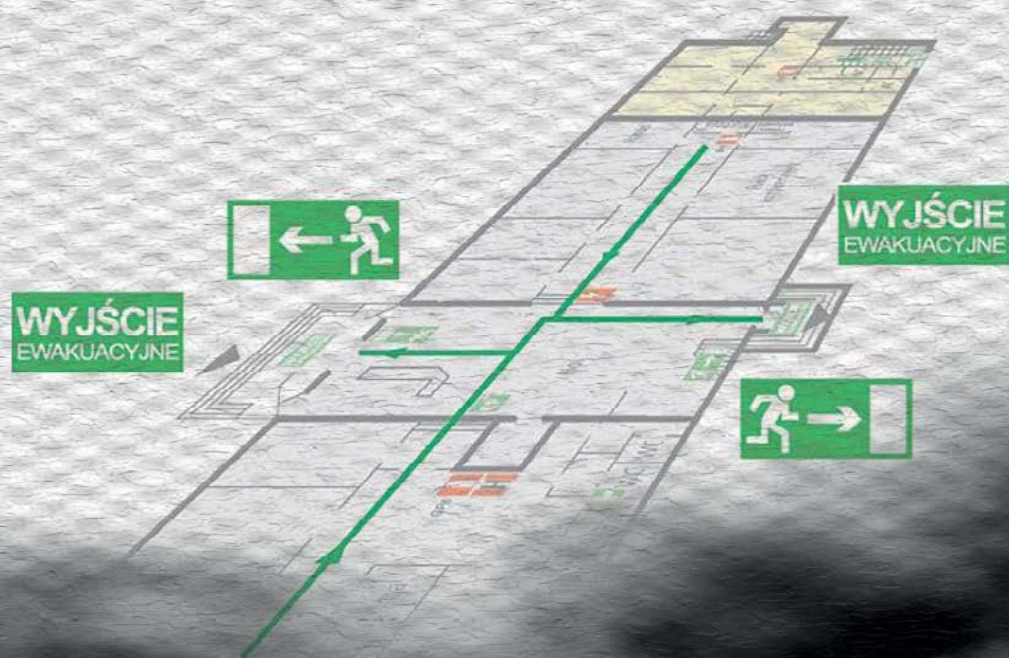


Paweł Wolny

HOLISTYCZNE PODEJŚCIE DO PROBLEMU EWAKUACJI



Monografie
Politechniki Łódzkiej 2021

Paweł Wolny

Holistyczne podejście do problemu ewakuacji

Monografie Politechniki Łódzkiej

Łódź 2021

Recenzenci:

dr hab. Ireneusz T. Dziubek, prof. AK

dr hab. Tadeusz Zaborowski, prof. WSKiZ

Projekt okładki: Aleksandra Gajderowicz

Opracowanie redakcyjne: Tomasz Krakowiak

Skład i łamanie: Tymoteusz Konieczny

© Copyright by Politechnika Łódzka, Łódź 2021

ISBN 978-83-66741-01-0

DOI: 10.34658/9788366741010

Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej

93-005 Łódź, ul. Wólczańska 223

tel. 042 631 20 87, 042 631 29 52

e-mail: zamowienia@info.p.lodz.pl

www.wydawnictwa.p.lodz.pl

Monografie Politechniki Łódzkiej, Nr 2358

Wydanie pierwsze

Nakład 50 egz.; 10,5 arkuszy drukarskich

Druk i oprawa: Drukarnia Quick-Druk,

90-562 Łódź, ul. Łąkowa 11

...Sama nazwa „odstępstwo” niesie za sobą pejoratywną ocenę zmian, jako rozwiązań gorszych, choć w rzeczywistości mogą one nie tylko nie pogorszyć, ale wręcz poprawić warunki ewakuacji...

– st. bryg. dr inż. PAWEŁ JANIK
[Janik, 2020]

Spis treści

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	7
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH POJĘĆ	8
WSTĘP	9
1. WYMOGI PRAWNE A PRAKTYKA	13
1.1. PROBLEM PRAWNY STOSOWANIA PRZEPISÓW	13
1.2. SPOSÓB WYKONYWANIA PRAWA DOTYCZĄCY EWAKUACJI	16
1.3. WYMOGI PRAWNE DOTYCZĄCE EWAKUACJI	18
1.4. ĆWICZENIA EWAKUACYJNE, CZYLI PRAKTYCZNE SPRAWDZENIE ORGANIZACJI ORAZ WARUNKÓW EWAKUACJI Z CAŁEGO OBIEKTU	20
1.5. ZNAKI BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO ORAZ OZNAKOWANIE I OŚWIETLENIE DRÓG EWAKUACYJNYCH	21
1.6. SYSTEMY SYGNALIZACJI POŻARU I DŹWIĘKOWE SYSTEMY OSTRZEGAWCZE	26
1.7. WENTYLACJA POŻAROWA	29
2. OSOBY FUNKCYJNE NA WYPADEK ZDARZENIA I KIERUJĄCY DZIAŁANAMI RATOWNICZYM	33
2.1. REGULACJE PRAWNE ODNOSZĄCE SIĘ DO ZAKRESU OBOWIĄZKÓW KDR I KAR	33
2.2. KWALIFIKACJE I KOMPETENCJE KDR	34
3. LOKALIZACJA PUNKTÓW ZBIÓRKI DO EWAKUACJI	37
3.1. REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE DRÓG EWAKUACYJNYCH	37
3.2. SPORZĄDZANIE I OPINOWANIE INSTRUKCJI BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO	39
4. RÓŻNE ZASADY EWAKUACJI, W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU ZAGROŻENIA	41
4.1. PRECYZJA PRZEKAZU INFORMACJI O ZAGROŻENIACH – KOMUNIKAT WSTĘPNY	41
4.2. PROBLEMATYKA ZWIĄZANA Z OBECNOŚCIĄ AKTYWNEGO STRZELCA	43
5. EWAKUACJA OSÓB Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIAMI	47
5.1. WYZWANIA ZWIĄZANE Z EWAKUACJĄ OSÓB O OGRANICZONEJ MOBILNOŚCI	47
5.2. ALARMOWANIE OSÓB Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIAMI	48
5.3. SYSTEMOWE ROZWIĄZANIA AMERYKAŃSKIE	50
5.4. DOŚWIADCZENIA BRYTYJSKIE	51
5.5. ASPEKTY PRAKTYCZNE SZKOLEŃ I ĆWICZEŃ EWAKUACJI W KRAJACH ANGLOSASKICH	52
5.6. PROPOZYCJE DOTYCZĄCE POLSKICH ROZWIĄZAŃ PRAWNO-ORGANIZACYJNYCH	56
6. NARZĘDZIA INŻYNIERSKIE ORAZ MODELOWANIE PROCESU EWAKUACJI	68
6.1. CEL EWAKUACJI	68
6.2. STOSOWANIE METOD NUMERYCZNYCH W POLSCE	70
6.3. PROGRAMY DO SYMULACJI EWAKUACJI	70
6.4. WPLYW UMIEJSCOWIENIA WYJŚĆ EWAKUACYJNYCH NA PŁYNNOŚĆ PROCESU – PRZYKŁAD PRAKTYCZNY	80

6.5.	STOSOWANIE TECHNOLOGII WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI W BADANIU PROCESU INDYWIDUALNYCH DECYZJI OSÓB EWAKUUJĄCYCH SIĘ	82
6.6.	WYKORZYSTANIE DOŚWIADCZEŃ ZE STOSOWANIA SYMULACJI NUMERYCZNYCH DO ZMIAN W OBOWIĄZUJĄCYM PRAWIE	84
7.	TECHNICZNE ŚRODKI ZABEZPIECZEŃ	86
7.1.	RODZAJE SYSTEMÓW OZNAKOWANIA EWAKUACYJNEGO	87
7.2.	ZABEZPIECZENIE DRÓG EWAKUACYJNYCH STAŁYMI URZĄDZENIAMI GAŚNICZYMI: WODNYMI I MGŁOWYMI	89
8.	ASPEKTY PSYCHOLOGICZNE EWAKUACJI	92
8.1.	SKŁADNIKI INDYWIDUALNYCH, LUDZKICH DECYZJI	92
8.2.	PRZEŁOŻENIE LUDZKICH ZACHOWAŃ NA PROCEDURY – TEORIA	94
8.3.	PRZEŁOŻENIE LUDZKICH ZACHOWAŃ NA PROCEDURY – PRAKTYKA ZESPOŁU FORSSBERGA	96
8.4.	MOŻLIWOŚCI STEROWANIA STRUMIENIAMI LUDZI	99
9.	BUDYNKI WYSOKOŚCIOWE JAKO SPECYFICZNY PRZYKŁAD BUDOWNICTWA WIELOFUNKCYJNEGO	101
9.1.	KLASYFIKACJA BUDYNKÓW WYSOKOŚCIOWYCH	102
9.2.	STRATEGIE EWAKUACYJNE	105
9.3.	BUDYNKI WYSOKOŚCIOWE W PODZIALE NA SPOSOBY UŻYTKOWANIA	109
9.4.	DOBÓR TAKTYKI EWAKUACYJNEJ W ZALEŻNOŚCI OD DOSTĘPNYCH ROZWIĄZAŃ	110
9.5.	ZALETY I WADY ZARZĄDZENIA WINDAMI	117
9.6.	INNE ELEMENTY KONSTRUKCYJNE WYKORZYSTYWANE W EWAKUACJI	119
9.7.	ALTERNATYWNE SPOSOBY EWAKUACJI	121
9.8.	WYNIKI BADAŃ BEHAWIORALNYCH W MODELOWANIU	125
9.9.	ZASTOSOWANIE I UŻYTECZNOŚĆ MODELI KOMPUTEROWYCH W OPRACOWANIU STRATEGII EWAKUACYJNEJ BUDYNKÓW WYSOKICH I WYSOKOŚCIOWYCH	126
9.10.	STRATEGIA OBRONY W MIEJSCU – PRZYKŁADY SKUTECZNEJ I NIESKUTECZNEJ REALIZACJI	134
10.	PROPONOWANE ROZWIĄZANIA POPRAWIAJĄCE EFEKTYWNOŚĆ EWAKUACJI	142
	ZAKOŃCZENIE	144
	LITERATURA	146
	SPIS RYSUNKÓW	161
	SPIS TABEL	162
	STRESZCZENIE	163
	SUMMARY	164

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

„agent”	– wirtualna osoba w modelowaniu i symulacjach ewakuacji z budynku w przypadku np. pożaru, która ma odwzorowywać ludzkie zachowania w sytuacjach zagrożenia
BS	– ang. <i>British Standards</i> , normy brytyjskie opracowane przez BSI Group, która stanowi krajowy organ normalizacyjny (NSB) w Wielkiej Brytanii
CIOP	– Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
CNBOP	– Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy Instytut Badawczy
DCBE	– Dostępny Czas Bezpiecznej Ewakuacji (ang. <i>Available Safe Egress Time</i> , ASET) – czas od momentu powstania pożaru do chwili, po której warunki panujące w budynku stają się krytyczne dla jego użytkowników
DSE	– ang. <i>Directional Sound Evacuation</i> , kierunkowy (dźwiękowy) system ewakuacji
DSO	– dźwiękowy system ostrzegawczy, podnoszący bezpieczeństwo w budynku, przeznaczony do rozgłaszania sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych, nadawanych automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej, a także na żądanie operatora
GINB	– Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
ISO	– ang. <i>International Organization for Standardization</i> , Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna
KDR (KAR)	– kierujący działaniami ratowniczymi (KDR) lub kierujący akcją ratowniczą (KAR) – osoba oddziałująca na podległe siły podmiotów systemu na miejscu zdarzenia, zgodnie z przyjętymi procedurami i planami ratowniczymi, w celu wykonania określonych czynności ratowniczych. Kierowanie to prowadzone jest jednoosobowo przez uprawnioną osobę z chwilą przybycia na miejsce zdarzenia i jest przekazywane osobom uprawnionym do jego przejęcia (przy czym akcja ratownicza to działania ratownicze organizowane i kierowane przez Państwową Straż Pożarną)
KG PSP	– Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej (lub Komendant Główny PSP)
KSRG	– Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy
łącznie	– budynek lub część budynku, który jest połączeniem między różnymi jego częściami (najczęściej spotykany w formie krytej kładki dla pieszych), budowany w celu skrócenia drogi między wybranymi miejscami lub wyeliminowania konieczności wychodzenia na zewnątrz
NIK	– Najwyższa Izba Kontroli
NIST	– ang. <i>National Institute of Standards and Technology</i> , Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (USA)
NFPA	– ang. <i>National Fire Protection Association</i> , Narodowe Stowarzyszenie Ochrony Przeciwpowodziowej (USA)
ODO	– sprzęt ochrony dróg oddechowych
PN	– Polska Norma
p.p.s.a.	– Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi (Dz.U. nr 153, poz. 1270, z późn. zm.)
PSP	– Państwowa Straż Pożarna
SSP	– system sygnalizacji pożarowej
WCBE	– wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (ang. <i>Required Safe Egress Time</i> , RSET) – czas od powstania pożaru do momentu, w którym wszystkie osoby opuszczają bezpiecznie budynek
WTC	– Światowe Centrum Handlu (ang. <i>World Trade Center</i>)

- ZL** – kategoria zagrożenia ludzi – umowne pojęcie określające stopień zagrożenia pod względem użytkowania lub możliwości ewakuacji ludzi przebywających w budynkach mieszkalnych, budynkach zamieszkania zbiorowego oraz budynkach użyteczności publicznej. Wyróżnia się pięć kategorii zagrożenia ludzi, określanych symbolami od ZL I do ZL V. Szczegółowy podział na wymienione kategorie określa § 209 ust. 2 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. nr 75, poz. 690, z późn. zm.). Zgodnie z tym podziałem do poszczególnych kategorii ZL zalicza się następujące budynki lub ich odrębne strefy pożarowe:
- ZL I** – te, które zawierają pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób, które nie są ich stałymi użytkownikami, a nie przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się
- ZL II** – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak: żłobki, przedszkola, szpitale, domy starców, hospicja itp.
- ZL III** – użyteczności publicznej niekwalifikowane do kategorii ZL I i ZL II;
- ZL IV** – mieszkalne jedno- i wielorodzinne;
- ZL V** – zamieszkania zbiorowego niekwalifikowane do kategorii ZL I i ZL II

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH POJĘĆ

strefa pożarowa – stanowi ją budynek (lub jego część) oddzielony od innych budynków lub innych części budynku elementami oddzielenia pożarowego (ściany, stropy i drzwi o określonych klasach nośności, szczelności i izolacyjności ogniowej) bądź pasami wolnego terenu o szerokości nie mniejszej niż określone przepisami budowlanymi dopuszczalne odległości od innych budynków

„Warunki techniczne...” – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz. 1065, z późn. zm.)

Rozporządzenie „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...” – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. nr 109, poz. 719, z późn. zm.)

winda ewakuacyjna – dźwig wykorzystywany w czasie pożaru do celów ratowniczych (według normy EN 81-72, polski odpowiednik PN-EN 81-72:2005 Przepisy bezpieczeństwa dotyczące budowy i instalowania dźwigów – Szczegółne zastosowanie dźwigów osobowych i towarowych – Część 72: Dźwigi dla straży pożarnej)

WSTĘP

Rozpoczynając badania naukowe należy przede wszystkim sprecyzować ich przedmiot. Na potrzeby niniejszego opracowania, które stanowi notabene sprawozdanie z przeprowadzonych kwerend naukowych, przedmiot badań sprowadził się do przygotowania i przeprowadzenia działań ewakuacyjnych z różnego rodzaju obiektów, w kontekście ich wpływu na szeroko pojęte bezpieczeństwo. Uwzględniono przy tym teoretyczne i praktyczne aspekty omawianego procesu.

Po wyznaczeniu przedmiotu badań należy sprecyzować jego cel, zarówno teoretyczny, jak i praktyczny. Cel teoretyczny sprowadził się do sformułowania nowoczesnych założeń prowadzenia działań ewakuacyjnych w przypadku zaistnienia zagrożenia. Cel praktyczny skupił się na określeniu naukowo uzasadnionych kierunków zmian, których efektem będzie opracowanie rozwiązań poprawiających efektywność ewakuacji.

Określenie przedmiotu oraz przyjęcie celów badań pozwoliły na realizację procesu poznawczego poprzez przeprowadzony przegląd literaturowy przy użyciu ogólnodostępnych wyszukiwarek, baz artykułów naukowych (m.in.: Google Scholar, Scopus i inne), przepisów prawnych (Internetowy System Aktów Prawnych, Procedury i wytyczne Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej) oraz informatorów zagranicznych (*List of NFPA Codes and Standards*, *BSI Standards Management Tool*). W czasie wyszukiwania informacji zastosowano następujące tagi: pożar budynku, budynki wysokościowe, organizacja ewakuacji, warunki ewakuacji, efektywność ewakuacji, drogi ewakuacyjne, schody ewakuacyjne, windy ewakuacyjne, wyjścia ewakuacyjne, strategie ewakuacyjne, bezpieczne kondygnacje, bezpieczeństwo pożarowe, modele ewakuacji, symulacje ewakuacji, wirtualna rzeczywistość i inne w j. polskim i angielskim. Uzyskany w ten sposób zbiór faktów pozwolił na weryfikację przyjętej hipotezy oraz określenie obszarów dalszych działań.

W następnej kolejności sformułowano główny problem badawczy, a także wybrane problemy szczegółowe i hipotezy. Główny problem badawczy niniejszej monografii sformułowany został w postaci pytania: jak powinien przebiegać proces ewakuacji, by uzyskać optymalny poziom bezpieczeństwa osób ewakuowanych? Uwzględniając już sformułowany przedmiot, cele badań oraz problem badawczy, na potrzeby prowadzonego procesu badawczego przyjęto następujące hipotezy badawcze:

- Rozwiązania prawne dotyczące organizacji i zarządzania ewakuacją, a także określania wymogów dotyczących stosowania technicznych systemów zabezpieczeń są nieefektywne w zakresie umożliwienia bezpiecznej ewakuacji, zwłaszcza osobom z niepełnosprawnościami lub ograniczoną mobilnością.
- Niektóre rozwiązania techniczne stosowane w obiektach wielokubaturowych w części przypadków nie spełniają pokładanych w nich oczekiwań odnośnie efektywności kierowania strumieniami ludzi.
- Dobór strategii ewakuacyjnych niedopasowanych do konkretnego obiektu, tylko ogólnie przyjęty dla danego sposobu użytkowania lub powierzchni bez wdrożenia skutecznego systemu szkoleń dla użytkowników, może przynieść skutki odwrotne do założonych.

- Rozwiązania techniczne ani konstrukcyjne nie są najważniejsze dla przeprowadzenia ewakuacji w sposób jak najbardziej bezpieczny dla użytkowników
- istotną rolę odgrywają tu aspekty psychologiczne.

W toku prowadzonych badań możliwe i celowe było stosowanie empirycznych i teoretycznych metod badawczych. Zastosowanie szeregu metod teoretycznych – takich jak: analiza i synteza, porównanie, analogia i uogólnienie – pozwoliło na pozyskanie informacji, które umożliwiły wytyczenie kierunków prowadzonych dociekań oraz stworzenie teoretycznych założeń i rozwoju procesu ewakuacji.

Zainteresowanie badaczy problematyką ewakuacji zaczęło się pod koniec lat 60. XX w. (tak wynika z dostępnej literatury przedmiotu). Chociaż z całą pewnością można przyjąć, że obszar ten był analizowany już znacznie wcześniej, czyli w momencie pojawienia się pierwszych budynków wysokościowych pod koniec XIX w. Ewakuacja masowa stanowiła również element przeciwdziałania skutkom nowej doktryny wojennej, która po raz pierwszy została zastosowana w wojnie domowej w Hiszpanii w dn. 26 kwietnia 1937 r., kiedy to bombowce niemieckiego Legionu Condor zburzyły około 70% budynków w mieście Guernica (Beavor, 2009). Później ta metoda prowadzenia wojny była powszechnie stosowana – od 1939 r. w Polsce, aż do amerykańskich bombardowań miast III Rzeszy.

W przypadku bezpieczeństwa ewakuacji z budynków wysokich i wysokościowych pierwszymi powszechnie dostępnymi pracami było opracowanie dotyczące czasu ewakuacji po schodach w budynkach wysokich (Galbreath, 1969) oraz przy wykorzystaniu do tych celów wind i schodów ruchomych [Strakosch, 1967]. Lata 70. i 80. XX w. to okres działalności licznej grupy naukowców, zajmujących się najbardziej efektywną metodą budowania schodów i klatek ewakuacyjnych, a także pierwszych modeli matematycznych (model Pauls’a, uproszczony model Kikuji-Togawy, model Galbreath’a, model Melinek i Booth, model Hamanowicza, model wprowadzony w British Standard PD 7974-6, a także model Helbinga) [Cłapa, Porowski, Dziubiński, 2011]. Dzięki tym pracom teoretycznym, podczas których wypracowano odpowiednie zależności matematyczne, mogły powstać pierwsze programy komputerowe umożliwiające symulacje ewakuacji. Przedmiotem tych badań było zastosowanie modeli ruchu hydraulicznego z uwzględnieniem czynników behawioralnych. Następnym przełomowym punktem w badaniach i analizach problematyki ewakuacji z budynków wysokościowych było powstanie grupy badawczej w ramach projektu HEED (ang. *High-Rise Evacuation Evaluation Database*) i budowa bazy danych o ewakuacjach z wieżowców Światowej Organizacji Handlu – World Trade Center po ataku terrorystycznym z 11.09.2001 r. Badania prowadzone przez Erikę Kuligowską [Kuligowski, 2011], opierały się na relacjach świadków ocalałych z ataków na WTC, korzystając z materiałów zgromadzonych w ramach tego projektu. Najbardziej aktualne trendy badawcze, na których bazują pojawiające się artykuły w roku 2020 i 2021, dotyczą prowadzenia badań zachowań ludzkich w sytuacji zagrożenia przy użyciu zaawansowanych technologii, wykorzystujących rzeczywistość wirtualną. Analiza behawioralna oraz wykorzystanie wiedzy z potwierdzonych badaniami psychologicznymi zachowań ludzkich (np. kierowanie się z obszarów zaciemnionych do oświetlonych, czy skłonność do wyboru skrętu w daną stronę) oraz możliwości, jakie daje współczesna architektura, ma również wpływ na takie kierowanie strumieniami ludzi, które zapewni najbardziej efektywną ewakuację [Wurzer, Hinneberg, Illera, Swoboda, Jonas, 2009].

Wielkość kierunków, dyscyplin naukowych oraz mnogość aspektów, które mają zasadnicze znaczenie dla tego, czy uda się w sposób skuteczny wyprowadzić ludzi z zagrożonych obiektów, wymaga szerokiego spojrzenia, wykorzystania doświadczeń ekspertów z wielu branż i uwzględnienia wniosków z tego płynących – w regulacjach prawnych oraz praktyce ćwiczeń ewakuacyjnych. Stąd właśnie bierze się określenie „holistyczne” (czyli całościowe), jako najwłaściwszy sposób podejścia do tego problemu. Korzystając z metaforyki medycznej – leczeniu poddany zostaje pacjent jako całość, a nie tylko jeden objaw, którym jest dane schorzenie.

Aktualnie obowiązujące przepisy, jak i zasady związane z organizacją zarówno szkoleń, ćwiczeń, jak i prowadzenia ewakuacji w sytuacjach rzeczywistych w polskiej konstrukcji prawnej – wymagają pewnej korekty i uwzględnienia aspektów psychologicznych, warunków konstrukcyjno-budowlanych oraz wykorzystania najbardziej efektywnych narzędzi inżynierskich, w tym programów do symulacji (zarówno do modelowania pożarów, jak i zachowań ludzkich w sytuacji zagrożenia przy użyciu wirtualnej rzeczywistości). Dopiero takie wieloaspektowe podejście dostosowane do indywidualnych cech obiektu zwiększy bezpieczeństwo osób znajdujących się w danym budynku. Celem pracy będzie przedstawienie takich rozwiązań oraz wykazanie, że ich wdrożenie w innych krajach przyniosło pozytywne rezultaty.

Monografia jest składowa z dziesięciu rozdziałów. W pierwszym rozdziale przedstawiono aktualną doktrynę prawną w Polsce, a także nasuwające się pytania i wątpliwości dotyczące jej pełnej skuteczności w organizacji systemu bezpieczeństwa ludzi w sytuacjach zagrożenia. Rozdział drugi jest kontynuacją rozważań dotyczących przepisów określających prawa i obowiązki kierujących ewakuacją, a na późniejszym etapie – działaniami ratowniczymi. W trzecim rozdziale zaprezentowano różne koncepcje i możliwości organizacyjne punktów zbornych do ewakuacji, uwzględniając specyfikę obiektów, jak również wpływu czynników zewnętrznych, takich jak zmienne warunki pogodowe. Rozdział czwarty stanowi kompilację postępowania podczas ewakuacji w zależności od rodzaju zagrożenia. Rozdział piąty zawiera informacje dotyczące problematyki ewakuacji osób z niepełnosprawnościami lub ograniczoną mobilnością. W rozdziale szóstym scharakteryzowano wykorzystanie nowoczesnych narzędzi inżynierskich, wspierających przygotowanie planów ewakuacyjnych. W rozdziale siódmym odniesiono się do technicznych środków zabezpieczeń, które mają za zadanie wydłużenie dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji. Ewakuacja to także sytuacja wywołująca silny stres u osób znajdujących się w sytuacji zagrożenia. Aspekty psychologiczne takich okoliczności zostały opisane w rozdziale ósmym. Rozdział dziewiąty obejmuje problematykę budynków wysokościowych, ponieważ z racji różnorodnych funkcji, a także znacznej liczebności lokalnej populacji, stanowią one poważne wyzwanie dla osób odpowiedzialnych za ewakuację. Rozdział dziesiąty to podsumowanie oraz zestaw proponowanych rozwiązań, które mają na celu udoskonalenie obecnie funkcjonujących metod działania lub sposobów szacowania ryzyka w różnych grupach budynków.

Badanie polegało na przeprowadzeniu analizy i syntezy ważnych dla obszaru zarządzania ewakuacją zmiennych i sformułowaniu wniosków w zakresie identyfikacji problemu i eksploracji, w celu sprawdzenia zgodności danych z założeniami modeli matematycznych i komputerowych. Umożliwiło to przedstawienie logicznego wyводу, opartego na potwierdzonych wcześniej tezach i problemach badawczych i postawienie

diagnozy dotyczącej mocnych i słabych stron danego obszaru wiedzy poprzez przeprowadzenie krytyki źródeł.

Analiza retrospektywna oparta na przykładach zdarzeń nie tylko z Polski, ale również Wielkiej Brytanii, USA, Zjednoczonych Emiratów Arabskich, Tajwanu czy Korei Południowej, umożliwiła weryfikację skuteczności przyjętych w danych przypadkach strategii ewakuacyjnych, zastosowanych technicznych środków zabezpieczeń, a także samej konstrukcji budynków i jej zdolności do „samoobrony” w przypadku powstania pożaru. Wyniki najnowszych badań, prowadzone przy wykorzystaniu rzeczywistości wirtualnej, umożliwiają wstępną ocenę jej przydatności do opracowania nowych założeń i strategii ewakuacyjnych. Wskazują one również kierunek rozwoju, w jakim sama technologia VR musi iść, aby stać się jeszcze bardziej wiarygodnym narzędziem prowadzenia badań. Wydaje się, że możliwości, jakie daje wirtualna rzeczywistość są praktycznie nieograniczone niczym, poza wyobraźnią badaczy, zajmujących się problematyką, związaną z zachowaniem człowieka we wszelakich, często ekstremalnych, sytuacjach.

1. WYMOGI PRAWNE A PRAKTYKA

Przepisy prawa dotyczące wymogów ochrony przeciwpożarowej, aby być skutecznymi, muszą zawierać jednoznaczne kryteria ich spełnienia oraz być możliwe do wyegzekwowania, według jasnych i czytelnych zasad. Ważna jest ich wewnętrzna spójność oraz maksymalnie możliwa koncentracja zapisów, dotyczących wymogów ewakuacji tak, by nawet niespecjalista nie mógł ominąć niektórych elementów. Przepisy te powinny również uwzględniać rozwój technologiczny, a w szczególności umożliwiać stosowanie nowoczesnych, sprawdzonych rozwiązań.

By zapoznać się z wszystkimi polskimi przepisami, dotyczącymi ewakuacji ludzi z budynków na wypadek zagrożeń pożarowych i innych miejscowych, należy poznać kilka aktów prawnych. Niektóre z nich są w tym zestawieniu nieoczywiste. Przepisy dotyczące ewakuacji są bowiem zawarte w m.in. następujących aktach prawnych:

1. Ustawie o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 1991 r. nr 81, poz. 351, z późn. zm.);
2. Ustawie Kodeks pracy (Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 maja 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Kodeks pracy, Dz.U. z 2019 r., poz. 1040);
3. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz. 1065);
4. Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. nr 109, poz. 719).

Dodatkowo, elementy o większej szczegółowości, dotyczące bardzo zawężonego obszaru, znajdują się np. w wytycznych Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP) oraz w Polskich i Europejskich Normach, w tym przywoływanych w aktach prawnych wyższego rzędu. Jednocześnie zagadnienie ewakuacji ludzi, mimo braku bezpośrednich odniesień, mogło kształtować podstawy wymagań techniczno-budowlanych dla budowli oraz instalacji specjalistycznych (inżynierskich, autostrad itd.).

1.1. Problem prawny stosowania przepisów

O ile konieczność stosowania ustaw i rozporządzeń nie podlega dyskusji, poza indywidualnymi przypadkami prawidłowości ich stosowania, to jeśli chodzi o obowiązek stosowania Polskich Norm, natrafiamy na problemy, szczególnie widoczne po uwzględnieniu orzecznictwa sądów administracyjnych.

Zwykło się uważać, że normy przywoływane w ustawach bądź rozporządzeniach stanowią element obligatoryjny do stosowania, albowiem zgodnie z art. 5 ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. nr 169, poz. 1386, z późn. zm.) Polskie Normy mogą być powoływane w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim. Jednak ta zasada została podważona w kilku wyrokach sądów administracyjnych. W sentencji wyroku Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Krakowie z dnia 23 lipca 2012 r. w sprawie o sygn. akt II SA/Kr 745/12 wskazano, że:

W świetle przepisów tej ustawy opracowywane przez Komitety Techniczne Polskie Normy nie pełnią roli przepisów prawa. Nadanie im takiego waloru wymaga regulacji szczególnej, zawartej w przepisie rangi ustawowej, natomiast przywołanie Polskich Norm w rozporządzeniu nie skutkuje nałożeniem obowiązku ich stosowania. Akt niższego rzędu nie może zmienić postanowień aktu wyższego rzędu, jakim jest ustawa o normalizacji.

*Źródło: Centralna Baza Orzeczeń Sądów Administracyjnych,
<https://orzeczenia.nsa.gov.pl/doc/35599BE0A6>*

Problem stosowania Polskich Norm był też przedmiotem oceny Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie. W wyroku z dnia 19 października 2010 r. (sygn. akt VII SA/Wa 871/10) uchylił on postanowienie KG PSP, jak i poprzedzające je postanowienie organu I instancji, mocą którego unieważniono uzgodnienie pod względem ochrony przeciwpożarowej projektów budowlanych, dotyczących przebudowy kotłowni olejowych na gazowe. W orzeczeniu przytoczono następujący argument (poniższy obszerny cytat ma za zadanie uzmysłowić czytelnikom istotę problemu oraz zwrócić uwagę na fakt, że język prawniczy potrafi skomplikować nawet najprostsze sprawy, możliwe do ujęcia w kilku zdaniach):

Zamierzenie inwestycyjne obejmowało przebudowę istniejącej kotłowni opalanej olejem na kotłownię opalaną gazem ziemnym, polegającą m.in. na zachowaniu istniejących dwóch kotłów i wymianie palników olejowych na gazowe w jedenastokondygnacyjnym budynku mieszkalnym. W związku z § 176 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. organ przywołał treść Polskiej Normy dotyczącej kotłowni wbudowanych na paliwa gazowym o gęstości względnej mniejszej niż 1 (PN-B-02431-1:1999), zgodnie z którą w pkt 2.3.1 w budynku o liczbie kondygnacji większej niż cztery, kotłownie należy lokalizować na najwyższej kondygnacji budynku. W takim przypadku nad kotłownią powinien być założony lekki strop, swobodnie ułożony na konstrukcji nośnej, wykonany z materiałów niepalnych. Tymczasem, jak wynika z zatwierdzonej dokumentacji projektowej zamierzenie inwestycyjne zaprojektowane zostało na najniższej kondygnacji budynku.

Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego podzielił stanowisko KG PSP, że stosowanie Polskiej Normy jest obligatoryjne. Wskazując na treść art. 5 ust. 4 ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. nr 169, poz. 1386, z późn. zm.), organ uznał, że normy te obowiązują na podstawie przepisu szczególnego, o ile ten bezpośrednio odwołuje się do wymogu jej stosowania.

Nie jest też uprawniony zarzut kasacji, dotyczący naruszenia prawa materialnego to jest art. 87 Konstytucji RP w związku z art. 145 § 1 pkt 1 lit. c p.p.s.a. Argumentacja zarzutu w tym zakresie sprowadzała się do stwierdzenia, iż Sąd pierwszej instancji błędnie uznał, że Polska Norma PN-B-02431-1:1999 „nie stanowi źródła powszechnie obowiązującego prawa”. W tym względzie wskazać należy, iż stwierdzenie to stanowi znaczne uproszczenie wywodów Sądu pierwszej instancji. Wojewódzki Sąd Administracyjny uznał, bowiem, że „Polska Norma – sama w sobie nie może stanowić źródła prawa powszechnie obowiązującego”, a więc wykluczył jej samodzielny charakter jako normy prawnej. Doprecyzowanie to było niezbędne dla zbadania prawidłowości odczytanej przez Sąd treści normatywnej powołanych w zarzucie przepisów. W tym zakresie poglądy przedstawione przez Sąd pierwszej instancji należało podzielić, z przyczyn przez Sąd wskazanych szczegółowo w uzasadnieniu skarżonego wyroku. Odnoszą się one przede wszystkim do nieogłaszania omawianych Norm w urzędowych dziennikach promulgacyjnych.

Kluczowego znaczenia przy tym nabiera treść art. 88 Konstytucji RP, nakładająca taki obowiązek na akty normatywne. Także wskazywany w rozpoznawanym zarzucie przepis art. 87 ustawy zasadniczej, stanowiący katalog źródeł prawa, potwierdza słuszność twierdzeń Sądu pierwszej instancji. Nie można przy tym uznać za przekonywujące stanowisko skarżącego kasacyjnie organu sprowadzające się do „publikacji” Polskiej Normy w treści rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., bowiem – jak słusznie podnosił to Sąd – nie została w nim przytoczona pełna jej treść. Zwrócić dodatkowo trzeba uwagę na art. 5 ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji, który nie pozwala na określenie Polskich Norm jako samodzielnych norm prawnych z uwagi na zapewnioną im ochronę w zakresie prawa autorskiego (ust. 3), chociaż dopuszczającą możliwością powołania ich w przepisach prawa (ust. 4). Jednak użycie zwrotu „mogą być powoływane” nie jest tożsame z ich publikacją.

Za bezzasadny uznać należało także zarzut kasacji, wskazujący na naruszenie skarżonym wyrokiem art. 156 § 1 pkt 2 k.p.a. w związku z § 176 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. i art. 145 § 1 pkt 1 lit. c p.p.s.a. w związku z § 176 rozporządzenia. W nawiązaniu do twierdzeń autora kasacji, precyzujących zarzut w uzasadnieniu kasacji, iż stosowanie przepisu § 176 „jest możliwe wprost, wymagając jedynie sięgnięcia do treści Polskiej Normy”, której zapis jest także jednoznaczny, zauważyć trzeba, iż również w tym przypadku autor kasacji pominął większość twierdzeń Sądu wyprowadzonych na tle tego przepisu. Pominęto w nim całość analizy tego przepisu, dokonaną wykładnię dynamiczną i uwzględnienie zasady hierarchiczności źródeł prawa. Jak słusznie wskazywał Sąd pierwszej instancji, inne były regulacje ustawowe w zakresie Polskich Norm w momencie wydania rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., inne zaś w momencie wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. O ile odwoływanie się do nich jako obowiązujących w zakresie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w świetle art. 19 ust. 2 ustawy z dnia 3 kwietnia 1993 r. o normalizacji było uzasadnione w dniu wejścia w życie rozporządzenia, o tyle podstawa tych twierdzeń ustała wraz z wejściem w życie nowej regulacji (ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji). Zmiana wprowadzona tą ostatnią ustawą sprowadzała się przede wszystkim do uznania stosowania Polskich Norm za dobrowolne, nie czyniąc w tym zakresie już żadnych wyjątków. Podkreślając ten fakt, Sąd pierwszej instancji równie trafnie doszedł do wniosku, iż sytuacja ta wymagała dla odczytania treści § 176 ww. rozporządzenia przeprowadzenia wykładni, zapewniającej zgodności określonej normy rozporządzenia z aktualnie obowiązującą regulacją ustawową. Natomiast konieczność prowadzenia wykładni przepisów na podstawie, których orzekł organ w postępowaniu jurysdykcyjnym, wykluczała w świetle utrwalonego orzecznictwa Naczelnego Sądu Administracyjnego możliwość stwierdzenia zaistnienia dyspozycji zawartej w art. 156 § 1 pkt 2 k.p.a. Ustalenie to w sposób uprawniony pozwalało na zakwestionowanie legalności kontrolowanych w sprawie rozstrzygnięć organów administracyjnych i czyniło koniecznym oddalenie analizowanego zarzutu kasacji.

Źródło: LEX nr 1301130

Mając powyższe okoliczności na uwadze, Naczelny Sąd Administracyjny, na podstawie art. 184 p.p.s.a., oddalił wniesioną skargę kasacyjną.

Podobnie wskazano w wyroku Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 4 września 2014 r. w sprawie o sygn. akt II OSK 538/13:

Opracowywane przez Komitety Techniczne Polskie Normy nie są bowiem przepisami prawa. Nadanie im takiego waloru wymaga regulacji szczególnej, której – co jak wskazano powyżej – brak w ustawie o postępowaniu egzekucyjnym w administracji. Przykładem przepisu nakładającego obowiązek stosowania Polskich Norm jest § 6 ust. 4 i § 8 ust. 2 pkt 9 rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. z 2012 r., poz. 462, z późn. zm.), wydanego na podstawie art. 34 ust. 6 pkt 1 ustawy – Prawo budowlane.

*Źródło: Centralna Baza Orzeczeń Sądów Administracyjnych
<https://orzeczenia.nsa.gov.pl/doc/B8DE4B3A13>*

Przedstawione przykłady wskazują na pewne niedoskonałości obowiązującej konstrukcji prawnej, ponieważ nawet takie organy, jak Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej czy Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego, zatrudniające w aparacie wykonawczym zarówno ekspertów tematycznych, jak również zajmujących się tą problematyką prawników, potrafią błędnie zinterpretować (i stosować) zapisy obowiązującego prawa.

Nie ulega jednak wątpliwości, że akty normatywne są niezbędnymi elementami wiedzy technicznej. Ich zastosowanie nie naraża na zarzut nieprawidłowego działania oraz na konieczność udowodnienia, że przyjęte rozwiązania spełniają wymagania przepisów ustawowych.

1.2. Sposób wykonywania prawa dotyczący ewakuacji

Są trzy sposoby podejścia do spełniania wymogów prawa oraz zapewnienia maksymalnej skuteczności stosowanych rozwiązań, które można spotkać również w dziedzinie ewakuacji. Dwa teoretyczno-prawne, to jest majstrowskie i inżynierskie. Trzecim jest godzące najgorsze cechy każdego z tych dwóch, mianowicie pragmatyczne kryterium ekonomiczne.

Kryterium pierwsze, majstrowskie, polega na literalnym podejściu do zapisów zawartych w przepisach i pomijaniu ważnych aspektów bezpieczeństwa, gdy szczegółowego zapisu brakuje. Przykładem może być dosłowne traktowanie rozporządzenia „w sprawie ochrony przeciwpożarowej...” (Dz.U. z 2010 r. nr 109, poz. 719, z późn. zm.). Mianowicie jego § 15 ust. 2 stanowi, że „odpowiednie warunki ewakuacji określają przepisy techniczno-budowlane”. W konsekwencji to podejście spowoduje, że większość specjalistów z zakresu ochrony przeciwpożarowej na pytanie dotyczące szczególnych wymogów ewakuacji osób z niepełnosprawnościami odpowie, iż takich nie ma, bo nie są one określone w przepisach [Janik, 2020].

Natomiast podejście drugie, inżynierskie, w problematyce ochrony przeciwpożarowej koncentruje się na rozwiązaniu problemu, z jakim w danej sytuacji mamy do czynienia. Trend taki dało się zauważyć w rozwiązaniach stosowanych na świecie mniej więcej od lat 70. XX w. W Polsce dopiero wiek XXI przełamał monopol myślenia majstrowskiego.

Zarówno majstrowskie, jak i inżynierskie podejście tworzy swoisty konglomerat w postaci podejścia ekonomicznego. Wśród inwestorów pokutuje podejście, że najważniejsze jest kryterium ekonomiczne na samym etapie prowadzenia inwestycji, bez zachowania szerszej perspektywy, że budowla nie kończy swojego życia po jej zakończeniu i pozytywnych wynikach odbiorów, lecz dopiero je zaczyna. Nie może dojść do sytuacji, kiedy pozorne oszczędności, jakich dokonano na początku, doprowadzą do bardzo poważnych strat, a także do obrażeń czy nawet śmierci osób, które są użytkownikami tego obiektu. Myślenie długofalowe oraz przyjmowanie założeń do scenariusza rozwoju pożaru jak najbardziej niekorzystnych z punktu widzenia konstrukcji budynku, jak i sposobu jego użytkowania, powinno być ważnym elementem holistycznego podejścia do tego problemu.

Wykorzystywane niedoskonałości zapisów prawa dotyczących np. dojść i przejść ewakuacyjnych można w bardzo prosty sposób ukrócić, wprowadzając rozwiązania prawne, wymagające indywidualnej oceny budynku pod względem ewakuacyjnym oraz wymogu podejścia inżynierskiego, czyli takiego, które ma zapewnić rozwiązanie problemu, a nie tylko spełnić minimalne wymogi formalne. Jest to możliwe przy obecnie funkcjonujących przepisach, kiedy skorzystamy z możliwości zastosowania warunków zamiennych (art. 6a Ustawy o ochronie przeciwpożarowej) oraz odstępstw (art. 7 Prawa budowlanego).

Rozwiązania zamienne to rozwiązania spełniające wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż określono w przepisach przeciwpożarowych, zapewniający niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej.

Odstępstwa dotyczą wszystkich rozporządzeń wydanych na podstawie art. 7 Prawa budowlanego, czyli:

1. Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie;
2. Warunków technicznych użytkowania obiektów budowlanych.

Odstępstwo od przepisów nie może powodować:

- zagrożenia życia ludzi lub bezpieczeństwa mienia,
- ograniczenia dostępu osób niepełnosprawnych i starszych do obiektów użyteczności publicznej oraz obiektów budownictwa mieszkalnego wielorodzinnego,
- pogorszenia warunków zdrowotno-sanitarnych, użytkowych oraz stanu środowiska.

Aby spełnić te wymagania, należy przedstawić warunki zamienne, czyli rozwiązania nieujęte w przepisach, a gwarantujące niepogorszenie stanu bezpieczeństwa wynikającego z zapisów prawa.

Przepisy prawa tworzą również swoiste pułapki myślowe, które najprościej rozwiązuje się przy pomocy podejścia majstrowskiego, które kłóć się z podejściem inżynierskim, a niekoniecznie mogą się przełożyć na właściwe kryterium ekonomiczne.

Na przykład trudno się nie zgodzić z krytyczną oceną wprowadzania wymogów dotyczących ewakuacji w obiektach kategorii ZL II, do których zaliczane są zarówno przedszkola przeznaczone dla co najmniej 25 dzieci, jak i oddziały intensywnej terapii czy szpitale psychiatryczne. Dodatkowo, część wymogów dotyczących ewakuacji, np. odległość co najmniej pięciu metrów pomiędzy wyjściami ewakuacyjnymi, czy nałożenie wymogu instalacji DSO (dźwiękowy system ostrzegawczy) w szpitalach powyżej 200

łózek, a w szpitalach psychiatrycznych powyżej 100, nie mają żadnego uzasadnienia merytorycznego i w wielu przypadkach nikt już nie pamięta, dlaczego takie właśnie wartości zostały przyjęte.

Dlatego, według autora, preferowanym sposobem jest analiza warunków ewakuacji dla każdego budynku objętego wymogami w tym zakresie, przeprowadzana indywidualnie dla każdej lokalizacji. Modele, które można zastosować, aby takiej oceny dokonać, przedstawiono w rozdziale 6.

1.3. Wymogi prawne dotyczące ewakuacji

Ewakuacji poświęcony jest rozdział 4. Rozporządzenia „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...”, który zawiera trzy paragrafy.

Wydawać by się mogło, że jeżeli w przepisach wydzielono osobny, przeznaczony dla konkretnego problemu rozdział, to powinien on zawierać kompendium wiedzy na ten temat. Natomiast, w tym konkretnym przypadku znajdziemy ogólne wymieszane z konkretnymi wytycznymi. Paragraf 15. zawiera jedynie informacje o tym, że ewakuacja ma przebiegać sprawnie i bezpiecznie z każdego miejsca przeznaczonego na pobyt ludzi, uwzględniając ich liczbę, sprawność fizyczną, uzależniając przebieg dojść, przejść i wyjść ewakuacyjnych (oraz ich rozmiary) również od wielkości obiektu, a także jego funkcji. Drogi ewakuacyjne mają być wydzielone pożarowo, zabezpieczone przed zadymieniem, posiadać oświetlenie awaryjne oraz ma być w nich zapewniona możliwość przekazywania informacji o zagrożeniach.

Ale już w drugim punkcie tego paragrafu znajduje się informacja, że „odpowiednie warunki ewakuacji określają przepisy techniczno-budowlane”, bez wskazania, gdzie tych przepisów szukać. W warunkach techniczno-budowlanych jest co prawda dział „Bezpieczeństwo pożarowe”, ale bardzo istotne przepisy dotyczące ewakuacji znajdują się również w działach „Schody i pochylnie”, „Garaże dla samochodów osobowych”, „Instalacja elektryczna”, „Budynki i pomieszczenia” oraz „Wyposażenie techniczne budynków”, gdzie zawarte są informacje na temat wymogów stosowania oświetlenia awaryjnego.

Paragraf 16. odnosi się do elementów, które stanowią o zaklasyfikowaniu budynku jako zagrażającego życiu ludzi. Tu pojawiają się pierwsze konkrety. Wśród elementów, które definiują budynek jako zagrażający życiu ludzi są: zawężenie któregoś z elementów drogi ewakuacyjnej o 1/3 poniżej wartości minimalnej, wymaganej przepisami techniczno-budowlanymi oraz przekroczenie długości dojścia lub przejścia powyżej 100% od określonej w przepisach techniczno-budowlanych.

„Użytkowany budynek istniejący uznaje się za zagrażający życiu ludzi, gdy występujące w nim warunki techniczne nie zapewniają możliwości ewakuacji ludzi” – ten fragment jest nieprecyzyjny i w zależności od doświadczenia i indywidualnej oceny (zależnie od tego czy jest to strażak, urzędnik państwowy czy właściciel lub użytkownik obiektu), daje duże pole do interpretacji.

To czy budynek stwarza zagrożenie dla ludzi, zależy nie tylko od kryteriów § 16 rozporządzenia „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej...”, określających zagrożenie życia ludzi (gdy występujące w nim warunki techniczne nie zapewniają możliwości ewakuacji), lecz również od czasu wybudowania. W myśl § 45 tego rozporządzenia, jeżeli został wykonany i odebrany, a spełniał wymogi ochrony przeciwpożarowej w czasie obowiązywania nowej ustawy Prawo budowlane (z dnia 7 lipca 1994), przepisy § 16 ust 2 nie mają wobec niego zastosowania.

Dalej, jeśli budynek wybudowano w czasach sprzed działania ustawy Prawo budowlane z 1994 r., nie spełnia on dzisiejszych wymagań przepisów, ale nie są to krytyczne warunki zagrożenia życia ludzi (§ 16 ust 2), nie dotyczą go postanowienia i nowe odległości przywołane w nowszych edycjach „Warunków technicznych...”, chyba że następuje jego przebudowa, rozbudowa lub zmiana warunków użytkowania (wtedy musi zostać dostosowany do aktualnych wymagań).

Z jednej strony jest to jak najbardziej logiczne, gdyż przepisy zmieniają się zdecydowanie częściej niż budynki umierają śmiercią technologiczną, ale może to również prowadzić do sytuacji kuriozalnych. Załóżmy bowiem taką sytuację – przed sądem odbywa się sprawa o obowiązku dostosowania zabytkowego budynku do minimalnych wymogów bezpieczeństwa pożarowego. Stronie pozwanej, którą był właściciel budynku, udaje się wykazać, że budynek nie był rozbudowywany, przebudowywany, ani nie zmieniono jego warunków użytkowania od czasu, kiedy został wybudowany. Przedstawia on również dokumenty pochodzące z Archiwum Akt Dawnych, że obiekt został wybudowany zgodnie z obowiązującymi wtedy przepisami – np. ukazem carskim dotyczącym ochrony przeciwpożarowej. Argument ten przez sąd zostaje przyjęty. Taka sytuacja rzeczywiście miał miejsce i skończyła się odrzuceniem pozwu Państwowej Straży Pożarnej.

Opisana sprawa może dotyczyć jednak tylko takich okoliczności, w których istniejące warunki nie stwarzają zagrożenia życia ludzi. Jeśli jest odwrotnie, to „Warunki techniczne...” pozwalają na działanie przepisów „na korzyść” PSP. Podstawą do takiego działania jest § 207 „Warunków technicznych...”, w którym zawarto, że przepisy tego Rozporządzenia – dotyczące bezpieczeństwa pożarowego, wymiarów schodów, a także oświetlenia awaryjnego – stosuje się pod pewnymi warunkami również do użytkowanych budynków istniejących, które na podstawie przepisów odrębnych uznaje się za zagrażające życiu ludzi.

Kolejne zapisy pochodzące z Działu „Bezpieczeństwo pożarowe”, rozdziału „Wymagania przeciwpożarowe dla elementów wykończenia wnętrz i wyposażenia stałego” dotyczą stosowania elementów wykończeniowych na drogach ewakuacyjnych i pomieszczeń w strefach ZL, gdzie niedopuszczalne jest używanie materiałów łatwo zapalnych lub kapiących pod wpływem ognia w określonych kategoriach budynków (ZL I, II lub V). Ale w Rozporządzeniu „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej...” pojawia się wyłączenie – można stosować okładziny ściennie z takich materiałów, jeżeli ewakuacja może odbywać się w dwóch kierunkach: „Użytkowany budynek istniejący uznaje się za zagrażający życiu ludzi, gdy występujące w nim warunki techniczne nie zapewniają możliwości ewakuacji ludzi”, jeśli znajdują się na drodze ewakuacyjnej różne elementy, w tym „...okładziny ściennie z materiału łatwo zapalnego [...], jeżeli **nie zapewniono dwóch kierunków ewakuacji**” (patrz: § 16. Budynek zagrażający życiu ludzi pkt.3 b). Trudno jednak ustalić, na podstawie jakich badań uznano, że dwukierunkowość ewakuacji neutralizuje zagrożenia płynące z zastosowania palnych okładzin.

Brak wydzielenia ewakuacyjnej klatki schodowej budynku wysokiego (innego niż ZL IV) lub wysokościowego, ich oddymiania, a także oświetlenia awaryjnego (ZL I, II i V), również kwalifikuje budynek jako stwarzający zagrożenie dla życia ludzi, a zatem PSP może wydać decyzję dotyczącą dostosowania budynków do obowiązujących przepisów.

Obowiązek dostosowania obiektów spoczywa na właścicielach lub zarządcach danego budynku.

1.4. Ćwiczenia ewakuacyjne, czyli praktyczne sprawdzenie organizacji oraz warunków ewakuacji z całego obiektu

Rozporządzenie nakłada obowiązek ćwiczeń ewakuacyjnych na osoby realnie władające budynkiem, dla obiektów, w których znajdują się strefy pożarowe ZL z wyłączeniem ZL IV. Próbne ewakuacje mają odbywać się, jeśli liczba stałych użytkowników przekracza 50 osób. Podano dwa nieprzekraczalne okresy ich przeprowadzania. Co roku – w przypadku obiektów, takich jak szkoły, przedszkola oraz ZL V, przeznaczonych dla uczniów i studentów (bursy, domy studenckie). Mają się one odbyć nie później niż trzy miesiące od pojawienia się nowej grupy użytkowników. Co dwa lata – we wszystkich innych obiektach objętych tym wymogiem.

O ile zapis dotyczący budynków podlegających sprawdzeniu efektywności ewakuacji co rok jest precyzyjny, jasny i niedający miejsca na zbędne dywagacje, to już fragment dotyczący pozostałych budynków zawiera istotną lukę, choć i tak jest zdecydowanie lepiej niż we wcześniejszych przepisach.

Wyobraźmy sobie bowiem duży zakład przemysłowy, w którym znajdują się pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi pracujących w systemie 4-zmianowym. Brak zwrotu „dla każdej zmiany roboczej” zaskutkować może tym, że faktycznie udział w ćwiczeniach odbywa się nie co dwa, ale osiem lat. A przy jeszcze bardziej niekorzystnym układzie, czyli wyznaczaniu terminów ewakuacji bez powiązania z tym, która zmiana ma odbyć ćwiczenia, część zmian będzie podnosić swoje umiejętności w tym zakresie zgodnie z przepisami co dwa lata, a pozostałe trzy zmiany wcale. Osobną kwestią jest w takich zakładach rotacja, pojawianie się w nich grup pracowników tymczasowych i brak uregulowania ich statusu w przepisie.

Osobną podkategorią są obiekty penitencjarne, czyli areszty śledcze i zakłady karne, w których znajdują się strefy ZL II. Tutaj sprawdzenie warunków ewakuacji musi być uzgodnione z właściwym dla lokalizacji komendantem PSP, szczebla miejskiego lub powiatowego. W pozostałych przypadkach jedynym wymogiem formalnym jest powiadomienie wyżej wymienionego komendanta o fakcie przeprowadzenia takich szkoleń w nieprzekraczalnym terminie siedmiu dni i to od komendanta zależy, czy funkcjonariusze PSP sprawdzą prawidłowość ich przebiegu. W tym przypadku bardzo istotnym elementem ćwiczebnych ewakuacji jest także ich prowadzenie, aby nie dawały one wskazówek osadzonym, jak opuścić zakład penitencjarny przed zasądzonym terminem.

Pojawia się tu jeszcze jeden nieopisany jasno w przepisach element, związany z pacjentami szpitali psychiatrycznych, skierowanych tam decyzją sądu. Przepis nie ujmuje tego aspektu i nie do końca wiadomo, czy przeprowadzenie takiej próbnej ewakuacji wymaga tylko zgłoszenia, ponieważ szpital psychiatryczny nie jest zakładem penitencjarnym, choć w części budynków takiego szpitala znajdują się osoby skierowane tam pod przymusem i wyrokiem sądu. Czy w związku z tym należy przyjąć zasadę postępowania tak, jak w przypadku zakładów karnych czy aresztów? Czy szpital, w którym znajdują się pacjenci o takim specyficznym statusie, musi posiadać opinię komendanta miejskiego lub powiatowego właściwego dla lokalizacji?

Dodatkowo warto byłoby rozważyć rozszerzenie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, szczególnie w obiektach ZL II, o procedury postępowania w porze nocnej, ponieważ właśnie wtedy w obiekcie znajduje się bardzo ograniczona liczba osób przeszkolonych, wchodzących w skład personelu (znane są przypadki, gdzie na oddziale

przebywa tylko jedna taka osoba na kilkudziesięciu pacjentów), a jedynym pozytywnym aspektem jest możliwość szybszego uzyskania służb ratowniczych ze względu na większą przepustowość dróg. Wymogiem również powinno być zapewnienie przez właścicieli lub zarządców tego typu obiektów odpowiedniej liczby koców termicznych, aby zapewnić względny komfort i bezpieczeństwo osób ewakuowanych w okresie jesienno-zimowym. Liczba „folii życia” znajdująca się na wyposażeniu wozów bojowych straży pożarnych może być daleko niewystarczająca. W przypadku ewakuacji pacjentów z oddziałów psychiatrycznych dojść może do jeszcze jednego utrudnienia, które ujawniło się podczas pożaru w Górnej Grupie w 1980 r. Prowadzenie działań przez strażaków budziło przerażenie wśród pensjonariuszy, ponieważ panicznie bali się nie tylko ognia, ale i mundurów.

