

Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów

Wydanie 2



Redakcja naukowa
st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

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 (obecnie APOż)
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.



Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów

Wydanie 2 uzupełnione

Redakcja naukowa
st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

Wydawnictwo CNBOP-PIB
Józefów 2025

Redakcja naukowa:

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

Zespół autorski:

mgr inż. Damian Bąk

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

mgr inż. Ewa Sobór

mgr Beata Wojtasiak

mgr inż. Konrad Zaciera

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

Recenzja:

prof. dr hab. Andrzej Koss

prof. dr hab. inż. Bernard Wiśniewski

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

Opracowanie graficzne i projekt okładki:

Marek Klimek, Wydawnictwo PASCAL

Skład:

Małgorzata Żurniewicz-Turno

Przygotowanie do wydania:

Dział Wydawnictw i Promocji CNBOP-PIB

Grafika na okładce:

Shutterstock.com

ISBN: 978-83-971388-5-8

DOI: 10.17381/2025.3

© Copyright by Centrum Naukowo-Badawcze

Ochrony Przeciwpóżarowej im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy, Józefów 2025

Pewne prawa zastrzeżone. Publikacja jest udostępniona na licencji CC BY-SA 4.0

Objętość: 10,5 ark. wyd.

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpóżarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

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

www.cnbop.pl

Spis treści

Wstęp.....	9
ROZDZIAŁ I. TWORZENIE SCENARIUSZY ROZWOJU POŻARÓW W MUZEACH.....	13
Wprowadzenie.....	13
1. Przygotowanie niezbędnych informacji mających wpływ na możliwość powstawania i rozwoju pożarów w muzeach i obiektach zabytkowych.....	14
1.1. Ocena warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu muzealnego/zabytkowego, dla którego jest opracowywana analiza możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru (AMPIRP).....	14
2. Cele ochrony, wymagania funkcjonalne i kryteria skuteczności działania.....	22
2.1. Cele ochrony, wymagania funkcjonalne i kryteria jakościowe	23
2.2. Rola kryteriów wydajnościowych w spełnieniu wymagań funkcjonalnych – definiowanie celów ochrony poprzez zasady techniki.....	25
3. Podstawowe informacje z zakresu teorii spalania substancji	27
3.1. Pojęcia podstawowe	27
3.2. Podstawowe informacje dotyczące spalania.....	32
3.3. Zapalność.....	35
3.4. Powstawanie węgla	35
3.5. Spowalnianie spalania (flegmatyzacja).....	36
3.6. Trójkąt spalania – trzy warunki do zaistnienia spalania	36
3.7. Przepływ ciepła	37
3.8. Źródła ciepła i zapłonu.....	43
3.9. Rozwój pożaru.....	47
3.10. Klasyfikacja pożarów	57
3.11. Wpływ kształtu pomieszczenia na przebieg pożaru	59
3.12. Ciąg wsteczny płomieni (backdraft).....	66
4. Opracowywanie analizy możliwości powstania i rozprzestrzeniania się pożaru w strefie pożarowej – scenariusz pożarowy	72
4.1. Określenie warunków brzegowych i maksymalnego dopuszczalnego oddziaływania pożaru.....	75
4.2. Opracowywanie scenariuszy pożarowych	76
4.3. Ochrona zabytków	88
5. Scenariusze pożarów i pożary obliczeniowe	91
6. Analiza możliwego wpływu zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych oraz rozwiązań organizacyjnych na rozwój pożaru	100
Podsumowanie i wnioski	103

ROZDZIAŁ II. WYMAGANIA DLA SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY EWAKUACJI ZBIORÓW, DÓBR I EKSPONATÓW ZABYTKOWYCH ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W CHRONIONYCH OBIEKTACH	105
Wprowadzenie.....	105
1. Koncepcja i podstawowe wymagania dla systemów.....	106
2. Wymagania klimatyczne oraz kompatybilności elektromagnetycznej dla elektronicznych/fizycznych elementów systemu.....	115
3. Opracowanie wymagań techniczno-użytkowych dla elektronicznych/fizycznych elementów systemu.....	135
Podsumowanie i wnioski.....	146
ROZDZIAŁ III. PROGRAM CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH I ZABYTKOWYCH	148
Wprowadzenie.....	148
1. Wymagania w procesie certyfikacji obiektów muzealnych.....	151
2. Ocena bezpieczeństwa pożarowego obiektu.....	155
3. Zasady certyfikacji muzeów.....	159
4. Formularz oceny obiektu zabytkowego.....	161
Podsumowanie i wnioski.....	175
ROZDZIAŁ IV. RACJONALIZACJA OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ W OBIEKTACH ZABYTKOWYCH I GROMADZĄCYCH ZBIORY	177
Wprowadzenie.....	177
1. Planowanie ochrony przeciwpożarowej z uwzględnieniem szczególnej wartości dóbr kultury i dziedzictwa narodowego.....	180
1.1. Potrzeba planowania ochrony przeciwpożarowej.....	180
1.2. Nowe technologie i rozwiązania.....	180
1.3. Kierunki i rekomendacje racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory.....	189
Podsumowanie i wnioski.....	192
ZAKOŃCZENIE	194
BIBLIOGRAFIA	198
NOTKI BIOGRAFICZNE AUTORÓW	203

WSTĘP

Bezpieczeństwo, w tym bezpieczeństwo pożarowe, jest przedmiotem badań naukowych, prac rozwojowych, poszukiwania i wdrażania nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych. Aktualne pozostają pytania: Jak skuteczniej chronić życie, zdrowie, mienie i środowisko? Jak zapewnić ciągłość funkcjonowania obiektów muzealnych, a także obiektów zabytkowych? Prowadzone w tym zakresie badania, prace i działania w praktyce uwzględniać muszą przede wszystkim ewolucję znanych zagrożeń i powstawanie nowych, dotychczas nieznanych. Wypracowywaniu nowych rozwiązań służą między innymi ukierunkowane projekty badawcze. Jednym z nich jest zrealizowany już projekt OZAB¹. Prowadzone przez konsorcjum² tego projektu badania naukowe poświęcone były sposobom poprawy ochrony przeciwpożarowej w obiektach muzealnych, w tym zabytkowych, i lepszej ochronie ich zbiorów przed pożarem z zastosowaniem nowych technologii i rozwiązań technicznych. Stały się one także przyczynkiem i inspiracją do dalszych pogłębionych badań i prac autorów w tym zakresie. Ich wyniki przedstawiono w niniejszym wydaniu publikacji. Przytoczone badania naukowe upoważniają do sformułowania konkretnych wniosków i przedstawienia nowych propozycji rozwiązań w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów muzealnych i ich zbiorów.

Motywacją do wydania drugiego przedmiotowej monografii było jej uzupełnienie i rozszerzenie o treści, w tym wnioski i postulaty wynikające z kolejnych lat badań naukowych w tym zakresie, współpracy z innymi podmiotami i branżami zawodowymi, udziału w pracach rozwojowych, a także doświadczeń w praktyce opracowywania warunków ochrony przeciwpożarowych dla tych specyficznych obiektów budowlanych i gromadzonych w nich

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.

² Szkoła Główna Służby Pożarniczej (obecnie Akademia Pożarnicza), 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.

dóbr dziedzictwa narodowego. Zarządzanie bezpieczeństwem pożarowym obiektów zabytkowych, muzeów i gromadzonych w nich zbiorów ma istotny wpływ na bezpieczeństwo dziedzictwa kulturowego oraz minimalizację antropopresji środowiska. Opracowany przez CNBOP-PIB system bezpieczeństwa pożarowego, prezentowany w obu wydaniach przedmiotowej publikacji, obejmuje innowacyjne rozwiązanie problemu związanego w szczególności z pożarami, bazujące na nowoczesnej metodologii i technologii sensorowej wspomagających proces ewakuacji cennych dóbr kultury (zbiorów) zgromadzonych w obiektach zabytkowych. Mimo że pierwsze założenia dla takich systemów opracowano już kilka lat temu, dostępne aktualnie i wdrażane w tym zakresie nowe technologie i rozwiązania pozwalają obecnie na skuteczniejszą minimalizację prawdopodobieństwa wystąpienia pożaru, utraty cennych zbiorów muzealnych oraz innych poważnych konsekwencji, w tym zanieczyszczenia środowiska. Innowacyjne narzędzie w postaci kontenera zaprojektowanego do deponowania zbiorów podczas ewakuacji w powiązaniu ze specjalistycznym systemem identyfikacji zbiorów, wspierającym ratowników i personel obiektu w ich ewakuacji z uwzględnieniem priorytetów i kolejności ich wynoszenia oraz metodologii oceny skuteczności tych działań w konkretnych aplikacjach, optymalizuje pracę podmiotów ratowniczych i personelu obiektów zabytkowych i muzeów, w tym przede wszystkim zarządców, konserwatorów, użytkowników obiektów zabytkowych i muzealnych. Narzędzia wspierające, umożliwiające efektywniejszą ewakuację zbiorów, znalazły zatem swoje wykorzystanie w praktyce ochrony przeciwpożarowej i ochrony zbiorów. Aktualnie możliwe jest ich doskonalenie w zakresie wykorzystywanych technologii i rozwiązań, dostosowywanie do zamieniających się potrzeb i umasowienie, jeśli chodzi o ich stosowanie.

Ponadto ujawnione w procesie badawczym inne potrzeby w zakresie ochrony przeciwpożarowej zabytków wskazują nadal na brak wystarczających narzędzi pozwalających na racjonalizację zarządzania bezpieczeństwem pożarowym w tych specyficznych obiektach. Z uwagi na ten wyjątkowy charakter spełnienie podstawowych wymagań w zakresie pełnego zastosowania pasywnych i aktywnych zabezpieczeń w zakresie ochrony przeciwpożarowej nie zawsze jest możliwe, a ewakuacja bezcennych zbiorów bywa trudna i nieefektywna. Odpowiedzią na zapotrzebowanie w tym obszarze, jak już nadmieniono, było przygotowanie i realizacja prac w ramach projektu NCBR nr DOB-BIO7/08/01/2015. Badania te prowadzono w latach 2015–2018. Opracowany w ramach tego projektu innowacyjny system wspierania ewakuacji zbiorów, dedykowany obiektom zabytkowym i muzealnym, umożliwił w latach kolejnych wdrożenie kompleksowego i efektywnego systemu bezpieczeństwa pożarowego pozwalającego na zabezpieczenie obiektów zabytkowych i ich zbiorów przed pożarem, przy jednoczesnym respektowaniu ich unikalnych cech i wymogów konserwatorskich. Wyniki badań pozwoliły na wypracowanie konkretnych narzędzi badawczych, tj. metodologii umożliwiającej dokonanie kompleksowej oceny obiektów zabytkowych z uwzględnieniem aspektów technicznych i organizacyjnych ochrony przeciwpożarowej, oraz innowacyjnego narzędzia w postaci zintegrowanego systemu sensorów

i kontenera do bezpiecznego deponowania ewakuowanych zbiorów. Nowatorskie rozwiązania wpłyną na podniesienie skuteczności ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i muzealnych, przyczynią się do stosowania indywidualnie dobieranych zabezpieczeń przeciwpożarowych, a także do podniesienia efektywności prowadzenia ewakuacji zbiorów, gdy zaistnieje taka konieczność. Opracowana metodologia i narzędzia wspierające ewakuację zbiorów (system sensorów, kontener) w powiązaniu z wdrożeniem kompleksowej strategii umożliwiającej optymalne projektowanie technicznych zabezpieczeń przeciwpożarowych, dostosowanych do specyfiki obiektów zabytkowych i muzealnych, stanowią istotny krok w zakresie minimalizacji ryzyka wystąpienia pożaru, efektywnej ochrony dóbr kultury, ograniczenie zagrożenia skażeniem, czy eliminowanie negatywnego oddziaływania skutków pożaru na środowisko.

Na podstawie kontynuowanych badań naukowych w wydaniu drugim publikacji przedstawiono zaktualizowane i uzupełnione: 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, w trzecim rozdziale – propozycje zasad certyfikacji obiektów muzealnych i zabytkowych, które są już wdrożone i stanowią ofertę CNBOP-PIB. Opracowano ponadto rozdział czwarty – poświęcony racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory, którego podstawą (poza badaniami naukowymi) są doświadczenia zawodowe i dalsza praktyka w tym zakresie. W rozdziale tym uwzględniono ponadto znaczenie wykorzystania nowych technologii z uwzględnieniem zagrożeń, jakie mogą powodować.

W rozdziale pierwszym przedstawiono informacje wprowadzające w tematykę bezpieczeństwa pożarowego dotyczące 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 ten opracowano, uzupełniając go i dokonując aktualizacji zawartych w nim treści, na podstawie dostępnej literatury, która została przywołana, a także aktualnych 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. Wymagania te zaktualizowano, dostosowano do aktualnych standardów i stanu wiedzy

w tym zakresie. Rozdział opracowano na podstawie dostępnej literatury, ogólnodostępnych dokumentów normatywnych, a także na podstawie aktualnej praktyki zawodowej 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. Wymagania te zaktualizowano i uzupełniono, bazując na aktualnej wiedzy i doświadczeniu. 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 ostatni opracowano jako uzupełnienie w wydaniu drugim monografii na podstawie dostępnej literatury, dokumentów normatywnych, a także na podstawie aktualnej praktyki i doświadczenia zawodowego autorów w obszarze bezpieczeństwa pożarowego. W rozdziale tym znalazły się między innymi wybrane zagadnienia dotyczące planowania ochrony przeciwpożarowej z uwzględnieniem szczególnej wartości dóbr kultury i dziedzictwa narodowego, możliwości i potrzeby wykorzystania w tym zakresie nowych technologii i rozwiązań oraz proponowane kierunki i rekomendacje racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory.

st. bryg. dr hab. 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. 2025, poz. 188).

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 (AMPiRP)

Przystępując do przygotowania AMPiRP w obiekcie muzealnym/zabytkowym, należy najpierw zapoznać się z dokumentacją dotyczącą sformułowanych dla danego obiektu celów ochrony przeciwpożarowej i analizami: jakościową i ilościową dla rozpatrywanej strefy pożarowej (stref pożarowych – jeśli analiza dotyczy kilku stref). W przypadku ich braku takie analizy należy opracować. AMPiRP będzie podstawą do oceny poziomu gotowości na wypadek pożaru lub innego zdarzenia krytycznego, a także bazą do wypracowania wniosków mających na celu poprawę przygotowania na różne sytuacje pożarowe. 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:

- analizę jakościową,
- analizę ilościową,
- zestawienie porównawcze rezultatów ww. analiz z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (sformułowanymi w celach ochrony) oraz
- 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).

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),
- infrastruktury (techniczne urządzenia ochrony przeciwpożarowej, warunki do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych),

- scenariuszy pożarowych (możliwe miejsca powstania pożaru i jego rozprzestrzeniania 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 ilościowa

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

W ramach analizy ilościowej należy rozpatryć:

- scenariusze pożarów projektowych, które były podstawą do przyjęcia technicznych środków ochrony przeciwpożarowej,
- analizy możliwości powstania i rozwoju możliwych pożarów, w przypadku gdy takich scenariuszy dotychczas nie opracowano,
- analizę oddziaływania hipotetycznego pożaru, włącznie z rozprzestrzenianiem 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 określenie wymagań w zakresie bezpieczeństwa.

Zastosowane postępowanie obliczeniowe może obejmować zakres, począwszy od zespolonych modeli symulacji (np. CFD – 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.

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 mającym doświadczenie w kierowaniu działaniami ratowniczo-gaśniczymi².

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 rozpatryć:

- 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.

² J. Kielin, P. Lesiak, *Inżynierskie metody ochrony przeciwpożarowej. Poradnik*, CNBOP-PIB, Józefów 2023, s. 17.

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 rezultatów

Opis rezultatów powinien 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,
- opis (charakterystyka) budynku,
- osoby biorące udział w opracowywaniu analizy jakościowej,
- rezultaty analizy jakościowej z podaniem celów ochrony,
- wyniki badań obliczeniowych ze wskazaniem przyjętych założeń, zatwierdzonych modeli lub zastosowanych metod obliczeniowych oraz związanych z nimi ograniczeń zastosowania, porównanie obliczonej analizy z wymaganymi celami ochrony,
- zalecenia dotyczące konstrukcyjnych środków ochrony przeciwpożarowej,
- zalecenia dotyczące technicznych środków ochrony przeciwpożarowej,
- zalecenia dotyczące organizacyjnych środków ochrony przeciwpożarowej podczas eksploatacji budynku, np. warunki, instrukcja obsługi, **a w szczególności osób funkcyjnych zawarte w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego (IBP)**, instrukcje obsługi urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, zadania pracowników w wypadku powstania pożaru, kierowanie (zarządzanie) działaniami ratowniczo-gaśniczymi przed przybyciem jednostek straży pożarnych oraz współpraca z tymi jednostkami po ich przybyciu.

Przy interpretacji wyników należy również wziąć pod uwagę ich niepewność i zasięg pożaru. Należy wyjaśnić, w jaki sposób zbadano i uwzględniono wpływ niepewnych zmiennych wejściowych i modeli obliczeniowych oraz przyjętych założeń za pomocą zmian parametrów lub założeń leżących w bezpiecznym zakresie³.

Charakterystyka obiektu

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

- konstrukcji budynku,
- zawartości i sposobu użytkowania budynku,
- infrastruktury przeciwpożarowej,

³ J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 19.

- wpływu środowiska,
- 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 informacje:

- wymiary zewnętrzne budynku, wysokość i liczba kondygnacji,
- usytuowanie elementów nośnych konstrukcji (belki, słupy, ściany) oraz niezbędne informacje dotyczące odporności ogniowej,
- podział budynku na strefy wraz z niezbędnymi danymi o jakości przegród z uwzględnieniem odporności ogniowej ścian, stropów, drzwi i występujących w nich zamknięć,
- zagospodarowanie budynku od zewnątrz i drogi ewakuacyjne w budynku (niezbędne klatki schodowe i korytarze) prowadzące do stref bezpiecznych (długości dróg ewakuacyjnych),
- rozmieszczenie klatek schodowych, śluz (wiatrołapów), ukształtowanie konstrukcji i włączenie do użytkowania na poszczególnych poziomach budynku, budynku,
- oddzielenie korytarzy od pomieszczeń użytkowych i klatek schodowych, projekt konstrukcji, podział korytarzy na sekcje poprzez automatyczne zamykane drzwi lub dymoszczelne bramy (ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu),
- rozmieszczenie i projekt konstrukcji pionowych i poziomych szybów instalacyjnych i wentylacyjnych w budynku, wraz z urządzeniami odcinającymi w przejściach, a także informacje dotyczące instalacji technicznych budynku oraz wymaganych przegród w ścianach działowych i stropach,
- usytuowanie wind dla straży pożarnej, wiatrołapów i ich połączenia,
- usytuowanie i projekt konstrukcji sufitów podwieszonych, podłóg podniesionych, ich oddzielenie od sąsiednich stref oraz i ich podział,
- projekt elewacji i użyte materiały, rozmieszczenie okien, drzwi oraz bram,
- właściwości cieplne (gęstość, przewodnictwo cieplne i pojemność cieplna) użytych materiałów budowlanych, razem z ich klasyfikacją.

Przeznaczenie 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 niezbędne, 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 wpływie (oddziaływaniu) na konstrukcje, oraz 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. Dodatkowo 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 należy przyjąć wielkości oparte o większą liczbę danych z takich obiektów.

Infrastruktura ochrony przeciwpożarowej

Do oceny technicznej infrastruktury ochrony przeciwpożarowej niezbędne są następujące informacje⁴:

- dostępność budynku dla sił straży pożarnej,
- zaopatrzenie w wodę do gaszenia pożaru budynku,
- podział budynku lub wydzielenie budynku od jego innych części pod kątem wymagań ochrony przeciwpożarowej,
- liczba i usytuowanie pionów przeciwpożarowych (suchych lub nawodnionych) w budynku oraz hydrantów na zewnątrz budynku,
- obszary z automatycznymi czujkami pożarowymi reagującymi na dym, ciepło lub płomień oraz systemy alarmowe działające akustycznie lub wizualnie,
- obszary z automatycznymi systemami gaszenia pożaru (wodne systemy gaśnicze, systemy gaszenia gazem itp.),
- obszary z automatycznymi systemami odprowadzania dymu w sposób naturalny (pionowy lub poziomy) lub z mechanicznym oddymianiem,
- obszary z wentylacją ciśnieniową, takie jak klatki schodowe, śluzy lub windy dla straży pożarnej.

Otoczenie budynku

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

Wiatr oddziałujący na ścianę wywiera na nią określone parcie. Opływając budynek, sprawia, że na bocznych ścianach, na dachu i na ścianie zawietrznej powstaje ujemne

⁴ J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 22.

ciśnienie. Na podstawie danych z Instytutu Meteorologii określa się kierunek wiatru 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.

Jeżeli dla określenia wymagań ochrony przeciwpożarowej mają znaczenie temperatury, należy uwzględnić te występujące na terenie Polski. Temperatury w budynku mogą być bardzo różne, zależnie od położenia. Jako wartość orientacyjną przyjmuje się temperaturę 20°C. W wysokich przestrzeniach, jak atria, przy napromieniowaniu słonecznym 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 utrudniać oddymianie i wyprowadzanie ciepła na dachu, a w przypadku automatycznego otwierania klap dymowych może opóźniać 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.

Wentylacja mechaniczna przy suficie, np. w dużych halach wystawienniczych, powoduje silne ruchy powietrza. W przypadku pożaru może to wpływać na unoszące się gazy pożarowe (dym) i doprowadzić do niekontrolowanego rozprzestrzeniania się dymu. Może wtedy dochodzić do czasowego opóźnienia w załączeniu się czujników dymu. W takich warunkach należy przeprowadzić dodatkowe badania przy wyłączonej wentylacji, aby móc ocenić jej wpływ na przebieg pożaru.

Użytkownicy

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 zachowaniu. Liczba osób i ich zachowanie w przypadku niebezpieczeństw mają istotny wpływ na czas ewakuacji z budynku. Znaczenie mają tu następujące kryteria:

1. Znajomość budynku: osoby przebywające w budynku codziennie i znające miejscowe uwarunkowania i wymogi bezpieczeństwa w sytuacji wystąpienia w nim zdarzenia krytycznego (np. pożaru) wybiorą 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.

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, przedsionków, klatek schodowych. Czas ewakuacji może być inny dla młodych ludzi i dla osób w podeszłym wieku. Wpływ na ten aspekt ma także zwiększona liczba osób ewakuujących się w przedsionkach. 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. Przekazanie informacji, jakie czynności należy wykonać podczas ewakuacji wpływa na skrócenie czasu 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 są zajęte wykonywaniem innej czynności, np. stoją w kolejce, wspólnie konsumują w restauracji, nie opuszczają szybko swojego miejsca, jeśli nie otrzymają wyraźnej informacji o zagrożeniu pożarem w budynku (instalacja alarmowa lub komunikat o konieczności opuszczenia budynku)⁵.

⁵ J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 21.

2. CELE OCHRONY, WYMAGANIA FUNKCJONALNE I KRYTERIA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA

Zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego w budynkach, przede wszystkim tych szczególnego rodzaju lub przeznaczenia, polega na zastosowaniu w nich zespołu zabezpieczeń budowlanych oraz technicznych urządzeń przeciwpożarowych. Wiąże się również z koniecznością podjęcia przedsięwzięć organizacyjnych podczas użytkowania budynku, 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 ewentualne zbyt duże strefy pożarowe, musi być zrekompensowana jednym lub kilkoma środkami ochrony przeciwpożarowej, które doprowadzą 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 pożarnych, 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.

Zorientowany na cel projekt ochrony przeciwpożarowej nie ogranicza się do matematycznego określenia wymaganego okresu odporności ogniowej elementów. Uwzględnia on także między innymi następujące kwestie: projektowanie systemów oddymiania (w celu zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych i natarcia), projektowanie automatycznych lub półstałych systemów gaśniczych (umożliwiających efektywne gaszenie) oraz ocenę skuteczności ochrony pożarowej chronionych obiektów. Coraz częściej stosuje się również metody obliczeniowe inżynierii ochrony przeciwpożarowej, dla których należy przyjąć założenia dotyczące występowania możliwego pożaru oraz wymagania dotyczące skuteczności środków ochrony przeciwpożarowej. W ten sposób można uzasadnić indywidualne, specyficzne oczekiwania w zakresie ochrony przeciwpożarowej określone w przepisach budowlanych, rozporządzeniach lub wytycznych dla budynku specjalnego, lub też zapewnić weryfikację zorientowaną na cel ochrony oraz opartą na wynikach.


Obliczeniowe scenariusze pożarów charakteryzują się między innymi tym, że nie muszą obejmować ani uwzględniać każdego możliwego lub mogącego zaistnieć zdarzenia


pożarowego po bezpiecznej stronie. Zasadniczo oddzielają obszar chroniony od obszaru akceptowalnego ryzyka resztkowego. Pod tym względem stosowanie ochrony bazującej na scenariuszach pożarów w połączeniu z pożarami obliczeniowymi można określić jako zobowiązanie do określonego poziomu bezpieczeństwa. Każdy scenariusz pożaru opisuje sytuację, która wiąże się z określonym ryzykiem. Ryzyko można zdefiniować jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia i rozmiaru szkody:


Ryzyko = prawdopodobieństwo wystąpienia x wysokość (wielkość) szkody

Jak pokazano na poniższej rycinie, ryzyko można przypisać do dowolnej liczby bardzo zróżnicowanych klas ryzyka. W związku z tym duże i bardzo duże ryzyko można uzasadnić zarówno wysokim prawdopodobieństwem wystąpienia, jak i możliwym dużym stopniem zniszczenia (dużymi stratami). W zależności od klasy ryzyka, środki ochrony przeciwpożarowej konieczne w indywidualnych przypadkach lub związane z nimi wymagania dotyczące wydajności mogą być stopniowane.

Prawdopodobieństwo wystąpienia	Wysokie					
	Przypadkowe, sporadyczne					
	Rzadkie					
	Nieprawdopodobne					
	Praktycznie niemożliwe					
		Nieznaczne	Małe	Średnie	Duże	Bardzo duże
	Rozmiar szkody					

 Ryzyko akceptowalne

 Ryzyko niepożądane

 Ryzyko nieakceptowalne

Ryc. 1. Przykład definicji klas ryzyka

Źródło: Opracowanie własne na podstawie DIN EN 18009-1: 2016-09.

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 oznacza jednocześnie:

- spełnienie warunków dla (udanych) interwencji sił ratowniczych straży pożarnych oraz do wykonania czynności ratowniczych i gaśniczych przez personel z użyciem środków technicznych w celu zapewnienia pierwszej pomocy ratowniczej,
- spełnienie warunków odpowiedniej nośności konstrukcji budowlanej podczas określonego oddziaływania pożaru w zdefiniowanym przedziale czasu,
- zapewnienie przez 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	Ograniczanie 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 J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 29.

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

Wymagania funkcjonalne	Kryteria wydajności, których należy przestrzegać
Ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu	Zabezpieczenie przed dymem, aby ludzie mogli samodzielnie się ewakuować (w zależności od obiektu np. w czasie co najmniej 10 minut lub w udowodnionym innym okresie przeznaczonym na samoratownianie)
Ratowanie ludzi	Bezpieczny pobyt w zabezpieczonych strefach do czasu wyratowania przez straż pożarną (w zależności od obiektu np. co najmniej 30 minut lub przez udowodniony czas niezbędny do samoratowniania)
Umożliwienie skutecznych działań gaśniczych wewnątrz budynku	Stabilność konstrukcji budynków wielokondygnacyjnych (w zależności od obiektu np. co najmniej 90 minut lub w trakcie naturalnego pożaru), odprowadzanie dymu i ciepła w czasie x przy maksymalnej grubości warstwy dymu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 29.

W skutecznej redukcji ryzyka, na przykład poprzez wspieranie możliwości samoratowniania 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 (ograniczające rozprzestrzenianie i rozwój strat powodowanych przez ogień). Stosuje się je 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%).

Środki wtórne obejmują również – między innymi – środki, których szczególnym celem jest ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu, zapewniające warunki niezbędne do ewakuacji i ratowania, jak również do skutecznego gaszenia pożaru w poszczególnych jego fazach.

2.2. Rola kryteriów wydajnościowych w spełnieniu wymagań funkcjonalnych – 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 projektowane tak, aby:

- zapobiegać rozwojowi pożaru oraz ograniczać rozprzestrzenianie się ognia i dymu,
- umożliwiać ratowanie ludzi i zwierząt w przypadku pożaru,
- możliwe było prowadzenie skutecznych działań gaśniczych.

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 nietypowe metody gaśnicze, potrzebna jest podstawowa wiedza na temat procesów chemiczno-fizycznych zachodzących podczas spalania materiałów oraz sposobów ich przerywania. Dlatego poniżej zostały przytoczone najważniejsze definicje potrzebne do zrozumienia tych procesów.

3.1. Pojęcia podstawowe

Siła nośna

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. Siłę nośną opisuje wzór:

$$L = 12 \rho V^2 S CL$$

gdzie:

L – siła nośna [N],

ρ – gęstość powietrza [kg/m^3],

V – prędkość przepływu względem skrzydła [m/s],

S – powierzchnia nośna skrzydła [m^2],

CL – współczynnik siły nośnej (zależny od kształtu profilu i kąta natarcia).

Jeżeli gazy palne, które są cięższe od powietrza, ulotnią się ze zbiornika, mogą przemieścić się na znaczne odległości, do niżej położonych miejsc (w których może znajdować się źródło zapłonu, co jest istotne w przypadku gazów palnych). Propan (C_3H_8), którego masa molowa wynosi 44, jest przykładem tego typu gazów.

Gęstość gazów spada wraz ze wzrostem temperatury. Dlatego także gazy spalinowe 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 propan⁶.

Spalanie

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:

⁶ W. Klein, J. Böke, *Brandschutzanlagen. Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, VdS, Köln 2021, s. 10.

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 wybuchu⁷.

Reakcje spalania

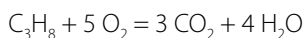
W ogniu mamy do czynienia z egzotermiczną reakcją utleniania, tzn. uwolnienia ciepła. Jednakże nie można mówić o spalaniu, jeżeli proces utleniania jest rozłożony w czasie, tygodni czy miesięcy. Mimo że w procesie powolnego utleniania zostaje uwolnione ciepło, wzrost temperatury jest minimalny. Przykładem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

⁷ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 11.

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.

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.

Barwy płomieni:

- płomień żółty (dyfuzyjny⁸, świecący):
 - powstaje, gdy tlenu jest niedostatecznie dużo,
 - spalanie nie jest całkowite – w płomieniu występują cząstki sadzy rozgrzewane do żarzenia, które emitują żółte światło,
 - przykład: świeca, zapalka, lampa naftowa,
 - charakteryzuje się niższą temperaturą i powstawaniem dymu,
- płomień niebieski (przedmieszany⁹, nieświecący):
 - powstaje, gdy paliwo miesza się z odpowiednią ilością tlenu (blisko proporcji stechiometrycznych),
 - spalanie jest całkowite, praktycznie bez dymu i sadzy,
 - przykład: palnik gazowy, kuchenka gazowa,
 - ma wyższą temperaturę i jest bardziej wydajny,
- płomień czerwony/pomarańczowy:
 - podobny do żółtego, ale może wynikać z obecności określonych związków chemicznych (np. związki litu, wapnia),
 - często wykorzystywany w pirotechnice¹⁰.

⁸ Płomień dyfuzyjny – paliwo i utleniacz mieszają się dopiero w strefie spalania. Typowy dla świecy czy ogniska.

⁹ Płomień przedmieszany – paliwo i utleniacz są wymieszane przed zapłonem. Występuje w palnikach laboratoryjnych (np. palnik Bunsena).

¹⁰ Tamże, s. 11.

Tabela 3. Rodzaje płomieni – tabela porównawcza

Rodzaj płomienia	Charakterystyka	Dostępność tlenu	Temperatura	Przykłady
Żółty (dyfuzyjny, świecący)	Widoczny, żółty, kopcący; zawiera cząstki sadzy	Niedobór tlenu, spalanie niecałkowite	Niższa, ok. 800–1000°C	Świeca, zapalka, lampa naftowa
Niebieski (przedmieszany, nieświecący)	Jasnoniebieski, czysty, bez sadzy; spalanie wydajne	Odpowiednia ilość tlenu, spalanie całkowite	Wyższa, ok. 1500–1800°C	Kuchenka gazowa, palnik Bunsena
Czerwony / pomarańczowy	Barwa od czerwonej do pomarańczowej; może wynikać z obecności metali	Zależna od warunków spalania	Średnia	Pirotechnika, związki litu, wapnia
Dyfuzyjny	Mieszanie paliwa i powietrza dopiero w strefie spalania	Brak wstępnego zmieszania	Niższa	Świeca, ognisko
Przedmieszany	Paliwo i powietrze zmieszane przed zapłonem	Pełne wymieszanie przed spalaniem	Wyższa	Palnik Bunsena, silniki spalinowe
Płomień ostry (laboratoryjny)	Jasnoniebieski, punktowy, daje największe ciepło	Pełny dopływ tlenu	Najwyższa, >1800°C	Palnik Bunsena (otwarty dopływ powietrza)

Źródło: Opracowanie własne.

