności statycznej	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej	p. 14 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-6

Właściwości	Wymagania	Sposób wykonania badania wg
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zasilanie	Urządzenie powinno zapewnić czas pracy za zasilaniu awaryjnym nie krótszy niż 9 godzin	–

Źródło: Opracowanie własne na podstawie obowiązujących norm dotyczących badań środowiskowych.

Łączność/Transmisja sygnałów

- Redundancja łączy transmisji

Do przesyłania sygnałów pomiędzy sensorem zewnętrznym a wybranymi elementami systemu powinny być wykorzystywane co najmniej dwa torów transmisji określone jako tor podstawowy i tor dodatkowy, zapewniające ogólną dostępność systemu określoną w tabeli 6.1. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 wg tabeli 6.1. Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2 wg tabeli 6.1. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 6.1. Tory transmisyjne

Typ łączy pożarowych	Wymagania zgodnie z Załącznikiem D normy PN-EN 50136-1						
	tor transmisji	czas transmisji klasyfikacja	czas transmisji wartość maksymalna	czas raportowania	dostępność klasyfikacja	zabezpieczenie przed podstawieniem klasyfikacja	bezpieczeństwo informacji klasyfikacja
		D	M	T	A ^{a)}	S	I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5 ^{b)}	A4 ^{a)}	S1	I0
Typ 2 ^{c)}	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4 ^{a)}	S1	I0

a) Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie tory transmisji.

b) Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.

c) W przypadku wykorzystania analogowej, publicznej, komutowanej sieci telefonicznej (PSTN) mogą być stosowane parametry D2 i M2.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie normy PN-EN 50136-1 (Załącznik D).

- Urządzenia pośredniczące

Dopuszcza się stosowanie urządzeń pośredniczących w transmisji sygnałów, takich jak stacje retransmisji, koncentracji i wzmacniania sygnałów oraz urządzenia telekomunikacyjne stacji rezerwowej.

- Rodzaje wykorzystywanych torów transmisyjnych

Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 6.1 powinny umożliwiać transmisję dwukierunkową, równoczesną lub naprzemienną. W szczególności powinny umożliwiać potwierdzanie odbioru każdej informacji przesyłanej przez te tory. Tory transmisyjne wymienione w tabeli nr 6.1 nie mogą być wykorzystywane do celów innych niż przesyłanie sygnałów pomiędzy wybranymi elementami systemu.

Miejsce przeznaczone do deponowania ewakuowanych zbiorów (np. wyznaczony kontener³ lub inne wydzielone pomieszczenie, itp.)

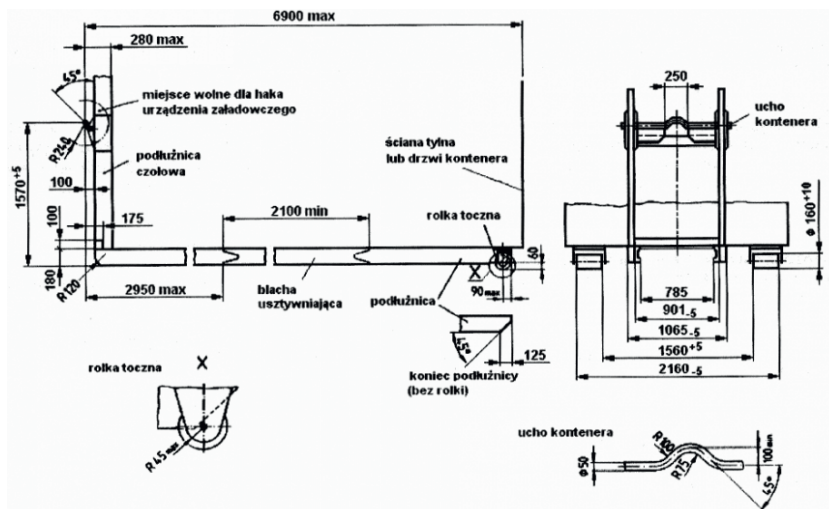
Elementem systemu jest miejsce przeznaczone do zdeponowania ewakuowanych eksponatów, zbiorów. Jednym z możliwych rozwiązań jest adaptacja do tego celu wyznaczonego kontenera. Poniżej przedstawiono podstawowe wymagania dla tego rozwiązania tj. dla samego kontenera. Wymagania te nie określają szczegółowych funkcjonalności i rozwiązań jego funkcjonalności i wyposażenia. Z uwagi na różnorodność możliwych rozwiązań odstąpiono również od formułowania wymagań dla rozwiązań, kiedy jako miejsce do deponowania zbiorów służy wyznaczone pomieszczenie.

Wymiary podstawowe kontenera (gabarytowe oraz połączeniowe z urządzeniem załadowniczym) podano na rycinie nr 1.

Uwaga: Rycina nr 1 zawiera wymiary wspólne dla współpracujących części.

Konstrukcja nie musi odpowiadać przedstawionemu rysunkowi.

³ Sekcja dotyczy cech obiektu w ujęciu zagrożenia pożarem. W tej części potrzebne dane należy zaczerpnąć w Instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego obiektu, planach ewakuacji, książkach obiektu budowlanego ew. opracowaniach PPOŻ wykonanych dla obiektu (np. ekspertyzach pożarowych), projektach budowlanych, projektach urządzeń przeciwpożarowych, dokumentacji technicznej oraz bieżącej oceny funkcjonowania obiektu (np. wskazanie czy obiekt jest nadzorowany - dyżur).



Ryc. 1. Wymiary podstawowe kontenera (gabarytowe oraz połączeniowe z urządzeniem załadownczym)

Źródło: Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu (...) do użytkowania.

Kontenery powinny poprawnie współpracować z nośnikami wykonanymi wg pkt 4.3.4.1 ÷ 4.3.4.3 załącznika do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu (...) do użytkowania (Dz. U. Nr 143, poz. 1002), wprowadzonego rozporządzeniem zmieniającym z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 85, poz. 553). Kontener powinien spełniać wymagania normy PN-EN 1846-2 w zakresie dostępu do sprzętu, skrytek na sprzęt, wyposażenia elektrycznego, urządzeń sterowania i kontroli, wyposażenia dodatkowego, sprzętu ratowniczego przenośnego, odporności na korozję.

Narożniki kontenera powinny być oznaczone pasami biało-czerwonymi.

Kontener powinien być wyposażony w oświetlenie zewnętrzne (światła obrysowe, pozycyjne, odblaskowe, ostrzegawcze niebieskie z tyłu) zgodnie z przepisami krajowymi.

Zasilanie ww. oświetlenia zewnętrznego kontenera powinno być możliwe z sieci pokładowej pojazdu, poprzez połączenie za pomocą jednego z dwóch gniazd wtyczkowych 15-biegunowych, umieszczonych na kontenerze z przodu i z tyłu (rodzaje styków wg pkt 4.3.4.2. załącznika do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu (...) do użytkowania (Dz. U. Nr 143, poz. 1002), wprowadzonego rozporządzeniem zmieniającym z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 85, poz. 553)).

Włączenie światła powinno być możliwe również po odłączeniu od instalacji elektrycznej pojazdu i posadowieniu kontenera na ziemi. W tym celu należy zapewnić własne źródło zasilania.

W przypadku gdy akumulatory stanowią własne źródło zasilania, kontener powinien być wyposażony w zewnętrzne złącze do ładowania akumulatora (-ów) – lokalizacja złącza wg wymagań użytkownika.

Z tyłu kontenera muszą być zamontowane dwie leżące na zewnątrz i niewymagające konserwacji rolki, zapobiegające ocieraniu się o ziemię kontenera lub jego części przy naciąganiu lub zsuwaniu. Rolki muszą być tak skonstruowane, aby ruch kontenera z jednej strony wiszącego jeszcze na urządzeniu załadowniczym, z drugiej strony stojącego już na rolkach na ziemi, możliwy był na długości minimum 100 m. Dopuszczalne obciążenie każdej rolki nie może być mniejsze niż 10 ton.

Ucho zaczepowe w kontenerze wraz z łącznikami powinno wytrzymać obciążenie co najmniej 150 kN. Kontenery przeznaczone do czasowego przebywania w nich osób oraz kontenery jako pomieszczenia sprzętu pobieranego do akcji powinny posiadać oświetlenie własne wewnętrzne i zewnętrzne (oświetlenie pola pracy) zasilane z własnego źródła (źródła) zasilania o napięciu 24 V. Kontenery ze stanowiskami obsługi powinny posiadać oświetlenie elementów sterowania.

Wysokość całkowita kontenera włącznie z szynami prowadzącymi, na których kontener spoczywa na urządzeniu załadowniczym, powinna wynosić najwyższej 2500 mm.

Konstrukcja kontenera powinna zapewnić prawidłową jego obsługę przy ustawieniu kolejno na blokach o wysokości:

- 100 mm – pod prawą/lewą podłużnicą z przodu,
- 200 mm – pod prawą/lewą rolką z tyłu.

Elementy sterowania drzwi, szuflad wysuwanych i klap muszą być łatwo dostępne, gdy kontener jest w stanie zsuniętym.

Wyposażenie kontenera musi być zabezpieczone przed przemieszczaniem się w czasie jazdy oraz podczas zdejmowania/nakładania na nośnik. Ciecze przewożone w zbiorniku należy zabezpieczyć przed wylewaniem.

Wysokość całkowita wewnątrz kontenera przeznaczonego do przebywania w nim osób powinna wynosić co najmniej 2000 mm.

Tabliczka dla kontenera powinna zawierać, co najmniej następujące informacje:

- nazwę producenta,
- typ kontenera,
- rok produkcji,
- numer fabryczny,
- ciężar pustego kontenera w kg,
- nośność kontenera w kg,
- pojemność nominalną w m³.⁴

⁴ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu (...) do użytkowania.

3. OPACOWANIE WYMAGAŃ TECHNICZNO-UŻYTKOWYCH DLA ELEKTRONICZNYCH/FIZYCZNYCH ELEMENTÓW SYSTEMU

Poniżej autorzy wskazali wymagania techniczno-użytkowe dla elektronicznych/fizycznych elementów systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach. Wymagania techniczno-użytkowe dotyczą przede wszystkim wymagań funkcjonalnych, jakie powinny zostać spełnione przez te elementy w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, tj. takich warunków, które będą występować w czasie pożaru, katastrofy budowlanej, zalania wodą, itp.