Przepisy rozporządzenia „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...” uzupełniono o art. 17a w konsekwencji pożaru w escape roomie w Koszalinie, który miał miejsce 4 stycznia 2019 r. Przepis ten nakłada obowiązek przeprowadzenia sprawdzenia warunków ewakuacji z tego typu pomieszczeń, nie rzadziej niż raz na 2 lata. Co bardzo ważne, przepis jest tak skonstruowany, że uniemożliwia stosowanie sztuczek prawnych dotyczących np. nazwy obiektu rozrywkowego – istotne jest to, że obiekt wymaga uwolnienia się użytkownika z zamkniętej lub ograniczonej przestrzeni. Dzięki temu wymóg przestrzegania przepisów przeciwpożarowych oraz drożność i dostępność dróg ewakuacyjnych, do bezpiecznej strefy lub na zewnątrz, są obowiązkowe. Przepis ten wywołuje jednak mieszane uczucia, ponieważ przeprowadzenie ewakuacji przypadkowych osób korzystających w danym momencie z obiektu (a nie ma żadnych dodatkowych wymogów, takich jak np. zapoznanie wszystkich osób wchodzących do pomieszczenia z warunkami ewakuacji) powoduje, że jego skuteczność jest mocno ograniczona. Można byłoby rozważyć wprowadzenie podobnych obostrzeń, jakie stosowane są w przypadku przebywania w przestrzeniach zamkniętych albo przynajmniej niektórych elementów. Nie jest jasne, jak często (tylko w momencie odbioru czy co 2 lata) ma się odbywać sprawdzenie warunków bezpieczeństwa pożarowego przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych lub specjalistę ochrony przeciwpożarowej – ten element również wymaga doprecyzowania.

Każde z przeprowadzonych ćwiczeń ewakuacyjnych musi być zakończone protokołem podsumowującym ich przebieg oraz oceną stopnia wypełnienia wymogów prawnych.

1.5. Znaki bezpieczeństwa pożarowego oraz oznakowanie i oświetlenie dróg ewakuacyjnych

W myśl obowiązujących przepisów, jednym z najważniejszych aspektów w przypadku zagrożenia pożarowego w obiekcie budowlanym jest zapewnienie jego użytkownikom możliwości niezakłóconej ewakuacji do wyznaczonej strefy bezpiecznej (sformułowanie nie występujące w przepisach przeciwpożarowych, ale w tym ujęciu za strefę bezpieczną uznawana jest inna strefa pożarowa w tym samym obiekcie lub przestrzeń na zewnątrz budynku poza zasięgiem zagrożenia, a droga ewakuacyjna w całości znajduje się w budynku). W takim przypadku wyjście poza drzwi zewnętrzne powinno zagwarantować osobom ewakuowanym bezpieczeństwo. Na drogach ewakuacji przeszkodę stanowić może zadymienie, które znacznie utrudnia (a czasem nawet uniemożliwia) skuteczne opuszczenie budynku. Nawet w obiektach o dość prostej

budowie – w warunkach ograniczonej widoczności – odnalezienie bezpiecznej i najkrótszej drogi ewakuacyjnej jest problematyczne. Do informowania użytkowników budynku o właściwym kierunku drogi ewakuacyjnej służą odpowiednie znaki ewakuacyjne. Aby spełniały one swoją rolę, muszą być jednoznaczne, rozmieszczone w sposób umożliwiający ich poprawne odczytanie oraz stosowane według obowiązujących wymagań.

Wydawać by się mogło, że rzecz tak prosta, jak normatywy oraz wynikające z nich wymagania, dotyczące znaków ewakuacyjnych nie będą wymagały szerszego opisu. A jednak, i w tym obszarze pojawiają się pewne problemy i niuanse.

Wymagania dotyczące znaków ewakuacyjnych opisano w pkt 13.1 załącznika do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 20.06.2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. z 2007 r. nr 143, poz. 1002). W załączniku do rozporządzenia za standardy, jakie należy stosować, wskazano trzy normy PN-92/N-01256/01, PN-92/N-01256/02 i PN-N-01256-04:1997.

Tu pojawiają się problemy prawne. Norma PN-92/N-01256/01 została wycofana przez Komitet Techniczny PKN i zastąpiona przez PN-EN ISO 7010:2012, natomiast norma PN-92/N-01256/02 również została wycofana przez ten Komitet w dniu 04.09.2014 r. i również zastąpiona przez wymienioną normę europejską. W 2020 r. pojawiła się nowa wersja PN-EN ISO 7010:2020-07 (wersja angielska) Symbole graficzne -- Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa -- Zarejestrowane znaki bezpieczeństwa. W tym rozwiązaniu występuje dualizm prawny i nie przedstawiono, kiedy wygasa okres przejściowy. Można stosować znaki według obu norm, ważne jest tylko, aby oznakowanie było jednolite.

Spełnienie wymagań powinno być potwierdzone stosownym dokumentem wydanym przez Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi (CNBOP) lub deklaracją zgodności z normą PN-EN ISO 7010+A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7 lub normą PN-N-01256-02:1992 w zakresie grafiki oraz współrzędnych chromatyczności.

Kolejnym problemem jest fakt, że norma ISO, jako uznaniowa, nie posiada polskiej wersji językowej. Prowadziło to do dowolnej interpretacji, która musiała zostać doprecyzowana kolejnym dokumentem, tym razem wychodzącym z KG PSP.

Informacja KG PSP z 2016 r., dotycząca stosowania znaków bezpieczeństwa w kontekście wycofania Polskich Norm, określała zasady dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania. Znaki bezpieczeństwa, dotyczące ochrony przeciwpożarowej i ewakuacji należą do wyrobów, które mogą być stosowane wyłącznie w trybie określonym w przepisach rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. nr 143, poz. 1002, z późn. zm.). Wymagania techniczno-użytkowe określono w załączniku do cytowanego rozporządzenia. Odnoszą się one do wymienionych wymagań Polskich Norm. Ich spełnienie powinno być potwierdzone stosownym dokumentem (świadcstwem dopuszczenia). Zatem, przy wyposażaniu budynków w znaki bezpieczeństwa powinny być do tego celu wykorzystywane wyłącznie znaki wyprodukowane w okresie ważności ich dopuszczenia do użytkowania, określonym w świadectwie dopuszczenia przez jednostkę dopuszczającą, o której mowa w § 4 ust. 1 cytowanego powyżej rozporządzenia, którą jest CNBOP.

W konsekwencji zastosowane w istniejących obiektach budowlanych znaki bezpieczeństwa, dotyczące ochrony przeciwpożarowej, dopuszczone do użytkowania we wspomnianym powyżej trybie jako spełniające wymagania wycofanych już dzisiaj Polskich Norm, mogą nadal spełniać w nich swoją funkcję, do czasu wystąpienia konieczności ich wymiany (np. w wyniku ich uszkodzenia lub tzw. „śmierci technicznej”).



Rys. 1. Znak „Wyjście ewakuacyjne”
oraz „Drzwi ewakuacyjne”

Źródło: normy PN-EN ISO 7010 i PN-92/N-01256/02.

Pozornie błahe różnice przy intuicyjnie pojmowanych znakach powinny mieć marginalne znaczenie. Pojawiają się jednak różnice kłopotliwe. Ten sam znak graficzny w zależności od normy ma różne znaczenia. Dotyczy to znaku „wyjście ewakuacyjne” wg normy ISO oraz „drzwi ewakuacyjne” wg starej normy (rys. 1).

Argumentem za wprowadzeniem nowej normy była w krajach UE zwiększająca się liczba obcokrajowców oraz – co dziwne w sferze bezpieczeństwa – popularność piktogramów nowego wzoru. To drugie jest trochę irracjonalne, bo stosowanie oznakowania bezpieczeństwa nie jest sprawą estetyki czy popularności, tylko wymogów prawnych. Mamy tego swoiste konsekwencje, prowadzące aż do zatarcia intuicyjnej wymowy znaku. Pytanie, czy dodanie z prawej strony symboli pożaru w postaci płomieni drastycznie zwiększa czytelność oznakowania sprzętu ppoż. Także nowe znaki np. „przenośny aplikator piany” lub „stała instalacja gaśnicza” nie są intuicyjne (rys. 2). Właściwie nie wiadomo, po co je wprowadzono, o czym w istocie mówią, szczególnie jeśli powodem ich prowadzenia były rzesze migrantów, nie potrafiących odczytać nawet starych znaków. Czy faktycznie dodanie płomieni do oznakowania gaśnicy wpływa na skuteczność przekazu znaku (rys. 3)?



Rys. 2. Znaki ochrony ppoż., kolejno: przenośny aplikator piany, aplikator mgły wodnej, stacjonarna instalacja przeciwpożarowa, stacjonarna butla gaśnicza, stanowisko zdalnego uwalniania i monitor pożarowy

Źródło: norma PN-EN ISO 7010

Dodatkowo, czy na pewno konieczne jest, na potrzeby ewakuacji, rozróżnianie zagadnienia, czy w danym pomieszczeniu znajduje się instalacja tryskaczowa czy mgłowa? Nadmierna liczba znaków oraz ich wątpliwy graficzny przekaz nie wpływają pozytywnie na bezpieczeństwo. Nawiązując do branży drogowej – nadmierne nasycenie znakami drogowymi nie poprawia bezpieczeństwa jazdy, a tylko przeciąża kierowcę w wielu przypadkach zupełnie zbędnymi informacjami, niebezpiecznie rozpraszającymi jego uwagę. W branży przeciwpożarowej naddatek znaków i nowych oznaczeń również komplikuje proces przekazywania informacji, co do kierunku bądź utrudnień na drogach komunikacyjnych podczas ewakuacji. Nie określono także wymogów dotyczących poziomu fluorescencji owych znaków bezpieczeństwa, a także czasu, po jakim „umierają” one śmiercią technologiczną. Ważnym elementem, jaki jest dość dobrze opisany oraz ułatwia sprawdzenie efektu ich działania są znaki podświetlane oraz oświetlenie awaryjne.



Rys. 3. Znaki „gaśnica” starego i nowego typu
Źródło: normy PN-92/N-01256/02 i PN-EN ISO 7010

Znaki podświetlane dają gwarancję ich widoczności niezależnie od pory dnia czy roku, a ich skuteczność łatwo zmierzyć luksomierzem.

W Polsce aktualnie najważniejszą normą dotyczącą oświetlenia awaryjnego jest PN-EN 1838:2005 Zastosowanie oświetlenia – oświetlenie awaryjne. Bardzo istotnym jest fakt, że norma ta jest dostępna w języku polskim (jest tłumaczeniem normy EN 1838 obowiązującej we wszystkich krajach unijnych). Jej zapisy odwołują się również do innych normatywów stosowanych w Unii Europejskiej, np. do EN 60598--2-22, dotyczącej opraw oświetlenia awaryjnego, czy EN 50172, określającej instalacje oświetlenia ewakuacyjnego. Wszystkie te dokumenty posiadają polską wersję językową zatwierdzoną przez Polski Komitet Normalizacyjny. Dopracowane są wszystkie szczegóły, umożliwiające ich prawidłową instalację, konserwację oraz wymagany minimalny czas działania w warunkach pożarowych. Muszą one spełniać swoją rolę nie krócej niż jedną godzinę z natężeniem jednego luksa, co nakłada określone wymagania dotyczące ich wykonania.

Podział systemów oświetlenia awaryjnego wynika ze sposobu zasilania opraw. Mogą one posiadać własne akumulatory lub – w przypadku systemów bardziej rozbudowanych – zasilanie z centralnego źródła zasilania awaryjnego. Za bardziej bezpieczne jednak uznaje się zasilanie zintegrowane z pojedynczymi oprawami, ponieważ nawet w przypadku uszkodzenia i braku możliwości zasilania centralnego, system będzie w stanie funkcjonować prawidłowo.

Dlatego może warto skoncentrować się na tego typu systemach niż rozważać, czy znak umieszczony na drzwiach prawidłowo wskazuje kierunek ich otwarcia (w prawo czy w lewo). Do takiego wniosku można dojść po prostu naciskając klamkę (rys. 4).



Rys. 4. Znaki ewakuacyjne – kolejno: przekręcić, aby otworzyć (w lewo/w prawo), pchać z lewej/prawej strony aby otworzyć, ciągnąć z lewej/prawej strony, aby otworzyć oraz ciągnąć, aby otworzyć/pchać, aby otworzyć

Źródło: normy PN-EN ISO 7010 i PN-92/N-01256/02

1.6. Systemy sygnalizacji pożaru i dźwiękowe systemy ostrzegawcze

Systemami, które mają za zadanie wczesne wykrycie pożaru, powiadomienie o tym fakcie osób znajdujących się wewnątrz obiektu, a także automatyczne wezwanie straży pożarnej są instalacje wykrywczo-alarmowe, znane jako SSP lub SAP. Według obowiązującego prawa muszą być one stosowane w następujących grupach obiektów:

- kina (dla ponad 600 widzów) i teatry (dla ponad 300 widzów),
- jednokondygnacyjne obiekty handlowe i wystawowe o łącznej powierzchni strefy pożarowej ponad 5000 m²,
- wielokondygnacyjne obiekty handlowe i wystawowe o łącznej powierzchni strefy pożarowej ponad 2500 m²,
- obiekty noclegowe z liczbą miejsc ponad 50,

- wielokondygnacyjne garaże podziemne,
- garaże podziemne o strefie pożarowej o powierzchni ponad 1500 m²,
- hale sportowe i widowiskowe z liczbą miejsc ponad 1500,
- wybrane archiwa, muzea i zabytki,
- stacje metra,
- szpitale i sanatoria z liczbą miejsc ponad 200,
- szpitale psychiatryczne, domy pomocy społecznej i ośrodki rehabilitacyjne o liczbie łóżek powyżej 100 w budynku,
- wysokie i wysokościowe budynki użyteczności publicznej.

Uzupełnieniem funkcjonalności są urządzenia, za pomocą których przekazywane są komunikaty lub sygnały dźwiękowe, informujące o konieczności ewakuacji – DSO. Dźwiękowe systemy ostrzegawcze muszą być zainstalowane w następujących grupach obiektów:

- budynkach handlowych lub wystawowych:
 - jednokondygnacyjnych, zawierających strefę pożarową zakwalifikowaną do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 8000 m²,
 - wielokondygnacyjnych, zawierających strefę pożarową zakwalifikowaną do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 5000 m²,
- salach widowiskowych i sportowych o liczbie miejsc powyżej 1500,
- kinach i teatrach o liczbie miejsc powyżej 600,
- szpitalach i sanatoriach o liczbie łóżek powyżej 200 w budynku, z wyłączeniem pomieszczeń intensywnej opieki medycznej, sal operacyjnych oraz sal z chorymi,
- budynkach użyteczności publicznej wysokich i wysokościowych,
- budynkach zamieszkania zbiorowego wysokich i wysokościowych lub o liczbie miejsc noclegowych powyżej 200,
- stacjach metra i stacjach kolei podziemnych,
- dworcach i portach, przeznaczonych do jednoczesnego przebywania powyżej 500 osób.

Co ważne, zgodnie z rozporządzeniem „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...” nie wolno stosować jednocześnie z DSO innych rozwiązań, które mają za zadanie informowanie o zagrożeniu osób znajdujących się w obiekcie z wyjątkiem służb ochrony lub dozoru.

O ile testy słyszalności sygnałów dźwiękowych w teorii są w miarę proste, ponieważ podstawowym warunkiem przy doborze sygnalizatorów akustycznych (zgodnie z normą PN-EN 54-2) jest zapewnienie sygnału alarmowego o minimalnym natężeniu dźwięku równym 65 dB (A), to już określenie poziomu tła (a zgodnie z tą samą normą poziom natężenia dźwięku sygnału alarmowego ma być wyższy o 5 dB) już tak oczywiście nie jest. O ile w miarę proste będzie zmierzenie poziomu tła w budynkach biurowych oraz generalnie obiektach, w których nie występuje nadmierna liczba maszyn i urządzeń generujących hałas, to w przypadku obiektów przemysłowych poziom tła jest mocno zmienny. W takich przypadkach nawet zastosowanie maksymalnego poziomu dźwięku dopuszczalnego na instalacji sygnalizacyjnej (120 dB) może nie być wystarczająco skuteczne. Ograniczenie emisji sygnałów alarmowych, jak już to przedstawiono, dotyczy tylko dźwięków pochodzących ze źródeł systemów detekcji pożaru. Natomiast nie ma

w nim ani słowa o dźwiękach czy alarmach technicznych, jakie generują maszyny w czasie pracy. W części maszyn i urządzeń znajdują się również sygnalizatory świetlne emitujące komunikaty o przebiegu procesu lub jego zakłóceniach. Takie natężenie informacji świetlnych i dźwiękowych może wprowadzić poważny chaos informacyjny oraz brak gwarancji dotarcia komunikatu o zagrożeniu. Tu pomocne mogłoby być wyłączenie jednego lub dwóch kolorów, stosowanych w sygnalizacji przebiegu procesów technologicznych i przeznaczenie ich tylko do celów powiadamiania o zagrożeniu pożarowym lub innym, wymagającym natychmiastowej ewakuacji. Dlatego w przepisach powinna zostać uwzględniona taka sytuacja oraz wypracowanie metody skutecznego powiadamiania o alarmach. Jeszcze poważniejszym wyzwaniem jest taka konfiguracja systemów głosowych, aby spełniały one warunki przedstawione w przepisach. W części zakładów występują strefy, gdzie przekroczony jest poziom hałasu powyżej 85 dB, ale w ocenie hałasu występują jeszcze dwa parametry:

- maksymalny poziom dźwięku A – wartość nie może przekroczyć 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C – wartość nie może przekroczyć 135 dB.

Równoważny poziom dźwięku A pozwala na oszacowanie skutków oddziaływania hałasu, którego poziom zmienia się w czasie, a szczytowy poziom dźwięku C dotyczy dźwięków impulsowych. Uśrednienie poziomu hałasu, czyli ekspozycja na ten czynnik szkodliwy podczas 8-godzinnej zmiany roboczej nie może przekroczyć wartości 115 dB, można więc założyć taką sytuację, że natężenie dźwięków impulsowych będzie zachodziło np. przez 15 min na zmianie roboczej, a przez resztę jej trwania norma hałasu może nie być przekroczona. Czyli, rozważając taki szczególny przypadek przez czas, w którym pojawia się natężenie impulsowe, poziom tła przekracza o 15 dB maksymalną moc dopuszczoną dla SSP. Tutaj też występuje luka w przepisach, ponieważ nie są w nich opisane przypadki szczególne, takie jak ten przedstawiony. Nie ma żadnych wytycznych, w jaki sposób poinformować pracownika wyposażonego w ochronniki słuchu, które mają go zabezpieczyć przed natężeniem dźwięku wyższym niż maksymalny próg dopuszczony dla sygnalizacji alarmowej. Zastosowanie DSO w takich obszarach, mimo że dotyczy to budynku wymagającego zastosowania tego systemu, wydaje się bezcelowe, ponieważ szansa dotarcia komunikatu głosowego do osób z ochroną słuchu jest minimalna.

Nadzór nad instalacją DSO, a szczególnie zrozumiałością komunikatów głosowych (pomiar zrozumiałości mowy jest bardzo ważną kwestią w zapewnieniu bezpieczeństwa obiektów użyteczności publicznej) jest bardzo dokładnie opisany w Wytycznych CNBOP W-0004:2017. Rekomendowane w tym dokumencie rozwiązania stanowią jedynie wymogi minimalne, a ocenę ryzyka, która ma wpływ na zwiększenie częstotliwości kontroli i przeglądów tych systemów, pozostawiają w gestii inwestorów bądź użytkowników obiektu. Wskazują, bardzo słusznie zresztą, na elementy, które mają istotny wpływ na efektywność komunikatów głosowych stosowanych na potrzeby ewakuacji. Nie tylko słyszalność i zrozumiałość komunikatu, wynikająca z akustyki danego obiektu, ma znaczenie. W dokumencie CNBOP zwrócono również uwagę na problemy znajdujące się po stronie odbiorcy tego komunikatu.

Badania akustyczne już same w sobie stanowią bardzo poważne wyzwanie, ponieważ pojawienie się nowych elementów w obiekcie, nawet niekoniecznie emitujących dźwięki, ale stanowiących barierę akustyczną, ma poważny wpływ na funkcjonowanie całego systemu.

Natomiast skrajnym wyzwaniem wydaje się jeszcze bardziej skomplikowany dobór parametrów, które mają uwzględnić takie elementy, jak predyspozycje odbiorcy, czyli stopień niepełnosprawności osób przebywających w danym obiekcie czy jego kompatybilność językową. Kryteria takie, jak wady słuchu, naturalne przytępienie słuchu spowodowane wiekiem, zdolności językowe – brane pod uwagę nie są. Dodatkowo, poprzez analogię do zmian w oznakowaniu ewakuacyjnym na „zrozumiałe dla obcokrajowców”, w polskich warunkach komunikaty w obiektach, takich jak np. centra handlowe, powinny być co najmniej trójjęzyczne: po polsku, angielsku i rosyjsku.

Co do skuteczności działania tych systemów – są one bardzo kosztowne, zarówno w instalacji, jak i konserwacji (często wymogi dotyczące klasy odporności ogniowej elementów systemu są wyższe niż budynku, np. w budynku o klasie E, który wykonany jest z materiałów nierozprzestrzeniających ognia), a ich użyteczność jest dyskusyjna. Wystarczający podczas prowadzenia ewakuacji wydaje się mikrofon strażaka, natomiast nagrywane komunikaty głosowe nie stanowią aż takiej wartości dodanej, jakiej oczekiwano by z racji zainwestowanych w taki system niebagatelnych środków.

1.7. Wentylacja pożarowa

Zgodnie z wymogami prawnymi klatki schodowe obudowane i zamykane drzwiami oraz wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu muszą być wykonane w budynkach:

1. Niskich (N), zawierających strefę pożarową ZL II.
2. Średniowysokich (SW), zawierających strefę pożarową ZL z wyłączeniem budynków mieszkalnych.
3. Niskich (N) i średniowysokich (SW), zawierających strefę pożarową PM o odporności obciążenia ogniowego powyżej 500 MJ/m² lub pomieszczenie zagrożone wybuchem.

Klatki schodowe i przedsionki przeciwpożarowe, stanowiące drogę ewakuacyjną w budynkach wysokich (W) dla stref pożarowych innych niż ZL IV i PM oraz w budynkach wysokościowych (WW) powinny być wyposażone w urządzenia zapobiegające ich zadymieniu.

Natomiast klatki schodowe i przedsionki przeciwpożarowe, stanowiące drogę ewakuacyjną w budynkach wysokich (W) dla strefy pożarowej PM powinny być wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub samoczynne urządzenia oddymiające uruchamiane za pomocą systemu wykrywania dymu.

W budynkach wysokich (W) i wysokościowych (WW) dopuszcza się wykonywanie klatek schodowych, stanowiących drogę ewakuacyjną wyłącznie dla stref pożarowych ZL IV, bez przedsionków oddzielających je od poziomych dróg komunikacji ogólnej, jeżeli:

1. Każde mieszkanie lub pomieszczenie jest oddzielone od poziomej drogi komunikacji ogólnej drzwiami o klasie odporności ogniowej co najmniej E I 30.
2. Klatki schodowe są zamykane drzwiami dymoszczelnymi.
3. Klatki schodowe są wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub w samoczynne urządzenia oddymiające uruchamiane za pomocą systemu wykrywania dymu.

W budynkach wysokich (W) i wysokościowych (WW), w strefach pożarowych innych niż ZL IV, należy zastosować rozwiązania techniczno-budowlane zabezpieczające przed zadymieniem poziomych dróg ewakuacyjnych.

W przypadku budynków wysokościowych (WW) i wysokich (W) ZL I, ZL II, ZL III i ZL V, które mają kondygnację użytkową na wysokości powyżej 25 m, przynajmniej jeden dźwig w każdej strefie pożarowej powinien być przystosowany do potrzeb ekip ratowniczych, a szyb dźwigu dla ekip ratowniczych powinien być wyposażony w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu.

Tabela 1. Zestawienie wymogów dotyczących napowietrzania i oddymienia

	ZL I	ZL II	ZL III	ZL IV	ZL V	PM
Niskie (N)	brak	O/N	brak	brak	brak	O/N
Średniowysokie (SW)	O/N	O/N	O/N	brak	O/N	O/N
Wysokie (W)	N**	N**	N**	brak/O*/N*	N**	O/N**
Wysokościowe (WW)	N**	N**	N**	O*/N	N**	N**

O – oddymianie, N – napowietrzanie,

* budynki wykonane bez przedsionków, jeżeli zastosujemy między innymi „O” lub „N”

** zabezpieczenie przed zadymieniem poziomych dróg ewakuacyjnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz. 1065 oraz z 2020 r., poz. 1608) z późn. zm.

Systemy zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu mają spełniać następujące zadania, które mają wpływ na bezpieczny przebieg ewakuacji:

1. **Oddymianie** – usuwanie dymu oraz trujących gazów z pomieszczeń w celu ułatwienia ewakuacji i usprawnienia przeprowadzenia akcji gaśniczej,
2. **Zapobieganie zadymieniu** – wytworzenie nadciśnienia (fizycznej bariery) na drodze ewakuacyjnej i zatrzymanie dymu w strefie objętej pożarem (utrzymanie dróg ewakuacyjnych wolnych od dymu),
3. **Napowietrzanie** – system zapobiegania zadymieniu przyspiesza usuwanie toksycznych produktów spalania poprzez napowietrzanie mechaniczne za pomocą wentylatora, co powoduje, że droga ewakuacji jest wolna od dymu.

Ponadto systemy oddymiania dają dodatkowe bonusy w postaci wydłużenia dróg ewakuacyjnych i powiększenia powierzchni stref pożarowych oraz, pod dodatkowymi warunkami, zmniejszenie klasy odporności pożarowej budynków.

Wymagania techniczne i wytyczne projektowe przywołane są w normie PN-EN 12101-6, w której wyróżnia się sześć klas systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, w zależności od grup obiektów:

- Klasa A – stosowany w budynkach, w których nie zakłada się ogólnej ewakuacji ludzi, poza ewakuacją osób zagrożonych bezpośrednio. System ten zakłada, że na klatce schodowej będą otwarte tylko jedne drzwi.
- Klasa B – stosowany dla szybów dźwigowych, przedsionków i klatek schodowych przeznaczonych do ewakuacji i na potrzeby ratowników. Zakłada on

stale otwarte wszystkie drzwi ze względu na jednoczesną ewakuację i trwającą akcję ratowniczą.

- Klasa C – system stosowany w obiektach, gdzie przewidziana jest jednoczesna ewakuacja wszystkich ludzi. Pozwala to na uzyskanie wolnej drogi ewakuacyjnej dla ekip ratowniczych. System zakłada jedno otwarte drzwi na kondygnacji objętej pożarem.
- Klasa D – stosowany w budynkach przeznaczonych do nocowania użytkowników: hotele, schroniska, internaty. Założeniem systemu jest ewakuacja w czasie dłuższym, niż oczekiwany, dla osób sprawnych fizycznie i czujnych. Należy wziąć pod uwagę fakt, że osoby przebywające w budynku mogą nie znać wewnętrznych układów komunikacyjnych i będą wymagały pomocy personelu. Będą otwarte tylko jedno drzwi.
- Klasa E – stosowany w budynkach, gdzie przewiduje się ewakuację stopniową, co oznacza, że drogi ewakuacyjne będą zajmowane przez dłuższy czas, a zatem wiąże się to z ryzykiem wydostania się dymu z kondygnacji objętej pożarem na klatki schodowe w wyniku rozwijającego się pożaru. Założeniem systemu jest jednoczesne otwarcie drzwi na kondygnacji objętej pożarem i innej kondygnacji ponad nią.
- Klasa F – systemy przeznaczone do wspomagania ekip ratowniczych i jednoczesnej ewakuacji poprzez zastosowanie urządzeń gaśniczych i odpowiednich środków ewakuacji.

Systemy wentylacji pożarowej są najistotniejsze bardzo ważne dla bezpiecznego przeprowadzenia ewakuacji. Usunięcie toksycznych produktów spalania to nie tylko poprawa przejrzystości powietrza, ale również wyeliminowanie gorących gazów pożarowych, stanowiących główne paliwo dla pożaru, ponieważ spalaniu ulega głównie palna faza lotna płonących przedmiotów i substancji. Ich usunięciem obniża się temperaturę w pomieszczeniach objętych pożarem. Należy również pamiętać o tym, że większość ofiar pożarów zmarła na skutek ekspozycji na działanie toksycznych produktów spalania, czego prawdopodobieństwo jest mniejsze przy działającej wentylacji pożarowej. Korzystając z wyników badań [Giebułtowiec, Rużycka, Wroczyński, Purser, Stec, 2017] przeprowadzonych na terenie województwa mazowieckiego w latach 2003–2011, za najbardziej prawdopodobną przyczynę śmierci w pożarach można uznać inhalację trującymi gazami, co doprowadziło do utraty przytomności, a następnie zgonu w około 70–80% zbadanych przypadków.

Najpoważniejszym problemem przy stosowaniu wentylacji pożarowej jest jej prawidłowe zaprojektowanie – tak, aby bezdyskusyjne zalety tego rozwiązania nie powodowały, poprzez nadmierne natlenienie środowiska pożaru, jego gwałtownego rozwoju. Również w przypadku, kiedy system wentylacji pożarowej nie jest sterowany automatycznie, decyzję o momencie jego uruchomienia powinny podejmować osoby przeszkolone w tym zakresie.

Odnosząc się do zacytowanej wyżej normy, można powiedzieć, że wprowadzenie aż sześciu klas instalacji było zbędną nadregulacją, utrudniającą zarówno proces projektowania, jak i wykonawstwa. Sprawdzone w praktyce systemy anglosaskie wprowadzają tylko dwie kategorie projektowe, w zależności od tego, do czego mają służyć. Pierwsza z nich, MOE (ang. *Means of Escape*), w której celem jest wytwarzanie

różnicy ciśnień, występuje ze względu na konieczność ewakuacji ludzi; druga, FF (ang. *Fire Fighting*) – dla potrzeb służb ratowniczych.

Jak widać, istnieje całkiem pokaźna liczba regulacji i znalezienie wszystkich elementów nie jest proste. A to nie wszystko. Kolejnym aspektem w tej układance będą osoby, na których spoczywa odpowiedzialność za sprawne i bezpieczne zorganizowanie i przeprowadzenie ewakuacji – i również tu pojawia się niemała liczba problemów, często wynikających z niezrozumienia zakresu odpowiedzialności za ewakuację, choć przepisy są w tym obszarze jasne i jednoznaczne. Jednak jak dowodzi praktyka – nie dla każdego.

2. OSOBY FUNKCYJNE NA WYPADEK ZDARZENIA I KIERUJĄCY DZIAŁANAMI RATOWNICZYM

Kierowanie strumieniem ludzi i koordynacja ewakuacji są najistotniejsze w przypadku pojawienia się zagrożenia. Przepisy nakładają obowiązek wyznaczenia osoby lub osób odpowiedzialnych za prawidłowy przebieg ewakuacji. Co istotne, jej organizacja nie spoczywa na straży pożarnej, tylko na właścicielu lub administratorze budynków. Do niego należy obowiązek wyznaczenia i przeszkolenia koordynatorów. Niestety zapisy w polskich rozporządzeniach nie są do końca precyzyjne i nie stawiają czytelnym wymagań. W poszczególnych aktach prawnych znajdują się dalej podane wymogi i zalecenia.

2.1. Regulacje prawne odnoszące się do zakresu obowiązków KDR i KAR

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 r. w kwestii szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. z 2017 r., poz. 1319) określa, które czynności ratownicze są priorytetowe. Należą do nich:

1. Przygotowanie dróg ewakuacji zagrożonych lub poszkodowanych osób oraz ratowników;
2. Wykonanie czynności umożliwiających dotarcie i wykonanie dostępu do zagrożonych lub poszkodowanych osób;
3. Udzielenie im tym osobom kwalifikowanej pierwszej pomocy i ewakuacja poza strefę zagrożenia.

Obowiązki kierującego polegają, przede wszystkim, na ustaleniu sposobów i metod poszukiwania zagrożonych i poszkodowanych osób lub zwierząt oraz zorganizowaniu ewakuacji dla nich poza strefę zagrożenia. Zatem najważniejsza jest ewakuacja, tożsama z uratowaniem zagrożonych ludzi.

Do obowiązków podstawowych KAR należy, m.in. rozpoznanie i ustalenie najbezpieczniejszych dróg odwrotu lub ewakuacji oraz utrzymywanie łączności i kontroli czasu przebywania strażaka w strefie zagrożenia, aby zapewnić bezpieczny odwrót lub ewakuację.

Po przeprowadzeniu ewakuacji ludzi z strefy zagrożonej, należy jak najszybciej zapewnić im nie tylko odpowiednie warunki bytowe, ale także opiekę medyczną, niej tym również pomoc psychologiczną.

Tyle stanowią przepisy dotyczące profesjonalnego prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. Problem w tym, że zdarzenie najczęściej ma miejsce zanim przyjedzie zawodowa lub ochotnicza straż pożarna. Wymienione wyżej przepisy stosuje się więc również do takich przypadków.

W sytuacjach zagrożenia życia lub zdrowia spowodowanych przez pożar lub miejscowe zagrożenie w obiekcie albo na jego terenie musi zostać powołana osoba decyzyjna. O ile pożar jest zjawiskiem zrozumiałym, to sztucznie wytworzone pojęcie innego miejscowego zagrożenia jest bardzo pojemne, gdyż zawiera się w nim wszystko,

co wymaga interwencji służb ratowniczych, zarówno związanych z KSRG, jak i służb, instytucji, straży i innych podmiotów, które posiadają w swoich szeregach osoby z niezbędną wiedzą oraz wyposażone w sprzęt lub narzędzia, konieczne do skutecznego podjęcia czynności zapobiegających negatywnym skutkom danego zdarzenia (i nie to pożar).

Stosowane w Polsce przepisy przeciwpożarowe nakazują przeprowadzanie praktycznego sprawdzenia organizacji oraz warunków ewakuacji z całego obiektu, a nie jego części, o czym decyzję (w przypadku realnego zdarzenia) podejmuje KAR. Przepisów regulujących tę kwestię należy szukać w miejscu zgoła niespodziewanym, a mianowicie w ustawie – Kodeks pracy (Dz.U. z 2020 r., poz. 1320). Na mocy art. 209¹ § 1 pkt 2 tej ustawy każdy pracodawca ma obowiązek wyznaczenia w swoim zakładzie pracy pracowników do udzielania pierwszej pomocy oraz do wykonywania działań w zakresie zwalczania pożarów i ewakuacji pracowników.

Przepisy Prawa pracy nie precyzują, czy może to być jedna osoba, czy też musi to być kilku różnych pracowników. Liczbę tę powinien ustalić pracodawca, uwzględniając wszelkie zagrożenia związane z prowadzoną działalnością, liczbę osób do ewakuacji, w tym klientów lub gości, a także uwzględnić, czy praca ma charakter zmianowy. Nie ma określonych zasad, w jaki sposób i na podstawie jakich kryteriów należy prawidłowo powołać wymaganą osobę funkcyjną – a to ona pełni pierwsze, a więc najistotniejsze funkcje dowódcze na wypadek zdarzenia, w tym kieruje ewakuacją ludzi.

Do zadań pierwszego KDR (jako osoby odpowiedzialnej również za planowanie, ponieważ w większości przypadków jest to osoba decyzyjna w poszczególnych organizacjach) powinno również należeć dokonanie analizy, jakie działania należy podjąć w przypadku, kiedy czas trwania akcji ratowniczej wyniesie powyżej jednej godziny.

W potocznym rozumieniu rola KAR i KDR traktowana jest tożsamo. Nie jest to jednak zgodne z definicjami zawartymi w przepisach. Pojęcie „akcji ratowniczej” określono w Ustawie o PSP jako działania ratownicze organizowane i kierowane przez Państwową Straż Pożarną, czyli funkcję KAR może pełnić tylko funkcjonariusz PSP. Definicja „kierującego działaniem ratowniczym” jest szersza, ponieważ zgodnie z poradami, jakie znajdują się na stronach Państwowej Straży Pożarnej i które niemalże w niezmienionej formie powielane są w instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego – „do czasu przybycia straży pożarnej kierowanie akcją obejmuje kierownik zakładu pracy, właściciel obiektu lub osoba najbardziej energiczna i opanowana”. Podobny zapis często funkcjonuje w dokumentach zabezpieczenia imprez masowych, gdzie funkcję pierwszego KDR pełni jej organizator. W przypadku, kiedy na miejscu zdarzenia pierwsze pojawiają się jednostki OSP, to KDR zostaje ich dowódca.

Taki podział zdecydowanie ułatwi zdefiniowanie źródeł potencjalnych problemów i zagrożeń płynących z błędnych decyzji podejmowanych przez KDR, który nie jest KAR.

2.2. Kwalifikacje i kompetencje KDR

Ponieważ, o ile poziom wykształcenia, doświadczenia i kompetencji zawodowych strażaków nie budzi żadnych wątpliwości, gdyż proces ich szkolenia jest długotrwały i bazujący na jasno sprecyzowanych zasadach, na podstawie procedur dotyczących pełnego spektrum dowodzenia, o tyle w pozostałych przypadkach nie ma takiej gwarancji. Teoretycznie rzecz biorąc, kwalifikacje dowódcy wywodzącego się ze struktur Ochotniczych Straży Pożarnych również nie powinny wzbudzać zastrzeżeń, o tyle

praktyka w tym obszarze nie zawsze i wszędzie pokrywa się z teorią. Całość kursu zgodnie z programem szkolenia kierujących działaniem ratowniczym dla członków ochotniczych straży pożarnych (dowódców OSP) trwa 36 h i obejmuje 33 h dydaktyczne (20 h teoria i 13 h praktyka). Kolejnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę jest fakt priorytetów szkoleniowych w ramach działalności dydaktycznej, prowadzonej przez ośrodki podległe PSP, które są jedynym miejscem, gdzie można uzyskać niezbędne kwalifikacje (Program szkolenia 2015).

Oczywistym jest, że zapotrzebowanie na wszelkiego typu kursy specjalistyczne czy zawodowe zgłaszane przez komendantów poszczególnych jednostek organizacyjnych PSP mają bezwzględny priorytet. Natomiast liczba ośrodków szkoleniowych, a także dostępność wysoko wykwalifikowanej kadry instruktorskiej jest ograniczona. Dlatego nie ma możliwości zagwarantowania pełnej liczby miejsc na kursach, zgodnej ze zgłoszonym zapotrzebowaniem

z jednostek OSP, dla wszystkich spełniających wymogi formalne osób, które mogłyby podjąć efektywne działania w obszarze dowodzenia akcją do czasu przyjazdu pierwszych jednostek PSP. Trzeba uwzględnić też fakt, że w jednostkach ochotniczych dyżury nie są pełnione całodobowo, a druhowie zajmują się również pracą zawodową w innych obszarach niż ochrona przeciwpożarowa. Zdarza się też często, że osoba pełniąca obowiązki dowódcy zastępu OSP nie posiada formalnego wykształcenia w tym obszarze, potwierdzonego zdaniem egzaminem i otrzymaniem świadectwa kwalifikacji.

Jeszcze gorzej wygląda sprawa z tzw. pierwszym KDR. Po pierwsze, nie ma żadnych wymogów dotyczących jego kwalifikacji w tym obszarze, ponieważ ani stanowisko kierownika zakładu, organizatora imprezy masowej, czy fakt posiadania nieruchomości nie nakłada na tę osobę obowiązku posiadania jakiejkolwiek wiedzy z zakresu organizacji ewakuacji poza absolutnie podstawową wiedzą wynikającą z lektury instrukcji bezpieczeństwa pożarowego dla danego obiektu. Dodatkowo istnieją takie przypadki, kiedy osoby, z racji pełnionego stanowiska lub stanu posiadania, powinny poczuć się odpowiedzialne za ewakuację, jednak rezygnują z tej funkcji, nie wyznaczając przy tym swojego następcy. Osoby na wysokich stanowiskach kierowniczych w dużych przedsiębiorstwach bardzo często znajdują się w podróży służbowych czy na spotkaniach biznesowych poza miejscami, którymi zarządzają.

Dlatego warto rozważyć pomysł, aby w każdym zakładzie przemysłowym, biurze lub innym obiekcie, w którym znajduje się liczna grupa stałych użytkowników, a szczególnie w miejscach, w których pojawiają się duże grupy osób przypadkowych, takich jak np. galerie handlowe, powinien istnieć formalny wymóg zatrudnienia osoby lub osób odpowiedzialnych za ewakuację na stałe i w liczbie gwarantującej obecność przez cały czas prowadzenia działalności. Rekomendacja ta wynika z faktu, że w przypadku pożaru bądź innego miejscowego zagrożenia, wymagającego rozpoczęcia ewakuacji, czas niezbędny na przybycie jednostek ratowniczych powinien być wykorzystany do maksimum, w celu opróżnienia obiektu z osób znajdujących się bezpośrednio w strefie zagrożenia. Paradoksalnie istotną rolę w tej sytuacji mają do odegrania osoby, wobec których nie są stawiane żadne formalne wymagania dotyczące zarządzania ewakuacją, znajomości podstaw psychologii tłumu oraz innych aspektów związanych z zarządzaniem zespołami w sytuacji zagrożenia. Oczekiwanie na wsparcie zawodowców jest śmiertelnie niebezpieczne, ponieważ ewakuacja osób z pomieszczeń silnie zadymionych jest bardzo trudna i po przybyciu jednostek ratowniczych dla części ludzi może być już za późno – ratownicy mogą nie zdążyć do nich dotrzeć, a w momencie,

w którym ogłoszono ewakuację, opuszczenie budynku przez te osoby odbyłoby się bez szczególnych komplikacji. Bardzo trudnym i wymagającym uwagi osób, które mają wpływ na kształt przepisów dotyczących ochrony przeciwpożarowej, ze szczególnym uwzględnieniem ewakuacji, powinno być określenie kwalifikacji i kompetencji osób zarządzających i nadzorujących ewakuacją do czasu przybycia służb. Ważne jest także opracowanie wytycznych, a może i systemu kar, dla osób, które z różnych przyczyn nie wykonują poleceń osób kierujących ewakuacją, a także celowo i świadomie nie biorą udziału w szkoleniach w tym zakresie.

Jak już wiadomo kto i jak powinien być przeszkolony, należy zastanowić się, gdzie mają znaleźć się osoby, które opuszczają zagrożony obszar. Również tu pojawia się kilka możliwości oraz potencjalnych pułapek o niebagatelnym wpływie na bezpieczeństwo i komfort osób ewakuowanych.

3. LOKALIZACJA PUNKTÓW ZBIÓRKI DO EWAKUACJI

Ewakuacja nie kończy się na opuszczeniu strefy zagrożonej. Osoby ewakuowane muszą w sposób zorganizowany znaleźć się w wyznaczonych punktach, w celu m.in. sprawdzenia, czy wszystkie osoby, które przebywały w miejscu zdarzenia, bezpiecznie opuściły obszar objęty pożarem lub innym miejscowym zagrożeniem.

Punkty zbiórki do ewakuacji wstępnie można podzielić na dwie grupy. Grupa pierwsza, czyli wyznaczone miejsce lub miejsca na zewnątrz budynku, druga – wewnątrz budynku, jeśli składa się on z kilku stref pożarowych.

O ile jednak przepisy są bardzo dokładne i podają szczegółowe wartości dotyczące długości dojeżdż, przejść, wielkości stref pożarowych, oznakowania dróg ewakuacyjnych, czy natężenia oświetlenia ewakuacyjnego, to problematykę punktów zbiórki lub szerzej – miejsc bezpiecznych – traktują bardzo ogólnikowo. To zagadnienie jest pozostawione do realizacji twórcom instrukcji bezpieczeństwa pożarowego (prawidłowo sporządzona powinna zawierać m.in. sposoby postępowania na wypadek powstania pożaru lub innego zagrożenia), ale w wytycznych, dotyczących ich zawartości, informacji dotyczących tego aspektu praktycznie nie ma. Temat miejsc bezpiecznych i punktów zbiórki pojawia się w przepisach tylko kilkukrotnie.

3.1. Regulacje prawne dotyczące dróg ewakuacyjnych

W definicji dotyczącej dróg ewakuacyjnych, zawartej w przepisach techniczno-budowlanych, w rozdziale 4. Drogi ewakuacyjne, § 236. Wymogi dotyczące dróg ewakuacyjnych, istnieje zapis: „Z pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi powinna być zapewniona możliwość ewakuacji w bezpieczne miejsce na zewnątrz budynku lub do sąsiedniej strefy pożarowej, bezpośrednio albo drogami komunikacji ogólnej, zwanymi dalej *drogami ewakuacyjnymi*”.

W rozdziale 4. Ewakuacja w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów znajduje się zapis: „[...] praktycznego sprawdzenia organizacji ewakuacji ludzi w *miejsce bezpieczne* oraz spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej”.

Aspektem często pomijanym w planach ewakuacyjnych zapisanych w instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego jest zagadnienie, co zrobić ze zgromadzonymi ludźmi w punktach ewakuacyjnych, jeśli działania ratownicze, ze względu na rozmiar zdarzenia, mogą potrwać kilka godzin, a nawet dni. Brak tu regulacji prawnych, zmuszających do zastanowienia się nad tym tematem.

Zgodnie z zapisami w wielu instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego, należy opuścić pomieszczenie, które znajduje się w strefie zagrożenia bezzwłocznie, nie zabierając nawet okryć wierzchnich. Z punktu widzenia sprawności ewakuacji zapis ten jest racjonalny i w czasie ćwiczeń ewakuacyjnych się sprawdza. Wynika to z faktu, że znakomita większość z nich jest prowadzona w miesiącach letnich i rzadko kiedy czas przebywania na zewnątrz przekracza pół godziny do 40 minut. Jednak w przypadku realnych zdarzeń ewakuacja może nastąpić w temperaturach ujemnych przy silnym

wietrze i opadach atmosferycznych. Służby ratownicze mogą dysponować autobusami, które mogą posłużyć jako miejsce tymczasowego schronienia, ale ich liczba może być daleko niewystarczająca w stosunku do potrzeb.

Określa się, że miejsca zbiórki mają być jedynie wolne od przeszkód, wpływających na bezpieczeństwo osób ewakuowanych z obiektu, tymczasem dobrze byłoby określić minimalną powierzchnię, np. wartość $m^2/osobę$, bo bez niej trudno jest oszacować dystans, gwarantujący względny komfort przebywania w danym miejscu, a także – co szczególnie ważne – w sytuacji zagrożenia epidemiologicznego (jaka występuje np. w czasie pandemii koronawirusa). Dzięki umieszczeniu takiej wartości w przepisach zdecydowanie łatwiej byłoby oszacować powierzchnię punktów zbiórki, a tym samym ich liczbę, uzależnioną od danego budynku lub obiektu.

Nowo dodanym zapisem, obowiązującym od 29 stycznia 2019 r. jest § 17a: „[...] co najmniej raz na 2 lata przeprowadzać praktyczne sprawdzenie organizacji ewakuacji ludzi w *miejsce bezpieczne*, na zewnątrz obiektu budowlanego lub do sąsiedniej strefy pożarowej [...]”

Jedyne, co wiadomo na pewno, to jakim znakiem i wykonanym zgodnie z jaką normą należy oznakować miejsce zbiórki do ewakuacji.

Dla porównania, w podejściu brytyjskim rekomenduje się przeprowadzenie analiz aspektów, mogących mieć wpływ na płynność ewakuacji, takich jak np. siła wiatru czy opady śniegu (w zależności od pory roku), co może np. wymusić konieczność wybudowania wiatrolapów zabezpieczających wyjścia ewakuacyjne przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Kolejnym elementem, który powinien zostać uwzględniony, są zmienne warunki pogodowe, wpływające na komfort osób ewakuowanych poza obiekt. Może to zostać spełnione przy użyciu koców termicznych, które powinny znajdować się tuż przy wyjściu w odpowiedniej liczbie.

Jest jeszcze kilka elementów, które wymagałyby dopracowania i doprecyzowania w przepisach określających zawartość instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, szczególnie odnośnie obiektów skomplikowanych architektonicznie i zbudowanych na podstawie warunków zmiennych i odstępstw. Zestaw ich zabezpieczeń przeciwpożarowych projektowano zwykle na podstawie zaawansowanych technik informatycznych, w szczególności dotyczących zagadnienia bezpiecznej ewakuacji. Zatem również do napisania zaleceń instrukcji bezpieczeństwa pożarowego powinny zostać użyte obliczenia lub metody symulacyjne. Dzięki nim można określić szereg istotnych parametrów ewakuacyjnych:

- kolejność ewakuacji i jej kierunki;
- przebieg optymalnych dróg, którymi poruszają się osoby ewakuowane do punktów zbiórek; bardzo często bowiem przebiegają one zdecydowanie inaczej niż te, które założono w instrukcjach bezpieczeństwa pożarowego; w wielu przypadkach lokalizacja punktów do ewakuacji nie uwzględnia faktu, że aby do niego dojść, osoby ewakuujące się kierują się drogami kolidującymi lub pokrywającymi się z drogami dojazdowymi dla służb ratowniczych – może bowiem okazać się, że ze względu na miejsce, w którym powstało zagrożenie, dojazd służb ratowniczych odbędzie się innymi drogami dojazdowymi, niż te określone jako drogi pożarowe;
- maksymalną moc pożaru w danym obiekcie, a na jej podstawie gęstość promieniowania cieplnego o wartościach szkodliwych dla człowieka; dzięki czemu można wyznaczyć bezpieczną odległość punktu zbiórki do ewakuacji od obiektu objętego pożarem.

Oznakowanie i lokalizacja punktów ewakuacyjnych nie uwzględnia również innego bardzo istotnego elementu, jakim jest zagrożenie terrorystyczne. Choć wydawać by się mogło, że jest to element mało istotny, to ze względu na zaangażowanie polityczne Polski, a zwłaszcza udział polskich żołnierzy w misjach międzynarodowych, może to się przyłożyć na możliwość takiego ataku. Warto również pamiętać, że w naszym kraju znajdują się firmy o kapitale amerykańskim, które również mogą stać się celem ataku zastępczego.

Podkreślenia wymaga fakt, że nie istnieją w Polsce procedury dotyczące zasad ewakuacji w przypadku tego typu zagrożeń, znacząco różnych od tych, które obowiązują w przypadku pożaru czy wybuchu.

3.2. Sporządzanie i opiniowanie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego

Należy wziąć również pod uwagę fakt, że w świetle aktualnie obowiązujących przepisów (Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej), czynności z zakresu ochrony przeciwpożarowej, do których należy opracowywanie i aktualizacja instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, mogą wykonywać tylko osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje.

Tak więc, instrukcję bezpieczeństwa pożarowego mogą opracowywać osoby, które posiadają:

- tytuł inżyniera bezpieczeństwa pożarowego lub tytuł zawodowy inżyniera pożarnictwa;
- tytuł specjalisty ochrony przeciwpożarowej i wyższe wykształcenie;
- uzyskały uznanie kwalifikacji do wykonywania zawodu inżynier pożarnictwa;
- tytuł zawodowy technika pożarnictwa;
- tytuł inspektora ochrony ppoż. i co najmniej wykształcenie średnie;
- uzyskały uznanie kwalifikacji do wykonywania zawodu technik pożarnictwa.

Podstawową różnicą pomiędzy inspektorem a specjalistą jest ograniczenie zakresu uprawnień tego pierwszego tylko do wykonywania czynności związanych z ochroną przeciwpożarową w odniesieniu do obowiązków nałożonych na właściciela budynku, terenu lub obiektu, do których należą:

1. Przestrzeganie przeciwpożarowych wymagań techniczno-budowlanych, instalacyjnych i technologicznych;
2. Wyposażenie budynku, obiektu budowlanego lub terenu w wymagane urządzenia przeciwpożarowe i gaśnice;
3. Zapewnienie konserwacji oraz naprawy urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, w sposób gwarantujący ich sprawne i niezawodne funkcjonowanie;
4. Zapewnienie osobom przebywającym w budynku, obiekcie budowlanym lub na terenie, bezpieczeństwa i możliwości ewakuacji;
5. Przygotowanie budynku, obiektu budowlanego lub terenu do prowadzenia akcji ratowniczej;
6. Zapoznanie pracowników z przepisami przeciwpożarowymi;
7. Ustalenie sposobów postępowania na wypadek powstania pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia.

Specjalista zaś posiada kwalifikacje rozszerzone o możliwość podejmowania działań, związanych z innymi obszarami ochrony przeciwpożarowej. Może zajmować się jej organizacją na terenie powiatu, gminy i województwa.

Szkolenie inspektorów ochrony przeciwpożarowej trwa 86 godzin, w tym sprawy organizacyjne szkolenia – 2 godziny, zajęcia dydaktyczne – 77 godzin, zajęcia praktyczne w wybranym zakładzie pracy – 6 godzin, a egzamin – 1 godzina. Dodatkowo, samokształcenie kierowane ma trwać 14 dni. To, czy zrównanie uprawnień osób posiadających gruntowne wykształcenie pożarnicze zdobyte w szkołach aspirantów czy Szkole Głównej Służby Pożarniczej z osobami po maturze i ukończonym kursem inspektorów w zakresie opracowywania dokumentów o takiej randze, jak instrukcja bezpieczeństwa pożarowego dla np. zakładów dużego ryzyka daje gwarancję przygotowania IBP o tej samej wartości merytorycznej, pozostawia się do oceny.

Oczywiście nikt, traktujący poważnie kwestie ochrony przeciwpożarowej, nie powierzy osobom z maturą i kursem kompleksowej obsługi w tym zakresie w obiektach, w których zagrożenie pożarem lub wybuchem jest znaczne, albo gdy obiekt jest skomplikowany i wymaga szeroko rozumianej wiedzy inżynierskiej, niemniej jednak zgodnie z literą prawa taką możliwość ma. Jeżeli zadecydują o tym kwestie finansowe oraz traktowanie zagrożeń zgodnie z podejściem „pożar czy wybuch mnie nie dotyczy – nigdy się to przecież do tej pory nie zdarzyło”, to inspektor może być jedynym partnerem w zakładzie pracy dla funkcjonariuszy wydziałów kontrolno-rozpoznawczych, czy w przypadku realnego zdarzenia, pierwszym kierującym działaniami ratowniczymi. Co ciekawe, uprawnienia do opiniowania Instrukcji bezpieczeństwa mają absolwenci studiów z zakresu bhp, ale nie mają takowych do ich sporządzania.

4. RÓŻNE ZASADY EWAKUACJI, W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU ZAGROŻENIA

Jak już wcześniej zasygnalizowano, nie ma jednego schematu prowadzenia ewakuacji. Wszystko zależy od tego, z jakim zagrożeniem mamy do czynienia oraz jakie są przewidywane scenariusze dalszego pogorszenia sytuacji i eskalacji negatywnych oddziaływań w sytuacji kryzysowej, w jakiej znajdują się użytkownicy danego obiektu.

W Polsce przyjęło się traktować wszystkie alarmy ewakuacyjne w sposób ujednolicony i bardzo rzadko w scenariuszach ewakuacyjnych pojawiają się inne zagrożenia niż pożar. Najczęściej, w przypadkach zakładów dużego i zwiększonego ryzyka, wynika to z wymogów ewakuacyjnych zapisanych w wewnętrznym lub zewnętrznym planie ratowniczym. W części obiektów użyteczności publicznej oraz bardzo dużych firm z kapitałem amerykańskim można znaleźć dodatkowe instrukcje, dotyczące zachowania w przypadku ataku terrorystycznego (niezidentyfikowana przesyłka, telefon z informacją o podłożeniu ładunku wybuchowego, niezmiennie rzadko o zagrożeniu ze strony tzw. aktywnego strzelca). Są to jednak tylko zestawy kilku wytycznych, a nie formalne dokumenty, gdzie opisuje się scenariusze, na podstawie których można przeprowadzić ćwiczenia we współpracy z PSP czy Policją.