Zapalenie (wzbudzenie i samozapłon)

Zapłon jest procesem, podczas którego zostaje zapoczątkowany samopodtrzymujący się proces spalania. Aby zainicjować palenie się palnej mieszanki powietrzno-parowej lub gazowej, można zastosować płomień, 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 wyzwalanej jest równa lub większa niż energia pobierana (ze strefy spalania). Raz zapoczątkowany proces spalania jest tak długo podtrzymywany, aż

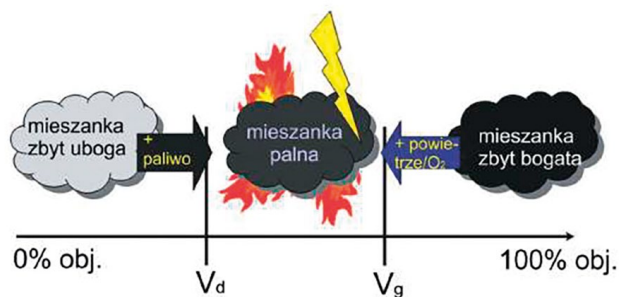
nastąpi zużycie substancji palnej lub tlenu albo zgaszenie płomieni. Samopodtrzymujące się spalanie wymaga zaistnienia odpowiednich warunków, które je umożliwiają. Jeżeli dla przykładu ciśnienie lub stopień koncentracji tlenu w otoczeniu są niewystarczające do podtrzymywania procesu palenia, to są one 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 mieszkanka 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 palnych i powinno być określane jako temperatura zewnętrznej warstwy. Należy wziąć pod uwagę fakt, że temperatury te odnoszą się do zapłonu wymuszonego – aby nastąpiło zapalenie mieszkanki nieodzwonne jest zewnętrzne źródło zapłonu; zapaleniu ulega tylko parowo-powietrzna mieszkanka 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 mieszkanki gazowo- lub parowo-powietrznej ma wpływ ciśnienie otoczenia, wielkość próbki materiału palnego, wymiary pojemnika i rodzaj oraz energia źródła zapłonu.

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



Ryc. 2. Granice zapalności mieszanin

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., *Brandbekämpfung im Innenangriff*, Ecomed, s. 31.

W przypadku gazu temperatura zapłonu 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 pomiaru¹¹.

3.2. Podstawowe informacje dotyczące spalania

Małe płomienie, np. na świeczce lub zapałce, 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 ogniem¹².

Zapalenie oraz spalanie

Proces zapalenia i spalania ciał stałych jest złożony, dlatego zostanie objaśniony na przykładzie ognia w kominku. Jeżeli przyjmijemy, że element drewniany jest ogrzewany

¹¹ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 15.

¹² Tamże, s. 17.

tylko drogą promieniowania, to jego temperatura wzrasta do momentu, kiedy cała wilgość 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 ułatwienie się gazów palnych, a powierzchnia drewna ulega zwęgleniu. Tak długo, jak 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 rozprzestrzeni 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 wzrastać. 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 dużej ilości 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 redukowany jest 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

płomienie 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.

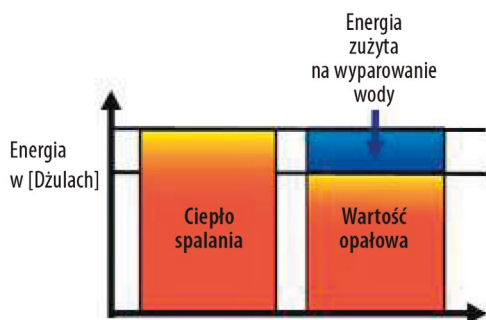
Ogień po zapaleniu na określonej części drewna rozprzestrzeni się po całej jego powierzchni. Rozprzestrzenianie się płomieni można sobie wyobrazić jako nieprzerwany zapłon wymuszony, przy którym płomienie same stanowią źródło ciepła. Można także zaobserwować, że rozprzestrzenianie płomieni po pionowej powierzchni do góry jest znacznie szybsze niż w dół lub poziomo. Dzieje się tak, ponieważ płomienie przekazują 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 ciepłe 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 mniejszej ilości 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 pożarowych¹³.

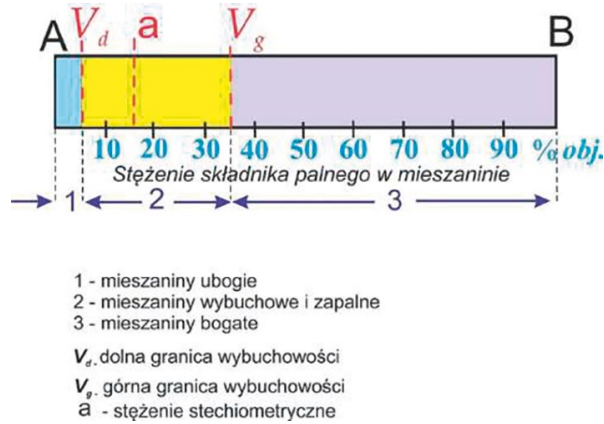
Wartość opałowa (W_u)



Ryc. 3. Relacja między wartością spalania i wartością opałową

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 31.

¹³ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 17.



Ryc. 4. Granice stężeniowe palności gazów powstających podczas pirolizy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 49.

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 m^3 paliwa gazowego. Wartość opałową oblicza się jako różnicę ciepła spalania i ciepła parowania wody wydzielonej z paliwa podczas jego spalania; wartość opałowa np. ropy naftowej wynosi 40–46 MJ/kg, węgla kamiennego – 15–35 MJ/kg¹⁴.

3.3. Zapalność

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 ognia¹⁵.

3.4. Powstawanie węgla

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 zapłonem¹⁶.

¹⁴ Encyklopedia techniki. Podstawy techniki, Wydanie WNT, Warszawa 1974, s. 870.

¹⁵ Tamże, dz. cyt., s. 20.

¹⁶ Tamże.

Tworzenie się sadzy

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 względu na wzrost promieniowania cieplnego płomieni i prędkości spalania. Sadze są także źródłem powstawania dymu, który przemieszczając się nawet na znaczne odległości, wyrządza znaczne szkody¹⁷.

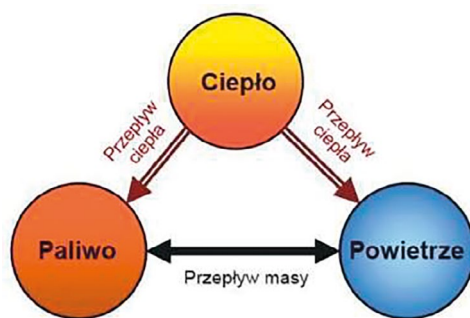
3.5. Spowalnianie spalania (flegmatyzacja)

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 stałych¹⁸.

3.6. Trójkąt spalania – trzy warunki do zaistnienia spalania

Proces spalania wymaga:

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

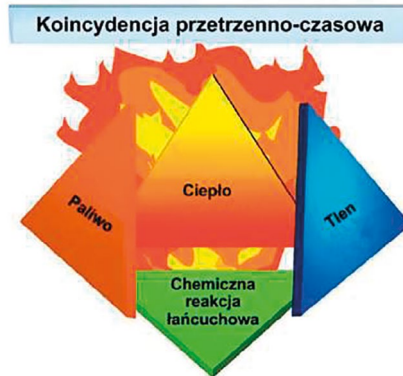


Ryc. 5. Trójkąt spalania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 28.

¹⁷ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 20.

¹⁸ Tamże.



Ryc. 6. Czworobok pożaru

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 28.

Te trzy czynniki same nie doprowadziłyby do pożaru. Po pierwsze, między wszystkimi wymienionymi czynnikami musi zajść 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;
- zawartość tlenu nie obniży się poniżej wartości, która jest niezbędna dla procesu spalania;
- nie spowoduje się odprowadzenia ciepła z powierzchni palącej się, względnie uniemożliwi dalsze ogrzewanie, zapobiegając tym samym dalszej pirolizie;
- w sposób chemiczny nie spowoduje się spowolnienia powstawania płomieni lub ich schłodzenia, aby przerwać dalsze reakcje¹⁹.

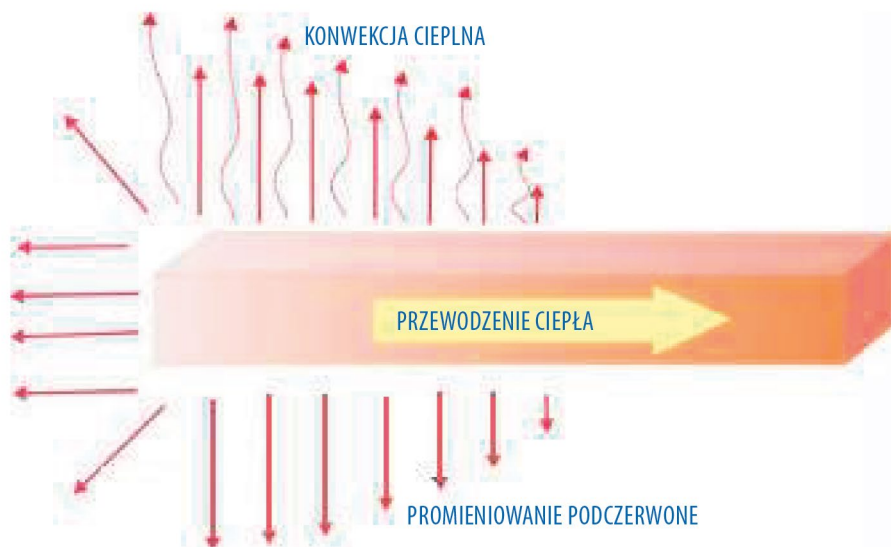
3.7. Przepływ ciepła

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.

¹⁹ Tamże, s. 21.

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,
- promieniowanie²⁰.



Ryc. 7. Przekazywanie ciepła

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 25.

Kolory żarzenia

Przybliżone temperatury spalania można ustalić na podstawie barw żarzenia się stali, które zawarte są w poniższej tabeli²¹.

²⁰ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 25.

²¹ Tamże, s. 27.

Tabela 4. 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 W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 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 czasu²².

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/(mK).

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 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

²² Encyklopedia Techniki. Podstawy Techniki, s. 49.

do metali²³. 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 cieplne nie zostają całkowicie stłumione poprzez materiały izolacyjne. Strumień cieplny 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. $J/(m^3 \times K)$.

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

Konwekcja

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. 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 jest określany przez wzór:

$$q = \alpha \Delta T$$

²³ Encyklopedia Techniki, dz. cyt., s. 66.

przy czym (q) podaje gęstość strumienia ciepłego na jednostkę powierzchni, ΔT różnicę temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pomiędzy cieczą a górną powierzchnią. Współczynnik wnikania ciepła (α) jest zależny od prędkości, z jaką porusza się fluid w stosunku do górnej powierzchni²⁴.

Promieniowanie ciepłe

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 $0,4 \times 10^{-6}$ m do $0,7 \times 10^{-6}$ 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 poczuwamy, gdy zbliżymy rękę z boku płomienia.

Tabela 5. Charakterystyczne wartości promieniowania ciepłego

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 U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 33.

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 ciepłe 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 ciepłego. Promieniowanie ciepłe rozchodzi się liniowo we wszystkie strony od źródła promieniowania. Mała powierzchnia, leżąca naprzeciwko większej, wypromieniowuje o wiele mniej promieniowania ciepłego, aniżeli by to robiła duża powierzchnia, pod warunkiem że powierzchnie wypromieniowują podobne ilości promieniowania przypadające na jednostkę powierzchni.

Promieniowanie ciepłe może przemieszczać się w symetrycznych dwuatomowych gazach, jak na przykład tlen (O_2) albo azot (N_2) tworzących powietrze wolno i bez przeszkód.

²⁴ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 26.

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 wydzielana jest w formie promieniowania cieplnego. Resztę stanowi ciepło konwekcyjne i niepełne spalanie²⁵.



Ryc. 8. Rozkład konwekcji i promieniowania przy przekazywaniu (transporte) ciepła podczas pożarów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in, dz. cyt., s. 34.

²⁵ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 27.

3.8. Źródła ciepła i zapłonu

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
- nuklearne²⁶.

Samozapalenie

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.

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, w wyniku 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 nie zapali się, gdy ją powiesimy na sznurze do suszenia prania, gdzie ruch powietrza powoduje odprowadzanie ciepła. 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

²⁶ Tamże, s. 28.

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 oleje²⁷.

Ciepło powstające na skutek rozkładu

Ciepło to powstaje na skutek rozpadu połączeń chemicznych, wywołanych reakcją endotermiczną. Takie połączenia są poza tym nadzwyczaj niestabilnie, a na początku 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 ciepła²⁸.

Ciepło wydzielane podczas rozpuszczania

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 palnej²⁹.

Energia cieplna powstająca podczas przepływu prądu elektrycznego

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 wymagane, aby nastąpił przepływ prądu, jest bardzo małe w porównaniu z tym, które

²⁷ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 29.

²⁸ Tamże, s. 30.

²⁹ Tamże.

jest potrzebne w przewodach, gdzie elektrony są mocno związane ze stałymi warstwami elektronowymi. Opór elektryczny jest właściwością materii zależną od budowy atomów i cząsteczek. Jest on proporcjonalny do napięcia niezbędnego do przepływu prądu określonej mocy przez przewodnik elektryczny. Niezbędna tutaj energia jest oddawana w formie ciepła³⁰.

Ogrzewanie wykorzystujące oporność materiałów

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 żarówek 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 cieplnej³¹.

Ogrzewanie dielektryczne

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 zagrożenie³².

Ogrzewanie indukcyjne

Jeżeli przewodnik elektryczny poddamy oddziaływaniu zmiennego pola magnetycznego lub przewodnik poruszał 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 zagrożenie³³.

³⁰ Tamże.

³¹ Tamże, s. 31.

³² Tamże.

³³ Tamże.

Ogrzewanie powodowane przez prąd upływowy

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 następstwie nastąpi wzrost wielkości prądu, co w końcu doprowadzi do dalszego jego rozgrzania i zapalenia³⁴.

Ogrzewanie powodowane przez łuk elektryczny

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 łatwopalnego³⁵.

Wyładowania elektrostatyczne

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

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 zaistnienia³⁶.

Mechaniczna energia cieplna

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 taśmowego³⁷.

³⁴ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 31.

³⁵ Tamże.

³⁶ Tamże, s. 32.

³⁷ Tamże.

Iskrzenie na skutek tarcia

Iskry powodujące zapłon to takie, które powstają podczas uderzenia jednego ciała o drugie, z których jedno z nich (bardzo często) jest metalem. Istnieją doniesienia o pożarach powstałych na skutek upadku stalowych przedmiotów na betonowe podłoże czy rury. Także obuwie posiadające metalowe okucia może wytworzyć wystarczającą ilość iskiei do zapłonu. To, czy taki zapłon nastąpi, jest w dużej mierze uzależnione od materiału i narzędzi. W przypadku stali temperatura iskiei 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 iskiei³⁸.

Ciepło sprężania

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 powietrze znajdujące się w rurze zanieczyszczonej substancją palną i ogrzeje się w ten sposób powyżej granicy zapłonu³⁹.

3.9. Rozwój pożaru

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 poprzez:

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

³⁸ Tamże, s. 31.

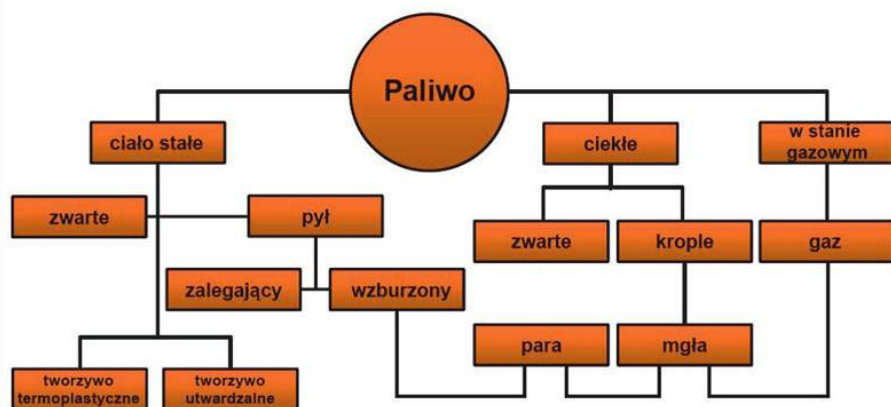
³⁹ Tamże, s. 32.



Ryc. 9. Przebieg procesu energetycznego przygotowania materiału do zapalenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 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 spaleni 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 spalanie⁴⁰.



Ryc. 10. Rodzaje materiałów palnych wg ich stanu skupienia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 35.

⁴⁰ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 33.

Obciążenie ogniowe jako strumień ciepły; intensywność spalania

Podczas spalania wytwarzany strumień ciepły zależy od wartości opałowej paliwa, ilości paliwa spalanego 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 6. 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 U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 37.

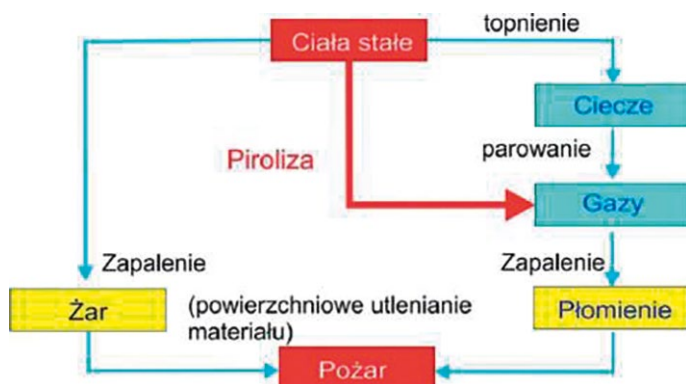
Strumień ciepły spalania jest zależny od składu chemicznego substancji palnej, a także od jego geometrycznego kształtu. Substancje palne mogą być pochodzenia roślinnego, jak i petrochemicznego. Do substancji palnych pochodzenia roślinnego będziemy zaliczali np. papier, drewno i bawełnę, a do petrochemicznych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

Tabela 7. 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 U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 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 duroplastyczne⁴¹.



Ryc. 11. Schemat procesu przygotowania ciała stałego do spalania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 37.

Obciążenie ogniowe jako czas spalania

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 8. Ważne produkty pirolizy

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

⁴¹ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 34.

Materiał palny	Ciepło spalania (MJ/kg materiału palnego)	HRR/kg O₂ (MJ/kg O₂)
Benzol	40	13
Polietylen	43	13
Polipropylen	43	13
Polistyrol	40	13
PCV	16	13
PMMA	25	13
PET	22	13
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

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 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,

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: 09.04.2018].

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:

- geometria pomieszczenia;
- wentylacja;
- rodzaj i ilość paliwa, które ulega spalaniu⁴⁴.

Fazy pożaru

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. przedroзорzeniowa), 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 płomień wypełniają całe pomieszczenie;
- III faza to okres spadku, formalnie zdefiniowany jako faza pożaru, której początek określa spadek do 80 procent szczytowej wartości temperatury⁴⁵.

⁴⁴ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 34.

⁴⁵ D. Małociąg, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), *Czerwona Księga Pożarów*, t. 2, CNBOP-PIB, Józefów 2016, s. 153–154.

Moc pożaru

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 9.

Tabela 9. 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: D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 158.

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

$$Q = m_f \Delta h_c$$

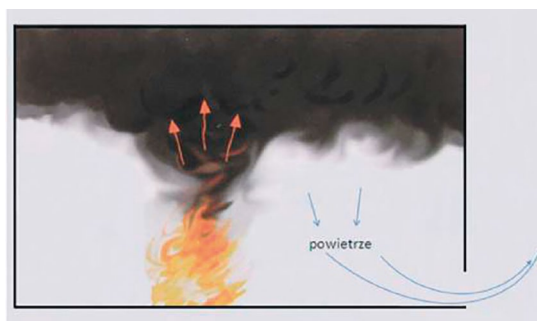
gdzie:

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. 12. Konwekcja energii ciepłej pożaru do górnej warstwy dymu w pomieszczeniu

Źródło: D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 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)⁴⁶.

⁴⁶ D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 155.

Tabela 10. 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	Srednie
Sklep	Szybkie
Magazyn przemysłowy lub pomieszczenie produkcyjne	Bardzo szybkie

Źródło: D. Małociąg, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 160.

Wysokość płomienia⁴⁷

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/m^2).

Temperatura wydzielanych gazów pożarowych

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

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

gdzie:

ΔT – maksymalny przyrost temperatury ($^{\circ}\text{C}$) ponad temperaturę w pomieszczeniu,

Q – całkowita moc pożaru (W),

k – współczynnik dotyczący ścian w narażonym przez pożar pomieszczeniu,

H – odległość od materiałów palnych (m).

⁴⁷ Tamże, s. 161.

Szybkość wytwarzania się warstwy dymu w pożarze, temperatura tej warstwy

Istnieją różne sposoby kontroli warstwy dymu podczas pożarów w pomieszczeniach. Zastosowanie tych sposobów umożliwia bezpieczną ewakuację ludzi oraz szybkie zlokalizowanie i ugaszenie pożaru przez ekipy ratownicze. Ważne znaczenie ma utrzymywanie dymu na wysokości powyżej głów 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. We wczesnej fazie rozwoju pożaru w pomieszczeniu produkty spalania materiałów palnych unoszą się do góry, 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 się warstwy dymu zależy częściowo od szybkości spalania, ale także od dopływu powietrza, które zasysane jest przez słup ognia przed powstaniem warstwy dymu. Szybkość wytwarzania się warstwy dymu na każdej wysokości nad źródłem pożaru może być wyrażona wzorem:

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

gdzie:

P_f – średnica pożaru (m),

y – odległość między podłogą a warstwą dymu poniżej poziomu sufitu pomieszczenia (m),

ρ_0 – gęstość powietrza (kg/m^3),

T_0 – temperatura powietrza (K),

T_f – temperatura kolumny ognia (K),

g – przyspieszenie ziemskie = $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ ⁴⁸.

⁴⁸ D. Małozieć, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 161.

3.10. Klasyfikacja pożarów

Klasyfikacja pożarów ułatwia zastosowanie odpowiednich procedur i modeli postępowania przy ich gaszeniu. Pożar jest zwykle charakteryzowany na cztery sposoby, ze względu na:

- rodzaj procesu spalania,
- intensywność rozwoju,
- dopływ powietrza,
- jego fazę⁴⁹.

Klasyfikacja ze względu na rodzaj procesu spalania

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

- faza przygotowania substancji palnej (faza przedzgorzeniowa),
- 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. 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).

W trakcie pożaru występują z reguły wszystkie trzy fazy. Ponieważ płomienie rozprzestrzeniają się we wszystkie strony ponad paliwem, faza wstępna pożaru jest obserwowana 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 palnych⁵⁰.

Klasyfikacja ze względu na prędkość rozwoju

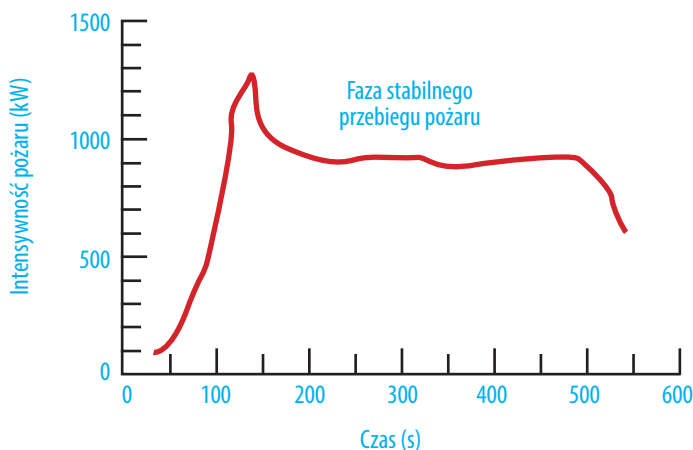
Ogień, którego intensywność w funkcji czasu ciągle narasta, jest to ogień rozwijający się. Można go zdefiniować poprzez szybkość spalania. Z reguły pożar narastający jest powiązany z istniejącą nadwyżką powietrza. Jego przyrost będzie trwał tak długo, dopóki paliwo nie zostanie zużyte albo nie zabraknie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

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.

⁴⁹ Tamże, s. 154.

⁵⁰ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 35.

Trzecią kategorię pożarów stanowią pożary ze spadającą prędkością spalania przy wystarczającym dopływie powietrza na skutek wyczerpywania się paliwa⁵¹.



Ryc. 13. Rozwój pożaru oraz intensywność jego rozwoju

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 36.

Klasyfikacja ze względu na dopływ powietrza

Pożary 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 powietrzu doprowadzanym przez istniejące otwory jest niewystarczająca. Spalanie jest wówczas warunkowane istniejącą wentylacją⁵².

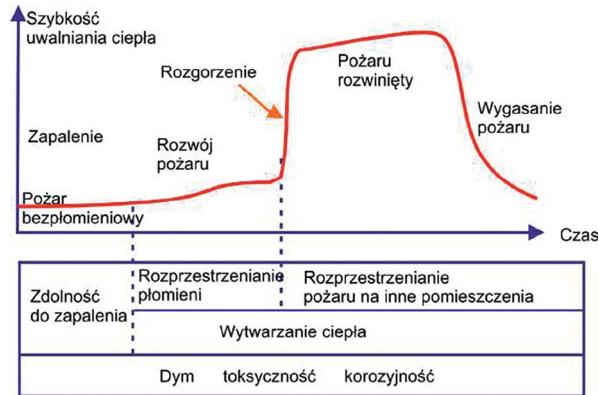
Klasyfikacja według fazy

Pożary można także rozróżniać wg etapów wczesnej fazy, do których zaliczyć można 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 tlenia⁵³.

⁵¹ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 35.

⁵² Tamże, s. 36.

⁵³ Tamże.



Ryc. 14. Fazy rozwoju pożaru

Źródło: Opracowanie własne na podstawie VdS 2827.

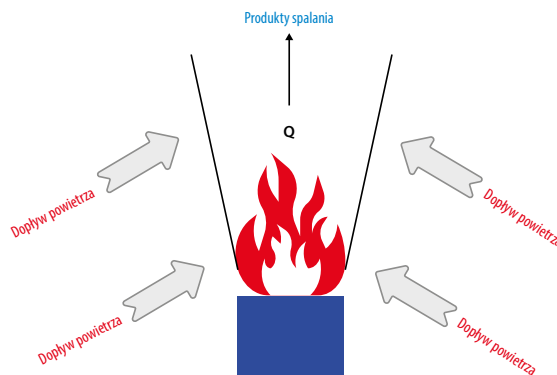
3.11. Wpływ kształtu pomieszczenia na przebieg pożaru

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

Pożar na wolnej przestrzeni

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.

Rycina 15 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.



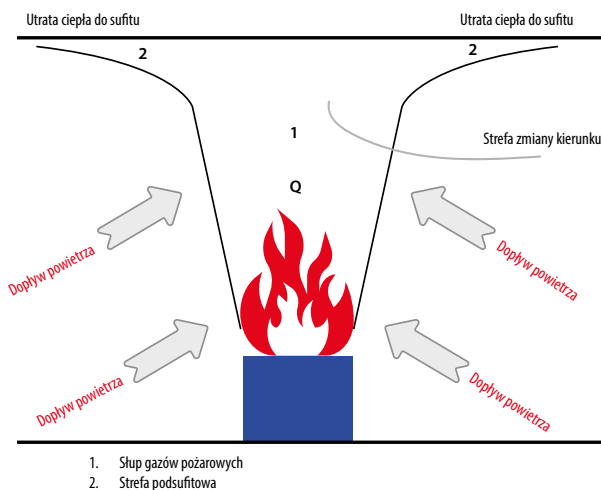
Ryc. 15. Ogień na terenie otwartym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 37.

Powyżej ognia wznosi się słup gorących gazów i produktów spalania. Takie słupy składające się z gorących produktów spalania i dymu określane są także jako słupy ognia. Ulegają one rozszerzeniu ku górze w kształcie kuli. Jeżeli nie ma żadnych przeszkód, wówczas powstają 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 schładzaniem 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 rozejść się, ale już tylko horyzontalnie. Jest to wynikiem schłodzenia się słupa dymu do temperatury otoczenia⁵⁴.

Ogień w części podsufitowej (oddalony od ścian)

Jeżeli nad ogniem znajduje się sufit, to wówczas dym, jak i gazy powstałe w wyniku spalania po dojściu do powierzchni sufitu natychmiast rozchodzą się poziomo we wszystkich kierunkach. Gdy mamy do czynienia z płaskim, równym sufitem, wówczas ten słup gazu i dymu rozchodzi się idealnie równo we wszystkich kierunkach. Ilustracja przedstawia wpływ, jaki wywiera sufit. Jeżeli powierzchnia sufitu spowoduje obrócenie słupa dymu, może wówczas dojść do jego podziału w dwóch obszarach.



Ryc. 16. Ogień pomiędzy podłogą a sufitem (brak ścian): 1. Kolumna konwekcyjna, 2. Strefa podsufitowa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 38.

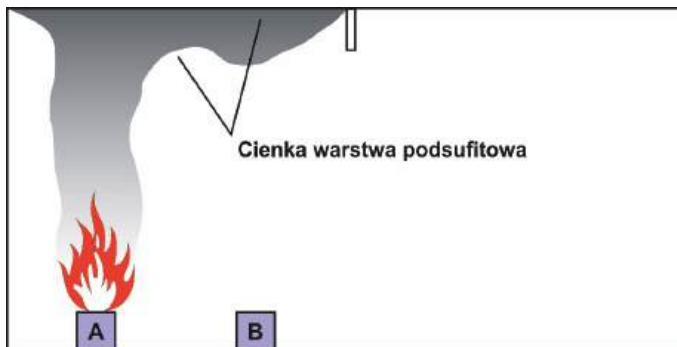
⁵⁴ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 37.

Zarówno temperatura, jak i prędkość znajdujących się w kolumnie konwekcyjnej spalin w dużym stopniu zależą od wysokości, na jakiej znajdują się one powyżej ognia, jak i bocz- nego odstępu od krawędzi ognia.

Prace badawcze wykazały, że w obszarze strefy obrotu kolumny konwekcyjnej (patrz ryc. 16) istnieje cały szereg współzależności. Zarówno temperatura, jak i prędkość spalin w tym punkcie stanowią głównie pochodną wysokości sufitu nad ogniem bazowym, ponie- waż wpływa ona na ilość zasysanego powietrza⁵⁵.

Pożar wewnętrzny – oddalony od ścian

We wczesnej fazie pożaru występuje swobodne palenie (patrz ryc. 17). Na ilustracji przedstawiono dwa materiały palne: A i B. Materiał A pali się, z kolei materiał B jest niezapa- lonym obiektem znajdującym się w wystarczającej odległości od palącego się obiektu, aby nie doszło do bezpośredniego zapalenia. Rozwijają się spalanie obiektu A, gazowe pro- dukty spalania gromadzą się w części podsufitowej i zostają pochwycone przez dolny ciąg.



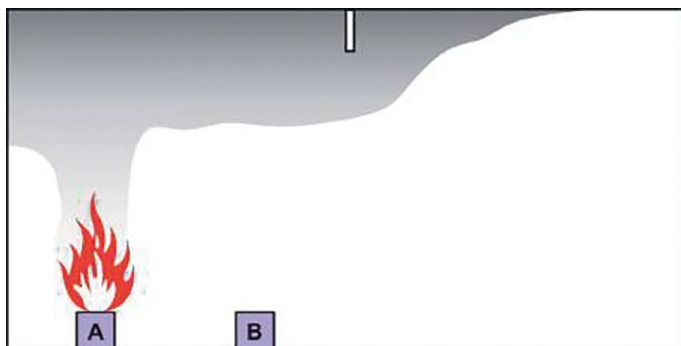
Ryc. 17. Wczesna faza pożaru – wpływ sufitu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 40.

Ponieważ ogień bez przerwy wytwarza gazy pożarowe, ich warstwa staje się coraz grubsza. Następnie, wskutek dolnego ciągu, przepływa do następnych pomieszczeń (patrz ryc. 18). Jeżeli od tego momentu nie następuje przyrost ognia, to mamy do czynienia ze spalaniem stacjo- narym. Zarówno warstwa spalin, jak i ich ilość odprowadzana z pomieszczenia pozostaje stała.