Urządzeniami ogólnie dostępnymi, wyposażonymi w rozwiązania technologiczne, które mogą być wykorzystywane do wsparcia działań ewakuacyjnych mogą być:

- urządzenia do prezentacji informacji i komunikacji,
- urządzenia do prezentacji informacji, komunikacji, zarządzania, nadzoru,
- czujniki lokalizacyjne,
- czujniki pozycjonujące.

Minimalne wymagania techniczno-użytkowe dla poszczególnych elementów systemu przedstawiono poniżej.

URZĄDZENIA DO PREZENTACJI INFORMACJI I KOMUNIKACJI

Przedmiot i zakres wymagań

Poniżej przedstawiono wymagania techniczno-użytkowe w zakresie badań funkcjonalnych dla urządzenia (np. smartfonu), wchodzącego w skład systemu. Urządzenie to przeznaczone jest dla ratowników prowadzących ewakuację.

Podział i oznaczenia

Urządzenie stanowi część składową systemu.

Wymiary główne

Wymiar (przekątna) ekranu dotykowego ze szkła o wysokiej odporności, nie mniejsza niż 5.5".

Znakowanie

Urządzenie powinno posiadać następujące oznaczenia:

- nazwę lub znak fabryczny producenta,
- oznaczenia typu urządzenia lub inne jednoznaczne oznakowanie,
- datę produkcji lub jej kod,
- stopień ochrony IP zgodny z PN-EN 60529.

Oznaczenie powinno być wykonane trwale, na materiale niepalnym.

Specyfikacja urządzenia

Urządzenie wchodzące w skład systemu powinno charakteryzować się następującymi minimalnymi parametrami:

- bluetooth nie niższy niż 4.1 z pełnym wsparciem dla BLE Beacon,
- czytnik NFC,
- Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac,
- akcelerometr, żyroskop, kompas,
- pamięć RAM nie mniejsza niż 3 GB,
- pamięć wewnętrzna nie mniejsza niż 32 GB,
- system operacyjny Android co najmniej 6.0,
- brak simlocka (z wsparciem 3G i LTE).

Konstrukcja

Wykonanie

Obudowa urządzenia powinna być trwała. Wskaźniki oraz elementy służące do obserwacji i manipulowania (fizycznego użycia) urządzeniem przez jego użytkownika powinny być trwałe i czytelne, określające w sposób zrozumiały ich przeznaczenie.

Ekran urządzenia oraz odpowiednie jego przyciski powinny umożliwiać jego obsługę w typowych rękawicach roboczych (bez względu, czy urządzenia te będą obsługowe, czy bezobsługowe), będących na wyposażeniu strażaka.

Wymagania funkcjonalne

Wymagania ogólne

Spełnienie przez urządzenie wymagań funkcjonalnych powinno być potwierdzone stosownym dokumentem.

Ogólne wymagania dotyczące sygnalizacji

Wyświetlanie stanów pracy

Urządzenie jako element systemu powinno być zdolne do jednoznacznego sygnalizowania i wizualizacji:

- miejsca lokalizacji sensorów pozycjonujących w obiekcie budowlanym z dokładnością do $\pm 0,20$ m,
- miejsca lokalizacji w obiekcie budowlanym strażaka (osoby), wyposażonego w smartfon, z dokładnością do $\pm 1,0$ m,
- kierunków przejść i dojść do zlokalizowanego obiektu zabytkowego z każdego miejsca obiektu,
- stanu uszkodzenia smartfona sygnalizowanego w tablecie, wchodzącego w skład systemu,
- stanu (jakości) połączenia z tabletem, sygnalizowanego dodatkowo w tablecie (lub komputerze), wchodzącego w skład systemu.

Wyświetlanie komunikatów

Wskazania na ekranie urządzenia powinny być czytelne z odległości 0,8 m przy natężeniu oświetlenia od 5 do 500 lx pod kątem mniejszym niż:

- 22,5° w płaszczyźnie poziomej,
- 15° w płaszczyźnie pionowej,

względem linii prostopadłej do powierzchni wyświetlacza.

Wszystkie obowiązkowe wskazania powinny być łatwo identyfikowalne oraz przedstawiane w języku polskim.

Dodatkowa sygnalizacja

Dodatkowa sygnalizacja nie powinna zakłócać komunikatów podawanych przez sygnalizację obowiązkową oraz nie powinna być z nimi sprzeczna.

Sygnalizacja akustyczna

Minimalny poziom dźwięku informującego o wszelkich ostrzeżeniach, mierzonego w warunkach bezechowych z odległości 1 m, przy zamkniętych jakichkolwiek drzwiach, powinien wynosić nie mniej niż 60 dB (A).

Zasilanie energią

Urządzenie powinno mieć zapewnioną widzialną sygnalizację poziomu stanu naładowania baterii za pomocą wskaźnika świetlnego i akustycznego.

Urządzenie na zasilaniu z baterii powinno prawidłowo działać przez okres co najmniej 6 godzin przy włączonym wyświetlaczu.

Stan uszkodzenia

W przypadku uszkodzenia urządzenia powinny być spełnione następujące wymagania:

- a) uszkodzenie powinno być sygnalizowane w sposób optyczny za pomocą ogólnego wskaźnika uszkodzenia i wskaźnika świetlnego. Wskazania te nie powinny być maskowane przez żaden inny stan funkcjonalny i powinny pozostawać aż do ręcznego skasowania i/lub innego działania ręcznego,
- b) uszkodzenie powinno być sygnalizowane akustycznie; sygnalizacja ta może być odłączalna,
- c) stan uszkodzenia powinien być dodatkowo sygnalizowany w tablecie (lub komputerze) wchodzącym w skład systemu.

URZĄDZENIA DO PREZENTACJI INFORMACJI, KOMUNIKACJI, ZARZĄDZANIA I NADZORU**Przedmiot i zakres wymagań**

Przedmiotem poniższych wymagań techniczno-użytkowych w zakresie badań funkcjonalnych jest urządzenie do prezentacji informacji i komunikacji, a także zarządzania i nadzoru (jak tablet), wchodzące w skład systemu. Przeznaczone jest ono dla kierownika działań ratowniczych.

Podział i oznaczenia

Urządzenie stanowi część składową systemu.

Wymiary główne

Wymiar (przekątna) ekranu dotykowego nie mniejsza niż 9,6".

Znakowanie

Urządzenie powinno posiadać następujące oznaczenia:

- nazwę lub znak fabryczny producenta,
- oznaczenia typu urządzenia lub inne jednoznaczne oznakowanie,
- datę produkcji lub jej kod,
- stopień ochrony IP zgodny z PN-EN 60529

Oznaczenie powinno być wykonane trwale, na materiale niepalnym.

Specyfikacja urządzenia

Urządzenie wchodzące w skład systemu powinno charakteryzować się następującymi minimalnymi parametrami:

- bluetooth minimum 4.1 z pełnym wsparciem dla BLE Beacon,
- czytnik NFC,
- Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac,
- akcelerometr, żyroskop, kompas
- pamięć RAM nie mniejszy niż 3 GB,
- pamięć wewnętrzna nie mniejsza niż 32 GB,
- system operacyjny Android co najmniej 6.0.
- modem GSM z wsparciem 3G i LTE (bez simlocka).

Konstrukcja

Wykonanie

Obudowa urządzenia powinna być trwała oraz zabezpieczona przed niepożądanym dostępem do jej wnętrza.

Wskaźniki oraz elementy służące do obserwacji i manipulowania (fizycznego użycia) urządzeniem przez jego użytkownika powinny być trwałe i czytelne, określające w sposób zrozumiały ich przeznaczenie.

Wymagania funkcjonalne

Wymagania ogólne

Spełnienie przez urządzenie wymagań funkcjonalnych powinno być potwierdzone stosownym dokumentem.

Ogólne wymagania dotyczące sygnalizacji

Wyświetlanie stanów pracy

Urządzenie, jako element systemu, powinno być zdolne do jednoznacznego sygnalizowania i wizualizacji:

- miejsca lokalizacji w obiekcie budowlanym strażaka (osoby), wyposażonego w smartfon, z dokładnością do $\pm 1,0$ m,
- kierunków przejść i dojść do zlokalizowanego obiektu zabytkowego z każdego miejsca obiektu,
- stanu uszkodzenia smartfona sygnalizowanego w tablicie, wchodzącego w skład systemu,
- stanu (jakości) połączenia ze smartfonem.

Wyświetlanie komunikatów

Wskazania na ekranie urządzenia powinny być czytelne z odległości 0,8 m przy natężeniu oświetlenia od 5 do 500 lx pod kątem mniejszym niż:

- 22,5° w płaszczyźnie poziomej,
- 15° w płaszczyźnie pionowej,

względem linii prostopadłej do powierzchni wyświetlacza.

Wszystkie obowiązkowe wskazania powinny być łatwo identyfikowalne oraz przedstawiane w języku polskim.

Dodatkowa sygnalizacja

Dodatkowa sygnalizacja nie powinna zakłócać komunikatów podawanych przez sygnalizację obowiązkową oraz nie powinna być z nimi sprzeczna.

Sygnalizacja akustyczna

Minimalny poziom dźwięku informującego o wszelkich ostrzeżeniach, mierzonego w warunkach bezechowych z odległości 1 m, przy zamkniętych jakichkolwiek drzwiach, powinien wynosić nie mniej niż 60 dB (A).

Zasilanie energią

Urządzenie powinno mieć zapewnioną widzialną sygnalizację poziomu stanu naładowania baterii za pomocą wskaźnika świetlnego i akustycznego. Urządzenie przy zasilaniu z baterii powinno zapewnić czas pracy co najmniej 9 godzin.

Stan uszkodzenia

W przypadku uszkodzenia urządzenia powinny być spełnione następujące wymagania:

- uszkodzenie powinno być sygnalizowane w sposób optyczny za pomocą ogólnego wskaźnika uszkodzenia i wskaźnika świetlnego; wskazania te nie powinny być maskowane przez żaden inny stan funkcjonalny i powinny pozostawać aż do ręcznego skasowania i/lub innego działania ręcznego,
- uszkodzenie powinno być sygnalizowane akustycznie; sygnalizacja ta może być odłączalna,
- stan uszkodzenia powinien być dodatkowo sygnalizowany w tablicie (lub komputerze) wchodzącym w skład systemu.