Powstanie takich zapisów i procedur powinno być obligatoryjne w przypadku obiektów infrastruktury krytycznej oraz tych, co do których istnieje prawdopodobieństwo, że staną się celem ataku, ze względu na ich funkcje lub możliwość osiągnięcia głównego celu terrorystów, jakim jest wywołanie paniki na szeroką skalę. Wzór takich instrukcji powinien zostać opracowany przez grupę ekspertów z różnych branż (policja, służby specjalne, straż pożarna czy wojsko), z uwzględnieniem udziału psychologów, zajmujących się problematyką terroryzmu. Ewakuację definiuje się jako zespół działań, których celem jest opuszczenie obiektu (lub jego części) w sposób przemyślany i zorganizowany w jak najkrótszym czasie przez wszystkie przebywające w nim osoby, jeżeli w wyniku zdarzenia (pożar, katastrofa budowlana, obecnie również atak terrorystyczny) może wystąpić zagrożenie dla ich życia i zdrowia.

4.1. Precyzja przekazu informacji o zagrożeniach – komunikat wstępny

W szpitalach w Stanach Zjednoczonych przyjęto aż 15 rodzajów kodów alarmowych, które mają zastosowanie dla pełnego spektrum sytuacji nadzwyczajnych na terenie obiektu, gdzie personel ma wykonywać zadania pozarutynowe lub zadania te przejmują zespoły interwencyjne. Wśród tych kodów występuje sześć z przypisanym kolorem, które uzależnione są od rodzaju zagrożenia:

Zielony – natychmiastowa ewakuacji wskazanego obszaru do punktów zbiórki. Kod może być używany w połączeniu z innymi kodami. Należy przenieść pacjentów do sąsiednich stref pożarowych na tym samym piętrze lub innych, określonych w instrukcji punktów ewakuacyjnych. Pracownicy biurowi muszą się ewakuować zgodnie z instrukcją.

Żółty – zagrożenie bombowe. Należy wstrzymać wszystkie czynności, które nie mają związku z ratowaniem bezpośrednio życia i zdrowia oraz wrócić do swojego stanowiska pracy, aby przeszukać najbliższe jego otoczenie pod kątem wszelkich zmian

oraz obecności przedmiotów, które pojawiły się w przeciągu ostatnich 2–3 godzin, a których właściciela nie można zidentyfikować. Rozmiar podejrzanych przedmiotów nie ma znaczenia, istotny jest fakt, że nie można określić, czyj on jest lub znajduje się w niestandardowym miejscu. Nie należy dotykać podejrzanego przedmiotu, trzeba zadzwonić na numer alarmowy. Dział HR ma podjąć działania, w celu określenia, czy ktokolwiek spośród personelu, w tym zwolnionego w ostatnim czasie, mógłby podjąć próbę zakłócenia działalności organizacji, natomiast recepcja szpitala – takie same ustalenia w przypadku pacjentów i ich członków rodzin. Wszelkie wątpliwości należy zgłaszać na numer alarmowy. Zespół ds. bezpieczeństwa (ochrona) ma za zadanie przeszukanie wszystkich obszarów ogólnodostępnych (np. parkingi, hole, poczekalnie, toalety publiczne, bufet) oraz punktów ewakuacyjnych.

Czerwony – alarm pożarowy, pojawienie się dymu lub płomieni. Ten kod może być używany w połączeniu z kodem zielonym i ogłaszany jest dla danej strefy pożarowej.

Do zadań personelu należy ocena, jak daleko znajduje się od strefy zagrożonej oraz podjęcie działań, zapobiegających rozprzestrzenianiu się pożaru, bazując na akronimie RACE:

- R – *rescue*, udzielić pomocy osobom znajdującym się w strefie zagrożonej.
- A – *alarm*, użyć ręcznego ostrzegacza pożarowego, aby potwierdzić zagrożenie i doprecyzować strefę pożarową.
- C – *confine*, zamknąć wszystkie drzwi i okna.
- E – *extinguish*, podjąć gaszenie przy użyciu podręcznego sprzętu gaśniczego w przypadku pożarów w zarodku.

W razie potrzeby należy przygotować się do ewakuacji z zagrożonego obszaru. Pracownicy biurowi opuszczają miejsca pracy, zamykając wszystkie drzwi, pozostają na korytarzu i czekają dalsze instrukcje lub odwołanie alarmu. Nie należy używać wind.

Inne instrukcje są poszerzone o elementy związane z nieużywaniem radia, pagera ani telefonów komórkowych, ponieważ mogą one uruchomić urządzenie wybuchowe.

Srebrny – informacja o osobie uzbrojonej lub posiadającej zakładnika. Należy ewakuować najbliższe otoczenie, jeśli jest to bezpieczne. Personel ma pozamykać i zablokować drzwi do sąsiednich obszarów na tym samym piętrze. Sąsiednie obszary na tym samym poziomie mogą służyć jako miejsca bezpieczne. Należy wstrzymać ruch w korytarzu na tym samym piętrze, wezwać ochronę obiektu, specjalistę z zakresu psychiatrii lub psychologii i policję, aby odzyskać kontrolę nad sytuacją.

Pomarańczowy – zagrożenie chemiczne, biologiczne, radioaktywne lub wymagające odkażenia wielu pacjentów. Obejmować może potencjalnie niebezpieczny wyciek lub uwolnienie substancji na terenie obiektu lub w jego bezpośrednim otoczeniu. Personel nie powinien zbliżać się do źródła zagrożenia. Jeśli zdarzenie wystąpiło na zewnątrz budynku (wypadek drogowy lub katastrofa kolejowa z uwolnieniem niebezpiecznych substancji), to należy zamknąć wszystkie okna i drzwi oraz wyłączyć systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne (oraz, w miarę możliwości, uszczelnić otwory wlotowe). Nie należy opuszczać budynku. W przypadku incydentu związanego z koniecznością odkażania wielu pacjentów, koordynator ds. ratownictwa powołuje niezbędny zespół, w celu jak najszybszego przeprowadzenia dekontaminacji.

Czarny – ostrzeżenie pogodowe (spodziewane nadejście silnych wiatrów przekraczających 120 km/h w czasie do 10 minut – np. tornada). Należy ograniczyć przebywanie osób przed budynkiem, a także trzymać się z dala od dużych, przeszklonych okien

(np. stołówka i hole). Zamknąć rolety i zasłony w pokoju, aby zminimalizować skutki odłamkowania szkła. Zamknąć wszystkie drzwi, dopóki alarm nie zostanie odwołany.

Jak przedstawiono na powyższym przykładzie, każdy z tych alarmów wymaga innych zachowań, procedur oraz postępowania i nie da się ich ująć w jeden schemat. A jest to tylko typowy szpital, bez żadnych dodatkowych zagrożeń istniejących dla innych budynków, zaliczanych również do infrastruktury krytycznej.

Przytoczona instrukcja, pochodząca z amerykańskiego szpitala Margaretville (Westchester Medical Center 2016) stanowi tylko ogólne wytyczne, dotyczące postępowania w przypadku wystąpienia danego typu zagrożenia. Procedury szczegółowe są zdecydowanie bardziej rozbudowane. Materiałem wyjściowym do opracowania takiego dokumentu na potrzeby konkretnego obiektu może być opublikowana przez amerykański Departament Bezpieczeństwa Wewnętrznego instrukcja *Active shooter – how to respond* („Aktywny strzelec – jak reagować”).

4.2. Problematyka związana z obecnością aktywnego strzelca

Aktywny strzelec to określenie osoby, której celem jest zabicie jak największej liczby osób znajdujących się na ograniczonym, wybranym przez niego obszarze. W większości przypadków aktywni strzelcy używają broni palnej i nie da się określić jakiegokolwiek schematu ich działania ani ogólnej metody doboru ofiar.

W przypadku aktywnych strzelców sytuacja zmienia się dynamicznie w sposób nieprzewidywalny. Z reguły konieczne jest natychmiastowe wejście do akcji jednostek interwencyjnych organów ścigania, aby zneutralizować napastnika lub napastników i udzielić pomocy poszkodowanym.

Z praktyki amerykańskiej (U.S. Department of Homeland Security 2008) wynika, że zdarzenia związane z udziałem aktywnych strzelców często kończą się w ciągu 10 do 15 minut, czyli przed przybyciem odpowiednich służb. W związku z tym osoby znajdujące się w obszarach potencjalnie zagrożonych tego typu atakiem muszą być przygotowane zarówno psychicznie, jak i fizycznie, do radzenia sobie w takiej sytuacji. Na podstawie analiz przeprowadzonych na zlecenie Departamentu Bezpieczeństwa Wewnętrznego, powstała lista tzw. dobrych praktyk, czyli zachowań zwiększających szanse przeżycia w przypadku takiego zagrożenia. Zawiera ona kilka zasad postępowania, zarówno przez samym zdarzeniem, jak i podczas jego trwania:

- Ważna jest dobra znajomość struktury obiektu, w którym pracujemy lub często przebywamy – prawdopodobieństwo pojawienia się w nim uzbrojonego agresora jest realne ze względu na jego przeznaczenie i liczbę potencjalnych dostępnych celów.
- Należy zlokalizować i zapamiętać dwa najbliższe wyjścia z każdego odwiedzanego obiektu.
- Kiedy słyszysz strzały i jesteś w biurze, zostań tam i zabezpiecz drzwi.
- Jeśli jesteś wtedy na korytarzu, wejdź do pokoju i zabezpiecz drzwi.
- W przypadku konfrontacji z napastnikiem i bezpośredniego zagrożenia życia, w ostateczności spróbuj go unieszkodliwić. Gdy strzelec znajduje się w bliskiej odległości i nie możesz uciec, Twoja szansa na przeżycie jest znacznie większa, jeśli spróbujesz go obezwładnić.
- Zadzwoń na numer alarmowy, tylko wtedy, kiedy jest to bezpieczne.

- Inny zestaw porad obejmuje sytuację, kiedy aktywny strzelec nie znajduje się w najbliższym otoczeniu. W takim przypadku zalecane jest znalezienie bezpiecznego ukrycia lub ewakuacji drogą dającą największe szanse opuszczenia zagrożonego terenu. Jeżeli jesteś pracownikiem jakiejś firmy, musisz uwzględnić fakt, że w ślad za Tobą najprawdopodobniej podążą inne osoby, które znajdują się w danym obiekcie, np. klienci.

Zasady ewakuacji obejmują następujące elementy:

- Jeśli istnieje dostępna droga ewakuacyjna, spróbuj się nią wydostać.
- Zaplanuj poszczególne etapy ucieczki.
- Ewakuuj się niezależnie od decyzji innych osób.
- Zostaw swoje rzeczy osobiste.
- Jeśli to możliwe, udziel pomocy innym osobom.
- Zapobiegij wejściu innych osób w pole ostrzału.
- W celu ułatwienia identyfikacji Twojego statusu, należy trzymać ręce tak, aby były widoczne.
- Należy bezwzględnie wykonywać wszystkie polecenia funkcjonariuszy policji lub innych służb zaangażowanych w działania operacyjne.
- Nie próbuj przenosić rannych.

Jeśli ewakuacja nie jest możliwa, należy znaleźć takie miejsce do ukrycia się, w którym prawdopodobieństwo odkrycia przez napastnika jest jak najmniejsze.

Takie miejsce powinno posiadać następujące cechy:

- Być poza widokiem aktywnego strzelca.
- Zapewniać ochronę w postaci przeszkody, która ma zdolność zatrzymania wystrzelonych pocisków, a jednocześnie nie ogranicza możliwości ruchu.

Aby uniemożliwić aktywnemu strzelcowi wejście do Twojej kryjówki należy zamknąć drzwi i zablokować je ciężkimi meblami lub elementami wyposażenia.

Kiedy napastnik znajduje się w pobliżu należy:

- Wyciszyć telefon komórkowy i inne urządzenia elektroniczne.
- Wyłączyć wszelkie źródła hałasu (np. radio, telewizor).
- Schować się za dużymi przedmiotami (np. szafy, biurka).
- Zachować ciszę.

Natomiast jeśli ewakuacja i ukrycie się nie będą możliwe.

- Zachować spokój.
- Zadzwoń pod numer alarmowy, jeśli to możliwe, aby powiadomić policję o lokalizacji aktywnego strzelca.
- Jeśli przekazanie informacji głosowej zwiększa zagrożenie, nie rozłączać się, pozostać na linii, co pozwoli dyspozytorowi ocenić sytuację.

W przypadku bezpośredniego zagrożenia życia należy podjąć działania przeciwko aktywnemu strzelcowi, tj. obezwładnić go lub ograniczyć jego skuteczność, poprzez jak najbardziej agresywną postawę, w tym rzucanie przedmiotami i użycie improwizowanej broni, krzyk i pełne zaangażowanie w samoobronę.

Jeśli obiekt zostanie zakwalifikowany do grupy wysokiego ryzyka, pojawienie się tego typu zagrożenia należy uwzględnić w instrukcji postępowania w sytuacjach kryzysowych (EAP – *Emergency Action Plan*) oraz, na podstawie jej zapisów, opracować

scenariusze szkoleniowe dla pracowników, aby skutecznie reagować i pomagać minimalizować liczbę ofiar śmiertelnych. Plan działań na wypadek zagrożenia powinien zostać opracowany we współpracy z działami HR, działami szkoleń operacyjnych (jeśli są w organizacji), właścicielami lub administratorami obiektów, Policją oraz innymi miejscowymi służbami ratowniczymi.

W większości obszarów, EAP jest niemalże tożsamy ze stosowanymi w Polsce instrukcjami bezpieczeństwa pożarowego. Podstawowymi różnicami są informacje dotyczące kontaktu ze służbami medycznymi, tzn. w wersji amerykańskiej podaje się numery kontaktowe do najbliższych szpitali oraz lokalnej policji, co w Polsce rozwiązane jest zdecydowanie prościej, poprzez CPR.

W ocenie Departamentu Bezpieczeństwa Wewnętrznego najskuteczniejszym sposobem prowadzenia szkoleń dla personelu jest przeprowadzenie symulacji, poprzez realistyczne scenariusze zdarzeń, opracowane z pomocą lokalnych jednostek policji lub służb antyterrorystycznych. Zakres szkolenia powinien obejmować:

- Rozpoznawanie odgłosów wystrzałów.
- Szybkie reagowanie, gdy jest się świadkiem strzelaniny lub gdy słychać strzały, w tym: zasady ewakuacji lub ukrycia się, a także walki wręcz z napastnikiem w przypadku bezpośredniego zagrożenia życia, prawidłowe powiadamianie służb ratowniczych.
- Zasady postępowania po przybyciu jednostek antyterrorystycznych.
- Szkolenie psychologiczne nastawione na przetrwanie w sytuacjach kryzysowych.

Co ciekawe, za elementy prewencji uznawane są promowanie wysokiej kultury organizacji, zapobiegającej konfliktom między pracownikami oraz natychmiastowe reagowanie na wszelkie naruszenia norm społecznych, takie jak mobbing i inne nieakceptowalne zachowania. Główny nacisk kładziony jest na aktywność Działu Personalnego, która ma zapobiegać sytuacjom, gdzie w wyniku narastających problemów wewnątrz firmy, może pojawić się aktywny strzelec, który jest obecnym lub byłym pracownikiem. Obszarami, które należy monitorować ze szczególną uwagą są następujące zachowania osób zatrudnionych:

- nadużywanie alkoholu lub używanie narkotyków,
- niewyjaśniony wzrost absencji,
- wzmożenie dolegliwości fizycznych,
- zauważalne zmniejszenie dbałości o wygląd i higienę,
- objawy depresji lub wycofanie się,
- opór i przesadna reakcja na zmiany zasad i procedur,
- powtarzające się naruszenia zasad firmy,
- silne wahania nastroju,
- niestabilne reakcje emocjonalne,
- niesprowokowane wybuchy złości lub wściekłości,
- myśli samobójcze, komentarze na temat „zrobienia porządku”,
- zachowania paranoiczne („wszyscy są przeciwko mnie”),
- coraz częstsze opowiadanie o problemach domowych,
- „przenoszenie” problemów domowych do miejsca pracy,
- mówienie o poważnych problemach finansowych,

- relacje o innych przypadkach używania przemocy i empatia wobec osób, które się jej dopuściły,
- znaczny wzrost liczby wypowiedzi na temat broni palnej, innych niebezpiecznych narzędzi i brutalnych przestępstw.

Aby ułatwić skuteczne planowanie przyszłych sytuacji awaryjnych, ważne jest przeanalizowanie przypadków, w których doszło do ataku aktywnego strzelca w obiektach o podobnym przeznaczeniu i sporządzenie dokumentu, na podstawie ich analizy. Dzięki temu, na potrzeby własnej organizacji można wykorzystać wnioski płynące z takich zdarzeń, z uwzględnieniem podjętych podczas nich działań oraz reakcji, oceny porażek i sukcesów, jakie tam wystąpiły. Ułatwi to przeprowadzenie weryfikacji wewnętrznego planu zarządzania w sytuacjach kryzysowych. Stałe monitorowanie informacji o takich zdarzeniach oraz udoskonalanie własnych procedur i zasad postępowania zwiększa szanse na przeżycie większej liczby osób w przypadku wystąpienia takiego ataku na daną organizację. I tu pojawia się podstawowa różnica w podejściu do tego typu instrukcji w Polsce. Zmiany wymuszane są poprzez czasookresy weryfikacji dokumentów lub istotnych zmian w strukturze obiektu. W związku z tym dokument nie odstaje, przynajmniej formalnie, od otaczającej rzeczywistości.

5. EWAKUACJA OSÓB Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIAMI

Nie wszystkich jednak da się ewakuować bez używania specjalistycznego sprzętu. Aspekty ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, lub szerzej o ograniczonej mobilności, są dość dogłębnie przeanalizowane i opracowane w krajach anglosaskich, natomiast my, jako społeczeństwo, jesteśmy dopiero na początku tej drogi. Spełnienie minimalnych wymogów z tego obszaru nie jest rzeczą ani prostą, ani taną, zarówno ze względu na konieczność dostosowania samych budynków do potrzeb osób ludzi z niepełnosprawnościami, jak i przez konieczność utworzenia skutecznego systemu ewakuacji.

Skalę problemu pokazuje statystyka Światowej Organizacji Zdrowia, według której powyżej miliard osób z 7,8 miliarda żyjących na Ziemi (około 15% całej populacji) w wyniku fizycznych, psychicznych lub sensorycznych dysfunkcji jest uznawanych za osoby z niepełnosprawnościami (WHO 2020).

W Polsce formalnie orzeczono różny stopień niepełnosprawności wobec ponad trzech milionów osób, jednak z informacji przedstawionych na polskich stronach rządowych wynika, że w rzeczywistości liczba osób z niepełnosprawnością może być ponad dwukrotnie większa i sięgać nawet siedmiu milionów osób. Niestety, liczby te nie przekładają się w pełni na system prawny, dotyczący tego problemu. Zagadnienie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, o ograniczonej zdolności poruszania się, które nie są formalnie zakwalifikowane jako osoby z dysfunkcją narządów ruchu (np. osoby w podeszłym wieku, z otyłością II i III stopnia), czy z tymczasową ograniczoną zdolnością poruszania się (pacjenci oddziałów pooperacyjnych, OIOM lub ze złamaniami lub zwichnięciami kończyn dolnych) jest traktowana pobieżnie. Mimo nominalnego wyodrębnienia takich budynków jako odrębnej kategorii zagrożenia życia ludzi ZL II, niewielka ich część jest dostosowana pod względem infrastrukturalnym, a także organizacyjnym, do przeprowadzenia sprawnego i bezpiecznego opuszczenia obiektu.

5.1. Wyzwania związane z ewakuacją osób o ograniczonej mobilności

Biorąc pod uwagę fakt, że Polska nie odbiega znacząco od światowej średniej statystycznej, jeżeli chodzi o liczbę osób z niepełnosprawnościami, jak również to, że istnieją przypadki nieuwzględniane w niej, a odnotowane przez czynniki rządowe – to kwestia ograniczonych możliwości samoeвакуacji dotyczyć może nawet 1/5 obywateli Polski. Dlatego w celu ułatwienia, a niekiedy umożliwienia przeprowadzenia sprawnego ewakuacji osób, z różnych względów z ograniczoną mobilnością, należy dostosować budynki do ich wymagań poprzez:

- odpowiednie wyznaczenie lub adaptację istniejących dośró i przejść ewakuacyjnych;
- lokalizację stanowisk pracy osób z niepełnosprawnością jak najbliżej wyjścia ewakuacyjnego, najlepiej na parterze budynku, oraz organizację stanowisk pracy w taki sposób, aby nie musiały się one przemieszczać po kilku poziomach.

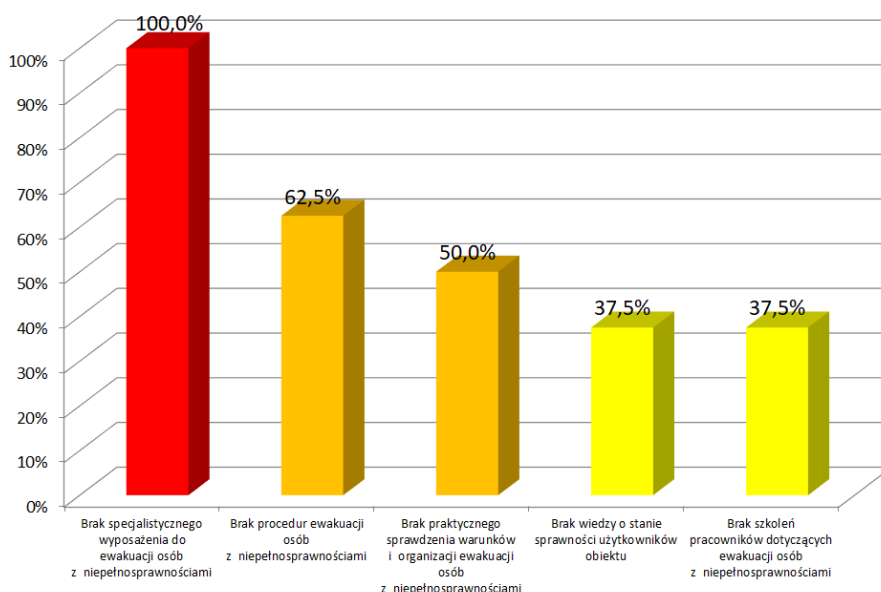
Przyjęcie takiego rozwiązania umożliwi wyeliminowanie konieczności korzystania przez te osoby z wind lub platform, wymagających zasilania elektrycznego, co znacząco uprości procedury ewakuacyjne poprzez wyeliminowanie podłączenia takich urządzeń do zasilania awaryjnego oraz wykonania szybów windowych jako przestrzeni wydzielonych pożarowo.

5.2. Alarmowanie osób z niepełnosprawnościami

Nie tylko infrastruktura wymaga analizy pod kątem możliwości szybkiego opuszczenia budynku przez osoby o ograniczonych zdolnościach samodzielnego przemieszczania się, ale również organizacja procesu ewakuacji, metody alarmowania oraz zapewnienie niezbędnych narzędzi czy zasobów wymaganych do tego celu. Niestety, obszar ten również w bardzo wielu przypadkach nie jest adekwatny do potrzeb. Kontrola tematyczna, przeprowadzona przez delegaturę poznańską Najwyższej Izby Kontroli w 2018 r., w ośmiu obiektach o kategorii zagrożenia ludzi ZL II (z czego trzy są placówkami przeznaczonymi na stały pobyt dzieci z różnego rodzaju niepełnosprawnościami) wykazała we wszystkich obiektach nieprawidłowości funkcjonowania systemów o różnym stopniu istotności.

Przepisy nie regulują precyzyjnie, w jaki sposób należy przygotować ewakuację osób z niepełnosprawnościami. W opinii Najwyższej Izby Kontroli (Raport NIK 2018), jest to główną przyczyną niedostosowania zasad postępowania i sposobów ewakuacji tych osób w procedurach postępowania na wypadek zagrożenia. Procedury ewakuacji dostosowane do zróżnicowanych potrzeb osób z niepełnosprawnościami zostały opracowane tylko w trzech z ośmiu skontrolowanych obiektów. Zarządzający dwoma obiektami określili natomiast sposoby postępowania w sytuacji zagrożenia, uwzględniając tylko niektóre rodzaje niepełnosprawności. W pięciu obiektach ujęto, adekwatne do potrzeb znajdujących się w budynkach osób, metody alarmowania i powiadamiania o zagrożeniu, opracowano techniki bezpiecznej ewakuacji oraz wyznaczono osoby odpowiedzialne za te czynności.

Raport wskazał pięć krytycznych obszarów, związanych z bezpieczną ewakuacją osób z niepełnosprawnościami. Wyniki analiz przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Wyniki kontroli NIK w zakresie przygotowania obiektu na ewakuację osób z niepełnosprawnościami

Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu NIK o dostępności architektonicznej (2018).

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że żadna ze skontrolowanych jednostek nie była wyposażona w specjalistyczny sprzęt przeznaczony do ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, a zainstalowane w obiektach systemy nie były dostosowane do potrzeb osób z poszczególnymi rodzajami dysfunkcji. W części skontrolowanych jednostek zakładano, że w trakcie ewakuacji personel będzie korzystał z wyposażenia obiektu, ułatwiającego na co dzień poruszanie się osób o ograniczonej sprawności (np. wózki).

Należy podkreślić, że kontrola z zakresu ochrony przeciwpożarowej obejmowała tylko i wyłącznie budynki z kategorii zagrożenia ludzi ZL II, z definicji przeznaczone przede wszystkim do użytkowania przez ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się. A problematyka ta dotyczy wszystkich kategorii ZL.

Do rozwiązań technicznych ułatwiających sprawną ewakuację osób z dysfunkcjami narządów ruchu lub znajdujących się w stanie uniemożliwiającym samodzielne przemieszczanie się należą m.in. specjalne wózki umożliwiające zwiezenie takiej osoby po schodach przez jednego ratownika albo materace ewakuacyjne (obsługa 1–4 osób). Taki sprzęt najlepiej jest umieszczać przy wejściu do każdej klatki schodowej na każdym poziomie z wyłączeniem parteru, choć nie tylko. W niektórych hotelach lub firmach lokalizacja zalecana jest nie przy wyjściu a przy pomieszczeniu, gdzie przebywa osoba z niepełnosprawnością. Jego obsługa powinna być powierzona pracownikom wyznaczonym do zwalczania pożarów i ewakuacji. Nazwiska i forma kontaktu z tymi osobami powinny być udostępnione wszystkim pracownikom.

5.3. Systemowe rozwiązania amerykańskie

W USA podstawowym dokumentem referencyjnym ułatwiającym dostosowanie budynku do potrzeb ewakuacji osób z niepełnosprawnościami oraz przygotowanie schematów ewakuacyjnych jest Przewodnik planowania ewakuacji w nagłych wypadkach dla osób z niepełnosprawnościami (NFPA 2016). Oprócz dostarczenia informacji o pięciu ogólnych kategoriach niepełnosprawności (upośledzenie ruchowe, wzroku, słuchu, mowy i funkcji poznawczych), Przewodnik określa cztery obszary niezbędne do prawidłowego przeprowadzenia ewakuacji: alarmowanie, oznakowanie dróg ewakuacyjnych, samo-ewakuacja i ewakuacja ze wsparciem. Uwzględniono także listę kontrolną planowania ewakuacji, przeznaczoną dla indywidualnych potrzeb, z której mogą skorzystać właściciele lub zarządcy budynków oraz osoby z niepełnosprawnościami, aby opracować najbardziej efektywny plan ewakuacji.

Osobista lista kontrolna planowania ewakuacji zawiera szczegółowe dane dotyczące osoby z niepełnosprawnością (nie tylko imię i nazwisko, ale i dane kontaktowe, dokładną lokalizację z podaniem poziomu, gdzie osoba ta najczęściej przebywa, czy posiada zwierzę terapeutyczne itd.). Część pierwsza dotyczy sposobów powiadamiania o zagrożeniach (lista obejmuje pożar, trzęsienie ziemi, powódź, burzę, atak terrorystyczny oraz inne, specyficzne dla danej okolicy) i czy sygnały te są zrozumiałe. Część druga zawiera pytania dotyczące dróg ewakuacyjnych i ich dostosowania do potrzeb osób o różnych stopniach i rodzajach niepełnosprawności (niepełnosprawność ruchowa, osoba niewidoma lub niedowidząca, głucha lub niedosłysząca, z upośledzeniem mowy lub z niepełnosprawnością poznawczą). Dotyczy to nie tylko dostępności dróg ewakuacyjnych, ale również kompletnego, zrozumiałego oznakowania. Przykładem może być oznakowanie dla osób niewidomych bądź niedowidzących, zawierające informacje wykonane drukiem wypukłym, złożonym z normalnych liter, oraz alfabetem Braille’a (rys. 6).



Rys. 6. Przykładowe oznakowanie wyjścia ewakuacyjnego (zawiera tekst wypukły i alfabet Braille’a)

Źródło: www.adasignndepot.com (dostęp 05.05.2021).

W trzeciej części mowa jest o przepustowości dróg ewakuacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa ewakuacji. Pytania zawarte w tym obszarze ułatwiają praktyczną weryfikację dostępności dojść i przejść ewakuacyjnych do punktu zbiórki po ewakuacji.

Część czwarta dotyczy określenia, czy dana osoba potrzebuje asysty przy ewakuacji, w tym poziomu wymaganego szkolenia, jakie muszą posiadać asystenci, określenie ich liczby oraz sposobu wezwania w trybie alarmowym.

Ostatnia część poświęcona jest procedurom postępowania ze zwierzęciem terapeutycznym. W tym miejscu należy podkreślić, że według amerykańskiego prawa za

„zwierzę terapeutyczne” uznawane jest dowolne zwierzę, które poprawia samopoczucie osoby z niepełnosprawnością, a nie tylko – jak w polskim prawie – pies przewodnik dla osoby niewidomej.

Na poziomie federalnym do zwierząt terapeutycznych zaliczane są: pies przewodnik, kucyk oraz pies służący do terapii emocjonalnej. Ale na przykład w Montanie, zgodnie z prawem stanowym, nie ma już żadnych ograniczeń co do gatunku zwierzęcia uznawanego za terapeutyczne. Mogą być to koty, ptaki, a nawet wilki, jeśli przyczyniają się do poprawy komfortu życia osoby z niepełnosprawnością.

Rolą służb ratowniczych podczas ewakuacji jest zapewnienie takich sił i środków, aby w jak najszybszy sposób zapewnić bezpieczeństwo wszystkim osobom znajdującym się w budynku.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej, obowiązkiem osoby lub osób odpowiedzialnych za budynek jest przeprowadzenie oceny ryzyka pożarowego, obejmującej opracowanie planu ewakuacji wszystkich, którzy mogą znajdować się na terenie, w tym osób z niepełnosprawnościami, oraz zaplanowania działań, aby wdrożenie planu stało się realne.

5.4. Doświadczenia brytyjskie

W filozofii ratowniczej krajów anglosaskich (TSO 2007) taki plan ewakuacji nie powinien opierać się jedynie na interwencji służb ratowniczych. W przypadku budynków współużytkowanych przez różne podmioty, odpowiedzialność może spoczywać na wyznaczonej grupie osób z każdej z nich oraz na właścicielach budynku. Kluczem do sukcesu jest współpraca i koordynacja przy opracowaniu planów ewakuacji. Szczególnie dotyczy to budynków, w których zarządzanie ewakuacją jest prowadzone centralnie, np. galerie handlowe.

Jeżeli pracodawca lub zarządzający budynkiem nie zapewnia bezpiecznej ewakuacji z obiektu osób z niepełnosprawnościami, w świetle brytyjskiego prawa, oprócz stwierdzonej niezgodności z wymogami ochrony przeciwpożarowej, może być to postrzegane jako dyskryminacja tych osób.

Tworząc plany ewakuacyjne, uwzględniające potrzeby osób z niepełnosprawnościami, pojawia się tendencja do „nadopiekuńczości” i przesadzania z środkami bezpieczeństwa, ze szkodą dla niezależności i godności osób z niepełnosprawnościami.

Autorzy brytyjskiego Poradnika zwracają uwagę na istotny element, na który mogą nie zwrócić uwagi osoby pełnosprawne. Jest to związane z wysiłkiem, jaki włożyć musi osoba z niepełnosprawnością podczas ewakuacji w trybie alarmowym. Może być on daleko nieadekwatny do codziennej rutyny i obciążenia fizycznego. Dlatego zalecane jest maksymalne ograniczenie udziału takich osób w działaniach szkoleniowych. Twórcy Poradnika rozumieją przez to aktywność osób z niepełnosprawnością jedynie w przypadkach realnego zagrożenia. O ile można zgodzić się z taką opinią w przypadku alarmów fałszywych lub technicznych, to brak udziału w próbnych ewakuacjach może mieć daleko idące konsekwencje w przypadku realnego zagrożenia. Pomijanie czynnego udziału w szkoleniach ogranicza wzajemne zrozumienie osób z niepełnosprawnością i ich ewentualnych asystentów ewakuacji i nie buduje obustronnego zaufania, co może znacząco wpłynąć na jakość i skuteczność procesu ewakuacji. Poza tym uniemożliwia to praktyczne przetestowanie procedur oraz usunięcie potencjalnych niedoskonałości systemu.

Czasami rekrutacja wolontariuszy może być trudna, ponieważ kandydaci oczekują gwarancji, że ich bezpieczeństwo nie zostanie zagrożone, jeśli będą pomagać w ewakuacji osobie z niepełnosprawnością (a nie jest to możliwe bez wspólnych ćwiczeń).

Proces szkolenia wolontariuszy jest niezmiennie istotny i musi zawierać: precyzyjne informacje na temat elementów infrastruktury budynku, służących do ułatwiania i wspomagania procesu ewakuacji; uświadomienie różnych rodzajów niepełnosprawności; techniki poruszania się, podnoszenia i przenoszenia oraz etykietę stosowaną podczas ewakuacji osób z niepełnosprawnościami. System szkoleń musi być długofalowy, a nie ograniczony do jednorazowej akcji. Wolontariuszom należy również zapewnić jasno określone korzyści (w systemie brytyjskim pracownicy odpowiedzialni, np. za pierwszą pomoc, uzyskują dodatkową gratyfikację, w tym finansową).

5.5. Aspekty praktyczne szkoleń i ćwiczeń ewakuacji w krajach anglosaskich

Rekomendowane jest przygotowanie harmonogramu szkoleń z rocznym wyprzedzeniem, uwzględniającego również kwestie zabezpieczenia środków finansowych.

Dokumentem, jaki wprowadzono zarówno w USA, jak i w Wielkiej Brytanii jest Indywidualny plan ewakuacji, opracowany na potrzeby pracowników i podwykonawców stałe przebywających w obiekcie. Opracowywany jest przez dział HR lub zarządcę obiektu we współpracy z osobą zainteresowaną. Plan musi być dostosowany do indywidualnych potrzeb i zawierać szczegółowe wytyczne na temat postępowania na wypadek ewakuacji.

Dla osób pojawiających się w obiekcie sporadycznie należy opracować bardziej ogólną instrukcję postępowania, zawierającą najważniejsze elementy, takie jak:

- udogodnienia dla osób z niepełnosprawnością,
- procedury ewakuacyjne,
- drogi ewakuacyjne dostępne dla osób z niepełnosprawnością,
- istniejące urządzenia przeciwpożarowe, np. DSO, SSP,
- schemat ewakuacyjny.

Osoby poruszające się na wózkach w standardach brytyjskich uznawane są za grupę zwiększonego ryzyka podczas ewakuacji. Ich stopień niepełnosprawności jest jednak różny, co uzasadnia indywidualne podejście do każdego przypadku. Przykładowo osoba, która często korzysta z wózka, może chodzić samodzielnie na krótkich dystansach, a tym samym może pomóc we własnej ewakuacji lub ewakuować się samodzielnie. Istotne jest, aby osobie z niepełnosprawnością zadawać odpowiednie pytania w sposób taktowny i tym samym zapewnić najbardziej optymalny plan opuszczenia strefy zagrożenia. Preferowanym rozwiązaniem w przypadku osób poruszających się na wózkach jest ucieczka do sąsiedniej strefy pożarowej na tym samym poziomie lub na zewnątrz budynku, ewentualnie przy użyciu windy ewakuacyjnej lub przeciwpożarowej. Jeśli te opcje nie są dostępne, konieczne może być przeniesienie osoby po schodach ewakuacyjnych za pomocą specjalnych wózków ewakuacyjnych (rys. 7).



Rys. 7. Przykładowa lokalizacja i oznakowanie wózka ewakuacyjnego

Źródło: <https://www.firiskassessmentsni.com/disabled-refuge-points-what-you-need-to-know> (dostęp 05.05.2021).

Kolejnym elementem brany pod uwagę przy procedurach ewakuacyjnych osób o ograniczonej zdolności poruszania się jest to, z jakiego wózka korzystają. Z elektrycznych wózków z reguły korzystają ludzie o większym stopniu niepełnosprawności niż osoby poruszające się na wózkach aktywnych. Ta grupa osób będzie prawdopodobnie wymagać znacznie większej pomocy przy alarmowym opuszczaniu budynku i, co za tym idzie, większej liczby asystentów. Masa wózka elektrycznego może wynosić kilkaset kilogramów i jego wartość może sięgać od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy złotych. W związku z tym w planie ewakuacji należy uwzględnić możliwość zabezpieczenia takiego wózka przez skutkami pożaru lub opracować metodę jego przeniesienia w bezpieczne miejsce.

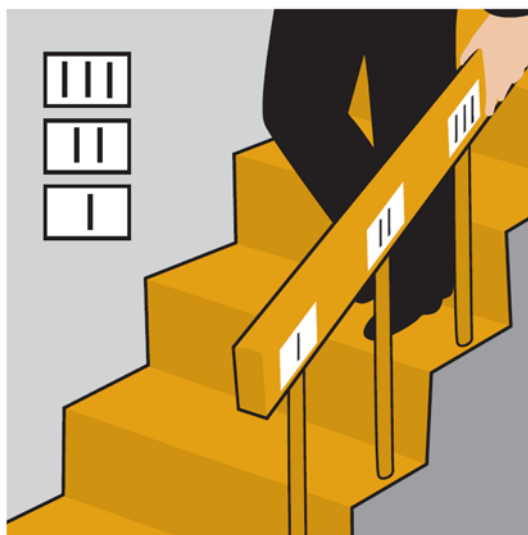
Duża masa wózka o napędzie elektrycznym wymusza zapewnienie alternatywnego wyposażenia, umożliwiającego szybki transport osoby niechodzącej poza strefę zagrożenia (wózki lub materace ewakuacyjne). Przy ocenie drogi ewakuacyjnej należy wziąć pod uwagę szerokość dojść, przejść i wyjść ewakuacyjnych tak, aby mogły się w nich zmieścić osoby wspomagające ewakuację, razem ze sprzętem.

Istnieje wiele rodzajów technik przenoszenia z wykorzystaniem dwu-, trzy- lub czteroosobowych zespołów. W przypadku gdy osoba z niepełnosprawnością chce zostać ewakuowana na własnym wózku lub inną metodą, należy przeprowadzić ocenę ryzyka (w tym zagrożeń dla ratowników, np. przeciążenie kręgosłupa, możliwość urazu). Na podstawie wyników analizy, konieczne jest opracowanie bezpiecznych rozwiązań.

Opracowując plan, uwzględniający potrzeby osób z częściowym lub całkowitym upośledzeniem narządu słuchu, należy zbierać informacje na temat dostępności następujących elementów technicznych, które mogą być wykorzystane do usprawnienia procesu ewakuacji:

- wizualny system alarmowy,
- wiadomości tekstowe SMS lub komunikatory internetowe,
- intranet (sieć wewnętrzna),
- pager z wibracją,
- dostępność ochrony obiektu lub przeznaczonego dla nich asystenta,
- aplikacja nawigująca.

Analogicznie, jak w rozwiązaniach amerykańskich, funkcjonuje system znaków ewakuacyjnych dostosowanych do potrzeb osób z niepełnosprawnością narządu wzroku. System może być uzupełniany o: sygnały audio, kontrasty kolorystyczne, w tym oznakowanie z intensywną kolorystyką poręczy, schodów i krawędzi stopni, kolor kontrastowy lub różne teksturowanie podłóg na drogach ewakuacyjnych (rys. 8).

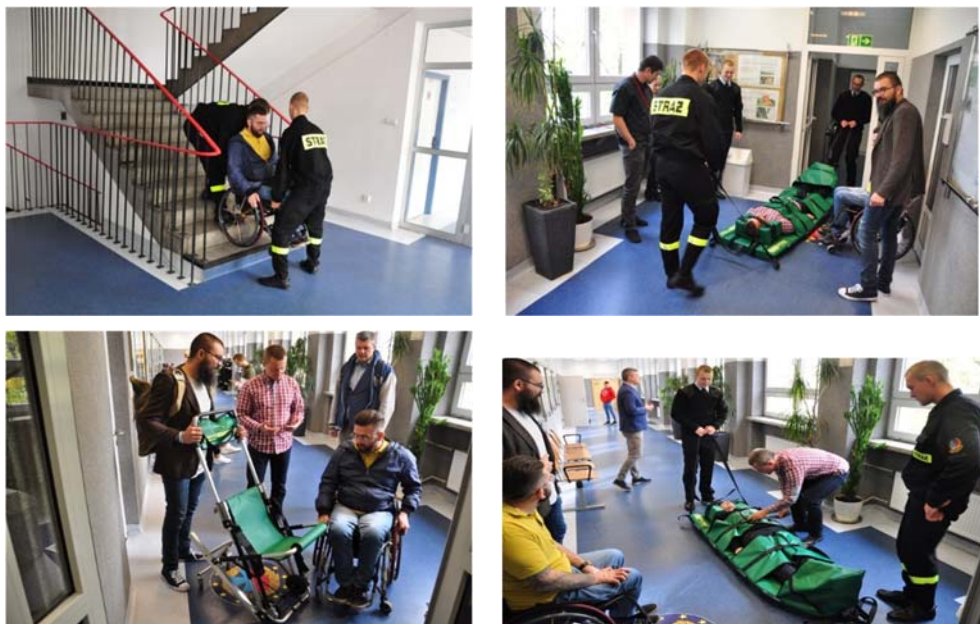


Rys. 8. Przykładowe oznakowania schodów i poręczy pod kątem potrzeb osób niewidomych i niedowidzących

Źródło: <https://www.accessibletourism.org/resources/accessible-egress-report.pdf> (dostęp 05.05.2021).

Osoby z zaburzeniami poznawczymi często mają problemy ze zrozumieniem tego, co dzieje się podczas ewakuacji lub mogą nie mieć takiego samego postrzegania ryzyka, jak osoby pełnosprawne. Niektóre osoby z zaburzeniami poznawczymi mogą należeć do grupy o niewidocznych objawach, takich jak dysleksja (co może mieć wpływ na interpretację komunikatów tekstowych), dyspraksja (upośledzenie koordynacji ruchowej), czy autyzm. Osoby te mogą nie być świadome swoich słabości. Wiele osób z trudnościami w uczeniu się ma także inne niepełnosprawności, niektóre mogą mieć problemy z poruszaniem się, a niektóre mogą mieć zaburzenia widzenia i utraty słuchu. Czasami ludzie z zaburzeniami poznawczymi będą poruszać się wolniej niż główny strumień ewakuacji i może istnieć potrzeba wydzielenia wolnego i szybkiego pasa na schodach ewakuacyjnych, jeśli pozwala na to szerokość schodów.

Zapoznanie ratowników z najnowocześniejszym sprzętem, który może ułatwić i usprawnić ewakuację osób niechodzących, powinien stanowić stały element szkolenia i podnoszenia kwalifikacji zawodowych na wszystkich poziomach (rys. 9).



Rys. 9. Ćwiczenia z zakresu praktycznego zastosowania wybranego sprzętu służącego do usprawnienia ewakuacji osób niechodzących (SGSP, Warszawa 2019)

Źródło: fot. Paweł Wolny.

Problemy te mogą się nasilać w przypadku znacznego odsetka osób z niepełnościami [K.M. Christensen, Collins, Holt, Phillips, 2006]. Poziom wyszkolenia personelu oraz skuteczny sposób informowania o zagrożeniach staje się więc kolejnym istotnym czynnikiem w realizacji planów ewakuacji budynku [Gwynne, Purser, Boswell, 2010d]. Literatura przedmiotu na ten temat nie jest zbyt bogata w porównaniu z liczbą opracowań dotyczących innych aspektów ochrony przeciwpożarowej czy ewakuacji. Wyniki swoich badań, dotyczących zachowań ewakuacyjnych osób o szczególnych potrzebach, których zachowanie może silnie wpłynąć na szybkość wyjścia z budynku, opublikowały nieliczne zespoły naukowców.

Wieloaspektowe badania w tym obszarze prowadzili naukowcy związani z irlandzkim centrum badawczym FireSERT (*Fire Safety Engineering Research and Technology Centre*) przy Uniwersytecie Ulsterskim. Na podstawie badań ankietowych, przeprowadzono analizę szeroko rozumianej aktywności społecznej osób z niepełnościami oraz określanie potrzeb w zakresie wsparcia przy ewakuacji z różnego rodzaju obiektów publicznych [Boyce, Shields, 1999a). Prowadzili oni również badania eksperymentalne, przy współudziale osób z niepełnościami, umożliwiające oszacowanie realnych czasów ewakuacji, w zależności od stopnia niepełnosprawności ruchowej oraz dostępnego wsparcia zarówno, jeśli chodzi o asystentów, jak i ułatwienia techniczne [Boyce, Shields, 1999b]. Analizowano również wpływ charakterystyki oznakowań ewakuacyjnych zgodnych z normami i wytycznymi na zdolność osób niedowidzących do odczytania i interpretacji znaków na drogach ewakuacyjnych [Boyce,

Purser, Shields, 1999]. W Stanach Zjednoczonych na Uniwersytecie Illinois w Chicago prof. Hedman, na podstawie badań polowych dostępnych ówczśnie na rynku urządzeń służących do umożliwienia osobom z niepełnosprawnościami ruchowymi przemieszczanie się po schodach, prowadził prace badawcze w celu określenia norm i standardów do analizy ich przydatności w sytuacjach awaryjnych [Hedman, 2009].

Zbliżone badania, odnoszące się do użyteczności urządzeń ewakuacyjnych przeprowadzono w Szpitalu Uniwersyteckim w Gandawie w celu ilościowego określenia wydajności wyszkolonego personelu szpitalnego w ewakuacji badanego pacjenta przez jedenaście pięter, w zależności od użytych urządzeń wspomagających, takich jak: nosze, dwa typy krzeseł ewakuacyjnych i specjalna mata [Hunt, Galea, Lawrence. 2012].

Wyniki badań pochodzących z nowozelandzkiego Uniwersytetu Canterbury wykazały, że obniżenie sprawności ruchowej, związanej z wiekiem oraz otyłością, mogą wydłużyć wymagany czas ewakuacji o 20% w stosunku do tych osiągniętych 50 lat temu [Spearpoint, MacLennan, 2012].

Wymóg tworzenia osobnych strategii ewakuacyjnych w budynkach wysokich czy zamieszkania zbiorowego, jeśli na stałe znajdują się tam osoby z niepełnosprawnościami, jest realizowany na podstawie modelu BUMPEE i wprowadzenia ewakuacji etapowej [Koo i in., 2012], o której będzie w dalszej części monografii.

Prawo stanowe podchodzi odmiennie do częstotliwości przeprowadzania ewakuacji, a także uzależnia ich częstotliwość od typu obiektu. Na przykład, w szkołach w dwudziestu sześciu stanach USA częstość wynosi nawet raz w miesiącu, choć do 2010 roku stan New Jersey wymagał przeprowadzenia takich ćwiczeń co dwa tygodnie. Natomiast w Wielkiej Brytanii, analogicznie jak w Polsce, wymagane jest, aby w szkołach przeprowadzić próbną ewakuację na początku każdego nowego roku szkolnego.

5.6. Propozycje dotyczące polskich rozwiązań prawno-organizacyjnych

Rozporządzenie „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...” stawia jasne wymagania, dotyczące przeprowadzania próbnych ewakuacji. W przypadku obiektów ZL I, II, III i V, jeśli przeznaczone są dla ponad 50 osób, które są ich stałymi użytkownikami, właściciel lub realnie zarządzający ma przeprowadzić próbną ewakuację całego obiektu, nie rzadziej niż raz na dwa lata, informując o tym właściwego komendanta powiatowego (miejskiego) PSP w formie pisemnej, nie później niż na siedem dni kalendarzowych przed ich przeprowadzeniem.

Natomiast w obiektach, w których regularnie, w określonych odstępach czasu, zmienia się jednocześnie grupa powyżej 50 użytkowników (dotyczy to przede wszystkim szkół, przedszkoli, internatów, domów studenckich), próbną ewakuację całego budynku musi odbywać się corocznie, nie później jednak niż trzy miesiące od pojawienia się nowej grupy osób.

W przypadkach obiektów, zawierających strefę pożarową, zakwalifikowaną do kategorii zagrożenia ludzi ZL II oraz w wybranych budynkach ZL V (gdzie przebywają osoby osadzone – zakłady karne, areszty śledcze), zakres i obszar, w jakim odbędzie się praktyczne sprawdzenie organizacji i warunków ewakuacji, musi być uzgodniony z właściwym miejscowo komendantem powiatowym (miejskim) PSP.

Najistotniejszymi elementami ewakuacji, z punktu widzenia tematyki niniejszej monografii, są dwa aspekty zawarte w tym rozporządzeniu.

Podstawowym obowiązkiem wszystkich osób przebywających w budynku, w przypadku powstania zagrożenia, jest współpraca oraz bezwzględne podporządkowanie się poleceniom kierującego akcją ratowniczą, który do czasu przybycia jednostek Państwowej Straży Pożarnej musi zorganizować ewakuację ludzi i mienia. Osoby niebiorące udziału w akcji ratowniczej powinny ewakuować się najkrótszą oznakowaną drogą ewakuacyjną poza strefę objętą pożarem lub na zewnątrz budynku.

Aspektów związanych ze stosowaniem technicznych środków zabezpieczeń w obiektach, które są przeznaczone głównie do osób z różnymi typami niepełnosprawności (w tym tymczasowej niepełnosprawności ruchowej, wynikającej ze stanu zdrowia), dotyczą fragmenty Rozporządzenia „...w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków...”. Obejmuje ono wymóg stosowania systemu sygnalizacji pożarowej, w skład którego wchodzi urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, a także urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i sygnałów o uszkodzeniach w budynkach, takich jak:

- szpitale (w tym psychiatryczne),
- sanatoria,
- domy pomocy społecznej i ośrodki rehabilitacji dla osób z niepełnosprawnościami,
- zakłady pracy zatrudniające osoby z niepełnosprawnością, w zależności od liczby łóżek lub liczby osób.

Poza szpitalami ogólnymi, gdzie wymóg stosowania SSP obejmuje placówki powyżej 200 łóżek, w pozostałych przypadkach obowiązek ten występuje powyżej 100 łóżek lub osób. W tym miejscu rodzi się pytanie o podstawy, czyli wyniki badań, analiz, eksperymentów badawczych, które uzasadniają takie, a nie inne przyjęte w przepisie liczby – występuje zbyt wiele zmiennych i zależności, aby liczba łóżek lub pacjentów była decydująca. Proponowanym rozwiązaniem byłoby uzależnienie stosowania technicznych środków zabezpieczeń od przydziału liczby personelu przeszkolonego w zakresie ewakuacji osób o szczególnych potrzebach do liczby osób znajdujących się na terenie obiektu. Bardzo często występuje sytuacja, szczególnie na zmianach nocnych, że na terenie placówki znajduje się tylko kilka osób z personelu, bez żadnej gwarancji, że są one przeszkolone, aby bezpiecznie przeprowadzić ewakuację. Poważne zastrzeżenia budzi również niedoskonałość procedur ewakuacyjnych, gdyż obecnie stosowane instrukcje bezpieczeństwa pożarowego – z punktu widzenia specyfiki obiektów – mogą być niewystarczające.

Skalę problemu ewakuacji osób z chorobami psychicznymi, które wymagają hospitalizacji, obrazuje liczba placówek (szpitali specjalistycznych i oddziałów), których jest w Polsce ponad 100. W prowadzonych szkoleniach z zakresu próbnej ewakuacji (np. w Szpitalu Śląskim w Cieszynie) rolę pacjentów oddziału psychiatrycznego odgrywali pozoranci. Trudno jest ocenić wartość takiego testu ewakuacyjnego, skoro pozoranci mają przeważnie większą świadomość zagrożenia i wgląd w to, czym jest próbna ewakuacja.

Najtragiczniejszym zdarzeniem w naszym kraju w tego typu obiektach był pożar szpitala psychiatrycznego w Górnej Grupie, który powstał w nocy z 31 października na 1 listopada 1980 roku [Bronisławski, 1981]. Liczba ofiar, która wyniosła według oficjalnych danych 56 osób, w obecnych realiach byłaby znacznie mniejsza, ze względu na zupełnie inny poziom wyszkolenia, procedur i wyposażenia ratowników oraz zabezpieczenia obiektów. Niemniej jednak, pewne elementy pozostały niezmiennie.

Chodzi, między innymi, o pacjentów, których stan wymusza użycie pasów przytwierdzających ich do łóżek oraz brak możliwości samodzielnej ewakuacji na oddziałach zamkniętych, ze względu na ich specyfikę. W tym aspekcie byłoby szczególnie wskazane specjalistyczne szkolenia dla ratowników, a w szczególności kierujących działaniem ratowniczym, przeprowadzone przez lekarzy – specjalistów z zakresu psychiatrii i psychologów. Jest to bardzo istotne ze względu na możliwość nieprzewidzianych zachowań pacjentów oddziałów psychiatrycznych, którzy tak jak w Górnej Grupie, mogą np. bać się strażaków i uciekać pod łóżka w pomieszczeniach objętych pożarem.

Innym elementem często pomijanym w szkoleniach ewakuacyjnych jest fakt zmienności pogody i temperatury. Niezmiennie rzadko bowiem, jeśli nie w ogóle, prowadzi się próbną ewakuację w okresie zimowym. Wracając do przykładu Górnej Grupy, według relacji świadków, część pacjentów zmarła z wychłodzenia już po uratowaniu, ponieważ temperatura na zewnątrz wynosiła -10°C . Innym aspektem jest organizacja i nadzór nad ewakuowanymi pacjentami w punktach zbiórki. Nie jest to oczywiście zadanie strażaków, ale może warto byłoby uczulić komendantów powiatowych lub miejskich właściwych dla lokalizacji takich placówek, żeby podczas kontroli funkcjonariuszy wydziałów kontrolno-rozpoznawczych zwracać uwagę na ten aspekt.

Generalnie, wszelkie rozważania i próby dostosowania obiektów do wymogów osób z niepełnosprawnościami koncentrują się na potrzebach osób z naruszoną sprawnością narządów ruchu, z pominięciem innych typów niepełnosprawności. Należy nadmienić, że potrzeby związane z aktywizacją zawodową takich osób zostały ujęte w poradnikach opracowanych w CIOP w ramach projektu „Wypracowanie i upowszechnienie, we współpracy z partnerami społecznymi, modelu wsparcia osób niepełnosprawnych w środowisku pracy” (CIOP 2019). W opracowaniu tym zamieszczono wytyczne dotyczące ewakuacji osób z różnymi rodzajami niepełnosprawności.

Osoba z niepełnosprawnością wzrokową w pracy

U osób niewidomych lub słabowidzących zmysł słuchu staje się ważnym kanałem informacji, dlatego warto wzbogacić otoczenie w pracy, a także stanowisko pracy, w odpowiednią sygnalizację dźwiękową i bezpieczeństwa: w przypadku dźwiękowego systemu ewakuacji zaleca się zastosowanie kierunkowego systemu ewakuacji (ang. *Directional Sound Evacuation*, DSE).

Osobie z niepełnosprawnością wzroku powinna być przydzielona osoba wspierająca na wypadek ewakuacji lub innych niespodziewanych wydarzeń. Osoba ta powinna znać zasady postępowania podczas ewakuacji, dzięki czemu mogłaby bezpiecznie doprowadzić osobę z niepełnosprawnością wzroku do punktu zbiórki podczas ewakuacji.

Regularne ćwiczenia ewakuacyjne są potrzebne na wypadek wystąpienia sytuacji nieprzewidzianych i trudnych. Ćwiczenia te powinny być wykonywane w obecności osoby wspierającej.

Osoba z niepełnosprawnością słuchową w pracy

Należy przydzielić pracownikowi z niepełnosprawnością osobę wspierającą, na wypadek sytuacji nieprzewidzianych, takich jak awaria maszyny czy ewakuacja.