Ogień w pomieszczeniu rozwija się, gdy otwory okazują się zbyt małe, aby odprowa- dzić wytwarzane spaliny. Grubość warstwy spalin ulega ciągłemu powiększaniu nawet, jeżeli istnieje otwór prowadzący do sąsiedniego pomieszczenia (patrz ryc. 18).

⁵⁵ Tamże.



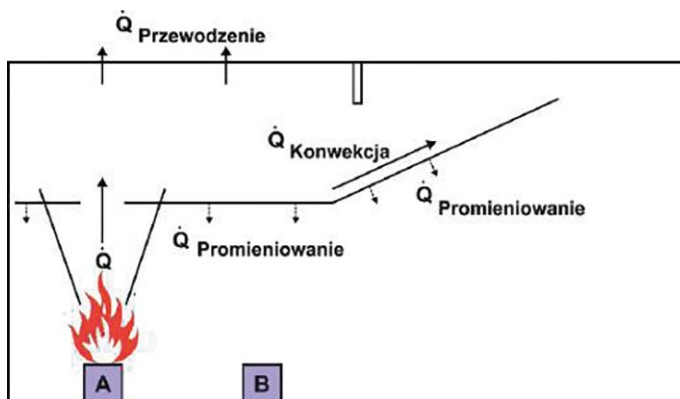
Ryc. 18. Narastający ogień i coraz grubsza warstwa spalin

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 40.

Wyżej opisaną sytuację objaśnia następujący model⁵⁶:

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

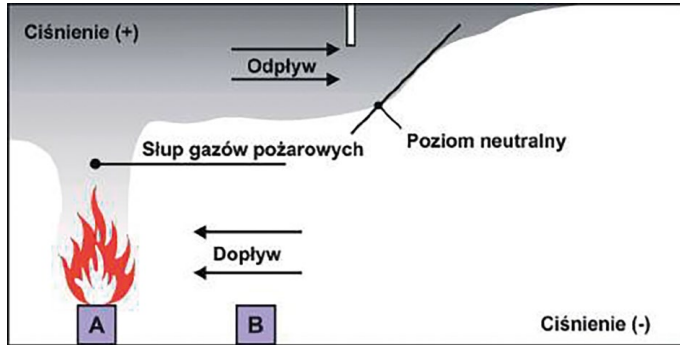
Model ten jest określany jako model strefowy (patrz ryc. 19). Tworzy się różnica ciśnień wynikająca z tego, że z jednej strony znajdują się gorące gazy, a po drugiej stronie zimne. Następuje przepływ gazów spalinowych do części sufitowej sąsiedniej przestrzeni. Ta sytuacja jest pokazana na ryc. 20.



Ryc. 19. Model strefowy w pomieszczeniu objętym pożarem

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 41.

⁵⁶ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 39.



Ryc. 20. Ciśnienie i dopływ powietrza w pomieszczeniu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 41.

Pożar przy ścianie lub w narożniku pomieszczenia

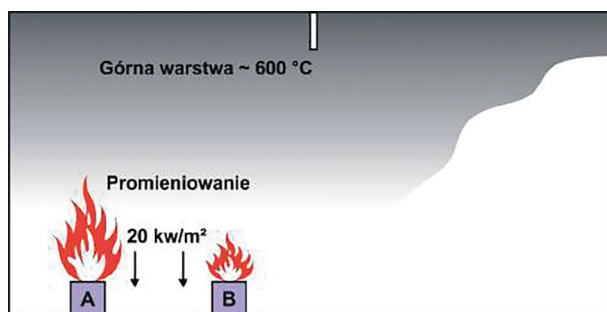
Usytuowanie ognia w pomieszczeniu może mieć znaczący wpływ na szybkość jego rozprzestrzeniania, temperaturę, jak i prędkość strumienia gazów pożarowych w okolicach sufitu. Jeżeli ogień w pomieszczeniu znajduje się w odpowiedniej odległości od ścian, wówczas powietrze może być zasysane do kolumny konwekcyjnej ze wszystkich stron, a spaliny mogą się równomiernie rozprzestrzeniać w części podsufitowej. Jeżeli ogień pali się w narożniku, 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. Jest to neutralna warstwa pod względem ciśnienia w stosunku do ciśnienia wewnątrz, jak i na zewnątrz. Na ryc. 20 objaśniono zróżnicowanie ciepła wewnątrz pomieszczenia z ogniem. Słup złożony ze spalin oddziałuje jak pompa, przemieszczając gorące spaliny do górnych warstw. Na ryc. 19 przedstawia to symbol 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 jednak ogień wzrasta, to warunki będą ulegać zmianie. Jeżeli temperatura górnych warstw będzie wzrastać, również powiększy się ich grubość i będzie można zaobserwować coraz większą ilość ciepła. W końcowym efekcie może doprowadzić to do zapłonu kolejnych

materiałów palnych. Tworzenie się gorącej warstwy pod sufitem odgrywa decydującą rolę w rozwoju pożaru. Promieniowanie ciepłe górnej warstwy powoduje nie tylko przygotowanie kolejnego materiału do zapalenia, ale również zwiększa prędkość spalania palącego się już materiału.

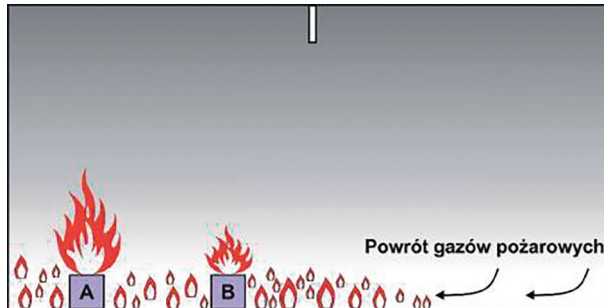
Substancja palna, która wchłania promieniowanie ciepłe gorących warstw gazów pożarowych, zostaje poddana procesowi gazyfikacji. Aby doszło do zapalenia całego materiału palnego w pomieszczeniu wystarczy jedynie osiągnięcie temperatury zapłonu. W całym pomieszczeniu wskutek promieniowania ciepłego, jak i konwekcji powstają produkty pirolizy, a w przeciągu kilku sekund następuje zapłon. Ten moment przejścia z fazy pożaru wstępnego do fazy pełnego spalania 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. 21 przedstawia sytuację przed rozgorzeniem i przed całkowitym rozwinięciem pożaru w pomieszczeniu.



Ryc. 21. Rozgorzenie – przejście do fazy pożaru całkowitego pomieszczenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 43.



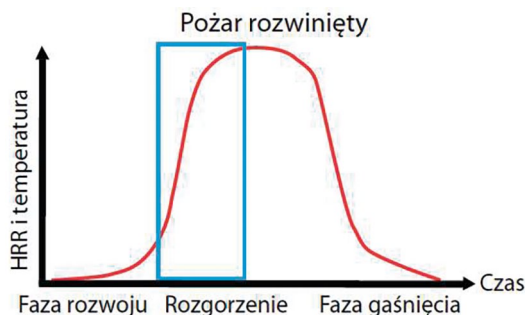
Ryc. 22. Pożar całkowity pomieszczenia po rozgorzeniu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 43.

Całkowicie rozwinięty pożar pomieszczenia przedstawiono na ryc. 22. 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. Dużą rolę w zapobieganiu powstawania rozgorzenia czy pożaru całkowitego odgrywa również natychmiastowe użycie środków gaśniczych (ręczne lub automatyczne). Zawsze powinno się przeciwdziałać rozgorzeniu, ponieważ prowadzi ono 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 stacjonarnego⁵⁷.

⁵⁷ W. Klein, J. Böke, dz. cyt., s. 38.



Ryc. 23. Krzywa temperatura / czas rozgorzenia

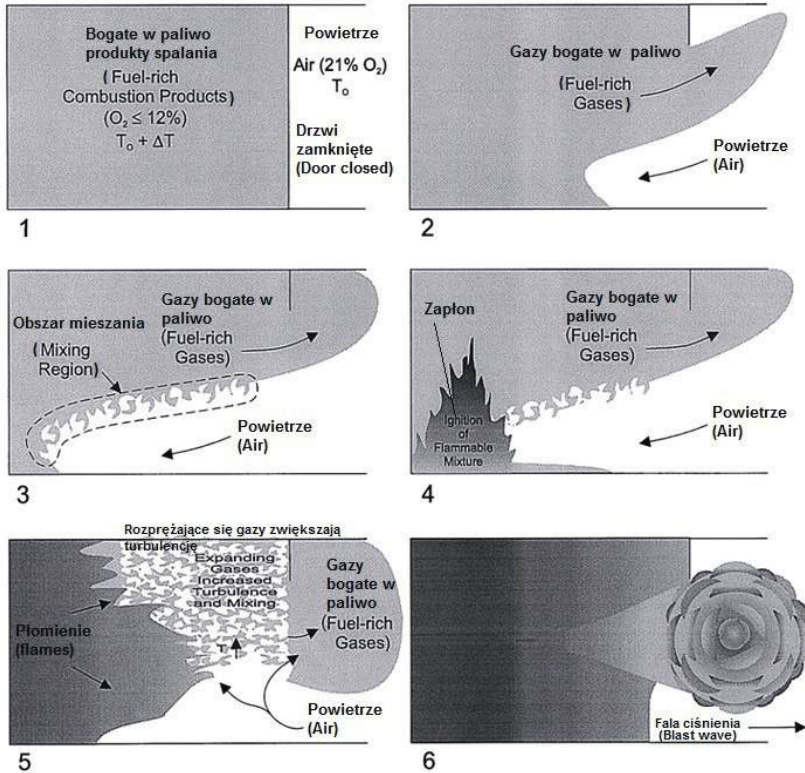
Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 74.

3.12. Ciąg wsteczny płomieni (*backdraft*)

Ciąg wsteczny płomieni określany jest jako spalanie płomieniowe mające miejsce w wyniku wejścia utleniacza (najczęściej powietrza) do pomieszczenia wypełnionego zgromadzonymi produktami niepełnego i niecałkowitego spalania oraz rozkładu termicznego (pirolizy). Schematycznie zjawisko to przedstawiono na rycinie 24.

W pomieszczeniu zamkniętym powstaje pożar. 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 niepełnego i niecałkowitego spalania o stosunkowo wysokiej temperaturze < 200–300°C. Na skutek nagłego otwarcia pomieszczenia (np. wybiście 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 niepełnego spalania nagromadzonych w górnej części pomieszczenia wypływający „z pomieszczenia” przez górną część otworu (ryc. 24–2). Napływające dołem świeże powietrze miesza się z produktami niepełnego spalania (ryc. 24–3). W momencie, gdy bogata w tlen mieszanina gazów dotrze do źródła 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. 24–5).

Następuje przyspieszenie płomieni, nagły wzrost objętości i ciśnienia gazów. Z otworu wypływa struga gorących produktów spalania, której może towarzyszyć również fala uderzeniowa (ryc. 24–6). Płonące, wypływające gazy przekształcają się następnie w kulę ognia.



Ryc. 24. Schemat powstawania wstecznego ciągu płomieni

Źródło: D. Małociąg, R. Porowski, D. Wróblewski (red.), dz. cyt., s. 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 cieplną 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 11.

Tabela 11. 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

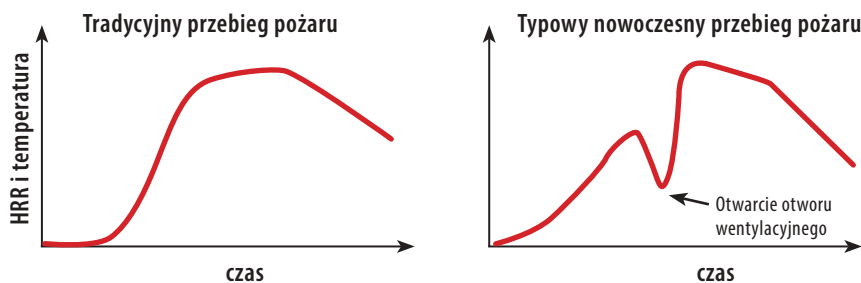
Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 55.

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 nowoczesnego 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. 25. Porównanie krzywej przebiegu pożaru kiedyś i dziś

Źródło: Opracowanie własne na podstawie U. Cimolino, J. Südmersen, A. Ridder i in., dz. cyt., s. 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 (szybsze rozprzestrzenienie, szybsze wystąpienie rozgorzenia w pomieszczeniu i w większych przestrzeniach),
- z wytwarzaniem większej ilości dymu,
- w sposób kontrolowany przez wentylację oraz zależny od dopływu powietrza⁵⁸.

⁵⁸ D. Małozieć, R. Porowski, D. Wroblewski (red.), dz. cyt., s. 172

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

Zgodnie z § 226 Warunków Technicznych⁵⁹ 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 pożarowy⁶⁰ – 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:

- sposób funkcjonowania urządzeń przeciwpożarowych, innych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, urządzeń użytkowych lub technologicznych oraz ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie,
- 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 profilaktyki pożarowej oraz z odpowiednimi parametrami wejściowymi do symulacji, tworzy rdzeń planowanych realizacji lub modernizacji obecnych niewystarczających systemów zabezpieczeń.

⁵⁹ 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.).

⁶⁰ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. poz. 2117).

Na podstawie symulacji pożaru mogą zostać wypracowane 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 zawodzą.

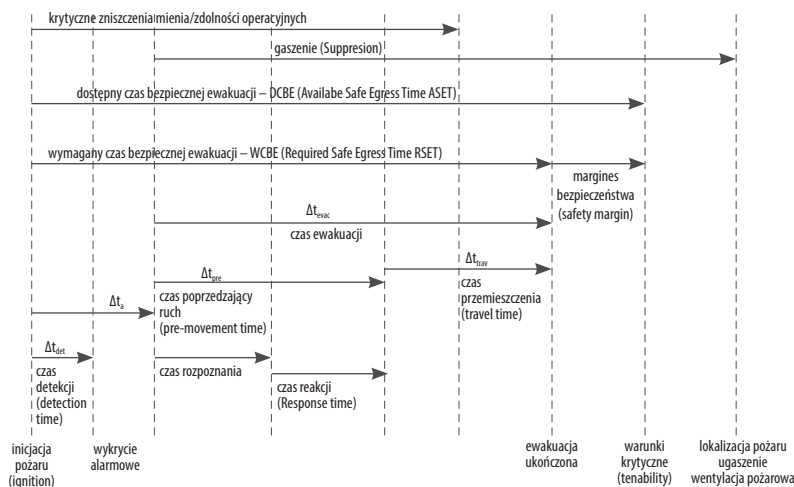
Przed każdą techniczną analizą ochrony przeciwpożarowej, muszą być zebrane, znane lub przyjęte, podstawowe parametry konstrukcyjne ocenianego budynku. Charakterystyczne parametry mogą być przyjęte z zasady z dokumentacji projektowej, w przypadku obiektów nowo projektowanych, lub z instrukcji bezpieczeństwa 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 26. 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.



Ryc. 26. 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” 2012, 9.

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 tlenku 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 12. 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 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 na podstawie VdS 2728:2000-05 Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte.

Tabela 13. Przykład celów inżynierjno-projektowych dla ochrony wartości materialnych

Parametr	Wartość graniczna	Wartość graniczna ze współczynnikiem bezpieczeństwa*
Promieniowanie ciepłe 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 na podstawie VdS 2728:2000-05 Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte.

4.2. Opracowywanie scenariuszy pożarowych

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:

- częstych przyczyn pożarów w podobnych obiektach,
- 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 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 analogiczne dane historyczne z innych krajów z podobnymi doświadczeniami (jeśli są dostępne) lub oprzeć się na opinii 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).

Pośród 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 14. 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.
Przedmioty, które mogą ulec zapaleniu w pierwszej kolejności:	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 14).

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 deterministycznie⁶¹, ale również probabilistycznie⁶². 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 kolejnego. Ten proces powtarza się, aż dojdzie do wszystkich zdarzeń. Należy zauważyć,

⁶¹ Determinizm przyczynowy – koncepcja filozoficzna, według której wszystkie zdarzenia w ramach przyjętych paradygmatów są połączone związkiem przyczynowo-skutkowym, a zatem każde zdarzenie i stan jest zdeterminowane przez swoje uprzednio istniejące przyczyny (również zdarzenia i stany), <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/Determinizm%20przyczynowy%20.html>, *Encyklopedia PWN* [dostęp: 08.04.2018].

⁶² 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].

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). Ogólnie należy je rozumieć jako pewną miarę przewidywalności bądź pewności względem zjawiska (przy danej o nim wiedzy), co umożliwia ocenę potencjalnie związanego 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 przyjąć konserwatywnie.

Ocena ryzyka

By zapewnić bezpieczeństwo obiektu (np. muzealnego albo jakiegokolwiek innego), trzeba znać niebezpieczeństwa, na które jest on narażony. Przy analizie problemów bezpieczeństwa (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 15. Podstawowe pojęcia teorii ryzyka i bezpieczeństwa⁶³

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	R_A, R_B, R_C
Zarządzanie ryzykiem	Wypracowanie kompleksowych przedsięwzięć (techniczno-inżynierskich, gospodarczych, socjalnych i tak dalej), które są właściwe obniżyć 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: J. Kielin (tłum.), *Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru*, 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.

Na przykład ryzyko człowieka jest to możliwość utraty dobrego imienia lub reputacji. Dzieje się tak często 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. Ryzyko można zmierzyć korzystając ze wzoru⁶⁴:

$$R = P \cdot U$$

⁶³ J. Kielin (tłum.), *Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru*, Wydawnictwo Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2008, s. 51.

⁶⁴ Tamże, s. 55.

gdzie:

P – prawdopodobieństwo wystąpienie zdarzenia destrukcyjnego,

U – matematyczne oczekiwanie (średnia wartość) szkody.

Pod pojęciem prawdopodobieństwo jest rozumiana zawsze frekwencyjnie wyprowadzana 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 publikacji: *Humanity and fires*, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa, 2010, s. 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 rozprzestrzeniania 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 ujednoclenie 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, np.:

- 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, np.:

- w wyniku eksperymentów (takich 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 przyjąć odpowiednie 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 założeń, 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 ostatnie 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 ustalanie 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 dolutowych. Wiatr ma na rozwój źródła ciepła jedynie niewielki wpływ, a zatem można pominąć go w ogóle.⁶⁵

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:
 - kształt 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.

W zależności od konkretyzacji celów ochronnych i akceptowalnego poziomu strat przyjmować należy różne i odpowiednie do tych założeń scenariusze pożarowe. Pierwszej weryfikacji można dokonać na podstawie niżej przedstawionych dużych scenariuszy pożarów 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.

⁶⁵ VdS 2728:2000-05 Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte.

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 bezpieczeństwa⁶⁶.
 6. Szacowanie potencjalnych szkód powinno opierać się o:
 - opis prognozowanych skutków pożarów/obraz strat oparty o scenariusz pożarowy,

⁶⁶ Rozpatrywanie 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).

- 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.

4.3. Ochrona zabytków

Ochrona zabytków⁶⁷ 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 zaginięciem⁶⁸.

Przedsięwzięcia ochronne określone w ustawie są realizowane poprzez:

- zapobieganie i prowadzenie prac przygotowawczych – w czasie poprzedzającym wystąpienie konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej,
- podwyższenie gotowości – wprowadzanej w okresie narastania bezpośredniego 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. 2017, poz. 1897),
- reagowanie – w czasie wystąpienia i trwania konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej,
- zabezpieczenie i dokumentowanie – po ustąpieniu konfliktu zbrojnego lub sytuacji kryzysowej.

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

- opracowanie planów ochrony zabytków na wypadek konfliktu zbrojnego i sytuacji kryzysowych,
- kontrolę i doskonalenie stanu technicznego zabytków,

⁶⁷ Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2017, poz. 2187).

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).

- instalowanie i utrzymywanie w sprawności urządzeń i systemów zabezpieczenia zabytków, w tym sygnalizacji wykrywania i alarmowania (np. o pożarze),
- projektowanie i wykonywanie inżynieryjno-technicznych prac zabezpieczających przy zabytkach, takich jak:
 - podwyższenie klasy odporności ogniowej i poprawa właściwości konstrukcyjnych,
 - zabezpieczenia przed skutkami wybuchów, wichur, śnieżyc, powodzi lub zalania z innych przyczyn, osunięć lub zapadnięć gruntu,
 - obudowa lub osłona fragmentów szczególnie wartościowych i narażonych na destrukcję.

Podwyższenie gotowości obejmuje następujące czynności:

- demontaż i ukrycie najcenniejszych detali architektonicznych i elementów wyposażenia,
- zgromadzenie i utrzymywanie w gotowości urządzeń, sprzętu, narzędzi, opakowań, materiałów niezbędnych do wykonania prac zabezpieczających i działań ratowniczych,
- zorganizowanie systemu monitorowania zagrożeń, alarmowania i powiadamiania,
- wyznaczenie i przygotowanie zespołów ludzkich do prac zabezpieczających i działań ochronnych⁶⁹.

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 kultury⁷⁰.

⁶⁹ § 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).

⁷⁰ 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 planie ochrony zabytków znajdujących się w obiekcie zabytkowym lub muzeum.

5. SCENARIUSZE POŻARÓW I POŻARY OBLICZENIOWE

W obiektach muzealnych, w zależności od warunków lokalnych i czasowych, może wystąpić wiele teoretycznie możliwych procesów pożarowych. Dla każdego pomieszczenia, każdej jednostki powierzchni użytkowej i każdej strefy pożarowej można przewidzieć liczne scenariusze pożarowe, które będą zależne od różnych czynników, takich jak np. przyczyna pożaru, miejsce jego wystąpienia, specyficzne zagrożenie pożarowe. Dlatego też w celu określenia sposobu ochrony przeciwpożarowej obiektu budowlanego należy zdefiniować tak zwane scenariusze pożarów obliczeniowych. Scenariusze pożarów obliczeniowych uwzględniają wszystkie istotne parametry, które mogą wpływać na przebieg pożaru, a także elementy związane z bezpieczeństwem. Należą do nich w szczególności: współdziałanie środków ochrony przeciwpożarowej, działania ludzi (np. akcja gaśnicza podjęta przez personel, lokalna straż pożarna) oraz efekt zastosowania rozwiązań technicznych zastosowanych w budynku. Zawiera się w nich również kwestie dotyczące sposobu użytkowania obiektu i ewentualnie zewnętrznych warunków klimatycznych.

Na etapie projektowania obiektu w celu przeprowadzenia wiarygodnej weryfikacji inżynierskiej konieczne jest wykonanie opisu w ujęciu jakościowym i ilościowym z wykorzystaniem odpowiednich scenariuszy pożarów obliczeniowych. Specyfikacja scenariuszy pożarów ma na celu zdefiniowanie i sprecyzowanie właściwych założeń, za pomocą których przedstawione zostaną obciążenia ogniowe odpowiednie dla rozpatrywanego przypadku. Dzięki temu w razie rzeczywistego pożaru zachodzi małe prawdopodobieństwo przekroczenia parametrów przyjętych dla przebiegu pożarów obliczeniowych. Dokonując oceny oddziaływania pożaru w przypadku zastosowania metody pożaru obliczeniowego i symulacji pożaru, zwykle nie przeprowadza się obliczeń procesu spalania, wyznacza się natomiast skutki pożaru określone wcześniej jako źródłowe. W okresie poprzedzającym wykonanie symulacji pożaru, w celu ustalenia przebiegu pożaru obliczeniowego, wyznacza się w sposób ilościowy parametry wydzielania ciepła i dymu. Powstały w ten sposób pożar obliczeniowy jest źródłem niezbędnych danych wejściowych do symulacji pożaru.

Zabezpieczenie obiektu przed wszystkimi możliwymi incydentami pożarowymi zależy w szczególności od zdefiniowanych celów ochrony. Tak zwane sytuacje mogące wystąpić w najgorszym przypadku, których warunki brzegowe są skrajnie nieprawdopodobne, zwykle nie są brane pod uwagę⁷¹. Obliczenia są zazwyczaj realizowane na podstawie najgorszych wiarygodnych scenariuszy (zwanym dalej autorytatywnymi scenariuszami) oraz założeń, których warunki brzegowe mogą również wystąpić z wystarczającym prawdopodobieństwem podczas całego okresu użytkowania budynku.

Pośród dużej liczby możliwych scenariuszy pożarów należy niektóre wybrać lub od nowa zaprojektować, aby zawęzić wymagane badania parametrów wspomagane komputerowo, które prowadzą do wystarczająco bezpiecznych koncepcji, umożliwiających rozwiązanie problemów ochrony przeciwpożarowej.

⁷¹ J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt.

Wystąpienie pożaru jest zawsze determinowane przez szereg czynników, w szczególności przez obecność materiału palnego, rodzaj i moc źródła zapłonu, konfigurację pomieszczenia i wentylację. W związku z powyższym dokładne przewidzenie rozwoju pożaru jest praktycznie niemożliwe. Jednocześnie podczas oceny bezpieczeństwa pożarowego w budynkach i zwymiarowania określonego pożaru można skorzystać z pomocy odpowiednio wykwalifikowanych ekspertów. Mogą oni określić procesy, które można dalej poddać analizie w kontekście badań parametrów z wykorzystaniem metod inżynierii ochrony przeciwpożarowej. Te mogą być także wykorzystane jako podstawa do obliczeń.

W przypadku interpretacji wyników przeprowadzonych badań inżynierskich w odniesieniu do założonych celów ochrony przeciwpożarowej decydujące znaczenie ma to, aby specyfikacje sporządzone dla scenariuszy pożarów obliczeniowych, w odniesieniu do późniejszych zastosowań, były przestrzegane jako dopuszczalne górne wartości graniczne. W związku z powyższym z odpowiednią ostrożnością należy przyjąć wszystkie założenia w odniesieniu do zmian zachodzących w czasie.

Scenariusze pożarów obliczeniowych

W przypadku ustalenia scenariuszy pożarowych należy uwzględnić aspekty bezpośrednio związane z materiałami palnymi, ponieważ mają one większe znaczenie w ocenie ryzyka. Aspekty te obejmują poniższe zagadnienia:

- materiały palne, których można spodziewać się w danym pomieszczeniu i sposób ich rozmieszczenia lub przechowywania,
- mechanizm zapalenia się substancji (palność) i tendencja do samodzielnego palenia się tych substancji w założonym układzie,
- źródła (inicjatory) zapłonu, które mogą oddziaływać na te substancje w trakcie trwania scenariusza,
- produkty spalania i energia, które mogą być uwalniane w trakcie spalania tych substancji.

Oprócz zakładanych właściwości materiałów o rozwoju pożaru decydują przede wszystkim warunki spalania i środki gaśnicze. Warunki spalania odnoszą się do dostępnego tlenu atmosferycznego w strefie spalania. W przypadku środków gaśniczych należy określić czas ich zadziałania w stosunku do wielkości pożaru i osiągniętej do tego momentu prędkości rozprzestrzeniania się ognia, a także ich zakładaną skuteczność w oddziaływaniu na przebieg pożaru.

Inne techniczne środki ochrony przeciwpożarowej, w szczególności automatyczne systemy sygnalizacji pożaru, nie mają bezpośredniego wpływu na pożar. Mogą jednak rzutować na szybkość działań gaśniczych, np. użycia podręcznego sprzętu gaśniczego, a tym samym pośrednio również wpływać na przebieg pożaru. Zastosowanie tych środków ochrony przeciwpożarowej w zakresie planowania ochrony przeciwpożarowej ma miejsce przede wszystkim w obszarze ochrony osób.

Na scenariusze pożarowe mają wpływ strukturalne, techniczne oraz organizacyjne warunki brzegowe. Spośród scenariuszy należy wybrać te, które są istotne dla dokonania pomiarów w odniesieniu do określonego celu ochrony, który ma podlegać sprawdzeniu. Istotną rolę odgrywają prawdopodobieństwo zaistnienia scenariusza (np. pożar ugaszony/nieugaszony za pomocą instalacji tryskaczowej), a także ewentualna skala skutków po pożarze.

W przypadku obliczenia wpływu temperatur pożarowych na stateczność elementów budynku ze względu na potencjalny stopień uszkodzeń pożarowych zakłada się, że wystąpi scenariusz pełnego pożaru, tzn. zawiodą wszystkie środki gaśnicze dostępne dla personelu obiektu w formie podręcznego sprzętu gaśniczego, straży pożarnej lub w systemach gaśniczych.

W celu potwierdzenia bezpieczeństwa osób przyjmuje się scenariusze pożarów jako przypadki normalne, biorąc pod uwagę planowane skutki działania projektowanych lub istniejących aktywnych i pasywnych środków ochrony przeciwpożarowej. Jednakże dodatkowo scenariusze awarii uznane za wystarczająco prawdopodobne powinny być również analizowane w sposób deterministyczny z uwzględnieniem okoliczności, w których co najmniej jeden z przewidzianych środków ochrony przeciwpożarowej zawodzi i nie działa zgodnie z przeznaczeniem. Dodatkowa weryfikacja pokazuje między innymi, jak przyjęte rozwiązanie sprawdzone w normalnych warunkach reaguje na niepowodzenie poszczególnych środków ochrony przeciwpożarowej lub jaki jest wkład niektórych środków ochrony przeciwpożarowej w osiągnięcie celu ochrony obiektu.

Za pomocą tych scenariuszy można zweryfikować zależność sprawdzonego rozwiązania względem indywidualnie dobranych systemów ochrony przeciwpożarowej. Może to prowadzić do sformułowania ocen odnośnie do poziomu ich niezawodności – lub nawet do stwierdzenia, że są one zbędne. Wyniki dotyczące tych scenariuszy można również ocenić przy użyciu odpowiednio słabszych kryteriów działania (niż pierwotnie uwzględnione stany graniczne). Na przykład, jeśli chodzi o ocenę użyteczności dróg ewakuacyjnych, wartości szacunkowe dla przypadku normalnego charakteryzują się tak wysokimi wymaganiami, że stany graniczne wiążą się z wystąpieniem utrudnienia podczas ucieczki.

Za najgorszy zasadniczo uznaje się scenariusz, w którym wszystkie planowane środki ochrony przeciwpożarowej (lub ich większość) zawiodły bądź podstawowe założenia weryfikacji nie mają zastosowania.

Symulacje pożarów tworzy się na podstawie pożarów obliczeniowych, które powstają z kolei z wykorzystaniem scenariuszy pożarów. W trakcie obliczeń mogą wystąpić warunki, które odbiegają od podstawowych założeń scenariuszy. Dlatego też założenia obliczeniowe należy sprawdzić w odniesieniu do uzyskanych wyników.

Zasady identyfikacji odpowiednich scenariuszy pożaru obliczeniowego

Przy określaniu odpowiednich scenariuszy pożarów obliczeniowych należy wziąć pod uwagę co najmniej następujące czynniki⁷²:

- niezmiennic parametry w obiekcie:
 - geometria obszaru spalania (wymiar: pomieszczenia, w którym ma miejsce pożar oraz otworów wentylacyjnych),
- parametry zmienne:
 - rodzaj (obciążenie ogniowe, materiały palne), wielkość i umiejscowienie źródła ognia,
 - źródła zapłonu / inicjatory zapłonu, a także rodzaj i sposób przechowywania materiałów/przedmiotów, które zapaliły się jako pierwsze, w celu uwzględnienia miejscowych scenariuszy pożarów,
 - fazy pożaru (powstanie pożaru / faza wstępnego spalania, faza rozprzestrzeniania się pożaru,
 - miejscowo ograniczony w pełni rozwinięty pożar, pełny pożar w pomieszczeniu),
 - warunki wentylacji i otwarcia otworów,
 - warunki wyzwalania aktywnych (technicznych) środków ochrony przeciwpożarowej,
- przypadki specjalne (do rozważenia tylko w wyjątkowych sytuacjach):
 - zdarzenia specjalne/rzadkie i wyjątkowe (np. podpalenie z wieloma źródłami pożaru i z udziałem akceleratorów pożaru),
 - scenariusze, w których zamierzone środki ochrony przeciwpożarowej nie działają wcale lub zgodnie z przeznaczeniem.

W zależności od specyfikacji celów ochrony i przyjętego rozmiaru uszkodzeń należy zastosować różne i odpowiednie scenariusze pożarów obliczeniowych. W pierwszej kolejności można przyporządkować podstawowe cechy scenariusza do następujących celów ochrony:

1. Aspekty ochrony osobistej użytkowników.
Faza wstępnego czasu palenia jest zwykle pomijana i stanowi potem część koncepcji bezpieczeństwa/dodatkowej rezerwy bezpieczeństwa, która nie jest określana ilościowo w czasie na podstawie prowadzonej symulacji pożaru. Zasadnicze wymagania dotyczące bezpieczeństwa osób są oceniane w zależności od fazy rozprzestrzeniania się ognia.
2. Ratowanie osób.
Wymóg i zakres ratowania innych osób oraz określenie celów ochrony wpisuje się w koncepcję ochrony przeciwpożarowej z uwzględnieniem kryteriów specyficznych dla danego obiektu. Do tego zagadnienia należy się odnieść bezpośrednio.