SENSOR POZYCJONUJĄCY

Przedmiot i zakres – sensor pozycjonujący

Przedmiotem niniejszych wymagań techniczno-użytkowych jest sensor pozycjonujący, wchodzący w skład systemu. Głównym zadaniem sensora jest wskazywanie pozycji ewakuowanego obiektu.

Podział i oznaczenia

Sensor pozycjonujący stanowi część składową systemu.

Znakowanie

Urządzenie powinno posiadać następujące oznaczenia:

- nazwę lub znak fabryczny producenta,
- oznaczenia typu urządzenia lub inne jednoznaczne oznakowanie,
- datę produkcji lub jej kod,
- stopień ochrony IP zgodny z PN-EN 60529.

Oznaczenie powinno być wykonane trwale, na materiale niepalnym.

Specyfikacja sensora pozycjonującego

Sensor pozycjonujący, wchodzący w skład systemu, powinien charakteryzować się następującymi minimalnymi parametrami:

- zakresem pracy w częstotliwości 2400÷2483 MHz,
- obecnością rezerwowego źródła zasilania (baterii).

Konstrukcja

Sensor pozycjonujący powinien zawierać źródło światła (np. diodę LED), która sygnalizuje stan alarmowania sensora. Wykonanie poszczególnych elementów sensora powinno być staranne, a jego złożenie zgodne z dokumentacją techniczną.

Funkcjonalność

W celu potwierdzenia prawidłowego zadziałania sensora należy, w sposób zgodny ze specyfikacją producenta, uaktywnić próbkę i dokonać właściwych oględzin.

Sygnalizowanie sensora pozycjonującego

Sensor powinien sygnalizować świeceniem ciągłym lub przerywanym stan alarmowania. Sprawdzenie sygnalizowania sensora należy wykonać, podłączając sensor do zasilacza z ograniczeniem prądu do 20 mA (lub innej wartości podanej przez producenta).

Widoczność wskaźnika sensora

Wskaźnik zasilany prądem odniesienia, przy natężeniu oświetlenia tła do 500 lx, powinien być widoczny z odległości nie mniejszej niż 6 m bezpośrednio przed wskaźnikiem.

SENSOR LOKALIZACYJNY

Przedmiot i zakres procedury – sensor lokalizacyjny

Przedmiotem niniejszych wymagań techniczno-użytkowych jest sensor lokalizacyjny, wchodzący w skład systemu. Głównym zadaniem sensora jest wskazywanie pozycji ewakuowanego obiektu.

Podział i oznaczenia

Sensor lokalizacyjny stanowi część składową systemu.

Znakowanie

Urządzenie powinno posiadać następujące oznaczenia:

- nazwę lub znak fabryczny producenta,
- oznaczenia typu urządzenia lub inne jednoznaczne oznakowanie,
- datę produkcji lub jej kod,
- stopień ochrony IP zgodny z PN-EN 60529.

Oznaczenie powinno być wykonane trwale, na materiale niepalnym.

Specyfikacja sensora lokalizacyjnego

Sensor lokalizacyjny, wchodzący w skład systemu, powinien charakteryzować się następującymi minimalnymi parametrami:

- zakresem częstotliwości 2400...2483 MHz,
- zakresem temperaturowym 0°C...+60°C,
- zakresem temperaturowym przechowywania -10°C...+70°C,
- obecnością rezerwowego źródła zasilania (baterii).

Konstrukcja

Sensor lokalizacyjny powinien zawierać źródło światła koloru czerwonego (np. diodę LED), która sygnalizuje stan alarmowania sensora. Wykonanie poszczególnych elementów sensora powinno być staranne, a jego złożenie zgodne z dokumentacją techniczną.

Funkcjonalność

W celu potwierdzenia prawidłowego zadziałania sensora należy, w sposób zgodny ze specyfikacją producenta, uaktywnić próbkę i dokonać właściwych oględzin.

Sygnalizowanie sensora pozycjonującego

Sensor powinien sygnalizować świeceniem ciągłym lub przerywanym stan alarmowania.

Sprawdzenie sygnalizowania sensora należy wykonać, podłączając sensor do zasilacza z ograniczeniem prądu do 20 mA (lub innej wartości podanej przez producenta) lub do wyjścia czujki.

Widoczność wskaźnika sensora

Sensor zasilany prądem odniesienia, przy natężeniu oświetlenia tła do 500 lx, powinien być widoczny z odległości nie mniejszej niż 6 m bezpośrednio przed wskaźnikiem.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie prowadzonych badań własnych, a także doświadczenia zawodowego i specjalizacji autorów w określaniu wymagań dla wyrobów budowlanych stosowanych w ochronie przeciwpożarowej opracowano powyższe wymagania funkcjonalne, techniczne i środowiskowe dla poszczególnych elementów systemu, który w przyszłości mógłby być wykorzystywany przez jednostki straży pożarnej jako narzędzie wspierające ewakuację zbiorów. Wymagania ograniczają się do głównych funkcjonalności systemu. Ich uszczegółowienie jest możliwe dla już konkretnych zaprojektowanych i wyprodukowanych systemów. Wymagania te są niezbędne dla osiągnięcia zakładanych funkcjonalności, minimalnej niezawodności oraz przydatności zestawu wyrobów w ramach ich zakładanego zastosowania. Mogą one zostać wykorzystane w przypadku uznania potrzeby zmian w regulacjach prawnych w celu przyjęcia rozpatrywanych systemów za wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, które są wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych.

Na potrzeby wdrażania takich rozwiązań na rzecz ochrony przeciwpożarowej należy opracować szczegółowe zasady eksploatacji elementów systemu, w tym kontroli stanu technicznego, serwisowania i utrzymania go w gotowości do użycia. Należy ponadto opracowywać każdorazowo scenariusze możliwych pożarów projektowych dla stref pożarowych, w których planowane jest zastosowanie opisywanego systemu wspomagania ewakuacji zbiorów podlegających szczególnej ochronie. W oparciu o te scenariusze będzie możliwe przeprowadzanie ćwiczeń praktycznych z zastosowaniem systemu, które powinny być przeprowadzane systematycznie. Przyczyni się to do poprawy poziomu przygotowania służb ratowniczych do skutecznego prowadzenia ewakuacji dóbr w razie pożaru lub innego zdarzenia zagrażającego zbiorom muzealnym.

Stworzono kompleksowy zbiór wymagań, jakie powinien spełniać stosowany docelowo w praktyce system, a wymagania te mogą być zaadaptowane do stosownych aktów wykonawczych. Przedstawione warunki techniczno-użytkowe dla ww. elektronicznych/fizycznych elementów, wchodzących w skład systemu, powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby oprócz spełnienia wymagań funkcjonalnych również zapewniały akceptowalny poziom bezpieczeństwa osobom wchodzących w skład ekip ratowniczych – w czasie trwania ewakuacji zbiorów muzealnych, prowadzonej podczas pożaru lub innego miejscowego zdarzenia występującego w obiekcie, w którym te zbiory się znajdują.

Biorąc powyższe pod uwagę, projektowany system powinien uwzględnić konieczność zapewnienia pełnej funkcjonalności urządzeń w warunkach rzeczywistego pożaru lub innego miejscowego zdarzenia, z uwzględnieniem w szczególności występowania: dużego zadymienia, ograniczonej widoczności, wysokiej temperatury i wilgotności oraz wytrzymałości mechanicznej, jak również panujących często w obiekcie specyficznych warunków ewakuacji, takich jak np. liczba wyjść ewakuacyjnych, ich lokalizacji oraz długości dojsć i przejść ewakuacyjnych. Wykorzystanie systemu w warunkach rzeczywistych nie powinno utrudniać prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych i nie może absolutnie obniżyć poziomu bezpieczeństwa ekip ratowniczych. Docelowo należy rozważyć, czy zagadnienie dotyczące zastosowania w ochronie przeciwpożarowej poszczególnych elementów dla takich systemów, które powinny służyć zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu, a także do prowadzenia działań ratowniczych, wymaga wprowadzenia przedmiotowych elementów do stosowania wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania. Analogicznego doprecyzowania wymaga zagadnienie dotyczące zasad oraz częstotliwości poddawania przeglądowi technicznemu i czynnościom konserwacyjnym wszystkich elementów składowych systemu.

PROGRAM CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH I ZABYTKOWYCH

WPROWADZENIE

Certyfikacja i dopuszczenia wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej należą do działań prewencyjnych wynikających z obowiązujących przepisów prawa – odpowiednio polskich i unijnych. Dotyczą one wykazu wyrobów mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych i wykorzystywanych do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Wybrane wyroby, których właściwości czy funkcjonalności (w przypadku zestawów wyrobów, systemów) uznano za szczególnie ważne dla zapewnienia właściwych warunków ochrony przeciwpożarowej, przed ich zastosowaniem lub wprowadzeniem do użytkowania podlegają obowiązkowej ocenie zgodności (badaniom pobranych próbek wyrobów, ocenie zakładowej kontroli produkcji i/lub warunków techniczno-organizacyjnych producenta wyrobu, procesowi certyfikacji/ dopuszczenia). Wyroby te w okresie ważności certyfikacji/dopuszczenia podlegają nadzorowi. Nadzór prowadzony jest poprzez badania kontrolne (planowane i doraźne) i ocenę w nadzorze zakładowej kontroli produkcji u producentów wyrobów. Dla tych wyrobów realizowane są konkretne opisane w przepisach prawa programy certyfikacji. Cele stosowania oceny zgodności wyrobów określić można zatem jako:

- potwierdzenie oczekiwanych parametrów wyrobów (wynikających z zakresu stosowania),
- możliwość realizacji celów ochronnych w ochronie przeciwpożarowej (zdrowie, życie, mienie, ciągłość działania)¹,

¹ Ocena zgodności, rozumiana jako badania, certyfikacja, dopuszczenia jest narzędziem. W przedmiotowym zakresie służy ona potwierdzaniu właściwości oczekiwanych, cech czy funkcjonalności wyrobów, a także jakości i poprawności usług czy w końcu kompetencji personelu. Jest to narzędzie stosowane powszechnie i chętnie. Certyfikacja funkcjonuje zarówno w obszarze regulowanym przepisami prawa (na ich podstawie jest realizowana), jak również w obszarze dobrowolności (dobrowolna umowa stron). Celem jest zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego. Narzędziem do jego zapewnienia jest m.in. ocena zgodności, czyli potwierdzenie przez niezależną jednostkę spełnienia wymagań.