Osoba z niepełnosprawnością ruchową w pracy

W sytuacjach awaryjnych należy osobom z niepełnosprawnością narządu ruchu zapewnić osobę wspierającą w zakresie ewakuacji ze strefy zagrożenia. Osoby te należy wyposażyć w urządzenia umożliwiające szybki kontakt (łączność bezprzewodowa).

Ważne jest, aby prowadzić szkolenia, które umożliwią przećwiczenie działań niezbędnych do podjęcia w razie wystąpienia sytuacji awaryjnych.

Osoba z niepełnosprawnością intelektualną w pracy

W sytuacjach nieprzewidzianych (np. ewakuacja, awaria maszyn) pracownik powinien mieć możliwość wezwania osoby wspierającej (np. za pomocą urządzenia łączności bezprzewodowej), która udzieli mu niezbędnego wsparcia i pomocy.

Należy regularnie przeprowadzać ćwiczenia ewakuacji na wypadek wystąpienia sytuacji nieprzewidzianych i trudnych. W ćwiczeniach tych powinna wziąć udział osoba z niepełnosprawnością intelektualną oraz osoba wspierająca.

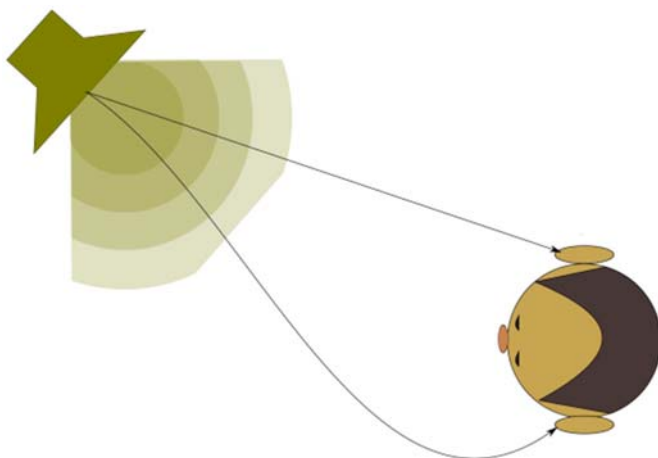
Słuszność tych założeń jest oczywista, ale zbyt ogólnikowa i nie przedstawiająca propozycji szczegółowych, takich jak ewentualne zmiany w prawodawstwie, w procesie szkoleń oraz zasad rekrutacji osób wspierających. Pomija także istotne niedoskonałości kierunkowego systemu ewakuacji.

Dalej przedstawiono problematykę wdrożenia kierunkowego systemu ewakuacji jako przykładu, jak zaproponowanie słusznej, lecz pobieżnie zbadanej i przeanalizowanej rekomendacji, może być skomplikowane w praktycznej realizacji.

Założeniem stojącym u podstaw opracowania rozwiązań dźwiękowego kierunkowego systemu ewakuacji jest wsparcie oznakowania, opartego na środkach wizualnych, których efektywność może być ograniczona lub całkowicie nieskuteczna w przypadku silnego zadymienia pomieszczenia. Osoby z upośledzeniem narządu wzroku będą miały trudności z uzyskaniem informacji o kierunkach ewakuacji, która opiera się na systemie znaków ewakuacyjnych. Za inną słabość znaków podświetlanych uznano fakt, że podświetlane znaki ewakuacyjne mogą często być utożsamiane przez osoby słabowidzące z innymi punktami świetlnymi (np. neonami czy reklamami znajdującymi się w budynku). Znaki graficzne mogą również zostać przypadkowo zasłonięte [Dong, Yu, Zhibin, 2018].

Wymóg stosowania sygnalizatorów pożarowych i systemu DSO w polskim prawodawstwie zawarty jest w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Konieczność używania DSO dotyczy m.in. szpitali i sanatoriów o liczbie łóżek powyżej 200 w budynku, z wyłączeniem pomieszczeń intensywnej opieki medycznej, sal operacyjnych oraz sal z chorymi.

Dźwiękowy kierunkowy system ewakuacji (DSE) to nowy rodzaj instalacji opartej na emisji fal w paśmie słyszalnym, który może pomóc użytkownikom w natychmiastowym wskazaniu, skąd dochodzi dźwięk i szybkim znalezieniu wyjścia. Używany jako kierunkowy wzorzec, dźwięk szerokopasmowy może umożliwić ustalenie jego lokalizacji dzięki funkcji przenoszenia. Opisuje ona, w jaki sposób dźwięk z określonego punktu dociera do uszu (rys. 10).



Rys. 10. Efekt filtrowania dźwięku w funkcji przenoszenia
związany z percepcją człowieka

Źródło: Head-related transfer function (Wikipedia EN).

Dźwięk szerokopasmowy różni się od słyszalnych dźwięków alarmów i komunikatów przeciwpożarowych. Dlatego wprowadzając trzeci system, oparty na propagacji fal pasma słyszalnego, który nie jest w obecnej konstrukcji prawnej uwzględniony, aby uzyskać jakąkolwiek wartość dodaną, należy wprowadzić interwały czasowe, aby sygnały te wzajemnie się nie zakłócały.

Poziomy dźwięków z otoczenia mogą znacznie wpłynąć na działanie sygnalizatorów kierunkowych, ponieważ mogą mieć szeroki zakres widmowy, co znacząco utrudnia wykorzystanie tego systemu w praktyce. Procedura certyfikacji DSE została opracowana w Wielkiej Brytanii i występuje jako standard BS PAS 41:2003, Sygnalizatory kierunkowe – wymagania i testy.

W porównaniu z powszechnie znanym sygnałem dźwiękowym alarmu pożarowego, dźwięk szerokopasmowy może powodować zamieszanie wśród osób, którym nie zapewniono szkolenia ze znajomości tego systemu. Osoby znajdujące się w budynku mogą nie wiedzieć, jak zareagować na takie dźwięki, co wymusza rozszerzenie przekazu o dodanie wiadomości głosowych – a tym samym prowadzi to do konieczności instalacji systemu DSO. Komunikat głosowy, po dźwięku kierunkowym, informuje osoby w strefie zagrożenia, jakie działania muszą podjąć, gdy zbliżają się do sygnalizatora kierunkowego. Dopiero taka informacja pozwala na szybką i prawidłową reakcję bez dodatkowego szkolenia lub wcześniejszego kontaktu z systemem DSE. Tradycyjny alarm przeciwpożarowy i DSO emitują sygnały dźwiękowe lub komunikaty, gdy w budynkach pojawia się zagrożenie. Dźwięk kierunkowy stanowi dodatkową pomoc przy ewakuacji, ale nie zastępuje dwóch powyższych, wymaganych prawem, systemów. Sygnalizatory kierunkowe DSE powinny być zainstalowane przy wyjściu. Ale elementy systemu DSE umieszczone tylko przy wyjściu mogą nie zapewniać wystarczająco głośnego dźwięku kierunkowego, aby dotrzeć do większości osób znajdujących się na terenie zagrożonym. Poza tym, na dużych, otwartych obszarach może być większa liczba wyjść, a wiele źródeł emisji dźwięku kierunkowego może powodować ich wzajemne zakłócenia. To wskazuje na niedoskonałość tego rozwiązania i wymaga prowadzenia dalszych badań rozwojowych.

Na zakończenie tego wywodu należy podać jeszcze jeden fakt – w CNBOP nie przeprowadzono żadnych badań certyfikacyjnych takiego systemu, ze względu na brak zainteresowania płynącego z rynku.

Z powyższego przykładu wynika, że punkty styczne pomiędzy ochroną człowieka w środowisku pracy a obszarem w zakresie zainteresowań szeroko rozumianego środowiska związanego z ratownictwem, powinny być opracowywane wspólnie. Projekt CIOP uwzględnił wszelkie aspekty aktywizacji zawodowej osób z niepełnośprawnosćmi, natomiast część, która obejmuje sytuacje nadzwyczajne powinna zostać opracowana z udziałem ekspertów z zakresu ochrony przeciwpożarowej. To nie tylko kwestia technicznych systemów zabezpieczeń, ale również systemu szkoleń i procedur postępowania dla asystentów osób z niepełnosprawnościami. Innym elementem, bez którego wdrożenie tych rozwiązań pozostanie jedynie w sferze życzeniowej, bądź w formie niedoprecyzowanych wymagań względem pracodawcy, jest biznesowe uzasadnienie inwestycji w przedstawionych rozwiązaniach. Wiąże się to z taką formułą, która zapewni odpowiednie źródła finansowania, umożliwiające wdrożenie tych rekomendacji. Albowiem bez systemowego rozwiązania wspierającego bądź motywującego pracodawców do utworzenia systemu szkoleń asystentów oraz instalacji DSO, lub łącznie DSO i DSE, szansa na realizację przedstawionego rozwiązania jest nikła. Wymagałoby to bowiem od pracodawców pozyskania takich pracowników z niepełnośprawnosćmi, którzy generowaliby dochód dla firmy, oprócz założonego w planach biznesowych przedsiębiorstwa oraz stworzenia instalacji i przeprowadzania konserwacji systemów alarmowych dostosowanych do ich potrzeb w budynkach, w których instalacja nie jest obligatoryjna, a także utrzymywania systemów szkoleń i dodatków motywacyjnych dla asystentów.

Niezmiernie istotnym elementem, wymagającym bardzo dokładnego przemyślenia, jest dobór kandydatów na asystentów oraz stawianych im wymagań, a także określenie ich podstawowych predyspozycji. Muszą to być bowiem ludzie o dużej empatii, którzy dodatkowo mają na tyle mocną konstrukcję psychiczną, że nie poddadzą się odruchowemu zachowaniu, jakim jest chęć natychmiastowego opuszczenia miejsca zagrożonego. Żeby sprawa nie była tak prosta, muszą oni dodatkowo znajdować się w miarę w bezpośrednim otoczeniu osoby wymagającej ich pomocy, a ich stanowisko pracy nie może być związane z koniecznością częstego przebywania poza terenem firmy (np. przedstawiciele handlowi). Idąc dalej, ich liczba musi gwarantować stałą obecność jednego asystenta dla każdej osoby z niepełnosprawnością, uwzględniając kwestie urlopów, zwolnień lekarskich czy rotacji personelu, itp. Przyjęta w Polsce częstotliwość próbnych ewakuacji, czyli dla większości obiektów co dwa lata, nie gwarantuje efektywności tego systemu. Według regulacji brytyjskich, szkolenia takich asystentów powinny odbywać się co kwartał, a ich planowanie obejmować okres dwuletni.

Przykładowy schemat postępowania znajduje się w tabeli 2.

Tabela 2. Program szkolenia w zakresie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami

Rok I												Rok II
Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień	Styczeń
Drogi ewakuacyjne	Trening ze sprzętem	Ćwiczenia ewakuacyjne				Drogi ewakuacyjne	Trening ze sprzętem	Ćwiczenia ewakuacyjne				Drogi ewakuacyjne

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Means of Escape for Disabled People* (TSO, 2007).

- Drogi ewakuacyjne – szkolenie obejmujące znajomość oraz weryfikację dostępności ciągów ewakuacyjnych (dojścia, przejścia, wyjścia) z uwzględnieniem potrzeb osób z niepełnosprawnościami.
- Trening ze sprzętem – wszystkie techniki ewakuacji (krzesła ewakuacyjne, materace, przenoszenie ręczne, komunikacja i postępowanie zgodne z etykietą).
- Ćwiczenia ewakuacyjne – praktyczne sprawdzenie organizacji i warunków ewakuacji osób z niepełnosprawnościami (dla osób funkcyjnych).

Dalej podano zalecany przykład procedury ewakuacyjnej, pochodzący z brytyjskiego dokumentu *Fire Safety Risk Assessment. Means of Escape for Disabled People* (TSO, 2007). Uwzględnia on szczegółowo każdy z elementów procesu ewakuacji.

Do osoby wymagającej asysty w miejscu jego pracy podchodzi dwóch asystentów wymienionych z imienia i nazwiska oraz, w przypadku ich nieobecności, rezerwowa para wolontariuszy. Postępowanie obejmuje cały proces, od pomocy przy wstaniu zza biurka, poprzez dojście do najbliższej, bezpiecznej drogi ewakuacyjnej, wcześniej opracowanej przy wsparciu osoby lokalnie odpowiedzialnej za ewakuację i uzgodnieniach z przedstawicielem straży pożarnej.

Realny czas ewakuacji w sytuacji zagrożenia będzie drastycznie różnił się od tego, jaki uzyskiwany jest podczas ewakuacji próbnych. Trudno bowiem uznawać jako referencyjne czasy uzyskiwane przy pełnej przejrzystości powietrza oraz uświadamiając sobie fakt, że większość tego typu ćwiczeń jest zapowiadana z wyprzedzeniem i bardzo często z podaną godziną ich rozpoczęcia. Kiedy ustalona jest data i godzina ewakuacji, w bardzo wielu przypadkach faktyczne przygotowania do opuszczenia budynku zaczynają się mniej więcej 10–15 minut przed podanym czasem. Brak elementu stresu czy paniki, świadomość pełnego bezpieczeństwa podczas takiego treningu, znakomicie poprawia efektywność całego procesu ewakuacji. Osoby funkcyjne na stanowiskach znajdują się z wyprzedzeniem, przez co wyniki są satysfakcjonujące, dając złudne poczucie świetnej organizacji, która w zderzeniu z rzeczywistym zagrożeniem po prostu nie zda egzaminu. Za przykład niech posłuży przedstawiony w raporcie z ewakuacji czas opuszczenia budynku przedszkola z sześćdziesięcioma przedszkolakami w czasie 1 minuty. Dojście do miejsca zbiórki trzem dorosłym osobom, które szły „zdecydowanym krokiem” i to nie z miejsca najbardziej oddalonego, zajęło 54 sekundy.

Proponowanym do stworzenia realistycznych modeli ewakuacji narzędziem obliczeniowym są założenia przedstawione w brytyjskiej normie „The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings — Part 6: Human factors: Life safety strategies — Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)” (British Standards 2019).

W celu określenia, czy w danym obiekcie, w zastanej aktualnie sytuacji, uda się przeprowadzić ewakuację w czasie uznawanym za bezpieczny, należy porównać czas ASET (ang. *available safe evacuation time*, oznaczający dopuszczalny czas bezpiecznej ewakuacji DCBE) z czasem RSET (ang. *required safe evacuation time*, czyli: wymagany czas bezpiecznej ewakuacji WCBE). Pierwsza wartość, czyli dopuszczalny czas bezpiecznej ewakuacji, szacowany jest od momentu powstania pożaru do chwili, w którym w budynku przekroczone zostaną kryteria graniczne, takie jak: temperatura i promieniowanie cieplne, zasięg widzialności, poziom toksyczności produktów spalania. Druga wartość oparta jest na zawartych w normie składowych i przyjmuje się, że to czas od chwili powstania pożaru do momentu, kiedy użytkownicy obiektu znajdą się na zewnątrz obiektu lub w innej bezpiecznej strefie.

Do elementów składowych czasu WCBE wchodzi:

1. czas od chwili powstania pożaru do jego wykrycia;
2. czas od momentu wykrycia pożaru do momentu ostrzeżenia użytkowników w obiekcie;
3. czas mierzony od chwili przekazania użytkownikom budynku ostrzeżenia o pożarze do chwili, kiedy znajdą się oni w strefie bezpiecznej.

$$t_{WCBE} = t_{det} + t_a + (t_{pre} + t_{tra})$$

gdzie:

t_{WCBE} – wymagany czas bezpiecznej ewakuacji,

t_{det} – czas detekcji,

t_a – czas alarmowania,

t_{pre} – czas reakcji,

t_{tra} – czas przejścia drogą ewakuacyjną.

Dzięki takiej analizie można określić realne warunki ewakuacji, uwzględniające podane parametry. Należy do nich, m.in. poziom praktycznego wyszkolenia w zakresie ewakuacji, znajomość obiektu, pora dnia (co jest istotne w przypadku, gdy w budynku zmieniają się warunki w porze nocnej, np. zmniejszona liczba personelu, w tym asystentów osób wymagających pomocy), stopień niepełnosprawności osób przebywających w budynku. Podsumowanie wszystkich wymienionych w normie aspektów da odpowiedź odnośnie faktycznego spełnienia kryterium bezpieczeństwa, które wyrażone jest wzorem:

$$DCBE - WCBE \geq 0,$$

co w praktyce oznacza, że ewakuacja z budynku zostanie zakończona zanim powstaną warunki zagrażające życiu lub zdrowiu jego użytkowników.

Dzięki przeprowadzonym obliczeniom, dotyczącym konkretnego obiektu, można dokonać analizy porównawczej czasów rozwoju pożaru do estymowanego całkowitego czasu ewakuacji, z uwzględnieniem szeregu współczynników, które można wprowadzić do obliczeń. Wśród nich są wymiary geometryczne budynku, uwzględniające długość i szerokość dojsć i przejść ewakuacyjnych. Równie ważną kwestią jest właściwe

przygotowanie i znajomość procedur na wypadek wystąpienia pożaru przez personel i użytkowników. Innym parametrem jest sposób alarmowania przyjęty w budynku (wyposażenie w systemy detekcji).

Na podstawie zapisów normy, poszczególne składowe wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji są następujące: czas detekcji, czas alarmowania, czas reakcji pierwszych osób, czas reakcji ostatnich osób, czas przejścia.

$$t_{WCBE} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + (\Delta t_{pre(99\%)} + \Delta t_{pre(1\%)} + \Delta t_{tra})$$

gdzie:

Δt_{det}	–	czas detekcji [s],
Δt_a	–	czas alarmowania [s],
$\Delta t_{pre(1\%)}$	–	czas reakcji pierwszych osób [s],
$\Delta t_{pre(99\%)}$	–	czas reakcji ostatnich osób [s],
Δt_{tra}	–	czas przejścia [s].

Natomiast prędkości przejścia wynoszą:

1,2 m/s	–	prędkość na drodze ewakuacyjnej poziomej,
0,8 m/s	–	prędkość na drodze ewakuacyjnej pionowej,
0,3 m/s	–	prędkość na drodze ewakuacyjnej poziomej dla osób z niepełnosprawnościami.

Natomiast do oszacowania czasu ewakuacji ASET, zgodnie z przyjętym scenariuszem pożaru, wymagane będzie przeprowadzenie symulacji z użyciem wybranego programu zalecanego w procedurze opracowanej przez ekspertów z KG PSP [Janik, 2008].

Metoda może być i żmudna, wymagająca dokładności i rzetelności w prowadzeniu obliczeń; daje jednak zdecydowanie bardziej wiarygodne dane niż wyniki z przeprowadzonych ćwiczeń ewakuacyjnych. Stanowić może również materiał wyjściowy do pogłębionej analizy stanu bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie i zapoczątkować proces niezbędnych zmian, aby realnie poprawić stan bezpieczeństwa.

Choć problem ewakuacji osób z niepełnosprawnościami lub z czasowym ograniczeniem mobilności może dotyczyć wszelkich typów budynków, w niniejszych rozważaniach skupiono się na strefach pożarowych przeznaczonych dla takich osób, czyli uregulowanych w tym celu przepisami.

Bardzo ciekawym aspektem jest uzależnienie od liczby łóżek lub pacjentów wytycznych, dotyczących instalacji systemów wspierających ewakuację, jak detekcja pożaru (SSP) czy dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO). Na podstawie jakich przesłanek przyjęto takie kryteria? Czy są one wynikiem badań, analiz lub symulacji, które jasno wskazują np. skokowy wzrost zagrożeń występujących podczas ewakuacji 199 a 200 pacjentów? Pytanie jest o tyle zasadne, że znane są przypadki deklaracji dyrektorów szpitali o zakontraktowaniu 199 miejsc w szpitalach. Z punktu widzenia ekonomiki funkcjonowania takiej placówki jest to rozwiązanie zasadne, albowiem mieści się w granicach prawa, a jednocześnie nie generuje dodatkowych kosztów. Ocena ryzyka powstania pożaru w takiej placówce jest najprawdopodobniej oszacowana jako niska i w związku z tym poziom ryzyka jest akceptowalny. Według statystyk PSP, w roku 2019 odnotowano 245 pożarów w placówkach służby zdrowia. Najtragiczniejszym w ostatnim czasie zdarzeniem w placówce tego typu był pożar w hospicjum w Chojnicach w dniu 06.01.2020 r. W jego wyniku zmarły cztery osoby.

Polskie przepisy, nakazujące stosowanie SSP i DSO, zostały wprowadzone na podstawie analizy ryzyka (danych statystycznych dotyczących liczby i skutków pożarów), a nie o metody obliczeniowe, dotyczące indywidualnych budynków, w tym symulacje i modelowanie. Dane statystyczne mogą wywoływać odczucie pozornego bezpieczeństwa, ale już w przypadku pojedynczego zdarzenia, szkody wynikające z takiego podejścia mogą być trudno akceptowalne społecznie. Nie chodzi tu tylko o stosowanie SSP czy DSO. Wyniki obliczeń mogą pomóc w zastosowaniu pasywnych zabezpieczeń, jak zmniejszenie stref pożarowych przez zastosowanie oddzieleń (w tym pionowych, aby była możliwość przeprowadzenia pacjentów do bezpiecznej strefy bez konieczności opuszczania kondygnacji), albo zaprojektowanie dodatkowych dróg i wyjść ewakuacyjnych, aby skrócić czas bezpiecznej ewakuacji do akceptowalnego poziomu. Podobnie można dokonać analiz bazując również na rachunku ekonomicznym, w przypadku dostosowania wind osobowych na potrzeby ewakuacji, szczególnie w miejscach, gdzie znajduje się dużo osób o ograniczonej mobilności.

W niektórych obszarach przepisy wymagają uszczegółowienia – w aktach wykonawczych bądź bezpośrednio w ich treści. Przykładem może być różne podejście do systemów alarmowania w prawodawstwie polskim i amerykańskim.

Zgodnie z polskimi przepisami przeciwpożarowymi, stosowanie DSO jest wymagane w szpitalach i sanatoriach o liczbie łóżek powyżej 200 w budynku, z wyłączeniem OIOM, sal operacyjnych i z chorymi. Jest to jak najbardziej logiczne i zasadne rozwiązanie. Osoby znajdujące się np. na salach pooperacyjnych, poporodowych, oddziałach intensywnej opieki medycznej czy ortopedycznych, nie mają możliwości samodzielnej ewakuacji i narażanie ich na dodatkowy stres wywołany sygnałem alarmowym jest pozbawione sensu. Natomiast w dokumencie nie ma wytycznych, w jaki sposób zastąpić te komunikaty.

W standardach NFPA 72 i 101 wprowadzono rekomendacje i zalecenia zawierające rozwiązanie tego problemu. Oprócz powszechnie stosowanego na świecie trybu alarmowania przez systemy rozgłoszeniowe (tryb głośny), sygnał o zagrożeniu ma trafiać bezpośrednio do przeszkolonego personelu szpitala. Może się to odbywać poprzez urządzenia powiadamiające, umieszczone tylko w pomieszczeniach dla personelu lub poprzez komunikaty wysyłane na pagersy czy telefony komórkowe (tryb cichy).

Tryb cichy jest zgodny z wytycznymi o przekazaniu sygnału alarmowego tylko do osób bezpośrednio zaangażowanych w procesy decyzyjne i wykonawcze, związane z organizacją ewakuacji lub wdrożeniem procedur awaryjnych w budynku lub obszarze chronionym przez system sygnalizacji pożaru. Jednak mimo tego, że ten system alarmowania opisany jest w NFPA 101 oraz innych przepisach budowlanych, nie jest on w pełni zrozumiały oraz wszędzie stosowany, w tym projektantów systemów SSP w USA.

Niech argumentem przemawiającym za indywidualizacją oceny budynków, zamiast określonego limitu łóżek czy pacjentów, będzie filozofia podejścia do analiz standardu bezpieczeństwa pożarowego, przedstawiona w normie BS PD 7974-6. Obejmuje ona analizę i ocenę charakterystyki budynku, standardów zarządzania nim w odniesieniu do bezpieczeństwa pożarowego i strategii działań w sytuacjach awaryjnych. Do najważniejszych aspektów przeprowadzonego audytu bezpieczeństwa należy przede wszystkim dogłębna analiza samej konstrukcji budynku oraz materiałów wykończeniowych i wyposażeniowych, które mają wpływ na rozwój pożaru, a tym samym istotnych z punktu widzenia efektywności ewakuacji.

Norma brytyjska daje nieco inne spojrzenie na problem ewakuacji z obiektu – istotne jest przeznaczenie budynku, w zależności od rodzaju prowadzonej działalności (np. biuro, centrum handlowe, kino, teatr itp.), a nie tylko liczba potencjalnych użytkowników – stałych lub tymczasowych. W polskich przepisach te rozróżnienia również funkcjonują, ale nie przekładają się wprost na założenia wprowadzane do modeli ewakuacji.

Układ i funkcja poszczególnych powierzchni użytkowych w budynku również mogą mieć wpływ na zachowania ludzi i sposób korzystania z dróg ewakuacyjnych. W sytuacji zagrożenia ludzie będą starali się wyjść tą drogą, którą do danego miejsca dotarli, uznając ją za bezpieczną, co może nie znaleźć odzwierciedlenia w rzeczywistości. Droga ta może nie być najkrótszą drogą ewakuacyjną lub będą znajdować się na niej takie elementy, jak dźwigi osobowe lub schody ruchome. Dlatego ewakuacyjne wychodzenie z budynku należy przećwiczyć. W przypadku, kiedy jest to np. miejsce pracy, szczególny nacisk podczas ćwiczeń ewakuacyjnych należy kłaść na wielokrotne przejście z danego obszaru w budynku po najkrótszej i najbezpieczniejszej drodze ewakuacyjnej, ze wskazaniem drogi alternatywnej, jeśli zagrożenie pojawi się na głównej drodze ewakuacyjnej. W przypadku obiektów wielkopowierzchniowych, typu galerie handlowe, właściwe kierowanie ruchem osób znajdujących się tam przypadkowo powinno być elementem szkolenia, w tym w postaci treningów opartych na znajomości podstaw psychologii i zachowań ludzkich w przypadku zagrożenia, a także treningów opartych o gry decyzyjne przy różnych scenariuszach zdarzeń.

Ocena stref ewakuacyjnych wewnątrz budynku prowadzona jest również pod kątem odporności ogniowej oddzieleń, a tym samym ułatwia planowanie ewakuacji pomiędzy strefami, dając ratownikom niezbędny czas na przybycie, bez konieczności ewakuowania całego budynku. Ten element nie jest zazwyczaj sprawdzany podczas obowiązkowych ćwiczeń ewakuacyjnych. Najczęściej bowiem organizatorzy ewakuacji podejmują decyzję o całkowitym opuszczeniu obiektu na zewnątrz.

Stosowane w Polsce przepisy przeciwpożarowe nakazują przeprowadzanie praktycznego sprawdzenia organizacji oraz warunków ewakuacji z całego obiektu, a nie jego części, o czym decyzję (w przypadku realnego zdarzenia) podejmuje kierujący działaniem ratowniczym. Do czasu przybycia straży pożarnej kierowanie akcją obejmuje kierownik zakładu pracy, właściciel obiektu lub osoba najbardziej energiczna i opanowana.

Każdy pracodawca ma obowiązek wyznaczenia w swoim zakładzie pracy pracowników do udzielania pierwszej pomocy oraz do wykonywania działań w zakresie zwalczania pożarów i ewakuacji pracowników (art. 2091 § 1 pkt 2 k.p.). Przepisy prawa pracy nie precyzują, czy może to być jedna osoba, czy też musi to być kilku różnych pracowników.

Liczbę pracowników wyznaczonych do udzielania pierwszej pomocy oraz do zwalczania pożarów i ewakuacji pracowników powinien ustalić pracodawca, uwzględniając wszelkie zagrożenia związane z prowadzoną działalnością, liczbę osób do ewakuacji, w tym klientów lub gości, a także uwzględnić, czy praca ma charakter zmianowy.

Nie ma określonych zasad, w jaki sposób i na podstawie jakich kryteriów należy prawidłowo powołać wymaganą osobę funkcyjną.

Norma brytyjska rekomenduje przeprowadzenie analiz aspektów mogących mieć wpływ na płynność ewakuacji, takich jak np. siła wiatru czy opady śniegu (w zależności od pory roku), co może np. wymusić konieczność wybudowania osłon drzwi ewakuacyjnych na zewnątrz budynku. Zmienne warunki pogodowe wpływają na komfort osób

ewakuowanych poza obiekt. Może wtedy być konieczne użycie koców termicznych, które powinny znajdować się tuż przy wyjściu, w odpowiedniej liczbie.

Do wypracowania właściwej i najbardziej efektywnej strategii ewakuacyjnej oraz przygotowania niezbędnej dokumentacji, jaka na późniejszym etapie posłuży do prowadzenia szkoleń z zakresu próbnych ewakuacji, niezbędne jest określenie dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji. Ważny jest także wymagany czas dostępnej ewakuacji. Zmiany tych dwóch parametrów, czyli wydłużenie pierwszego bądź skrócenie drugiego (o ile to konieczne) będzie zależało od wyników przeprowadzonych obliczeń lub symulacji. To najistotniejszy moment, którego pominięcie podważa sens jakiegokolwiek planowania, czy merytorycznej oceny tego, czy dany budynek jest bezpieczny dla ludzi, czy też nie.

6. NARZĘDZIA INŻYNIERSKIE ORAZ MODELOWANIE PROCESU EWAKUACJI

Pierwszym rozbudowanym matematycznym modelem krytycznego czasu ewakuacji był, powstały w 1955 r., model japońskiego badacza Kikuji Togawy [Pauls, 1987], uwzględniający szerokość drzwi i liczbę osób ewakuujących się przez te drzwi (przepustowość). Twórcami kolejnych modeli analitycznych byli: Jake Pauls, Harold E. Nelson, Murdoch Galbreath, Stanley J. Melinek i S. Booth [Cłapa i in., 2011].

W modelu, który opracował kanadyjski badacz Jake Pauls, prędkość ewakuacji pionowej wynosi 1,25 m/s, a według Nelson'a i Mowrer'a – 1,19 m/s. Natomiast Ando, Thompson, Marchant i Cuin uzależnili ten parametr od wieku i płci, a także kierunku ewakuacji pionowej.

W wyniku innych eksperymentów stwierdzono, że średnia prędkość schodzenia osób wynosiła 0,56 m/s. Dzieci (2–5 lat) i osoby starsze (>65 lat) poruszały się z prędkościami odpowiednio 0,45 i 0,43 m/s.

Prekursorem badań w zakresie ewakuacji ludzi z budynków w Wyższej Oficerskiej Szkole Pożarniczej był Edward Hamanowicz (pracownik WOSP i SGSP w latach 1973–1992). Studenci uczelni mieli również dostęp do literatury tłumaczonej z języka rosyjskiego [Rojtman, 1977]. Wzory empiryczne, dotyczące czasów ewakuacji, powstały na podstawie badań w skali rzeczywistej, dlatego wyniki obliczeń są zbieżne z uzyskiwanymi za pomocą najnowszych metod symulacji [Hamanowicz, 1988].

6.1. Cel ewakuacji

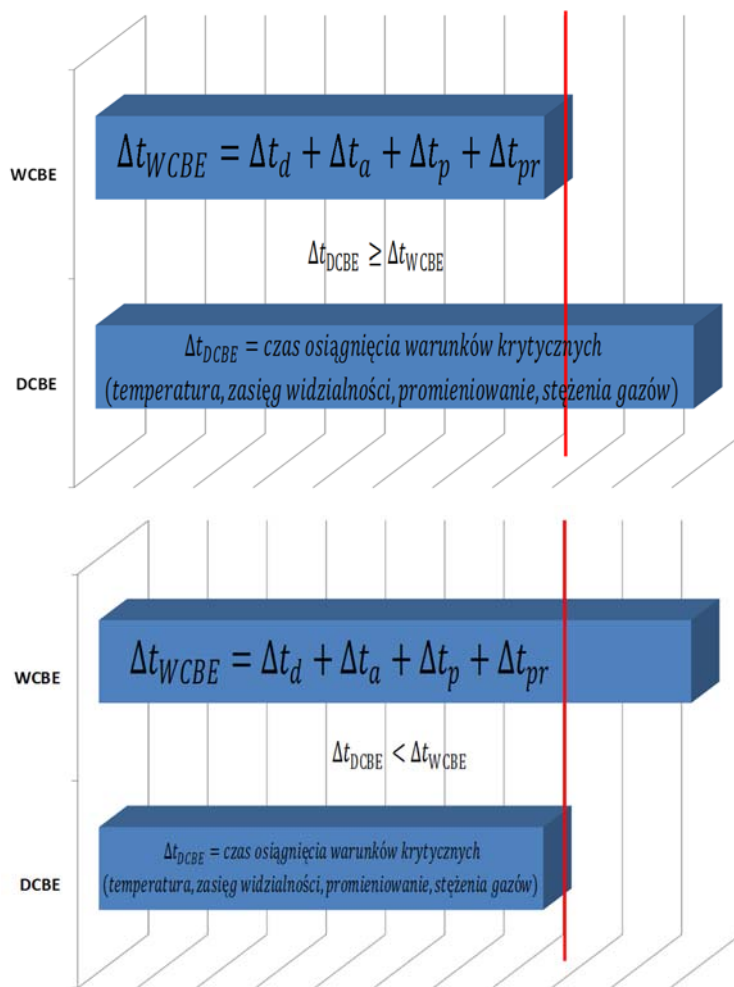
W normie BS PD 7974 (British Standards 2019) przyjęto do opracowania modelu dwa parametry: wymagany czas bezpiecznej ewakuacji **WCBE** (*ang.* RSET) oraz dostępny czas bezpiecznej ewakuacji **DCBE** (*ang.* ASET). Czas DCBE wyznaczany jest za pomocą programów do modelowania pożarów, poprzez oszacowanie czasu osiągnięcia parametrów granicznych, po przekroczeniu których ewakuacja uznana jest za zagrażającą życiu i zdrowiu. Parametry graniczne to:

- temperatura 60°C panująca na drodze ewakuacyjnej,
- zasięg widzialności 10 m na drodze ewakuacyjnej,
- wartość promieniowania cieplnego 2,5 kW/m²,
- stężenie toksycznych produktów spalania – w zależności od rodzaju gazu.

WCBE to sumaryczny czas, w jakim strefę zagrożoną opuści ostatnia osoba. Składają się na niego czasy:

- detekcji pożaru,
- alarmu,
- rozpoznania sytuacji,
- podjęcia decyzji i wyboru drogi ewakuacyjnej.

Na rys. 11. przedstawiono wszystkie elementy, wchodzące w skład czasów WCBE oraz DCBE. Czas DCBE składa się z WCBE powiększonego o parametr m , który jest „marginesem bezpieczeństwa” ($m = \Delta t_{DCBE} - \Delta t_{WCBE}$).



Rys. 11. Uprozczone schematy składowych czasów ewakuacji oraz związku między tymi czasami (po lewej – sytuacja bezpieczna, po prawej – wymagająca podjęcia działań korygujących)

Źródło: opracowanie własne na podstawie BS.

Warunki ewakuacji uznawane są za bezpieczne, kiedy spełniona będzie zależność $\Delta t_{DCBE} - \Delta t_{WCBE} \geq 0$. Istnieje wtedy pewność, że cały proces ewakuacji zostanie zakończony przed osiągnięciem warunków krytycznych na drogach ewakuacyjnych.

W przypadku, gdy czas DCBE jest krótszy od WCBE, należy podjąć niezbędne działania, które mają na celu poprawę warunków bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie, np.: zreorganizować drogi pożarowe, stworzyć dodatkowe wyjścia ewakuacyjne, przeprowadzić uzupełniające szkolenia dla osób odpowiedzialnych za ewakuację i zwiększyć częstotliwość ćwiczeń ewakuacyjnych.

6.2. Stosowanie metod numerycznych w Polsce

Programy symulacyjne rozwoju pożaru pozwalają na oszacowanie czasu, po którym ewakuacja staje się niebezpieczna lub niemożliwa bez pomocy profesjonalnych ratowników. Metody te mogą być interesującą alternatywą dla odgórnego narzucenia wyposażenia obiektów w techniczne systemy zabezpieczeń. Wskazują również inne – niezwykle istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa – elementy, których wdrożenie na wysokim poziomie może zapobiec kosztownym inwestycjom w techniczne systemy zabezpieczeń. Istotną funkcję skrócenia czasu ewakuacji pełnią szkolenia osób znajdujących się w obiekcie, a także osób funkcyjnych, lecz przeprowadzanie ich raz na dwa lata ma efekt głównie formalny, a nie faktyczny.

Metody analityczne sprawdzają się w Polsce i są stosowane w środowisku rzeczoznawców ds. zabezpieczeń ppoż., np. przy opracowaniu ekspertyz na potrzeby szpitali. Modelowanie pożarów i ewakuacji można wprowadzić już na etapie projektowania obiektu, aby najbardziej ryzykowne rozwiązania architektoniczne, z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego, wyeliminować przed rozpoczęciem inwestycji.

Wartym rozważania aspektem byłoby położenie większego nacisku na szkolenia i edukację w skomplikowanych, wielokondygnacyjnych obiektach i wcale nie musi być to kolejnym obowiązkiem organów PSP. Od kilkunastu lat Szkoła Główna Służby Pożarniczej kształci na dawnym Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego (obecnie Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności) cywilnych specjalistów z tego zakresu. Należałoby zrównać problematykę ochrony przeciwpożarowej z problematyką bezpieczeństwa i higieny pracy, poprzez wprowadzenie ustawowego obowiązku posiadania specjalisty z tego obszaru w obiektach o zwiększonym zagrożeniu. Nie chodzi o powtórzenie akcji „strażak w każdej firmie”, ale warto wiedzieć, że jeżeli chodzi o przemysł, takie wymagania bardzo często narzucają firmy ubezpieczeniowe.

6.3. Programy do symulacji ewakuacji

Rozwiązaniem bardziej zaawansowanym niż modele analityczne są komputerowe programy symulacyjne, służące do obliczania czasu, potrzebnego do ewakuacji budynku (ang. *egress models*). Są one najczęściej używane do analiz, opartych na właściwościach użytkowych, jako alternatywa dla klasycznego projektowania oraz do wyznaczania miejsc krytycznych podczas ewakuacji – tzw. wąskich gardeł (ang. *bottleneck*). Niektóre modele powiązane są z modelami strefowymi pożaru lub modelami polowymi (ang. *computational fluid dynamics*, CFD), w celu wyznaczenia czasu powstania granicznych – z punktu widzenia ewakuacji – warunków w budynku. Najbardziej zaawansowane modele ewakuacyjne zawierają interesujące opcje, jak na przykład psychologiczny efekt pożaru wywierany na użytkowników budynku, toksyczność dymu czy spadek widzialności. Niektóre modele posiadają rozbudowany moduł graficzny, pozwalający na obserwację ludzi podczas ewakuacji. Dane wejściowe to opis rozmieszczenia ludzi w budynku i geometria budynku (wyjścia, schody, windy, korytarze itp.). Wyniki analizy to przede wszystkim czas potrzebny do ewakuacji oraz lokalizacja miejsc zatłoczonych.

Tabela 3. Modele ewakuacyjne zestawione w ramach programu DIFISEK+

Model	Kraj	Obszar zastosowania
AEA EGRESS	USA	Model Egress – analiza rozmieszczenia użytkowników budynku.
ALLSAFE	Norwegia	Model Egress uwzględniający czynniki ludzkie.
ASERI	Niemcy	Przemieszczanie ludzi w budynkach o skomplikowanej geometrii; uwzględniane czynniki rozprzestrzeniania się dymu i ognia.
BGRAF	USA	Model Egress zawierający stochastyczny model podejmowania decyzji przez człowieka.
EESCAPE	Australia	Ewakuacja budynków wielopiętrowych przez klatki schodowe.
EGRESS	Wielka Brytania	Model Egress dla skomplikowanych geometrii z wizualizacją.
EGRESSPRO	Australia	Model Egress zawierający aktywację tryskaczy i detektorów.
ELVAC	USA	Ewakuacja budynków wielopiętrowych za pomocą wind.
EVACNET	USA	Określanie optymalnego planu ewakuacji.
EVACS	Japonia	Model ewakuacji.
EXIT89	USA	Ewakuacja budynków wysokościowych.
EXITT	USA	Model Egress z elementami zachowania ludzi.
EXODUS	Wielka Brytania	Ewakuacja budynków przemysłowych.
GRIDFLOW	Wielka Brytania	Symulacja Egress – oszacowanie czasu potrzebnego na ewakuację użytkowników każdego piętra budynku oraz całkowitego czasu ewakuacji.
PATHFINDER	USA	Model Egress.
PEDROUTE	Wielka Brytania	Symulacja ruchu pieszych.
SEVE_P	Francja	Model Egress z graficzną prezentacją wyników.
SIMULEX	Wielka Brytania	Model Egress oparty na współrzędnych.
STEPS	Wielka Brytania	Symulacja ruchu pieszych – wizualizacja 3D.
WAYOUT	Australia	Model Egress - część pakietu FireWind.

Źródło: Program DIFISEK+ (zebranie i ocena powszechnie dostępnego oprogramowania dla inżynierii bezpieczeństwa pożarowego), <http://www.ikb.edu.pl/PL/Syllabus/difisek%20WP4%20PL.pdf> (dostęp 05.05.2021).

Pogłębione analizy programów, wykorzystywanych do modelowania efektywności procesu ewakuacyjnego, z projektowanego lub istniejącego budynku o zadanym układzie pomieszczeń i dróg ewakuacyjnych, przeprowadzono w Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych [Friedman, 1992], [Gwynne, Galea, Owen, Lawrence, Filippidis, 1999c], [Kuligowski i in. 2010], [Olenick, Carpenter 2003], [Santos, Aguirre, 2004], [Watts, 1987]. Przy ocenie były brane pod uwagę elementy, takie jak: specyfika modelu (zastosowanie do konkretnego lub dowolnego typu budynku), dostępność oprogramowania, metoda modelowania, struktura modelu i sposób obrazowania, metody symulacji ruchu i zachowania ludzi, rodzaje danych wyjściowych, wykorzystanie parametrów pożaru,

sposób wizualizacji, konwersja geometrii z plików CAD, zgodność z badaniami w skali rzeczywistej (przeprowadzona walidacja), cechy szczególne oraz ograniczenia modeli. W ich przeglądzie podzielono programy ewakuacyjne na trzy podstawowe kategorie, ze względu na poziom ich zaawansowania w odwzorowaniu zachowania się osób podczas ewakuacji. Te kategorie to modele ruchu (brak zdolności behawioralnych), modele częściowo i w pełni behawioralne (symulowane jest podejmowanie decyzji i wynikających z nich zachowań).

Do programów bazujących tylko na modelach ruchu zostały zakwalifikowane: FPETool, EVACNET4, Takahashi's Fluid Model, PathFinder, TIMTEX, WAYOUT, Magnetic Model, EESCAPE, EgressPro, ENTROPY Model oraz STEPs.

Do częściowo behawioralnych: PEDROUTE/PAXPORT, EXIT89, Simulex, GridFlow i ALLSAFE, natomiast do w pełni behawioralnych: CRISP, ASERI, BFIRES-2, buildingEXODUS, EGRESS, EXITT, VEgAS, E-SCAPE, BGRAf, EvacSim, Legion.

Ostatni program, Myriad, nie został skategoryzowany.

Do specyficznych cech programów, które mają wpływ na ich końcową ocenę, zaliczono:

- możliwość zliczania ludzi w wybranych miejscach w obiekcie,
- definiowanie przeszkód i niedrożnych drzwi (zablokowane wyjścia ewakuacyjne),
- uwzględnienie wpływu pożaru na zachowanie ludzi,
- definiowanie grup ludzi,
- uwzględnienie specyfiki osób z niepełnosprawnościami lub o ograniczonej mobilności,
- uwzględnienie czasu reakcji na alarm,
- możliwość korzystania z wind,
- wpływ toksyczności gazów pożarowych,
- zachowania osobnicze,
- wstępny wybór dróg ewakuacyjnych.

Z końcowej oceny funkcjonalności, na podstawie przyjętych kategorii analizy, zostały wyłączone dwa programy: FPETool ze względu na fakt, że jest to program służący przede wszystkim do modelowania rozwoju pożaru, a pakiet ewakuacyjny jest tylko dodatkiem; oraz Myriad, który w znacznym stopniu różni się od innych modeli ewakuacji – skupiając się na ruchu tłumu, nie uwzględnia innych parametrów poddanych ocenie w ramach przeglądu.

Tabela 4. Modele ewakuacyjne zestawione w ramach [Kuligowski i in., 2010]

Model	Zastosowanie	Darmowy dostęp	Metoda modelowania	Sieć / Struktura	Optymalizacja modelu	Modele zachowań	Modele ruchu	Dane pożaru	CAD	Wizualizacja	Walidacja
EVACNET4	1	Y	M-O	C	G	N	UC	N	N	N	FD
Takahashi's Fluid	1	N2	M-O	C	G	N/FA	FA-D	N	N	2-D	FD
PathFinder	1	N3	M	F	I/G	N	D	N	Y	2-D	N
TIMTEX	4	Y	M	C	G/I	N	D	N	N	N	PE
WAYOUT	5	Y	M	C	G	N	D	N	N	2-D	FD
Magnetic Model	1	U	M	F	I	FA/I	FA	N	N	2-D	N
EESCAPE	5	N3	M	C	G	N	D	N	N	N	FD
EgressPro	5	N2	M	C	G	N	D	Y2	N	N	N
ENTROPY	5	U	M/PB	C	G/I	N	Ac K, FA	N	N	N	OM
STEPS	1	Y	M/PB	F	I	FA	P, E	N	Y	3-D	C
PED/PAX	3	Y/N2	PB	C	G	I	D	N	Y	2,3-D	N
EXIT89	1*	N1	PB	C	I	I/C(smkk)	D	Y1	N	N	FD
Simulex	1	Y	PB	Co.	I	I	ID	N	Y	2-D	FD, PE
GridFlow	1	Y	PB	Co.	I	I	D	N	Y	2,3-D	FD, PE
ALLSAFE	5	N3	PB	C	G	I	Un F	Y1,2	N	2-D	OM
CRISP	1	N3	B-RA	F	I	R/C, P	E, D	Y3	Y	2,3-D	FD
ASERI	1	Y	B-RA	Co.	I	R/C, P	ID	Y1,2	N, F	2,3-D	FD*
BFIRES- 2	4	N2/U	B-RA	F	I	R/C, P	UC**	Y2	N	N	N
BldEXO	1	Y	B	F	I	R/C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	FD
EGRESS 2002	1	N3	B	F	I	R/C, P	P, D	Y2	N	2-D	FD
EXITT	2	Y	B	C	I	R/C	C	Y1,2	N	2-D	N
VEgAS	1	N2/U	B	F	I	AI	ID	Y1?	Y	3-D	N
E-SCAPE	1	U	B	C	I	R/C, P	OML	Y2	N	2-D	N
BGRAf	1	N1	B	F	I	R/C, P	UC?	Y1,2	N, F	2-D?	FD
EvacSim	1	N1	B	F	I	R/C, P	D	Y2	N	N	N
Legion	1	Y	B	Co.	I	AI	D, C	Y2	Y	2,3-D	FD, OM

Źródło: Kuligowski [Kuligowski i in. 2010].

Wyjaśnienie symboli zawartych w tabeli:

- * szczególnie użyteczny w przypadku budynków wysokich i wysokościowych;
- ** użytkownik określa przedziały czasowe, osoba ewakuująca się przemieszcza się pomiędzy punktami siatki w każdym przedziale czasu;
- * walidacja na podstawie przeprowadzonych ćwiczeń ewakuacyjnych;
- ? brak danych do wypełnienia kategorii.

Przeznaczenie modelu w zależności od rodzaju budynku

- dowolny typ budynku;
- budynki mieszkalne;
- dworce autobusowe, stacje kolejowe i metra;
- budynki niskie i średniowysokie (poniżej 23 m);
- model uwzględniający tylko jedną drogę ewakuacyjną.

Dostępność oprogramowania

- (Y) oprogramowanie ogólnodostępne bezpłatnie lub za opłatą;
- (N) oprogramowanie niedostępne ze względu na następujące okoliczności:
 - (N1) brak wersji ogólnodostępnej,
 - (N2) nie jest już używane,
 - (N3) przeznaczone dla konkretnej firmy – klient otrzymuje jedynie gotowe wyniki symulacji;
- (U) brak danych.

Metoda modelowania

- (B) model behawioralny – modele, które uwzględniają postępowanie użytkowników obiektu, podejmowanie decyzji podczas ewakuacji, wynikające m.in. z warunków występujących w budynku, w tym rozwoju pożaru. (B-RA) dotyczy modeli, które mają możliwości oceny ryzyka;
- (M) model ruchu – modele uwzględniające przemieszczanie się ludzi między punktem początkowym a końcowym w budynku (ewakuacja na zewnątrz lub do bezpiecznej strefy); ich głównym zadaniem jest ustalenie obszarów krytycznych (zatory, kolejki lub wąskie gardła) w symulowanym budynku. (MO) dotyczy modeli optymalizacyjnych;
- (PB) modele częściowo behawioralne – modele, które przede wszystkim obliczają przepływ ewakuujących się osób z uwzględnieniem elementów ich zachowań. Do modeli możliwe jest wprowadzenie unikalnych cech ludzi, które mają wpływ na zachowania związane z wyprzedzaniem oraz oddziaływaniem dymu. Są one oparte na obserwacjach procesu ewakuacji w warunkach realnego zagrożenia.

Struktura modelu

- (F) model drobno sieciowy – podział pięter na kilka małych komórek, pomiędzy którymi przemieszczają się osoby ewakuujące się;
- (C) modele sieci zgrubnej – podział pięter na pomieszczenia, korytarze, klatki schodowe itp., osoby przechodzą z jednego takiego obszaru do drugiego;

- (Co) płaska siatka obliczeniowa (2D), na którą naniesiono rzuty kondygnacji konstrukcji, z możliwością przemieszczania się z jednego punktu w przestrzeni do drugiego w całym budynku, uwzględniając układ ścian i innych barier architektonicznych, które wpływają na indywidualny wybór trasy;

Wzajemna relacja model-osoba

Za pomocą tej podkategorii pokazano perspektywę, z jakiej:

- 1) model „widzi” osoby;

Jak model „widzi” ludzi:

- (G) globalnie;
- (I) indywidualnie;

2) osoby „widzą” budynek. Indywidualna perspektywa modelu polega na tym, że model „śledzi” ruchy osób podczas symulacji i może udzielić informacji o tych osobach w czasie ewakuacji (np. o ich bieżącej lokalizacji). Gdy model ma ogólny widok na osoby znajdujące się w budynku, postrzega je jako jednorodną grupę, zbliżającą się do wyjść. Indywidualna perspektywa jest więc bardziej szczegółowa, ale jej wybór zależy od celu symulacji. Jeśli użytkownik nie jest zainteresowany wiedzą o położeniu każdej osoby w trakcie symulacji lub przypisywaniem jej indywidualnych cech, wystarczy pogląd globalny.

- 2) Jak ludzie „widzą” budynek:

- (G) w sposób globalny;
- (I) w sposób indywidualny.

Indywidualny widok budynku to taki, w którym osoby nie znają struktury budynku (w tym dróg ewakuacyjnych) i decydują o trasie ucieczki na podstawie znaków ewakuacyjnych, osobistych doświadczeń i, w niektórych modelach, informacji od osób znajdujących się wokół nich. Globalna perspektywa umożliwiłaby poznanie od razu najlepszej drogi wyjścia, co oznaczałoby posiadanie pełnej wiedzy o sytuacji w całym budynku.

Model zachowań ludzkich

Zachowanie osób znajdujących się w analizowanym obiekcie jest symulowane w programach przez modele ewakuacji na wiele różnych sposobów. Oznaczenia związane z tą podkategorią są następujące:

- (N) brak modelu postępowania;
- (I) zachowanie niejawne;
- (R/C) reguły lub zachowania warunkowe;
- (FA) analogia funkcjonalna;
- (AI) sztuczna inteligencja;
- (P) model probabilistyczny.

Brak modelu postępowania (N) oznacza, że symulowany jest tylko aspekt ruchu ewakuacji. Zachowanie niejawne (I) dotyczy tych modeli, które uwzględniają opóźnienia reakcji części ewakuowanych osób, wynikających z ich przyjętej charakterystyki (np. wiek, poziom sprawności fizycznej), które rzutują na przebieg całego procesu ewakuacji. Zachowania warunkowe (C) lub regułowe (R) – metoda behawioralna „jeżeli-to” – odwzorowywane są przez modele, przypisujące indywidualne działania danej osobie lub ich grupie, a na czas ewakuacji mają wpływ warunki strukturalne lub środowiskowe. Analogia funkcjonalna (FA) dotyczy modeli stosujących zestawy równań fizycznych dla

całości populacji, doprecyzowujących jej ruch. Sztuczna inteligencja (AI) wspomaga natomiast modele, próbujące zasymulować ludzką logikę podczas całego procesu ewakuacji. Probabilistyczny (P) oznacza, że wiele reguł lub modeli warunkowych jest stochastycznych, co pozwala uzyskać różne wyniki za każdym powtórzeniem symulacji z identycznymi danymi wejściowymi. Również kilka modeli korzysta z danych, uwzględniających zmienne warunki pożaru (badania reakcji behawioralnej na ogień i dym) w celu przypisania zasad postępowania osobom, znajdującym się w takich warunkach. Te zachowania obejmują zawracanie, spowolnienie tempa przemieszczania się, zmianę sposobu ruchu np. czołganie się i wynikają ze zmiennych warunków środowiskowych.

Ponadto niektóre modele mają możliwość przypisywania prawdopodobieństw określonych zachowań poszczególnym grupom ludzi. Wiele częściowych modeli behawioralnych pozwala na probabilistyczny rozkład czasów poszczególnych etapów ewakuacji, prędkości przemieszczania się osób oraz stężeń toksycznych produktów spalania i określenie ich wpływu na ludzi.

Model ruchu

Podkategoria ta opisuje sposób, jaki zastosowano w symulacji do odwzorowania przemieszczania się osób w całym obiekcie. W przypadku większości modeli przyjęto niezakłócony ruch osób, z niewielką prędkością przepływu w punktach krytycznych (przewężenia). Różnice występują w modelach, gdy osoby znajdują się w sytuacji dużego zagęszczenia, co powoduje kolejki i zatory wewnątrz budynku. Dalej wymieniono różne sposoby, w jaki modele obrazują ruch osobowy i warunki ograniczonego przepływu:

- (D) Korelacja gęstości – model przypisuje prędkość i przepływ osób na podstawie ich zagęszczenia na danej przestrzeni. Obliczanie ruchu w zależności od tego czynnika, odbywać się może na podstawie trzech modeli, do których należą: model Fruin’a, Pauls’a oraz Predtechenskii’ego i Milinskii’ego.
- (UC) Wybór użytkownika – użytkownik przypisuje wartości prędkości, przepływu i gęstości dla określonych obszarów w budynku.
- (ID) Odległość między osobami – każdej osobie jest przypisana minimalna odległość od innych osób, przeszkód i elementów budynku (ściany, narożniki, poręcze itp.).
- (P) Potencjał – każda komórka w przestrzeni ma przypisaną określoną wartość liczbową, zmieniającą się w zależności od miejsca w budynku. Skutkuje on przemieszczaniem się osób w określonym kierunku. Osoby ewakuujące się „podążają” za mapą potencjału i za każdym krokiem lub pokonaniem komórki następuje obniżenie wartości potencjału tych komórek, przez które przechodzą. Potencjał trasy można zmienić za pomocą takich zmiennych, jak: poziom ciepłoty, przepustowość wyjścia, stopień znajomości budynku itp. (są one zwykle wprowadzane przez użytkownika).
- (E) Dostępność następnej komórki siatki – w niektórych modelach osoba nie wejdzie do komórki, która jest już zajęta poprzez obecność innej osoby. Dlatego osoba będzie czekała do chwili, kiedy następna komórka będzie dostępna. Jeśli więcej niż jedna osoba czeka na zwolnienie się tej samej komórki, to zadaniem modelu jest rozwiązywanie problemów, które pojawiają się przy podejmowaniu decyzji, dotyczących kolejności zajmowania wolnej komórki.