⁷² J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt.

Pod uwagę brane są scenariusze rozprzestrzeniania się pożaru w pobliżu ratowanych osób, ale także pełne scenariusze pożaru w innych częściach budynku.

3. Umożliwienie prowadzenia skutecznych działań ratowniczo-gaśniczych przez straż pożarną.

W zasadzie koncepcje ochrony przeciwpożarowej opierają się na ocenie skuteczności sprzętu gaśniczego podczas natarcia wewnętrznego wykonywanego przez jednostki straży pożarnej. Maksymalny rozmiar pożarów, które nadal mogą być opanowane przez siły straży pożarnej, zależy od skuteczności jej działań. Zasadniczo zastosowane natarcie wewnętrzne musi zapewnić stabilność głównej konstrukcji budynku niezbędnej do dalszego gaszenia pożaru (zob. stabilność).

4. Stabilność i integralność w przypadku pożaru.
Zaawansowane, w pełni rozwinięte pożary, które na ogół w przypadku małych pomieszczeń występują jako pożary całkowite, a w przypadku dużych pomieszczeń postrzegane jako pożary lokalnie ograniczone.

5. Ochrona mienia.

Określenie celów ochrony zależy w dużej mierze od indywidualnego przypadku. Nie można podać żadnych ogólnych wskazań na ten temat.

Przygotowując obliczenia niezbędne do symulacji pożaru, można określić scenariusze pożaru poprzez systematyczną ocenę zmiennych parametrów. Po pierwsze, możliwe/wyobrażalne scenariusze pożarów są zestawiane na podstawie rozpoznanych zagrożeń pożarowych, a następnie oceniane pod kątem ich zakładanego prawdopodobieństwa wystąpienia i spodziewanego zakresu szkód związanych z celem ochrony (oba zazwyczaj: według oceny eksperta). W tym celu należy ogólnie ocenić następujące aspekty dla każdego scenariusza pożaru:

1. Wybrać lokalizację źródła pożaru:
 - wybierane jest pomieszczenie lub miejsce w pomieszczeniu, gdzie zachodzi prawdopodobieństwo wybuchu pożaru, który może mieć duże lub niebezpieczne skutki,
 - z reguły przewidywanych jest kilka możliwych źródeł pożaru i równie prawdopodobnych w jednym pomieszczeniu. W takiej sytuacji wybrane źródło pożaru powinno być reprezentatywne, tj. powinno spełnić wszystkie warunki przypisane pozostałym źródłom zapłonu w obszarach pojawienia się ognia. Jeśli nie jest to możliwe, może być konieczne rozważenie kilku źródeł pożaru. Wybrane są tak zwane scenariusze reprezentatywne.
2. Opisać obciążenie ogniowe i rozwój pożaru:
 - opisać obciążenie ogniowe, które z wysokim prawdopodobieństwem wystąpi w pożarze (rodzaj, lokalizacja i sposób przechowywania materiałów, ilość, ryzyko rozprzestrzeniania się ognia),
 - określić rozwój pożaru (wydzielanie ciepła na początku fazy rozprzestrzeniania

- się pożaru) oraz – w stosownych przypadkach – obiekty, które zostaną objęte ogniem jako pierwsze,
- na podstawie tych informacji obliczyć w szczególności szybkość wydzielania ciepła i prędkość rozprzestrzeniania się pożaru obliczeniowego.
3. Opisać warunki wentylacji w pomieszczeniu objętym pożarem:
 - otwory (takie jak okna, drzwi, IODiC₂, itp.) z uwzględnieniem ich powierzchni otwarcia lub kryteriów ich wydajności (przepływ masowy), ich rozmieszczenia w budynku oraz warunków otwarcia.
 4. Rodzaj pożaru:
 - zdefiniować fazę pożaru, która jest przede wszystkim istotna dla celu badań i tymczasowo określić, czy jest to pożar kontrolowany obciążeniem ogniowym (dostępna wystarczająca ilość powietrza do spalania), czy też jest to pożar kontrolowany przez wentylację.
 5. Wpływ technicznych systemów bezpieczeństwa na przebieg i scenariusz pożaru:
 - uwzględniając środki techniczne (np. automatyczne systemy gaśnicze, takie jak instalacje tryskaczowe), można ograniczyć niezakłócone rozprzestrzenianie się ognia. W tym celu należy zdefiniować kryteria aktywacji wybranych systemów i opisać ich spodziewany wpływ na pożar,
 - zastosowanie technicznych środków systemowych podczas definiowania obliczeniowych scenariuszy pożaru i wynikające z tego ograniczenie krzywej pożaru należy ocenić z uwzględnieniem prawdopodobieństwa niezadziałania systemów technicznych. Ogólnie przyjmuje się oczekiwaną skuteczność wszystkich środków bezpieczeństwa.
 6. Gaszenie pożaru przez straż pożarną:
 - uwzględnić wpływ działań straży pożarnej (skuteczność gaszenia pożaru) na przebieg pożaru obliczeniowego; interwencja straży pożarnej podczas scenariusza pożaru obliczeniowego musi być każdorazowo skoordynowana z właściwą jednostką ochrony przeciwpożarowej,
 - z reguły działania straży pożarnej nie mogą być konkretnie zdefiniowane w określonym czasie, ponieważ decyzje dowództwa akcji muszą opierać się na rzeczywistej sytuacji zastanej na miejscu oraz faktycznie dostępnych siłach i środkach ratowniczych. Czasu potrzebnego na wykonanie działań nie można wyznaczyć z wymaganą wiarygodnością. Często jednak zasady planowania działań straży pożarnych można wykorzystać do oceny inżynierskiej i zaangażowania straży pożarnej w symulacje pożaru.
 7. Oszacowanie spodziewanych szkód:
 - spodziewane konsekwencje pożaru / schematy strat spowodowane realizacją scenariusza pożaru muszą być opisane i ocenione,
 - ogólna ocena i wybór scenariusza pożaru obliczeniowego,

- wybór jednego lub – jeśli to konieczne – kilku scenariuszy pożarów obliczeniowych. Dzięki temu uwzględnione zostaną scenariusze, które mogą wystąpić, dzięki czemu
- zmniejsza się ryzyko popełnienia błędu,
- kryterium doboru to spodziewany zakres strat (skutków) w całym okresie eksploatacji budynku. Dlatego też prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń mnożone jest przez spodziewaną wielkość szkód. Proces ten odbywa się zwykle w oparciu o dostępną wiedzę.

Scenariusze pożarów obliczeniowych pod kątem oceny użyteczności dróg ewakuacyjnych

O bezpieczeństwie osób decydują początkowe warunki w fazie rozprzestrzeniania się pożaru. Zakłada się, że osoby będą mogły ratować się przewidzianymi do tego drogami ewakuacyjnymi. W mającym znaczenie okresie oceny, w tym samym czasie rozprzestrzenia się ogień i odbywa się ewakuacja. Celem jest przegląd kryteriów, za pomocą których wykazane zostanie zachowanie osób.

Z reguły, aby ocenić bezpieczeństwo osób, należy przeanalizować kilka scenariuszy. Należy wziąć pod uwagę, że warunki wentylacji powinny obejmować zarówno pożary niewentylowane z małą szybkością wydzielania ciepła, jak i pożary odpowiednio wentylowane z dużą szybkością wydzielania ciepła.

Scenariusze pożarów obliczeniowych uwzględniające działania ratownicze prowadzone przez straż pożarną

Efekty działań ratowniczych prowadzonych przez straż pożarną są przewidywalne tylko w przypadku obiektów charakteryzujących się niskim ryzykiem wystąpienia pożaru dla ich użytkowników. Typowym przykładem działań ratowniczych prowadzonych w tego typu obiektach jest ewakuacja z mieszkań lub pokoi hotelowych przez zadymione korytarze lub za pomocą drabin ratowniczych obsługiwanych przez straż pożarną.

Zasadniczo działania ratownicze w ww. budynkach można zaplanować koncepcyjnie jako obszar zawarty w projektowaniu ochrony przeciwpożarowej, ale tylko dla tych części budynku, na które pożar nie ma bezpośredniego wpływu, tj. dla jednostek użytkowych i części budynku, w których nie występują źródła ognia.

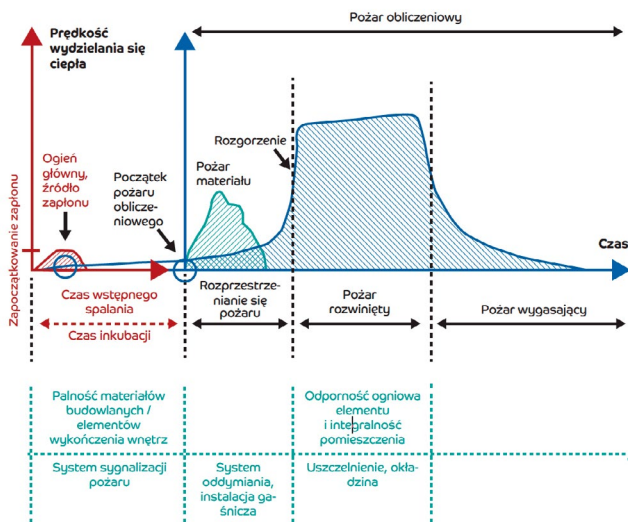
Do realizacji działań ratowniczych jest wymagane określenie warunków brzegowych, które można zweryfikować metodami inżynieryjnymi. Na przykład dla użyteczności korytarza istotna jest odporność ognia ścian korytarza i stropu (w tym sufitów podwieszanych) oraz klasa reakcji na ogień materiałów budowlanych. Pod kątem zagrożeń powinno zostać ocenione możliwe wydostawanie się ognia i dymu przez otwory w budynku w kierunku pobliskich obszarów elewacji.

Scenariusze pożarów obliczeniowych odpowiednie do sytuacji powinny zakładać pełny pożar lub zdarzenie pożaru w innej jednostce użytkowej (np. w przestrzeni podpodłogowej, odrębnej strefie pożarowej), który może rozwinąć się w dłuższym okresie (prawdopodobnie w pełny pożar).

Pożary obliczeniowe

Oprócz jakościowego opisu scenariuszy pożarów i miejsca powstania pożaru wymagana jest ilościowa specyfikacja rozwoju pożaru. Opisuje ona podstawowe informacje dotyczące parametrów pożarowych w czasie. Różne etapy rozwoju pożaru naturalnego (bez wpływu wprowadzonych środków/działań gaśniczych) pokazano na poniższej rycinie.

Pożar obliczeniowy to zwykle teoretyczny – ale całkiem możliwy – przebieg pożaru, w którym poprzez wprowadzenie funkcji bezpieczeństwa otrzymuje się dużą liczbę scenariuszy. Niekoniecznie musi on obejmować wszystkie wyobrażalne i możliwe zdarzenia pożarowe w bezpiecznym zakresie. Musi być jednak wystarczająco wiarygodny, aby w całości ująć zagrożenia wynikające z pożarów mogących wystąpić w rozpatrywanym układzie. W ramach symulacji pożaru sprawdza się, czy specyfikacje określone w pożarze obliczeniowym są fizycznie możliwe. W razie potrzeby specyfikacje są następnie zastępowane (i dokumentowane) wartościami realistycznymi.



Ryc. 27. Fazy rozwoju pożaru naturalnego (schematyczny przebieg szybkości wydzielania ciepła)

Źródło: J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 48

Pożar obliczeniowy zaczyna się od powstania stabilnego płomienia. Podczas formułowania założeń do opracowania pożaru obliczeniowego należy wcześniej przeanalizować zjawiska i rozwój pożaru. Na jego przebieg wpływają poniższe czynniki:

- rodzaj zapłonu (inicjator, materiał),
- substancje palne, rodzaj i rozmieszczenie,
- charakterystyczne dane materiałowe dotyczące przebiegu spalania, potencjałów zadymienia, gęstości upakowania, zastosowanie końcowe,

- obciążenie ogniowe,
- możliwy obszar pożaru lub rozprzestrzenianie się ognia,
- geometria przestrzenna z uwzględnieniem otworów,
- otwory wentylacyjne, efekt otwarcia powinien uwzględniać zależność czasową,
- warunki rozgorzenia,
- parametry cieplne komponentów,
- procesy spalania na zewnątrz pomieszczenia (płomień poza występującymi otworami w przegrodach), które należy uwzględnić w bilansie cieplnym dla pomieszczenia, w którym występuje pożar,
- całkowita energia, która może zostać uwolniona.

Tworzenie pożarów obliczeniowych opisane jest szerzej w publikacji pt. *Inżynierskie metody ochrony przeciwpożarowej. Poradnik*⁷³.

⁷³ J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt.

6. ANALIZA MOŻLIWEGO WPŁYWU ZASTOSOWANYCH URZĄDZEŃ PRZECIWOPOŻAROWYCH 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 terenów⁷⁴. 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 obowiązkowego 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-budowlanych⁷⁵, 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) w budynkach, w których znajdują się zbiory

⁷⁴ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.)

⁷⁵ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).

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

Tabela 16. Obiekty zabytkowe objęte obowiązkiem wyposażenia w SSP oraz stan zaawansowania prac z tym związanych (stan na 31.12.2023 r.)

Lp.	Liczba	Obiektów objętych obowiązkiem				Obiektów podłączonych do PSP
	Rodzaj obiektu	Ogółem	A	B	C	
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.

Ocena 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. Scenariusz pożarowy, zgodnie z § 2 pkt 3 rozporządzenia MSWiA⁷⁶, 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:

- sposób funkcjonowania urządzeń przeciwpożarowych, innych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, urządzeń użytkowych lub technologicznych, oraz ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie,

⁷⁶ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. poz. 1563).

- 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 ekspozycję, przyległe strefy pożarowe, w kontekście ewentualnej możliwości rozprzestrzeniania 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., właściciele, zarządcy lub użytkownicy obiektów bądź ich części stanowiących odrębne strefy pożarowe, przeznaczone do wykonywania funkcji użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, magazynowych oraz inwentarskich, powinien zapewnić i wdrożyć instrukcję bezpieczeństwa pożarowego.

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 przeglądowi technicznemu 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:
 - powierzchni, wysokości i liczby kondygnacji budynku,
 - odległości od obiektów sąsiadujących,
 - parametrów pożarowych występujących substancji palnych,
 - występującej gęstości obciążenia ogniowego w strefie pożarowej lub w strefach pożarowych,
 - kategorii zagrożenia ludzi, przewidywanej liczby osób na każdej kondygnacji i w poszczególnych pomieszczeniach,
 - lokalizacji pomieszczeń i przestrzeni zewnętrznych zaklasyfikowanych jako strefy zagrożenia wybuchem,
 - podziału obiektu na strefy pożarowe,
 - warunków ewakuacji, ze wskazaniem kierunków i wyjść ewakuacyjnych,
 - miejsc usytuowania urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, kurków głównych instalacji gazowej, materiałów niebezpiecznych pożarowo oraz miejsc usytuowania elementów sterujących urządzeniami przeciwpożarowymi,
 - wskazania dojeżdżać do dźwigów dla ekip ratowniczych,
 - hydrantów zewnętrznych oraz innych źródeł wody do celów przeciwpożarowych,
 - 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 wzrost liczby pożarów w tej grupie obiektów (tabela 17).

Tabela 17. Liczba pożarów w obiektach zabytkowych w latach 2008–2024

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
2017	171	139	21	11
2018	137	113	13	11
2019	175	137	25	13
2020	207	172	24	11
2021	224	181	24	19
2022	225	188	23	14
2023	195	168	19	8
2024	238	211	15	12

Źródło: 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 technicznych¹, a obecnie w krajowych ocenach technicznych², prezentowane również w artykułach na łamach półrocznika SFT (do 2018 r. BiTP) pozwalają na sformułowanie propozycji ogólnych, uniwersalnych wymagań dla systemów wspomagających procesy ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach. Są to nowe systemy niestosowane obecnie jeszcze w praktyce do ochrony przeciwpożarowej w obiektach muzealnych. Sformułowane wymagania wynikają z analizy warunków stosowania i zakładanych funkcjonalności tych systemów w przypadku zdarzeń pożarowych. Znajomość i dostępność tych wymagań pozwala w praktyce na tworzenie założeń, projektowanie i wdrażanie takich systemów. Autorzy pracy wskazują na zakres norm badawczych oraz minimalne wymagania (z odniesieniem do rodzajów narażenia), których spełnienie powinno 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 podstawowych wymagań systemu i jego

¹ G. Mroczo, *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BITP Issue 4, 2011, pp. 87–93.

² G. Mroczo, B. Wojtasiak, *Jak uzyskać krajową ocenę techniczną CNBOP-PIB dla wyrobu budowlanego?*, BITP Issue 3, 2017, pp. 132–134.

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.

1. KONCEPCJA I PODSTAWOWE WYMAGANIA DLA SYSTEMÓW

Poniżej przedstawiono koncepcję systemu służącego do wspomaganie 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:

- dostępnej literatury w omawianym zakresie,
- dokumentów normatywnych dotyczących wymagań klimatycznych oraz środowiskowych, jak również 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 ekspertów z różnych dziedzin, po to aby poznać potrzeby ewentualnych przyszłych użytkowników.

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

1. 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 te zespoły działań ratowniczo-gaśniczych. W tym celu należy dołożyć staranności, by system był kompatybilny z wyposażeniem ratowników lub dowódców zastępu, którzy będą korzystali z tego narzędzia podczas akcji i nie utrudniał możliwości ruchowych funkcjonariusza wykonującego czynności związane z ewakuacją zbiorów.

2. Zastosowane sensory w systemie powinny umożliwiać 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 przewidzianym w planie ewakuacji miejscu.
3. Generowane przez system komunikaty (werbalne lub wizualne) powinny charakteryzować się precyzją i prostotą, tak by ich odbiorca nie musiał zastanawiać się nad wariantami dalszego działania. Ratownik powinien otrzymywać komunikaty typu: „w lewo”, „prosto” wraz z wizualizacją spriorytetyzowanych celów (ang. *augmented reality*), pozycjami pozostałych ratowników, wizualizacją zagrożenia, a nawet wizualizacją predykcji zagrożenia. System powinien w czasie rzeczywistym pozycjonować w 3 wymiarach wszystkie przedstawione graficznie 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.
4. Bezpieczna przestrzeń mająca zwiększyć ochronę obiektów sakralnych i zbiorów muzealnych powinna uwzględniać:
 - nienaruszalność zabytku,
 - zgodę konserwatorów zabytków na jej utworzenie,
 - współistnienie z innymi rodzajami zabezpieczeń obiektu,
 - wizualne wydzielenie spośród otoczenia,
 - utrudnienia w dostępie do miejsc chronionych przez osoby niepożądane,
 - dostępność dla ludzi i sprzętu biorących udział w interwencji lub akcji ratowniczej,
 - ukształtowanie chęci informowania właściwych instytucji o niepokojących zjawiskach.
5. 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 (ang. *Building Information Modeling*) jako jednej z funkcjonalności elementów systemu. Pomimo iż nie ma ona bezpośredniego powiązania z przedmiotowym opracowaniem, to zasadne jest, aby poświęcić jej uwagę, gdyż może okazać się przydatna na etapie projektowania urządzeń, które mają być docelowo użyte. 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, wykończeniowych, maszyn i urządzeń wraz z ich charakterystyką. Większość informacji z modelu BIM może być wykorzystana przy zarządzaniu obiektem oraz 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 (ang. *Autodesk Navisworks*), analizę rozprzestrzeniania się i odprowadzania dymu, rozkładu temperatury (ang. *Autodesk Simulation CFD*), analizę FDS – zachowanie ognia i dymu w budynku (ang. *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 roku 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 daje ona 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 informacji lub pojawiania się informacji sprzecznych (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 obciążone 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 trzy rozwiązania sprzętowe:

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

Inne wymagające dodatkowej uwagi rozwiązania, absorbujące ratownika manualnie będą nieporęczne i jako takie nie zyskają jego aprobaty. W konsekwencji zaniecha on ich stosowania, a cały system okaże się bezużyteczny. 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 (np. pożarem). 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 wymagania:

- konstrukcyjne;
- funkcjonalne;
- 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 posiadać stosowną klasę środowiskową, która zostanie określona przy tworzeniu szczegółowych wymagań dla terminali. Dodatkowo terminale powinny zapewniać wystarczający czas pracy urządzenia bez konieczności ich doładowywania w trakcie prowadzenia działań ewakuacyjnych.

W przypadku wymagań funkcjonalnych urządzenia powinny:

- cechować się stosowanym czasem odpowiedzi związanym z przetwarzaniem sygnałów/komunikatów przekazywanych np. pomiędzy terminalem kierującego działaniem ratowniczym a terminalem ratownika,
- zapewnić sygnalizowanie stanów pracy, awarii/uszkodzenia oraz niskiego poziomu akumulatorów,
- charakteryzować się niezawodnością działania – czyli poprawnością 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/położenia celem sprawnego dotarcia do ewakuowanych dóbr (dotyczy to terminami, w szczególności 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 poniżej wskazano normy badawcze, które mogą mieć zastosowanie do określenia wymagań technicznych/środowiskowych.

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 elektro-technicznych 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, 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 wyrywkowych, 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 nie wydzielających 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 nie wydzielających 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 – Część 2-75: 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 możliwości 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 nie wydzielających 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 promieniowanie o częstotliwości radiowej.

PN-EN 61000-4-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-4: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych.

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 ударów 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 uziemienia), 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 – Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o znamionowym prądzie fazowym nie przekraczającym 16 A.

Opisano ogólne zasady wykonywania badań odporności sprzętu elektrycznego i elektronicznego o prądzie zasilania nie przekraczającym 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 Systemy alarmowe – Część 4: Kompatybilność elektromagnetyczna – Norma dla grupy wyrobów: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów sygnalizacji pożarowej, sygnalizacji włamania, sygnalizacji napadu, CCTV, kontroli dostępu 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 uprzemysłowionym i przemysłowym: -systemy kontroli dostępu do zastosowań ochronnych; - systemy transmisji alarmu; -systemy CCTV do zastosowań ochronnych; - systemów 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 uprzemysłowionej 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 zakłócających. 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, działania zagrażające bezpieczeństwu, koordynacja izolacji i związane z tym badania dielektryczne³.

Zakres norm, które mogą mieć zastosowanie do opisywanych elementów jest bardzo szeroki. Uzasadnione jest jednak, aby zostały one wykorzystane do określenia wymagań technicznych/środowiskowych. Poprawność działania urządzeń zależy od właściwego określenia wymagań tym wyrobom.

³ www.pkn.pl [dostęp: 24.03.2017].

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

Poniżej przedstawiono propozycje wymagań klimatycznych oraz kompatybilności elektromagnetycznej dla elektronicznych/fizycznych elementów systemów służących wspomaganiu 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 budowanego systemu:

- urządzenie do prezentacji informacji i komunikacji (takie jak smartfon, tablet itp.) – wykorzystywane przez ratowników (rotę) odpowiedzialnych za ewakuację zagrożonych dóbr,
- urządzenie prezentacji informacji, komunikacji i nadzoru – przeznaczone dla kierującego działaniem ratowniczym i ułatwiające mu prowadzenie działań ratowniczych,
- urządzenie prezentacji informacji, komunikacji, zarządzania i nadzoru (takie jak komputer) – wspomagające prace muzealnika i niewykorzystywane w warunkach prowadzenia działań ewakuacyjnych,
- urządzenia techniczne systemu (jak serwer, zasilacze) – 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, wskazujące pozycję ewakuowanego obiektu (eksponatu),
- sensor zewnętrzny – urządzenie wskazujące pozycję ewakuowanego obiektu poza budynkiem,
- miejsce przeznaczone do deponowania ewakuowanych zbiorów (np. dedykowany kontener, wydzielone pomieszczenie) – 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, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność na zimno	Temperatura: $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna: 93% (+2, -3%) Czas: 4 doby	PN-EN 60068-2-78
Odporność na uderzenia mechaniczne	Energia uderzenia: $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt: 3	PN-EN 60068-2-75
Odporność na wibracje sinusoidalne	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
Wytrzymałość na wilgotne gorąco stałe	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna: 93% (+2, -3%) Czas: 21 dób	PN-EN 60068-2-78
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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
Odporność na suche gorąco	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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność 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
Oddziaływania 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 do 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, odpowiednie do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność na zimno	Temperatura: $-25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna: 93% (+2, -3%) Czas: 4 doby	PN-EN60068-2-78
Odporność na uderzenia mechaniczne	Energia uderzenia: $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt: 3	PN-EN 60068-2-75
Odporność na wibracje sinusoidalne	Zakres częstotliwości: 10-150 Hz Amplituda przyspieszenia: $0,981 \text{ m/s}^2$ ($0,1 \text{ g}_r$) Liczba osi: 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi: 1 Szybkość zmian częstotliwości: 1 oktawa/min	PN-EN 60068-2-6
Wytrzymałość na wilgotne gorąco stałe	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna: 93% (+2, -3%) Czas: 21 dób	PN-EN60068-2-78
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	Zakres częstotliwości: 10-150 Hz Amplituda przyspieszenia $4,905 \text{ m/s}^2$ ($0,5 \text{ g}_r$) Liczba osi: 3 Liczba cykli zmian częstotliwości dla osi: 20 Szybkość zmian częstotliwości: 1 oktawa/min	PN-EN60068-2-6
Odporność na suche gorąco	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 jest pod zasilanie)	p. 7 PN-EN 50130-4	PN-EN 50130-4
Odporność na zapady napięcia, krótkie przerwy zmiany napięcia (gdy urządzenie podłączone pod zasilanie)	p. 8 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-11

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Wyładowania elektryczności statycznej (gdy urządzenie podłączone jest pod zasilanie)	p. 9 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-2
Oddziaływania pola elektromagnetycznego (gdy urządzenie podłączone jest pod zasilanie)	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zakłócenia serią szybkich elektrycznych impulsów (EFT/B) (gdy urządzenie podłączone jest pod zasilanie)	p. 12 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-4
Zakłócenia impulsami dużej energii (gdy urządzenie podłączone jest pod zasilanie)	p. 13 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-5
Zakłócenia przewodzone wywołane polami o częstotliwości radiowej (gdy urządzenie podłączone jest 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

Badane cechy	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
Wizualizacja obiektów	Wymagana jest obsługa zarówno 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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Uprawnienia dostępu do oprogramowania	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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	<p>Wymagana możliwość skonfigurowania automatycznego kierowania zdarzeń alarmowych na odpowiednie stanowiska robocze.</p> <p>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</p>	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
Sposób prezentacji zdarzeń alarmowych	Zdarzenia muszą być prezentowane na liście zdarzeń w jednowierszowej postaci zwartej. Musi istnieć możliwość edycji postaci zwartej – 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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
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	Po upływie zadanego czasu lub po wystąpieniu zdarzenia z widoku, w którym prezentowane są tylko zdarzenia wybranej kategorii (widok filtrowany), system musi powracać automatycznie do widoku zdarzeń wszystkich kategorii (widok niefiltrowany)	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
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 awarii zasilania lub wymuszonym programowo	Wymagane jest, by urządzenie automatycznie powracało do stanu pracy. Niezbędne składniki oprogramowania (moduły) muszą być uruchamiane automatycznie. Obsługa urządzenia musi odbywać się przez dedykowane oprogramowanie, które musi uruchamiać się automatycznie po starcie systemu operacyjnego. Ze względów bezpieczeństwa niezbędne jest zalogowanie się operatora	Badanie oprogramowania, weryfikacja dokumentacji

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
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
Odporność na zimno	Temperatura: $-5 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ Wilgotność względna: $93 +2 -3 \%$ Czas: 4 doby	PN-EN 60068-2-78
Wytrzymałość na wilgotne gorąco stałe	Temperatura: $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$, Wilgotność względna: $93 +2 -3 \%$ Czas: 21 dób	PN-EN 60068-2-78
Odporność na uderzenia mechaniczne	Energia uderzenia: $0,5 \pm 0,04 \text{ J}$ Ilość uderzeń w dostępny punkt: 3	PN-EN 60068-2-75
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Oddziaływania 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 przeprowadzone zgodnie z tabelą 4, odpowiednio do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność na suche gorąco	Temperatura: $+55 \pm 20^{\circ}\text{C}$ Czas: 2 h	PN-EN 60068-2-2
Odporność na zimno	Temperatura: $-5 \pm 30^{\circ}\text{C}$ Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco cykliczne	Dolna wartość temp.: $+25 \pm 20^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $>95\%$, Górna wartość temp.: $+40 \pm 20^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $93 \pm 3\%$, Liczba cykli: 2, Czas jednego cyklu: 24 h	PN-EN 60068-2-30
Odporność na wibracje sinusoidalne	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
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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 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
Oddziaływanie pola elektromagnetycznego	p. 10 PN-EN 50130-4	PN-EN 61000-4-3
Zasilanie	Urządzenie powinno umożliwić czas pracy na 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 torów transmisji określone jako tor podstawowy i tor dodatkowy, zapewniające ogólną dostępność systemu określoną w tabeli 5. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 (zgodnie z tabelą 5). Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 5. Tory transmisji

Typ łącz 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*	S	I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5**	A4*	S1	I0
Typ 2***	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4*	S1	I0

* Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie tory transmisji.
 ** Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.
 *** 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 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 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 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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność na suche gorąco	Temperatura: $+75 \pm 20^{\circ}\text{C}$ Czas: 2 h	PN-EN 60068-2-2
Odporność na zimno	Temperatura: $-25 \pm 30^{\circ}\text{C}$ Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco cykliczne	Dolna wartość temp.: $+25 \pm 20^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $>95\%$, Górna wartość temp.: $+40 \pm 20^{\circ}\text{C}$ przy wilgotności $93 \pm 3\%$, Liczba cykli: 2, Czas jednego cyklu: 24 h	PN-EN 60068-2-30
Odporność na wibracje sinusoidalne	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
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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-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

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
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 niższy 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 7. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 wg tej tabeli. Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 7. Transmisja sygnałów

Typ łącz 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*	Zabezpieczenie przed podstawieniem klasyfikacja S	Bezpieczeństwo informacji klasyfikacja I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5**	A4*	S1	I0
Typ 2***	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4*	S1	I0

* Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie tory transmisji.
 ** Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.
 *** 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 7 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 7 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 przeprowadzone w warunkach określonych w tabeli 8, odpowiednio do warunków w przewidywanym środowisku pracy.

Tabela 8. Trwałość w zakresie czasu reakcji, niezawodności działania i właściwości użytkowych w warunkach działań ewakuacyjnych

Badane cechy	Wymagania	Metody badań
Odporność na suche gorąco	Temperatura: +55 ±20°C Czas: 2 h	PN-EN 60068-2-2
Odporność na zimno	Temperatura: -25 ±30°C Czas: 16 h	PN-EN 60068-2-1
Odporność na wilgotne gorąco cykliczne	Dolna wartość temp.: +25 ±2 0°C przy wilgotności > 95%, Górna wartość temp.: +40 ±2 0°C przy wilgotności 93 ±3 %, Liczba cykli :2, Czas jednego cyklu: 24 h	PN-EN 60068-2-30
Odporność na wibracje sinusoidalne	Zakres częstotliwości: 10-150 Hz Amplituda przyspieszenia: 0,981 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
Wytrzymałość na wibracje sinusoidalne	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 niższy 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 tor transmisji określone jako tor podstawowy i tor dodatkowy, zapewniające ogólną dostępność systemu określoną w tabeli 9. Jako tor podstawowy należy stosować tor typu 1 tej tabeli. Jako tor dodatkowy może być stosowany tor typu 1 lub typu 2. Transmisja sygnałów w torach podstawowym i dodatkowym powinna być inicjowana automatycznie, równocześnie i odbywać się niezależnie.

Tabela 9. Tory transmisyjne

Typ łącz pożarowych	Wymagania zgodnie z załącznikiem D normy PN-EN 50136-1						
	Tor transmisyjny	Czas transmisyjny klasyfikacja D	Czas transmisyjny wartość maksymalna M	Czas raportowania T	Dostępność klasyfikacja A*	Zabezpieczenie przed podstawieniem klasyfikacja S	Bezpieczeństwo informacji klasyfikacja I
Typ 1	Tor podstawowy	D4	M4	T5**	A4*	S1	I0
Typ 2***	Tor dodatkowy	D4	M3	T2 (całe łącze) T5 (dostęp do sieci)	A4*	S1	I0

* Ogólna dostępność systemu obejmująca wszystkie tory transmisji.
 ** Dla systemów radiowych może być stosowany czas raportowania T3.
 *** 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).