Cele ochronne – cele ochrony przeciwpożarowej

W naukowej dyskusji dotyczącej skuteczności systemu ochrony przeciwpożarowej konieczne jest przybliżenie celów ochronnych. Działania ochrony przeciwpożarowej (prewencyjne, profilaktyka i edukacja społeczna, a także ratownicze), które stanowią jej „filary” (w rozumieniu rozróżnianych działań powiązanych ze sobą) służą osiągnięciu określonych celów. Najważniejszym z nich jest ochrona życia i zdrowia. Inne to ochrona mienia i środowiska. Cele te wynikają formalnie z zapisów ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Kolejność tych celów ochronnych nie jest przypadkowa. Absolutnym priorytetem jest ochrona życia i zdrowia, a ochrona mienia i środowiska jest ważnym celem, ale stawianym w drugiej kolejności. Czy można jednak mówić o ich rozłączności?

- możliwość prowadzenia działań ratowniczych, zapewnienie bezpieczeństwa ratowanych i ratowników².

Ocena zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej to obecnie niezwykle ważny element (fundament) prewencyjnego działania dla bezpieczeństwa pożarowego. Eliminacja wyrobów niezgodnych i tych niewiadomego pochodzenia jest kluczowa dla skuteczności rozwiązań ochrony przeciwpożarowej. Osiąganie celu, jakim jest pewność i niezawodność, a także uzyskiwanie określonych funkcjonalności nie jest możliwe bez weryfikacji parametrów, właściwości i charakterystyk wyrobów przed ich zastosowaniem. Obowiązkowa ocena zgodności w tym zakresie jest podstawą dla zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego.

Niezależnie od potwierdzenia i zaufania do właściwości stosowanych wyrobów, ważne jest również poprawne zaprojektowanie, zainstalowanie i eksploatacja technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych. Certyfikacja usług³ firm świadczących specjalistyczne usługi (projektowania, instalowania i konserwacji w ochronie przeciwpożarowej) to dobrowolna (nieregulowana przepisami prawa) ocena zgodności tych działań (usług). W procesie dobrowolnej certyfikacji usługodawców ocenia się ich zdolność i zasoby do właściwego projektowania, instalowania i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych⁴.

Zaufanie do wdrożonych rozwiązań w zakresie ochrony przeciwpożarowej opiera się głównie na obligatoryjnym potwierdzeniu, czyli certyfikacji/dopuszczeniu deklarowanych właściwości wyrobów. Coraz częściej jednak dobrowolna certyfikacja⁵ jakości usług, w tym kompetencji personelu, poprawności zaprojektowania, wykonania i działania instalacji jest oczekiwaniem rynkowym. Dobrowolna certyfikacja podmiotów świadczonych usług w zakresie projektowania, wykonywania i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych, a także certyfikacja instalacji w obiektach to kolejne kroki w doskonaleniu rozwiązań ochrony przeciwpożarowej⁶. Coraz częściej również w praktyce znaczenia nabiera pytanie o kompleksowe potwierdzenie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych. Certyfikacja obiektów budowlanych

² W odniesieniu do sprzętu i wyposażenia straży pożarnej, głównym celem podawania go ocenie zgodności jest zapewnienie:

- bezpieczeństwa ratowanych i ratowników,
- niezawodności, ergonomii wyrobów, kompatybilności, standaryzacji,
- ich przydatność do stosowania w ochronie przeciwpożarowej w ramach prowadzenia działań ratowniczych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej.

³ Certyfikacja usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej to ocena firm w zakresie możliwości świadczenia usług polegających na projektowaniu, instalowaniu i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych i technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych.

⁴ Szerzej czytaj w monografii: J. Zboina, P. Gancarczyk, *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2016.

⁵ J. Zboina, G. Mroczko, *Dobrowolna ocena wyrobów prowadzona przez polskie i europejskie jednostki BİTP*. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza Safety & Fire Technique BİTP Vol. 40 Issue 4, 2015, str. 81–90.

⁶ Informacja o zakresie prowadzonej przez CNBOP-PIB certyfikacji wyrobów, usług, instalacji i bezpieczeństwa pożarowego obiektów dostępna na stronie internetowej www.cnbop.pl.

w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w warunkach polskich to nadal jednak rzadkość. Badania własne przez autorów, jak również praktyka zawodowa i doświadczenie w zakresie oceny zgodności pozwoliły przygotować w tym zakresie konkretne propozycje, które przedstawiono w poniższym rozdziale. W proponowanych zasadach (dobrowolnym programie) certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych wskazano wymagania stawiane tym obiektom oraz sposób i kryteria oceny ich spełnienia. Certyfikacja bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych kierowana również do obiektów muzealnych i zabytkowych znajduje się w aktualnej ofercie CNBOP-PIB, które wdrożyło zasady, procedury, kryteria oceny na potrzeby certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych.

1. WYMAGANIA W PROCESIE CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH

Podstawą w procesie certyfikacji są wymagania. Określa je wskazany, konkretny (często specjalnie opracowany) dokument odniesienia. Są nim najczęściej normy, dokumenty normatywne, inne dokumenty i opracowania. Wymagania, które uznano za konieczne do oceny w procesie certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego specyficznych obiektów, jakimi są obiekty muzealne, w tym te zabytkowe, opracowano na podstawie prowadzonych badań, audytów zrealizowanych w obiektach muzealnych, wizji w takich obiektach, prowadzonych ankiet i szczegółowych analiz literatury przedmiotu. Opracowany zbiór wymagań uwzględniający występujące aspekty techniczne i organizacyjne w obiektach zabytkowych opublikowano w książce CNBOP-PIB pt. *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*⁷. Wymagania te zweryfikowano w praktyce, dokonując oceny, audytów w wybranych obiektach muzealnych. Audyty bezpieczeństwa pożarowego zgodnie z tymi wymaganiami w obiektach muzealnych miały charakter pilotażowy i pozwoliły na potwierdzenie poprawności i kompletności sformułowanych wymagań. Postawione wymagania w trakcie audytu podlegają sprawdzeniu. Na potrzeby prac audytorów wymagania zawarto we właściwym tej kategorii obiektów kwestionariuszu. Prezentuje on aspekty techniczne i organizacyjne w zakresie ochrony przeciwpożarowej podlegające weryfikacji. Szczegółowa ocena poszczególnych wymagań stanowi podstawę do sformułowania wniosków końcowych z oceny (pozytywnej lub negatywnej). Poza zbiorem wymagań na potrzeby oferowania i prowadzenia certyfikacji obiektów w zakresie bezpieczeństwa pożarowego potrzebny jest specjalnie opracowany program certyfikacji. Prowadzone dalsze badania własne, prace wdrożeniowe, wykonane oceny w istniejących i użytkowanych muzeach i sformułowane na tej podstawie wnioski w odniesieniu do zaproponowanego pierwotnie programu certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego tych obiektów pozwoliły na jego dopracowanie. Na tej podstawie przyjęto i wdrożono program certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego obiektów muzealnych CNBOP-PIB umożliwiających dla ich właścicieli lub zarządców uzyskanie certyfikatu potwierdzającego akceptowalny poziom bezpieczeństwa na podstawie oceny warunków ochrony przeciwpożarowej.

Szczegółowo przebieg procesów, założenia, analizę rozwiązań w wybranych państwach przedstawiono na podstawie wyników badań własnych w publikacji CNBOP-PIB pt. *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*⁸. Poniżej przedstawiono wybrane, najistotniejsze informacje dotyczące certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego w obiektach muzealnych.

⁷ J. Zboina (red.), *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2017.

⁸ J. Zboina, P. Gancarczyk, *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2016. DOI: 10.17381/2016.1.

Certyfikację w tym zakresie oferuje obecnie Jednostka Certyfikująca Usługi CNBOP-PIB. Prowadzi ona działalność w zakresie:

- certyfikacji podmiotów świadczących usługi w ochronie przeciwpożarowej,
- certyfikacji instalacji (systemów) przeciwpożarowych,
- certyfikacji kompetencji personelu (osób) w ochronie przeciwpożarowej,
- **oceny i weryfikacji bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych,**
- oceny i weryfikacji skuteczności działania instalacji wentylacji pożarowej,
- oceny i weryfikacji próbnych ewakuacji.

Na potrzeby takiego procesu audyt bezpieczeństwa pożarowego dotyczy warunków ochrony przeciwpożarowej występujących w obiekcie, w tym w szczególności warunków techniczno-budowlanych, warunków ewakuacji (zarówno ludzi, jak i zbiorów muzealnych), istniejących zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz przygotowania tego obiektu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Sporządzona ocena istniejących warunków ochrony przeciwpożarowej stanowi podstawę do opiniowania i certyfikacji rozwiązań organizacyjnych i technicznych w obiektach zabytkowych i muzealnych. Prowadzony audyt (wizja lokalna) w poddanym ocenie obiekcie muzealnym powinien uwzględniać występujące aspekty techniczne i organizacyjne, spełnienie wymagań dotyczących ochrony przeciwpożarowej oraz zabezpieczeń przeciwpożarowych, a także następujących zagadnień:

- 1) technicznych** – odnoszących się do warunków ochrony przeciwpożarowej rozpatrywanego obiektu w zakresie występujących warunków techniczno-budowlanych, warunków ewakuacji ludzi, wyposażenia obiektu w wymagane przez przepisy ochrony przeciwpożarowej techniczne środki zabezpieczeń przeciwpożarowych (urządzenia przeciwpożarowe) oraz przygotowania obiektu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, itp.;
- 2) organizacyjnych** – odnoszących się do w szczególności ewakuacji zbiorów oraz przygotowania personelu do realizacji zadań z zakresu ochrony przeciwpożarowej i właściwego postępowania w razie pożaru lub innego miejscowego zagrożenia, które powinny być określone w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego.