- (C) Warunki ruchu – w przypadku modeli warunkowych, ruch w całym budynku jest zależny od stanu otoczenia, konstrukcji, obecności innych osób ewakuujących się lub sytuacji pożarowej. W przypadku tego algorytmu nie przywiązuje się dużego znaczenia wewnętrznym zatorom w budynku.
- (FA) Analogia funkcjonalna – osoby znajdujące się w obiekcie postępują zgodnie z równaniami ruchu, wynikającymi z równań mechaniki płynów lub magnetyzmu. W niektórych przypadkach równania (np. hydromechaniki) zależą od zagęszczenia przestrzeni.
- (OML) Zewnętrzne powiązania modelu – ruch osób jest obliczany przez inny submodel, który jest powiązany z głównym modelem ewakuacji.
- (Ac K) Zdobywanie wiedzy – ruch opiera się wyłącznie na wiedzy nabytej podczas wirtualnej ewakuacji. Ten model nie zwiera algorytmu ruchu, ponieważ nie jest obliczany czas ewakuacji, tylko określone są obszary zatorów, wąskich gardeł itp.
- (Un F) Swobodny przepływ – w tym modelu obliczany jest niezakłócony przepływ osób. Do obliczonego czasu ewakuacji dodawane są opóźnienia (lub odejmowane przyspieszenia)

Parametry pożaru

Ta podkategoria zawiera informacje, czy dany model umożliwia użytkownikowi uwzględnienie zmiennych warunków pożaru w symulacji ewakuacji. Jednak samo uwzględnienie tych danych, znajdujących się w importowanym pliku, może odbywać się na kilka sposobów, które będą miały wpływ na końcowy wynik. Model może uwzględniać dane pożaru w następujący sposób:

- (Y1) importowanie danych pożaru z innego modelu;
- (Y2) model pozwalający użytkownikowi na wprowadzenie danych dotyczących pożaru w określonych momentach podczas ewakuacji;
- (Y3) model posiada własny submodel rozwoju pożaru;
- (N) model nie zawiera danych pożarowych i przeprowadza wszystkie obliczenia w trybie „ewakuacji próbnej” – bez oddziaływania skutków pożaru.

Celem tworzenia modeli ewakuacyjnych, które korzystają z takich danych i prowadzenia za ich pomocą symulacji, jest ocena bezpieczeństwa ewakuacji w zależności od warunków panujących na drogach komunikacyjnych. W 2002 r. Purser opracował model umożliwiający obliczenie wartości krytycznej stężenia gazów u osób narażonych na inhalację CO, HCN, CO₂ oraz obniżoną zawartość O₂ w powietrzu. Wiele modeli, które uwzględniają toksyczność produktów spalania w przestrzeniach budynku, używa modelu Pursera do obliczania czasu utraty przytomności przez poszczególne osoby. Naukowiec ten rozwinął również algorytmy obliczania skutków oddziaływania ciepła i drażniących gazów. Niektóre modele zawierają dane zebrane przez japońskich naukowców w zakresie fizycznego i fizjologicznego oddziaływania dymu pożarowego na ewakuowanych. Eksperymenty przeprowadzane były w 1985 r. z udziałem ochotników, którzy poddawani byli oddziaływaniu dymu o określonym stopniu gęstości i toksyczności. Badano zasięg widzialności oraz prędkość poruszania się w znacznym zadymieniu. Analizowano szybkość reakcji i stabilność emocjonalną osób przebywających w korytarzach o podwyższonej temperaturze, wypełnionych gęstym i drażniącym dymem. Uzyskane wówczas dane są wykorzystywane w niektórych modelach w opisie procesu

spowolnienia ewakuacji, a także do określenia warunków, prowadzących do zmiany sposobu poruszania się w niektórych przestrzeniach, z normalnego do czołgania się.

Badania prowadzone we współpracy amerykańsko-brytyjskiej (Bryan i Wood) miały na celu wyznaczenie korelacji między zasięgiem widoczności w dymie a liczbą procentową osób znajdujących się wewnątrz zadymionego pomieszczenia, które mogłyby samodzielnie je opuścić. Dane te są nadal wykorzystywane w modelach do oceny, kiedy niektóre osoby zawrócą, zamiast przedostawać się przez wypełnioną dymem przestrzeń, jednak nie są one kompletne.

Import geometrii CAD

Ta podkategoria określa, czy dane oprogramowanie umożliwia użytkownikowi importowanie do modelu plików z programu do wspomagania projektowania (CAD). W wielu przypadkach metoda ta oszczędza czas i pozwala na bardziej precyzyjne odwzorowanie rzeczywistych kształtów i wymiarów obiektu, znacząco obniżając możliwość popełniania błędów.

- (Y) opcja dostępna;
- (N) opcja niedostępna;
- (F) możliwość wprowadzania korekt do modelu.

Wizualizacja wyników

Wizualizacja pozwala użytkownikowi zobaczyć, gdzie znajdują się wąskie gardła i punkty zatoru w obiekcie.

- (2-D) wizualizacja 2-wymiarowa;
- (3-D) wizualizacja 3-wymiarowa;
- (N) brak możliwości wizualizacji.

Walidacja

Modele zostały również sklasyfikowane według metody badań walidacyjnych.

- (C) walidacja pod kątem wymagań normatywnych;
- (FD) walidacja oparta o rezultaty próbnych ewakuacji lub innych eksperymentów związanych z przemieszczaniem się ludzi;
- (PE) walidacja literaturowa na podstawie wyników wcześniejszych eksperymentów, dotyczących ewakuacji (np. natężenia przepływu);
- (OM) walidacja wzajemna modeli;
- (N) brak danych na temat walidacji.

Niektóre modele behawioralne przeprowadzą analizę jakościową zachowań w populacji. Chociaż jest to problematyczne, ponieważ modelowanie zachowania się osób opiera się na wynikach uzyskanych podczas ćwiczeń ewakuacyjnych, a nie w przypadku realnego pożaru.

W przeważającej większości modeli, osoby ewakuujące się zachowują się zgodnie ze ściśle określonymi zasadami lub zależnie od sytuacji pożarowej. Przykładowo, jeśli przed klatką schodową znajduje się warstwa dymu, oznacza to utrudnienia, ze względu na ograniczenie widzialności i toksyczność gazów pożarowych. Algorytm może zawierać zasadę dotyczącą zawrócenia i przejścia do innego wyjścia ewakuacyjnego, jeśli gęstość optyczna dymu przekroczy zadaną wartość. Zachowanie zaimplementowane w modelach jest więc w większości przypadków zdominowane przez określone zasady „jeżeli-to” i warunki otoczenia, w tym środowiska pożarowego (jeśli model to uwzględnia).

Programami ze specyficznymi modelami zachowania są VEGAS (usługa modelowania zachowania się dużego tłumu wykonywana jest tylko na zlecenie przez firmę Crowd Dynamics) i Legion (strona internetowa programu jest już niedostępna). Zgodnie z deklaracją twórców obu programów modele te próbują symulować ludzką inteligencję podczas ewakuacji za pomocą sztucznej inteligencji (AI), co wydaje się stanowić najbardziej zaawansowaną metodę, jednak nie są one udostępnione do prowadzenia własnych badań i analiz.

Najbardziej popularnym z wymienionych w opracowaniu programów, wśród osób modelujących proces ewakuacji w Polsce, jest PathFinder, STEPs oraz niewymieniony w zestawieniu FDS+Evac (spełnia on wymagania założeń przyjętych w opracowaniu NIST, ale w okresie opracowywania przeglądu moduł ewakuacyjny nie był jeszcze dostępny).

Moduł ewakuacyjny stanowi uzupełnienie programu do symulacji pożaru FDS, i – podobnie jak program podstawowy – jest dostępny bezpłatnie. FDS+Evac umożliwia jednoczesną symulację procesów pożaru i ewakuacji, ale również może być używany do symulacji samego procesu opuszczania budynku, bez uwzględniania oddziaływania pożaru, np. na potrzeby ćwiczeń ewakuacyjnych. Każda osoba znajdująca się w obiekcie jest w modelu traktowana jako indywidualny byt (tzw. „agent”), który ma spersonalizowane cechy i strategię ucieczki. Ruch agentów jest symulowany na dwuwymiarowej płaszczyźnie, reprezentującej poszczególne kondygnacje budynków. Podstawowy algorytm ruchu w kierunku do wyjścia rozwiązuje równania dla każdego agenta w czasie i w przestrzeni dwuwymiarowej. Zachowania poszczególnych agentów są wynikiem oddziaływań czynników psychologicznych [Helbing, 1995, 2000, 2002] oraz środowiskowych (struktura budynku wraz z efektami pożaru). W celu modyfikacji modelu do lepszego opisu kształtu ludzkiego ciała zastosowano technikę elementów dyskretnych (DEM) do modelowania dynamiki tłumu [Langston i in., 2006].

Zgodnie z tą metodą każda osoba jest odwzorowana przez trzy nakładające się okręgi – z pozycją, orientacją i prędkością w układzie dwuwymiarowym. Modelowane są oddziaływania pomiędzy elementami (ściany, inni ludzie itp.), siły psychologiczne oraz te, związane z motywacją do działania.

Wyniki symulacji uzyskiwane za pomocą metody elementów dyskretnych są uznawane za dość realistyczne przy scenariuszach, zakładających duże skupienie tłumu, ale bardziej złożone sytuacje, takie jak zachowanie ludzi w supermarkecie, wymagałyby użycia sztucznej inteligencji.

Należy zauważyć, że większość modeli ewakuacji dostępnych na rynku pozwala jedynie na jednokierunkowe sprzężenie między symulacją pożaru a zachowaniem podczas ewakuacji [Gwynne, Galea, Lawrence, Filippidis, 2001]. Oznacza to, że rozwój pożaru może wpływać na symulowane zachowanie człowieka, ale działania ewakuowanych (np. próby gaszenia pożaru, otwieranie drzwi itp.) nie mogą automatycznie wpływać na pożar [Ronchi, 2020].

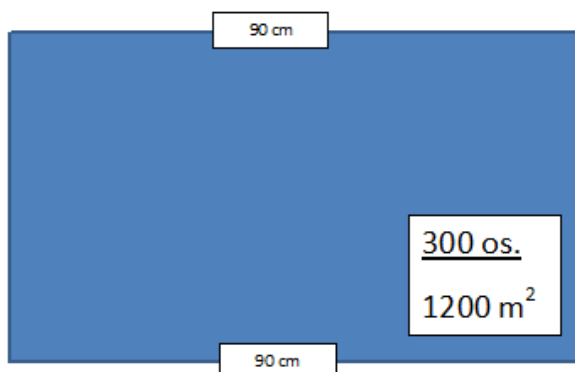
Natomiast kompleksowa ocena strategii ewakuacji w budynkach wysokościowych została sporządzona w ramach Raportu technicznego NFPA [Ronchi, Nilsson 2013].

Stanowi on uzupełnienie wcześniejszych przeglądów dostępnych programów symulacyjnych, ponieważ uwzględniono w nich tylko to, czy dany program da się zastosować w modelowaniu ewakuacji budynków wysokościowych, bez pogłębionej analizy ich przydatności do tego celu. Opis tych programów, z uwzględnieniem szczególnych uwarunkowań takich konstrukcji, przedstawiony został w rozdziale dotyczącym tego typu budynków.

6.4. Wpływ umiejscowienia wyjść ewakuacyjnych na plynność procesu – przykład praktyczny

Badany problem przedstawiono na najprostszym możliwym przykładzie. W § 236–238 „Warunków technicznych...” przedstawione zostały wymagania dotyczące zapewnienia bezpiecznej ewakuacji z obiektu. W symulacji przeprowadzonej w programie FDS+Evac, przyjęto następujące parametry wejściowe:

- a) typ obiektu: handlowo-usługowy,
- b) wymiary: 40 m × 30 m (powierzchnia 1200 m²),
- c) maksymalna liczba osób: 300 (4 m²/osobę),
- d) wymagana łączna szerokość drzwi w świetle: 1,8 m (0,6 m szerokości na 100 osób) – aby spełnić ten wymóg zastosowano różne rozmieszczenie drzwi (2 x 0,9 m), w następujący sposób:
 1. Naprzeciwko, jak na rys. 12
 2. Naprzeciwko, ale po rogach (po przekątnej)
 3. Naprzeciwko, ale na krótkich ścianach
 4. Obok siebie, tak, aby długość przejścia nie przekraczała 40 m i żeby były oddalone od siebie o co najmniej 5 m



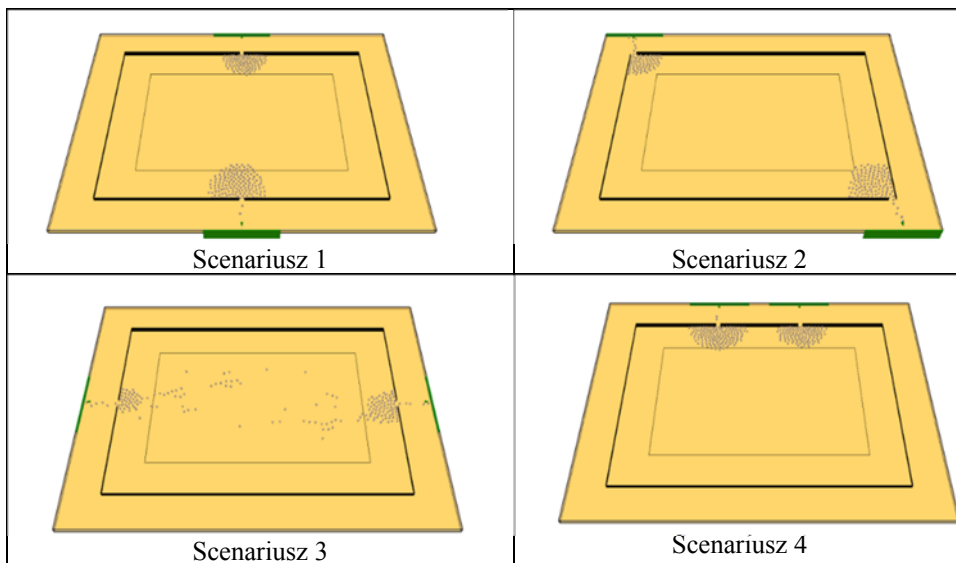
Rys. 12. Scenariusz 1 symulacji ewakuacji w obiekcie handlowo-usługowym

Źródło: opracowanie własne.

W każdym z tych przypadków zostały spełnione wymagania zawarte w przepisach przeciwpożarowych i wydawać by się mogło, że ułożenie wyjść z pomieszczenia nie ma wpływu na czas ewakuacji, bo nie jest to uwzględnione w aktach prawnych. Wyniki symulacji mówią jednak coś innego. Okazuje się, że rzecz, wydająca się na trywialną, ma zasadnicze przełożenie na czas „wypływu” strumienia ludzi z obiektu. Różnice wymaganych czasów bezpiecznej ewakuacji (WCBE), wyznaczanych na podstawie tylko jednego elementu, jakim jest rozmieszczenie drzwi, mogą być trzykrotne. Najszybszy przebieg ewakuacji odnotowano w scenariuszach 2 i 3, to jest w przypadkach, kiedy paradoksalnie ludzie mieli do pokonania największą odległość do wyjść, a tym samym nie tworzyły się przy nich duże zatory. Najgorszymi scenariuszami, pod względem czasów opuszczenia strefy, były te oznaczone numerami 1 i 4, a więc kiedy drzwi ewakuacyjne znajdowały się na najdłuższym boku pomieszczenia o prostokątnym kształcie. W tym przypadku, osoby podlegające ewakuacji miały do pokonania najkrótszą

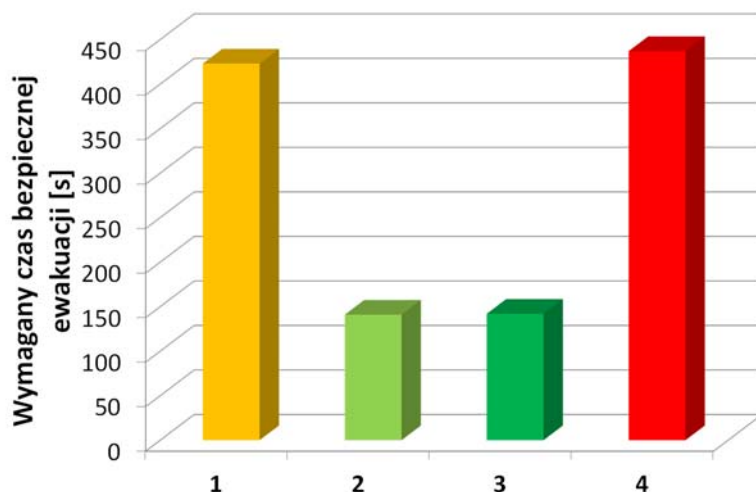
drogę do drzwi i gromadziły się w ich świetle, tym samym powodując zatory. Taka sytuacja nie tylko wydłuża czas ewakuacji, ale może też powodować do powstania paniki i urazów. Na wykresie (rys. 14) przedstawiono porównanie czasów ewakuacji dla wszystkich czterech wariantów.

Wizualizację wyników symulacji pokazano na rys. 13.



Rys. 13. Wyniki symulacji dla poszczególnych scenariuszy ewakuacji po czasie 57 s

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników symulacji przy użyciu programu FDS.



Rys. 14. Wykres słupkowy z porównaniem czasów ewakuacji WCBE według scenariuszy 1–4

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników symulacji przy użyciu programu FDS.

W powyższym przykładzie obliczeniowym wykorzystano model FDS+Evac przy najprostszyc założeniach, czyli ewakuacji z obiektu nieobjętego pożarem oraz z pomińciem wyposażenia pomieszczeń, jakimi byłyby regały sklepowe i inne elementy wystroju.

W celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa pożarowego, a także możliwości znaczącego powiększenia rozmiarów stref pożarowych stosuje się rozwiązania, znane jako techniczne systemy zabezpieczeń lub techniczne środki zabezpieczeń. Ich duże zróżnicowanie oraz stopień przydatności zasługują na bliższe zapoznanie się z nimi [Tuśnio, Wolny, 2020].

6.5. Stosowanie technologii wirtualnej rzeczywistości w badaniu procesu indywidualnych decyzji osób ewakuujących się

Aktualny poziom zaawansowania technologicznego umożliwił grupie badaczy z amerykańskiego uniwersytetu w Gainesville na Florydzie przeprowadzenie eksperymentu w środowisku wirtualnej rzeczywistości, który miał na celu określenie skłonności do podejmowania ryzyka osób znajdujących się w obiekcie objętym pożarem [Fu, Liu, Zhang, 2021]. Wiarygodność badań była bezpośrednio uzależniona od dwóch parametrów: poziomu immersji scenariuszy stosowanych w rzeczywistości wirtualnej oraz ankietyowanego badania skłonności do podejmowania ryzyka w sytuacjach codziennych przez uczestników eksperymentu. Immersja to określenie procesu takiego oddziaływania na zmysły człowieka przez rzeczywistość wirtualną, że wywołuje ona reakcje zgodne z tym co dana osoba zrobiłaby w realnych warunkach. W ramach tego badania określono wpływ poziomu zadymienia, indywidualnych preferencji w zakresie ryzyka i zachowania osób znajdujących się w najbliższym otoczeniu na indywidualne, ryzykowne decyzje dotyczące przejścia przez zadymione obszary. Wybór najkrótszej drogi ewakuacji w niebezpiecznym obszarze, takim jak zadymiony korytarz lub schody, jest najbardziej typowym zachowaniem ryzykownym, co znajduje swoje odzwierciedlenie w literaturze naukowej już od początku lat 70. XX w. Przechodzenie przez dym jest szeroko obserwowane w przypadku ewakuacji przeciwpożarowych budynków. Zespół dr Guylène Proulx w 1995 r. zbadał przypadek pożaru w wieżowcu. Analizy wykazały, że 95% osób, które znajdowały się powyżej piętra objętego pożarem deklaratywnie akceptowało ryzyko ewakuacji w dół zadymionymi korytarzami lub schodami, jednak 39% całkowicie zrezygnowało z ewakuacji i zostało w swoich mieszkaniach z powodu zbyt dużej ilości dymu i ciepła, i ostatecznie opuściło budynek z pomocą strażaków lub policjantów [Proulx, Pineaum Latour, Stewart, 1995]. Eksperyment niderlandzkiego zespołu Margrethe Kobes z 2010 r. z przeprowadzeniem ewakuacji w hotelu wykazał, że 31% uczestników nadal korzystało z silnie zadymionej lecz najkrótszej drogi, mimo że było kilka innych alternatywnych dróg, które nie były w ogóle zadymione [Kobes, Helsloot, de Vries, Post, 2010a]. W Niemczech przeprowadzono również niezapowiedziane ćwiczenia ewakuacyjne w budynku uniwersytetu, by potem przeprowadzić badania ankietowe wśród jego użytkowników. Jak pokazały wyniki, 65% respondentów zadeklarowało, że prawdopodobnie przejdzie przez zadymiony obszar w celu szybszej ewakuacji [Hofinger, Zinke, Künzer, 2014].

Wybór wyjścia i drogi to jeden z najpopularniejszych obszarów w badaniach eksperymentalnych opartych na VR. Dzięki takiemu podejściu, naukowcy zbadali oddziaływanie różnych czynników środowiskowych, takich jak układ budynku, rozmieszczenie i wymiary wyjść, zasięg widzialności oraz oznakowanie. Eksperymenty w środowisku VR umożliwiają również analizę psychologiczną (zachowania unikające,

afiliacyjne, kooperatywne i konkurencyjne), wpływ cech osobowości, poziomu wiedzy, umiejętności i doświadczenia.

Istotną kwestią dla eksperymentalnego podejścia, opartego na VR, jest to, czy obserwacje z eksperymentów VR są spójne z ludzkim zachowaniem w rzeczywistych sytuacjach. Zgodność tą w znacznej mierze potwierdziły wyniki badań zespołu Margrethe Kobes [Kobes, Helsloot, de Vries, Post, 2010b]. Do podobnych wniosków doszedł zespół Kinaterder i Warrena w 2016 r., badając wpływ społeczny na indywidualne decyzje, dotyczące ewakuacji, podczas reagowania na alarm pożarowy, zarówno w środowisku wirtualnym, jak i rzeczywistym [Kinaterder, Warren, 2016].

W zależności od scenariusza, liczba awatarów była zmienna (tj. brak awatarów, dwa i cztery awatary), podobnie jak wybór drogi ucieczki (tj. skręć w lewo, aby skorzystać z trasy 1 i skręć w prawo, aby skorzystać z trasy 2). Wszystkie awatary zawsze ewakuowały się razem, nie rozdzielając grupy na skrzyżowaniu. W rezultacie, uczestnicy powtarzali pięć razy każdy scenariusz z danym poziomem zadymienia, co prowadziło w sumie do 15 prób testowych dla każdego uczestnika (tab. 5).

Tabela 5. Lista prób testowych

Nr	Opis scenariusza	Nr	Opis scenariusza
1	Bez dymu, brak awatarów	9	Lekkie zadymienie, cztery awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)
2	Bez dymu, dwa awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)	10	Lekkie zadymienie, cztery awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)
3	Bez dymu, dwa awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)	11	Gęsty dym, brak awatarów
4	Bez dymu, cztery awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)	12	Gęsty dym, dwa awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)
5	Bez dymu, cztery awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)	13	Gęsty dym, dwa awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)
6	Lekkie zadymienie, brak awatarów	14	Gęsty dym, cztery awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)
7	Lekkie zadymienie, dwa awatary, korzystające z krótszej drogi (trasa 1)	15	Gęsty dym, cztery awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)
8	Lekkie zadymienie, dwa awatary, korzystające z dłuższej drogi (trasa 2)		

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Fu i in., 2021].

Wyniki eksperymentów dla osób, które zajmują się zawodowo ochroną przeciwpożarową nie są zaskakujące. W scenariuszach, gdzie nie występowało zady-

mienie, krótszą drogą ewakuowało się 89% uczestników, przy lekkim zadymieniu na wybór tej drogi zdecydowało się 55% uczestników, a 25% przy silnym zadymieniu. Nawet silne zadymienie nie zniechęca jednak całkowicie do korzystania z krótszej trasy wyjścia. Przyjmując wiarygodność eksperymentu w pełnym zakresie, okazuje się, że co czwarta osoba podejmie takie ryzyko. Ludzie nie zawsze traktują zadymioną trasę jako całkowicie niebezpieczną, uważając że przechodząc przez nią i tak kierują się w bezpieczne miejsce. Potwierdziły to analizy, jakie przeprowadzono na podstawie zachowań ludzkich w realnych pożarach. Bardzo zbliżone wyniki uzyskały trzy niezależne grupy badawcze.

Innym, lecz równie oczywistym wnioskiem, jest korelacja pomiędzy wysoką skłonnością do podejmowania ryzyka a wyborem drogi ucieczki. Im wyższa tolerancja do podejmowania ryzyka, tym częstszy wybór krótszej drogi.

Po trzecie, w różnych scenariuszach zbadano wpływ preferencji ryzyka na wybór trasy. W scenariuszach bez dymu nie było znaczącej różnicy w tolerancji ryzyka między uczestnikami ewakuującymi się trasami 1 i 2. Dlatego w tym przypadku tolerancja ryzyka nie wpłynęła na wybór trasy przez uczestników, ponieważ nie było różnicy w bezpośrednim ryzyku między dwiema dostępnymi trasami. Postrzeganie ryzyka jest zasadniczo czynnością poznawczą, która pozwala dostrzec ryzyko nieodłącznie związane z daną sytuacją. Zgodnie z modelem decyzji o działaniu ochronnym, sygnały środowiskowe i wcześniejsze przekonania, dotyczące zagrożeń, wpływają na sytuacyjne postrzeganie osobistego ryzyka. Jednakże nie przekłada się to jeden do jednego w jeśli chodzi o skłonności do podejmowania ryzyka o nieznaczących konsekwencjach w życiu codziennym, a w sytuacji kryzysowej. Te ryzykowne zachowania obejmują tylko zdarzenia o ograniczonym ryzyku, które jest bliskie poziomowi ryzyka ewakuacji przez lekkie zadymienie. W związku z tym, uczestnicy mogą mieć podobny poziom postrzegania ryzyka w takich sytuacjach, a co za tym idzie – stałą tendencję do podejmowania ryzyka.

Natomiast w znacznej części przypadków, skłonności do podejmowania ryzyka przy zagrożeniach na poziomie niezagrażającym bezpośrednio zdrowiu i życiu nie przekładały się na decyzje o przejściu przez obszar silnego zadymienia. Fakt, że instynkt stadny ma niebagatelny wpływ na zachowanie w sytuacjach kryzysowych, również nie jest wnioskiem rewolucyjnym, ponieważ w takich sytuacjach indywidualne osoby podejmują decyzje na podstawie zachowań grupy i podążają za osobą najbardziej zdecydowaną, która wygląda na taką, która wie, co robi (choć nie zawsze jest to zgodne ze stanem faktycznym). Ciekawostką jest fakt, że zwiększenie liczby osób udających się w jedną stronę nie ma jakiegoś drastycznego wpływu na zmianę preferencji co do kierunku ewakuacji uczestników eksperymentu – zwiększenie liczby awatarów z 2 do 4 wpłynęło jedynie na decyzję około 2% osób przy wyborze krótszej trasy, a przy wyborze dłuższej praktycznie nie uległ zmianie [Fu i in., 2021].

6.6. Wykorzystanie doświadczeń ze stosowania symulacji numerycznych do zmian w obowiązującym prawie

Warte rozważenia są zmiany zasad określania wymogów stosowania technicznych systemów zabezpieczeń, również w zależności od komplikacji układów komunikacyjnych budynków, a nie liczby pacjentów czy łóżek.

Wskazane wydaje się uzupełnienie wytycznych dotyczących instalacji SSP o funkcje alarmu w trybie cichym w placówkach ochrony zdrowia.

Wyniki uzyskane za pomocą metody BS odbiegają znacząco od rezultatów innych, wymienionych w opracowaniu modeli. Standard ten może stanowić podstawę do wiarygodnego wyznaczania czasów ewakuacji, o ile proces tworzenia zintegrowanego systemu bezpieczeństwa pożarowego opiera się wyłącznie na wytycznych BS. Dlatego warto byłoby pokusić się o przygotowanie autorskiego standardu zgodnego z polskimi realiami.

Doświadczalne porównanie czasów obliczeniowych z rzeczywistymi przy użyciu przedstawionych modeli matematycznych pozwala stwierdzić, że wyniki otrzymane z modelu Kikuji Togawy są najbardziej zbliżone do czasu rzeczywistej ewakuacji, a błąd wynosi nie więcej niż 20%.

7. TECHNICZNE ŚRODKI ZABEZPIECZEŃ

W niniejszym rozdziale przedstawiono komponenty wybranych systemów przeciwpożarowych, stosowanych w budynkach użyteczności publicznej. Szczególną uwagę zwrócono na aspekt warunków bezpiecznej ewakuacji, możliwej ogólnodostępnymi drogami komunikacyjnymi. Jednym z takich urządzeń jest dynamiczny system ewakuacji (ang. *Dynamic Evacuation System*, DES), którego główną zaletą jest dostosowywanie przebiegu dróg ewakuacyjnych w zależności od rozwoju pożaru lub innych zagrożeń, występujących w obiekcie. Przedstawiono również koncepcję wydłużenia dostępnego czasu ewakuacji poprzez instalację stałych urządzeń gaśniczych w budynkach mieszkalnych na podstawie normy NFPA 13R (*Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Low-Rise Residential Occupancies*).

Bazując na danych statystycznych, zbieranych przez WFSC (*World Fire Statistics Center*), szacuje się, że rocznie średnio 40 000 ludzi ginie w pożarach. W latach 1993–2018 zginęło z tego powodu prawie 1 mln 100 tys. osób na świecie.

Wyznaczanie dróg ewakuacyjnych, wykonywane podczas opracowywania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego służy do wskazania najkrótszych dojsć i przejść ewakuacyjnych na zewnątrz budynku, bądź do bezpiecznej strefy. Jednak nie jest możliwe, aby podczas opracowania takiego dokumentu uwzględnić wszelkie scenariusze zdarzeń, które mogą mieć miejsce w danym obiekcie. Zdarzyć się bowiem może, że droga ewakuacyjna będzie zadymiona, ponieważ polskie prawo „dopuszcza” wykonanie okładzin ściennych z materiałów łatwopalnych na drogach ewakuacyjnych dwukierunkowych, na podstawie zapisu:

Podstawą do stwierdzenia, ... że użytkowany budynek istniejący uznaje się za zagrażający życiu ludzi, gdy występujące w nim warunki techniczne nie zapewniają możliwości ewakuacji ludzi... jest występowanie w pomieszczeniu strefy pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL I, ZL II lub ZL V albo na drodze ewakuacyjnej... m.in. okładziny ściiennej z materiału łatwo zapalnego na drodze ewakuacyjnej, jeżeli nie zapewniono dwóch kierunków ewakuacji. Na takiej drodze ewakuacyjnej może powstać pożar lub w wyniku katastrofy budowlanej bądź wybuchu stanie się ona niedrożna.

Źródło: Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r., nr 109, poz. 719) Zostało to pokazane na rys. 15.

Próbne ewakuacje bardzo rzadko uwzględniają taki element i nawet stali użytkownicy obiektu, pod wpływem ograniczonej przejrzystości powietrza i silnego stresu, mogą mieć problem z odnalezieniem właściwej drogi ewakuacji. Innym aspektem może być nadmierne obciążenie danej drogi ewakuacyjnej, w związku z tym, w celu usprawnienia całego procesu opuszczania budynku, część ludzi można pokierować trasami alternatywnymi. Możliwość kierowania strumieniami ludzi daje właśnie dynamiczny system ewakuacji. Analiza sytuacji prowadzona jest w czasie rzeczywistym, a optymalne drogi ewakuacyjne określone są dzięki wysokowydajnym obliczeniom.

W Polsce pierwszym dużym i skomplikowanym obiektem wyposażonym w system sygnalizacji pożaru (SSP), w skład którego wchodzi dynamiczny system ewakuacji, jest Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku. Steruje on drzwiami na drogach ewakuacyjnych, kurtynami dymowymi oraz oświetleniem ewakuacyjnym.

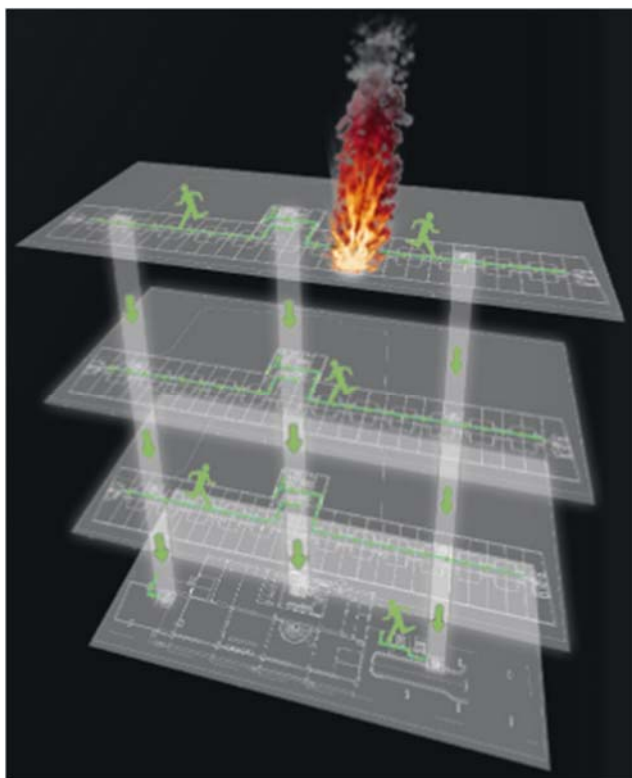
7.1. Rodzaje systemów oznakowania ewakuacyjnego

Rozróżnia się trzy rodzaje takich systemów w zależności od stopnia ich zaawansowania:

1. Proste systemy oznakowania, znaki typu „Wyjście ewakuacyjne” lub „Kierunek drogi ewakuacyjnej” podświetlane w sposób wskazujący bezpieczny kierunek ewakuacji lub oświetlenie dróg prowadzących do dostępnych wyjść z budynku (rys. 16).
2. Dynamiczne systemy znaków, które zmieniają wskazany kierunek ewakuacji w zależności od charakteru i miejsca zdarzenia awaryjnego. Biblioteka możliwych tras jest opracowywana podczas projektowania z wykorzystaniem modelowania ewakuacji ludzi, w celu ustalenia tras i zidentyfikowania rozwiązań, które minimalizują zatory i kolejki przy wyjściach ewakuacyjnych lub przewężeniach (rys. 17).
3. Dynamiczne systemy oznakowania, działające w czasie rzeczywistym, które obejmują przeprowadzanie symulacji za pomocą modelowania numerycznego na podstawie zmieniających się warunków. Trasy ewakuacyjne są automatycznie zmieniane, w zależności od rozwoju zdarzenia, przy użyciu zaawansowanego algorytmu. Tego typu systemy posiadają możliwość sterowania ręcznego ze stanowiska kierowania, jeśli z jakichś powodów następuje konieczność ingerencji w działanie oprogramowania, w przypadku zmiany sytuacji lub braku kompletnych danych, np. zaniku sygnału z kamer (schemat rozwiązania pokazano na rys. 18).

Według danych producenta takich systemów – tajwańskiej firmy HEX – dzięki zastosowaniu DES następuje zwiększenie prędkości ewakuacji o 70% (odpowiada to skróceniu czasu ewakuacji o około 40%).

Rozwiązanie to jest o tyle ciekawe, że nie wymaga wykonania kosztownego okablowania, bo działanie opiera się na odpornej na zakłócenia nawet na dużych odległościach transmisji bezprzewodowej LoRa (rozległa sieć niskiej mocy o niskim zużyciu energii).



Rys. 15. Schemat ideowy zastosowania DES w praktyce
Źródło: www.marimils.com (dostęp 05.05.2021).

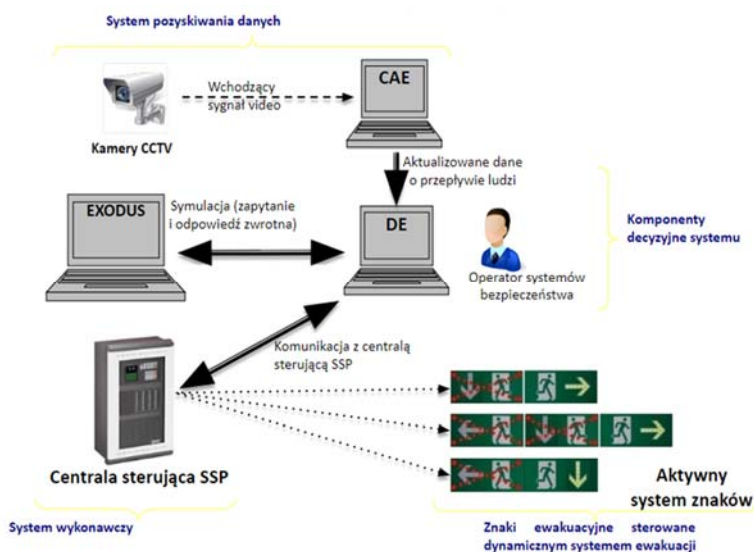


Rys. 16. Koncepcja oznakowania na lotnisku – „idź tylko po zielonej ścieżce”
Źródło: <https://www.internationalairportreview.com/article/25852/emergency-evacuation-airports/> (dostęp 05.05.2021).



Rys. 17. Rozwiązania oznakowania w dynamicznych systemach ewakuacji

Źródło: D. Gottuk, M. Ferreira, *Dynamic Evacuation Signage – Revisiting the Standard "Exit" Sign. NFPA Conference & Expo (2019).*



Rys. 18. Schemat funkcjonowania inteligentnego aktywnego systemu dynamicznego oznakowania (*Intelligent Active Dynamic Signage System, IADSS*)

Źródło: D. Gottuk, M. Ferreira, *Dynamic Evacuation Signage – Revisiting the Standard "Exit" Sign. NFPA Conference & Expo (2019).*

7.2. Zabezpieczenie dróg ewakuacyjnych stałymi urządzeniami gaśniczymi: wodnymi i mgłowymi

Pod koniec lat 80. XX w. w Stanach Zjednoczonych opracowano normę wprowadzającą zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych systemami tryskaczowymi dla budynków mieszkalnych. Norma ta bazuje na bardzo powszechnie stosowanym

standardzie NFPA 13, ale dostosowana jest tylko do wycinka problemu aktywnej ochrony przeciwpożarowej – nie obejmuje ochrony substancji budynku, ma jedynie na celu wydłużenie dostępnego czasu ewakuacji. Jak wykazują badania statystyczne, przeprowadzone w USA, poziom bezpieczeństwa przy ewakuacji pomiędzy budynkami posiadającymi system gaśniczy a budynkami bez żadnych zabezpieczeń jasno wskazuje, że nawet tak ograniczone zastosowanie aktywnych systemów gaśniczych znacząco poprawia szanse przeżycia oraz zmniejsza zagrożenie urazami wynikającymi ze znajdowania się w obszarze objętym pożarem. Obszary chronione zgodnie z NFPA 13R przedstawiono na rys. 19.

Raport NFPA wykazał, że liczba ofiar śmiertelnych w domach zabezpieczonych tryskaczami jest niższa o 81% w stosunku do mieszkań bez tej instalacji, występuje także o 31% mniej poszkodowanych. Kiedy zastosowano jednocześnie tryskacze oraz czujki dymu, śmiertelność w przypadku pożarów w domach była niższa aż o 90%.

Nie wszystkie jednak obiekty użyteczności publicznej są i muszą być, zgodnie z polskim prawem, zabezpieczone systemami sygnalizacji pożaru oraz stałymi urządzeniami gaśniczymi. W takich przypadkach stosowanie ich jest traktowane jako nadmiarowe i w związku z tym dopuszczone są rozwiązania, które nie są w żaden sposób objęte procesem normalizacyjnym i mogą posiadać jedynie aprobaty techniczne bądź deklaracje producenta co do ich skuteczności. O ile w przypadku systemów detekcji pożaru rozwiązań niecertyfikowanych praktycznie nie spotyka się, o tyle urządzenia gaśnicze mgłowe podlegają certyfikacji normowej zgodnie z NFPA 750 tylko dla konkretnych rozwiązań w określonych rodzajach obiektów. Ich stosowanie może być powtarzalne tylko w budynkach o bardzo zbliżonych parametrach technicznych. Procesy certyfikacyjne są żmudne, długotrwałe i bardzo kosztowne, dlatego w części budynków, gdzie zgodnie z polskimi regulacjami prawnymi, opierającymi się na liczbie użytkowników (bądź, jak w przypadku szpitali – liczbie łóżek czy pacjentów), nie jest wymagany żaden z systemów, analizy dostępnego czasu ewakuacji nie napawają optymizmem. Można pokusić się tam o zastosowanie rozwiązań sprawdzonych, aczkolwiek nieposiadających certyfikacji.



Rys. 19. Obszary chronione zgodnie z NFPA 13R

Źródło: <https://www.meyerfire.com/blog/summary-of-differences-in-nfpa-13-13r-13d>
(dostęp 05.05.2021).

Ewakuacja ludzi z budynków w przypadku różnych zagrożeń zawsze stanowi priorytet dla służb ratowniczych. Mimo powszechnie funkcjonującej opinii, ewakuacja osób nie należy do zakresu obowiązków straży pożarnych czy innych formacji interwencyjnych, ale do zarządcy, właściciela lub najemcy budynku. Do czasu przybycia pierwszej jednostki straży pożarnej, kierującym działaniem ratowniczym jest osoba wyznaczona i wymieniona w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego. Ratownicy powinni wkraczać do akcji tylko i wyłącznie wtedy, kiedy w czasie zdarzenia jakieś osoby zostały odcięte od dróg ewakuacyjnych – głównych bądź alternatywnych i nie są w stanie samodzielnie opuścić obiektu. Źle przeprowadzona ewakuacja wydłuża czas prowadzenia działań ratowniczych, a tym samym powiększa straty materialne. Przedstawione rozwiązania techniczne nie tylko usprawniają proces ewakuacji, ale również (w przypadku dynamicznego systemu ewakuacji) umożliwiają ratownikom lub innym służbom jak najszybsze dotarcie do miejsca, w którym ich działanie jest celowe i najbardziej efektywne. Dlatego, nawet jeżeli nie ma obowiązku stosowania zabezpieczeń przeciwpożarowych, warto przeprowadzić rachunek zysków lub strat i oszacować, czy ich instalacja i serwisowanie nie da wymiernej redukcji ryzyka oraz będzie miało wpływ np. na wysokość składki ubezpieczeniowej, a także uniknięcie utraty spodziewanych zysków, wynikającej z długotrwałego wyłączenia obiektu z użytkowania.

Jednak nawet najdoskonalsze rozwiązania techniczne, architektoniczne oraz organizacyjne nie zdadzą się na nic, jeśli nie zapanuje się nad największym wrogiem człowieka w sytuacji kryzysowej – paniką. Uwzględnienie w modelach ewakuacji tego aspektu jest w stanie umożliwić opanowanie sytuacji na tyle, żeby – dzięki zastosowanym technikom lub rozwiązaniom architektonicznym, a także procesowi szkolenia osób odpowiedzialnych za przeprowadzenie ewakuacji – w jak największym stopniu zapanować nad irracjonalnymi zachowaniami użytkowników obiektu, dyktowanymi właśnie przez panikę.

8. ASPEKTY PSYCHOLOGICZNE EWAKUACJI

W celu zbudowania wiarygodnego modelu ewakuacji, jak wykazały badania prowadzone w Szwecji i Nowej Zelandii, duże znaczenie mają czasy reakcji ludzi na alarm (powiadomienie o zagrożeniu) przed rozpoczęciem samego procesu opuszczania obiektu (czas reakcji pierwszych i ostatnich ludzi, bez uwzględnienia czasu przejścia). Okazuje się, że ten parametr jest w znaczącej liczbie przypadków krytyczny dla przebiegu całego procesu ewakuacji. Aby uzyskać wiarygodne dane, które umożliwiłyby określenie wpływu rodzaju alarmu, a także typu obiektu, badacze przeprowadzili 40 niezapowiedzianych eksperymentów ewakuacyjnych dla różnych rodzajów lokalizacji, takich jak biura, kina, restauracje, placówki edukacyjne, domy towarowe i kluby nocne, w których znajdowały się różnego rodzaju alarmowe systemy ewakuacyjne. W wyniku eksperymentów zebrano 2486 pomiarów czasu, dotyczących przedmiotowego interwału czasowego. Pomiarzy te zostały porównane z rozkładami statystycznymi w celu opisanie przebiegu zmienności. Stwierdzono, że – w większości przypadków – czasy przed przemieszczeniem pokrywały się z odpowiednim rozkładem (logarytmicznie normalnym lub logistycznym, czyli prawdopodobieństwa dla nieujemnej zmiennej losowej). Zwykle charakteryzował się on szybkim początkowym wzrostem, reprezentującym fazę, w której ludzie zaczynają reagować, po którym następuje lekki spadek, reprezentujący fazę, w której niektórzy ludzie nie podejmują jeszcze ewakuacji. Największą liczbę pomiarów, a tym samym najbardziej wiarygodne dane, uzyskano w eksperymentach przeprowadzonych w kinach, z których pochodzi 79% wyników (1954 pomiary) z 75% eksperymentów (przeprowadzono tam 30 z 40 wszystkich wykonanych testów). W celu uzyskania najbardziej dokładnych i wiarygodnych danych, wszystkie eksperymenty zostały sfilmowane, aby móc wielokrotnie weryfikować działania, odpowiednie przedziały czasowe i dopasować rozkłady statystyczne do otrzymanych wartości.

8.1. Składniki indywidualnych, ludzkich decyzji

W odróżnieniu od przedstawionego wcześniej w rozdziale 5 wzoru na wymagany czas ewakuacji, sekwencja działań związanych z zachowaniem człowieka podczas pożarów może tradycyjnie składać się z czterech etapów, znanych jako sekwencje zachowań [Canter, Breaux, Sime, 1980].

Pierwszym elementem jest otrzymanie informacji o zagrożeniu. Kolejny etap to jej interpretacja, związana z wyborem – czy zweryfikować ten sygnał, czy go zignorować. W trzecim etapie ludzie przygotowują się do działania, na podstawie analizy informacji. Zazwyczaj instruuja innych, badają wskazówki lub próbują rozeznaczyć, jak reagują inni. Etap czwarty dotyczy podjętych czynności – ewakuacja z budynku, próba gaszenia pożaru, ostrzeganie innych o zagrożeniu lub oczekiwanie na dalszy rozwój wypadków. Można to postrzegać jako działania behawioralne, które mają na celu zmniejszenie ryzyka w sytuacjach awaryjnych, po uzyskaniu świadomości istniejącego zagrożenia pożarowego. Jednak ewakuacja budynku nie przebiega według określonej, liniowej sekwencji procedur, a jest raczej procesem dynamicznym. Wykonywane czynności, związane z różnymi podjętymi działaniami, niekoniecznie przebiegają według określonego schematu i proces ten może zostać powtórzony również na różnych etapach ewakuacji. Jeżeli nastąpiło potwierdzenie zagrożenia pożarem, potrzebne będą kolejne

informacje, dotyczące rozwoju sytuacji i możliwych kierunków ewakuacji. Podczas przemieszczania się w kierunku bezpiecznej strefy, kiedy mogą pojawić się dodatkowe informacje, prowadzi to do zmiany ścieżki postępowania, w celu rozważenia nowych danych i ich implikacji. Faza początkowa zwykle charakteryzuje się niepewnością i niejednoznacznością, ponieważ osoby nie są w pełni świadome tego, co się faktycznie wydarzyło. Dlatego ludzie w pierwszej kolejności starają się pozyskać informacje o stanie faktycznym, próbują je zinterpretować i podjąć ewentualne przygotowania w celu ograniczenia ryzyka. Jest to widoczne przede wszystkim po wcześniejszym wyjściu z etapu interpretacji, tj. ludzie mają skłonność do bardziej odmiennego postępowania podczas „przygotowywania” i „działania” niż na etapie interpretacji [Canter i in., 1980], [Canter, 1980].

W analizach przypadków z przeprowadzonych eksperymentów stosowano również inne teorie wyjaśniające zachowanie człowieka w czasie pożarów, np. model decyzyjny działania ochronnego (ang. *Protective Action Decision Model*, PADM) [Gwynne, Kuligowski, Kinsey, 2015].

W modelu PADM założono, że sygnały mogą pochodzić z dwóch źródeł: środowiska fizycznego (np. widok dymu czy płomieni) i otoczenia społecznego (np. komunikaty alarmowe lub ostrzeżenia). Jeśli zostaną odebrane jako wskazujące na istnienie zagrożenia, powinny wpłynąć na zmianę rutynowych czynności i zachowań odbiorcy. Aby tak się stało, osoba musi najpierw otrzymać informację, zwrócić na nią uwagę, a następnie ją właściwie zrozumieć. Te trzy etapy zostały nazwane „procesami przeddecyzyjnymi”. Po zakończeniu tych trzech procesów, poprzedzających podjęcie decyzji, rdzeń modelu decyzyjnego składa się z serii pięciu pytań:

1. Czy istnieje realne zagrożenie, na które muszę zwrócić uwagę? (Jeśli tak, to osoba lub grupa osób uznała komunikat za wiarygodny i może być konieczne podjęcie działań).
2. Czy muszę podejmować działania ochronne? (Jeśli tak, to osoba lub grupa decyduje się na podjęcie działań ochronnych, biorąc pod uwagę osobiste konsekwencje postrzeganej sytuacji).
3. Co można zrobić, aby uzyskać ochronę? (Jednostka lub grupa zaczyna szukać możliwych strategii działań, aby uchronić się przed postrzeganym zagrożeniem).
4. Jaka jest najlepsza metoda ochrony? (Jednostka lub grupa wybiera jedną ze strategii działania, opracowanych na poprzednim etapie i przygotowuje strategię lub plan działań).
5. Czy należy podjąć działania już teraz? (Jeśli tak, osoba lub grupa postępuje zgodnie z planem opracowanym na poprzednim etapie).

Jednostki muszą „odpowiedzieć” na każde pytanie, aby przejść przez sekwencję percepcyjno-behawioralną, w której wynikiem procesu jest wykonanie czynności behawioralnej. Jeśli nie są w stanie odpowiedzieć na któreś z pytań, angażują się w poszukiwanie dodatkowych danych:

- a) jakich informacji potrzebuję?
- b) gdzie i jak je mogę uzyskać?
- c) czy potrzebuję ich natychmiast?

Istnieje wiele czynników, które wpływają na to, jak ludzie reagują w przypadku pożaru, tj. jaką ścieżkę w sekwencji zachowań faktycznie obrano. Na przykład wykazano, że wpływy społeczne i zachowania grupowe odgrywają główną rolę we wczesnych etapach ewakuacji. Można to wytłumaczyć faktem, że ludzie nie chcą działać

w pojedynkę lub, w niektórych przypadkach, wpływ zatłoczenia może powstrzymywać ludzi przed działaniem, zanim zrobią to inni. Wpływ na decyzje ewakuacyjne ma to, że ludzie starają się znaleźć członków rodziny i przyjaciół przed ewakuacją. Ten rodzaj oczekiwanego zachowania można wyjaśnić teorią przynależności [Sime, 1985], która opisuje, że ludzie mają tendencję do poszukiwania tego, co znane, w niepewnej sytuacji kryzysowej. Teoria ta głosi, że ludzie czują się bezpieczniej, przebywając w znanym środowisku, co może służyć za wyjaśnienie, dlaczego ludzie wybierają znaną drogę ewakuacji, np. codzienne wejście, a nie korzystają z innego wyjścia ewakuacyjnego, mimo, że znajduje się bliżej. Podobnie tłumaczy się zachowania podczas ewakuacji – ludzie wolą to ewakuować się w grupach. Inną teorią, która ma zastosowanie przy opisywaniu ludzkich zachowań podczas ewakuacji, jest model przyjmowania roli, polegający na wpływie na zachowanie danej osoby w określonej sytuacji, która jest wynikiem zestawu reguł, związanych z codzienną funkcją osoby. Chodzi o to, że podejmowane działania są związane z rolą, jaką dana osoba pełni w miejscu zdarzenia, a nie z samą osobą. Typowymi rolami mogą być członkowie personelu i klienci w centrum handlowym, co doprowadzi do odmiennych zachowań i działań obu grup. Oprócz powyższego, jednym z czynników, który ma wpływ na zachowanie osób potrzebujących ewakuacji, jest obecność alarmu ewakuacyjnego, tj. syrena alarmowa lub alarm głosowy (DSO – dźwiękowy system ostrzegawczy z komunikatem odtworzonym lub przekazywanym przez mikrofon na żywo). Wyniki badań prowadzonych przez zespoły naukowców z różnych krajów na przestrzeni 30 lat [Proulx i in., 1995], [Bayer i in., 1999], [Shields, Boyce, McConnell, 2009], [Reinicke, 2007], [Zhang i in., 2008], [D’Orazio i in., 2012], [Holmstrom i in., 2013], [Galea i in., 2017] prowadzą do dość zaskakujących wniosków.

Najczęściej wyniki tych badań wskazują, że w budynku użyteczności publicznej najskuteczniejszym rodzajem systemu alarmowego jest informacyjny system głosowy. Jednak skuteczność interpretacji sygnału jako związanego z ewakuacją może zależeć od innych czynników, takich jak wcześniejsza znajomość znaczenia i istnienia alarmu ewakuacyjnego. Dlatego prostszy sygnał alarmowy, używany w środowisku biurowym, może szybko zainicjować ewakuację, tj. można oczekiwać, że osoby dowiedzą się o alarmie i zareagują szybko w porównaniu z sytuacją, gdyby ten sam sygnał alarmowy był używany w centrum handlowym. Jednak poważną słabością systemów głosowych jest ich bardzo duża wrażliwość na zmiany aranżacyjne w obiekcie, które mają wpływ na rozchodzenie się fal dźwiękowych, a tym samym jasność, czytelność i spójność komunikatu głosowego. Osobnym elementem jest znajomość języka, w którym podawany jest komunikat oraz potencjał intelektualny niezbędny do jego prawidłowego odbioru.

8.2. Przełożenie ludzkich zachowań na procedury – teoria

Dla celów inżynierskich, opisujących ewakuację budynku, niezbędna jest tak uproszczona procedura, aby była użyteczna do analitycznego potraktowania aspektów behawioralnych podczas ewakuacji. Pętla decyzyjna (sekwencja zachowań), tj. kilkukrotny proces przechodzenia przez poszczególne etapy w poszukiwaniu nowych informacji i ich kolejnych interpretacji, w celu podjęcia działań, jest zbyt złożona, aby można ją było zapisywać ilościowo podczas przeprowadzania ocen inżynierskich. Dlatego, w celu oceny procesu ewakuacji stosuje się prostszy model w porównaniu z czasem do wystąpienia niemożliwych do spełnienia warunków ewakuacji, który najczęściej składa się z trzech faz: wykrywania, reakcji przed rozpoczęciem ewakuacji

i samej ewakuacji, z których każda jest określana ilościowo jako czas trwania, sumujący się do całkowitego czasu ewakuacji dla każdej osoby lub grupy osób. Sekwencja zachowań, która ma miejsce w fazie przedewakuacyjnej, może być zastosowana w różnych sytuacjach oraz jako podstawa inżynierskiego podejścia do ludzkich zachowań podczas ewakuacji. Sekwencja ta od dawna jest stosowana, zarówno do oceny ewakuacji budynków, jak i innych obiektów, np. tuneli. Analityczne podejście do procesu ewakuacji jest znacznie uproszczone w porównaniu z czynnościami i decyzjami, podejmowanymi podczas rzeczywistej ewakuacji. Idealnym rozwiązaniem powinno być wyraźne powiązanie między tymi dwoma sposobami postępowania z ewakuacją, tj. wyjaśnianie zachowań ewakuacyjnych i ocena ewakuacji już na wstępnym etapie projektowania.

Korzystając z wyników badań [Forssberg i in., 2019], badacze ci wprowadzili dwie koncepcje, opisujące te dwa widoki modeli: model inżynierski i model zachowania. Ten ostatni ma na celu opisanie ludzkich zachowań przy opisywaniu rzeczywistej ewakuacji, wciąż uproszczonej w porównaniu do, na przykład, modelu sekwencji zachowań, opisywanych przez Cantera.

Ważnym aspektem traktowania ewakuacji w tych dwóch sposobach jest identyfikacja pewnych istotnych zdarzeń, występujących w każdym procesie ewakuacyjnym, które można zidentyfikować w obu modelach opisu zachowań ewakuacyjnych. Ważne zdarzenia mają zachodzić jednocześnie w obu modelach, dzięki czemu modele są porównywalne. Zdarzenia te są, przynajmniej w sensie teoretycznym, dobrze zdefiniowane i występujące w każdym procesie ewakuacji. W zastosowaniach inżynierskich są one często określane przez wyznaczony czas podczas ewakuacji.