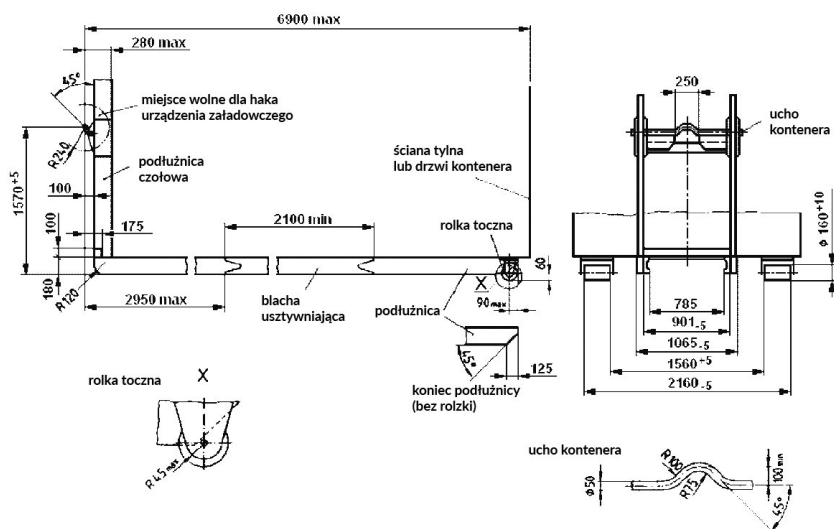
- Urządzenia pośredniczące
Dopuszcza się stosowanie urządzeń pośredniczących w transmisji sygnałów, takich jak stacje retransmisji, koncentracji i wzmacniania sygnałów oraz urządzenia telekomunikacyjne stacji rezerwowej.
- Rodzaje wykorzystywanych torów transmisyjnych

Tory transmisyjne wymienione w tabeli 9 powinny umożliwiać transmisję dwukierunkową, równoczesną lub naprzemienną. W szczególności powinny umożliwiać potwierdzanie odbioru każdej informacji przesyłanej przez te tory. Tory transmisyjne wymienione w tabeli 9 nie mogą być wykorzystywane do celów innych niż przesyłanie sygnałów pomiędzy wybranymi elementami Systemu.

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

Elementem systemu jest miejsce przeznaczone do zdeponowania ewakuowanych eksponatów, zbiorów. Jednym z możliwych rozwiązań jest adaptacja do tego celu dedykowanego kontenera. Poniżej przedstawiono podstawowe wymagania dla tego rozwiązania (tj. dla samego kontenera). Wymagania te nie określają szczegółowych funkcjonalności i wyposażenia. Z uwagi na różnorodność możliwych rozwiązań odstąpiono również od formułowania wymagań, jeśli miejscem do deponowania zbiorów jest dedykowane pomieszczenie⁴.

Wymiary podstawowe kontenera, dotyczące wielkości i połączenia z urządzeniem załadunkowym podano na rycinie 1. Podane wymiary są wspólne dla współpracujących części. Konstrukcja nie musi odpowiadać przedstawionemu rysunkowi.



Ryc. 1. Wymiary podstawowe kontenera

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozporządzenia MSWiA z dnia 20 czerwca 2007 r.

⁴ Zgodnie z pkt 4.3.4.4 załącznika do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. (Dz. U. Nr 143, poz. 1002) wprowadzonym rozporządzeniem zmieniającym z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz.U. Nr 85, poz. 553).

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-biegowych, 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 światel 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 najwyżej 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 drzwiami, 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.*

3. OPRACOWANIE 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 (sensory) pozycjonujące.
- czujniki (sensory) lokalizacyjne,

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. smartfon), wchodzącego w skład systemu. Urządzenie to dedykowane 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 specyfikacją nie niższą niż:

- bluetooth co najmniej 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,
- bez simlocka (ze wsparciem 3G i LTE).

Konstrukcja

Wykonanie

Obudowa urządzenia powinna być trwała. Wskaźniki oraz elementy służące do obserwacji i manipulowania urządzeniem przez 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 będących na wyposażeniu strażaka (bez względu, czy urządzenia te będą obsługowe, czy bezobsługowe).

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 wchodzącego w skład systemu,
- stanu (jakości) połączenia z tabletem, wchodzącym w skład systemu.

Wyświetlanie komunikatów

Wskazania na ekranie urządzenia powinny być czytelne z odległości 0,8 m, przy intensywności światła otoczenia od 5 do 500 lx pod mniejszym niż:

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

względem linii prostopadłej do powierzchni wyświetlacza.

Wszystkie obowiązkowe wskazania powinny być łatwo identyfikowalne i być 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 sygnalizować stan 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:

- 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 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 specyfikacją posiadającą:

- 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 mniejszą niż 3 GB,
- pamięć wewnętrzna nie mniejszą 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 urządzeniem przez jego użytkownika powinny być opisane w sposób trwały i czytelny, określający 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 tablecie, wchodzącego w skład systemu,
- stanu (jakości) połączenia ze smartfonem.

Wyświetlanie komunikatów

Wskazania na ekranie powinny być czytelne z odległości 0,8 m, przy natężeniu światła otoczenia 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 i być 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 tablecie (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 poprzez podłączenie go 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 od 2400 do 2483 MHz,
- zakresem temperaturowym od 0°C do +60°C ,
- zakresem temperaturowym przechowywania od -10°C do +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 poprzez podłączenie go 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.

WADY I ZALETY ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ

Współczesne wyzwania związane z ochroną dziedzictwa kulturowego oraz zapewnieniem bezpieczeństwa w zabytkowych przestrzeniach miejskich wymagają zastosowania innowacyjnych i elastycznych rozwiązań technologicznych. Dynamiczny rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych, a także postępująca cyfryzacja procesów zarządzania kryzysowego otwierają nowe możliwości w zakresie monitorowania, planowania i prowadzenia działań ratowniczych. Szczególnego znaczenia nabierają systemy wspierające lokalizację zasobów i personelu oraz narzędzia umożliwiające realistyczne szkolenie służb odpowiedzialnych za reagowanie w sytuacjach zagrożenia.

W tej części publikacji zostały przedstawione zarówno zalety, jak i ograniczenia wynikające z wdrożenia prezentowanego systemu, a także zaproponowane zostały rekomendacje, które mogą przyczynić się do jego dalszej optymalizacji i szerszego zastosowania w praktyce. Celem analizy było wsparcie decydentów, projektantów systemów bezpieczeństwa oraz instytucji kultury w podejmowaniu świadomych decyzji dotyczących wdrażania i rozwijania innowacyjnych narzędzi wspomagających ochronę dziedzictwa i skuteczne zarządzanie kryzysowe.

System sensorów

Zalety:

1. **Precyzyjna lokalizacja** – sensory beacon/tagi zapewniają dokładność do $\pm 0,20$ m dla obiektów oraz $\pm 1,0$ m dla ratowników, co stanowi bardzo wysoką dokładność w warunkach zurbanizowanych.
2. **Integracja z urządzeniami mobilnymi** – wykorzystanie smartfonów i tabletów z systemem Android, obsługujących BLE, NFC i Wi-Fi, obniża koszty (brak konieczności projektowania dedykowanych terminali) oraz ułatwia wdrożenie.
3. **Wsparcie decyzyjne i wizualizacja** – system dostarcza mapy obiektu, lokalizację ratowników, położenie dóbr, kierunki dojścia oraz informacje o stanie systemu, co wspiera proces dowodzenia i przyspiesza ewakuację.
4. **Bezpieczeństwo dóbr kultury** – dzięki tagom można monitorować położenie oraz przemieszczanie się cennych eksponatów, co zmniejsza ryzyko ich zagubienia lub kradzieży podczas ewakuacji.
5. **Sygnalizacja wielokanałowa** – oprócz wizualizacji w aplikacji system umożliwia sygnalizację optyczną i akustyczną (≥ 60 dB), co zwiększa redundancję komunikacji w warunkach krytycznych.

6. **Mobilność i elastyczność** – sensory pasywne i aktywne mogą być instalowane bez głębokiej ingerencji w strukturę obiektów zabytkowych, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia konserwatorskiego.

Wady:

1. **Zależność od zasilania** – beacony i urządzenia mobilne wymagają zasilania bateryjnego, co ogranicza czas ich działania do około 6–9 godzin pracy ciągłej; w przypadku długotrwałych akcji może to okazać się niewystarczające.
2. **Zakłócenia w środowisku zurbanizowanym** – pasmo 2,4 GHz jest podatne na zakłócenia (między innymi ze strony sieci Wi-Fi, Bluetooth oraz innych systemów radiowych), co może wpływać na stabilność lokalizacji w gęsto zabudowanych centrach miast.
3. **Trudności w obiektach zabytkowych** – grube mury, piwnice oraz elementy metalowe mogą osłabiać sygnał radiowy, co może obniżyć dokładność systemu i wymagać zastosowania gęstszej sieci sensorów.
4. **Ograniczona skalowalność** – system został zaprojektowany z myślą o wybranych zespołach zabytkowych – pełna adaptacja do większych obszarów lub wielu obiektów może być kosztowna i technicznie wymagająca.
5. **Koszty wdrożenia i utrzymania** – konieczność zakupu tagów, utrzymania baterii, aktualizacji aplikacji oraz kalibracji systemu może stanowić wyzwanie dla instytucji kultury o ograniczonym budżecie.
6. **Uzależnienie od technologii komercyjnych** – oparcie systemu na smartfonach i tabletach z systemem Android może rodzić problemy związane z bezpieczeństwem cybernetycznym oraz przyszłą kompatybilnością (aktualizacje systemów, zmiany w standardach).

Rekomendacje na podstawie analizy systemu sensorów (DOB-BI07/08/01/2015)

1. **Wydłużenie czasu pracy** – wdrożenie rozwiązań energooszczędnych, np. pasywnych tagów RFID obok aktywnych beaconów, a także za zastosowanie powerbanków awaryjnych lub mobilnych stacji ładowania w punktach dowodzenia umożliwi wydłużenie czasu pracy systemu.
2. **Ograniczenie zakłóceń radiowych** – wprowadzenie alternatywnych pasm komunikacyjnych, takich jak 868 MHz lub UWB (Ultra Wideband), zapewni większą niezawodność działania systemu dzięki poprawie odporności na zakłócenia oraz propagacji sygnału w budynkach.
3. **Poprawa działania w obiektach zabytkowych** – implementacja hybrydowych systemów lokalizacyjnych łączących technologie BLE, UWB, RFID oraz inercyjnych czujników ruchu zwiększy dokładność i niezawodność pomiarów. Natomiast zastosowanie istniejącej infrastruktury budynkowej, w tym instalacji elektrycznych, umożliwi efektywniejszą retransmisję sygnału.

4. **Zwiększenie skalowalności** – opracowanie modułowej architektury systemu umożliwi łatwe rozszerzanie na kolejne obiekty przy minimalnych kosztach, a także umożliwi integrację systemu z istniejącymi miejskimi systemami bezpieczeństwa i monitoringu.
5. **Redukcja kosztów utrzymania** – implementacja systemu automatycznej diagnostyki i generowania powiadomień o stanie baterii i tagów umożliwi ich bieżące monitorowanie, zwiększając niezawodność systemu. Również wykorzystanie tagów pasywnych w przypadku obiektów o niskim priorytecie zabezpieczeń oraz stosowanie tagów aktywnych wyłącznie dla zasobów o najwyższej wartości pozwoliłoby optymalizację kosztów utrzymania systemu.
6. **Bezpieczeństwo i przyszłościowa kompatybilność** – szyfrowanie komunikacji w kanałach BLE i NFC powinno być zgodne z aktualnymi standardami bezpieczeństwa. Dodatkowo aplikacje mobilne należy projektować w sposób technologicznie niezależny, aby mogła być zachowana kompatybilność między różnymi wersjami systemu Android.

Interaktywny symulator do treningu kierowania działaniami

Zalety:

1. **Bezpieczne środowisko szkoleniowe** – prowadzenie treningu w realistycznych warunkach, bez ryzyka dla ludzi i obiektów zabytkowych.
2. **Realizm i elastyczność** – symulacja różnych scenariuszy, takich jak pożary, katastrofy budowlane czy powodzie w obiektach zabytkowych; możliwość odwzorowania lokalnych warunków, np. układu uliczek i zabudowy starówki.
3. **Trening na różnych poziomach dowodzenia** – ćwiczenia zarówno interwencyjne (pojedyncza akcja), jak i taktyczne (koordynacja wielu zasobów i planowanie).
4. **Integracja z systemami** – współpraca z systemami opracowanymi w projekcie: sensorami, infrastrukturą teleinformatyczną oraz bazą danych obiektów.
5. **Powtarzalność i analiza** – wielokrotne odtwarzanie tego samego scenariusza oraz analiza popełnionych błędów i dobrych praktyk; ułatwienie w ocenianiu kompetencji osób uczestniczących w szkoleniu.
6. **Oszczędność kosztów** – redukcja kosztów organizacji dużych ćwiczeń terenowych, obejmujących sprzęt, personel oraz zamknięcie przestrzeni publicznej.

Wady:

1. **Koszt wdrożenia i utrzymania** – zaawansowany symulator wymaga specjalistycznego oprogramowania, sprzętu komputerowego oraz aktualizacji modeli 3D, co wiąże się z wysokimi nakładami finansowymi.
2. **Ryzyko „oderwania od realiów”** – nawet najbardziej zaawansowana symulacja nie odwzorowuje w pełni nieprzewidywalnych zachowań ludzi, warunków atmosferycznych ani dynamiki pożaru.

3. **Wymóg specjalistycznej obsługi** – wymagana jest przeszkolona kadra (instruktorzy i operatorzy systemu), co zwiększa koszty oraz złożoność organizacyjną.
4. **Możliwa bariera technologiczna** – starsi funkcjonariusze lub osoby mniej zaznajomione z technologiami VR i IT mogą napotkać trudności w korzystaniu z symulatora.
5. **Ograniczona skalowalność scenariuszy** – jeśli baza scenariuszy nie będzie regularnie aktualizowana, system może szybko się „zestarzeć” i przestać odpowiadać na nowe zagrożenia, takie jak ataki hybrydowe czy nowe technologie.
6. **Zależność od infrastruktury IT** – w przypadku awarii sprzętu lub oprogramowania realizacja treningu nie jest możliwa.

Rekomendacje dotyczące interaktywnego symulatora (DOB-BI07/08/01/2015)

1. **Zwiększenie realizmu** – rozszerzenie symulatora o moduły symulacji zachowań tłumu oraz dynamicznych warunków pogodowych umożliwi dokładniejsze modelowanie sytuacji kryzysowych w zabytkowych centrach miast. Również połączenie symulatora z fizycznymi ćwiczeniami terenowymi w trybie mieszanym – integracja wirtualnych scenariuszy z działaniami w prawdziwych obiektach może zwiększyć realizm i skuteczność szkoleń.
2. **Rozbudowa bazy scenariuszy** – systematyczna aktualizacja scenariuszy o nowe kategorie zagrożeń, w tym między innymi zagrożenia hybrydowe, chemiczne, cyberataki na infrastrukturę krytyczną, a także dodanie obsługi zróżnicowanych typów obiektów zabytkowych, w tym kościołów, zamków i kamienic, zwiększy realizm symulacji i pozwoli jak najlepiej odzwierciedlać faktyczne warunki działania służb.
3. **Ułatwienie obsługi** – opracowanie intuicyjnego interfejsu użytkownika oraz automatycznych kreatorów scenariuszy pozwoli ograniczyć konieczność wsparcia ze strony operatorów IT. Dodatkowo opracowanie szkoleń e-learningowych oraz interaktywnych modułów samouczków ułatwi obsługę systemu nawet osobom o niewielkich kompetencjach cyfrowych.
4. **Redukcja kosztów i większa dostępność** – stworzenie modułowych i chmurowych wariantów symulatora umożliwi jego wdrożenie zarówno w mniejszych jednostkach PSP/OSP, jak i w ośrodkach akademickich. Dodanie obsługi gogli VR/AR oraz mobilnych aplikacji pozwoliłoby na prowadzenie szkoleń bez konieczności korzystania z drogiego, stacjonarnego wyposażenia.
5. **Integracja z systemami rzeczywistymi** – integracja symulatora z danymi GIS, mapami 3D miast oraz rzeczywistymi systemami sensorów (np. czujnikami pożarowymi, systemami monitoringu) umożliwi prowadzenie treningów na podstawie aktualnych danych.

Simulator stanowi wartościowe narzędzie, jednak aby utrzymać jego aktualność i użyteczność, powinien być systematycznie rozwijany w kierunku większego realizmu, prostszej obsługi i powszechnej dostępności. W przyszłości może on stać się integralnym elementem codziennego szkolenia PSP i OSP, wykraczając poza rolę projektu badawczo-demonstracyjnego.

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 wspomaganie 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 obniżać 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 przeglądom technicznym i czynnościom konserwacyjnym wszystkich elementów składowych systemu.

Podsumowując analizę zalet i wad systemu, można stwierdzić, że cechuje się on dużą innowacyjnością. Precyzyjna lokalizacja, integracja z urządzeniami mobilnymi oraz wsparcie dla ewakuacji dóbr kultury stanowią jego mocne atuty. Jednak krótki czas pracy na baterii, zakłócenia w paśmie 2,4 GHz oraz ograniczenia wynikające z architektury zabytkowych obiektów to istotne słabości, które mogą utrudniać jego praktyczne zastosowanie.

ROZDZIAŁ III

PROGRAM CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH I ZABYTKOWYCH

WPROWADZENIE

Wyroby jak również szeroko pojęte rozwiązania stosowane w ochronie przeciwpożarowej, z uwagi na ich zamierzone zastosowanie i warunki działania i wykorzystywania, powinny podlegać stosownej ocenie i weryfikacji w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, w tym zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej.

W odniesieniu do wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej realizowane są konkretne działania opisane w przepisach prawa. Przepisy te stanowią jednocześnie ramowe programy certyfikacji. Natomiast w celu zapewnienia spójnego i powtarzalnego sposobu postępowania, opracowywane są programy certyfikacji tj. dokumenty określające zasady i procedury postępowania odnoszące się do określonych wyrobów, do których zastosowanie mają te same wymagania (np. zawarte w przepisach prawa). W zależności od zamierzonych celów program certyfikacji może obejmować pobieranie próbek; określenie właściwości przez: badania typu, inspekcję, ocenę projektu, ocenę usług lub procesów, weryfikację itp.; badanie dowodów zgodności uzyskanych na wcześniejszym etapie i wydanie certyfikatu; oraz nadzór, który może mieć formę badań lub inspekcji próbek, ocenę produkcji, dostarczania usługi lub działania procesu bądź auditu systemu zarządzania. Programy certyfikacji mogą być opracowywane (zorganizowane i zarządzane) przez stronę trzecią, tj. najczęściej przez jednostki certyfikujące¹. Strona trzecia oznacza bezstronną i kompetentną organizację, niezależną od wyrobu i/lub usługi. Najczęściej stroną trzecią jest jednostka certyfikująca wyroby i/lub usługi. Należy tutaj zaznaczyć, że potwierdzenie spełnienia określonych wymagań w formie certyfikacji daje zaufanie tym, którzy są zainteresowani spełnieniem wymagań – m.in. użytkownikom, nabywcom, ogółowi społeczeństwa oraz wartość dostawcom/producentom/projektantom/instalatorom w postaci możliwości

¹ PN-EN ISO/IEC 17067:2014-01 Ocena zgodności – Podstawy certyfikacji wyrobów oraz wytyczne dotyczące programów certyfikacji wyrobów.

zademonstrowania na rynku, że ich wyroby (w tym systemy i/lub zestawy) czy instalacje były poddane ocenie przez niezależną stronę trzecią.

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. Dla tych wyrobów realizowane są konkretne opisane w przepisach prawa programy certyfikacji. Cele stosowania oceny zgodności wyrobów określić można zatem jako:

- potwierdzenie oczekiwanych parametrów wyrobu (wynikających z zakresu stosowania),
- możliwość realizacji celów ochronnych w ochronie przeciwpożarowej (zdrowie, życie, mienie, ciągłość działania)²,
- możliwość prowadzenia działań ratowniczych, zapewnienie bezpieczeństwa ratowanych i ratowników³.

² 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 i w obszarze dobrowolności (dobrowolna umowa stron). Celem jest zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego. Narzędziem do jego zapewniania 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?

³ W odniesieniu do sprzętu i wyposażenia straży pożarnej, głównym celem poddawania 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.

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 właściwości i funkcjonalności stosowanych wyrobów oraz budowania do nich zaufania, ważne jest również poprawne zaprojektowanie, zainstalowanie i eksploatacja technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych. Certyfikacja usług⁴ 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 przeciwpożarowych⁵.

Zaufanie do wdrożonych rozwiązań w zakresie ochrony przeciwpożarowej opiera się głównie na obligacyjnym potwierdzeniu czyli certyfikacji/dopuszczeniu deklarowanych właściwości wyrobów. Coraz częściej jednak dobrowolna certyfikacja⁶ 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 przeciwpożarowej⁷. Coraz częściej również w praktyce znaczenia nabiera pytanie o kompleksowe potwierdzenie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych. Certyfikacja obiektów budowlanych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w warunkach polskich to nadal jednak rzadkość. Badania własne prowadzone 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 do obiektów muzealnych i zabytkowych znajduje się w aktualnej ofercie CNBOP-PIB, które wdrożyło zasady, procedury oraz kryteria oceny na potrzeby certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych.

⁴ 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.

⁵ Szerzej czytaj w monografii: J. Zboina, P. Gancarczyk, *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, CNBOP-PIB, Józefów 2016.

⁶ J. Zboina, G. Mroczko, *Dobrowolna ocena wyrobów prowadzona przez polskie i europejskie jednostki*, BiTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 81–90.

⁷ Informacja o zakresie prowadzonej przez CNBOP-PIB certyfikacji wyrobów, usług, instalacji i bezpieczeństwa pożarowego obiektów dostępna na stronie internetowej www.cnbop.pl.

1. WYMAGANIA W PROCESIE CERTYFIKACJI OBIEKTÓW MUZEALNYCH

Podstawą w procesie certyfikacji są wyspecyfikowane 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*⁸. 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 umożliwiający ich właścicielom lub zarządom 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*⁹. Poniżej przedstawiono wybrane, najistotniejsze informacje dotyczące certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego w obiektach muzealnych.

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

- certyfikacji podmiotów świadczących usługi w ochronie przeciwpożarowej,

⁸ J. Zboina (red.), *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, CNBOP-PIB, Józefów 2017.

⁹ J. Zboina, P. Gancarczyk, dz. cyt.

- 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:

- 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.;
- organizacyjnych – odnoszących się w szczególności do 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.

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 wymagań¹⁰. Główne jego części to:

- 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.

¹⁰ J. Zboina (red.), dz. cyt., s. 169–181. Karta kontrolna zagadnień uwzględniająca występujące aspekty techniczne i organizacyjne w obiektach zabytkowych – do założeń do wytycznych do opiniowania i certyfikacji (wzorzec).

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

- zabezpieczenie konstrukcji drewnianych przed nierozprzestrzenianiem ognia za pomocą specjalnych impregnatów chemicznych,
- obudowa elementów łatwopalnych materiałami niepalnymi,
- podział obiektu na strefy pożarowe,
- eksploataowanie urządzeń technicznych zgodnie z przeznaczeniem i instrukcją obsługi oraz zapewnienie bieżącej ich konserwacji,
- zapewnienie badań okresowych instalacji i urządzeń elektrycznych oraz urządzeń grzewczych,
- zapewnienie właściwej ochrony odgromowej,
- opracowanie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, wdrożenie jej postanowień i skuteczne ich egzekwowanie; co ważne 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,
- zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji ludzi i mienia, w tym oznakowanie obiektu znakami ewakuacyjnymi; zwrócenie szczególnej uwagi na możliwości i przewidywany sposób ewakuacji zbiorów,
- 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),
- przeprowadzanie ćwiczeń w obiekcie w zakresie możliwości ewakuacji ludzi i mienia oraz działań gaśniczo-ratowniczych,
- 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 dokumentacji:

- techniczno-budowlanej i projektowej urządzeń przeciwpożarowych występujących w obiekcie, z uwzględnieniem ekspertyz technicznych dotyczących rozwiązań zamiennych,
- z zakresu obowiązkowej oceny zgodności (certyfikaty, dopuszczenia, itp.) dla zastosowanych wyrobów i urządzeń przeciwpożarowych na potrzeby ochrony przeciwpożarowej obiektu, oraz
- dotyczącej kwalifikacji i kompetencji personelu/podmiotów – firm projektujących, instalujących i konserwujących techniczne systemy zapieczęć 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 dedykowany kwestionariusz¹¹, 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 przedstawiane 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 pozytywnej w zakresie spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej dla rozpatrywanego obiektu podlegają uzgodnieniom i akceptacji przez ekspertów CNBOP-PIB. 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:

¹¹ J. Zboina (red.), dz. cyt., s. 169–181.

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

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.

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.

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 pożarnych do prowadzenia w nich działań ratowniczo-gaśniczych.

Do kolejnych ważnych aspektów technicznych podlegających szczegółowej weryfikacji podczas certyfikacji bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie zaliczono:

- występujące warunki techniczno-budowlanych, 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.; analizę stanu technicznego w szczególności dotyczącą 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),

- ewakuację ludzi w zakresie:
 - zapewnienia dostatecznej liczby, wysokości i szerokości wyjść ewakuacyjnych,
 - zachowania dopuszczalnej długości, wysokości i szerokości przejść oraz dojazdów ewakuacyjnych,
 - zapewnienia bezpiecznej pożarowo obudowy i wydzielenia 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,
- wyposażenie obiektów w techniczne środki zabezpieczeń przeciwpożarowych (urządzenia przeciwpożarowe), wymagane¹² 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,
 - stałe/półstałe urządzenia gaśnicze gazowe,
 - przeciwpożarowy wyłącznik prądu,
- 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

¹² Konieczność zastosowania urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie wynikać może także z przypadków, dla których właściwy komendant wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej wyraził zgodę na zastosowanie rozwiązań zamiennych, niekiedy pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań w trybie wynikającym z przepisów ustawy o ochronie przeciwpożarowej.

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.

Do kolejnych ważnych aspektów organizacyjnych podlegających szczegółowej 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 kryzysowych¹³,
- opracowanie i wdrożenie instrukcji przygotowania zbiorów do ewakuacji, rozumianej jako nagłe i nieplanowane przemieszczanie zbiorów¹⁴.

¹³ 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.

¹⁴ J. Zboina (red.), dz. cyt., s.122–128.

3. ZASADY CERTYFIKACJI MUZEÓW

W celu zwiększenia poziomu ochrony przeciwpożarowej obiektów muzealnych, zabytkowych i zgromadzonych w nich zbiorów, opracowano dedykowany 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, w pierwszej kolejności należy przygotować indywidualną analizę i ocenę stanu jego zabezpieczenia przeciwpożarowego. Wnioski z takiej analizy powinny stanowić punkt wyjścia do opracowania optymalnego sposobu zabezpieczenia takich obiektów i znajdujących się w nich zbiorów. Następnie, po przeprowadzeniu wnikliwej analizy warunków ochrony przeciwpożarowej, należy określić odpowiednie środki ochrony czynnej i biernej zabezpieczenia przeciwpożarowego takich obiektów – adekwatne do występujących w nich zagrożeń, uwarunkowań, możliwości i ograniczeń. Na tej podstawie określone są 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. Wykaz takich obiektów jest ogólnodostępny. Kluczowym kryterium uwzględnienia obiektu na wspomnianym wykazie jest wyposażenie takiego obiektu w system sygnalizacji pożarowej¹⁵. Wykaz obejmuje również obiekty wymienione w Państwowym Rejestrze Muzeów MKiDN¹⁶. 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 tych obiektach. Niezależna, dodatkowa, dobrowolna ocena strony trzeciej w procesie certyfikacji daje jego zarządcy jednoznaczną odpowiedź, czy właściwie wypełnił swoje obowiązki w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego. W przypadku pozytywnej oceny – w formie certyfikatu dodatkowo potwierdzi to CNBOP-PIB. W przypadku negatywnej oceny – zarządzający

¹⁵ § 28 rozporządzenia MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).

¹⁶ <http://bip.mkidn.gov.pl/pages/rejestry-ewidencje-archiwa-wykazy/rejestry-muzeow.php> [dostęp: 09.04.2018].

otrzyma zakres niezgodności i/lub spostrzeżeń, które winien usunąć bądź rozwiązać. To cenna wiedza dla poprawy warunków ochrony przeciwpożarowej i ich doskonalenia. Przy padku 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 uznaje się za zagrażający życiu ludzi – zgodnie z przepisami przeciwpożarowymi¹⁷,
- 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 pozwala na uzyskanie certyfikacji, ale przede wszystkim ma istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa pożarowego w danym obiekcie.

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

- niewystępowanie warunków technicznych, które utrudniałyby ewakuację ludzi i stanowiłyby tym samym podstawę do uznania rozpatrywanego obiektu (budynku) za zagrażający życiu ludzi,
- 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 przepisów¹⁸,
- 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 programem, którego opis znajduje się w niniejszym opracowaniu, prowadzi strona trzecia prowadząca certyfikację.

¹⁷ § 16 rozporządzenia MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).

¹⁸ Art. 6a ust. 1 i 2 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 2018, poz. 620.)

4. FORMULARZ OCENY OBIEKTU ZABYTKOWEGO

Dokument stanowi aktualizację oraz rozwinięcie karty kontrolnej zagadnień, uwzględniającą występujące aspekty techniczne i organizacyjne w obiektach zabytkowych, przedstawionej w publikacji pt. *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych – wyniki badań i rekomendacje*¹⁹. Jego celem jest zebranie w sposób prosty i uporządkowany najważniejszych informacji oraz praktycznych wskazówek, które mogą być wykorzystywane zarówno w procesach certyfikacyjnych, jak i w codziennej pracy osób zarządzających muzeami. Można wyróżnić dwa główne jego zastosowania:

- proces certyfikacji – umożliwia weryfikację, czy obiekt spełnia kluczowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego;
- dla właścicieli i zarządców muzeów – dostarcza praktycznego narzędzia, które ułatwia kontrolę stanu bezpieczeństwa i pozwala uniknąć konieczności opracowywania odrębnych wytycznych dla każdego obiektu.

Dokument przedstawia ogólne zasady bezpieczeństwa pożarowego, które mogą być stosowane w różnych muzeach i obiektach zabytkowych. Został przygotowany jako uniwersalny wzorzec, umożliwiający dostosowanie zawartych w nim wskazówek do specyfiki i realiów każdego obiektu, a nie jako wytyczne dla jednego, konkretnego miejsca. Prezentuje kluczowe zasady i podstawowe założenia dotyczące bezpieczeństwa pożarowego, które można w prosty sposób dostosować do różnych typów obiektów zabytkowych – niezależnie od ich wielkości, lokalizacji czy profilu działalności. Dzięki temu stanowi on praktyczne narzędzie tj.:

- ujednocila podejście do kwestii bezpieczeństwa;
- wspiera osoby odpowiedzialne za ochronę obiektów w skutecznym i systematycznym identyfikowaniu kluczowych zagrożeń;
- usprawnia przygotowanie do formalnych procedur certyfikacyjnych;
- podnosi świadomość właścicieli i pracowników muzeów w zakresie ochrony przeciwpożarowej.

Celem jego opracowania nie było tworzenie szczegółowych i złożonych regulacji, lecz przedstawienie prostego, przejrzystego i funkcjonalnego wzorca, który można swobodnie dostosować do specyfiki poszczególnych obiektów.

¹⁹ J. Zboina (red.), dz. cyt. s. 169–181.

**FORMULARZ OCENY OBIEKTU ZABYTKOWEGO, UWZGLĘDNIAJĄCY
WYSTĘPUJĄCE ASPEKTY TECHNICZNE I ORGANIZACYJNE W NIM
WYSTĘPUJĄCE (WZORZEC)**

W przypadku obiektu składającego się z **kilku budynków** – dla każdego budynku należy opracować **odrębną kartę**

Nazwa lub funkcja i pełny adres obiektu budowlanego:

Nr telefonu do budynku:

--

Właściciel budynku:

--

Nr telefonu właściciela:

--

Zarządca użytkownik budynku:

--

Nr telefonu zarządcy (użytkownika) budynku:

--

OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

I. CHARAKTERYSTYKA POŻAROWA

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).

1. Dane ogólne:

- rok budowy /lub data przekazania do użytkowania :

- wysokość budynku [m]: Powierzchnia całkowita [m²]:

- kubatura budynku [m³]: Budynek wolnostojący¹: TAK NIE

- liczba kondygnacji nadziemnych²:

- liczba kondygnacji podziemnych: Budynek zabytkowy: TAK NIE

- palne elementy konstrukcji: ściany stropy dach

Informacje o palnych el. konstrukcji należy odnaleźć w istniejących i aktualnych instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego lub w projektach budowlanych obiektu.

- liczba klatek schodowych w budynku: szt.