Podczas oceny prowadzonej w ramach procesu certyfikacji weryfikuje się spełnienie wymagań na podstawie oceny dokumentacji i wizji lokalnej. W praktyce wykorzystany jest opracowany na potrzeby wykonania ocen obiektów muzealnych kwestionariusz wymagań⁹. Główne jego części to:

⁹ *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, J. Zboina (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2017, s. 169–181. Karta kontrolna zagadnień uwzględniająca występujące aspekty techniczne i organizacyjne w obiektach zabytkowych – do założeń do wytycznych do opiniowania i certyfikacji (wzorzec).

- dane dotyczące obiektu ocenianego,
- I charakterystyka pożarowa (dane ogólne, urządzenia przeciwpożarowe w budynku, ewakuacja, przygotowanie obiektu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych),
- II ocena stanu technicznego urządzeń przeciwpożarowych,
- III ocena końcowa.

Jak ustalono to w wyniku prowadzonych badań, najczęściej stosowanymi i podejmowanymi działaniami technicznymi i organizacyjnymi w tej grupie obiektów, uwzględniającymi wymagania ochrony przeciwpożarowej, są między innymi:

- a) zabezpieczenie konstrukcji drewnianych środkami chemicznymi nadającymi im właściwości pożarowe jako nierozprzestrzeniających ognia,
- b) obudowa elementów łatwopalnych materiałami niepalnymi,
- c) podział obiektu na strefy pożarowe,
- d) eksploatawanie urządzeń technicznych zgodnie z przeznaczeniem i instrukcją obsługi oraz zapewnienie bieżącej ich konserwacji,
- e) zapewnienie badań okresowych instalacji i urządzeń elektrycznych oraz urządzeń grzewczych,
- f) zapewnienie właściwej ochrony odgromowej,
- g) opracowanie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, wdrożenie jej postanowień i skuteczne egzekwowanie ich postanowień. Szczególnie ważne jest wykorzystanie zawartych w instrukcji warunków ochrony przeciwpożarowej wynikających z przeznaczenia, sposobu użytkowania, magazynowania (składowania, przechowywania), warunków technicznych obiektu, itp. na potrzeby planowania, organizacji i prowadzenia działań ratowniczych,
- h) zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji ludzi i mienia, w tym oznakowanie obiektu znakami ewakuacyjnymi; zwrócenie szczególnej uwagi na możliwości i przewidywany sposób ewakuacji zbiorów,
- i) zapewnienie właściwych warunków do prowadzenia akcji gaśniczej przez jednostki straży pożarnej (m.in. wykonanie i utrzymanie drożności dróg pożarowych, zapewnienie wody do zewnętrznego gaszenia pożaru),
- j) przeprowadzanie ćwiczeń w obiekcie w zakresie możliwości ewakuacji ludzi i mienia oraz działań gaśniczo-ratowniczych,
- k) wyposażenie obiektu w: system sygnalizacji pożarowej, system transmisji alarmów pożarowych i sygnałów o uszkodzeniach; stałe urządzenia gaśnicze; gaśnice, hydranty wewnętrzne; inne urządzenia przeciwpożarowe adekwatnie do zagrożeń, zdefiniowanych potrzeb i przyjętych scenariuszy pożarowych.

W związku z powyższym, w procesie certyfikacji rozwiązań organizacyjnych i technicznych obiektów zabytkowych, przedmiotowe zagadnienie zostało ukierunkowane przede wszystkim na wskazanie wymaganych w tej grupie obiektów budowlanych elementów prewencyjnego zabezpieczenia przeciwpożarowego, które powinny być

spełnione w tych obiektach w myśl obowiązujących w Polsce wymagań przepisów techniczno-budowlanych przeciwpożarowych wraz z przygotowaniem tych obiektów do działań ratowniczo-gaśniczych. Równie ważne jest wskazanie działań organizacyjnych, koncentrujących się w szczególności na ewakuacji zbiorów muzealnych na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia. Analiza wyżej wymienionych elementów z wykorzystaniem aktualnej wiedzy, wytycznych, zaleceń i doświadczeń, stanowi podstawę do oceny warunków ochrony przeciwpożarowej występujących w konkretnym obiekcie. Ocena ta jest prowadzona przez niezależną, doświadczoną, stronę trzecią (jednostkę certyfikującą) o określonych kwalifikacjach i kompetencjach.

Jednocześnie uzasadnione jest, iż certyfikacja dotyczy zarówno rozwiązań organizacyjnych, jak i technicznych występujących w tych obiektach. W zakresie stawianych i weryfikowanych wymagań w sposób szczególny (dodatkowy) uwzględniono kwestię ochrony mienia – zbiorów i obiektów zabytkowych.

2. OCENA BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO OBIEKTU

Przeprowadzenie procesu certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego obiektu muzealnego zgodnie z opracowanym i stosowanym przez CNBOP-PIB programem certyfikacji rozpoczyna się od oceny dokumentacji. W trakcie oceny prowadzona jest analiza między innymi:

- dostępnej dokumentacji techniczno-budowlanej i projektowej urządzeń przeciwpożarowych występujących w obiekcie, z uwzględnieniem ekspertyz technicznych dotyczących rozwiązań zamiennych,
- dokumentacji z zakresu obowiązkowej oceny zgodności (certyfikaty, dopuszczenia, itp.) dla zastosowanych wyrobów i urządzeń przeciwpożarowych na potrzeby ochrony przeciwpożarowej obiektu, oraz
- dokumentacji dotyczącej kwalifikacji i kompetencji personelu/podmiotów – firm projektujących, instalujących i konserwujących techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Złożona wraz z wnioskiem dokumentacja jest szczegółowo analizowana i oceniana między innymi w aspekcie wymagań dla zastosowanych wyrobów i urządzeń przeciwpożarowych, kompetencji i kwalifikacji personelu, który wykonał projekty, a także instalacje przeciwpożarowe i je konserwuje. Weryfikacji podlega również sprawność i poprawność działania tych instalacji. Następnie podczas audytu bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie sprawdza się i ocenia w szczególności występujące warunki techniczno-budowlane, warunki ewakuacji (zarówno ludzi, jak i plany i zdolność do ewakuacji zbiorów muzealnych), istniejące zabezpieczenia przeciwpożarowe, zastosowane urządzenia przeciwpożarowe oraz przygotowanie tego obiektu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych.

Ocena przeprowadzona jest w oparciu o specjalnie opracowany kwestionariusz¹⁰, o czym była mowa powyżej. Zakres oceny jest szeroki. Ocena ta ma charakter ekspercki, dlatego przygotowano i wdrożono kryteria oceny, procedury i towarzyszącą im dokumentację, tak aby ocena była wykonywana obiektywnie, powtarzalnie i sprawnie.

Wyniki oceny w procesie certyfikacji (oceny dokumentacji i audytu w obiekcie) wraz ze spostrzeżeniami i wnioskami są szczegółowo przedstawione i zapisywane w raporcie. Pozytywny jego wynik umożliwia udzielenie certyfikacji. Możliwy jest również wynik pozytywny warunkowy. Wówczas w raporcie wskazane są niezgodności i/lub spostrzeżenia, których usunięcie pozwala na zakończenie procesu certyfikacji również wydaniem certyfikatu. Usunięcie ich wymaga działań właściciela, zarządcy. Propozycje rozwiązań technicznych i organizacyjnych umożliwiających docelowo uzyskanie oceny pozytyw-

¹⁰ *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, J. Zboina (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2017, s. 169–181. Karta kontrolna zagadnień uwzględniająca występujące aspekty techniczne i organizacyjne w obiektach zabytkowych – do założeń do wytycznych do opiniowania i certyfikacji (wzorzec).

nej w zakresie spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej dla rozpatrywanego obiektu podlega uzgodnieniom i akceptacji. Wynik negatywny oceny jest podstawą do odmowy wydania certyfikatu w zakresie bezpieczeństwa pożarowego danego obiektu.

Przeprowadzone dotychczas audyty w obiektach muzealnych pozwoliły na sformułowanie niezgodności na przykład w zakresie:

- 1) kwalifikacji i kompetencji osób/firm świadczących usługi w zakresie projektowania, instalowania i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych;
- 2) zapewnienia skutecznego zamknięcia klatek schodowych, a także gwarantowanego napływu powietrza na potrzeby grawitacyjnego systemu oddymiania klatki schodowej;
- 3) sposobu przechowywania dokumentów dotyczących ochrony przeciwpożarowej obiektu oraz organizacji ewakuacji zbiorów na potrzeby prowadzenia działań ratowniczych oraz ewakuacji zbiorów;
- 4) zawartości dokumentacji w zakresie obowiązkowej oceny zgodności dla zainstalowanych urządzeń przeciwpożarowych.

Przeprowadzone dotychczas audyty w obiektach muzealnych pozwoliły także na sformułowanie dodatkowych wniosków dotyczących prowadzenia oceny bezpieczeństwa pożarowego w tych obiektach:

- 1) ważnym elementem bezpieczeństwa pożarowego (w aspekcie ochrony życia i zdrowia ludzi) każdego obiektu budowlanego, a także w odniesieniu do obiektów zabytkowych i muzeów, będących jednocześnie obiektami użyteczności publicznej, jest obowiązek zapewnienia odpowiednich warunków ewakuacji, umożliwiających szybkie i bezpieczne opuszczenie strefy pożarowej objętej pożarem, dostosowanych do liczby i sprawności osób mogących przebywać w obiekcie oraz jego funkcji, konstrukcji i wymiarów, a także zastosowanie odpowiednich technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego;
- 2) innym ważnym elementem wpływającym na stan bezpieczeństwa pożarowego (w aspekcie ochrony mienia, podejmowania samodzielnych działań ratowniczych i gaśniczych, a także współdziałania z PSP) wspomnianych obiektów jest przygotowanie personelu przebywającego w tych obiektach nie tylko do właściwego reagowania na zaniechania porządkowe, czy lekceważenie wymagań ochrony przeciwpożarowej (np. zastawianie dostępu do urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, palenie tytoniu w miejscach niedozwolonych itp.), ale również do podejmowania działań gaśniczych przy pomocy dostępnych urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic oraz udzielania pomocy (w miarę możliwości) osobom poszkodowanym oraz współdziałanie z jednostkami ratowniczo-gaśniczymi;
- 3) ważnym elementem ochrony przeciwpożarowej wspomnianych obiektów (w aspekcie skutecznego prowadzenia działań ratowniczych i gaśniczych, w tym ochrony i ewakuacji zbiorów) jest także przygotowanie jednostek straży pożarnej do prowadzenia w nich działań ratowniczo-gaśniczych;