Oprócz samego powstania pożaru, pierwszym ważnym momentem jest czas, gdy osoby przebywające w budynku zdadzą sobie sprawę, że nastąpił stan odbiegający od sytuacji normalnej, tj. „odchylenie od normy”. W tym przypadku oznacza to uzyskanie informacji o zakłóceniu, czyli np. symptomach pożaru, czy alarmie przeciwpożarowym. Kolejny punkt określa uświadomienie sobie zagrożenia, kiedy osoby zrozumieją, że powstała niebezpieczna sytuacja i że należy podjąć jakieś działania w celu redukcji jej skutków dla siebie i otoczenia. Ludzkie zachowanie w przypadku pożaru nie zawsze musi być zgodne z określonym schematem działania, nawet jeśli można zidentyfikować typowe wzorce zachowań związane, na przykład, z określonym rodzajem obiektu.

Canter w swoich badaniach wyodrębnił typowe sekwencje zachowań dla trzech rodzajów obiektów (mieszkalnych, wielofunkcyjnych i szpitali), a w każdym z nich występuje unikalna sekwencja zachowań, a tym samym różne są przypuszczalne działania podczas ewakuacji. Możliwe jest jednak pogrupowanie działań w kategorie zachowań. Dlatego, dla uproszczenia, zakłada się, że konkretne działania nie muszą być dokładniej opisywane na tym etapie. Intencją jest znalezienie podobieństw między podejściem inżynierskim i modelem zachowania, bo główne różnice będą wynikały jedynie z interpretacji wyników modeli. W modelu behawioralnym przemieszczanie się w kierunku wyjścia jest traktowane jako reakcja, podczas gdy w modelu inżynierskim stanowi ono oddzielną fazę procesu ewakuacji. Jest to logiczne, ponieważ ruch jest w rzeczywistości działaniem, którego celem jest redukcja ryzyka. Jednak ze względów inżynierskich racjonalne jest również rozważenie ruchu jako oddzielnej fazy, ponieważ można go modelować i wykorzystywać do identyfikacji problemów związanych z ruchem, np. określenia punktów kumulacji ludzi (zatłoczenia), co będzie wpływać na dalszy rozwój wypadków. Jest to powszechna praktyka, ponieważ nie opracowano jeszcze

modeli ewakuacji, które uwzględniałyby zachowanie się człowieka inaczej, niż w bardzo uproszczony sposób.

W celu najpełniejszego wykorzystania realnych danych, pochodzących z przeprowadzonych eksperymentów, należy do nich dopasować najbardziej zbliżony model statystyczny z wykorzystaniem rozkładów reprezentatywnych z wartościami średnimi i odchyleniami standardowymi. W przypadku oceny inżynierskiej bezpieczeństwa ewakuacji, wykorzystywana jest opisywana wcześniej metoda relacji między dostępnym czasem bezpiecznej ewakuacji (ASET) a wymaganym czasem bezpiecznej ewakuacji (RSET), na którą znaczący wpływ ma czas reakcji na zagrożenie. Należy jednak podkreślić, że symulacje są uproszczeniem rzeczywistości, ponieważ na proces ewakuacji w konkretnym przypadku wpływają czynniki, których nie można przewidzieć, a kwantyfikacja czasu przed ruchem zmieniała się na przestrzeni lat, co doprowadziło do większej wiarygodności modeli inżynierskich, wykorzystujących w większym stopniu modele zachowań [Proulx, 2002], [Kuligowski, 2013].

Większość ocen inżynierskich jest jednak wykonywana w sposób deterministyczny – ostatnie zmiany w sposobie myślenia osób związanych z bezpieczeństwem pożarowym zwykle koncentrują się bardziej na podejściu probabilistycznym, pozwalającym uwzględnić margines błędu w wynikach analizy, przy użyciu programów do modelowania ewakuacji. W probabilistycznym podejściu do ewakuacji budynku modele są wykorzystywane do bardziej realistycznego traktowania scenariuszy zdarzeń.

8.3. Przełożenie ludzkich zachowań na procedury – praktyka zespołu Forssberga

Wykorzystanie rozkładów statystycznych do przewidywania w symulacji czasu przed przemieszczeniem dla pojedynczej osoby może przyczynić się do uzyskania bardziej wiarygodnych wyników symulacji ewakuacji niż deterministyczne podejście, polegające na dodaniu jednego, odgórnie przyjętego czasu opóźnienia dla całej populacji. Oznacza to, że zostanie osiągnięty bardziej kompleksowy wynik symulacji, jeśli każdej symulowanej osobie zostanie przypisane opóźnienie przed ruchem, na podstawie rozkładu statystycznego dla aktualnej ich aktywności, co ma na celu jak najdokładniejsze odwzorowanie oczekiwanego zachowania podczas ewakuacji. Żeby dostarczyć dodatkowe informacje, dotyczące typowych zależności behawioralnych, do oceny ewakuacji i zgromadzić dane ilościowe, zespół Forssberga przeanalizował przykłady z wcześniej przeprowadzonych, niezapowiedzianych eksperymentów ewakuacyjnych, dotyczących fazy przed ruchem w kategoriach rozkładów statystycznych, a nie tylko jako wartości średnich i odchylenia standardowego.

Na potrzeby tej analizy, wprowadzili oni ustrukturyzowaną procedurę identyfikowania aspektów behawioralnych. Model inżynierski był używany w całej analizie podczas identyfikacji i kwantyfikacji dwóch części czasu przed ruchem. Procedura została podzielona na cztery wymienione etapy:

1. Ogólna analiza scenariusza ewakuacji. Materiał filmowy był przeglądany od początku do końca, w celu wybrania poszczególnych osób, biorących udział w eksperymencie, których zachowanie miało zostać objęte szczegółowymi badaniami.

2. Szczegółowa analiza scenariusza ewakuacji. Dla każdej wybranej osoby, według pierwotnie wyprowadzonej struktury, został określony ilościowo czas przed rozpoczęciem ewakuacji, podzielony zgodnie z modelem inżynierskim na czas rozpoznania i czas reakcji. Pomiary czasów prowadziło niezależnie dwóch badaczy, a uzyskane wyniki zweryfikowano, aby zminimalizować ryzyko błędów, wynikających z różnych interpretacji zachowań i ich kategoryzacji.
3. Porównanie zaobserwowanych wyników i dalsza analiza. Kiedy kategoryzacja lub obserwowane czasy różniły się, eksperyment był ponownie oglądany wspólnie przez obu badaczy, zanim przyjęto ostateczną kategoryzację.
4. Kompilacja danych. Rozkłady statystyczne dopasowano do wyników za pomocą narzędzia statystycznego (modułu programu Excel).

Traktując indywidualnie czas rozpoznawania i czas reakcji, można zidentyfikować istotne środki związane ze skróceniem czasu przed ruchem. Czasy rozpoznania i reakcji zostały określone poprzez zidentyfikowanie działań powiązanych z każdą z dwóch części. Za czas zakończenia okresu przygotowawczego uznano, zgodnie z modelem inżynierskim, moment, gdy każda z osób w sposób celowy zaczyna zbliżać się do wyjścia. Wstępna analiza wykazała, że ludzie czasami mają tendencję do wielokrotnej weryfikacji pozyskanych informacji w celu podjęcia ostatecznej decyzji o opuszczeniu budynku. W rzeczywistej ewakuacji przejście między rozpoznaniem a reakcją nie jest tak oczywiste, jak w modelu inżynierskim. Aby ujednolicić ten parametr, przyjęto założenie, że podjęcie właściwej ewakuacji rozpoczęło się po zakończeniu ostatecznego rozpoznania sytuacji. Akcja sygnalizująca alarm ewakuacyjny może nastąpić zarówno podczas części rozpoznawania, jak i części odpowiedzi fazy poprzedzającej ruch. Czasami trudno było ustalić, czy osoba ignorująca alarm ewakuacyjny nie była świadoma alarmu (część rozpoznawania), czy też zdecydowała nie ewakuować się natychmiast (część reagowania). Jednakże, gdy celowość działań danej osoby nie była jasna, czas ten zaliczano do części rozpoznawczej, a zatem wydłużał się czas rozpoznania kosztem czasu reakcji. Do oceny danych do rozkładów statystycznych przyjęto, że czasy przed ruchem nie mogą przyjmować wartości ujemnych i nie mają górnej granicy, a model statystyczny, oparty o zachowanie wybranych osób, zbudowano na podstawie kryterium informacyjnego Akaikego, jako wskaźnik dopasowania modelu.

Do najczęstszych zachowań związanych z etapem rozpoznania należą:

- przerwanie prowadzonych aktualnie czynności (znieuchomienie),
- nasłuchiwanie i rozglądanie się,
- komunikacja z osobami znajdującymi się w sąsiedztwie,
- obserwacja zachowania innych osób,
- poszukiwanie dodatkowych informacji,
- oczekiwanie na dalsze instrukcje,
- ignorowanie alarmu,
- powrót do wcześniejszych czynności.

Do najczęstszych zachowań związanych z etapem reakcji należą:

- zgrupowanie rodziny i znajomych,
- próba podjęcia akcji gaśniczej,
- przekazywanie informacji o zagrożeniu pozostałym osobom,
- komunikacja z personelem,

- wykonanie połączenia na numer alarmowy,
- zebranie rzeczy osobistych,
- rozpoznanie otoczenia – poszukiwanie informacji o drodze ewakuacyjnej,
- rozpoczęcie ewakuacji do bezpiecznej strefy i oczekiwanie na pomoc,
- instruowanie innych osób,
- powrót w celu udzielenia pomocy lub zabrania zapomnianych rzeczy,
- udzielanie pomocy osobom na drodze ucieczki,
- zignorowanie alarmu.

Czasy reakcji na alarm były uzależnione od rodzaju budynku oraz formy przekazania komunikatu (tab. 6).

Tabela 6. Czasy reakcji na alarm ewakuacyjny w zależności od sposobu ogłoszenia i miejsca

L p.	Rodzaj budynku (sposób alarmowania)	Minimalny całkowity czas przed podjęciem ewakuacji	Maksymalny całkowity czas przed podjęciem ewakuacji	Średni całkowity czas przed podjęciem ewakuacji
1.	Biuro	12	201	64,4
2.	Kino (alarm głosowy)	17	138	44,0
3.	Kino (syrena alarmowa)	14	179	30,0
4.	Kino (dzwonek alarmowy)	11	224	32,5
5.	Sklep wielkopowierzchniowy	5	111	35,9
6.	Restauracja, kawiarnia	20	86	52,5
7.	Szkoła, uczelnia	13	170	74,9
8.	Klub nocny (personel aktywny)	11	87	46,6
9.	Klub nocny (personel bierny)	5	417	65,4

Źródło: Forssberg M. i in., The Variation of Pre-movement Time in Building Evacuation, „Fire Technology” 2019, 55 (6).

Na podstawie przedstawionych wyników eksperymentalnych można dostrzec pewne ryzyko niedoszacowania wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji, przyjmując jako podstawę obliczeń modelu wartości średnie. Na ten właśnie element zwracali uwagę badacze z zespołu Forssberga przy określaniu poziomu niepewności w modelach inżynierskich.

Kolejnym, bardzo istotnym elementem, który ma wpływ na czas rozpoznania i reakcji jest źródło alarmu, czyli np. lokalizacja głośnika DSO, syreny lub dzwonka alarmowego względem pomieszczenia, z którego mają ewakuować się osoby znajdujące się w strefie zagrożonej. Dowodem na słuszność tego twierdzenia jest przebieg eksperymentów, prowadzonych w placówkach oświatowych, i płynące z tego wnioski.

W niektórych eksperymentach w salach lekcyjnych uczniowie wyraźnie zignorowali alarm. To zachowanie można wyjaśnić faktem, że dzwonek alarmowy, który znajdował się w klasie, nie zadziałał, a dźwięk alarmu dobiegał tylko z korytarza. Uczniowie znajdujący się w klasie mogli pomyśleć, że alarm ich nie dotyczy lub że odbywają się ćwiczenia przeciwpożarowe w innej części budynku. Jeden z uczniów sprawdził korytarz, gdzie nie było żadnych oznak pożaru. Wrócił on do klasy i ponownie usiadł w ławce. Wynik tego eksperymentu pogorszył średnią wartość pomiarów. Domniemywać można, że gdyby pojawiłyby się jakieś symptomy pożaru, reakcja byłaby inna. Zaobserwowano, że część osób nie ewakuowała się, pomimo aktywnego alarmu pożarowego i prowadzenia ewakuacji innych osób z budynku. Przyczyna tego zachowania jest trudna do ustalenia.

W eksperymentach [Bayer, Rejno, 1999] okazało się, że niektóre osoby pozostały na swoich miejscach, dopóki alarm się nie wyłączył. Uznano, że mogą być dwa powody takiego zachowania – albo jest to zlekceważenie alarmu, albo oczekiwanie na zmniejszenie strumienia ludzi w miejscach przewężeń dróg ewakuacyjnych.

Bardzo podobne badanie (niezapowiedziana ewakuacja placówki edukacyjnej) przeprowadzono w również w Polsce [Zajac, 2019] w ramach pracy magisterskiej. Tak jak w badaniach Forssberga, analiza behawioralna oraz określanie czasów rozpoznania i reakcji bazowała na zarejestrowanym materiale wideo (tab. 7).

Tabela 7. Oszacowanie czasu ewakuacji z wybranego obiektu edukacyjnego

Lp.	Źródło literaturowe	Minimalny całkowity czas przed podjęciem ewakuacji	Maksymalny całkowity czas przed podjęciem ewakuacji	Średni całkowity czas przed podjęciem ewakuacji
1.	Forssberg	13	170	74,9
2.	Zajac	18	38	28,0

Źródło: Forssberg M. i in., *The Variation of Pre-movement Time in Building Evacuation*, „Fire Technology” 2019, 55 (6) oraz Zajac A., *Oszacowanie czasu ewakuacji dla budynku dydaktycznego na podstawie normy British Standard. Praca magisterska, Politechnika Łódzka, Łódź 2019.*

Mniejsza rozbieżność czasowa pomiędzy wynikami badań wynika ze skali eksperymentu, ponieważ był on prowadzony w Polsce i dotyczył tylko jednej sali lekcyjnej, a nie całego obiektu oraz faktu, że w próbach przeprowadzonych w Szwecji nauczyciel znajdował się poza klasą, natomiast w Polsce przekazał komunikat o rozpoczęciu ewakuacji. Obserwacje dotyczące powodów opóźnienia są zaskakująco zbieżne.

1. Pakowanie i zabieranie swoich rzeczy.
2. Powrót po zapomniane rzeczy osobiste np. telefon.
3. Obracanie się i rozglądanie – szukanie wzrokiem kolegi lub przyczyny alarmu.
4. Czekanie na znajome osoby, przepuszczanie innych.
5. Zamykanie za sobą drzwi.
6. Wpadanie i popychanie innych osób.
7. Dopytywanie się o przyczynę alarmu i pozyskiwanie dodatkowych informacji, np. czy jest konieczność opuszczenia budynku, czy można spakować rzeczy osobiste itp.

Co należy podkreślić, badanie prowadzone było według innych kryteriów oceny, opierających się na wytycznych BS PD 7974-6.

8.4. Możliwości sterowania strumieniami ludzi

Wykorzystanie połączenia wiedzy architektonicznej z psychologią zachowania ludzi w sytuacjach zagrożenia zaowocowało wypracowaniem koncepcji poprawiającej efektywność ewakuacji z budynków o skomplikowanej strukturze, wypracowanej przez zespół Wurzer’a [Wurzer i in., 2009]:

- Rozdzielenia strumienia ewakuacyjnego można dokonać poprzez dobór natężenia oświetlenia. Ludzie zawsze kierują się w stronę silniejszego źródła światła (zasada „od ciemności do światłości”).

- Kierowanie w pożądaną stronę można uzyskać również poprzez zastosowanie zróżnicowanych materiałów wykończeniowych. Należy wykorzystać fakt, że ludzie wolą dotykać ścian a unikają powierzchni szklanych itp.
- Należy wziąć pod uwagę skłonność do wyboru jednolitego kierunku skrętu (statystycznie 60% ludzi preferuje skręcanie zawsze w lewo, a 40% – w prawo). Może mieć to wpływ na dobór szerokości dróg ewakuacyjnych, uzależnionej od tej proporcji.
- Aby ustabilizować przepływ, należy użyć odpowiednich przeszkód. Mieszanie się strumieni dla pieszych prowadzi do powstawania zatorów, dlatego ściśle ich oddzielenie za pomocą barier stanowi podstawę uporządkowanej i szybkiej ewakuacji z ograniczeniem powstania paniki.
- Należy dokonać podziału prostych ścieżek komunikacyjnych, aby zapewnić kierunkowość. Proste i okrężne ścieżki mogą być wizualnie podzielone w celu umożliwienia kierowanego wyjścia. Ta zasada dotyczy przede wszystkim podrzędnych, a nie głównych, dróg ewakuacyjnych.
- Szerokość dróg ewakuacyjnych powinna się zwiększać w swym biegu, nie tylko z powodu zwiększającej się liczby osób, ale również dlatego, że ludzie uciekają z wąskich przestrzeni do szerszych lub ogólnie – na zewnątrz. Można to wykorzystać do kierowania percepcją i właściwego wyboru drogi wyjścia.

9. BUDYNKI WYSOKOŚCIOWE JAKO SPECYFICZNY PRZYKŁAD BUDOWNICTWA WIELOFUNKCYJNEGO

Budynki wysokie i wysokościowe są stałym elementem krajobrazu już od ponad stu lat i w bardzo wielu przypadkach są powodem do dumy konstruktorów, właścicieli, a nawet szerzej – obywateli. Niemniej jednak stanowią one ogromne wyzwanie dla osób zajmujących się bezpieczeństwem. Jednocześnie są obiektami, w których pożary mają bardzo dramatyczny przebieg, a służby ratownicze są narażone na znacznie większe niebezpieczeństwo niż w przypadku standardowych budynków.

Ze względu na swoje rozmiary (wysokość sięgającą niekiedy kilkuset metrów), ale również kubaturę i wielofunkcyjność, budynki wysokie i wysokościowe stanowią ważny sprawdzian dla rzeszy ekspertów z różnych obszarów wiedzy inżynierskiej. Liczbę jednocześnie przebywających w nim osób, zarówno jako stali użytkowników, jak i przypadkowi goście, należy szacować w tysiącach. W tym przypadku proste modele ewakuacyjne, podstawowe techniczne systemy zabezpieczeń, czy mocno uogólnione instrukcje bezpieczeństwa pożarowego będą daleko niewystarczające.

Całościowa jednoczesna ewakuacja, która jest popularną formą prowadzenia tego typu przedsięwzięcia podczas szkoleń ewakuacyjnych, w tego rodzaju obiektach nie zda egzaminu. Wynika to z kilku aspektów, m.in. kwestii znalezienia wystarczającej powierzchni na potrzeby zorganizowania punktów zbiórki w prestiżowej części wielkich miast, gdzie znajdują się takie budynki (np. w centrum Dubaju czy Nowego Jorku), a także zapewnienia wszystkim ewakuowanym bezpieczeństwa i ochrony przed spadającymi z dużych wysokości, często płonącymi przedmiotami lub elementami konstrukcji. Dlatego niezbędne jest kompleksowe podejście do zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego.

Zgodnie z podejściem systemowym, poziom bezpieczeństwa pożarowego jest w dużej mierze pochodną wpływu konstrukcji budynku i jego wyposażenia (od których zależy obciążenie ogniowe) i związane z tym możliwe scenariusze pożarów. Te elementy będą miały podstawowy wpływ na dynamikę rozprzestrzeniania się pożaru i jego oddziaływanie na obiekt i ludzi. Właściwy dobór czynnych i biernych środków ochrony przeciwpożarowej, skorelowanych z procedurami ewakuacyjnymi oraz sposobem oznakowania dróg ewakuacyjnych, w nawet tak skomplikowanych strukturach może zapewnić wymagany czas bezpiecznej ewakuacji wszystkim przebywającym tam ludziom.

Na świecie przyjęte są cztery główne strategie ewakuacji, a mianowicie:

1. ewakuacja całkowita (lub jednoczesna ewakuacja pełna);
2. ewakuacja etapowa;
3. obrona w miejscu;
4. ewakuacja z opóźnieniem.

Zastosowanie różnych strategii zależy głównie od ogólnej charakterystyki budynku (np. dostępne możliwości ewakuacji, podział na strefy pożarowe itp.), przekroju zagrożonej populacji oraz jej mobilności w sytuacjach kryzysowych, dostępności wykwalifikowanego personelu prowadzącego ewakuację oraz udziału ratowników,

a także doboru sposobu postępowania, w zależności od scenariusza rozwoju pożaru i związanych z nim zagrożeń.

Projekt elementów dróg ewakuacyjnych jest tylko pierwszym krokiem w kierunku osiągnięcia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa budynków. Strategie relokacji odgrywają fundamentalną rolę w projektowaniu bezpieczeństwa [Tubbs, Meacham, 2009]. Skuteczna ewakuacja jest połączeniem umiarkowanej prędkości i gęstości na całej długości, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc łączenia strumienia ludzi [Pauls, 1994].

Budynkiem, w którym – dzięki przemyślanemu projektowi architektonicznemu – możliwe jest wykorzystanie praktycznie wszystkich strategii ewakuacyjnych (ponieważ posiada wszystkie niezbędne elementy do wdrożenia każdej z nich) jest Petronas Towers w Kuala Lumpur. Obiekt ten składa się z dwóch wież, trzech klatek schodowych i trzydziestu dziewięciu wind o konstrukcji piętrowej. Windy są zaprojektowane w taki sposób, że jeśli jedna winda utknie, druga winda może mimo to przejechać, a pasażerowie – w warunkach awaryjnych – mogą przejść z jednej do drugiej. Wieże mają również łącznik, czyli, jak nazywają go Anglosasi, „podniebny most” na piętrach 41 i 42, jako dodatkowy element systemu dróg ewakuacyjnych. W przypadku ewakuacji pojedynczej wieży, mieszkańcy górnych pięter mogą ewakuować się jedną z dwóch wież, używając schodów, aż dotrą do poziomu łącznika, by ostatecznie skorzystać z windy i dostać się na parter w drugiej wieży. Mieszkańcy poniżej łącznika mają zamiast możliwość skorzystania ze schodów.

9.1. Klasyfikacja budynków wysokościowych

W zależności od kraju lub regionu do tej klasy zaliczane będą obiekty o różnej minimalnej wysokości. W Polsce wysokościowce to budynki mierzące powyżej 55 m nad poziom terenu. W Europie Zachodniej dolna granica wysokości takiego budynku to 90–100 m. W USA granica ta wynosi około 100–120 m, uwzględniając dodatkowy parametr, jakim jest stosunek wysokości budynku do jego szerokości, który wynosi od 4 do 7, a w przypadku najwyższych budynków może dochodzić nawet do 12 [Rogowski, Prusiel, 2019].

Chociaż przepisy budowlane określają minimalne wymagania, dotyczące projektowania wieżowców, często konieczne są dodatkowe elementy, zapewniające bezpieczeństwo użytkowania, aby złagodzić problemy wynikające z ich złożoności oraz dodatkowych trudności podczas działań ratowniczych. Standardy międzynarodowe, takie jak np. NFPA 101 w USA (NFPA 2021) lub wytyczne (*Approved Document B* 2020) do rozporządzenia budowlanego w Wielkiej Brytanii (*The Building Regulations* 2010), zawierają szczegółowe informacje na temat rozwiązań dróg ewakuacyjnych (np. charakterystyki geometrycznej schodów), które mogą być przydatne przy projektowaniu wysokościowców. Uszczegółowione przepisy związane z ochroną przeciwpożarową w budynkach wysokościowych opracowano m.in. w Chinach, Indiach i Singapurze. Jednak żadne, nawet najdoskonalsze, ogólne wytyczne nie zastąpią dostosowanych indywidualnie dla każdego obiektu rozwiązań i procedur, ściśle związanych z potencjalnymi zachowaniami ludzkimi w sytuacjach zagrożenia, związanych ze specyfiką budynków i ich sposobów użytkowania.

Choć, co ciekawe, według amerykańskich statystyk, prowadzonych przez NFPA, obejmujących lata 2009–2013 [Ahrens, 2016], w wysokościowcach – niezależnie od ich przeznaczenia – najczęstszą przyczyną pożaru były urządzenia kuchenne – od 36% przypadków pożarów (biura) do 75% (domy mieszkalne). Na podstawie tych danych

można by przyjąć założenie, że scenariusze pożarowe powinny w pierwszej kolejności obejmować kuchnie jako miejsce powstania zarzewi ognia, a także skoncentrować się na jak najlepszym zabezpieczeniu przeciwpożarowym tych właśnie pomieszczeń. W pożarach wysokościowców (wg danych z USA) ginie mniej ludzi niż w niższych budynkach o tym samym przeznaczeniu. Wątpliwość w tej statystyce budzi tylko jedna rzecz – jakie były jej założenia, skoro obiektów niższych niż 100 m, w których znajdują się biura, mieszkania, domy studenckie czy szpitale jest zdecydowanie więcej. Przyjęta ocena skutków pożarów oparta jest na założeniach jakościowych a nie ilościowych. W mojej ocenie bardziej miarodajne byłoby porównanie związane z liczbą ofiar do liczby osób znajdujących się jednocześnie w danym budynku w chwili powstania pożaru. Dopiero wtedy należałoby przyjąć rozróżnienie budynków w zależności od przynależności do danej grupy wysokości.

Na potrzeby ewakuacji z budynków wysokościowych, ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej efektywnych rozwiązań klatek schodowych, modele matematyczne wprowadzono już pod koniec lat 60. XX w. W tym czasie pojawiły się prace takich badaczy, jak M. Galbreath [Galbreath, 1969] oraz S.J. Melinek i S. Booth [Melinek, Booth, 1975], którzy – na podstawie pomiarów w czasie pełnoskalowych testów – opracowali m.in. wzory na szerokość schodów wyjściowych i minimalne całkowite czasy ewakuacji. Lata 70. i 80. XX w. zaowocowały włączeniem modeli hydrodynamicznych z uwzględnieniem czynników behawioralnych [Pauls, 1978, 1988], co zainicjowało możliwość włączenia czynności poprzedzających właściwą ewakuację do analizy faktycznego czasu opuszczenia wysokościowców.

Kolejnym kamieniem milowym w zmianie podejścia do kwestii bezpieczeństwa budynków wysokościowych były doświadczenia wynikające z nowego rodzaju zagrożenia, jakim był atak terrorystyczny na World Trade Center w 2001 r. [Averill i in. 2005]. Obejmowały one wpływ komunikacji o zagrożeniach na zachowanie osób przebywających w obiektach w takich sytuacjach. Wydarzenie zmieniło paradygmat w sposobie oceny poziomu bezpieczeństwa drapaczy chmur. Ten tragiczny przykład pokazał, jak ważne jest zapewnienie dobrze zorganizowanych i oznakowanych dróg ewakuacyjnych, a także uzyskanie efektu synergii pomiędzy infrastrukturą, procedurami i zachowaniem się osób [Galea i in., 2008a], [Galea, Sharp, Lawrence, Holden, 2008b].

Konsekwencją analiz i wniosków płynących z przeprowadzonej akcji ratowniczej i ewakuacyjnej w wieżach WTC była weryfikacja adekwatności ówczesnych przepisów z zakresu bezpieczeństwa i procedur awaryjnych w takich obiektach. Nowymi obszarami, wymagającymi podjęcia decyzji, co do ich zaplanowania i wdrożenia, były następujące elementy:

- nowe scenariusze ewakuacji uwzględniające nieznane dotąd zagrożenia;
- dostosowanie dróg ewakuacyjnych i wprowadzenie dodatkowych rozwiązań, umożliwiających szybką ewakuację, w tym adaptacja wind do tych celów.

Niestety, nie ma jednej recepty na rozwiązanie tych problemów i w każdym przypadku należy wziąć pod uwagę specyfikę konkretnego budynku. Okazało się, że istnieje bardzo poważna luka, jeżeli chodzi o wiedzę z zakresu aspektów behawioralnych, zachodzących podczas ewakuacji. Zaskutkowało to rozpoczęciem projektu HEED (ang. *High-Rise Evacuation Evaluation Database*) i budową bazy danych o ewakuacjach z wieżowców. Badania prowadzone przez Erikę Kuligowski [Kuligowski, 2011] opierały się na relacjach świadków ocalałych z ataków na Światowe Centrum

Handlu, na podstawie materiałów zgromadzonych w ramach tego projektu. Dzięki temu w 2013 r. powstały ogólne wytyczne dotyczące strategii komunikacji awaryjnej dla budynków, wykonane na zlecenie NIST [Kuligowski, Hoskins, 2012]. Wynika z nich, że dla każdego budynku należy przeprowadzić przegląd poszczególnych aspektów procesu ewakuacji. Wykorzystując dostępną wiedzę przedmiotową, należy rozpatrzyć wszystkie główne czynniki, które mają wpływ na tempo opuszczania budynku, do których należą: zastosowane rozwiązania konstrukcyjno-techniczne, służące do celów ewakuacyjnych (tj. schody, windy itp.) oraz stosowane strategie (ewakuacja etapowa, całkowita ewakuacja, obrona na miejscu itp.).

Inne badania obejmowały wpływ osób z niepełnosprawnościami na proces ewakuacji wieżowca i wykazały znaczenie tego czynnika w obliczaniu czasu ewakuacji [Shields i in., 2009].

Określenie „obrona na miejscu” to strategia stosowana głównie w obiektach opieki zdrowotnej, stosowana wobec osób, które fizycznie nie są w stanie opuścić obiektu. Dotyczy ona przede wszystkim pacjentów podłączonych do sprzętu podtrzymującego życie i których stan zdrowia może ulec znacznemu pogorszeniu w przypadku ich relokacji, niezależnie czy ma to nastąpić do bezpiecznej strefy wewnątrz budynku czy na zewnątrz.

W szczególności potrzebny jest przegląd analizy badań, dotyczących ewakuacji, za pomocą transportu pionowego oraz metod zachęcających do korzystania z wind do ewakuacji. Istnieje również potrzeba zbadania, czy użycie różnych składowych systemu było badane osobno, czy też podjęto próby zbadania kombinacji różnych strategii przeciwdziałania skutkom pożaru.

Rodzaje zachowań w sytuacjach zagrożenia mogą być różne – co będzie miało wpływ na szybkość ewakuacji – a są one ściśle związane z przeznaczeniem lub formą użytkowania danego budynku [Hall, 2011].

W budynkach tej grupy wysokości zdefiniowano trzy główne kategorie zastosowań:

1. Budynki biurowe.
2. Budynki mieszkalne (np. apartamentowce, hotele itp.).
3. Ośrodki służby zdrowia.

Sposób użytkowania wpływa na: wewnętrzną strukturę budynku, dopasowaną do potrzeb; wymogi stosowania urządzeń i rozwiązań przeciwpożarowych, np. wielkość stref pożarowych; metody przekazywania alarmu pożarowego czy rozwiązania dotyczące komunikacji poziomej i pionowej. To, jaka działalność jest prowadzona w budynku, ma również wpływ na rodzaje grup osób, co oddziałuje na ich mobilność, poziom świadomości zagrożeń, częstotliwość próbnych ewakuacji czy liczbę personelu, który może brać udział w organizacji procesu ewakuacyjnego.

Badanie właściwości różnych typów wieżowców ma zasadnicze znaczenie dla zrozumienia możliwych strategii wyjścia. Na przykład, osoby przebywające na górnych piętrach muszą pokonać bardzo duże odległości, aby dotrzeć do poziomu gruntu. Może to spowodować konieczność odpoczynku w czasie ewakuacji, a co za tym idzie, dodatkowe wydłużenie czasu ewakuacji [Proulx, 2001].

9.2. Strategie ewakuacyjne

W literaturze przedmiotu oraz regulacjach prawnych np. brytyjskich, oprócz całkowitej, jednoczesnej ewakuacji (jest to strategia nadmiernie popularna w Polsce, a na pewno najczęściej stosowana podczas próbnych ewakuacji), przedstawiono również inne rozwiązania, stosowane w zależności od rodzaju budynków oraz ich przeznaczenia. Rozwiązania te są lepiej dostosowane do zamieszkującej czy przebywającej w budynkach populacji, a także uwarunkowane liczbą stref pożarowych lub wydzielonych bezpiecznych kondygnacji. Strategie te przedstawione są w dalszej części rozdziału.

Ewakuacja całkowita

Strategia ta obejmuje ewakuację wszystkich użytkowników budynku jednocześnie z budynku do wyznaczonych stref bezpiecznych. Najczęściej i najdokładniej analizowanym przypadkiem przeprowadzania ewakuacji całościowej z wysokościowca był atak na WTC [Averill i in., 2005]. Tego typu strategia ewakuacji jest generalnie stosowana podczas ćwiczeń ewakuacyjnych, a w przypadku realnego zagrożenia – na polecenie straży pożarnej lub też jako spontaniczna decyzja użytkowników budynku [Wood 1972]. Takie zachowanie eliminuje możliwość wdrożenia strategii obrony w miejscu. W przypadku wysokościowców całkowita ewakuacja nie jest najbardziej skuteczną i bezpieczną strategią, ze względu na konieczność pokonywania dużych odległości, aby wydostać się z budynku. Inną kwestią jest to, że w większości pożarów wieżowców nie ma konieczności przeprowadzenia ewakuacji całościowej, ze względu na podział na strefy pożarowe i rozmiary budynków [Peacock i in., 2012b]. Jeżeli pożar ma miejsce przykładowo na 80. piętrze, a każda kondygnacja jest osobną strefą pożarową, to – w przypadku jego ograniczenia w ramach jednej strefy pożarowej – ewakuacja osób z innych poziomów niż 79, 80 i 81 jest całkowicie zbędna i nieuzasadniona. Wysoki poziom zatłoczenia dróg ewakuacyjnych może również prowadzić do wydłużenia czasu ewakuacji budynku. Szybsza ewakuacja może natomiast nastąpić w przypadku skrócenia czasu reakcji i bez ryzyka tworzenia zatorów (w przypadku budynków o stosunkowo niewielkiej liczbie użytkowników, np. budynki mieszkalne).

Ewakuacja etapowa

Istnieją scenariusze, w których pojedyncza etapowa ewakuacja całkowita nie jest możliwa z przyczyn praktycznych. W przypadku stopniowej ewakuacji całkowitej niektórzy mieszkańcy mogą zostać poproszeni o pozostanie w budynku przez określony czas w celu optymalizacji przepływów [Pauls, 1994]. Osoby te mogą odczuwać dyskomfort, pozostając w zagrożonym środowisku. Dodatkowo, gdy w wąskim gardle wystąpią warunki wysokiej gęstości, maksymalna przepustowość może spaść [Cepolina, 2009]. Strategia ewakuacji etapowej opiera się na założeniu, że osoby przebywające na najbardziej krytycznych piętrach, takich jak piętra objęte pożarem i sąsiadujące, będą miały pierwszeństwo. Ma to na celu skrócenie czasu oczekiwania w przypadku powstania zatorów przy wyjściach ewakuacyjnych i zmniejszenie zagęszczenia strumieni ludzi. Aby przyjęcie tej strategii było w ogóle możliwe, niezbędny jest podział budynku na przynajmniej kilka stref pożarowych. Skuteczność tej strategii zależy również od dostępnych w budynku instalacji przeciwpożarowych, poziomu wyszkolenia personelu oraz odpowiednich środków komunikacji w budynku [Wong, Luo, 2005].

Znanymi wysokościami, w których ewakuacja etapowa jest strategią obowiązującą są Petronas Towers w malezyjskim Kuala Lumpur [Ariff, 2003] oraz Prudential Tower w Bostonie. W przypadku zagrożenia, obejmującego tylko jedno piętro, ewakuowani są tylko użytkownicy trzech kondygnacji. Nie są oni jednak ewakuowani na zewnątrz budynku, a tylko trzy piętra poniżej kondygnacji, którą opuścili. Mają tam oczekiwać na dalsze instrukcje, zgodnie z rozwojem sytuacji (np. czy potrzebna jest całkowita ewakuacja lub czy możliwy jest powrót do opuszczonych wcześniej pomieszczeń itp.).

Obrona w miejscu

Możliwym rozwiązaniem do przyjęcia w przypadku pożaru wieżowca jest strategia obrony w miejscu. Polega ona na szczelnym zamknięciu drzwi do pomieszczenia, w którym znajdują się osoby i oczekiwaniu na przybycie ratowników. Strategia ta była stosowana w przeszłości w przypadku osób z niepełnosprawnościami, ponieważ mogą one wykazywać upośledzenie ruchowe, które może uniemożliwić im samodzielną ewakuację. Istnieje wiele przykładów na skuteczność tej filozofii postępowania w przypadku zagrożenia, z których jeden szczegółowo opisano w [Andrée, Bengtson, 2012] a dotyczył on pożaru mieszkania w Rinkeby – dzielnicy Sztokholmu w 2009 r.

Strategia obrony w miejscu najlepiej sprawdza się w objętych pożarem budynkach mieszkalnych wysokich i wysokościowych, takich jak np. akademiki, hotele czy apartamentowce. Argumentami stojącymi za doborem takiego podejścia do ewakuacji są [Proulx, 2001]:

1. Jeśli liczba kondygnacji przekracza sześć, to ewakuacja całościowa trwa na tyle długo, że rozwój pożaru może uniemożliwić bezpieczne opuszczenie budynku.
2. W wysokich i wysokościowych budynkach mieszkalnych istnieje możliwość zabezpieczenia pomieszczeń, aby poczekać w nich na przyjazd służb ratowniczych. W przypadku polskich standardów dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej wynosi 2000 m² dla budynków ZL II, a 2500 m² dla pozostałych, a jej powiększenie o 100% jest możliwe odpowiednio przy zastosowaniu stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych lub samoczynnych urządzeń oddymiających, uruchamianych za pomocą systemu wykrywania dymu. Pamiętać jednak należy, że w Polsce około 4 mln ludzi mieszka w konstrukcjach z wielkiej płyty, np. w 11-piętrowych budynkach mieszkalnych, budowanych w systemie OWT-67. W przypadku takiego budynku, o powierzchni 15 000 m², należałoby przewidzieć podział na sześć stref pożarowych, przy czym w oryginalnym projekcie założono tylko jedną, co może stanowić argument za przyjęciem tej właśnie strategii.
3. Budynki takie są wykonane z materiałów niepalnych, ale nie wszystkie ich elementy, co będzie opisane w przykładach na końcu rozdziału.
4. System sygnalizacji pożaru informuje mieszkańców o zaistniałym pożarze. Polskie przepisy nakładają obowiązek instalacji tego typu tylko w obiektach komercyjnych, budynkach użyteczności publicznej wysokich i wysokościowych, budynkach zamieszkania zbiorowego, w których przewidywany okres pobytu tych samych osób przekracza trzy doby, o liczbie miejsc noclegowych powyżej 200 lub innych budynkach zamieszkania zbiorowego, o liczbie miejsc noclegowych powyżej 50.

5. Dźwiękowy system ostrzegawczy z komunikacją głosową może służyć do przekazywania użytkownikom lub mieszkańcom informacji o rozwoju pożaru i poleceń, jakie czynności należy podjąć w celu obrony w miejscu. W Polsce wymagany jest on w budynkach użyteczności publicznej wysokich i wysokościowych oraz zamieszkania zbiorowego wysokich i wysokościowych lub o liczbie miejsc noclegowych powyżej 200. Skuteczność tej strategii uzależniona jest ściśle od efektywności komunikacji pomiędzy ratowanymi a ratownikami. Jej brak lub niska jakość – opóźnienia w przepływie informacji o tym, co w danym momencie robią ratownicy i jaki jest spodziewany czas dotarcia do zagrożonych, mogą zaskutkować niewłaściwymi działaniami osób w strefie niebezpiecznej, podjętymi na skutek błędnych decyzji pod wpływem stresu. Przykład tego typu zachowań przedstawiła w swoim raporcie Szwedzka Rada ds. Badania Wypadków. Konsekwencją braku informacji, w opisywanym już pożarze [Andrée, Bengtson 2012] w dzielnicy Rinkeby w 2009 r., był zgon siedmiu osób, gdyż mieszkańcy nie pozostali w swoich mieszkaniach i ostatecznie śmiertelnie zatruli się gazami pożarowymi na klatce schodowej.

Ewakuacja opóźniona

Opóźniona ewakuacja ma miejsce, gdy ewakuowani przemieszczają się wewnątrz budynku do wyznaczonych stref bezpiecznych czy sąsiednich stref pożarowych i tam oczekują na dalsze polecenia ratowników. W tym przypadku termin „opóźniona ewakuacja” jest rozumiany jako celowe opóźnienie ewakuacji, jako część przyjętej strategii, a nie sytuacja wymuszona okolicznościami. To podejście do ewakuacji znajduje swoje podstawowe zastosowanie w przypadku osób o ograniczonej mobilności – trwale lub czasowo, np. ranni w pożarze, osoby z urazami czy unieruchomieniami kończyn dolnych. W takich przypadkach samodzielna ewakuacja jest znacznie utrudniona lub niemożliwa. Takie osoby wymagają pomocy ratowników bądź asystentów, aby dotrzeć do bezpiecznego miejsca, zwłaszcza w przypadkach, kiedy jedyną możliwą drogą ucieczki są schody. Z tego powodu strategia ta wydaje się być użyteczna i szczególnie skuteczna w przypadku wieżowców ze znacznym odsetkiem tego typu użytkowników, np. obiekty ZL II. W przypadku niesprzyjających warunków atmosferycznych i ograniczonych zasobach np. pojazdów dostosowanych do transportu osób na wózkach, czy w pozycji leżącej, to podejście jest warte rozważenia, a w związku z tym zasadne mogą być dostosowania części budynku do pełnienia funkcji tymczasowego schronienia.

Rozwiązanie to jest stosowane z powodzeniem na świecie, a przepisy budowlane np. w Szwecji czy Hongkongu, w części budynków nakładają obowiązek wykonania takich obszarów schronienia na potrzeby tej strategii ewakuacyjnej. Rzecz warta rozważenia i w polskich warunkach ze względu na strefę klimatyczną i częstość opadów atmosferycznych.

Jedną z zalet konstrukcji może być np. powtarzalność układu pomieszczeń na poszczególnych piętrach, co zdecydowanie przyczyni się do skrócenia czasu zapoznawania się z budynkiem, a tym samym usprawni proces ewakuacji, ale również poprawi komfort korzystania z niego na co dzień. Wybór drogi ewakuacyjnej w sytuacji awaryjnej będzie ułatwiony, ponieważ – jak było to już przedstawione we wcześniejszym fragmencie monografii – ludzie zdecydowanie chętniej korzystają z dojść i przejść użytkowanych przez nich rutynowo.

Jednakże priorytetami dla architektów są przede wszystkim takie cechy budynków, jak ich funkcjonalność czy estetyka, a za główne ograniczenia uznają wymogi przepisów budowlanych. Bezpieczeństwo pożarowe jest przez nich postrzegane jako istotne, chociaż czasami ma niższy priorytet niż inne cele projektowe, ze względu na swoją „małą atrakcyjność wizualną” oraz brak korzyści w codziennej eksploatacji. Poziom ryzyka powstania pożaru jest za to z ich perspektywy nieznaczny. Biorąc pod uwagę powszechne i powszechnie akceptowane przekonanie, że architekci przywiązują większą wagę do wyrazu artystycznego i estetycznego w projektowaniu budynków (tj. wyższość formy nad funkcją), niż do bezpieczeństwa pożarowego – w przypadku inwestorów te kwestie też nie są priorytetem wyboru projektu do realizacji. Co nie zmienia jednak faktu, że we wszystkich budynkach, niezależnie od aspiracji projektowych architektów, należy zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa pożarowego. Konsekwencją takiego podejścia może być sytuacja, w której niezwykle atrakcyjny wizualnie obiekt o bardzo zharmonizowanych funkcjach użytkowych będzie skrajnie niebezpieczny dla potencjalnych użytkowników, ze względu, np. na dobór materiałów wykończeniowych. Wtedy dbałość o owe mało atrakcyjne elementy może być bardzo ważna dla szans bezpiecznego opuszczenia budynku. Także w przypadku zaniedbania przepisów i zaistnienia w budynku pożaru, koszty uzupełnienia zabezpieczeń przeciwpożarowych mogą znacznie przekroczyć pierwotny kosztorys wykonawczy budynku. Może to doprowadzić do strat finansowych, wynikających z wyłączenia budynku z użytkowania. Natomiast na wcześniejszym etapie – niemożność otrzymania pozwolenia na użytkowanie może mieć również niebagatelny wpływ na prestiż dewelopera, a tym samym liczbę chętnych skłonnych do skorzystania z jego oferty. Dlatego środki ochrony przeciwpożarowej są egzekwowane w postaci standardów bezpieczeństwa, zwykle za pomocą przepisów i norm budowlanych, w których wymieniono różne wymagania. W związku z tym, chociaż koncepcja projektowa może wywodzić się ze zmysłu wizualnego lub estetyki budynków – atrybutów, które nie podlegają kodeksom budowlanym – decyzje projektowe architektów mogą wymagać zmiany, aby były zgodne z przepisami. Może to być jeden z powodów, dla których niektórzy architekci postrzegają wymagania normowe jako ograniczenie ich wolności twórczej.

Z dostępnej literatury przedmiotu wynika, że istotnymi aspektami, budzącymi zainteresowanie naukowców, jest analiza i ocena zachowań związanych z ewakuacją w czasie pożaru w wieżowcach; stosowane procedury i strategie działań przyjętych w tego typu budynkach oraz dobór właściwych narzędzi do budowania teoretycznych modeli ewakuacji, które w swoich algorytmach uwzględniają unikalne parametry, niewystępujące w przypadkach pożarów w budynkach o innej specyfice konstrukcyjnej. Przeanalizowano również zróżnicowanie technik ewakuacyjnych, w zależności od kategorii zagrożenia ludzi, a mianowicie budynki biurowe (ZL III), mieszkalne (ZL IV) i opieki zdrowotnej (ZL II). Przeanalizowano indywidualne lub połączone wykorzystanie różnych komponentów wyjścia. Drogi ewakuacyjne, jako pojęcie, zostało rozszerzone, ponieważ do klasycznych rozwiązań, takich jak schody czy windy ewakuacyjne, dodano rozwiązania alternatywne (ich zastosowanie uzależnione jest od lokalnych warunków), które zostaną przedstawione w kolejnym rozdziale.

9.3. Budynki wysokościowe w podziale na sposoby użytkowania

Budynki biurowe

Z punktu widzenia projektowania, budynki biurowe mają otwarte przestrzenie na poszczególnych kondygnacjach, co ogranicza możliwość lokalizacji pożaru w jednym pomieszczeniu – nie stanowią one bowiem osobnych stref pożarowych. Użytkownicy są z reguły lepiej przygotowani do ewakuacji budynku, ponieważ zazwyczaj są szkoleni w ramach ćwiczeń ewakuacyjnych i są ubrani, czujni i odpowiedzialni głównie za siebie. Mogą być lepiej zaznajomieni z funkcjonowaniem całego systemu rozwiązań ewakuacyjnych, w tym np. wind ewakuacyjnych czy innych niestandardowych sposobów ucieczki, jeśli są dostępne w budynku [Peacock, 2009]. Systemy przeciwpożarowe są z reguły dobrze utrzymane i mogą zawierać zarówno systemy DSO, jak i sygnalizatory akustyczne czy syreny alarmowe. Sprawną ewakuację może ułatwić przeszkolony personel np. pracownicy ochrony, koordynatorzy ewakuacji itp., którzy mają sprecyzowane obowiązki w przypadku pożaru.

Budynki mieszkalne i zamieszkania zbiorowego

Budynki mieszkalne charakteryzują się zupełnie innymi cechami, zarówno z punktu widzenia projektu, jak i przekroju populacji. Opóźnienie w czasach reakcji na powiadomienie o zagrożeniu wynika z różnego poziomu przygotowania do opuszczenia budynku. Mieszkańcy mogą spać, nie być ubrani itp., co stanowi brak gotowości do ewakuacji. Czasy rozpoznawania i reakcji są zatem dłuższe niż w przypadku innych sposobów użytkowania budynków (NFPA 101 2021, BSI 2019). Dodatkowo występuje tu aspekt emocjonalnego podejścia do miejsca zamieszkania oraz znajdujących się w nim przedmiotów, co prowadzić może do długiego ich wybierania oraz powrotów po zapomniane rzeczy osobiste.

Mieszkańcy mogą również być bardziej niechętni do opuszczania własnej nieruchomości z tego samego powodu [Proulx, 1995, 2001]. Ponadto rozpowszechnianie informacji jest wolniejsze ze względu na podział na segmenty, a powiązania społeczne mogą opóźniać ruch. Użytkownicy są zaznajomieni z otoczeniem w przypadku mieszkań lub akademików, natomiast nie znają go w hotelach. Goście hotelowi stanowią bardzo zmienną populację, co może spowodować ewentualne trudności w znalezieniu właściwej drogi ewakuacji w przypadku pożaru. Podział na strefy pożarowe umożliwi przyjęcie strategii obrony w miejscu, a projektanci bezpieczeństwa przeciwpożarowego mogą (ale nie muszą) uwzględnić taką opcję jako część planowania ewakuacyjnego przyjętego w tego typu budynkach.

Placówki medyczne

Niewiele badań dotyczyło konkretnie kwestii dotyczących ostatniej rozważanej tutaj kategorii, a mianowicie zakładów opieki zdrowotnej [Frantzich, 1996]. Populacja w tego typu środowisku ma różne cechy i obejmuje osoby z czasową lub trwałą niepełnosprawnością oraz niepełnosprawnością ruchową. Przeszkolony personel ZOZ, który zna zasady postępowania z osobami o szczególnych wymaganiach, może zostać włączony do usprawnienia procesu ewakuacji, jednak wymagać to będzie opracowania scenariuszy z podziałem na pory nocne czy okres świąteczny. Liczba opiekunów jest jednak zawsze zdecydowanie niższa od liczby osób wymagających ich wsparcia, którzy

nie są w stanie opuścić strefy zagrożonej samodzielnie [Sime, 1987]. Charakterystyczne cechy wysokościowca, tj. duże odległości, jakie muszą pokonywać ludzie znajdujący się na wyższych piętrach i konieczność ewakuacji pionowych z potrzebą użycia wind lub innych środków, wskazują na znaczenie skutecznych strategii ewakuacyjnych dla osób przebywających w tego typu budynkach. Należy zająć się wieloma problemami, takimi jak kwestie zmęczenia, odnajdywania drogi, korzystania z pionowych fragmentów dróg ewakuacyjnych (np. schodów, wind) itp. i będzie to niezależne od przeznaczenia obiektu i sposobu jego użytkowania. Różnice będą polegały tylko na zróżnicowanych potrzebach różnych populacji, które należy uwzględnić podczas wyboru strategii ewakuacyjnej, a także jej dalszego uszczegółowienia w postaci planów ewakuacyjnych dla danego budynku w zależności od scenariusza zdarzeń. Nie da się pominąć w takim opracowaniu np. kondycji fizycznej znajdujących się w nim stałych użytkowników lub często w nich przebywających osób. Należy dostosować do ich potrzeb komponenty budynku w taki sposób, aby ich wykorzystanie zapewniło wydłużenie dostępnego bezpiecznego czasu ewakuacji. Ewentualnie można skrócić wymagany bezpieczny czas ewakuacji, dzięki dostosowaniu środków transportu pionowego do wymogów bezpieczeństwa pożarowego [Nilsson, Jönsson, 2011] albo poprzez wydzielenie stref pożarowych, w których można bezpiecznie oczekiwać na przybycie ratowników. W polskich szpitalach, jeśli strefa pożarowa danej kondygnacji przekracza 750 m², to na podstawie § 227, pkt. 5 „Warunków technicznych”, musi zostać zastosowany podział na więcej stref, by umożliwić ewakuację w poziomie.

W budynkach wysokich i wysokościowych muszą być co najmniej dwie klatki schodowe, dostosowane do potrzeb ewakuacyjnych, m.in. posiadające przedsionki.

9.4. Dobór taktyki ewakuacyjnej w zależności od dostępnych rozwiązań

Polskie zapisy prawne, dotyczące tego aspektu w „Warunkach technicznych...”, są dość otwarte: „Budynek i urządzenia z nim związane powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia zapewniający... m.in. możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób”. Z jednej strony pozostawienie dużej swobody projektantom i osobom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo pożarowe to rozwiązanie bardzo dobre, bo umożliwia taki dobór rozwiązań, aby były one jak najbardziej efektywne w każdym indywidualnym przypadku. Z drugiej zaś strony odpowiedź, jaką dają przepisy anglosaskie, ułatwiałaby skorelowanie pierwotnej strategii ewakuacyjnej z konstrukcją budynku i jego funkcją.

Sam wybór strategii ewakuacyjnej, czy będzie ona całościowa, etapowa, czy opierała się na obronie na miejscu, nastąpić powinien już na etapie opracowania projektu architektonicznego, ponieważ narzuca on lub znacząco ogranicza dostępność tych strategii w realnym czasie. Przy bardzo skomplikowanej konstrukcji, braku powtarzalności pięter, czy wreszcie decyzji o niestosowaniu wind ewakuacyjnych, strategia ewakuacji całościowej nie przyniesie spodziewanych efektów. Przepustowość podstawowego elementu ewakuacji pionowej, jakim są schody, również będzie miała znaczący wpływ na czas osiągnięcia założonych celów.

Szerokość schodów może być tak zaprojektowana, aby zapewnić odpowiednią przepustowość w całym budynku w stosunku do piętra z największą liczbą użytkowników [Peacock, Kuligowski, Averill, 2012a] lub umożliwić jednoczesną ewakuację określonej liczby kondygnacji np. 2–3 kondygnacje, biorąc pod uwagę przypadek strategii etapowej. Szeroka gama możliwości przy ich projektowaniu oraz ich wpływ na czas ewakuacji wzbudziła zainteresowanie naukowców już w latach 80. XX w., kiedy rozpoczęto analizy związane z przepustowością [Pauls, Jones, 1980], a także wpływem doboru standardów ich wykonania, zgodnie z amerykańskimi normami budowlanymi dotyczącymi tego aspektu [Pauls, 1987]. Wyniki eksperymentów związanych z liczbą, wymiarami schodów i ich lokalizacją w budynku [Pauls, 2005], [Pauls i in., 2007] lub specyficznymi cechami, takimi, jak np. kąt nachylenia [Graat i in., 1999], bądź wartości przepustowości [Blair, Milke, 2011] itp. mogą stanowić dane wejściowe do wykonania modeli matematycznych, wykorzystywanych do określenia szybkości ewakuacji.

Rozwiązania ewakuacyjne klatek schodowych i minimalne wymagania, dotyczące ich przepustowości czy oddymiania, opisane są w przepisach budowlanych, np. w Polsce w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, a jako standardy międzynarodowe stosowane są: NFPA 101 (NFPA 101, 2021), czy International Building Code (IBC 2018). Biorąc pod uwagę kryteria strukturalne, oprócz kwestii projektowych, należy również wziąć pod uwagę aspekty behawioralne, takie jak ergonomia, poziomy motywacji, zachowania grupowe itp. [Pauls i in., 2007]. Płeć lub rola społeczna mogą również wpływać na wyniki ewakuacji z perspektywy behawioralnej. Na przykład, eksperymenty przeprowadzone przez Boyce [Boyce i in., 2009] wykazały, że podczas ewakuacji schodami mogą pojawić się sytuacje związane z zachowaniem norm kulturowych (np. grupy męskie dające pierwszeństwo kobietom lub grupom z dziećmi itp.).

Łączenie się strumieni ewakuowanych na spocznikach jest kolejnym ważnym czynnikiem podczas ewakuacji w wieżowcach. Wpływ zachowań związanych z łączeniem się może zmieniać szybkość przepływu ludzi, a w konsekwencji oddziaływać na całkowity czas ewakuacji. W wyniku symulacji komputerowych stwierdzono, że ewakuacja klatką schodową z wieżowców będzie bardziej płynna, jeśli grupa ewakuujących się z danego piętra włączy się do głównego strumienia ludzi po stronie schodów prowadzących w kierunku wyjścia niż jeśli pojawiliby się bezpośrednio przy schodach, którymi schodziłyby grupy z wyższych pięter [Galea i in., 2008c], choć nie potwierdziły tego faktu eksperymenty, z których wynika, że pomimo różnic w geometrycznym położeniu drzwi w odniesieniu do schodów, stosunek łączenia wynosił zawsze około 50:50 [Boyce i in., 2009].