- klatka schodowa / klatki schodowe:

obudowana zamykana drzwiami	<input type="checkbox"/>
otwarta	<input type="checkbox"/>
wyposażona/e w urządzenia zabezpieczające przed zadymieniem	<input type="checkbox"/>

- liczba wejść do budynku:

- kategoria zagrożenia ludzi (ZL) /magazyn :

- gęstość obciążenia ogniowego [MJ/m²]
(dotyczy budynku magazynowego lub strefy magazynowej):

- strefy pożarowe / pomieszczenia zagrożone wybuchem: TAK NIE

- liczba stref pożarowych występująca w budynku:

- powierzchnia największej strefy pożarowej [m²]:

- Instalacja gazowa: TAK NIE

- odległość od sąsiednich budynków [m]:

- data uzyskania zgody komendanta wojewódzkiego PSP na zastosowanie rozwiązań zamiennych

Należy wskazać w przypadku wydania postanowienia KW PSP; w przypadku braku - należy wstawić znak „-”.

- dyżur (nadzór)³ w budynku: NIE

TAK , w godz. od do

2. Urządzenia przeciwpożarowe w budynku⁴

Stosowne informacje można odnaleźć w dokumentacji powykonawczej, protokołach kontroli okresowych, projektach budowlanych, projektach urządzeń przeciwpożarowych, dokumentacji technicznej oraz bieżącej oceny funkcjonowania obiektu, oraz innych dokumentach stwierdzających stan (np. protokołach z przeprowadzonych audytów, analiz). Przy wybranych pozycjach wskazana jest informacja o podstawie prawnej, w której odnaleźć można bliższe informacje o zasadach stosowania / wymagalności

Rodzaj urządzenia	Wymagane ⁵	Zainstalowane	Sprawne	Data ostatniego przeglądu
Hydranty wewnętrzne⁶ 25 / 52 § 19 ust. 1 i 3 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
System sygnalizacji pożarowej i lokalizacja centrali CSP⁷ § 28 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	----	Ochrona całkowita <input type="checkbox"/>	Ochrona częściowa <input type="checkbox"/>	
	----	W przypadku ochrony częściowej podać strefy chronione (np. magazyny, pracownie, ekspozycje etc.): <input type="text"/>		
	----	Lokalizacja centrali: <input type="text"/>		
Monitoring pożarowy do PSP⁸	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Dźwiękowy System Ostrzegawczy⁹ § 29 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne¹⁰ § 181 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Rodzaj urządzenia	Wymagane ⁵	Zainstalowane	Sprawne	Data ostatniego przeglądu
Urządzenia do usuwania dymu¹¹ § 245 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Urządzenia zapobiegające zadymieniu (nadcisnienie)¹² § 245 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Pompownia przeciwpożarowa § 26 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Sieć wodociągowa przeciwpożarowa § 9 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.) oraz § 5 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. Nr 124, poz. 1030).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> dm ³ /s / <input type="text"/> dm ³ /s Podać rzeczywistą wydajność sieci wodociągowej w stosunku do wydajności wymaganej przez przepisy rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. Nr 124, poz. 1030).
Zbiornik wody o poj. (m³) § 24 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023, poz. 822 z późn. zm.) oraz § 5 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. Nr 124, poz. 1030).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> Należy podać pojemność w zbiornika w m ³

Rodzaj urządzenia	Wymagane ⁵	Zainstalowane	Sprawne	Data ostatniego przeglądu
Stałe / półstałe urządzenia gaśnicze wodne¹³	TAK <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	NIE <input type="checkbox"/>			
	Instalacja tryskaczowa <input type="checkbox"/>			
	Instalacja zraszaczowa <input type="checkbox"/>			
	Instalacja mgły niskociśnieniowej <input type="checkbox"/>			
	Instalacja mgły wysokociśnieniowej <input type="checkbox"/>			
	Dodatek środka pianotwórczego: <input type="checkbox"/>			
Rodzaj:		<input type="text"/>		
Inna:		<input type="text"/>		
Stałe urządzenia gaśnicze gazowe	TAK <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	NIE <input type="checkbox"/>			
Rodzaj środka gaśniczego (gazu)				
<input type="text"/>				
Przeciwpożarowy wyłącznik prądu¹⁴ i miejsce jego lokalizacji		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	TAK <input type="checkbox"/>			
<small>§ 183 ust. 2, 3 i 4 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 r., poz.1225 z późn. zm.).</small>	NIE <input type="checkbox"/>	Lokalizacja ¹⁵ : <input type="text"/>		
Dźwig dla ekip ratowniczych				
	TAK <input type="checkbox"/>			
<small>§ 253 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).</small>	NIE <input type="checkbox"/>	Lokalizacja: <input type="text"/>		

Rodzaj urządzenia	Wymagane ⁵	Zainstalowane	Sprawne	Data ostatniego przeglądu
Główny kurek gazu § 159 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225 z późn. zm.).	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>			Lokalizacja: <input type="text"/>
Rozwiązania zamienne W przypadku braku wyposażenia budynku w wymagane urządzenia przeciwpożarowe (vide przypis 5 do objaśnień wskazanych terminów) należy uwzględnić ewentualne przypadki zastosowania rozwiązań zamiennych, uzgodnionych z właściwym komendantem wojewódzким PSP, zgodnie z odrębnymi przepisami	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>			Postanowienie KWSPSP (znak i data) <input type="text"/> Podać zastosowanie rozwiązania zamienne, zgodnie z ww. postanowieniem: 1. 2. 3.

3. Ewakuacja

1	Występowanie warunków technicznych, stanowiących podstawę do uznania istniejącego budynku za zagrażający życiu ludzi <small>Podstawą uznania budynku istniejącego za zagrażający życiu ludzi może być występowanie warunków technicznych, o których mowa w § 16 ust. 2 rozporządzenia MSWiA z dnia 7.06.2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719) .</small>	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
	W przypadku występowania warunków technicznych, stanowiących podstawę do uznania budynku istniejącego za zagrażający życiu ludzi – należy je wymienić (obok w kolumnie)	<input type="text"/>
2	Zapewniona ochrona pionowych dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
3	Zapewniona ochrona poziomych dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
4	Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne poziomych dróg ewakuacyjnych	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
5	Awaryjne oświetlenie pionowych dróg ewakuacyjnych	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
6	Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne pomieszczeń, w których przebywa ponad 50 osób	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
7	Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne we wszystkich pomieszczeniach budynku	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
8	Możliwość nadawania komunikatów przez radiowęzeł	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
9	Czy wyznaczono miejsce koncentracji ewakuowanych?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
10	Czy jest opracowana instrukcja bezpieczeństwa pożarowego?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
11	Lokalizacja miejsc koncentracji ewakuowanych	<input type="text"/>
12	Czy jest opracowany plan ewakuacji zbiorów?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
13	Czy wyznaczono miejsce koncentracji oznakowanych zbiorów?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
14	Czy wyznaczono osoby odpowiedzialne w obiekcie za ewakuację ludzi / i zbiorów?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
15	Czy personel (pracownicy) został zapoznany z instrukcją postępowania na wypadek pożaru lub innego miejscowego zagrożenia?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
16	Czy personel (pracownicy) został zapoznany z planem ewakuacji zbiorów?	TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>

4. Przygotowanie obiektu (budynku) do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych

Przypomnienie: Potrzebne dane należy powinny znajdować się w Instrukcji bezpieczeństwa pożarowego obiektu, planach ewakuacji, książkach obiektu budowlanego ew. w innych opracowaniach lub w projektach budowlanych, projektach urządzeń przeciwpożarowych, dokumentacji technicznej oraz bieżącej oceny funkcjonowania obiektu.

 Drogi pożarowe¹⁶:

<p>Czy jest wymagana droga pożarowa?</p> <p><i>Wykaz obiektów, do których doprowadzenie drogi pożarowej jest wymagane reguluje § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. Nr 124, poz. 1030).</i></p>	<p>TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/></p>
<p>Czy jest zapewniona droga pożarowa do obiektu?</p> <p><i>Wymagania dla dróg pożarowych regulują §§ 12 ÷ 14 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. Nr 124, poz. 1030).</i></p>	<p>TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/></p>
<p>Czy droga jest zastawiana parkującymi samochodami?</p>	<p>TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/></p>
<p>Czy w związku z niespełnieniem wymagań dla drogi pożarowej uzyskano zgodę właściwego komendanta wojewódzkiego PSP na zastosowanie rozwiązań zamiennych w trybie przewidzianym w przepisach przeciwpożarowych?</p> <p><i>§ 13 ust. 4 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. Nr 124, poz. 1030).</i></p>	<p>TAK <input type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/></p>
<p>W jakiej odległości od budynku przebiega droga [m]?</p>	<p><input type="text"/></p>
<p>Opis utrudnień związanych z ruchem i ustawieniem pojazdów gaśniczych i specjalnych straży pożarnej</p>	<p><input type="text"/></p>
<p>Liczba dojazdów i wjazdów</p>	<p><input type="text"/></p>
<p>Występujące utrudnienia (podać przykłady)</p>	<p><input type="text"/></p>

Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia:

	Występuje	Liczba hydrantów w odległości do 75 m	W odległości	Możliwość czerpania wody	Wydajność / Pojemność	Lokalizacja (nazwa ulicy, nr domu, narożnik / strona budynku)
Hydranty nadziemne	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hydranty podziemne	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Zbiornik naturalny	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Zbiornik sztuczny	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ciek wodny	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

II. OCENA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ PRZECIWOŻAROWYCH

1. Czy system SSP jest sprawny?

TAK (w całości)

NIE (w całości)

NIE (w części)

Wymienić niesprawności:

W przypadku funkcjonowania ochrony częściowej SSP budynku wskazać zabezpieczone:

ekspozycje stałe

wszystkie wybrane

ekspozycje czasowe

wszystkie wybrane

magazyny

wszystkie wybrane

wybrane ciągi komunikacyjne

wszystkie wybrane

pozostałe pomieszczenia (strych, piwnica etc.)

wszystkie wybrane

W przypadku funkcjonowania ochrony stałymi/półstałymi urządzeniami gaśniczymi wodnymi wskazać zabezpieczone:

ekspozycje stałe	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
ekspozycje czasowe	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
magazyny	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
wybrane ciągi komunikacyjne	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
pozostałe pomieszczenia (strych, piwnica etc.)	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>

5. Czy instalacja stałych urządzeń gaśniczych gazowych jest sprawna?

TAK (w całości)	<input type="checkbox"/>
NIE (w całości)	<input type="checkbox"/>
NIE (w części)	<input type="checkbox"/>

Wymienić niesprawności:

W przypadku funkcjonowania ochrony stałymi urządzeniami gaśniczymi gazowymi wskazać zabezpieczone:

ekspozycje stałe	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
ekspozycje czasowe	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
magazyny	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
wybrane ciągi komunikacyjne	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>
pozostałe pomieszczenia (strych, piwnica etc.)	wszystkie <input type="checkbox"/>	wybrane <input type="checkbox"/>

III. OCENA KOŃCOWA

Stanowisko właściwego państwowego instytutu kultury w uzgodnieniu z komendantem powiatowym (miejskim) PSP właściwym dla miejsca lokalizacji obiektu	pozytywne /negatywne *) **)
UWAGI:	

*) niepotrzebne skreślić

***) w przypadku:

- występowania warunków technicznych, stanowiących podstawę do uznania istniejącego budynku za zagrażający życiu ludzi, ocena końcowa powinna być negatywna;
- braku wyposażenia obiektu w urządzenia przeciwpożarowe i/ lub występowanie niesprawnych urządzeń przeciwpożarowych oraz niedoprowadzenie drogi pożarowej, których zastosowanie w rozpatrywanym obiekcie jest wymagane, ocena końcowa powinna być negatywna;

- 3) braku wyposażenia obiektu w wymagane urządzenia przeciwpożarowego (vide przypis 5 do objaśnień wskazanych terminów) oraz drogi pożarowej- należy uwzględnić ewentualne przypadki zastosowania rozwiązań zamiennych, uzgodnionych z właściwym komendantem wojewódzkim PSP, zgodnie z odrębnymi przepisami.

Objaśnienie wskazanych terminów:

¹ **Budynek wolnostojący** jest to budynek posiadający własne fundamenty, ściany i dach, który jest oddalony o minimum 8 metrów od innych zabudowań.

² Przez **kondygnację** należy rozumieć ilość piętra lub poziomy wyodrębnione i ponumerowane jako oddzielne. Antresola, posiadająca minimum jedno wydzielone ścianami pomieszczenie winna być traktowana jako kondygnacja.

³ **Dyżur (nadzór) w budynku** – należy przyjąć jako ciągła obecność osób lub osoby w obiekcie w wyznaczonych godzinach, które/która w razie wymagającej tego sytuacji mogą/może przedsięwziąć odpowiednie kroki (np. zawiadomić odpowiednie służby).

⁴ **Urządzenia przeciwpożarowe** są to urządzenia wszelkiego typu (uruchamiane ręcznie lub automatycznie, stałe lub półstałe) mające za zadanie zapobieganie, wykrywanie, zwalczania lub ograniczenia skutków pożaru.

⁵ **Wymagane** – należy rozumieć obowiązek wyposażenia obiektu w urządzenie przeciwpożarowe zgodnie z przepisami ochrony przeciwpożarowej.

⁶ **Hydranty wewnętrzne** – urządzenie przeciwpożarowe umożliwiające bezpośredni pobór wody z sieci wodociągowej, osadzone we wnękach lub natynkowo wewnątrz budynku.

⁷ **Instalacja sygnalizacji pożarowej** (system sygnalizacji pożarowej) – zespół współpracujących ze sobą i kompatybilnych urządzeń posiadających przewidziane przepisami certyfikaty i świadectwa, których zadaniem jest wykrywanie, inicjowanie alarmu oraz wykonywanie innych czynności (wysterowanie innych systemów) w przypadku pożaru. Z reguły praca systemu nadzorowana jest przez centralę lub szereg współpracujących central.

⁸ **Monitoring pożarowy do PSP** należy rozumieć jako fizyczną możliwość przekazania zgodnie z przyjętymi wytycznymi sygnałów alarmowych oraz uszkodzeniowych z systemu sygnalizacji pożaru do najbliższej jednostki ratowniczo – gaśniczej straży pożarnej bezpośrednio lub z wykorzystaniem centrum odbiorczego sygnałów alarmowych koncesjonowanego przedsiębiorcy.

⁹ **Dźwiękowy system ostrzegawczy** jest w większości przypadków zestawem urządzeń umożliwiających nadania sygnałów i komunikatów ostrzegawczych dla osób przebywających w budynku w przypadku wykrycia pożaru, zarówno w sposób automatyczny jak i na żądanie operatora systemu.

¹⁰ **Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne** należy rozumieć jako urządzenia wykorzystujące źródło zasilania własne lub inne niż oświetlenia podstawowego i umożliwiające oświetlenie drogi ewakuacyjnej w przypadku awarii oświetlenia podstawowego.

¹¹ **Urządzenia do usuwania dymu i miejsce uruchomienia ręcznego** należy rozumieć jako urządzenia uruchamiane ręcznie lub automatycznie i umożliwiające usuwanie zadymienia z pomieszczeń w zaprojektowany sposób (np. oddymianie grawitacyjne – sterowane kłapy, sterowane okna, etc.).

¹² **Urządzenia zapobiegające zadymieniu (naciśnienie)** należy rozumieć jako urządzenia kontrolujące sterujące różnicą ciśnień w sposób umożliwiający przedostawanie się dymu do strefy kontrolowanej z innych obszarów.

¹³ **Stałe/półstałe urządzenia gaśnicze wodne** należy rozumieć jako automatyczne urządzenia wykorzystujące środki gaśnicze, którymi współdziała z systemem sygnalizacji pożaru. Przez stałe urządzenia tego typu należy rozumieć urządzenia na stałe związane z konstrukcją budynku i posiadające zapas środka gaśniczego.

¹⁴ **Przeciwpożarowy wyłącznik prądu** nie jest tożsamy z głównym wyłącznikiem prądu. Umożliwia on odcięcie zasilania do głównych obwodów budynku za wyjątkiem systemów i urządzeń których praca jest niezbędna podczas pożaru.

¹⁵ **Lokalizacja** należy wskazać skrótowo i przyjmując nazwę pomieszczenia, ciągu komunikacyjnego lub innego punktu charakterystycznego w budynku.

¹⁶ **Drogi pożarowe** należy rozumieć jako drogę o nawierzchni utwardzonej, której konstrukcja umożliwia dojazd jednostek ochrony pożarowej, z uwzględnieniem zmian pór roku.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wraz z rozwojem techniki pożarniczej oraz rozwiązań na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych rola i znaczenie oceny zgodności, w tym systemu 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 ocenie zgodności „stroną trzecią”. Kompetencje, a także bezstronność i niezależność laboratoriów badawczych i jednostek certyfikujących potwierdza się przez akredytację, autoryzację i/lub notyfikację²⁰.

Ocena zgodności wyrobów jest związana z certyfikacją usług²¹, 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 spełnienia obu tych warunków – czyli zapewnienia właściwości wyrobów i jakości usług, cele bezpieczeństwa pożarowego nie mogą być osiągnięte na satysfakcjonującym poziomie. 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 nakładają²².

Przedstawiona na podstawie prowadzonych badań certyfikacja rozwiązań organizacyjnych i technicznych w zakresie ochrony przeciwpożarowej obiektów muzealnych i zabytkowych to zarazem kolejny krok, oferta, a także nowe narzędzie w procesie doskonalenia

²⁰ 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.

²¹ Certyfikacja usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej to ocena firm w zakresie możliwości świadczenia usług polegających na projektowaniu, instalowaniu i konserwacji urządzeń przeciw-pożarowych i technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych.

²² J. Zboina, P. Gancarczyk, dz. cyt..

bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych o przeznaczeniu muzealnym, w tym często zabytkowych. Certyfikacja ta dedykowana jest zarządcom obiektów muzealnych/zabytkowych, którzy dążą do osiągnięcia i utrzymania najwyższego poziomu ochrony tych obiektów i znajdujących się w nich zbiorów. Kluczowym elementem w procesie zapewnienia tej ochrony jest bezpieczeństwo pożarowe.

ROZDZIAŁ IV

RACJONALIZACJA OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ W OBIEKTACH ZABYTKOWYCH I GROMADZĄCYCH ZBIORY

WPROWADZENIE

Badania¹ prowadzone w ramach przywoływanego już kilkakrotnie w przedmiotowej monografii projektu OZAB były kontynuowane w kolejnych latach. Wyniki uzyskane w pracach indywidualnych oraz zespołowych, w powiązaniu z doświadczeniem autorów w określaniu warunków ochrony przeciwpożarowej, a także podczas współpracy z konserwatorami zabytków i administratorami obiektów zabytkowych, stały się podstawą do przedstawienia kolejnych propozycji i wniosków dotyczących możliwych kierunków i konkretnych rozwiązań ukierunkowanych na racjonalizację ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych, muzeów oraz gromadzonych w nich zbiorów². W szczególności współpraca z konserwatorami zabytków pozwoliła na lepsze zrozumienie i w konsekwencji uwzględnienie w planowaniu i projektowaniu rozwiązań ochrony przeciwpożarowej aspektów ważnych dla ochrony dóbr kultury i dziedzictwa narodowego. W badaniach ujawniono nowe kierunki

¹ Przedstawione między innymi w publikacjach: P. Wojtaszewski, B. Wojtasiak, K. Zaciera, *Idea certyfikacji obiektów zabytkowych, wytyczne i ocena rozwiązań organizacyjnych i technicznych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego*, *Studia i Materiały „Miscellanea Oeconomicae”* 2017, 4(1), s. 429–440; J. Zboina (red.), *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, dz. cyt.; J. Zboina (red.), *Bezpieczeństwo pożarowe obiektów muzealnych i ich zbiorów*, dz. cyt.; J. Zboina, *Wybrane aspekty ochrony przeciwpożarowej obiektów sakralnych i organizowanych w nich uroczystości religijnych w publikacji*, w: *Bezpieczeństwo uczestników zgromadzeń religijnych*, B. Wiśniewski i in. (red.), wyd. 2 zm., Warszawa 2017.

² Jak na przykład:

1. Certyfikacja urządzeń przeciwpożarowych, przeprowadzona na podstawie udostępnionych projektów urządzeń przeciwpożarowych (SSP, AOE, PWP, SUG, hydranty, itp.) sporządzonych dla Centralnego Magazynu Zbiorów Muzealnych (CMNM) w Lesznowoli na zlecenie Narodowego Instytutu Muzeów.
2. Opracowana przez CNBOP-PIB ekspertyza techniczna (aneks) dotycząca ochrony przeciwpożarowej dla Zamku Królewskiego w Warszawie, Plac Zamkowy 4, 02-277 Warszawa w trybie § 2 ust. 3a rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022, poz. 1225) z lutego 2024 i uzyskanego na jej podstawie postanowienia Mazowieckiego Komendanta Wojewódzkiego PSP znak WPZ.52840.128.2024.3 z dnia 10.05.2024 r.

działań, sformułowano kolejne postulaty, wnioski oraz propozycje zmian i doskonalenia. Wypracowywanie swojego rodzaju kompromisów zawodowych, pomiędzy osobami zaangażowanymi w tworzenie warunków ochrony przeciwpożarowej a personelem zajmującym się konserwacją oraz ochroną dóbr kultury i dziedzictwa narodowego, w praktyce nie jest łatwe. Mimo wszystko, jak dowodzą zdobyte doświadczenia, jest jednak możliwe z korzyścią dla obu stron. Sprzyjają temu zarówno wspólne badania naukowe i ich wyniki, jak i kontakty zawodowe nawiązywane przy konkretnych realizacjach, ale także w ramach wymiany wiedzy, informacji, prac eksperckich, czy warsztatów tematycznych³. Na szczególną uwagę zasługuje działalność i międzybranżowa współpraca projektowa pogotowia konserwatorskiego, którego aktywność i idea jest realizowana od wielu lat przez Międzyuczelniany Instytut Konserwacji Renowacji Akademii Sztuk Pięknych w Warszawie (MIK). Współpracując właśnie z pogotowiem konserwatorskim, CNBOP-PIB wnosi ważny wkład w poprawę bezpieczeństwa pożarowego zabytków, doskonalenie rozwiązań przez zarządców oraz ich użytkowników, przy zachowaniu również troski o środowisko. Podstawą zainicjowanej współpracy z MIK były opracowane w ramach projektu nr DOB-BIO7/08/01/2015 innowacyjne rozwiązania dedykowane ochronie obiektów muzealnych i gromadzonych zbiorów, w tym systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych. Kontynuacja badań, prac projektowych i ścisłej współpracy w kolejnych latach dała nie tylko podstawy do twórczego działania, lecz także przyniosła konkretne jej wyniki. Stworzone wówczas przez CNBOP-PIB nowe rozwiązania i ścisła współpraca w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych umożliwiło MIK opracowanie własnych metod konserwatorskich, dla których inspiracją stały się między innymi efekty działalności naukowej CNBOP-PIB w zakresie nowych technologii w służbie ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych, gromadzonych zbiorów oraz ochrony środowiska. Innowacyjne rozwiązania konserwatorskie MIK są stale testowane i wdrażane w odniesieniu do jednych z cenniejszych i ważniejszych obiektów zabytkowych i zbiorów, w kraju jak i za granicą⁴.

Współpraca z MIK była ponadto dla CNBOP-PIB nie tylko inspiracją i motywacją do dalszych badań i prac na rzecz poprawy bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych i skutecznej ochrony przeciwpożarowej dóbr kultury i dziedzictwa narodowego, ale stanowiła kolejne uzupełnienie luki wiedzy i rozumienia ograniczeń oraz potrzeb konserwatorskich

³ Takie jak między innymi:

1. I Kongres Bezpieczeństwa Dziedzictwa „Nowoczesne technologie w służbie ochrony dóbr kultury”, Akademia Marynarki Wojennej, Instytut Bezpieczeństwa Dziedzictwa 31 maja–2 czerwca 2023.
2. Międzynarodowe Forum „Bezpieczne zbiory – bezpieczne dziedzictwo. Muzea, biblioteki, archiwa w obliczu zagrożeń”, MKiDN, Międzynarodowe Centrum Kultury, SA PSP w Krakowie, Archiwum Narodowe, Muzeum Narodowe, Biblioteka Jagiellońska, Bazylika Mariacka, Polski Komitet Błękitnej Tarczy 26–28.09.2023 Kraków.
3. Prace Rady Ochrony Dóbr Kultury w Komendancie Głównym Państwowej Straży Pożarnej.

⁴ MIK realizuje liczne prace konserwatorskie na przykład: w Katedrze Notre Dame, „Kompleksowe prace badawcze i konserwatorskie Ołtarza Wita Stwosza (1489 r)”, „Modernizacja Muzeum Archeologicznego w Wiślicy jako oddziału Muzeum Narodowego w Kielcach wraz otoczeniem w celu zabezpieczenia i ochrony unikatowych obiektów dziedzictwa narodowego”, czy też w pracach renowacyjno-konserwatorskich pn. „Opole, Katedra pw. Podwyższenia Krzyża Świętego, XIII–XIV w. Konserwacja elewacji ściany północnej” i wielu innych.

w kontekście projektowania i wdrażania środków ochrony przeciwpożarowej. Dla przykładu stosowanie normatywnych technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych z połączeniami przewodowymi pomiędzy elementami, takimi jak elementy systemu sygnalizacji pożaru (SSP) – tj. czujki dymu i centrali sygnalizacji pożarowej, mogą być z jednej strony spełnieniem wymagania formalnego w tym zakresie, skutecznym dedykowanym rozwiązaniem w zakresie szybkiej i skutecznej ochrony przed ryzykiem pożaru, a z drugiej strony nieakceptowalną dla konserwatora zabytków ingerencją w infrastrukturę zabytkową (np. XIV-wiecznego tynku). W tym przypadku alternatywą, wypracowywaną w ramach wzajemnej współpracy projektanta, rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych i konserwatora zabytków / administratora obiektu, są specjalistyczne i coraz częściej stosowane rozwiązania bezprzewodowe. Nowe technologie i techniki sprzyjają bowiem wdrażaniu takich rozwiązań w praktyce ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i ochronie gromadzonych zbiorów. Nadmienić należy przy tym, iż rozwój technologii detekcji zjawisk pożarowych umożliwia implementację nowych rozwiązań i systemów, jak na przykład detekcja obrazu. Inicjowane realizacje z zastosowaniem specjalistycznych rozwiązań napotykać oczywiście na liczne problemy w praktyce planowania i projektowania ochrony przeciwpożarowej. Jednym z nich jest wciąż dostępność sprawdzonych nowoczesnych rozwiązań technicznych poświęconych właśnie ochronie przeciwpożarowej zabytków. Przyczyn tej sytuacji poszukiwać można między innymi w obszarze innowacyjności i otwartości na tworzenie dedykowanych, niekiedy „niszowych” rozwiązań przez producentów i dostawców produktów i systemów dla zastosowania w ochronie przeciwpożarowej. Tematyka możliwości i szans wykorzystywania nowych technologii w praktyce ochrony przeciwpożarowej została szerzej przedstawiona w dalszej części niniejszego rozdziału.

Racjonalizacja ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych w nich zbiorów sprowadza się zatem do wypracowywania rozwiązań technicznych, organizacyjnych i prawnych, pozwalających chronić je w sposób bardziej skuteczny niż dotychczas, uwzględniając przy tym możliwie najmniejszą ingerencję w zabytkową infrastrukturę budowlaną i oddziaływanie na gromadzone zbiory. Istota tych rozwiązań zawiera się w granicach możliwego kompromisu szeroko rozumianych działań na rzecz ochrony przeciwpożarowej i ochrony dziedzictwa narodowego. Wypracowane na podstawie badań naukowych i praktyki zawodowej propozycje i rekomendacje w tym zakresie przedstawiono między innymi w tym rozdziale.

1. PLANOWANIE OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ Z UWZGLĘDNIENIEM SZCZEGÓLNEJ WARTOŚCI DÓBR KULTURY I DZIEDZICTWA NARODOWEGO

1.1. Potrzeba planowania ochrony przeciwpożarowej

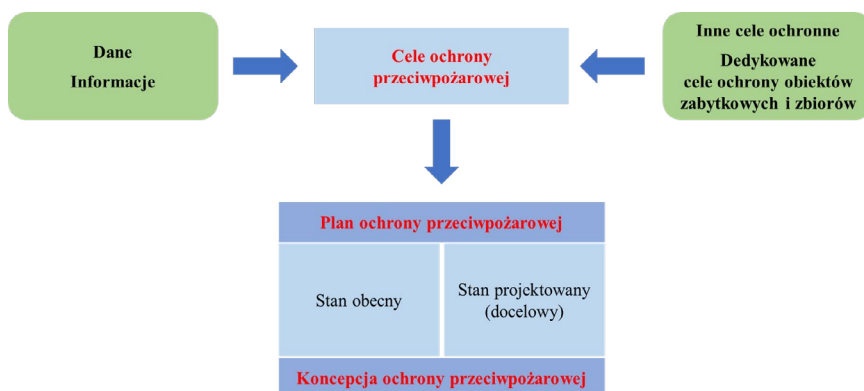
Ważnym zadaniem, niestety dość często pomijanym w praktyce, jest planowanie ochrony przeciwpożarowej. W tym zakresie konieczne jest rozróżnienie czynności, jaką jest planowanie ochrony przeciwpożarowej⁵ od znacznie popularniejszego i lepiej rozumianego terminu projektowania urządzeń czy instalacji przeciwpożarowych⁶. Przypomnieć można, iż w praktyce inżynierii bezpieczeństwa na samym początku jest opracowywana koncepcja bezpieczeństwa, a w niej bezpieczeństwa pożarowego. Ochrona przeciwpożarowa wymaga planowania i bieżącej oceny stanu jej skuteczności, uwzględnienia zmian warunków ochrony i zagrożeń. Ta zasada dotyczy wszystkich obiektów i zakresu ich ochrony. Bezpieczeństwo pożarowe jest bowiem wynikiem skuteczności przyjętych i wdrożonych warunków ochrony przeciwpożarowej i podjętych działań prewencyjnych, profilaktyki i edukacji społecznej, a także działań ratowniczych, gdy do zdarzenia pożarowego już dojdzie. Planowanie ochrony przeciwpożarowej odbywa się na podstawie wskazanych celów ochronnych, które aktualnie najczęściej są definiowane jako ochrona zdrowia i życia ratowanych i ratowników, ochrona mienia, ochrona środowiska, zapewnienie ciągłości działania lub funkcjonowania.

Tak rozumiane i definiowane planowanie ochrony przeciwpożarowej jest istotne dla skutecznego realizowania wspomnianych już powyżej celów ochronnych, ale nabiera ono szczególnego znaczenia w kontekście ochrony dóbr kultury i dziedzictwa narodowego. W ich przypadku często skuteczna ochrona mienia wymaga innego podejścia i ochrony, w tym jej specjalnego planowania. W przypadku dóbr kultury i dziedzictwa narodowego często możliwości zastosowania wprost aktualnych wymagań ochrony przeciwpożarowej są ograniczone. Istnieje ponadto wiele dodatkowych czynników charakterystycznych dla dóbr kultury

⁵ Planowanie „można zdefiniować jako systematyczne podejście do określania celów oraz opracowywania strategii i działań niezbędnych do ich realizacji. Proces ten obejmuje analizę obecnej sytuacji, prognozowanie przyszłych warunków, ustalanie priorytetów oraz alokację zasobów w sposób, który umożliwi osiągnięcie zamierzonych celów”, słownik EITT, <https://eitt.pl/slownik/> [dostęp: 28.08.2025].