- 4) do kolejnych ważnych aspektów technicznych podlegających szczegółowej weryfikacji podczas certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie zaliczono:
- a) występujące warunki techniczno-budowlane, tj. zapewnienie odpowiednich warunków ewakuacji, umożliwiających szybkie i bezpieczne opuszczenie strefy pożarowej lub strefy objętej pożarem, dostosowanych do liczby i sprawności osób przebywających w obiekcie oraz jego funkcji, konstrukcji, wymiarów itp. Analizy stanu technicznego w szczególności w odniesieniu do oceny pionowych dróg komunikacji ogólnej w odniesieniu do ich obudowy, zamknięcia drzwiami i zabezpieczenia przed zadymieniem (podstawa do uznania użytkowanego budynku istniejącego za zagrażający życiu ludzi w rozumieniu przepisów przeciwpożarowych),
 - b) ewakuacja ludzi w zakresie:
 - zapewnienia dostatecznej liczby, wysokości i szerokości wyjść ewakuacyjnych,
 - zachowania dopuszczalnej długości, wysokości i szerokości przejść oraz dojść ewakuacyjnych,
 - zapewnienia bezpiecznej pożarowo obudowy i wydzieleni dróg ewakuacyjnych oraz pomieszczeń,
 - zabezpieczenia przed zadymieniem wymienionych w przepisach techniczno-budowlanych dróg ewakuacyjnych, w tym stosowanie urządzeń zapobiegających zadymieniu lub urządzeń i innych rozwiązań techniczno-budowlanych zapewniających usuwanie dymu,
 - zapewnienia oświetlenia awaryjnego (ewakuacyjnego i zapasowego) w pomieszczeniach i na drogach ewakuacyjnych wymienionych w przepisach techniczno-budowlanych,
 - zapewnienia możliwości rozgłaszania sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych przez dźwiękowy system ostrzegawczy w budynkach, dla których jest on wymagany,
 - c) wyposażenie obiektów w techniczne środki zabezpieczeń przeciwpożarowych (urządzenia przeciwpożarowe), wymagane¹¹ przez przepisy ochrony przeciwpożarowej lub w rozwiązania zamiennie, wynikające z odrębnych przepisów, tj.:
 - instalację wodociągową przeciwpożarową z hydrantami (25 lub 52),
 - instalację systemu sygnalizacji pożarowej (SSP) oraz monitoringu pożarowego do Państwowej Straży Pożarowej; dźwiękowy system ostrzegawczy,
 - awaryjne oświetlenie ewakuacyjne,
 - urządzenia do usuwania dymu lub zapobiegające zadymieniu (stanowiące zabezpieczenie dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem),
 - stałe/półstałe urządzenia gaśnicze,

¹¹ Konieczność zastosowania urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie wynikać może także z przypadków, dla których właściwy komendant wojewódzki Państwowej Straży Pożarnej wyraził zgodę na zastosowanie rozwiązań zamiennych, niekiedy pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań w trybie wynikającym z przepisów ustawy o ochronie przeciwpożarowej.

- stałe/półstałe urządzenia gaśnicze gazowe,
 - przeciwpożarowy wyłącznik prądu,
- d) przygotowanie obiektów do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych – dane dotyczące przygotowania obiektu do działań ratowniczo-gaśniczych, sporządzone między innymi na podstawie: instrukcji przygotowania zbiorów do ewakuacji, instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, książek obiektów budowlanych lub innych opracowań z zakresu ochrony przeciwpożarowej, jak również projektów budowlanych oraz bieżących ocen funkcjonowania obiektów, powinny jednoznacznie umożliwić dokonanie oceny przygotowania obiektu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Wyżej wymienione dane powinny dotyczyć w szczególności:
- zapewnienia dróg pożarowych,
 - zaopatrzenia w wodę do zewnętrznego gaszenia,
 - wykorzystania przez PSP urządzeń przeciwpożarowych, w które są wyposażone obiekty,
 - warunków ochrony przeciwpożarowej wynikających z przeznaczenia, sposobu użytkowania, magazynowania (składowania) i warunków technicznych obiektu oraz planów obiektów, obejmujących także ich usytuowanie, oraz terenu przyległego z uwzględnieniem graficznych danych – przekazanych do właściwego komendanta powiatowego (miejskiego) PSP,
 - przeprowadzenia ćwiczeń na obiekcie wymaganych dla obiektów użyteczności publicznej oraz warunków i organizacji ewakuacji ludzi oraz praktycznych sposobów ich sprawdzania,
 - analizy informacji dotyczących ochrony przeciwpożarowej pozyskanych w czasie tzw. czynności odbiorowych (stanowisko PSP w związku z przekazaniem obiektu budowlanego do użytkowania),
 - analizy informacji uzyskanych (protokół, decyzja) w czasie czynności kontrolno-rozpoznawczych prowadzonych przez PSP.
- 5) do kolejnych ważnych aspektów organizacyjnych podlegających szczególnej weryfikacji podczas certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie zaliczono:
- opracowanie i wdrożenie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego dla obiektów zabytkowych i muzealnych, z uwzględnieniem ich specyfiki oraz konieczności zapewnienia jak najlepszej ochrony zbiorów muzealnych,
 - opracowanie i wdrożenie planu ewakuacji zbiorów stanowiący załącznik do planu ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych¹²,
 - opracowanie i wdrożenie instrukcji przygotowania zbiorów do ewakuacji, rozumianej jako nagłe i nieplanowane przemieszczanie zbiorów¹³.

¹² Oba te dokumenty są dokumentami bardzo ważnymi dla ratowania zbiorów, przy czym pierwszy dotyczy przypadków związanych z pożarem, natomiast drugi odnosi się do ratowania zbiorów na wypadek konfliktu zbrojnego lub innych zagrożeń.

¹³ *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, J. Zboina (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2017, s.122–128.

3. ZASADY CERTYFIKACJI MUZEÓW

W celu lepszej ochrony przeciwpożarowej obiektów muzealnych i zabytkowych oraz zgromadzonych w nich zbiorów opracowano program ich certyfikacji w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Umożliwia on prowadzenie certyfikacji tych obiektów w oparciu o ocenę ich poziomu bezpieczeństwa pożarowego.

Program certyfikacji CNBOP-PIB określa zasady certyfikacji muzeów, w tym gromadzonych w nich zbiorów w zakresie spełnienia przez te obiekty wymagań ochrony przeciwpożarowej, z uwzględnieniem przygotowania tych obiektów do działań operacyjnych i ratowniczych. Kryteria oceny zostały ukierunkowane przede wszystkim na problematykę dotyczącą oceny zabezpieczenia przeciwpożarowego (prewencyjnego) w rozpatrywanych obiektach zabytkowych oraz oceny przygotowania tych obiektów do działań ratowniczo-gaśniczych w kontekście certyfikowania rozwiązań organizacyjnych i technicznych występujących w tych obiektach.

Aby zdefiniować odpowiednie przedsięwzięcia zabezpieczające obiekt zabytkowy przed pożarem, powinno się przygotować indywidualną analizę i ocenę stanu jego zabezpieczenia przeciwpożarowego. Stanowić to powinno punkt wyjścia do opracowania optymalnego sposobu zabezpieczenia takich obiektów i znajdujących się w nich zbiorów. Dopiero po przeprowadzeniu wnikliwej analizy warunków ochrony przeciwpożarowej powinno się określić odpowiednie środki ochrony czynnej i biernej zabezpieczenia przeciwpożarowego takich obiektów – adekwatne do występujących w nich zagrożeń, uwarunkowań, możliwości i ograniczeń. Na tej podstawie powinno się podjąć działania prewencyjne o charakterze technicznym i organizacyjnym.

Opracowany program i zasady certyfikacji przeznaczone są dla obiektów zabytkowych i muzealnych oraz innych obiektów o zbliżonym sposobie użytkowania. Stworzono wykaz takich obiektów zabytkowych i muzealnych oraz innych obiektów, w których gromadzone są zbiory. Kryterium jego tworzenia było występowanie obowiązku ich obligatoryjnego wyposażenia w system sygnalizacji pożarowej¹⁴. W wykazie ujęto także obiekty wymienione w Państwowym Rejestrze Muzeów MKiDN¹⁵. Listę tę należy traktować jako „otwartą”, co uzasadnia dobrowolny charakter proponowanej przez CNBOP-PIB certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego tych obiektów. W praktyce oferta ta kierowana jest do właścicieli, zarządców i/lub użytkowników obiektów muzealnych, w tym tych zabytkowych, którzy chcą w ramach dobrowolnej współpracy dokonać dodatkowej oceny warunków ochrony przeciwpożarowej, jakie zapewnili w obiektach. Niezależna, dodatkowa, dobrowolna ocena strony trzeciej w procesie certyfikacji obiektu daje jego zarządcy jednoznaczną odpowiedź, czy właściwie wypełnił swoje obowiązki w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego. Jeżeli tak, w formie

¹⁴ § 28 rozporządzenia MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).

¹⁵ <http://bip.mkidn.gov.pl/pages/rejstry-ewidencje-archiwa-wykazy/rejstry-muzeow.php>.

certyfikatu dodatkowo potwierdzi to CNBOP-PIB. Jeżeli nie, to zarządzający otrzyma zakres niezgodności i/lub spostrzeżeń, które winien usunąć, rozwiązać. To cenna wiedza dla poprawy warunków ochrony przeciwpożarowej i ich doskonalenia. W przypadku negatywnego wyniku oceny w procesie certyfikacji certyfikat nie jest wydawany. Dzieje się tak w szczególności wskutek:

- występowania elementów stanowiących podstawę do uznania użytkowanego budynku istniejącego za zagrażający życiu ludzi, gdy jego warunki techniczne nie zapewniają możliwości ewakuacji ludzi; stwierdzenia, że użytkowany budynek istniejący uznaje się za zagrażający życiu ludzi – zgodnie z przepisami przeciwpożarowymi¹⁶,
- niepełnego wyposażenia obiektu w urządzenia przeciwpożarowe i/lub występowania niesprawnych urządzeń przeciwpożarowych, których zastosowanie w rozpatrywanym obiekcie jest wymagane, oraz niedoprowadzenia drogi pożarowej.