Zmęczenie to kolejny czynnik, który należy zbadać podczas ewakuacji schodów w budynkach wysokościowych. Na przykładzie ewakuacji z WTC okazało się, że czas ewakuacji jest dwukrotnie dłuższy na dystansie tego samego piętra niż przejście swobodne w warunkach normalnych [Choi i in., 2011]. Opóźnienia te wywołują nie tylko duże zagęszczenie osób na klatkach schodowych, ale – w zależności od kondycji fizycznej – następujące spowolnienia ruchu przez osoby, które szybciej ulegają zmęczeniu, a przez to poruszają się wolniej (lub w ogóle zatrzymują się) i w części przypadków wymagają pomocy przy pokonywaniu kolejnych pięter, co również ma wpływ na szybkość przepływu strumienia [Averill i in., 2005], [Galea i in., 2008a]. Problem starzejącego się społeczeństwa będzie pogłębiał ten stan rzeczy, ponieważ fizyczne możliwości mieszkańców będą pogarszać się z wiekiem [Spearpoint, MacLennan, 2012].

Kolejnym aspektem, który ma wpływ na faktyczną prędkość przepływów będzie fakt uwzględnienia w ich szerokości fazy pojawienia się ratowników, poruszających się wraz ze sprzętem w przeciwną stronę niż ewakuowani [Kratchman, 2007], a obecność strażaków na klatkach schodowych podczas ewakuacji powoduje opóźnienie jej przebiegu [Peacock i in., 2009].

Analiza realnych przypadków

Atak terrorystyczny na WTC z 11 września 2001 r. i kilka innych ewakuacji wieżowców pokazuje wady projektów bezpieczeństwa (np. problemy spowodowane krzyżowymi ścieżkami przepływu na schodach między strażakami a mieszkańcami WTC [Torero i in., 2002]), które dotyczyły tylko schodów, nie biorąc pod uwagę wszystkich innych aspektów.

W rozważaniach zespołu prof. Torero pojawiła się propozycja przyjęcia, już na etapie projektu, scenariuszy pożarów dla budynków wysokościowych, obejmująca takie same czynniki niszczące, jakie miały miejsce w przypadku WTC, uwzględniające następujące założenia:

- Integralność strukturalna budynku musi być zachowana przy braku jakiegokolwiek formy kontroli ognia (gaszenia) i nie uwzględniając elementów ochrony biernej przez nieskończenie długi czas.
- Integralność strukturalną pozostałej części budynku (tej, która nie została bezpośrednio zniszczona) należy osiągnąć na tych samych zasadach, co powyżej, zakładając, że systemy ochrony biernej pozostały nienaruszone.
- Niezawodność aktywnych systemów przeciwpożarowych oraz możliwości interwencji strażaków w miejscu katastrofy należy uzależnić od kondygnacji budynku.
- Systemy oddymiania i organizacja ewakuacji muszą być zaprojektowane w taki sposób, że w czasie trwania pożaru możliwa jest tylko ewakuacja lokalna.

Dwukierunkowa komunikacja schodami, zależność od ich wysokości, liczby spoczników, biegów itd. zostały dość szczegółowo opisane w literaturze przedmiotu, praktycznie od samych początków rozważań w tym obszarze, a ich wykorzystanie w tym celu jest w znacznym stopniu intuicyjne.

Klatki schodowe

Czas potrzebny populacji mieszkańców do osiągnięcia bezpiecznego poziomu schodzenia po klatce schodowej podczas ewakuacji budynku jest zwykle szacowany na podstawie mierzalnych zmiennych inżynierskich, takich jak geometria schodów, prędkość, gęstość i opóźnienie przed reakcją na alarm lub zagrożenie. Z kolei inżynierskie modele ewakuacji budynków wykorzystują te zmienne do przewidywania wydajności systemów wyjścia na potrzeby projektowania budynków, planowania awaryjnego lub rekonstrukcji zdarzeń. W ramach programu, który ma na celu lepsze zrozumienie ruchu i zachowania użytkowników podczas sytuacji awaryjnych w budynku, laboratorium w NIST zebrało dane dotyczące ruchu schodów podczas ewakuacji przeciwpożarowej budynków biurowych i mieszkalnych. Te zbiory danych mają na celu lepsze zrozumienie tej głównej funkcji wyjścia budynku i opracowanie technicznych podstaw dla przyszłych przepisów i wymagań norm. Dane dotyczące ewakuacji podczas ćwiczeń przeciwpożarowych zebrano w 14 budynkach (11 biurowcach i 3 budynkach mieszkalnych) o wysokości od sześciu do 62 pięter, obejmujących różne szerokości schodów i zagęszczenia mieszkańców. W sumie zestaw danych zawiera ponad 22 000 pojedynczych

pomiarów. Artykuł *Poruszanie się po schodach podczas ewakuacji budynków z 2017 r.* zawiera szczegółowe informacje na temat zebranych danych i ich analizę. Celem jest lepsze zrozumienie ruchu podczas ewakuacji z klatki schodowej i dostarczenie danych do przetestowania zdolności predykcyjnej budowania modeli wyjść. Natomiast średnia prędkość ruchu w przeprowadzonych badaniach wynosiła 0,44 m/s. Badania te potwierdziły wyniki wcześniejszych eksperymentów, gdyż prędkość ta jest zbliżona do zakresu wartości z poprzednich badań. Średnie miejscowe prędkości ruchu, gdy osoby ewakuujące się po schodach w dół, różnią się znacznie w obrębie danej klatki schodowej, w zakresie od 0,10 do 1,7 m/s, w zależności od grupy wiekowej i sprawności fizycznej indywidualnych osób i zgodne są z wartościami przyjmowanymi w modelowaniu numerycznym [Peacock i in., 2017].

Natomiast wykorzystanie dźwigów osobowych w ewakuacji jest aspektem posiadającym zarówno zwolenników, jak i przeciwników. Dlaczego ich użycie budzi takie kontrowersje?

Windy ewakuacyjne

Wykorzystanie wind ewakuacyjnych było już przedmiotem rozważań naukowców zajmujących się ewakuacją na początku lat 30. XX w. Stwierdzono, że skuteczność wykorzystania wind dla poprawy bezpieczeństwa życia została wykazana na bardzo wczesnym etapie badań ewakuacyjnych, podczas których udowodniono, że użycie tego środka ewakuacyjnego znacząco skraca czas trwania akcji (Bukowski i in. 2009). Jednakże na przestrzeni kilkudziesięciu lat liczba zdarzeń, gdzie niedostosowane do potrzeb ewakuacyjnych windy stały się śmiertelnymi pułapkami, a wind dostosowanych do tego celu było niewiele, w świadomości społecznej dźwig osobowy nie stanowił bezpiecznej alternatywy wobec ewakuacji schodami. Świadomość opinii publicznej została zweryfikowana poprzez problemy ewakuacyjne, które ujawnił atak terrorystyczny na WTC z 2001 r. Według założeń projektowych czas całkowitej ewakuacji obu wież oszacowany był na cztery godziny [Bukowski, 2009], co wymusiło na całym środowisku oraz instytucjach zajmujących się regulacjami prawnymi czy standardami w obszarze bezpieczeństwa pożarowego do przeanalizowania wszystkich za i przeciw stosowania dźwigów osobowych na potrzeby ewakuacji [Kuligowski, 2011], [Galea, Blake, 2004], [Zmud, 2007]. W celu wykorzystania niezaprzeczalnych zalet ewakuacji pionowej za pomocą wind, której celem jest znaczące skrócenie czasu jej trwania, konieczne jest wypracowanie wspólnej strategii na poziomie globalnym, w której zawarte będą odpowiedzi na bardzo trudne pytania. Dalsze prace będą wymagały stworzenia międzynarodowych przepisów, regulacji i standardów, dotyczących tego typu ewakuacji. Podczas sympozjum w Cambridge w 2009 r., zorganizowanym przez *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH) sformułowano podstawowe obszary, które wymagają wyjaśnienia, a później muszą przyjąć formę przepisów dla projektantów, inwestorów i producentów dźwigów osobowych, a także być obowiązujące dla całej branży związanej z ochroną przeciwpożarową [Proulx, 2009].

Za najistotniejsze obszary przyjęto:

- Zmianę narracji w kampaniach dotyczących bezpieczeństwa pożarowego i ewakuacji. Element ten będzie bardzo znaczący z psychologicznego punktu widzenia, ponieważ od ponad 40 lat windy prezentowane są jako dokładna odwrotność bezpiecznego sposobu ewakuacji.

- Oszacowanie, m.in. na potrzeby projektowe, na podstawie szeroko zakrojonego badania ankietowego, jaki procent użytkowników budynku wysokiego lub wysokościowego najprawdopodobniej zdecyduje się na jego opuszczenie za pomocą wind i jak zmienia się ten wynik w zależności od zamieszkiwanego lub zajmowanego piętra.
- Wprowadzenie rozróżnienia wind dostosowanych do ewakuacji od niespełniających tego wymogu, ponieważ ich instalacja w danym obiekcie jest niemożliwa – jakie rozwiązania techniczne lub oznakowania należy zastosować, jeżeli w danym budynku występują dwa rodzaje wind i może wystąpić błędny wybór.
- Zapobieżenie przez przepełnieniem wind w sytuacji zagrożenia, gdy pojawia się panika.
- Oszacowanie optymalnej nośności i liczby osób, mogących znajdować się jednocześnie w windzie ewakuacyjnej, w zależności od wysokości budynku, liczby dostępnych szybów oraz minimalnego wymaganego czasu ich działania w warunkach pożaru.
- Opracowanie zasad ewakuacji ze szczególnym uwzględnieniem priorytetowego dostępu wybranych grup (np. osoby z niepełnosprawnościami, kobiety w ciąży i z małymi dziećmi).
- Przeprowadzenie badań dotyczących odporności psychicznej ewakuowanych na czas oczekiwania na ponowny przyjazd windy (określenie wartości progowych).
- Zarządzanie ewakuacją windami, wyznaczenie osób odpowiedzialnych za prawidłowy przebieg tego procesu.
- Ewakuacja rodzin i osób silnie związanych emocjonalnie – wpływ na płynność ewakuacji konieczności ich rozdzielania.
- Organizacja systemu ewakuacji z uwzględnieniem maksymalnego oczekiwania na ostatnich docierających do holu windy.
- Analiza wpływu docierających w czasie rzeczywistym informacji z różnych źródeł (Internet, połączenia komórkowe itp.) na zachowanie ewakuowanych.
- Określenie podstawowych obaw, jakie budzi ewakuacja windami.
- Opracowanie materiałów edukacyjnych na temat użycia wind do ewakuacji oraz włączenia ich do procesu informacyjnego projektantów i inwestorów.

Systemy dźwigowe, przeznaczone do ewakuacji osób, zostały objęte normą NFPA 101/IBC i w skład wymagań dotyczących ich bezpieczeństwa wchodzi następujące elementy:

- instalacja tryskaczowa (na dnie szybu),
- monitoring ruchu dźwigów z centrum zarządzania,
- sygnalizacja, selektywne DSO i komunikacja z holem,
- system informowania ludzi o czasie oczekiwania,
- obudowany hol windowy:
 - odporność 1 h + dymoszczelność,
 - automatyczne zamykanie,
 - minimalna powierzchnia (25% populacji),
 - dostęp do schodów.

Tradycyjna koncepcja, zgodnie z którą windy nie powinny być używane w sytuacjach awaryjnych, została odrzucona przez potrzebę zapewnienia szybszych

i skuteczniejszych metod ewakuacji budynków wysokich i wysokościowych. W szczególności, do ich ewentualnego wykorzystania w istotny sposób wpłynęły kwestie związane z ewakuacją osób z ograniczoną mobilnością za pomocą schodów. Istnieje kilka problemów związanych z użytkowaniem wind ewakuacyjnych z punktu widzenia projektowania. Ograniczona przestrzeń w windach stwarza potencjalne problemy związane ze zmiężdżeniem osób, co może wystąpić w ograniczonych przestrzeniach i warunkach dużej gęstości [Harding i in., 2010]. Płomienie, wysokie temperatury i toksyczny dym mogą przedostać się do szybu windy, zwłaszcza gdy jest ona w ruchu; może powstać podciśnienie zasysające dym (efekt tłoka) do wnętrza szybu windowego [Klote, 1983], [Chien, Wen, 2011]. Szczególne wymagania dotyczą także zasilania awaryjnego i ochrony przed zwarceniem w instalacji elektrycznej. Windy ewakuacyjne powinny być również zaprojektowane z uwzględnieniem ochrony przed trzęsieniami ziemi (w obszarach aktywnych sejsmicznie), zapewnienia powinny także zapewniać systemy łączności awaryjnej oraz dostęp świeżego powietrza i być zabezpieczone przed zalaniem wodą używaną do gaszenia pożaru [Klote i in., 1993]. Lokalizacja wejść do wind ewakuacyjnych powinna znajdować się na piętrach o dużej liczbie użytkowników w najbliższym sąsiedztwie schodów ewakuacyjnych (zgodnie z normą NFPA 101 2021). Rozwiązanie to funkcjonuje m.in. w aktualnie najwyższym budynku świata, dubajskim Burj Khalifa [Weismantle i in., 2007], a także w Petronas Towers w Kuala Lumpur.

Komitet TC178 Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) zidentyfikował co najmniej dwanaście krajów, które wymagają zainstalowania dźwigów dla służb ratowniczych w budynkach powyżej 30 m, w celu zapewnienia dostępu i ułatwieniu działań straży pożarnej, a także ewakuacji osób z niepełnosprawnościami oraz czasowo ograniczoną mobilnością. Norma brytyjska (BS 5588 część 5) natomiast wymaga wdrożenia tego rozwiązania już od wysokości przekraczającej 18 m. Według standardów bezpieczeństwa, które obowiązują od 1973 r. w Stanach Zjednoczonych, windy ewakuacyjne, czy szerzej – windy, dostosowane do potrzeb służb ratowniczych, poruszają się w przypadku wykrycia pożaru przez system detekcji w dwóch fazach: I – zjazd na najniższą kondygnację i otwarcie drzwi, II – uruchomienie ręczne windy za pomocą specjalnego klucza przez ratowników, umożliwiające korzystanie z niej w pełnym zakresie. Dodatkowym elementem wspierającym powinien być system kamer i innych czujników znajdujących się w budynku, aby uniknąć ryzyka otworzenia drzwi windy na kondygnacji objętej pożarem w najbliższym otoczeniu szybu windowego.

Prowadzone analizy, dotyczące obszarów związanych z zachowaniem ludzi [Kuligowski, Bukowski, 2004] oraz symulacje komputerowe [Kinsey i in., 2009] wykazały, że czas dotarcia strażaków, korzystających z wind uległ skróceniu w stosunku do czasu, kiedy poruszali się oni wraz ze sprzętem po schodach o około 15–30 min. Zaletą wykorzystania wind ewakuacyjnych jako dodatkowego elementu ewakuacyjnego jest to, że mogą one pomóc osobom z niepełnosprawnością ruchową w przeprowadzeniu samodzielnej ewakuacji (BSI 9999:2017).

Liczba przystanków windy jest kolejnym ważnym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę. Wszelkie próby przeciwdziałania opóźnieniom, spowodowanym zwiększoną liczbą pięter, obsługiwanych przez windy ewakuacyjne, są obecnie uważane za niedopuszczalne w teorii normalnego użytkowania wind [Barney, 2003]. Głównym, powszechnie stosowanym rozwiązaniem jest obsługa maksymalnie około piętnastu pięter za pomocą jednej windy lub grupy wind [Noordermeer, 2010]. Dlatego koncepcja

podziału na strefy jest konieczna, aby zoptymalizować zastosowane rozwiązanie projektowe. Budynek powinien więc być podzielony na strefy o określonej liczbie kondygnacji, którym przypisano windy. Badano główne czynniki ludzkie, związane ze stosowaniem różnych strategii, ze szczególnym uwzględnieniem niedostatecznego wykorzystania wind w stosunku do akceptowanych czasów oczekiwania [Kinsey i in., 2012]. Wysokie budynki są również zwykle wyposażone w windy wahadłowe, które są zwykle większe i szybsze, a ich celem jest łączenie „podniebnych lobby”. Koncepcja „łodzi ratunkowych” została zaproponowana przez Paulsa [Pauls, 1978]. Dokonał on porównania do ewakuacji statku, w której pasażerowie są gromadzeni przed jego opuszczeniem za pomocą łodzi ratunkowych – jest to podejście mobilizacyjne. Zasugerował, że mieszkańcy budynków mogliby początkowo ewakuować się do „podniebnych lobby”, a następnie czekać na dalsze instrukcje.

Kilka badań dotyczyło kombinacji różnych komponentów wyjścia. Pierwsze z nich, odnoszące się do łącznego wykorzystania tych komponentów wyjścia były już dostępne w latach 70. XX wieku [Bazjanac, 1977], [Pauls, 1987]. Bazjanac przeprowadził pierwszą symulację ewakuacji z uwzględnieniem wind, natomiast praca Paulsa opierała się na ręcznych obliczeniach. Pauls przedstawił prognozy czasu ewakuacji w wieżowcu przy użyciu różnych rodzajów środków wyjścia (albo schodów, albo wind) i innego rozmieszczenia zastosowanych elementów wyjścia (zasadniczo zmieniając szerokość schodów).

W latach 90. XX wieku naukowcy skupili się na zbadaniu wykonalności użycia wind ewakuacyjnych, poprzez porównanie czasów ewakuacji, uzyskanych przy zastosowaniu różnych komponentów ewakuacyjnych. Zbadano również połączenie schodów i wind, a we wnioskach stwierdzono, że windy ewakuacyjne mogą stanowić znaczną poprawę w projektowaniu bezpieczeństwa wieżowców. Klote odkrył, stosując modelowanie wyjść, że wyższe budynki są narażone na zwiększone skrócenie czasu ewakuacji w przypadku użycia wind ewakuacyjnych [Klote i in., 1992a].

W literaturze dostępne są badania, dotyczące czynników ludzkich, związanych z użytkowaniem wind. Są one oparte na ankiecie internetowej i symulacjach komputerowych [Kinsey i in., 2009], [Kinsey, 2011], kwestionariuszach na miejscu [Jönsson i in., 2012] lub kwestionariuszach symulacyjnych i ankiecie online [Heyes, 2009]. Zbadali postrzeganie ryzyka przez ewakuowanych pod kątem ich wyboru użycia określonego elementu wyjścia (tj. wind lub schodów), w odniesieniu do ich pozycji względem pożaru. Zbadano zachowania ludzkie związane z używaniem wind w kontekście ewakuacji wież kontrolni ruchu lotniczego [Levin, Groner, 1994].

Wszystkie badania potwierdziły, że coraz większa liczba mieszkańców prawdopodobnie będzie korzystać z wind do ewakuacji z wieżowca, w zależności od rosnącej liczby kondygnacji. W wynikach badań zawarto korelacje dla liczby pięter odpowiednio od 5 do 60 [Heyes, 2009] lub od 5 do 24 [Jönsson i in., 2012]. Ankieta internetowa została wykorzystana do analizy regresji korelacji między windą lub schodami w stosunku do piętra, na którym znajdują się użytkownicy. Rozpatrywany zakres pięter wynosił od 5 do 55. Wspomniane wyżej badania naukowe pokazują, że mieszkańcy budynku byłiby przygotowani do korzystania z wind ewakuacyjnych, gdyby zostali odpowiednio przeszkoleni [Kinsey, 2011]. Niemniej jednak Heyes [Heyes, 2009] stwierdziła, że odsetek uczestników eksperymentu, którzy byli niechętni do skorzystania z windy podczas ewakuacji z 60. piętra w wieżowcu, sięgał 40%.

Innym ważnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę, jest czas, w którym ewakuująca się ludność byłaby oczekiwana i skłonna do czekania. Obejmuje to

prawdopodobieństwo, że mieszkańcy czekają na windę awaryjną, zanim zdecydują się skorzystać ze schodów. Jest to podstawowy czynnik w procesie pionowej ewakuacji wieżowca, ale niestety badań dotyczących tego problemu jest niewiele. Pokazują one zależność czasu oczekiwania od pięter, na których znajdują się mieszkańcy [Nilsson, Jönsson, 2011], [Heyes, 2009] i [Kinsey 2011]. Dane sugerują, że prawie wszyscy mieszkańcy nie chcą czekać na windy dłużej niż 10 minut. Trudności w zbieraniu tego typu informacji wynikają z potrzeby posiadania danych, które faktycznie odzwierciedlają rzeczywiste zachowanie ludzi w przypadku pożaru. Specyficzny układ rozpatrywanej infrastruktury, wraz ze strategiami ewakuacyjnymi, stosowanymi w celu zachęcenia do korzystania z wind, również odgrywają fundamentalną rolę [Kuligowski, Hoskins, 2012].

Decyzje o strategicznym wykorzystaniu wind w sytuacjach awaryjnych należy podjąć przed sfinalizowaniem projektów sterowania i interfejsów operatora dla wind. Oto przykłady takich decyzji: Kto ma pierwszeństwo w dostępie do wind? Czy osoby znajdujące się w obliczu największego zagrożenia będą miały pierwszy dostęp, czy też osoby z niepełnosprawnościami i urazami przypisze się najwyższy priorytet, niezależnie od lokalizacji? A może ich użycie będzie ograniczone do strażaków, którzy muszą szybko przemieszczać się w pionie, aby rozpocząć działania gaśnicze? A co najważniejsze, kto będzie obsługiwał windy i kto będzie kierował ich użytkowaniem?

9.5. Zalety i wady zarządzania windami

Obsługa tylko przez strażaków

Wiele osób w straży pożarnej sprzeciwia się pomysłowi obsługi wind przez cywilów podczas sytuacji awaryjnych, nawet po zaprojektowaniu systemów w celu ochrony ich przed ogniem, dymem i wodą. Nie bez powodu argumentują, że takie systemy nie są odporne na awarie i że operatorzy potrzebują sprzętu i szkolenia, aby radzić sobie z takimi sytuacjami awaryjnymi. Twierdzą również, że cywilom brakuje szkolenia i dyscypliny, potrzebnej do prowadzenia skoordynowanej i skutecznej akcji ratowniczej.

Z drugiej strony przekonujące są również argumenty za zezwoleniem wyszkolonym cywilom na obsługę wind. Co najważniejsze, podczas sytuacji awaryjnych w budynku liczą się sekundy, a zanim straż pożarna może zareagować, ocenić sytuację i rozpocząć akcję ratowniczą, może upłynąć sporo czasu. W tych krytycznych minutach windy można wykorzystać do ewakuacji ludzi, którzy w przeciwnym razie mogą doznać obrażeń lub śmierci, ponieważ ostatecznie zostali pozbawieni możliwości samodzielnej ewakuacji przez rozprzestrzenianie się ognia lub dymu po tym, jak zostali uwięzieni lub opóźnieni w oczekiwaniu na dostęp do zatłoczonych schodów lub na ratunek, ponieważ nie mogli korzystać ze schodów. Strażacy będą mieli możliwość przejęcia obsługi windy, gdy będą gotowi lub pozostawienia jej pod kontrolą cywilnych służb ratowniczych.

Systemy automatyczne

Kolejnym etapem rozwoju taktyk ewakuacyjnych przy użyciu dźwigów osobowych będzie automatyzacja tego procesu. Kontrola i wyznaczanie tras wind w sytuacjach awaryjnych mają ogromne znaczenie i będą wymagały starannych badań i rozwoju. Istotne znaczenie ma stopień, w jakim operacje mogą i powinny być zautomatyzowane. Inżynierowie często skłaniają się ku automatyzacji, ponieważ najczęściej eliminuje ona ludzkie błędy, ale podjęcie decyzji, czy i gdzie zautomatyzować, jest trudne. Automatyzacja zwiększa złożoność systemów, co zwiększa prawdopodobieństwo

nieprawidłowego działania. Ponadto mogą pojawić się problemy, gdy ludzie wchodzi w interakcję z systemami automatycznymi. Zamiast eliminować błąd ludzki, automatyzacja może mieć niezamierzone konsekwencje, polegające na prostym tworzeniu różnych typów błędów ludzkich. Systemy zautomatyzowane, szczególnie w takich funkcjach krytycznych dla bezpieczeństwa życia, wymagają nadzoru człowieka, ale ludziom z natury rzeczy trudno jest dokładnie śledzić stan systemu, gdy nie są zaangażowani w jego działanie. W rezultacie, jeśli muszą przejąć kontrolę nad systemem, a nie rozumieją jego stanu i sposobu działania, zwiększa to prawdopodobieństwo popełnienia błędów krytycznych. Wiele takich przypadków jest udokumentowanych w postępowaniach po katastrofach lotniczych czy poważnych awariach przemysłowych.

Inne problemy mogą się pojawić, gdy ludzie pokładają zbyt duże zaufanie w zautomatyzowanych systemach lub nie ufają im wystarczająco. Zbyt duże zaufanie może prowadzić operatorów do umożliwienia systemom przekraczania granic ich działania, a zbyt małe zaufanie może prowadzić operatorów do zmniejszenia wydajności systemów, poprzez przejęcie kontroli nad zautomatyzowanymi systemami, które działały dobrze. Trudności te są potęgowane przez chaotyczny charakter sytuacji awaryjnych, które mogą postępować w nieprzewidywalny sposób, którego projektanci zautomatyzowanych systemów nie przewidzieli.

Pomimo problemów, związanych z automatyzacją systemów, ograniczenie wpływu czynnika ludzkiego dla niektórych funkcji może mieć bardzo dużą wartość dodaną. W dziedzinie czynników ludzkich ten proces decydowania, które funkcje są lepiej wykonywane przez maszyny, nazywa się „alokacją funkcjonalną”. Przykładem może być automatyczna blokada miejsc postojowych, gdzie warunki są nie do utrzymania lub gdzie niezawodne działanie windy jest problematyczne. Podobnie tymczasowe blokady mogą być zautomatyzowane, aby windy nie zatrzymywały się w holach, w których czekają mniej zagrożeni pasażerowie, przyspieszając w ten sposób ewakuację i umożliwiając windom działanie jako ekspres między odbiorem i rozładunkiem pasażerów zagrożonych.

Problematyka interfejsu użytkownika

Sterowanie zespołem wind w celu ewakuacji osób najbardziej zagrożonych w pierwszej kolejności podczas oceny stanu środowiska wind i miejsc przystankowych wymaga znacznie bardziej złożonego interfejsu. Samo zapewnienie szeregu lampek kontrolnych i ekranów wideo nie zadziała, ponieważ ogromne ilości danych po prostu przeciążą możliwości przetwarzania informacji przez operatora. Zamiast tego, wyświetlanie informacji powinno opierać się na „analizach zadań poznawczych”.

Szkolenie z wykorzystaniem symulacji operacji awaryjnych

W zakresie, w jakim dobry projekt uwidacznia działanie interfejsów, potrzeby szkoleniowe są ograniczone. Jest to szczególnie ważne w systemach awaryjnych, ponieważ nie są one rutynowo używane na co dzień. „Przejrzystość” jest celem dobrego projektu interfejsu, co oznacza, że operatorzy powinni być w stanie zrozumieć, jak obsługiwać system, bez konieczności poświęcania dodatkowej energii na myślenie o nim. Niemniej jednak pewne szkolenie jest nieuniknione, nawet jeśli interfejsy są dobrze zaprojektowane. Szkolenie z obsługi systemów ratunkowych często najlepiej przeprowadzić poprzez symulację sytuacji awaryjnych. Możliwość symulacji scenariuszy awaryjnych może zostać wbudowana w projekt systemów wind awaryjnych, co znacznie zwiększa prawdopodobieństwo, że operatorzy będą w stanie zrozumieć i obsługiwać interfejsy w wielu różnych sytuacjach.

Windy w wysokich budynkach, które można bezpiecznie obsługiwać podczas pożaru i innych sytuacji awaryjnych, mają ogromny potencjał w zakresie usprawnienia działań ratowniczych. Nawet jeśli są używane wyłącznie przez straż pożarną, operacje tłumienia ognia i ratownictwa można znacznie usprawnić. Jednak zanim ratownicy rozpoczną swoje działania, systemy te mogłyby być wykorzystane z dużym skutkiem do szybszej ewakuacji mieszkańców, z bardzo dużą korzyścią dla osób, które nie mogą łatwo schodzić ze schodów z powodu niepełnosprawności i obrażeń.

Rozwiązania techniczne, zapobiegające przedostawaniu się ciepła, dymu i wody nie są główną przeszkodą w przypadku wind ewakuacyjnych. Większym wyzwaniem jest rzeczywiste wykorzystanie tych systemów – planowanie strategiczne, projektowanie interfejsów i szkolenie operatorów, które umożliwią bezpieczne, efektywne i wydajne korzystanie z wind w sytuacjach awaryjnych. Montaż systemów wind chronionych, bez zwrócenia uwagi na te obawy, będzie skutkował niedopuszczalnym ryzykiem, związanym z ich użytkowaniem. Jednak dzięki opracowaniu szczegółów planowania strategicznego i taktyki, czynnikom ludzkim alokacji funkcjonalnej i projektowania interfejsów oraz odpowiednim szkoleniom dla operatorów, systemy te będą w pełni funkcjonalne i zmniejszą ryzyko dla mieszkańców budynku i ratowników.

9.6. Inne elementy konstrukcyjne wykorzystywane w ewakuacji

Łączniki pomiędzy budynkami

W celu szybkiego opuszczenia zagrożonych obszarów w budynkach wysokich i wysokościowych można wykorzystać inne rozwiązania niż tylko klatki schodowe czy specjalnie dostosowane dźwigi osobowe. W przypadku budynków połączonych funkcjonalnie lub znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie, do celów ewakuacyjnych można wykorzystać łączniki, w terminologii anglosaskiej górnolotnie nazwane „podniebnymi mostami”. Rozwiązanie to nie jest żadną architektoniczną nowinką. Budynkiem, w którym najprawdopodobniej po raz pierwszy zastosowano to rozwiązanie, jest znajdujący się w Wenecji, niezmiernie popularny Most Westchnień (*Ponte dei Sospiri*), który wybudowano w XVII w. [Wood i in., 2005]. W czasach współczesnych to rozwiązanie projektowe zastosowano w kilku budynkach na całym świecie, np. Petronas Towers w Malezji [Ariff, 2003]. Wcześniejszy od Mostu Westchnień jest kryty łącznik między budynkiem rządowym a pałacem Medyceuszy we Florencji, pozwalający na przejście kilkuset metrów, ponad poziomem chodników i nad rzeką, niezależne od warunków atmosferycznych, a co najważniejsze – bezpieczne od zamachowców, władców Florencji z domu prywatnego do miejsca pracy, jak też opuszczenie tego ostatniego w sposób niezauważalny dla otoczenia.

Łączniki ewakuacyjne mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w ewakuacji już powyżej poziomu parteru. Wykonalność tego rozwiązania projektowego jest ściśle związana z kilkoma czynnikami, takimi jak wysokość budynku i jego ogólna koncepcja. Bezpośrednią korzyścią, wynikającą z zastosowania mostów powietrznych, jest zmniejszenie odległości pionowej ewakuacji i zwiększenie dostępnych opcji, a jego skuteczność uzależniona jest od doboru strategii ewakuacyjnej i innych dostępnych sposobów ucieczki [Wood, 2007]. Umieszczanie „mostów powietrznych” powinno być wykonane w celu zapewnienia maksymalnej wydajności przepływu grup ludzi.

Najbardziej celowym jego umiejscowieniem jest poziom, na którym następuje zmiana strefy wind [Wood, 2003]. Ponadto powinien być on umieszczony pomiędzy wyższą a niższą kondygnacją drugiego budynku (czyli wymagane byłyby dwa niezależne łączniki w zależności od kierunku ewakuacji, aby zawsze odbywała się w dół), ponieważ w przeciwnym razie większość mieszkańców musiałaby pokonywać znaczne odległości pionowe pod górę, w sposób zupełnie nieintuicyjny. Należy też brać pod uwagę przewidywane obciążenie poszczególnych pięter przez użytkowników, jako dodatkowe strumienie ewakuacyjne z sąsiedniego budynku.

Dodatkowo łączniki pożarowe mogłyby służyć jako wydzielone strefy pożarowe i – w zależności od poziomu gruntu – mogłyby z nich prowadzić kolejne alternatywne drogi ewakuacji, takie jak np. rękawy ewakuacyjne.

Modele ewakuacji z zastosowaniem łączników [Haliti i in., 2015] wykonano w programie Pathfinder dla bliźniaczych budynków o dwóch wysokościach – posiadających 50 lub 95 pięter, a do każdego z nich wprowadzono po pięć scenariuszy ewakuacyjnych. Wieże są połączone kilkoma mostami (2, 3 lub 5), a przydział osób, korzystających z tego rozwiązania to odpowiednio 100%, 50% lub 15%, w zależności od scenariusza. Rozważana strategia ewakuacji to całkowita ewakuacja pojedynczej wieży. W przypadku całkowitej ewakuacji, pionowa droga do bezpiecznej strefy zostaje skrócona, od konieczności opuszczenia budynku z dowolnej kondygnacji, przez wyjścia znajdujące się na poziomie gruntu, aż do odległości do najbliższego znajdującego się poniżej punktu rozpoczęcia ewakuacji łącznika – tym samym czas opuszczenia zagrożonego obszaru jest również znacząco krótszy. Wykorzystanie tego rozwiązania znacząco ułatwia wypracowanie strategii ewakuacyjnej z zespołów nawet najwyższych budynków, przy założeniu, że tylko jeden z nich nie jest objęty pożarem.

Bezpieczne kondygnacje

Co może dziwić, znacząca część budynków wysokich i wysokościowych stanowi jedną strefę pożarową i to nie tylko w krajach byłego bloku wschodniego. Nawet w takich miejscach, jak uznawany za oazę nowoczesności Hongkong, do 1972 r. wymogi dotyczące ochrony przeciwpożarowej (czyli np. podziału na poziome strefy pożarowe) były całkiem dowolne. Ich zaostrenie nastąpiło dopiero w 1996 r., kiedy na projektantów nałożono obowiązek uwzględnienia wydzielonych pożarowo kondygnacji [Ming Lo, Will, 1997], [Chow i Chow, 2009]. A jeszcze bardziej zaskakującym może być fakt, że w Japonii w 2020 r. były prowadzone badania symulacyjne, wykazujące przydatność takiego rozwiązania [Minegishi i in., 2020]. Stosowanie wydzieleni pożarowych, szczególnie w budynkach wysokich i wysokościowych, powinno stanowić jeden z podstawowych wymogów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego budynku, co jednak nie dla wszystkich jest oczywiste. Idealem byłoby wydzielenie pożarowe każdej kondygnacji, a w przypadku obiektów przeznaczonych na stały pobyt ludzi o ograniczonej mobilności, na co najmniej dwie kondygnacje na każdym poziomie – jednakże ze względów finansowych jest to praktykowane sporadycznie (w Polsce ten wymóg obejmuje strefy pożarowe w budynku wielokondygnacyjnym ZL II o powierzchni przekraczającej 750 m² – ma być zapewniona możliwość ewakuacji ludzi do innej strefy pożarowej na tej samej kondygnacji). Dlatego rozwiązaniem pośrednim jest wydzielenie pożarowe pięter – jednego na kilka lub kilkanaście, a w modelach [Minegishi i in., 2020] sekcja liczy sobie 25 lub 50 pięter. Zalety tego rozwiązania względem wysokościowca, który jest jedną strefą pożarową, są bezdyskusyjne. Należą do nich m.in.:

1. bezpieczne kondygnacje, które są miejscem odpoczynku dla osób ewakuujących się;
2. ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i gazów pożarowych;
3. bezpieczne kondygnacje mogą stanowić punkty ewakuacji pośredniej dla osób rannych lub niechodzących;
4. mogą być wykorzystywane jako punkty dowodzenia akcją ratowniczą i ewakuacyjną, miejsce odpoczynku ratowników;
5. mogą służyć jako pośredni punkt przerzutu sił i środków.

W Polsce ten problem nie występował ani nie występuje, ponieważ wymogi dotyczące wysokościowców w najbardziej liberalnej wersji dla stref ZL I, ZL III, ZL IV i ZL V, umożliwiają stworzenie stref o powierzchni do 7500 m² przy zastosowaniu stałych urządzeń gaśniczych wodnych oraz samoczynnych urządzeń oddymiających, uruchamianych za pomocą systemu wykrywania dymu. Dla uświadomienia, jak nieznaczna jest ta powierzchnia – w Pałacu Kultury i Nauki powierzchnia użytkowa wewnątrz wynosi 110 tys. m².

W połączeniu z zastosowaniem wind ewakuacyjnych tylko z tych pięter, ze względu na możliwość oczekiwania na ewakuację dużych grup ludzi, bezpieczne kondygnacje mogą stanowić podstawę efektywnej strategii ewakuacyjnej. Jednakże również to rozwiązanie nie jest cudownym remedium na problemy związane z ewakuacją bardzo dużych grup ludzi. Istnieją bowiem czynniki, które mogą spowodować nieskuteczność tej strategii, w tym problemy z zakresu psychologii behawioralnej – np. przeludnienie lub przeciwnie – niepełne wykorzystanie, wynikające z obaw użytkowników przed pozostaniem w zagrożonej konstrukcji. Może to stanowić powody do jej zarzucenia, ze względu na efektywność niewspółmierną do poniesionych kosztów wobec innych strategii ewakuacyjnych, jakie możliwe są przy danych rozwiązaniach konstrukcyjnych w budynku [Williamson, Demirbilek, 2010], [Clawson, O'Connor, 2011].

9.7. Alternatywne sposoby ewakuacji

Do bardziej niekonwencjonalnych technik ewakuacyjnych należy wykorzystanie śmigłowców ratowniczych. I – o ile ratownictwo oparte na tym środku transportu znakomicie sprawdza się w górach, na morzach i oceanach, a także do szybkiego transportu poszkodowanych w wypadkach komunikacyjnych – o tyle podczas pożarów w miastach ich użyteczność jest dyskusyjna. Owszem, znane są przypadki udanych ewakuacji przy użyciu helikopterów, np. WTC w 1993 r. W niektórych krajach istnieje prawny obowiązek wykonania lądowiska na dachach najwyższych budynków – taki wymóg nakładają na projektantów i inwestorów indyjskie przepisy przeciwpożarowe (*National Building Code of India*). Niemniej jednak akcje ratownicze z użyciem śmigłowców są bardzo niebezpieczne, dlatego w Stanach Zjednoczonych i większości krajów poza USA nie są traktowane jako element działań rutynowych. Prądy wznoszące wywołane przez pożar, do tego ograniczona widoczność oraz silne turbulencje, co zostało zweryfikowane zarówno w praktyce, jak i zwizualizowane w symulacjach komputerowych [Biava i in., 2012], stanowią na tyle duże zagrożenie dla pilotów i zespołów ratowniczych znajdujących się na pokładzie, że bardzo niewielu dowódców akcji – i to jedynie w sytuacjach skrajnych – decyduje się na użycie takiego rozwiązania.

Duża grupa niestandardowych urządzeń, narzędzi czy systemów, służących do ewakuacji w przypadku niedostępności bądź niewystarczającej przepustowości konwencjonalnych dróg ucieczki – na skutek skrajnie niekorzystnego rozwoju pożaru – wykorzystuje elewację budynku jako drogę szybkiego opuszczenia strefy zagrożonej. Inwencja twórcza uległa silnemu pobudzeniu po 9/11. Naukowcy o podejściu bardziej konserwatywnym rozważali udoskonalenie systemu schodów oraz wind, ale pojawiały się również pomysły oryginalne i mocno niestandardowe. Bardzo kreatywny w tym obszarze był portugalski architekt Jose Romano, który na konferencji na temat wysokich budynków, odbywającej się w Malezji w 2003 r., przedstawił szereg koncepcji, które były efektem obserwacji bezradności osób uwięzionych na wyższych piętrach obu wież Światowego Centrum Handlu w Nowym Jorku. Jego propozycje zostały odrzucone przez środowisko poważnych ekspertów, ponieważ część tych pomysłów, przynajmniej na obecnym etapie, nie może być traktowana jako element spójnego systemu ratowniczego. Dla przykładu skoki ze spadochronem z płonącego budynku czy do basenu ratowniczego znajdującego się na dole budynku, przejazd systemem linowym pomiędzy budynkami nie kojarzy się raczej z rozwiązaniem, które ma stanowić element sformalizowanego, ujętego w strategii, sposobu ewakuacji. Można zrozumieć to podejście, pamiętając dramatyczne sceny, podczas których osoby uwięzione w budynku, nie chcąc zginąć w płomieniach, podejmowały decyzje o skoku przez okno – i wtedy spadochron, basen czy inna dowolna technika, która zamortyzowałaby kontakt z ziemią, byłaby zdecydowanie lepsza niż jej brak. Jednakże, jak już wspomniano, nie da się wprowadzić tych rozwiązań jako elementów sformalizowanej ewakuacji, bo trudno sobie wyobrazić ćwiczenia ewakuacyjne polegające na np. skoku z 100. piętra ze spadochronem lub z 50. do basenu z wodą.

Nadmiar pomysłów, w tym przedstawionych powyżej, zaszkodził innym koncepcjom przedstawionym przez Jose Romano, które miały całkiem duży potencjał rozwojowy. Przykładem takiego odrzuconego hurtem pomysłu była możliwość indywidualnej ewakuacji po fasadzie budynku przy użyciu lin ratowniczych. Choć rozwiązanie to nie trafiło do przekonania osób władnych do jego wdrożenia jako usankcjonowane prawnie i opisane w standardach z określoną jakością oraz możliwością międzynarodowej certyfikacji, to stosowany jest w praktyce np. w południowo-koreańskich hotelach, w tym również w prestiżowych sieciach, jak Savoy (rys. 20). Prawdopodobnie wpływ na decyzję o tak ryzykownym sposobie ewakuacji miały skutki pożaru hotelu Daeyounggak w Seulu w 1971 r., gdy w płomieniach zginęło 164 osób, a 63 zostały ranne. Do tej pory jest to najtragiczniejszy w skutkach pożar w tego typu obiekcie na świecie.



Rys. 20. Ewakuacyjny system linowy stosowany w hotelach w Korei Południowej
Źródło: materiały producenta (Global Safe Corporation).

Oprócz liny w skład zestawu wchodzi: pas do zjazdu, bloczek spowalniający i młotek do zbijania szyby, a w każdym pokoju znajduje się na ścianie mocowanie dla tego systemu.

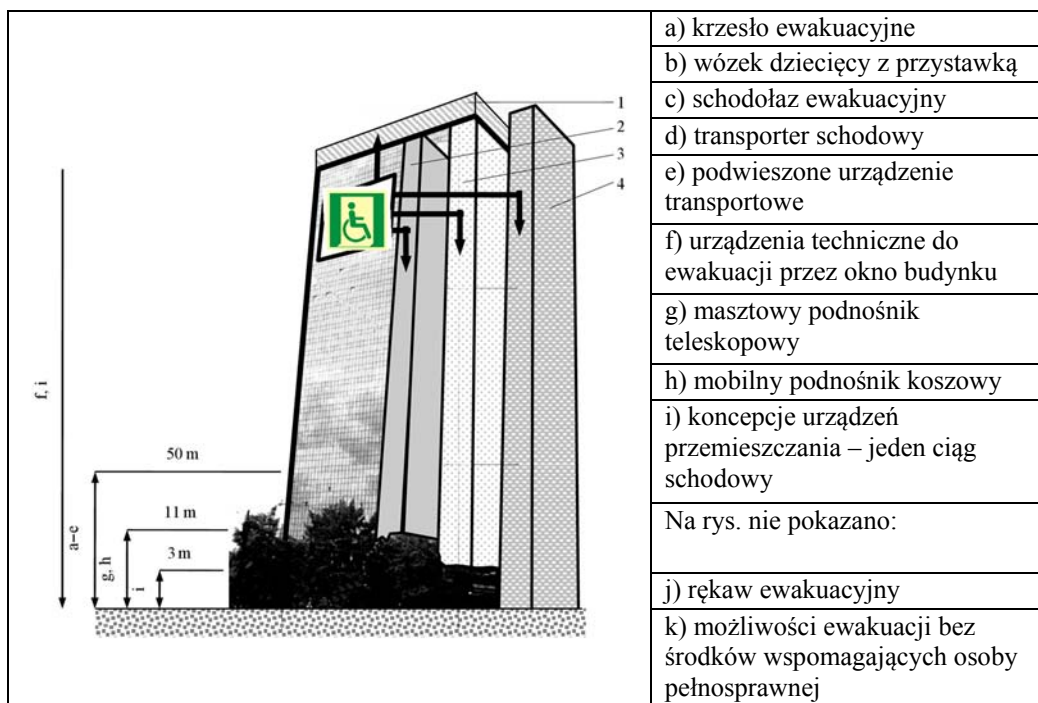
Podobnie jak pomysły Romano, nadmuchiwane kapsuły ewakuacyjne z dwoma spadochronami, przedstawione na tej samej konferencji przez Anshumana Khanna [Khann, 2003], również nie zostały potraktowane poważnie przez międzynarodowe gremium specjalistów.

Propozycja znana z modułów ewakuacyjnych samolotów czy statków, w postaci nadmuchiwanego zjeżdżalni, która też była obiektem zainteresowania, nie zda egzaminu w przypadku ewakuacji z dużych wysokości. Sceptycyzm wobec tych rozwiązań wynika nie tylko z ich innowacyjności, ale przede wszystkim zbyt dużego uogólnienia, bez przygotowania inżynierskiego studium wykonalności [Wood, 2007].

Zwiększenie projektantom, rzeczoznawcom i konsultantom ds. ochrony przeciwpożarowej swobody w opracowaniu spersonalizowanych systemów ewakuacyjnych powinno zaowocować nowoczesnymi i nieszablonowymi rozwiązaniami. Oczywiście, zwiększy to odpowiedzialność tych osób, ale proponowane rozwiązania, na podstawie modeli, będą zdecydowanie bardziej efektywne niż sztywne założenia ilościowe.

Przykładem niestandardowego podejścia do ewakuacji osób z niepełnosprawnościami jest pomysł naukowców z poznańskich uczelni [Branowski i in., 2011]. Poza klasycznymi metodami, jakimi jest ewakuacja po schodach, w tym przy użyciu różnego rodzaju urządzeń wspomagających, zaproponowali koncepcje samodzielnego opuszczania stref niebezpiecznych po zewnętrznej stronie budynku.

Na rys. 21 przedstawiono metody ewakuacji i środki techniczne zaprojektowane w ramach prac Politechniki Poznańskiej.



Rys. 21. Możliwości ewakuacji z budynku:

- 1) dach budynku,
- 2) standardowa winda lub klatka schodowa,
- 3) wydzielona specjalna strefa budynku,
- 4) wydzielona przestrzeń na zewnątrz budynku

Źródło: opracowanie własne na podstawie Branowskiego [Branowski i in., 2011].

Jako podsumowanie rozważań prowadzonych w tym rozdziale, można określić główne zalety i wady poszczególnych komponentów ewakuacyjnych:

Schody – najlepiej znana i opisana metoda ewakuacji. W dotychczasowych badaniach, zarówno praktycznych, jak i przy użyciu modeli, uwzględniono pełne spektrum uwarunkowań i ograniczeń tego rozwiązania, w tym kwestie projektowe i behawioralne. Za podstawowe problemy uznano wpływ zmęczenia przy pokonywaniu kilkudziesięciu lub nawet powyżej 100 pięter i znalezienie efektywnych technik ewakuacyjnych dla osób o ograniczonej mobilności.

Windy ewakuacyjne – stosowane w części budynków i posiadające swoje miejsce w regulacjach prawnych mogą stanowić element znacznie przyspieszający ewakuację, jak i działania ratownicze. Metoda ta wymaga jednak rozwiązania szeregu problemów technicznych i projektowych, jak np. efekt tłoka, problemów psychologicznych, a także organizacyjnych, które mogą być zasadnicze dla efektywności stosowania dźwigów osobowych do celów ratowniczych.

Łączniki między budynkami – są poziomymi przejściami na określonych wysokościach budynku, mogą zdecydowanie skrócić drogi ewakuacyjne, ale ich powszechne zastosowanie musi być poprzedzone pogłębionymi analizami, co zaskutkuje rozwiązaniami, które da się określić w ramach wytycznych, norm czy standardów.

Kondygnacje wydzielone pożarowo – rozwiązanie posiadające rozliczne zalety, takie jak możliwość stosowania wszystkich strategii ewakuacyjnych, znacząco

ograniczają straty materialne w wyniku pożaru, zapobiegają efektowi kominowemu, znacząco skracają czas ewakuacji do bezpiecznej strefy, dają możliwość odpoczynku ratownikom i osobom ewakuowanym itd. Głównymi rozpoznanymi wadami są przede wszystkim bardzo wysokie koszty realizacji projektu, ich niepełne wykorzystanie lub przeciążenie ze względu na nieadekwatną liczbę takich pięter w stosunku do liczby użytkowników.

9.8. Wyniki badań behawioralnych w modelowaniu

Znajomość ludzkich zachowań podczas ewakuacji oraz zachowania ewakuowanych w grupie, w tym zmiany w gęstości strumienia, mają strategiczne znaczenie podczas doboru danych wejściowych do modelu. Badania modelowe i strategie relokacji powinny uwzględniać fakt, że rozdział populacji, która ma do wyboru dwie różne drogi ewakuacyjne, należy odwzorować na podstawie wyników eksperymentów i rzeczywistych wyborów, których dokonaliby ludzie w realnych sytuacjach. Dlatego też informacje np. o czasie oczekiwania na windę oraz jej dostępności na poszczególnych piętrach należy podawać na bieżąco, co ma wpływ na podjęcie decyzji i przebiegu ewakuacji wieżowca [Klote i in., 1993]. Na tej podstawie podejmowano by świadomą decyzję, dotyczącą wyboru drogi ewakuacyjnej i mogłoby to zwiększyć przepustowość wind ewakuacyjnych. Znaczenie prawidłowej strategii przesyłania wiadomości zostało również podkreślone w badaniach przeprowadzonych przez Ericę Kuligowską i Hoskinsa [Kuligowski, Hoskins, 2012]. Zwrócili oni uwagę, że nie ma standardowych wymagań, ani powszechnie uznanych wytycznych dotyczących komunikatów o używaniu wind awaryjnych, zarówno dla użytkowników budynków, jak i służb ratowniczych.

Większe wyzwanie, związane ze wspólnym użytkowaniem schodów i wind, zależy od planowania strategicznego, projektowania interfejsów i szkolenia operatorów [Groner, 2002]. Przewidywanie obciążenia poszczególnych dróg ewakuacyjnych jest jeszcze trudniejsze w przypadku dodatkowych alternatywnych możliwości ucieczki. Mogłyby się okazać niewystarczające, gdyby nie towarzyszyły im szczegółowe plany ewakuacji, co stanowi pewną słabość przy złym doborze strategii lub nieorganizowanej panicznej ewakuacji całościowej. Przykładem może być ewakuacja Petronas Towers z powodu paniki wywołanej rzekomym alarmem bombowym dzień po ataku terrorystycznym WTC w 2001 r. [Ariff, 2003]. Ponieważ nie było informacji o lokalizacji bomby, mieszkańcy obu wież próbowali jednocześnie przedostać się łącznikiem w obu kierunkach, co spowodowało znaczne wydłużenie czasu ewakuacji (do kilku godzin). Po wprowadzeniu istotnych zmian organizacyjnych i przyjęciu nowej strategii, eliminującej rozpoznane błędy z wersji pierwotnej, całościowa ewakuacja (nieco ponad rok później) tego samego obiektu trwała ok. 32 min [Bukowski, 2010b].

Efektywne wykorzystanie elementów łączenia rozwiązań ewakuacyjnych wymaga dużego wysiłku z punktu widzenia zarządzania oraz dogłębnej znajomości specyfiki rozpatrywanego budynku. W tym kontekście użycie narzędzi do modelowania ewakuacji może być odpowiednie do oceny skuteczności możliwych strategii ewakuacji.

9.9. Zastosowanie i użyteczność modeli komputerowych w opracowaniu strategii ewakuacyjnej budynków wysokich i wysokościowych

Projekt bezpieczeństwa wieżowców może opierać się na różnych podejściach metodologicznych, wynikających z rodzaju prawodawstwa, zastosowanego przez projektanta (tj. na podstawie norm lub wyników). W szczególności projekt oparty na wydajności może wykorzystywać modele ewakuacyjne do oceny i projektowania bezpieczeństwa budynku [Tavares, 2008]. Szybka, prosta konfiguracja i uruchomienie symulacji oraz względna łatwość obsługi tego typu narzędzia, wraz ze zmianami w przepisach i standardach w wielu krajach, doprowadziły do ich zwiększonego wykorzystania w wykonywaniu ocen projektu bezpieczeństwa pożarowego i analizowaniu różnych strategii ewakuacyjnych. Charakterystyka modeli ewakuacyjnych szybko ewoluje, ponieważ twórcy modeli stale wprowadzają nowe funkcje i wyrafinowane submodele. Ma to na celu zachęcenie użytkowników do stosowania modeli ewakuacji w różnych dziedzinach i zwiększenie liczby użytkowników modeli [Ronchi, Kinsey, 2011].

Istotnym problemem, związanym z szybkim rozwojem możliwości modeli ewakuacji w bardzo krótkim czasie, jest dezaktualizacja przeglądów dostępnego oprogramowania. Dodatkowo ciągle udoskonalanie narzędzi do modelowania matematycznego wymaga stałego podnoszenia kwalifikacji przez osoby, które chcą się na nich oprzeć w swoich analizach oraz wspieraniu procesu projektowania. Utrudnia to Znacząco dostęp do aktualnych informacji. Rozwiązaniem miała być strona internetowa evacmod.net, na której pojawiałyby się wszelkie najnowsze informacje, umieszczane przez deweloperów oprogramowania. Niestety jest już niedostępna.

Według najnowszego dostępnego opracowania [Ronchi, 2020], z ponad siedemdziesięciu programów, służących do modelowania, które powstały na przestrzeni kilkudziesięciu lat, tylko pewna ich część zapewnia wiarygodne i zwalidowane wyniki, ułatwiające wykonanie rzetelnych modeli ewakuacji z budynków wysokich i wysokościowych.

W rozdziale 6., dotyczącym symulacji, wskazano wady i zalety różnych modeli. Dodatkowo, wymagają one jednak dokładniejszego przeglądu pod kątem przydatności do symulacji ewakuacji z wieżowców. W tym kontekście należy przeprowadzić analizy, czy najbardziej powszechne modele ewakuacji posiadają moduły, do których można wprowadzić dane w celu symulacji ewakuacji budynków wysokich i wysokościowych, a także zobaczyć jak w dostępnej literaturze opisana jest walidacja ogólnodostępnych modeli i ich użyteczność oraz wiarygodność. Pierwszym aspektem, który należy poddać ocenie, jest metoda odwzorowania ruchu. Dzieli się one na trzy grupy: zgrubne modele sieciowe, dokładne modele sieciowe i modele ciągłe. W zależności od wybranej metody zależy precyzja opisu zachowań „agenta”.

W zgrubnych modelach sieciowych przestrzeń jest reprezentowana jako zbiór węzłów i łuków, reprezentujących różne części infrastruktury (np. pokoje, schody itp.). Jest to najprostsza metoda symulacji scenariusza. Główną ich zaletą jest to, że mają krótki czas obliczeniowy, co może być szczególnie cenne przede wszystkim w symulacjach bardzo złożonych scenariuszy, takich jak proces ewakuacji wieżowca. Główne ograniczenia dotyczą prostej reprezentacji, która nie obejmuje wielu zachowań, mogących wystąpić podczas ewakuacji. Jednak z przeprowadzonej w 2011 r. ankiety dotyczącej

użytkowników modeli [Ronchi, Kinsey, 2011] wynika, że już dziesięć lat temu metoda ta była w zaniku i nie była dostępna w najbardziej powszechnie stosowanych programach.

Podejście z gęstą siatką przedstawia przestrzeń jako zbiór jednorodnych komórek. Każda komórka może być jednocześnie zajmowana przez jednego użytkownika. Ruch „agentów” jest symulowany w tych modelach poprzez serię przemieszczeń pomiędzy komórkami i jest zdecydowanie bardziej dokładny niż modele zgrubne, ponieważ osoby modelowane są jako pojedyncze podmioty z możliwością symulacji – złożonych, lokalnych i globalnych – czynników behawioralnych.