⁶ Projektowanie „opiera się na takim wyborze możliwości technicznych, a także zdefiniowaniu pomiędzy nimi takich współzależności, aby wykreowany w odpowiednich uwarunkowaniach zewnętrznych schemat środków dawał możliwość uzyskania wcześniej wytyczonego celu, przy wkładach rynkowych nie większych od dozwolonych. Celem projektowania jest pozyskanie zaplanowanego wzoru przedmiotu albo zarysu procesu technicznego. Proces projektowania to celowe zachowanie człowieka, czy też zgrupowania kilku osób, którego konsekwencją powinno być zaspokojenie potrzeb konsumentów. Projektowanie jest niewątpliwie procesem, który wymaga szerokiej wiedzy, znajomości i doświadczenia czy także zdolności przewidywania (D. Jagoda-Sobalak i in., s. 163). Najbardziej uniwersalne stwierdzenie projektowania zdefiniował Patzak, który twierdzi, że projektowanie, jest to proces, który przewodzi działalność ludzką od punktu wyjściowego (problemu do rozwiązania) do punktu końcowego, czyli oczekiwanego zamysłu. Projektowanie jako przebieg niejednokrotnie występuje w regule zadaniowej (M. Sołtyś, s. 23). Zdaniem E.V. Kricka proces projektowania uwzględnia wydarzenia oraz procedury, które pojawiają się pomiędzy ukazaniem się komplikacji a pojawieniem się materiałów źródłowych, które będą przedstawiać rozstrzygnięcie problemu satysfakcjonującego z punktu widzenia ekonomicznego oraz praktycznego”, Encyklopedia Zarządzania <https://mfiles.pl/pl/index.php/Projektowanie> [dostęp: 28.08.2025].

i dziedzictwa narodowego, które powinny zostać uwzględnione w planowaniu i wdrażaniu koncepcji ochrony przeciwpożarowej. Planowanie odbywa się na podstawie przyjętych celów ochronnych i przy uwzględnieniu istniejących (dostępnych) danych i informacji dotyczących infrastruktury chronionej, gromadzonych zbiorów, warunków ochrony przeciwpożarowej, oceny ryzyka⁷. Na tej podstawie tworzy się podstawy planu potrzeb ochrony przeciwpożarowej. Plan ochrony przeciwpożarowej zazwyczaj zawiera opis stanu obecnego w celu porównania go z przyszłym (docelowym, oczekiwanym). Takie działanie jest pomocne w kolejnych krokach w efektywnym doborze właściwych środków ochrony umożliwiającym uzyskanie celów ochronnych na oczekiwanym poziomie. Plany ochrony przeciwpożarowej tworzone są najczęściej na kolejnych etapach opracowywania i wdrażania koncepcji bezpieczeństwa, w tym warunków ochrony przeciwpożarowej, projektowania instalacji, organizacji ochrony przeciwpożarowej. W zarządzaniu bezpieczeństwem pożarowym szczególnego znaczenia nabierają właściwe zastosowane techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych, organizacja ochrony przeciwpożarowej, świadomość zagrożeń i zachowań wobec nich personelu, możliwości prowadzenia działań ratowniczych.



Ryc. 1. Planowanie ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory

Źródło: Opracowanie własne.

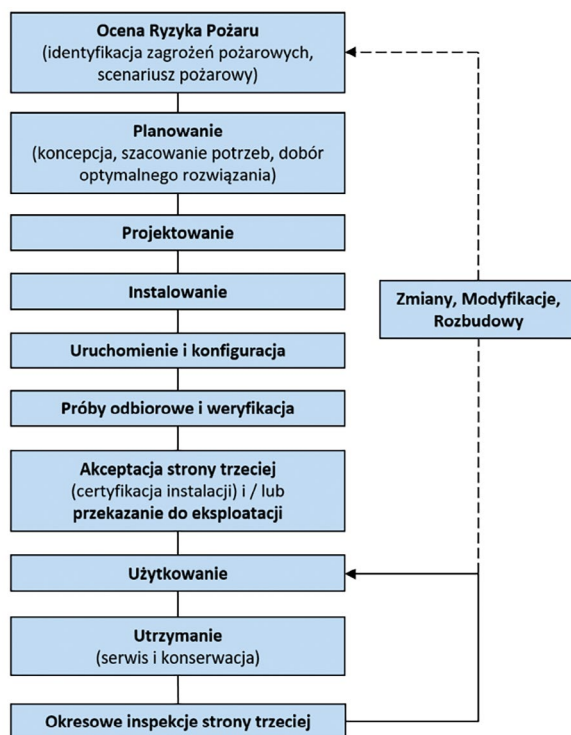
⁷ Publikacją poświęconą inżynierskiej ocenie ryzyka jest między innymi: J. Kielin, P. Lesiak, *Inżynierskie metody ochrony przeciwpożarowej. Poradnik*, CNBOP-PIB, Józefów 2023. Jest to przekład z języka niemieckiego czwartego wydania Poradnika opracowanego przez Stowarzyszenie Promocji Niemieckiej Ochrony Przeciwpożarowej (vfdB). Uzupełnia lukę w polskiej literaturze fachowej z zakresu metod ochrony przeciwpożarowej budynków, przede wszystkim tych szczególnego rodzaju lub przeznaczenia (budynki specjalne).

Plany ochrony przeciwpożarowej pozwalają lepiej uwzględnić specyficzne uwarunkowania i potrzeby ochrony infrastruktury zabytkowej i gromadzonych zbiorów. Ta kwestia dedykowanych warunków ochrony przeciwpożarowej nie może być bagatelizowana w przypadku obiektów zabytkowych czy muzealnych. W takich obiektach w praktyce często wprost spełnienie wymagań aktualnych przepisów ochrony przeciwpożarowej nie jest możliwe. Zatem wobec braku przepisów dedykowanych warunkom ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzących zbiory konieczne jest ich indywidualne wypracowywanie, chociażby poprzez wdrażanie rozwiązań zamiennych⁸, o których mowa w przepisach ochrony przeciwpożarowej⁹. Istota stosowania tych przepisów polega na tym, iż wymagania ochrony przeciwpożarowej dotyczące obiektów budowlanych lub terenów mogą być w przypadkach określonych w przepisach dotyczących ochrony przeciwpożarowej spełnione w sposób inny niż wskazany w tych przepisach, jeżeli proponowane rozwiązania zamienne w stosunku do wymagań ochrony przeciwpożarowej ograniczają możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia zapewniają zachowanie nośności konstrukcji przez określony czas, zapewniają ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu wewnątrz obiektu budowlanego, zapewniają ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie objekty budowlane lub tereny przyległe, zapewniają możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób, a także uwzględniają bezpieczeństwo ekip ratowniczych. Spełnienie powyższych celów szczegółowych rozwiązań ochrony przeciwpożarowej umożliwia w praktyce planowanie i projektowanie konkretnych rozwiązań – czynnych i biernych zabezpieczeń przeciwpożarowych. W działaniach tych należy w szczególności mieć na uwadze, iż cel ochrony, jakim jest ochrona infrastruktury zabytkowej i gromadzonych zbiorów, wymaga nadania tej ochronie priorytetu. Chodzi tu o specjalistyczne dodatkowe rozwiązania służące podniesieniu skuteczności ochrony przeciwpożarowej mienia. Pamiętać bowiem należy, iż w tworzonych i stosowanych, również w odniesieniu do obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów, przepisach ochrony przeciwpożarowej co do zasady priorytetem jest ochrona życia i zdrowia ludzi. Zatem w odniesieniu do zabytkowej infrastruktury budowlanej i gromadzonych zbiorów zasadne jest rozpatrywanie warunków ochrony przeciwpożarowej w kontekście jej wartości jako istotnego dobra kultury i dziedzictwa narodowego. Celem zatem jest nie wprost czy pośrednio spełnienie wymagań przepisów dotyczących ochrony przeciwpożarowej, a skuteczne zaplanowanie i zaprojektowanie ochrony przeciwpożarowej. W takich obiektach należy zdefiniować dodatkowe cele ochronne dla infrastruktury zabytkowej i przechowywanych zbiorów (o ile takie występują).

⁸ Rozwiązania zamienne w ochronie przeciwpożarowej to alternatywne sposoby spełnienia przepisów budowlanych i przeciwpożarowych, gdy standardowe rozwiązania są niemożliwe do zrealizowania, przy czym nie mogą one pogarszać bezpieczeństwa ludzi i mienia. Podstawą do ich zastosowania jest ekspertyza techniczna opracowana przez rzeczoznawcę, która wykazuje, że proponowane rozwiązania zapewniają akceptowalny poziom bezpieczeństwa, a ich akceptacja wymaga postanowienia właściwego Komendanta Wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej.

⁹ Art. 6 ustawy o ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991 (Dz.U. 1991 Nr 81, poz. 351).

Jest to według autorów nadal rzadką praktyką. Ponadto plan ochrony przeciwpożarowej w możliwie szerokim zakresie powinien uwzględniać zagadnienia dotyczące ewakuacji zbiorów, w szerszym kontekście niż tylko zagrożenie pożarowe. Ewakuacja zbiorów, jej kolejność, niezbędne zasoby ludzkie i materialne, organizacja i nadzór to istotne wyzwania i zadania dla obiektów muzealnych i innych, gdzie są one przechowywane. Ponieważ przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej przede wszystkim uwzględniają ochronę zdrowia i życia, ważną kwestią przy tworzeniu planów ochrony przeciwpożarowej dla obiektów zabytkowych i tych, w których gromadzone są zbiory, jest właściwie wyartykułowanie celu ochronnego infrastruktury zabytkowej i przechowywanych dóbr. Planowanie¹⁰ to specyfikacja celów zastosowania, zakresu i konfiguracji systemu (systemów), działania systemu i współdziałania z innymi systemami na podstawie zidentyfikowanych zagrożeń i znanych warunków brzegowych. Planowanie według tej normy obejmuje koncepcję, szacowanie potrzeb, dobór optymalnego rozwiązania. Ideę podejścia w tym zakresie do planowania można przedstawić graficznie (ryc. 2).



Ryc. 2. Zalecane etapy wdrażania instalacji urządzeń przeciwpożarowych w obiektach budowlanych

Źródło: Opracowanie na podstawie PKN-CEN/TS 54-14:2020-09.

¹⁰ Zgodnie z PKN-CEN/TS 54-14:2020-09.

Podejście do planowania zalecane w tym standardzie PKN-CEN/TS 54-14:2020 sprowadza się do tego, aby wdrożenie instalacji w obiekcie budowlanym było realizowane etapami przedstawionymi na schemacie stosowanym dla urządzeń przeciwpożarowych. Przy czym zakłada się zgodnie z tym standardem, że:

- każdy etap procesu wdrożenia może być realizowany przez inny podmiot posiadający wymagane kwalifikacje i kompetencje,
- podmiot ten będzie również potrzebował danych i informacji z wcześniejszych etapów tego procesu.

Zwrócić należy ponadto uwagę, iż na każdym etapie procesu wdrożenia instalacji urządzenia przeciwpożarowego w obiekcie budowlanym obowiązują wymagania dotyczące kwalifikacji i kompetencji personelu lub podmiotu, odpowiedzialności za wykonywaną pracę oraz dokumentacji, jaka powinna być sporządzona z etapu na etap.

Skuteczność środków ochrony przeciwpożarowej musi odpowiadać faktycznym zagrożeniom i ryzykom pożarowym w budynku, w tym ich przeznaczeniu i celom ochronnym. Dla osiągnięcia oczekiwanej skuteczności środków ochrony przeciwpożarowej rekomendowane jest opracowywanie rzeczywistych i prawdopodobnych¹¹ scenariuszy pożarowych. W obiektach budowlanych może występować wiele teoretycznych możliwych procesów pożarowych. Założenia obliczeniowe muszą zawierać wszystkie prawdopodobne pożary. Dla każdego pomieszczenia, strefy pożarowej można przewidywać liczne scenariusze pożarowe, które są zależne od czynników, takich jak np. przyczyna pożaru, jego miejsce, specyficzne zagrożenia pożarowe. W celu określenia sposobu ochrony przeciwpożarowej obiektu budowlanego należy zdefiniować tak zwane scenariusze pożarów obliczeniowych. W tym zakresie pomocne mogą być dokumenty normatywne, wytyczne czy poradniki dla inżynierów. Dla przykładu zgodnie z normą DIN 18009-1 dotyczącą inżynierii ochrony przeciwpożarowej scenariusze pożarów obliczeniowych uwzględniają wszystkie istotne parametry, które mogą wpływać na przebieg pożaru¹². Kluczowym założeniem jest jednak, iż skuteczne zabezpieczenie obiektu i/lub gromadzonych w nim zbiorów przed wszystkimi możliwymi zdarzeniami pożarowymi zależy w szczególności od zdefiniowanych celów ochrony. Dlatego tak ważne w racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzących zbiory jest właściwe określenie szczególnego celu ochrony mienia dużej wartości z perspektywy kultury i dziedzictwa narodowego.

1.2. Nowe technologie i rozwiązania

Zastosowanie nowych technologii i rozwiązań w ochronie obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów ma duży potencjał. Zdaniem autorów nadal niewykorzystany i nieujawniony. Prowadzone badania i praktyka zawodowa w zakresie bezpieczeństwa pożarowego

¹¹ Bardzo ważne jest, aby rozpatrywane scenariusze pożarowe odpowiadały realiom faktycznych zagrożeń pożarowych, jakie mogą zaistnieć w obiekcie zabytkowym, gromadzącym zbiory.

¹² J. Kielin, P. Lesiak, dz. cyt., s. 25, 37.

upoważniają do poniższych tez, wniosków i propozycji w zakresie planowania, projektowania i zarządzania ochroną przeciwpożarową w takich obiektach.

Jak już wspomniano, nie stosuje się specjalnych przepisów w zakresie ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych w nich zbiorów, ponieważ ich dotychczas nie opracowano. Propozycje i wstępne dyskusje w tym zakresie były jednak podejmowane w gremiach eksperckich w nieodległej przeszłości¹³. Można wobec tego wyrazić przekonanie, że możliwy jest powrót do prac w tym zakresie. W praktyce jednak stosowane są aktualne przepisy prawa, ze wspomnianymi już przepisami pozwalającymi planować i projektować ochronę przeciwpożarową w określonym zakresie rozwiązań zamiennych i inżynierii bezpieczeństwa pożarowego opartej na zasadach wiedzy technicznej, doświadczeniach i praktyce, która utrwaliła się w specyficznym obszarze ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów. Powstają ponadto branżowe, eksperckie opracowania poświęcone planowaniu i projektowaniu ochrony przeciwpożarowej w konkretnych obiektach, na przykład przeznaczonych do magazynowania eksponatów muzealnych i prowadzenia prac konserwatorskich¹⁴. Wskazany stan formalnoprawny i stosowanych praktyk branżowych zapewne nie jest idealny, ale pozwala w zadowalającym zakresie na planowanie i projektowanie ochrony przeciwpożarowej. Jednym z kierunków racjonalizacji już wskazanym, czy raczej przywołanym, powinny być działania mające na celu dostosowanie istniejących lub opracowanie oddzielnych przepisów w odniesieniu do obiektów zabytkowych, muzealnych i gromadzonych w nich zbiorów. Takie działania uzasadnia między innymi, mówiąc ogólnie, racjonalizacja ochrony przeciwpożarowej w tych obiektach, a zagłębiając się w tematykę, wzmocnienie i wyartykułowanie w nich celu ochronnego rozumianego jako wartości kulturowej i dziedzictwa narodowego. Cel ten realizowany jest aktualnie na podstawie ogólnych przepisów ochrony przeciwpożarowej¹⁵ przez przywołane już rozwiązania zamienne i wypracowywanie rozwiązań ochrony przeciwpożarowej w drodze praktyki branżowej. To właśnie te ostatnie działania najsilniej uzasadniają rekomendacje opracowania nowych przepisów dla ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów. Potwierdza to aktualna, powszechna, konieczna praktyka wdrażania rozwiązań zamiennych, opracowywania ekspertyz technicznych, wydawania postanowień w tym zakresie przez komendantów wojewódzkich Państwowej Straży Pożarnej i służby konserwatorskie. Między innymi te doświadczenia i praktyka dostarczają dużej wiedzy, podstaw do formułowania przepisów w ochronie przeciwpożarowej tej specyficznej i jakże cennej kategorii obiektów budowlanych i gromadzonych dóbr.

¹³ Postulaty takie zgłaszano i poddawano pod dyskusję między innymi w ramach prac Rady Ochrony Dóbr Kultury.

¹⁴ Na przykład poświęcone tworzeniu warunków ochrony przeciwpożarowej magazynów zbiorów muzealnych: Ł. Bratasz, P. Gancarczyk, A. Kłosowska, B. Świątkowska, J. Zboina, *Raport warunki ochrony przeciwpożarowej - analiza i rekomendacje – dla budynków magazynowego i użytkowego, przeznaczonych do przechowywania i konserwacji zbiorów muzealnych*, Warszawa 2019. Publikacja przygotowana na zlecenie Narodowego Instytutu Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów.

¹⁵ Odnoszące się do wszystkich kategorii obiektów budowlanych, z pewnym ich podziałem, jednak bez wyodrębnienia i wskazania rozwiązań dedykowanych dla obiektów zabytkowych, gromadzenia zbiorów.

Innym rozwiązaniem niż specjalistyczne regulacje prawne dla ochrony przeciwpożarowej w obiektach muzealnych i gromadzących zbiory, jest powszechne zastosowanie dedykowanych rozwiązań służących do jej racjonalizacji z wykorzystaniem nowych technologii i rozwiązań, między innymi w ochronie przeciwpożarowej. Przywołana wcześniej współpraca podmiotów i osób odpowiednio zajmujących się ochroną przeciwpożarową i ochroną konserwatorską zabytków ujawnia określony zakres i granice, obszary rozbieżności, a raczej progu akceptowalności niektórych rozwiązań dla stron. Przykładem takiej sytuacji przy planowaniu i projektowaniu rozwiązań i urządzeń przeciwpożarowych jest ingerencja w infrastrukturę zabytkową¹⁶. W tym zakresie istnieją duże potrzeby, ale i możliwości opracowywania i wdrażania systemów i urządzeń przeciwpożarowych dedykowanych ochronie przeciwpożarowej, będących zarazem pozanormatywną alternatywą. Pierwszym przykładem możliwym do wdrożenia do ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów są wszelkie rozwiązania bezprzewodowe, z zastosowaniem różnych protokołów komunikacji. Proces ten wymaga dostosowania regulacji prawnych (możliwością na dziś pozostają rozwiązania zamiennie), zaplanowania i zaprojektowania takich rozwiązań, systemów, potwierdzenia ich deklarowanych właściwości użytkowych i funkcjonalności w drodze badań i certyfikacji systemów i produktów. Zastosowanie takiego wdrożenia, nawet bez zmiany regulacji prawnych, bazując na obecnych podstawach prawnych i praktyce rynkowej, jest wykonalne. Indywidualne uzgadnianie rozwiązań jest w pewnym zakresie niedogodnością, ale zaletą jest spersonalizowanie, możliwość ich dostosowania do konkretnych potrzeb i ograniczeń w chronionym obiekcie. To każdorazowe ustalanie tych warunków daje duży potencjał w racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w kontekście jej skuteczności.

Dostępne nowe technologie i oparte na nich rozwiązania dla ochrony przeciwpożarowej ujawniają bardzo duży potencjał innego podejścia do ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i tam, gdzie gromadzone są dobra kultury. Wykorzystaniu tej możliwości nie sprzyja jednak kilka okoliczności. O otoczeniu i uwarunkowaniach prawnych, które są pierwszą z tych okoliczności, wspomniano już wcześniej. Następną taką okolicznością jest praktyka zawodowa, a w zasadzie pewne „przyzwyczajania”, czy przyjęte schematy proponowanych i wdrażanych rozwiązań w zakresie warunków ochrony przeciwpożarowej. Taka sytuacja jest w szczególności uzasadniona faktem, iż często wygodniej, może „bezpieczniej”, jest zastosować znane choć nie zawsze najlepsze, najbardziej efektywne rozwiązania, niż przecierać szlaki i wdrażać całkowicie nowe rozwiązania, w tym oparte na zaawansowanych rozwiązaniach technologicznych. Przy czym kolejną okolicznością niekorzystną dla wdrażania nowych dedykowanych rozwiązań na rzecz ochrony przeciwpożarowej dotyczącej

¹⁶ Na przykład: wymiana drzwi zabytkowych na klatce schodowej na drzwi o określonych parametrach pożarowych i wyposażenie ich w samozamykacze; zastosowanie dźwiękowych systemów ostrzegawczych w obiekcie zabytkowym, gdzie główne ograniczenie stanowi prowadzenie przewodów i kabli, co ogranicza możliwość ingerencji w infrastrukturę zabytkową.

bezpośrednio wykorzystania nowych technologii jest implementacja i wdrażanie nowych rozwiązań. Ta tematyka była już szeroko prezentowana przez autorów we wcześniejszych artykułach i publikacji¹⁷. W monografii poświęconej badaniom i wdrożeniom przybliżono między innymi tematykę rozumienia i znaczenia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, a także jej perspektyw rozwoju i potrzeb, badań naukowych w tym badań bezpieczeństwa pożarowego i współpracy nauka – biznes na rzecz wdrożeń. W kolejnych rozdziałach wyżej przywołanej publikacji przybliżono także wyniki badań i doświadczenia w zakresie wdrażania nowych technologii i rozwiązań, koncentrując się na podstawach formalnych, zaufaniu do wyrobów i rozwiązań, ekosystemie dla innowacji, umiejętności współpracy z liderami.

Jednym z ważniejszych elementów wspierających wdrażanie innowacji jest współpraca świata nauki i biznesu. Już od wielu lat środowisko naukowe w Polsce podkreśla potrzebę rozwiązań systemowych zwiększających doskonałość wdrożeniową. Podejmowane kolejne próby w tym zakresie są różnie oceniane, można jednak mówić o zasadniczej zgodności co do oczekiwań wobec tych rozwiązań. Powinny one bowiem skłaniać przedsiębiorców do inwestowania w badania i rozwój, a przede wszystkim do podejmowania ryzyka opracowywania i wdrażania nowych technologii i nowych produktów. Duże znaczenie dla innowacyjności ma bez wątpienia sama polityka innowacyjności odpowiednio państwa, organizacji, podmiotu. Do systematycznego i optymalnego osiągnięcia celu rozwoju organizacji konieczne z kolei są środki, narzędzia i możliwości, a w dzisiejszych czasach w szczególności rozwiązania informatyczne i programowe. Innowacja jest to pewien „inny” sposób myślenia, postrzegania, tworzenia, oceniania, wnioskowania i działania. Na innowacyjność istotnie wpływają określone uwarunkowania. Wdrażanie nowych technologii i rozwiązań w ochronie przeciwpożarowej ma niekiedy znamiona działań i produktów innowacyjnych, coraz częściej również nimi jest¹⁸.

Nowe rozwiązania i technologie stwarzają nowe możliwości, niedostępne dotychczas w planowaniu i projektowaniu ochrony przeciwpożarowej w specyficznych obiektach, do których bez wątpienia należy zakwalifikować obiekty zabytkowe, obiekty muzealne oraz inne, w których gromadzone są lub magazynowane dobra o wysokiej wartości. Implementacja wspomnianych rozwiązań ochrony przeciwpożarowej opartych na nowych technologiach, w tym projektowaniu nowych systemów stanowi określone wyzwanie inżynierskie, które nie tylko jest aktualnie możliwe, ale zarówno oczekiwane i potrzebne. W dużej części potrzeba specjalistycznych rozwiązań i systemów dla ochrony przeciwpożarowej wynika z powstawania nowych zagrożeń dla tej infrastruktury i chronionych dóbr czy zbiorów, związanych ze stosowaniem w infrastrukturze budowlanej nowych rozwiązań technologicznych. Dla przykładu – czy dla infrastruktury zabytkowej lub obiektu muzealnego i ich zbiorów może stanowić dodatkowe ryzyko/zagrożenie zastosowanie źródła energii na dachu tych obiektów lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie albo urządzeń dedykowanych magazynowaniu energii

¹⁷ J. Zboina, *Badania i wdrożenia. Interdyscyplinarność badań bezpieczeństwa*, CNBOP-PIB, Józefów 2020.

¹⁸ Tamże, s. 60.

w budynku lub bezpośrednio jego sąsiedztwie? Każda zmiana wymaga analizy i uwzględnienia. Zatem wyposażenie obiektu budowlanego w instalację fotowoltaiczną, także do magazynowania energii, w punkt ładowania pojazdów elektrycznych w garażu lub na pobliskim parkingu wiąże się z potrzebą inżynierskiej oceny zagrożeń, ryzyka i ustalenia według potrzeb środków minimalizujących te ryzyka lub sprowadzających je do poziomu akceptowalnego. Rewizja warunków ochrony przeciwpożarowej wynika z faktu pojawienia się nowych potencjalnych źródeł zagrożeń, a ryzyko ich zaistnienia i skutków determinuje środki konieczne do podjęcia w celu zapobiegania im. Powyższa odpowiedź na postawione pytanie wynika oczywiście z analizy zagadnienia z perspektywy bezpieczeństwa pożarowego. Odrębną kwestią, już artykułowaną w niniejszym rozdziale, pozostaje sprawa wymagań i ograniczeń konserwatorskich i ingerencji w infrastrukturę zabytkową. Zatem w wybranych przypadkach brak zgody służb konserwatorskich na ingerencję w infrastrukturę zabytkową dachu w celu lokalizacji na nim instalacji fotowoltaicznej jest zasadniczo zgodne z brakiem ryzyka, które należałoby uwzględnić w kontekście holistycznej analizy bezpieczeństwa, którego częścią pozostaje bezpieczeństwo pożarowe. Z kolei wyposażenie obiektu w instalację fotowoltaiczną, magazyn energii¹⁹ lub punkt ładowania dla pojazdów elektrycznych wymaga uwzględnienia odpowiednio zagrożeń, które najczęściej definiuje się jako: pożar²⁰ porażenie prądem elektrycznym²¹, wnikanie przez drogi oddechowe toksycznych produktów spalania, kontakt skóry ze środkami chemicznymi, wybuch powstałych związków chemicznych, proces korozyjny materiałów znajdujących się w pobliżu baterii, powodowany w wyniku wycieku i oddziaływania elektrolitu o właściwościach korozyjnych.

Wspominane już kilkakrotnie wdrażanie nowych technologii i rozwiązań wymaga pewnej rozważności i specjalistycznych narzędzi. Są nimi między innymi procedury badań i certyfikacji wyrobów i systemów poświęconych ochronie przeciwpożarowej. Procedury te pozwalają na ocenę właściwości wyrobów, funkcjonalności rozwiązań, a w konsekwencji na ustalenie zakresu zastosowania i budowania zaufania do wyrobów, rozwiązania, zakresu ochrony. Z kolei to zaufanie do wyrobów, rozwiązań jest szczególnie ważne w obszarze bezpieczeństwa pożarowego i ratownictwa. Oczekiwane bowiem właściwości i funkcjonalności, takie jak: niezawodność, skuteczność, szeroko rozumiana użyteczność, determinują zaufanie do wyrobu lub systemów i decydują o jego stosowaniu bądź odrzuceniu. Powyższe podejście ma swoje odzwierciedlenie dla stosowania wyrobów, rozwiązań czy systemów nie tylko w obszarach

¹⁹ P. Gancarczyk, J. Kielin, T. Kołodziejczyk, M. Piasecki, J. Zboina, *Wybrane zagadnienia użytkowe i bezpieczeństwa w instalacjach fotowoltaicznych*, CNBOP-PIB, Józefów 2021.

²⁰ P. Janik, J. Tępiński, *Bezpieczeństwo pożarowe magazynów litowo-jonowych – wyzwania i dylematy*, SFT Vol. 56 Issue 1, 2025, pp. 98–107, *Guidance on Integrated fire protection solutions for Lithium-Ion batteries*, V1.0-EN, Euralarm, Switzerland, 2022; Babiński K., Gemra A., Janik P. i in., *Wytyczne w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży w obiektach budowlanych, przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in*, CNBOP-PIB, Józefów 2024; J. Tępiński, *Bezpieczeństwo pożarowe garaży przeznaczonych do przechowywania i ładowania samochodów z napędem elektrycznym – zasady wiedzy technicznej*, „Bezpieczna i Cyfrowa Chemia” 2024, 56–61.

²¹ J. Kielin, T. Kołodziejczyk, I. Majka, i in., *Prowadzenie działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym*, CNBOP-PIB, Józefów 2023.

bezpieczeństwa. Powszechnie niedoszacowywanym warunkiem koniecznym do stosowania nowych rozwiązań w oparciu o niesprawdzone jeszcze technologie jest potwierdzenie ich właściwości i funkcjonalności. Mówiąc o potwierdzeniu właściwości wyrobów – autorzy mają na myśli, wyroby, zestawy wyrobów i ich systemy, dla których ich producenci deklarują właściwości użytkowe na podstawie przeprowadzonej oceny zgodności (badania i certyfikację). To właśnie ocena zgodności w szczególności buduje do nich (wyrobów) zaufanie poprzez dostarczenie wiarygodnych dowodów zgodności deklarowanych właściwości użytkowych.

Wyroby o oczekiwanych, potwierdzonych właściwościach użytkowych używane z uwzględnieniem ich zamierzonego zastosowania w oparciu o warunki i wytyczne stosowania, a także wymagania dla projektowania i prac instalacyjnych są gwarancją realizacji oczekiwanych funkcjonalności i ich bezpiecznej eksploatacji.

1.3. Kierunki i rekomendacje racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory

Badania naukowe autorów nad bezpieczeństwem pożarowym i wykorzystywanie ich wyników do rozwiązywania konkretnych problemów w praktyce ochrony przeciwpożarowej uwzględniały szersze postrzeganie bezpieczeństwa i służyły poszukiwaniu kierunków i rozwiązań dotyczących racjonalizacji, doskonalenia i zmian w ochronie przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów. Do wskazywania kierunków i formułowania rekomendacji dla racjonalizacji działań w obszarze bezpieczeństwa konieczne jest, za B. Wiśniewskim, permanentne pozyskiwanie wiedzy i jej upowszechnianie, a także lepsze i szersze niż dotychczas wykorzystywanie tej wiedzy w praktyce. W zawężonym zakresie rozważań do bezpieczeństwa pożarowego kierunki i rekomendacje dotyczące racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej sformułowano w odniesieniu do wszystkich jej trzech działań: zarówno tych prewencyjnych, ratowniczych, jak i z obszaru profilaktyki i edukacji społecznej. W przedmiotowych badaniach nad bezpieczeństwem pożarowym główny problem badawczy sprowadzał się do poszukiwania naukowo uzasadnionej odpowiedzi na pytanie, jak skutecznie chronić obiekty zabytkowe i gromadzone zbiory. Ich wyniki w powiązaniu z praktyką zawodową w obszarze ochrony przeciwpożarowej stanowiły podstawę do formułowanych wniosków, propozycji określonych kierunków działań i rekomendacji mających na celu racjonalizację wszystkich działań w ramach ochrony przeciwpożarowej.

Proponowane kierunki i rekomendacje racjonalizacji działań prewencyjnych ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory

Wśród proponowanych kierunków i rekomendacji w zakresie racjonalizacji działań prewencyjnych ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory, w szczególności na podstawie prowadzonych badań naukowych i doświadczeń zawodowych, wskazać można:

1. Tworzenie przepisów prawa poświęconych ochronie obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów. Podstawą do ich tworzenia i wdrożenia powinna być

zebrana wiedza i dane dotyczące między innymi stwierdzanych nieprawidłowości w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, jak również proponowanych i stosowanych dotychczas rozwiązań zamiennych z uwzględnieniem zastrzeżeń i ograniczeń, jakie formułowały służby konserwatorskie w procesach ich uzgadniania.

2. Opracowanie wytycznych i poradników na temat oceny ryzyka, zarządzania nim w obiektach zabytkowych, muzealnych, a także koncentrujących się na ochronie dzieł sztuki i dóbr kultury. Przykładem w tym zakresie mogą być między innymi publikacje: *Ocena ryzyka w muzeach Poradnik dla kierownictwa muzeów dotyczący identyfikacji zagrożeń w muzeum i wyznaczania niezbędnych środków bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników*, UK NRW Unfallkasse Nordrhein -Wetsfale, październik 2023. Poradnik przedstawia takie zagadnienia jak: konieczność oceny ryzyka, zagrożenia w muzeum, procedurę oceny ryzyka, sprawdzenie organizacji bezpieczeństwa, planowanie przebiegu oceny ryzyka, określenie obszarów pracy muzeum, przeprowadzenie i zarządzanie oceną ryzyka, przegląd potencjalnych zagrożeń, proponowany wzór „oceny ryzyka” z praktycznymi wskazówkami. *Ochrona dzieł sztuki i dóbr kultury – Zarządzanie ryzykiem – Zapobieganie szkodom – Muzea i wystawy*, PROVINZIAL. Publikacja przedstawia takie zagadnienia jak: ryzyka i zagrożenia w muzeum, zabezpieczenie mechaniczne, monitoring elektroniczny, organizacyjne środki bezpieczeństwa, lista kontrolna dotycząca bezpieczeństwa i osoby odpowiedzialnej za ochronę przeciwpożarową. Właściwe określenie indywidualnych celów ochronnych stanowi podstawę do planowania środków ochrony przeciwpożarowej. Identyfikacja zagrożeń pożarowych i ich analiza dostarcza niezbędnej wiedzy i danych oceny ryzyka, doboru i projektowania środków jego minimalizacji lub sprowadzenia do poziomu akceptowalnego.
3. Kontynuacja i permanentne rozszerzanie (w odpowiedzi na ewoluujące potrzeby) zainicjowanej i realizowanej współpracy różnych podmiotów i branż na rzecz skuteczniejszej niż dotychczas ochrony. Kontynuacja i dostosowywanie do potrzeb działań i inicjatyw mających na celu:
 - prowadzenie badań naukowych, prac rozwojowych mających na celu dostarczenia niezbędnej wiedzy i wyników badań do wdrażania skuteczniejszej ochrony,
 - wymianę i upowszechnianie wiedzy, wyników badań, rozwiązań i wdrożeń,
 - opracowanie i publikowanie ukierunkowanych specjalistycznych publikacji, wytycznych, poradników, standardów dla rozwiązań ochrony przeciwpożarowej²²,

²² Jak np. wspólne opracowanie specjalistów w zakresie konserwacji zabytków i ochrony przeciwpożarowej: Ł. Bratasz, P. Gancarczyk, A. Kłosowska, B. Świątkowska, J. Zboina, *Raport warunki ochrony przeciwpożarowej – analiza i rekomendacje – dla budynków magazynowego i użytkowego, przeznaczonych do przechowywania i konserwacji zbiorów muzealnych*. Publikacja przygotowana na zlecenie Narodowego Instytutu Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów, Warszawa 2019.