Zarządca winien podjąć określone działania, w odniesieniu do zdefiniowanych niezgodności. Usunięcie ich nie tylko ma istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa pożarowego w danym obiekcie, ale pozwala na uzyskanie certyfikatu.

Podstawą do wydania certyfikatu zgodnie z przyjętymi zasadami certyfikacji przez CNBOP-PIB dla obiektu muzealnego/zabytkowego jest **pozytywna ocena końcowa**, wydana na podstawie wypełnionej właściwej dokumentacji w tym omawianej wcześniejszej karty kontrolnej, wykonanego audytu i/lub według potrzeb innych czynności potwierdzająca w szczególności:

- 1) niewystępowanie warunków technicznych, które utrudniałyby ewakuację ludzi i stanowiłyby tym samym podstawę do uznania rozpatrywanego obiektu (budynku) za zagrażający życiu ludzi,
- 2) pełne wyposażenie rozpatrywanego obiektu w sprawne urządzenia przeciwpożarowe oraz zapewnienie drogi pożarowej, wymagane przez przepisy ochrony przeciwpożarowej lub występowanie rozwiązań zamiennych pozwalających na spełnienie wymagań ochrony przeciwpożarowej dotyczących obiektów budowlanych w sposób inny niż określony w tych przepisach, jeżeli proponowane rozwiązania zamienne ograniczają możliwość powstania pożaru, w trybie odrębnych przepisów¹⁷,
- 3) przygotowanie obiektu do działań ratowniczo-gaśniczych.

Certyfikat dla obiektu muzeum czy obiektu zabytkowego jest wydawany na czas określony, przy czym w przypadku wystąpienia w okresie ważności certyfikatu istotnych zmian w warunkach ochrony przeciwpożarowej w obiekcie, certyfikat taki może stracić ważność. Ewidencję obiektów certyfikowanych, objętych niniejszym programem, prowadzi strona trzecia prowadząca certyfikację.

¹⁶ § 16 rozporządzenia MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).

¹⁷ Art. 6a ust. 1 i 2 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2018 r., poz. 620.)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wraz z rozwojem techniki pożarniczej oraz rozwiązań na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych rola i znaczenie oceny zgodności i dopuszczeń stosowanych wyrobów uległa istotnej zmianie. Ergonomia, funkcjonalność i niezawodność działania wyrobów i urządzeń stały się kluczowe dla ochrony przeciwpożarowej. Dlatego ocena zgodności (badania i certyfikacja) jest niezwykle ważnym elementem dla użytkowników, producentów i dostawców wyrobów. Jej znaczenie dostrzegalne jest również dla pracy projektanta, instalatora, konserwatora, a także samego użytkownika. Dzieje się tak m.in. dlatego, że ocena zgodności kształtuje zaufanie do wyrobu czy usługi (dostarcza bowiem obiektywnych dowodów w zakresie spełnienia oczekiwanym wymagań).

Czynności w ramach oceny zgodności mogą zostać uznane za wiarygodne i obiektywne, gdy wykonywane są przez niezależny od oferenta wyrobu i jego przyszłego użytkownika podmiot, zwany w zakresie oceny zgodności „stroną trzecią”. Kompetencje, a także bezstronność i niezależność laboratoriów badawczych i jednostek certyfikujących potwierdza się przez akredytację, autoryzację i notyfikację¹⁸.

Ocena zgodności wyrobów jest związana z certyfikacją usług¹⁹, a także odbiorem i nadzorem funkcjonowania technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych w obiektach budowlanych. Wyroby stanowią podstawę zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych, ale nie mniej ważne jest także ich poprawne projektowanie, instalowanie (stosowanie), konserwacja i eksploatacja. Bez obu tych warunków – czyli zapewnienia właściwości wyrobów i jakości usług cele bezpieczeństwa pożarowego nie mogą być osiągnięte w satysfakcjonującym zakresie. Aktualnie dla określonych przez przepisy prawa wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej istnieje obowiązek ich oceny zgodności i/lub dopuszczenia do użytkowania. W odniesieniu do usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej przepisy obowiązku takiego nie nakładają²⁰.

¹⁸ **Akredytacja** – należy przez to rozumieć akredytację, o której mowa w art. 2 pkt 10 rozporządzenia (WE) nr 765/2008; uznanie przez jednostkę akredytującą kompetencji jednostki certyfikującej, jednostki kontrolującej oraz laboratorium do wykonywania określonych działań;

Autoryzacja – należy przez to rozumieć zakwalifikowanie przez ministra lub kierownika urzędu centralnego, właściwego ze względu na przedmiot oceny zgodności, zgłaszającej się jednostki lub laboratorium do procesu notyfikacji;

Notyfikacja – należy przez to rozumieć zgłoszenie Komisji Europejskiej i państwom członkowskim Unii Europejskiej autoryzowanych jednostek certyfikujących i kontrolujących oraz autoryzowanych laboratoriów właściwych do wykonywania czynności określonych w procedurach oceny zgodności;

¹⁹ **Certyfikacja usług** na rzecz ochrony przeciwpożarowej to ocena firm w zakresie możliwości świadczenia usług polegających na projektowaniu, instalowaniu i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych i technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych.

²⁰ *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, J. Zboina, P. Gancarczyk (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2016.

Przedstawiona na podstawie prowadzonych badań certyfikacja rozwiązań organizacyjnych i technicznych w zakresie ochrony przeciwpożarowej obiektów muzealnych i zabytkowych to kolejny krok, oferta, a także nowe narzędzie w procesie doskonalenia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych o przeznaczeniu muzealnym, w tym często zabytkowych. Certyfikacja ta oferowana jest dla zarządców obiektów muzealnych/zabytkowych, którzy dążą do jak najlepszej ochrony tych obiektów i znajdujących się w nich zbiorów. Ważnym elementem w procesie zapewnienia bezpieczeństwa w tych obiektach jest bezpieczeństwo pożarowe.

ZAKOŃCZENIE

Prowadzone przez autorów badania upoważniają do określonych wniosków, które przedstawiono na końcu każdego z rozdziałów. Zaprezentowano w nich wybrane informacje, wyniki badań, wnioski i propozycje, w których w różnych aspektach szukano odpowiedzi na jakże aktualne pytanie: Jak skuteczniej chronić życie, zdrowie, mienie i środowisko? Kilka wybranych, ważnych rozważań omówionych szczegółowo w poszczególnych rozdziałach monografii chciałbym przywołać na zakończenie jako podsumowanie publikacji poświęconej bezpieczeństwu pożarowemu obiektów muzealnych:

1. Wpływ na rozwój pożaru mają nie tylko rodzaje zastosowanych materiałów budowlanych, ale także ich właściwości i konstrukcja (podany w rozdziale I przykład stosowania okien) oraz większa niż w przeszłości szczelność pomieszczeń czy też sposób rozkładu pomieszczeń w budynku.
2. Obecnie znacznie częściej stosuje się przestrzenie otwarte, o większej kubaturze, a rzadziej małe, podzielone pomieszczenia.
3. Ogromne znaczenie dla gęstości obciążenia ogniowego podczas pożaru ma stosowanie tworzyw sztucznych. Ich powszechne używanie doprowadziło aktualnie do znacznego wzrostu gęstości obciążenia ogniowego podczas pożarów. Zdecydowanie większa niż wcześniej ilość ciepła wydzielana jest podczas spalania materiałów, z których wykonane jest wyposażenie obiektu.
4. Podczas spalania tworzyw sztucznych z jednostki materiału palnego (jednostki paliwa) powstaje około 13 razy więcej dymu niż przy spalaniu drewna, co utrudnia działania straży pożarnej, ale także ewakuację ludzi znajdujących się w obiekcie. W wyniku wzrostu intensywności uwalniania ciepła często, w procesie spalania potrzeba więcej tlenu, niż może go napłynąć przez otwór wentylacyjny. Dlatego w takich warunkach mamy do czynienia z niecałkowitym spalaniem, a pożar kontrolowany jest przez wentylację. W związku z tym, że rozwój pożaru zależy od obecności powietrza, pożar obecnie urządzonego pomieszczenia rozwija się bardzo gwałtownie w początkowej fazie, kiedy jest kontrolowany przez paliwo.
5. Porównując wyniki przeprowadzonych badań z danymi historycznymi dotyczącymi podobnych pożarów, stwierdzono, że pożar w dzisiejszych czasach rozwija się osiem razy szybciej niż kiedyś. Obecnie dużo szybciej dochodzi do zjawiska rozgorzenia niż przed kilkoma dziesięcioleściami.
6. Bardzo istotne jest więc, by podczas opracowywania analizy możliwości rozwoju pożaru mieć świadomość, że rozwój pożaru jest odmienny od tego w przeszłości.
7. Pożary w obecnych czasach przebiegają szybciej niż w przeszłości, gwałtowniej (większa szybkość wydzielania ciepła HRR), intensywniej się rozprzestrzeniają (szybsze wystąpienie rozgorzenia w pomieszczeniu i w większych przestrze-

niach), z wytwarzaniem większej ilości dymu, są bardziej niż w przeszłości kontrolowane przez wentylację i silniej zależą od dopływu powietrza.