- inicjowanie wspólnych prac, projektów, szkoleń specjalistów w zakresie konserwacji zabytków i ochrony przeciwpożarowej dedykowanych wdrażaniu i stosowaniu rozwiązań opartych na nowych technologiach, a także tworzeniu strategii bezpieczeństwa w tym pożarowego, doskonaleniu planowania i projektowania ochrony przeciwpożarowej.
4. Inicjowanie, inspirowanie, projektowanie i wdrażanie nowych rozwiązań, wyrobów i systemów w zakresie ochrony przeciwpożarowej opartych na nowych technologiach, aktualnych wynikach badań i wiedzy dotyczącej rozwoju pożaru. Wdrażanie specjalistycznych rozwiązań z wykorzystaniem protokołów komunikacji bezprzewodowej, alternatywnych do stosowanych obecnie rozwiązań w zakresie detekcji zjawisk pożarowych, integracja systemów bezpieczeństwa, dedykowane systemy kontroli pożaru i gaszenia, w tym ochrony miejscowej, rozwiązań i systemów pozanormatywnych do alarmowania, a także systemy i rozwiązania wspierające ewakuację w tym w szczególności zbiorów.
 5. Ulepszanie i dostosowanie systemu szkolenia, ćwiczeń i doskonalenia zawodowego zarówno ratowników, jak i personelu obiektów zabytkowych i muzealnych w zakresie prowadzenia działań ratowniczych i ewakuacji zbiorów.
 6. Wyposażanie obiektów zabytkowych i muzealnych w specjalistyczne systemy i rozwiązania do prowadzenia i wspierania ewakuacji gromadzonych zbiorów zapewniających ich efektywność, właściwą identyfikację wartości i kolejność, a także odpowiednie zabezpieczenie.

Proponowane kierunki i rekomendacje racjonalizacji działań ratowniczych ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory

Wśród proponowanych kierunków i rekomendacji w zakresie racjonalizacji działań ratowniczych ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory, w szczególności na podstawie prowadzonych badań naukowych i doświadczeń zawodowych, wskazać można:

1. Ulepszanie i dostosowywanie systemu szkolenia, ćwiczeń i doskonalenia zawodowego ratowników w celu minimalizacji strat podczas działań ratowniczych.
2. Upowszechnianie wiedzy w tym zakresie, przygotowywanie publikacji, poradników i standardów prowadzenia działań.
3. Stosowanie rozwiązań i systemów dedykowanych do prowadzenia ewakuacji zbiorów i ich deponowania, przewożenia itp. Doskonalenie technik prowadzenia działań ratowniczych, w tym ewakuacji zbiorów we współpracy z personelem odpowiedzialnym za konserwację.
4. Wykorzystywanie środków ochrony przeciwpożarowej i urządzeń przeciwpożarowych podczas prowadzenia działań ratowniczych, uwzględniając ich zakres zastosowania i funkcjonalności.

Proponowane kierunki i rekomendacje racjonalizacji działań profilaktyki i edukacji społecznej ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory

Wśród proponowanych kierunków i rekomendacji w zakresie racjonalizacji działań profilaktyki i edukacji społecznej ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory w szczególności na podstawie prowadzonych badań naukowych i doświadczeń zawodowych wskazać można:

1. Dostosowywanie przepisów prawa poświęconych ochronie obiektów zabytkowych i gromadzonych zbiorów na rzecz poprawy skuteczności i kompleksowości tej ochrony. W tym zakresie istotną definiowaną potrzebą jest właściwe powiązanie i uwzględnienie zagadnień ochrony zabytków i dziedzictwa narodowego z zadaniami systemu ochrony ludności i obrony cywilnej²³.
2. Opracowywanie i udostępnianie publikacji, wytycznych i poradników, procedur i instrukcji poświęconych ochronie dóbr kultury i dziedzictwa narodowego dedykowanych właścicielom, administratorom i zarządcom obiektów i zbiorów zawierających identyfikacje zagrożeń pożarowych i zasad postępowania w przypadku ich zaistnienia.
3. Propagowanie rozwiązań otwartego dostępu do wiedzy i informacji w tym zakresie. Inicjowanie kampanii społecznych i edukacyjnych z wykorzystaniem mediów społecznościowych, promocji i marketingu elektronicznego.
4. Kontynuacja i permanentne rozszerzanie współpracy różnych podmiotów (w tym społecznych) oraz branż na rzecz skuteczniejszej niż dotychczas ochrony. Kontynuacja i dostosowywanie do potrzeb działań i inicjatyw mających na celu wymianę i upowszechnianie wiedzy, wyników badań, rozwiązań i wdrożeń, a także inicjowanie wspólnych prac, projektów czy szkoleń, ćwiczeń i warsztatów.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie prowadzonych badań własnych, a także doświadczenia zawodowego i specjalizacji autorów, przedstawiono powyższe proponowane kierunki i rekomendacje racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących zbiory.

Wykazano między innymi celowość planowania ochrony przeciwpożarowej w tej szczególnej kategorii obiektów i wartości chronionej. Skuteczne zabezpieczenie obiektu i/lub gromadzonych w nim zbiorów przed wszystkimi możliwymi zdarzeniami pożarowymi zależy w szczególności od zdefiniowanych celów ochrony. W racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzących zbiory szczególnie istotne jest właściwe uwzględnienie szczególnego celu ochrony mienia dużej wartości rozumianej z perspektywy kultury i dziedzictwa narodowego.

Racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej służy aktualnie możliwość i potrzeba

²³ O którym mowa w art. 2 ust. 1. ustawy z dnia 5 grudnia 2024 r. o ochronie ludności i obronie cywilnej (Dz.U. 2024 poz. 1907).

wykorzystywania nowych technologii do skuteczniejszego identyfikowania zagrożeń pożarowych, ich detekcji, kontroli, czy gaszenia, analizy ryzyka, zagrożeń, obliczeń tworzenia scenariuszy pożarowych. Wdrażanie rozwiązań, w tym pozanormatywnych, przy mniejszym ingerowaniu w infrastrukturę zabytkową nie tylko jest potrzebne, lecz także możliwe. Dostępność nowych technologii umożliwia to obecnie w zdecydowanie większym stopniu niż w przeszłości.

Racjonalizacja ochrony przeciwpożarowej dotyczy jej wszystkich działań, przy czym najwięcej rekomendacji i kierunków wskazano dla działań prewencyjnych i ratowniczych. Bezpieczeństwo pożarowe jest osiąganym dzięki efektywności przyjętych rozwiązań w ramach ochrony przeciwpożarowej. Skuteczność ochrony przeciwpożarowej zależy od podejmowanych działań prewencyjnych w aspekcie technicznym i organizacyjnym, a w przypadku powstania pożaru od świadomości i zdolności do działania personelu w obiekcie. W dalszej kolejności znaczenie mają także działania ratownicze prowadzone przez straż pożarną. Ochrona przeciwpożarowa często wymaga specjalistycznych i indywidualnych rozwiązań. Nie można zapominać, iż wymagania przepisów prawa w szczególności dotyczą ochrony ludzi, dlatego często konieczne jest poszukiwanie skutecznych dodatkowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych. Doskonalenie i ocena stanu w zakresie bezpieczeństwa pożarowego jest zadaniem ciągłym. Osiągnięcie tego celu możliwe jest z jednej strony dzięki bieżącemu uwzględnianiu powstawania nowych zagrożeń i ewolucji już tych znanych, a z drugiej dzięki wzajemnemu powiązaniu i synergii wszystkich podejmowanych działań na rzecz ochrony przeciwpożarowej, tj. prewencyjnych, ratowniczych, a także profilaktyki i edukacji społecznej. Dynamika i rozwój pożaru niejednokrotnie zaskakuje, dlatego tak ważna jest zdolność do podejmowania działań i poprawność zachowań, które decydują o zdrowiu, życiu i wielkości strat materialnych. Wszystkie te aspekty należy uwzględnić w warunkach ochrony przeciwpożarowej. Mimo doskonalenia, zmian i wprowadzania nowych rozwiązań mających wpływ na jakość wyrobów, systemów i rozwiązań powstają problemy w tym zakresie. Szczególne znaczenie w odniesieniu do „jakości” technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych mają – poza właściwościami wyrobów i funkcjonalnościami stosowanych systemów – kwalifikacje i kompetencje personelu i podmiotów (projektowanie, instalowanie, konserwacja).

ZAKOŃCZENIE

Prowadzone przez autorów badania upoważniają do określonych wniosków i propozycji, które przedstawiono na końcu każdego z rozdziałów. Jak już wskazano we wstępie monografii, jej wydanie drugie uzupełniono na podstawie kontynuowanych badań naukowych, zdobywanego doświadczenia i ścisłej współpracy z podmiotami kultury i ochrony dziedzictwa narodowego, a przede wszystkim z konserwatorami zabytków. Wieloletnie, różnorodne badania poświęcone ochronie zbiorów i obiektów zabytkowych, w powiązaniu z ujawnianymi potrzebami i praktyką w doskonaleniu ich zabezpieczenia pożarowego, pozwalają na racjonalizację rozwiązań zarówno organizacyjnych, technicznych, jak i prawnych w tym szczególnym obszarze ochrony przeciwpożarowej. W różnych aspektach poszukiwano konsekwentnie odpowiedzi na jakże aktualne i mające liczne odpowiedzi pytanie – jak skuteczniej chronić życie, zdrowie, mienie i środowisko? W rozwiązaniach koncentrowano się na ochronie mienia w rozumieniu infrastruktury zabytkowej i gromadzonych dóbr kultury. Zakres opisywanych dociekań, analiz i badań zawężono więc do obiektów zabytkowych, muzealnych i gromadzonych w nich zbiorów, uwzględniając w tych działaniach jakże istotny aspekt skutecznej ochrony dóbr dziedzictwa narodowego.

Zagadnienia poruszone w wydaniu drugim monografii powiązano z tematyką stosowania nowych technologii i rozwiązań na rzecz ochrony przeciwpożarowej. Wskazano, iż wdrażanie nowych technologii i rozwiązań wymaga posiadania odpowiednich narzędzi, na przykład wspomagających proces ewakuacji zbiorów, dóbr i eksponatów zabytkowych znajdujących się w chronionych obiektach.

W podsumowaniu zasadne jest przywołanie uogólnionych wniosków, które omówiono już szczegółowo w kolejnych rozdziałach monografii. Są one istotne dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych i muzealnych oraz gromadzonych w nich zbiorów.

1. Wpływ na rozwój pożaru mają nie tylko rodzaje zastosowanych materiałów budowlanych, ale także ich właściwości i konstrukcja oraz większa niż w przeszłości szczelność pomieszczeń, czy też sposób ich rozkładu w budynku.
2. Obecnie znacznie częściej stosuje się przestrzenie otwarte, o większej kubaturze, a rzadziej małe, podzielone pomieszczenia. Zmianie ulega także sposób użytkowania oraz rodzaj i ilość nagromadzonych materiałów palnych.
3. Ogromne znaczenie dla gęstości obciążenia ogniowego podczas pożaru ma stosowanie tworzyw sztucznych. Ich powszechne używanie doprowadziło do znacznego wzrostu gęstości obciążenia ogniowego podczas pożarów. Zdecydowanie większa niż wcześniej ilość ciepła wydzielana jest podczas spalania materiałów, z których wykonane jest wyposażenie wnętrz.

4. Podczas spalania tworzyw sztucznych z jednostki materiału palnego (jednostki paliwa) powstaje około 13 razy więcej dymu niż przy spalaniu drewna. Utrudnione są w takiej sytuacji nie tylko działania straży pożarnej, ale także procesy ewakuacji ludzi znajdujących się w obiekcie. Ze względu na wzrost intensywności uwalniania ciepła często proces spalania wymaga większej ilości tlenu, niż ta która napływa przez otwór wentylacyjny. W takich warunkach mamy do czynienia z niecałkowitym spalaniem i kontrolowaniem pożaru przez wentylację. Ponieważ rozwój pożaru zależy od obecności powietrza, w obecnie urządzeniach pomieszczeniach to początkowa faza pożaru, kontrolowana przez paliwo, będzie przebiegać bardzo gwałtownie.
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 znacznie gwałtowniej dochodzi do zjawiska rozgorzenia niż przed kilkoma dziesięcioleciami.
6. Bardzo istotne jest więc, by podczas opracowywania analizy możliwości rozwoju pożaru mieć świadomość tego, że rozwój ten jest lub może być zdecydowanie odmienny od prognozowanego na podstawie wyników i modeli uznawanych w przeszłości.
7. Pożary w obecnych czasach – w porównaniu do tych z przeszłości – przebiegają szybciej i gwałtowniej (szybsze wydzielanie ciepła HRR), intensywniej się rozprzestrzeniają (szybsze wystąpienie rozgorzenia w pomieszczeniach i na dużych przestrzeniach), wiążą się ze znaczną ilością dymu, są w większym stopniu kontrolowane przez wentylację oraz bardziej zależne od dopływu powietrza.
8. W racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej obiektów zabytkowych i gromadzących zbiory najważniejsze jest właściwe określenie celów ochronnych stanowiących podstawę do planowania środków ochrony przeciwpożarowej dla mienia dużej wartości, rozumianej jako wartości kulturowej i dziedzictwa narodowego.
9. Planowanie ochrony przeciwpożarowej to zestaw ważnych czynności dla racjonalizacji i zapewnienia skuteczności ochrony przeciwpożarowej. Rekomendowane jest w pracach nad bezpieczeństwem pożarowym szczególnej kategorii obiektów, tj. obiektów zabytkowych, muzealnych i innych, w których przechowywane i gromadzone są cenne zbiory.
10. Implementacja do ochrony przeciwpożarowej nowych rozwiązań opartych na nowoczesnych technologiach, w tym projektowanych specjalnie systemach, stanowi określone wyzwanie inżynierskie, które aktualnie jest nie tylko możliwe, ale także oczekiwane i potrzebne.
11. Powszechnie niedocenianym warunkiem niezbędnym do stosowania nowych rozwiązań bazujących na nieprzetestowanych jeszcze technologiach jest potwierdzenie ich właściwości i funkcjonalności. Taka forma certyfikacji przede wszystkim buduje

- zaufanie do wyrobów i rozwiązań poprzez dostarczenie wiarygodnych dowodów zgodności z właściwościami użytkowymi deklarowanymi przez ich producentów.
12. Racjonalizacja ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i gromadzących w nich zbiory sprowadza się zatem do wypracowywania rozwiązań technicznych, organizacyjnych i prawnych, zapewniających skuteczniejszą niż dotychczas ochronę, przy uwzględnieniu możliwie najmniejszej ingerencji w zabytkową infrastrukturę budowlaną i gromadzone zbiory. Istota tych rozwiązań zawiera się w granicach możliwego kompromisu w zakresie szeroko rozumianych działań na rzecz ochrony przeciwpożarowej i ochrony dziedzictwa narodowego.
 13. Mając na uwadze przeprowadzone dotychczas liczne badania oraz zalety mgły wodnej jako środka gaśniczego, należałoby przeprowadzić analizę możliwości stosowania w ochronie przeciwpożarowej obiektów zabytkowych (lub ich szczególnie wrażliwych elementów) wodnych instalacji gaśniczych mgły wodnej wysokociśnieniowej i średniego ciśnienia (liczne realizacje w zabytkowych kościołach drewnianych).
 14. Symulator ma duży potencjał rozwojowy i, przy zapewnieniu stałej aktualizacji oraz usprawnienia obsługi, może w przyszłości stać się powszechnie stosowanym narzędziem szkoleniowym w PSP i OSP, wykraczającym poza etap projektu badawczo-demonstracyjnego.
 15. Zaproponowany przez autorów system wyróżnia się wysoką innowacyjnością i cennymi funkcjami, jednak jego praktyczne zastosowanie ograniczają problemy techniczne, takie jak krótki czas pracy na baterii, zakłócenia oraz trudności wynikające z architektury zabytkowych obiektów.
 16. Ocena zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej jest niezwykle ważnym elementem, zarówno w kontekście prewencyjnego działania dla bezpieczeństwa pożarowego poprzez eliminację sprzętu i rozwiązań niezgodnych z wymaganiami, jak i interwencyjnego – poprzez wykorzystanie do prowadzenia działań ratowniczych sprzętu niezawodnego, funkcjonalnego, o potwierdzonych właściwościach użytkowych, co bezpośrednio przekłada się na zapewnienie bezpieczeństwa ratowanych i ratowników oraz ratowanego mienia – dziedzictwa narodowego.
 17. Doskonalenie rozwiązań ochrony przeciwpożarowej w praktyce jest nie tylko stanem pożądanym przez podmioty zajmujące się tym zagadnieniem, lecz wynika również z oczekiwań rynkowych – coraz częściej pojawia się pytanie o kompleksowe potwierdzenie zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych. W odpowiedzi zaproponowano ofertę certyfikacji firm świadczących specjalistyczne usługi, tj. projektowania, instalowania i konserwacji urządzeń, instalacji czy systemów przeciwpożarowych, tzw. certyfikację usług. Ocenie wykonanej przez niezależną stronę trzecią podlegają między innymi zdolność i zasoby usługodawców do właściwej realizacji usług oferowanych w ochronie przeciwpożarowej.

W związku z powyższym szczególnie ważne jest uwzględnienie tych i innych aspektów w tworzeniu warunków ochrony przeciwpożarowej. Koncepcja ochrony przeciwpożarowej obiektu musi zakładać realizację przyjętych celów ochronnych, czyli wymagany poziom bezpieczeństwa dla ludzi oraz infrastruktury zabytkowej i dóbr kultury przy zastosowaniu odpowiednich środków ochrony przeciwpożarowej. Należą do nich środki bierne, takie jak zabezpieczenia techniczne oraz czynne, czyli reagujące 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 odpowiednio planowania i projektowania ochrony przeciwpożarowej, ale także w trakcie przeprowadzanych analiz stanu bezpieczeństwa podczas eksploatacji, jest wspierane metodami inżynierii bezpieczeństwa, które korzystają z określonych założeń, także założeń modelowych dla scenariuszy, pożarów obliczeniowych. Współczesna inżynieria, 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 wypracowane propozycje i rozwiązania opisane odpowiednio w rozdziałach 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. W ostatnim, czwartym rozdziale, jako wynik badań naukowych i doświadczenia zawodowego autorów i uzupełnienie powyższych treści, przedstawiono proponowane kierunki oraz rekomendacje w zakresie racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej w obiektach zabytkowych i w odniesieniu do gromadzonych zbiorów.

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

BIBLIOGRAFIA

Publikacje zwarte, opracowania naukowe:

1. Babiński K., Gemra A., Janik P. i in., *Wytyczne w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży w obiektach budowlanych, przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in*, CNBOP-PIB, Józefów 2024.
2. Bratasz Ł., Gancarczyk P., Kłosowska A., Świątkowska B., Zboina J., *Raport warunki ochrony przeciwpożarowej - analiza i rekomendacje – dla budynków magazynowego i użytkowego, przeznaczonych do przechowywania i konserwacji zbiorów muzealnych*, Warszawa 2019.
3. Czupryński A., Wiśniewski B., Zboina J. (red.), *Bezpieczeństwo Teoria-Badania-Praktyka*, CNBOP-PIB, Józefów 2015.
4. Drysdale D., *An introduction to Fire Dynamics*, Wiley-Interscience Publication, 1987.
5. *Encyklopedia techniki. Podstawy Techniki*, WNT, Warszawa 1974.
6. Flick U., *Projektowanie badania jakościowego*, PWN, Warszawa 2012.
7. Gancarczyk P., Kielin J., Kołodziejczyk T., i in., *Wybrane zagadnienia użytkowe i bezpieczeństwa w instalacjach fotowoltaicznych*, CNBOP-PIB, Józefów 2021.
8. Guzewski P., Wróblewski D., Małozieć D. (red.), *Czerwona Księga Pożarów*, CNBOP-PIB, Józefów 2014.
9. Kielin J., *Gaszenie pożarów wewnętrznych*, CNBOP-PIB, Józefów 2017.
10. Kielin J., Lesiak P., *Inżynieryjne metody ochrony przeciwpożarowej. Poradnik*, CNBOP-PIB, Józefów 2023.
11. 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.
12. Kielin J., Kołodziejczyk T., Majka I. i in., *Prowadzenie działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym*, CNBOP-PIB, Józefów 2023.
13. Klein W., Böke J., *Brandschutzanlagen. Teil 1: Grundlagen und Wasserlöschanlagen*, VdS Schadenverhütung Verlag, Köln 2021.
14. McGrail D. M., *Firefighting Operations In High-Rise And Standpipe-Equipped Buildings*, Tulsa, Oklahoma 2007.
15. *Ocena ryzyka w muzeach. Poradnik dla kierownictwa muzeów dotyczący identyfikacji zagrożeń w muzeum i wyznaczania niezbędnych środków bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników*, UK NRW Unfallkasse Nordrhein – Westfalen, 2023.
16. *Ochrona dzieł sztuki i dóbr kultury – Zarządzanie ryzykiem – Zapobieganie szkodom – Muzea i wystawy*, PROVINZIAL.

17. Pofit-Szczepańska M., *Wybrane zagadnienia z fizykochemii wybuchu*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 1996.
18. Ridder A., Cimolino U., Fuchs, Südmersen J., Volkmar G., *Brandbekämpfung im Innenangriff*, Ecomed Sicherheit, 2013.
19. Wiśniewski B., *System bezpieczeństwa państwa, konteksty teoretyczne i praktyczne*, WSPol, Szczytno 2013.
20. *Wybrane zagadnienia z zakresu ochrony muzeów i zbiorów przed pożarem*, Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, Warszawa 2014.
21. Zalańska K., Zeidler K., *Wykład prawa ochrony zabytków*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Warszawa–Gdańsk 2015.
22. Zboina J., *Badania i wdrożenia. Interdyscyplinarność badań bezpieczeństwa*, CNBOP-PIB, Józefów 2020.
23. Zboina J., Gancarczyk P., *Certyfikacja usług w ochronie przeciwpożarowej w ujęciu praktycznym i teoretycznym*, CNBOP-PIB, Józefów 2016.
24. Zboina J., *Wybrane aspekty ochrony przeciwpożarowej obiektów sakralnych i organizowanych w nich uroczystości religijnych*, w: *Bezpieczeństwo Uczestników zgromadzeń religijnych* (wydanie drugie uzupełnione), B. Wiśniewski (red.), SGSP, Warszawa 2017.
25. Zboina J. (red.), *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych. Wyniki badań i rekomendacje*, CNBOP-PIB, Józefów 2017.

Publikacje w periodykach naukowych i specjalistycznych:

1. *Guidance on Integrated fire protection solutions for Lithium-Ion batteries*, V1.0-EN, Euralarm, Switzerland, 2022.
2. Janik P., Tępiński J., *Bezpieczeństwo pożarowe magazynów litowo-jonowych – wyzwania i dylematy*, SFT Vol. 65 Issue 1, 2025, pp. 98–107.
3. Jaskółowski W., Krupa R., Kukliński A., *Szybkość tworzenia się zagrożeń utrudniających bezpieczną i skuteczną ewakuację podczas pożarów instalacji elektrycznych w budynkach*, „Elektro.info” 2012, nr 9.
4. Mroczko G., *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BITP Vol. 24 Issue 4, 2011, pp. 87–93.
5. Mroczko G., Wojtasiak B., *Jak uzyskać krajową ocenę techniczną CNBOP-PIB dla wyrobu budowlanego?*, BITP Vol. 47 Issue 3, 2017, pp. 132–134.
6. *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.
7. Kielin J (tłum.), *Światowa Statystyka ochrony przeciwpożarowej. Raport nr 13: Ocena ryzyka powstania pożaru*, Wydawnictwo Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa 2008.

8. Technical Report vřdb TR 04-01, *Guideline Fire Protection Engineering*, vřdb November 2013.
9. Tępiński J., *Bezpieczeństwo pożarowe garaży przeznaczonych do przechowywania i ładowania samochodów z napędem elektrycznym – zasady wiedzy technicznej*, „Bezpieczna i Cyfrowa Chemia” 2024, 56–61.
10. Wojtaszewski P., Wojtasiak B., Zaciera K., *Idea certyfikacji obiektów zabytkowych, wytyczne i ocena rozwiązań organizacyjnych i technicznych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego*, *Studia i Materiały „Miscellanea Oeconomicae”* 2017, 4(1), 429–440.
11. Zboina J., Kielbasa T., *Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego*, materiały z konferencji naukowej *Ochrona Przeciwpożarowa w Systemie Bezpieczeństwa Państwa*, Józefów 2013.
12. Zboina J., Mroczko G., *Dobrowolna ocena wyrobów prowadzona przez polskie i europejskie jednostki*, *BiTP Vol. 40, Issue 4*, 2015, 81–90.

Akty prawne:

Ustawy:

1. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 2025 poz. 188).
2. Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2024 poz. 1292).
3. Ustawa z dnia 5 grudnia 2024 r. o ochronie ludności i obronie cywilnej (Dz.U. poz. 1907).

Rozporządzenia:

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz. 1225 z późn. zm.).
2. 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).
3. 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).
4. Rozporządzenie MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2023 poz. 822 z późn. zm.).
5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. poz. 2117).
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. poz. 1563).

Inne dokumenty:

1. DIN EN 18009-1:2016-09 Fire safety engineering – Part 1: Basic principles and codes of practice.
2. 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.
3. ISO 23932:2009 Fire safety engineering – General principles.
4. PKN-CEN/TS 54-14:2020-09 Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 14: Wytyczne planowania, projektowania, instalowania, odbioru, eksploatacji i konserwacji.
5. PN-EN ISO/IEC 17000:2020-12 Ocena zgodności – Terminologia i ogólne zasady.
6. PN-EN ISO/IEC 17067:2014-01 Ocena zgodności – Podstawy certyfikacji wyrobów oraz wytyczne dotyczące programów certyfikacji wyrobów.
7. PN-EN 60068-1 Badania środowiskowe – Część 1: Postanowienia ogólne i wytyczne.
8. PN-EN 60068-2-1 Badania środowiskowe – Część 2-1: Próby – Próba A: Zimno.
9. PN-EN 60068-2-2 Badania środowiskowe – Część 2-2: Próby – Próba B: Suche gorąco.
10. PN-EN 60068-2-6 Badania środowiskowe – Część 2-6: Próby – Próba Fc: Wibracje (sinusoidalne).
11. PN-EN 60068-2-75 Badania środowiskowe – Część 2-75: Próby – Próba Eh: Próby młotami.
12. PN-EN 60068-2-78 Badania środowiskowe – Część 2-78: Próby – Próba Cab: Wilgotne gorąco stałe.
13. PN-EN 60529 Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP).
14. PN-EN 61000-4-2 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-2: Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne.
15. PN-EN 61000-4-3 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-3: Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej.
16. PN-EN 61000-4-4 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-4: Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych.
17. PN-EN 61000-4-5 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-5: Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na udary.
18. 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.
19. PN-EN 61000-4-11 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-11: Metody badań i pomiarów – Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o znamionowym prądzie fazowym nie przekraczającym 16 A.

20. PN-EN 50130-4 Systemy alarmowe – Część 4: Kompatybilność elektromagnetyczna – Norma dla grupy wyrobów: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów sygnalizacji pożarowej, sygnalizacji włamania, sygnalizacji napadu, CCTV, kontroli dostępu i osobistych.
21. VdS 2728:2000-05 Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte.

Zasoby internetowe:

1. <http://bip.mkidn.gov.pl/pages/rejestry-ewidencje-archiwa-wykazy/rejestry-muzeow.php>
2. <https://eitt.pl/slownik/>
3. <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/Determinizm%20przyczynowy%20.html>, Encyklopedia PWN
4. <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/po%C5%BCar.html>, Internetowa Encyklopedia PWN
5. <https://mfiles.pl/pl/index.php/Projektowanie>
6. <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 inżynierijno-techniczny Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego. Współautor standardów CNBOP-PIB oraz artykułów i publikacji ukazujących się w czasopismach naukowych i branżowych.

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 bezpieczeństwa pożarowego (m.in. *Poradnik dla Specjalisty Ochrony Przeciwpożarowej*, *Materiały szkoleniowe dla pracowników zakładów pracy*), tłumaczeń oraz wytycznych. Od 2008 r. zatrudniony w CNBOP-PIB na stanowisku głównego specjalisty.

mgr inż. Ewa Sobór, główny specjalista inżynierijno-techniczny i Zastępca Kierownika Jednostki Certyfikującej w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Obszar pracy zawodowej to przede wszystkim ocena zgodności i ochrona przeciwpożarowa. Absolwentka studiów inżynierskich i magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (aktualnie Akademii Pożarniczej) na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego. Współautorka publikacji (książki, monografie, artykuły branżowe, standardy) z zakresu oceny zgodności, ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa powszechnego. Sekretarz PKN KT 244 ds. Sprzętu, Środków i Urządzeń Ratowniczo-Gaśniczych.

mgr Beata Wojtasiak, absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 r. ukończyła studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Od 2017 r. pracownik Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB, obecnie na stanowisku starszego specjalisty inżynierijno-technicznego.

mgr inż. Konrad Zaciera, absolwent Wydziałów Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego oraz Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (aktualnie Akademii Pożarniczej) oraz absolwent *A one-year management development program MANAGEMENT 2017 ICAN Institute, 2017/2018*. Główny specjalista inżynierijno-techniczny w zakresie oceny zgodności wyrobów służących ochronie ppoż., auditor Jednostki Certyfikującej w zakresie tych urządzeń. Współautor standardów CNBOP-PIB. Członek KT 53 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Kierownik Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB.

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina – pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym na stanowisku zastępcy dyrektora ds. Certyfikacji i Dopuszczeń. W badaniach naukowych i pracy zawodowej zajmuje się przede wszystkim obszarem bezpieczeństwa pożarowego, ochrony przeciwpożarowej, technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz oceną zgodności. Absolwent studiów inżynierskich i magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (aktualnie Akademii Pożarniczej), ukończył również studia podyplomowe, kierunek Menadżer Innowacji, w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Stopień naukowy doktora i doktora habilitowanego nauk społecznych w zakresie nauk o bezpieczeństwie uzyskał w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni na Wydziale Dowodzenia i Operacji Morskich. Absolwent *A one-year management development program MANAGMENT 2016*, ICAN Institute. Oficer Państwowej Straży Pożarnej. Rzecznik Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Drugie wydanie publikacji stanowi wartościowe i aktualne opracowanie naukowe poświęcone problematyce bezpieczeństwa pożarowego w muzeach i obiektach zabytkowych. Autorzy, opierając się na kontynuowanych badaniach oraz doświadczeniach praktycznych, w sposób kompleksowy podejmują kluczowe zagadnienia związane z ochroną życia, zdrowia, mienia oraz dziedzictwa kulturowego. Na uwagę zasługują zaktualizowane wytyczne dotyczące tworzenia scenariuszy rozwoju pożarów, a także szczegółowe propozycje wymagań dla systemów wspomagających ewakuację zbiorów.

Z recenzji prof. dr. hab. Andrzeja Kossa

Cennym elementem opracowania jest rozdział poświęcony certyfikacji obiektów oraz racjonalizacji ochrony przeciwpożarowej, w którym podkreślono znaczenie nowoczesnych technologii i wskazano potencjalne zagrożenia z nimi związane. Publikacja ta stanowi nie tylko kompendium wiedzy teoretycznej, ale także praktyczne narzędzie dla specjalistów zajmujących się bezpieczeństwem pożarowym w instytucjach kultury.

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

Wydanie drugiej monografii jest dowodem na to, że na znane i dobrze rozpoznane problemy można spojrzeć głębiej i szerzej. To przejaw niepokoju badawczego autorów, który zaowocował powstaniem rozważań umiejętnie łączących nauki o bezpieczeństwie z inżynierią bezpieczeństwa.

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