Dlatego szczególnie ważne jest uwzględnienie tych i innych faktów w tworzeniu warunków ochrony przeciwpożarowej. Koncepcja ochrony przeciwpożarowej obiektu musi zapewnić realizację przyjętych celów ochrony, czyli wymagany poziom bezpieczeństwa dla ludzi oraz dóbr kultury przy zastosowaniu odpowiednich środków ochrony przeciwpożarowej – biernych, takich jak zabezpieczenia techniczne, oraz czynnych, czyli reagujących w razie powstania pożaru w celu jego wykrycia, ugaszenia i ograniczenia możliwości rozprzestrzeniania by stworzyć właściwe warunki do bezpiecznej ewakuacji ludzi i cennego mienia. Ustalanie wymagań bezpieczeństwa pożarowego, na etapie projektowania, ale także w trakcie przeprowadzanych analiz stanu bezpieczeństwa, gdy obiekt jest już eksploatowany, może być wspierane metodami inżynierii, które korzystają z określonych założeń, także założeń modelowych dla scenariuszy pożarowych i dla tak zwanych „pożarów projektowych”. Inżynieria współczesna, konfrontując je z celami ochronnymi prewencji pożarowej oraz z odpowiednimi parametrami wejściowymi do symulacji, tworzy rdzeń planowanych realizacji lub modernizacji obecnych systemów zabezpieczeń. Wsparcie w tym zakresie stanowią także nowe, specjalnie opracowane propozycje i rozwiązania opisane odpowiednio w rozdziale drugim i trzecim – system wspomagający procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów, a także nowa certyfikacja – program certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego.

bryg. dr inż. Jacek Zboina

BIBLIOGRAFIA

Publikacje zwarte, opracowania naukowe:

1. *Bezpieczeństwo Teoria-Badania-Praktyka*, Czupryński A., Wiśniewski B., Zboina J. (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2015.
2. Drysdale D., *An introduction to Fire Dynamics*, Wiley-Interscience Publication, 1987.
3. *Encyklopedia techniki. Podstawy Techniki*, Wydanie WNT, Warszawa 1974.
4. Flick U., *Projektowanie badania jakościowego*, PWN, Warszawa 2012.
5. *Gaszenie pożarów wewnętrznych*, tłum. Jan Kielin, Wydanie CNBOP-PIB, Józefów 2017.
6. *Czerwona księga pożarów*, Guzowski P., Małozieć D., Wróblewski D., (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2014.
7. Kielin J., Bąk D., *Projektowanie systemu ratowniczego – wstępny raport z badań*, [w:] *Ochrona przeciwpożarowa a bezpieczeństwo państwa*, J. Zboina, B. Wiśniewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2014.
8. Klein W., Böke J., *Brandschutzanlagen. Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, Wydanie VdS.
9. McGrail D.M., *Firefighting Operations In High-Rise And Standpipe-Equipped Buildings*, Tulsa, Oklahoma USA 2007.
10. Pofit-Szczepańska M., *Wybrane zagadnienia z fizykochemii wybuchu*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 1996.
11. Ridder, Cimolino, Fuchs, Sudmersen, Volkmar *Brandbekämpfung im Innenangriff*.
12. Wiśniewski B., *System bezpieczeństwa państwa, konteksty teoretyczne i praktyczne*, WSPol, Szczytno 2013.
13. *Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony muzeów i zbiorów przed pożarem*, Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, Warszawa 2014.
14. Złasińska K., Zeidler K., *Wykład prawa ochrony zabytków*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Warszawa–Gdańsk 2015.
15. Zboina J., Gancarczyk P., *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, CNBOP-PIB, Józefów 2016.
16. *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, J. Zboina (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2017.

Publikacje w periodykach naukowych i specjalistycznych:

17. Jaskółowski W., Krupa R., Kukliński A., *Szybkość tworzenia się zagrożeń utrudniających bezpieczną i skuteczną ewakuację podczas pożarów instalacji elektrycznych w budynkach*, elektro.info 9/2012.
18. Mroczo G., *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BiTP Vol. 24 Issue 4, 2011.

19. Mroczo G., Wojtasiak B., *Jak uzyskać krajową ocenę techniczną CNBOP-PIB dla wyrobu budowlanego?*, BiTP Vol. 47 Issue 3, 2017, pp. 132–134.
20. Zboina J., Mroczo G., *Dobrowolna ocena wyrobów prowadzona przez polskie i europejskie jednostki*, BiTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 81–90.
21. *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes 3*, wydanie zmienione, październik 2013.
22. *Ochrona dóbr kultury na wypadek szczególnych zagrożeń – bezpieczeństwo użytkowania obiektów zabytkowych*, Materiały z ogólnopolskiej konferencji zorganizowanej w dniach 4–6 listopada 2015 r. w Krakowie, Niepołomicach i Mysłowicach, Zeszyty Naukowe Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie, Kraków 2015.
23. Technical Report vfdb TR 04-01, *Guideline Fire Protection Engineering*, vfdb November 2013.
24. *Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru* (tłum. J. Kielin), Wydawnictwo Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa 2008.
25. Zboina J., Kielbasa T., *Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego, materiały z konferencji naukowej Ochrona Przeciwpożarowa w Systemie Bezpieczeństwa Państwa*, Józefów 17 października 2013 r.

Akty prawne:

Ustawy:

26. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2018 r., poz. 620).
27. Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. z 2017 r., poz. 2187).

Rozporządzenia:

28. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r., poz. 1422, ze zm.).
29. Rozporządzenia Ministra Kultury z dnia 25 sierpnia 2004 r. w sprawie organizacji i sposobu ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych (Dz.U. Nr 212, poz. 2153).
30. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu (...) do użytkowania (Dz. U. Nr 143, poz. 1002), wprowadzonego rozporządzeniem zmieniającym z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 85, poz. 553).
31. Rozporządzenie MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. Nr 109 poz.719).
32. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz. U. z 2015 r., poz. 2117).

Inne akta i dokumenty:

33. ISO/TR 13387-1:1999(E) Fire safety engineering – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives, International Organization for Standardization, Geneva 1999.
34. ISO 23932:2009 Fire safety engineering – General principles.
35. PN-EN 60068-1 Badania środowiskowe – Część 1: Postanowienia ogólne i wytyczne.
36. PN-EN 60068-2-1 Badania środowiskowe – Część 2–1: Próby – Próba A: Zimno.
37. PN-EN 60068-2-2 Badania środowiskowe – Część 2–2: Próby – Próba B: Suche gorąco.
38. PN-EN 60068-2-6 Badania środowiskowe – Część 2–6: Próby – Próba Fc: Wibracje (sinusoidalne).
39. PN-EN 60068-2-75 Badania środowiskowe – Próby – Próba Eh: Próby młotami.
40. PN-EN 60068-2-78 Badania środowiskowe – Część 2–78: Próby – Próba Cab: Wilgotne gorąco stałe.
41. PN-EN 60529 Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP).
42. PN-EN 61000-4-2 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–2: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne.
43. PN-EN 61000-4-3 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–3: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej.
44. PN-EN 61000-4-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–4: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych – Podstawowa publikacja EMC.
45. PN-EN 61000-4-5 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–5: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na udary.
46. PN-EN 61000-4-6 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–6: Metody badań i pomiarów – Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej.
47. PN-EN 61000-4-11 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4–11: Metody badań i pomiarów – Odporność na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia.
48. PN-EN 50130-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów alarmowych pożarowych, włamaniowych i osobistych.
49. VdS 2728:2000-05 Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte.

Zasoby internetowe:

50. <http://bip.mkidn.gov.pl/pages/rejestry-ewidencje-archiwa-wykazy/rejestry-muzeow.php>.
51. <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/Determinizm%20przyczynowy%20.html>, *Encyklopedia PWN*.
52. <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/po%C5%BCar.html>, *Internetowa encyklopedia PWN*.
53. <https://sjp.pwn.pl/sjp/probabilistyka;2572480.html>, *Słownik języka polskiego PWN*.

NOTKI BIOGRAFICZNE AUTORÓW

mgr inż. Damian Bąk, absolwent Wojskowej Akademii Technicznej na Wydziale Elektroniki, na kierunku elektronika i telekomunikacja. Specjalista inżynieryjno-techniczny Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego.

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Jan Kielin, ukończył Szkołę Oficerów Pożarnictwa w Warszawie oraz Wyższą Oficerską Szkołę Pożarniczą w Warszawie. W latach 1981–1983 odbył studia magisterskie w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie. Posiada uprawnienia rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Autor wielu publikacji z zakresu pożarnictwa (m.in. *Poradnik dla Specjalisty Ochrony Przeciwpożarowej*, *Materiały szkoleniowe dla pracowników zakładów pracy*) oraz tłumaczeń (z j. niemieckiego) związanych z ochroną przeciwpożarową.

mgr Beata Wojtasiak, absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej w Warszawie na Wydziale Nauk Pedagogicznych, specjalizacja pedagogika terapeutyczna. Ukończyła studia podyplomowe menadżer innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Mł. specjalista inżynieryjno-techniczny Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy.

mgr inż. Konrad Zaciera, absolwent Wydziałów Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego oraz Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Specjalista ds. certyfikacji urządzeń sygnalizacji alarmu pożarowego i automatyki pożarniczej, od siedmiu lat audytor Jednostki Certyfikującej w zakresie tych urządzeń. Współautor standardów CNBOP-PIB. Członek KT 53 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Kierownik Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB.

bryg. dr inż. Jacek Zboina, pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym na stanowisku zastępcy dyrektora ds. Certyfikacji i Dopuszczeń. Obszar prowadzonych badań naukowych i pracy zawodowej to bezpieczeństwo, ochrona przeciwpożarowa, techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz ocena zgodności. Absolwent studiów inżynierskich i magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Ukończył również studia podyplomowe, kierunek Menadżer Innowacji, w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Stopień naukowy doktora nauk społecznych w zakresie nauk o bezpieczeństwie uzyskał w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni na Wydziale Dowodzenia i Operacji Morskich. Oficer PSP. Rzeczoznawca Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Książka prezentuje ważne informacje związane z nowymi narzędziami do doskonalenia warunków bezpieczeństwa pożarowego obiektów muzealnych oraz ich zbiorów, uwzględniającymi certyfikację rozwiązań organizacyjnych i technicznych w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Certyfikacja ta jest oferowana dla zarządców obiektów muzealnych i zabytkowych, ale z pewnością spotka się również z dużym zainteresowaniem w środowisku pożarniczym, wśród rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Na uwagę zasługuje przedstawienie propozycji wykorzystania systemu wspomagającego procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów, jak również założenia modelowe dla scenariuszy pożarowych.

Z recenzji st. bryg. w st. spocz. mgr. inż. Piotra Wojtaszewskiego

Przedstawione wyniki badań w zakresie odzwierciedlonym tytułem monografii jawią się jako problem naukowy o niekwestionowanych walorach poznawczych. Praca stanowi umiejętnie opracowaną logiczną całość, tworzącą właściwie skonstruowane dzieło naukowe [...]

Za bardzo interesujący uznać należy rozdział trzeci poświęcony zagadnieniom certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych, a w nim na szczególne słowa uznania zasługuje podrozdział drugi pt. *Ocena bezpieczeństwa pożarowego obiektu*. Podczas lektury tej części pracy dostrzec bowiem można profesjonalizm autorski mający swoje źródło w doświadczeniu zawodowym i umiejętności przekazu [...]

Z recenzji prof. dr. hab. inż. Bernarda Wiśniewskiego