Natomiast modele ciągłe symulują ruch „agentów” w układzie współrzędnych w obiekcie; przeliczają ich współrzędne na każdym etapie w celu zobrazowania ich ruchu; zapewniają elastyczność symulacji zachowań użytkowników, które mogą być wrażliwe na lokalizację, orientację i odległość pomiędzy nimi. Jest to element szczególnie pożądany w przypadku ewakuacji budynków wysokich i wysokościowych, gdzie występuje duże zagęszczenie populacji, ponieważ modele ciągłe nie są wrażliwe na rodzaj i charakterystykę stosowanej sieci [Nilsson, 2007]. Główną wadą tych narzędzi jest czas obliczeniowy, potrzebny do symulacji złożonych scenariuszy, który jest zdecydowanie dłuższy niż czas potrzebny w pozostałych modelach.

W ocenie przydatności różnych modeli do symulacji ewakuacji z wieżowców jest ich zdolność do wprowadzenia do programu danych dotyczących różnorodnych elementów dróg ewakuacyjnych, w tym np. wind ewakuacyjnych. Dzięki temu będzie możliwe zwizualizowanie projektów procedur ewakuacyjnych, opracowanych dla danego budynku, aby dobrać tą najwłaściwszą, w zależności od indywidualnych cech obiektu oraz scenariuszy pożaru. Specyficzna potrzeba modelowania wind jest spowodowana wieloma czynnikami, takimi jak duże odległości do najbliższych stref bezpiecznych. Konieczność pokonania wielu pięter w dół zwiększa znacząco prawdopodobieństwo wykorzystania dźwigów osobowych do celów ewakuacyjnych. Symulacje te umożliwią ocenę efektywności ewakuacji przy użyciu wind i tym samym ułatwią opracowanie procedur, uwzględniających korzystanie z nich w sytuacjach zagrożenia.

Oprogramowanie przeznaczone do symulacji ewakuacji z budynków wysokościowych

Pierwszym spersonalizowanym programem do modelowania ewakuacji z wieżowców był amerykański – opracowany przez naukowców z NFPA – EXIT89, który był wykorzystywany do wykonania modelu służącego do analiz po ataku na WTC w 2001 r. [Fahy, 1996]. Obecnie najbardziej popularnymi programami stosowanymi do tego celu są: STEPS, Pathfinder, buildingEXODUS, FDS+Evac, ELVAC, ELEVATE, Building Traffic Simulator (BTS) i BUMPEE.

Modele oceniane były wyłącznie pod kątem użyteczności ich stosowania dla scenariuszy ewakuacji z budynków wysokich i wysokościowych, np. jaką liczebność populacji uwzględniają w scenariuszach, czy można w nich zasymulować ewakuację pionową łączoną (windy, schody i inne). Symulacja wind awaryjnych była analizowana pod kątem kinematycznym (np. przyspieszenie, prędkość itp.), fizycznym (np. maksymalne obciążenie, liczba drzwi itp.), operacyjnym (np. czasy otwierania i zamykania, specyfikacja zakresu pięter itp.) i behawioralnym (np. ukryta lub jawna reprezentacja czasu oczekiwania, wybór komponentów wyjścia itp.).

STEPS (nazwa pochodzi od ang. *Simulation of Transient and Pedestrian movements*) wer. 5.4 – to model gęstosieciowy opracowany przez firmę Mott MacDonald. Model jest komercyjnym narzędziem ogólnodostępnym do celów edukacyjnych. Ruch w kierunku

wyjść jest obliczany za pomocą mapy potencjału. STEPS umożliwia również użytkownikowi definiowanie określonych tras, poprzez wykorzystanie punktów kontrolnych. „Agenci” są przedstawiani za pomocą listy czynników, które obejmują niezakłóconą prędkość chodzenia, świadomość, cierpliwość i czas przed ewakuacją. Droga wyjścia agentów jest oparta na współczynnikach ich cierpliwości, aby przedstawić ich prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce. Windy ewakuacyjne można przedstawić w modelu za pomocą szeregu atrybutów, dotyczących kinematycznych, fizycznych i operacyjnych aspektów ewakuacji pionowej. Wydajność behawioralna jest reprezentowana automatycznie przez model bez wyraźnej kontroli użytkownika na temat liczby agentów korzystających z windy na danym piętrze lub ich czasu oczekiwania na windy. Niemniej jednak zachowania te można przedstawić w sposób domyślny, np. za pomocą stref oczekiwania, współczynników cierpliwości itp. Główną zaletą modelu jest odwzorowanie interakcji między składową poziomą i pionową. Ograniczenia są związane z niejawną reprezentacją czynników behawioralnych, związanych z pionowymi komponentami wyjściowymi i problemami, wynikającymi z zastosowania precyzyjnego podejścia sieciowego, np. analizy przypadków o dużej gęstości mogą być zależne od zastosowanej sieci [Mott, MacDonald, 2021].

Wcześniejsza wersja STEPS była wykorzystana do przeprowadzenia badań, w których wykorzystywano ten program do symulacji, czy strategia oparta na jednoczesnym wykorzystaniu klatek schodowych, wind wahadłowych i łączników poprawi efektywność ewakuacji skomplikowanego 100-piętrowego wieżowca. Łączna liczba agentów, biorących udział w ewakuacji, wyniosła około 21 000. Geometria budynku była bardzo złożona, obejmowała trzy klatki schodowe, cztery wydzielone pożarowo piętra i 14 wind wahadłowych, łączących bezpieczne kondygnacje z poziomem gruntu. Odsetek ewakuowanych, oczekujących na windę ewakuacyjną na tych poziomach skalibrowano za pomocą współczynników cierpliwości i oszacowania czasu oczekiwania w kolejce. Badanie wykazało, że całkowity czas ewakuacji można znacznie skrócić bez skomplikowanych procedur, ale stosując skuteczną i prostą strategię relokacji. Wskazano, że nadal istnieje potrzeba zbadania budynków o różnej wysokości, pojemności wind i głębszego zbadania możliwych czynników behawioralnych. Dlatego w tym przypadku zastosowano model ewakuacji, aby zoptymalizować strategię wyjścia w wieżowcu, pokazując wpływ odpowiedniego planu na całkowity czas ewakuacji [Wong i in., 2005].

Pathfinder ver. 2020.1 (Thunderhead Engineering 2021) to model ciągły. Program ten jest komercyjnym narzędziem opracowanym przez Thunderhead Engineering i jest dostępny bezpłatnie do celów edukacyjnych. Model wykorzystuje dwie różne metody do symulacji ruchu ludzi. Pierwsza reprezentuje model hydrauliczny, oparty na obliczeniu średnich pojemności. Druga metodologia to model kierowanego systemu ruchu. Układ sterujący przesuwa agentów wzdłuż ich ścieżek i umożliwia każdemu z nich interakcję z otoczeniem (obiektami i ludźmi). Windy awaryjne zawierają zdefiniowane przez użytkownika cechy kinematyczne, fizyczne i operacyjne. Najnowsza wersja modelu zawiera funkcję skryptowania drogi, która umożliwia kierowanie pasażerów za pomocą komend „idź do” lub „czekaj”. Polecenie to może być użyte do pośredniego przedstawienia procesu podejmowania decyzji przez mieszkańców, dokonujących wyboru pomiędzy różnymi komponentami pionowymi (model zawiera w istocie submodel windy). Główną zaletą tego modelu jest możliwość reprezentacji interakcji między pionowymi i poziomymi składowymi wyjścia. Ograniczenia są związane z liczbą parametrów

wejściowych w submodelu kinematycznym windy (np. nie obejmuje on opóźnień po wciśnięciu przycisku, szybkości zwalniania, przyspieszania, bezwładności itp.).

buildingEXODUS 6.3 [Galea i in., 2017] to komercyjne narzędzie opracowane przez Fire Safety Engineering Group na Uniwersytecie Greenwich w Londynie. Jest to drobnokomórkowy model sieciowy, wykorzystujący dwuwymiarową siatkę węzłów, w którym ruch i zachowania są określone przez indywidualny zestaw reguł heurystycznych. Submodel windy ewakuacyjnej obejmuje cechy kinematyczne, fizyczne, operacyjne i behawioralne. Został opracowany na podstawie danych, zebranych z międzynarodowego badania z udziałem 468 osób z 23 krajów, które ujawniło, że w przypadku zagrożenia ludzie są mniej skłonni czekać na windę niż wcześniej zakładano. Zawiera szczegółowy mechanizm sterowania procesem wysyłania pięter podczas symulacji. Model zawiera zestaw atrybutów agentów, które mają być przypisane w celu symulacji ich zachowań, a mianowicie: wybór komponentu wyjścia (np. winda lub schody), ocena początkowej powierzchni windy, zachowanie windy i jej przekierowanie (np. użyj schodów zamiast windy). Główną zaletą tego modelu jest jego elastyczność w przedstawianiu złożonych strategii relokacji i wbudowanych zmiennych behawioralnych. Ograniczenia są związane z ogólnymi problemami drobnych modeli sieci (np. wyniki mogą być zależne od rozmiaru sieci zastosowanej w przypadku dużych gęstości) i z potrzebą danych behawioralnych do kalibracji danych wejściowych modelu.

Wcześniejsza wersja tego programu posłużyła do zbadania wykorzystania wind ewakuacyjnych w budynku Taipei 101, jednym z aktualnie dziesięciu najwyższych na świecie. W swoich badaniach naukowcy przyjęli ten program do obliczeń czasów ewakuacji za pomocą schodów i oprócz tego wykonali kalkulacje inżynierskie dla ewakuacji windami. Wyniki symulacji pokazały, że wykorzystanie wind jako metody ewakuacji może pomóc w skróceniu czasu ewakuacji w sytuacjach innych niż pożarowe. Niemniej jednak, w przypadku pożaru, ewakuacja z użyciem wind jest mniej efektywna, ze względu na szczególny układ budynku. W tym przypadku zastosowanie modelu ewakuacji było przydatne do określenia odpowiednich planów ewakuacyjnych, przeznaczonych do zastosowania w tym konkretnym obiekcie, ze względu na jego specyficzną konstrukcję [Shen-Wen, Wei-Jou, 2011].

FDS+Evac 6.6.0 [Korhonen, 2018] to model ciągły typu *open source*, opracowany przez VTT w Finlandii. FDS+Evac traktuje każdego agenta jako indywidualną całość, wykorzystując właściwości stochastyczne do przypisywania ich głównych cech, takich jak niezakłócona prędkość chodzenia, czas przed ewakuacją, znajomość wyjść itp. Modele przedstawiają wiele funkcji i zmiennych, które mogą pozwolić na symulację wind sztucznie, chociaż obecna wersja modelu nie zawiera submodelu windy. W programie zaimplementowano bardzo prosty model windy, ale jest on głównie wprowadzony w celach ilustracyjnych. Niemniej jednak, submodel windy jest obecnie w fazie rozwoju (jest już osadzony w kodzie źródłowym) i prawdopodobnie zostanie wydany wraz z kolejną wersją odpowiedniego modelu pożaru FDS przez NIST we współpracy z VTT. Podstawową zaletą FDS+Evac jest duża elastyczność w symulowaniu złożonych zachowań agentów. Ograniczenia są związane z długim czasem obliczeniowym, wymaganym do symulacji złożonego wieżowca oraz znacznie dłuższym czasem wymaganym do konfiguracji danych wejściowych niż w innych programach. Z tych wszystkich powodów obecna wersja modelu nie jest uważana za odpowiednią do symulacji złożonych ewakuacji z wieżowców, w tym wielu elementów wyjściowych.

Dostępny jest również zestaw narzędzi informatycznych, przeznaczonych do modelowania ewakuacji pionowej z wykorzystaniem kilku komponentów, w tym dźwigów osobowych, np. ELEVATE 9.0.26 [Peters, 2021], Building Traffic Simulator (BTS) [Hakonen, Susi, Siikonen, 2003]. Głównym ograniczeniem tych narzędzi jest to, że symulowane czynniki ludzkie są generalnie jednorodne i uproszczone. Ponadto, ponieważ modele są specjalnie zaprojektowane do modelowania wydajności komunikacji pionowej, interakcje między poziomymi i pionowymi komponentami dróg ewakuacyjnych są reprezentowane w sposób domyślny. Programy ELEVATE i BTS zakładają, że wąskie gardła są rozmieszczone wokół wejść do wind oraz klatek schodowych, tj. poza tymi obszarami, szybkości poruszania się po drogach poziomych są przyjęte domyślnie. Pamiętać jednak należy, że podstawowym celem, jaki przyświecał twórcom tego oprogramowania, było obliczenie efektywności wind w celu ich właściwego doboru dla konkretnych budynków, a nie stworzenie modelu czy submodelu na potrzeby ewakuacji.

Łączne użycie pionowych i poziomych dróg ewakuacyjnych może generować problemy projektowe dotyczące prawidłowego wyznaczenia wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji WBCE dla różnych populacji, w tym z osobami z niepełnosprawnościami bądź ograniczoną mobilnością. Programem, który umożliwia odwzorowanie procesu ewakuacji z udziałem takich osób jest BUMMPEE (nazwa pochodzi z ang. *Bottomup Modeling of Mass Pedestrian flow – implications for the Effective Egress of people with Disabled*). Celem tego modelu jest symulacja zachowań, które reprezentują różnorodność prędkości przemieszczania się, związaną z niepełnosprawnościami ruchowymi i innymi wśród użytkowników budynków oraz ich interakcje z infrastrukturą i środowiskiem [Christensen i in., 2013]. Model oparty jest na analizie zachowań poszczególnych agentów z uwzględnieniem znacznie wolniejszego przemieszczania się części z nich, co ma odwzorować zachowanie osób z niepełnosprawnościami lub ograniczoną mobilnością podczas ewakuacji. Obecnie prowadzone są prace badawcze nad walidacją tego modelu, ale wstępne badania nad jego zastosowaniem do budynków wysokościowych są dostępne w literaturze.

Eksperymenty symulacyjne w skali mikro wykazały coś, co jest oczywiste, nawet bez prowadzenia badań, czyli że istnieje znacząca różnica między średnim czasem ewakuacji dla populacji homogenicznych (osób pełnosprawnych) i heterogenicznych (z udziałem osób z niepełnosprawnościami) oraz że wzrost wielkości populacji prowadzi do większej różnicy. Dlatego, oprócz liczby osób należy kontrolować skład populacji, aby zapewnić bezpieczną ewakuację, czyli w praktyce wydłużyć dostępny czas bezpiecznej ewakuacji, poprzez zastosowanie rozwiązań konstrukcyjnych lub technologicznych, usprawniających ten proces. Przeprowadzone symulacje wykazały również kolejną mało zaskakującą prawidłowość, że osoby z niepełnosprawnościami są najbardziej narażone podczas ewakuacji i że należy uwzględnić to zarówno w strategiach, jak i planowaniu operacyjnym ewakuacji. Jedynym ciekawym efektem przeprowadzonej serii symulacji i wnoszącym coś nowego do wiedzy w tym obszarze jest wykazanie, że czasy ewakuacji z 2. piętra czterokondygnacyjnego budynku HSRC (Human Services Research Center na kampusie uniwersytetu stanu Utah w Logan) były krótsze, niż z pozostałych, nawet niższych kondygnacji. Wyjaśnienie tego fenomenu może zależeć od rozkładu wyjść ewakuacyjnych na klatki schodowe, który ułatwia utrzymanie płynności przepływu strumienia ludzi. Jednak wymaga to walidacji, opartej przynajmniej na serii próbnych ewakuacji i analizie zrealizowanego podczas nich materiału wideo, ponieważ różnica ta może wynikać z niedoskonałości wprowadzonych danych lub samego programu.

Analiza przypadków z wykorzystaniem modelowania

Częstą praktyką, służącą ocenie wartości użytkowej danego oprogramowania symulacyjnego są analizy procesów ewakuacyjnych, jakie miały miejsce podczas prawdziwych zdarzeń. Jest to w pewnym sensie odwrócenie zastosowania tych programów, ale ma bardzo dużą wartość poznawczą. Najczęściej wykorzystywanym w tym celu przypadkiem jest ewakuacja World Trade Center w 2001 roku, ze względu na bardzo dużą liczbę zebranych materiałów, przeprowadzonych badań i eksperymentów, a także relacji bezpośrednich świadków bądź uczestników tej katastrofy. Modele ewakuacji zostały wykorzystane do odtworzenia procesu ewakuacji i oceny najważniejszych zmiennych, wpływających na jej efektywność.

Do przybliżenia ewakuacji Północnej Wieży WTC wykorzystano program buildingEXODUS [Galea i in., 2008b]. Jako dane wejściowe wprowadzono informacje, pozyskane od świadków i uczestników [Blake i in., 2004], a liczebność populacji i jej skład pochodziła z formalnego dochodzenia przeprowadzonego przez NIST [Averill i in., 2005]. Wyniki modelu sugerowały, że wpływ strażaków, wchodzących do budynku (czyli element ruchu w przeciwnym kierunku po drogach ewakuacyjnych) na ogólną skuteczność ewakuacji był minimalny. Symulowano również różne hipotetyczne scenariusze, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosków na temat: znaczenia rozproszonych klatek schodowych w budynkach, znaczenia posiadania zrównoważonego rozmieszczenia osób na klatkach schodowych w przypadku ewakuacji z wieżowców oraz zmiany efektywności ewakuacji w wieżowcach (średnia efektywność ewakuacji z piętra maleje wraz z wysokością). W pracach symulacyjnych zwrócono również uwagę na trzy podstawowe komponenty ewakuacji z wieżowców, które nie są obecnie w pełni reprezentowane w modelach ewakuacji, a mianowicie: wpływ zmęczenia, dynamikę grupy oraz wpływ na dynamikę ewakuacji osób z niepełnosprawnościami, ograniczonej mobilności lub rannych. Znaczenie zachowań tego typu osób w WTC i ich wpływ na proces ewakuacji zostały w pełni omówione przez Shieldsa z zespołem [Shields i in., 2009]. Modele ewakuacji muszą uwzględniać możliwą symulację nie tylko populacji mieszanej, ale także globalny wpływ tych ludzi, jaki mogą mieć na proces ewakuacji, np. ich potrzeba pomocy, tworzenia nowych grup wraz z ich asystentami lub innymi osobami itp. Johnson [Johnson, 2005] przeprowadził badanie, w którym dokonał przeglądu istniejących modeli komputerowych pod kątem krytycznego punktu widzenia, wynikającego z ewakuacji WTC. Wskazał on na kilka aspektów, które należy uwzględnić w modelach ewakuacji, takich jak: wpływ działań ratowniczych, które nie są elementem ewakuacyjnym, w tym przemieszczanie się w kierunku przeciwnym niż ewakuacja; wypracowanie modeli bardziej złożonej dynamiki różnorodnej grupy ewakuowanych oraz wpływ znajomości struktury ewakuacyjnej budynku, a także efektywność systemów zarządzania w modelu ze zróżnicowaną prędkością ewakuacji, uzależnioną od składu populacji.

W kolejnych eksperymentach użyto trzech innych programów symulacyjnych, mianowicie EXIT89, Simulex (IES 2001) i ELVAC, a także ponowiono obliczenia w buildingEXODUS w celu symulacji różnych hipotetycznych scenariuszy ewakuacji, związanych z ewakuacją w WTC [Kuligowski i in., 2011]. Celem badania było dostarczenie dodatkowego kontekstu do zrozumienia procesu ewakuacji WTC i porównania możliwości różnych modeli. Autorzy z powodzeniem zastosowali EXIT89 i buildingEXODUS do modelowania scenariuszy ewakuacji całych wież WTC, ponieważ w obu programach można odwzorować ewakuację obejmującą ponad 25 000 osób i 110

pięter. Program Simulex ma ograniczoną maksymalną liczbę pięter i wyjść, więc został użyty tylko do symulacji scenariuszy ewakuacji etapowej. Model ELVAC został również z powodzeniem zastosowany do obliczenia maksymalnej liczby osób, którzy mogliby opuścić wieżę WTC 2 w ciągu 16 minut za pomocą systemu wind wahadłowych.

Przedstawione spektrum modeli symulacyjnych, służących do analizy ewakuacji, w zależności od scenariusza rozwoju pożaru, daje szerokie możliwości przeprowadzenia symulacji, które mogą ułatwić wybór właściwej strategii ewakuacyjnej, eliminację krytycznych, zwiększających ryzyko elementów konstrukcji lub wyposażenia budynku oraz opracowania procedur postępowania na wypadek pożaru, które mogą i powinny stanowić materiał edukacyjny dla użytkowników podczas szkoleń w tym zakresie. Ich różnorodność umożliwia jak najlepsze dopasowanie możliwości programu dla danego, wybranego do analizy obiektu. Nie powstał jednak, przynajmniej do tej pory, model idealny, umożliwiający dokładne odwzorowanie zachowań grup ludzkich, znajdujących się w obiektach wysokich i wysokościowych w stanie realnego zagrożenia życia. Dlatego warto przeprowadzić analizy poszczególnych elementów, które mają wpływ na płynność ewakuacji, a ich odwzorowanie w poszczególnych programach jest najbliższe rzeczywistości. Dobór strategii ewakuacyjnej, co wykazały zarówno analizy prawdziwych wydarzeń, jak i ich rekonstrukcja za pomocą symulacji komputerowych oraz wyniki badań obserwacyjnych przy ewakuacjach próbnych wskazują, że punktem wyjścia do tego zadania jest dopasowanie strategii do sposobu użytkowania budynków.

Przeznaczenie budynku na biura, szpital, mieszkania czy miejsce zamieszkania zbiorowego, nawet przy identycznym projekcie oraz rozwiązaniach konstrukcyjnych, będzie ważne podczas analiz dostępnych i najbardziej prawdopodobnych scenariuszy ewakuacyjnych. Zależnie od dopasowania (aranżacji) układu pomieszczeń na poszczególnych piętrach do różnych potrzeb funkcjonalnych, rozwój pożaru będzie wyglądał zupełnie inaczej. Zakładając, że zagospodarowanie przestrzeni biurowej opiera się na tworzeniu dużych, otwartych pomieszczeń (open space), to w przypadku wykorzystania tej samej przestrzeni na potrzeby mieszkaniowe zmieni się układ ścian oraz dojść i przejść ewakuacyjnych. Innymi elementami, które mają znaczący wpływ na dobór strategii są, wynikające z nakazów prawa, instalacje lub oddzielenia przeciwpożarowe, różne w zależności od przeznaczenia obiektu. Tak samo poziom gotowości do ewakuacji, zdecydowanie inny w biurach, szpitalach czy mieszkaniach, narzuca pewne ograniczenia w doborze właściwych rozwiązań.

Należy też mieć na względzie, że poszczególne kondygnacje mogą mieć różne przeznaczenie, a niemal każdy nowy budynek łączy w sobie kilka funkcji, opisywanych różnymi kategoriami, które mają wpływ na wymagania projektowe.

Z perspektywy behawioralnej, przeznaczenie budynku wpływa na kilka czynników procesu ewakuacji, takich jak jego znajomość, poziom czujności i standard wyszkolenia ewakuowanych. Systemy bezpieczeństwa pożarowego (np. DSO, SSP, systemy oddymiania itp.) oraz dostępność wyszkolonego w zarządzaniu ewakuacją personelu, to kolejne ważne czynniki tego procesu.

W budynkach wysokich i wysokościowych duże znaczenie ma poszerzenie możliwości organizacji pionowych dróg ewakuacyjnych, gdzie – oprócz klasycznej ewakuacji schodami – można wprowadzić takie komponenty, jak bezpieczne kondygnacje, wykorzystywanie łączników do ewakuacji poziomej pomiędzy budynkami tego samego kompleksu, a także – co jest najbardziej skomplikowane, zarówno pod względem technicznym, jak i organizacyjnym – system wind, przystosowanych do ewakuacji.

Wskazane jest również odejście od koncepcji analiz stricte konstrukcyjno-budowlanych i technicznych, opartych na twardych inżynierskich wyliczeniach i możliwościach ewakuacyjnych, jakie dają rozwiązania w tym obszarze. Uwzględnienie tylko tych elementów, przy obliczaniu np. wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji, może być mylące, a w efekcie przynieść skutki odwrotne do pożądanych. Brak analiz behawioralnych, z których można zaczerpnąć wiedzę o wpływie – często irracjonalnych z punktu widzenia szybkości ewakuacji – zachowań ludzkich (np. powrót po pamiętce rodzinne do strefy objętej pożarem), całkowicie zaciemni obraz i uniemożliwi dobór skutecznej strategii ewakuacyjnej. Podobnie stanie się, jeśli nie będą przeprowadzone badania, dotyczące preferencji wyboru dróg ewakuacyjnych, w zależności od scenariusza rozwoju pożaru oraz rodzaju populacji w danym obiekcie, przy wprowadzaniu komponentów ewakuacyjnych innych niż ucieczka klatkami schodowymi w dół. Tutaj elementami, które mają znaczący wpływ na zachowanie osób, znajdujących się w stanie zagrożenia, będzie dostępność aktualnych informacji, dotyczących rozwoju pożaru, a także sposób ich przekazywania. Panikę może wywołać źle skonstruowany komunikat, podany przez nieprzeszkoloną bądź niedoświadczoną osobę, która zamiast uspokoić i pokierować strumieniami ewakuowanych, aby utrzymać średni przepływ przez przewężenia dróg ucieczki, wprowadzi dodatkowy chaos i może doprowadzić nawet do paniki oraz ofiar śmiertelnych.

W tym kontekście, badania ewakuacji WTC pokazały znaczenie oddziaływania formowania się grup podczas ewakuacji po schodach. Istotną zmienną, którą należy wzmocnić w modelach ewakuacyjnych, jest możliwość wyraźnej implementacji wpływu działań personelu na proces ewakuacji. W szczególności istnieje potrzeba opracowania algorytmów, zdolnych do reprezentowania efektów komunikacji między agentami. Ostatnim czynnikiem, wymagającym dalszych badań, jest wpływ obecności osób z niepełnosprawnościami.

Nacisk na prowadzenie badań i analiz, nakierowanych na zarządzanie dużymi grupami ludzi, znajdującymi się w stanie zagrożenia, jest istotne dla tego obszaru nauki. Nawet najlepiej zabezpieczone pod względem pożarowym budynki, gdzie wykorzystano najnowocześniejsze technologie bezpieczeństwa, nie gwarantują sukcesu. I odwrotnie – dobra organizacja, wysoki poziom szkoleń oraz właściwy poziom komunikacji i oczekiwań służb ratowniczych względem osób znajdujących się w budynku może drastycznie ograniczyć liczbę ofiar, a nawet wyeliminować ryzyko powstania urazów lub zgonów. Przykład, obrazujący prawdziwość tego stwierdzenia, stanowić będzie porównanie efektów złego doboru strategii oraz przepływu informacji na linii ratowniczo-poszkodowani w dwóch obiektach. Mimo że znajdowały się one na dwóch różnych kontynentach, miały różną wysokość, to scenariusz rozwoju pożaru był bardzo zbliżony, a wynikał z tej samej przyczyny, jaką był dobór łatwopalnych materiałów elewacyjnych. Na podstawie analiz pożarów w budynkach wysokościowych na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat [Mansor i in., 2019], te dwa wydarzenia uznane zostały za najbardziej podobne do siebie. Choć budynki są zdecydowanie odmienne, pochodzą z różnych dekad i filozofii projektowania budowli wysokościowych, to te dwa pożary są najczęściej zestawiane jako dobry i zły przykład, zarówno organizacji ewakuacji, jak i rozwoju pożaru oraz przebiegu akcji ratowniczej, wynikających z warunków i możliwości jej prowadzenia.

9.10. Strategia obrony w miejscu

– przykłady skutecznej i nieskutecznej realizacji

Jedna z wcześniej przedstawionych strategii będzie opisywana na przykładach, w których jej dobór był adekwatny, zarówno do konstrukcji budynku, poziomu wyszkolenia personelu, zajmującego się koordynacją ewakuacji, a także jego użytkowników, dostępnych sił i środków oraz przyjętej taktyki ratowniczej względem innego zdarzenia, gdzie praktycznie wszystkie elementy zawiodły. Powiązanie tych dwóch zdarzeń jest bardzo często stosowane w literaturze, ze względu na kilka elementów wspólnych. Oba opisywane przypadki zdarzyły się w budynkach wysokościowych, a głównym źródłem zagrożenia były łatwopalne elementy wykończeniowe budynku, jakim były płyty sandwichowe wypełnione pianką poliuretanową.

Torch Tower w Dubaju

Do opracowania rozdziału posłużyłem się własnym artykułem pt. *Dubai Torch Tower*, zamieszczonym w „Przeglądzie pożarniczym” [Wolny, *Dubai Torch...*, online] oraz własnym tłumaczeniem artykułu pt. *Grenfell Tower: What happened*, zamieszczonym na stronie BBC News [*Grenfell Tower...*, 2019, online].

W momencie przekazania do użytkowania, „Torch” był największym budynkiem mieszkalnym na świecie. Jego wysokość wynosi – w zależności od źródła – od 336,8 do 352 m, a powierzchnia 111 832 m² (ponad 11 ha).

Posiada trzy podziemne kondygnacje oraz 4-piętrowe podium. Na wymienionych poziomach powstał garaż na 536 miejsc parkingowych. Na piętrach 5. i 6. znajduje się kompleks rekreacyjno-sportowy, złożony z basenu, sali do aerobiku, siłowni, sauny oraz kafeterii. Pozostałe piętra zajmuje 676 apartamentów.

Wieża ma kolumnową, betonową konstrukcję (płytowo-belkową) oraz nienośne ściany osłonowe. Budynek został zbudowany w trzech sekcjach, rozdzielonych piętrami technicznymi. Elewacja wykonana jest ze szkła i aluminiowych płyt kompozytowych, które będą istotne w porównaniu obu akcji ratowniczych.

Pierwszy pożar wieży „Torch” powstał po mniej więcej czterech latach od oddania budynku do użytkowania. W dniu 21 lutego 2015 r., około 2.00 w nocy lokalnego czasu na 50. piętrze budynku pojawiły się pierwsze płomienie. Ze względu na silny wiatr, rozprzestrzeniający płonące elementy, pożar błyskawicznie objął elewację do samego szczytu wieżowca.

Co zaskakujące, mimo wyjątkowo niekorzystnych warunków prowadzenia akcji (silny wiatr, duże zagęszczenie budynków, działania gaśnicze prowadzone na wysokości powyżej 200 m) pożar udało się opanować w przeciągu kilku godzin. Mimo tak spektakularnego i błyskawicznego rozwoju pożaru, nie było ofiar śmiertelnych, ludzie z drobnymi urazami zostali opatrzeni na miejscu przez zespoły ratownictwa medycznego, a siedem osób zatruto się lekko gazami pożarowymi.



Rys. 22. Pierwszy pożar Torch Tower, 2015

Źródło: <http://www.en.etemaaddaily.com/world/specials/fire-erupts-at-torch-tower-in-dubai:2030> (dostęp 05.05.2021).

Dokładna przyczyna tego pożaru nie jest znana, ale pojawiły się spekulacje, że został on zapoczątkowany przez grill lub węgiel z sziszy, pozostawiony na balkonie. Według danych funkcjonariuszy Dubai Civil Defence (Obrony Cywilnej Dubaju), której podlega straż pożarna, awarie elektryczne i niedopałki papierosów (patrz drugi pożar) są główną przyczyną pożarów w Dubaju od 2015 r.

Przeprowadzone ekspertyzy budowlane wykluczyły naruszenie konstrukcji nośnej. Remont wewnątrz rozpoczęto w maju 2015 r., a w lipcu 2016 r. władze Dubaju wydały pozwolenie na budowę w zakresie przeprowadzenia pełnego remontu elewacji, uszkodzonej podczas pożaru. Budynek oddano ponownie do użytkowania jesienią 2016 r.

Apartamenty wyremontowano, wymieniono elewację, nie zmieniono tylko materiału, z którego została wykonana, mimo, że w 2013 r. w Zjednoczonych Emiratach Arabskich przyjęto nowe przepisy, wymagające, aby budynki o wysokości ponad 15 metrów były pokryte materiałami ognioodpornymi. Nie dotyczyło to jednak istniejących budynków (zbudowanych przed wprowadzonymi zmianami) i nie wymagano w nich wymiany okładzin elewacyjnych.

Konsekwencją braku zmian był drugi pożar, który pojawił się około 1.00 w nocy 4 sierpnia 2017 r., tym razem na 26. piętrze budynku i – podobnie jak poprzednio – doszedł do najwyższej kondygnacji. Jediną różnicą było pojawienie się dwóch kolejnych zarzewi pożaru – jednego na ulicy, drugiego na niższych poziomach nadziemnych. Przeprowadzono ewakuację 475 mieszkańców, a pożar został ugaszony w rekordowym tempie 2 godzin. O 3.40 zakończono akcję. Na szczęście nie było ofiar. Tym razem potwierdziła się dubajska statystyka, gdyż pożar został zainicjowany przez wyrzucony niedopałek papierosa, który spadł na balkon poniżej. Również silny wiatr pomógł w rozprzestrzenianiu się pożaru. W konsekwencji tego pożaru skoncentrowano się na właściwej przyczynie problemu – czyli aluminiowych panelach, wypełnionych warstwą polietylenu – zastosowanych jako okładzina elewacji.



Rys. 23. Drugi pożar Torch Tower, 2017

Źródło: <https://indianexpress.com/article/world/flames-engulf-residential-skyscraper-in-dubai-4781511> (dostęp 05.05.2021).

Trzeci pożar powstał 5 stycznia 2019 r. na piątym piętrze w saunie przy siłowni. Przeprowadzono ewakuację wszystkich osób znajdujących się w budynku, a pożar został błyskawicznie opanowany. Również tym razem nikt nie został poszkodowany.

Warto tu docenić kunszt ratowników z Emiratów – opanowanie tego rodzaju pożarów w tak krótkim czasie i bez ani jednej ofiary śmiertelnej czy ciężko rannej to ewenement na skalę światową. Należy więc przyjrzeć się, jak ta sztuka im się udaje. Na terenie Emiratu Dubaju znajdują się 23 doskonale wyposażone (w tym w drony, skutery wodne z jetpack'ami) jednostki ratowniczo-gaśnicze, które nie są jedyną składową bardzo skutecznego systemu ochrony przeciwpożarowej. Oprócz znaczących sił operacyjnych, bardzo duży nacisk kładziony jest na odpowiednie wyposażenie budynków w stałe urządzenia gaśnicze, alarmowe, systemy sygnalizacji pożarowej, a także wypracowanie procedur ewakuacyjnych dla budynków wysokościowych oraz zatrudnianie w nich osób odpowiedzialnych za zainicjowanie ewakuacji oraz podjęcie wstępnej akcji gaśniczej.

W najwyższych budynkach część wind jest dostosowana do potrzeb ewakuacji w przypadku pożaru. W czasie ćwiczeń ewakuacyjnych sprawdzana jest efektywność aktywnych systemów detekcji, a stałe urządzenia gaśnicze podlegają regularnym testom

i przeglądom, zgodnie z wytycznymi NFPA. Osoby odpowiedzialne za ochronę przeciwpożarową budynku podlegają obowiązkowi odbycia praktycznych kursów z użycia podręcznego sprzętu gaśniczego na specjalnych poligonach oraz przygotowania alternatywnych dróg ewakuacji z obiektu, jeżeli główna droga ucieczki jest z jakichś powodów niedostępna.

Lokalni eksperci bezpieczeństwa pożarowego kładą szczególny nacisk na kierunek podjętej ewakuacji, stanowczo odradzają próby ucieczki przed pożarem na dach.

Osoby ewakuowane mają udać się do najbliższej strefy pożarowej poniżej zagrożonej kondygnacji i tam oczekiwać na dalsze polecenia ratowników. To rozwiązanie wynika z dwóch powodów. Dzięki niemu na zewnątrz budynków nie pojawia się znaczna liczba osób, które utrudniałyby prowadzenie akcji ratowniczej i która jest chroniona przed urazami ze strony spadających z dużej wysokości elementów, często jeszcze płonących. Również w części budynków zainstalowane są dynamiczne systemy ewakuacyjne, które – za pomocą komunikatów głosowych oraz sterowanych znaków o kierunku ewakuacji – prowadzą do najbliższej bezpiecznej strefy, w zależności od tego, w którym miejscu w budynku powstał pożar.

Osoby o ograniczonej zdolności samodzielnego poruszania się lub z niepełnośprawnościami mają pierwszeństwo w użyciu wind ewakuacyjnych lub zapewnioną asystę.

W budynkach wysokościowych wymagane jest stosowanie oddzieleni pożarowych o odporności 240 min.

W Emiratach nie ma obowiązku prowadzenia ćwiczeń ewakuacyjnych we wszystkich budynkach, jednak zalecane jest ich przeprowadzanie dwa razy w roku.

Wymogiem natomiast jest posiadanie planu reagowania kryzysowego (*Emergency Response Plan*), który jest warunkiem koniecznym (po jego pozytywnej weryfikacji) otrzymania pozwolenia na użytkowanie budynku, wydawanego przez Civil Defence w Dubaju. Dokument ten musi zawierać wszystkie możliwe scenariusze awaryjne, potencjalne możliwości rozwoju niekorzystnych zdarzeń oraz sposoby im zapobiegania, ograniczania skutków i zarządzania kryzysowego.

Grenfell Tower w Londynie

Wieżowiec ten znajduje się w North Kensington (zachodni Londyn) przy ulicy Grenfell, od której wziął swoją nazwę. Przekazany do użytkowania w 1974 r., wykonany w konstrukcji betonowej na planie kwadratu o boku 22 m, z wypełnieniami wykonanymi z prefabrykowanych, izolowanych bloczków betonowych. W porównaniu z Torch Tower, nie miał zbyt imponujących rozmiarów – wysoki na 67 m, podzielony na 23 piętra, na których znajdowało się 127 mieszkań, których stałymi użytkownikami było niecałe 600 osób. Pionowe drogi ewakuacyjne stanowiły dwie klatki schodowe, z których tylko jedna – centralna, dwubiegowa była ogólnie dostępna, a druga tylko z części socjalnej. Obie kończyły się jednym wyjściem z budynku na parterze. W wieżowcu znajdowały się również dwie windy osobowe, ale nie było nigdzie informacji, czy zostały one przystosowane do ewakuacji lub działań ratowniczych. Przeprowadzony remont na przełomie lat 2015 i 2016 nie obejmował aspektów związanych z bezpieczeństwem pożarowym, a wprowadzone zmiany, poprawiając jego estetykę, drastycznie obniżyły standardy bezpieczeństwa, ponieważ elewacja została zmodernizowana za pomocą z płyt sandwichowych, wypełnionych pianką poliuretanową (z identycznego materiału, jak w przypadku Torch Tower przed pierwszym pożarem).

W dniu 14 czerwca 2017 r., niedługo po północy, powstał pożar mieszkania na czwartym piętrze, na skutek zapalenia się lodówki. Brytyjskie procedury ratownicze w tego typu przypadkach, jakim jest pożar w wysokościowym budynku mieszkalnym, nakazują zadysponowanie jako sił pierwszego rzutu czterech zastępów gaśniczych. Już po sześciu minutach od zgłoszenia straży pożarna podjęła działania ratownicze. Płomienie wydostały się jednak przez kuchenne okno, co wywołało zapalenie się elewacji od północnej strony budynku. Rozwinięcie linii gaśniczej do gaszenia pożaru zewnętrznego nie przyniosło spodziewanych efektów, ze względu na szybkość jego rozwoju. Podjęte działania okazały się niewystarczające, w związku z czym na miejscu zdarzenia pojawiły się kolejne jednostki ratownicze w liczbie 5 wraz z 30-metrowym podnośnikiem hydraulicznym. Dynamika rozwoju pożaru elewacji zaskoczyła samych strażaków. Płomienie i gazy pożarowe, przez otwarte okna, zaczęły przedostawać się do kolejnych mieszkań w budynku. Akcja ewakuacyjna była prowadzona równocześnie z akcją gaśniczą. Jedyna klatka schodowa, która mogła posłużyć do przeprowadzenia ewakuacji była jednak bardzo silnie zadymiona, co praktycznie uniemożliwiło wykonanie strategii ewakuacji całkowitej lub choćby częściowej. Rozwój zdarzeń wymusił zadysponowanie ponad 200 strażaków, 40 samochodów ratowniczo-gaśniczych oraz 20 karetek. W początkowej fazie ewakuacji strażacy byli w stanie zarządzać ewakuacją osób do 19. piętra włącznie. W niedługim jednak czasie ogień rozprzestrzenił się po całym budynku, możliwości ratowania ludzi spadły o prawie połowę tej wartości. Wywołane było to warunkami, panującymi w budynku. Wysoka temperatura oraz gęsty, toksyczny dym spowodowały obniżenie efektywności strażaków, którzy z powodu zmęczenia zużywali zdecydowanie więcej powietrza znajdującego się w aparatach ODO. Nisko przepustowa i jedyna nadająca się do celów ratowniczych klatka schodowa była wykorzystywana jednocześnie przez osoby kierujące się w dół (ewakuowani i wspierający ich strażacy oraz ci, którym kończyło się powietrze w butlach), jak i – w przeciwnym kierunku – przez oddziały zadysponowane do walki z żywiołem. Stężenie toksycznego dymu po pewnym czasie całkowicie uniemożliwiło ewakuację osób niewyposażonych w aparaty oddechowe. Policjanci, którzy przybyli na miejsce zdarzenia, zajmowali się obsługą komunikacyjną z osobami znajdującymi się w budynku i obserwującymi przebieg wydarzeń przez otwarte okna. Dopóki było to możliwe kazali im się ewakuować, jednak, gdy pożar uniemożliwił wydostanie się z budynku, zalecali pozostanie w mieszkaniach i telefoniczny kontakt ze strażą pożarną w celu przekazania informacji o tym, w której części budynku się znajdują. Część mieszkańców z całkowicie odciętych przez dym i płomienie mieszkań, zdecydowała się skakać przez okna, a część schodzić po zaimprovizowanych linach wykonanych z koców i prześcieradeł. Prośby o pomoc zaczęły docierać również poprzez relacje umieszczane na portalach społecznościowych.

W przypadku bloków mieszkalnych Brytyjczycy rekomendują strategię obrony w miejscu, czyli jeśli pożar powstał w miejscu zamieszkania, ale w innej części budynku i nie zagraża bezpośrednio otoczeniu, należy pozostać w mieszkaniu, pozamykać okna i drzwi, w miarę możliwości uszczelnić je dostępnymi środkami, takimi jak ręczniki namoczone w wodzie oraz poinformować służby ratownicze o miejscu swojego pobytu. Ewakuację należy podjąć tylko wtedy, gdy dym i płomienie zaczynają stanowić bezpośrednie zagrożenie lub pożar objął swym zasięgiem mieszkanie na tym samym piętrze. Jednak ta strategia, jak już opisywano wcześniej, jest możliwa do zastosowania tylko w sytuacji, kiedy zarówno konstrukcja, jak i elementy wyposażenia budynku są wykonane z materiałów niepalnych a przynajmniej z materiałów nierozprzestrzeniających

ognia. Mimo tego, że formalnie obiekt stanowi jedną strefę pożarową, to przegrody, takie jak ściany działowe, czy drzwi wejściowe do mieszkania stanowią niecertyfikowaną, ale przez jakiś czas skuteczną ochronę przed dymem i płomieniami.

Argumentami za przyjęciem tej strategii są m.in. to, że niezorganizowana, spontaniczna ewakuacja może wpłynąć na rozwój pożaru i rozprzestrzenianie się toksycznych produktów spalania, a osoby ewakuujące się ograniczą możliwości operacyjne przybyłych na miejsce ratowników., co może nawet zwiększyć liczbę poszkodowanych. W większości pożarów w blokach taka strategia dawała rezultaty. Ale nie w Grenfell Tower. Dyspozytorzy, nie znając rozmiarów pożaru, radzili ludziom pozostanie w mieszkaniach. Niektórzy mieszkańcy ocalili tylko dlatego, że nie posłuchali polecenia. Zagrożenie nadchodziło z każdej strony, a ewakuacja wszystkich ludzi z wyższych pięter zadymioną klatką schodową była wręcz niemożliwa. Jediną szansą dla lokatorów było szybkie opanowanie ognia i likwidacja zagrożenia. Niestety, nawet gdy elewacja się dopaliła, jeszcze wiele mieszkań płonęło. Jeżeli ta strategia nie jest poparta szkoleniami oraz ćwiczeniami ewakuacyjnymi, może być ona śmiertelnie niebezpieczna. Wystarczy bowiem, że tak, jak w przypadku Grenfell Tower, mieszkańcy pozamykaliby i uszczelnili przed przenikaniem dymu okna oraz drzwi wewnętrzne, zostaliby w pomieszczeniu jak najdalej od okien i nie otwierali drzwi wejściowych do mieszkania, a służby ratownicze powiadomili według wcześniej opracowanego schematu, a nie w sposób chaotyczny przez różnorakie komunikatory czy portale społecznościowe.

Kiedy ogień objął znaczną część elewacji, w promieniu około 30 m wokół budynku zaczęły spadać duże kawałki spalonych i palących się paneli elewacyjnych i izolacji. Podnośnik musiał zostać przestawiony, a ratownicy wchodzący do środka eskortowani byli przez policjantów niosących nad nimi tarcze policyjne jako osłonę. Odlamki zniszczyły część mieszkań w budynkach sąsiadujących z Grenfell Tower. Działania utrudniała też przeładowana sieć radiowa, nadmiar korespondencji i słaby zasięg stacji, ograniczonych przez betonowe ściany budynku. Do płonącego wieżowca prowadziło jedno wejście. Nowe załogi dostawały przydział pięter do przeszukania albo konkretne lokale, w których, według pozyskanych informacji, przebywali ludzie. Strażacy musieli podpinąć reduktory w aparatach ODO już na wysokości trzeciego piętra, co znacznie zwiększało zużycie powietrza, które mogło być wykorzystane przy bezpośrednio prowadzonej akcji ratunkowej. Część ratowników miała jednak zestawy dwubutlowe (ok. 4 l pojemności wodnej każda), które wydłużały teoretyczny czas pracy do 45 min. Na wąskiej klatce schodowej panowało duże zamieszanie. Mieszkańcy, którzy sami próbowali się ewakuować, chodzili po omacku, tracili orientację, dusili się. Strażacy musieli więc podejmować ekstremalnie trudne decyzje, dotyczące życia i śmierci: czy sprowadzić na dół zagubioną w duszącym dymie matkę z dzieckiem, czy pisać się wyżej do rodziny, która utknęła kilkanaście pięter wyżej. Mieli świadomość, że nie ma szans, by uratować wszystkich mieszkańców, a większość z nich stanowiły rodziny z dziećmi. Niektórzy ratownicy, którzy mieli sprawdzić wyższe piętra, zawrócili więc i pomagali tym, których spotkali po drodze. A wracając na górę, spotykali kolejnych ludzi potrzebujących pomocy. Ponadto, pnać się wyżej po klatce schodowej, wciąż musieli monitorować zapas powietrza w aparatach i dokonywać wyboru – iść jeszcze dalej, czy zawrócić, nim będzie za późno na własną ewakuację? Dodatkowym obciążeniem psychicznym była obawa, czy konstrukcja obiektu wytrzyma tak skrajne warunki pożarowe. Między godziną 3 a 4 nad ranem nie dało się już dostać powyżej 10. piętra, gdzie temperatura wzrosła do tego stopnia, że zaczęły topić się przyłbice hełmów.

Po wyczerpującej walce z żywiołem nakazano strażakom wycofanie się z budynku, z uwagi na środowisko zagrażające życiu nawet przy wyposażeniu w ubranie specjalne i ochronę dróg oddechowych. Brytyjscy eksperci oceniają, że tej nocy strażacy, by uratować jak najwięcej osób, wielokrotnie odstępowali od zasad bezpieczeństwa. Ostatnia osoba została ewakuowana z wieżowca o 6.30 rano. Pożar został zlokalizowany (opanowany) po ponad 24 godzinach, a całkowicie dogaszony po 60 godzinach. Do budynku wprowadzono grupy poszukiwawczo-ratownicze z psami, ale bez nadziei, by ktoś mógł jeszcze ocaleć. Szacuje się, że gdy doszło do pożaru, w obiekcie było około 350 osób. Uratowało się łącznie 255 osób, 72 zginęło, a 74 zostały ranne. Oficjalne wnioski z przeprowadzonego dochodzenia pożarowego potwierdziły przyczynę pożaru, którą była awaria lodówki w mieszkaniu na czwartym piętrze. Stamtąd ogień rozprzestrzenił się na zewnątrz budynku i dalej objął pełną elewację. Okna mieszkań nie wytrzymały temperatury i płomieni, w wyniku czego żywioł opanował i zniszczył niemal wszystkie mieszkania od drugiego piętra wzwyż. Wykluczono podpalenie. Na podstawie zebranych materiałów ustalono, że ogień początkowo piał się w górę po jednej stronie budynku, by ostatecznie objąć go w całości. Bardzo szybko wyszło też na jaw, że za rozmiary zdarzenia odpowiadają palne (tańsze) materiały wykorzystane przy remoncie elewacji. Panele, które kryły zewnętrzne ściany budynku, były niepalne jedynie do poziomu lobby, tj. do trzeciej kondygnacji, które nie stanowiły części mieszkalnej. Zastrzeżenia budziła też sama konstrukcja paneli, która sprzyjała rozwojowi pożaru. O zagrożeniach w obiekcie, licznych nieprawidłowościach w kwestii bezpieczeństwa, a nawet zapowiedziach, że może dojść do tragedii, informowali lokalni działacze i mieszkańcy budynku. Zapowiadali na długo przed remontem, że w razie pożaru ludzie mogą być odcięci od drogi ucieczki. Nikt jednak nie podjął tematu. Straży pożarnej nie odmawiano bohaterstwa, ale jednocześnie zarzucono brak przygotowania do takiej akcji. Pierwszym zarzutem był brak natychmiastowego zadysponowania do pożaru podnośnika lub drabiny. Ówczesna procedura nie zakładała wysłania go w pierwszym rzucie (do zgłoszonego pożaru mieszkania na czwartym piętrze). Szybko jednak wyciągnięto wnioski – po tygodniu zmieniono zasady i zastęp ten został dopisany do listy sił pierwszego rzutu, jadących do pożaru budynku wysokiego. Ale nawet po przyjeździe do pożaru, 30-metrowy podnośnik mógł osiągnąć jedynie do połowy budynku. Nie było więc żadnych szans na ewakuację mieszkańców z wyższych kondygnacji. Tu również pojawił się zarzut – że straż pożarna zabezpieczająca stolicę kraju nie ma w swoich zasobach pojazdu o większym zasięgu. Podobnie stało się ze strategią „obrony w miejscu”, która – po kilku poważnych pożarach bloków mieszkalnych w przeszłości – znów stała się przedmiotem dyskusji. Jak już opisano wcześniej – nie jest to procedura, którą można stosować jako uniwersalną, niezależnie od scenariusza rozwoju pożaru. Ma ona swoje zalety, które zaprezentowano, wymaga natomiast wysokiego poziomu dyscypliny osób znajdujących się w takim obiekcie lub zadysponowania sił i środków, które są w stanie szybko dotrzeć do osób znajdujących się w zagrożonych częściach budynku. W innych przypadkach nie będzie ona skuteczna. Po pożarze Grenfell Tower do procedury dopisano zdanie, mówiące o tym, żeby pozostać w lokalu „o ile dym i ogień nie stanowią bezpośredniego zagrożenia”. Problem w tym, że osoba nieprzeszkolona i nieposiadająca podstawowej wiedzy, dotyczącej procesu rozwoju pożaru, nie jest w stanie samodzielnie określić momentu, w którym może jeszcze podjąć samodzielną ewakuację z pomieszczenia, a kiedy może w nim bezpiecznie zostać; czy już jest zbyt niebezpiecznie na drogach ewakuacyjnych, aby próbować uratować się samemu. I tu

może warto by się zastanowić nad rozwiązaniami niestandardowymi, takimi jak np. linowe zestawy ewakuacyjne, stosowane w koreańskich hotelach.



Rys. 24. Sekwencja rozwoju pożaru wieżowca Grenfell Tower, 2017

Źródło: <https://www.bbc.com/news/uk-40301289> (dostęp 05.05.2021).

W przeciwieństwie do chaosu, jaki panował w czasie pożaru, który miał miejsce w Grenfell Tower, tak ewakuacja ludzi z „Torch”, jak i działania straży pożarnej, odbywały się w sposób uporządkowany. Dzięki temu udało się uniknąć ofiar śmiertelnych i poszkodowanych. Istotnymi czynnikami, które umożliwiły przeprowadzenie udanych ewakuacji w Dubaju wynikają z doskonałej strategii i planowania ewakuacji oraz projektu konstrukcji budynku, uwzględniającego wszelkie aspekty, związane z pasywnymi i aktywnymi systemami ochrony przeciwpożarowej.

Poza tym, udowodniono, że dzięki częstej kampanii uświadamiającej i szkoleniom praktycznym, działania takie pomagają mieszkańcom lepiej zrozumieć znaczenie szybkiej i bezpiecznej ewakuacji z budynków. Również przemyślana „strategia stref pożarowych”, na które podzielony jest budynek, stanowi nową jakość w projektowaniu wieżowców w obszarze bezpieczeństwa pożarowego budynków. Problemem pozostaje palna izolacja cieplna budynku.

Chociaż część środowiska związanego z bezpieczeństwem uzna proponowane rozwiązania za niepotrzebne ulepszanie czegoś, co już funkcjonuje dobrze, to warto zastanowić się nad realnymi zmianami, które faktycznie mogą przynieść jakąś zmianę. Przedstawiono je w kolejnym rozdziale.

10. PROPONOWANE ROZWIĄZANIA POPRAWIAJĄCE EFEKTYWNOŚĆ EWAKUACJI

Przeprowadzone analizy wyników badań naukowców z całego świata, prowadzących zarówno rozważania teoretyczne, jak i badania eksperymentalne, a także odwzorowujące przebieg realnych zdarzeń, skłaniają do przyjęcia następujących wniosków:

1. Podstawowym aspektem przy analizie dowolnego obiektu, w którym na stałe przebywają ludzie i w jakimś momencie muszą go opuścić ze względu na grożące im niebezpieczeństwo, powinno być obliczenie DCBE i WCBE, które to wartości stanowiąc będą punkt wyjścia do jakichkolwiek dalszych rozważań, dotyczących bezpiecznej ewakuacji.
2. Już na etapie projektowania warto wykonać symulację komputerową, która – przeprowadzona przy użyciu właściwie dobranego do typu obiektu oprogramowania – umożliwi wykrycie miejsc krytycznych z punktu widzenia ewakuacji (w literaturze anglojęzycznej zwanych „bottleneck”).
3. Systemy prawne powinny uwzględniać niechęć inwestorów lub właścicieli obiektów do stosowania rozwiązań technicznych lub organizacyjnych i – w związku z tym – wymuszać pewne działania bądź zachowania systemem nakazowym.
4. Stosowane rozwiązania techniczne nie są remedium na zagrożenia same w sobie i nie ma jedyne cudownego panaceum na wszelkie problemy, które pojawić się mogą podczas ewakuacji skomplikowanych budynków. Pierwszeństwo powinny mieć analizy behawioralne oraz takie dostosowanie systemów czy urządzeń, związanych z ochroną przeciwpożarową, aby uzyskać ich jak największą efektywność w danym konkretnym przypadku.
5. Ważny jest indywidualizm w podejściu do poszczególnych obiektów, uwzględniających nie tylko ich konstrukcję, wyposażenie, ale również, a często przede wszystkim, zamieszkującą w nich populację. Od stopnia zdyscyplinowania ludzi oraz ich poziomu wykształcenia w zakresie ewakuacji zależy zdecydowanie więcej niż od najdoskonalszych nawet rozwiązań technicznych.

Poziom wykształcenia osób odpowiedzialnych za organizację ewakuacji oraz świadomość wpływu ich kompetencji na skuteczność takiej operacji powinny również stanowić element globalnej strategii państwa w tym obszarze. Sama filozofia publikowania wymogów prawnych czy wytycznych w polskiej rzeczywistości nie jest specjalnie przyjazna użytkownikowi. Trzeba posiadać niemałą wiedzę, dotyczącą poszczególnych obszarów związanych z ochroną przeciwpożarową, aby odnaleźć najważniejsze – z punktu widzenia prowadzonej inwestycji – informacje, dotyczące różnych obszarów bezpieczeństwa pożarowego. A przecież można wykorzystać doświadczenia amerykańskie. Tam każdy aspekt posiada wyodrębnioną normę, której zawartość jest szczegółowo opisana w jej tytule, ale – co jeszcze ważniejsze – zarówno na samym początku, jak i w samej treści normatywu, jeżeli przywoływane są lub wykorzystywane inne przepisy prawa, to są one wyraźnie zaznaczone w miejscach, gdzie zostały przywołane lub na nich się opieramy.

Część z przepisów możemy potraktować jako gotowe rozwiązania, gdzie zabezpieczenie obiektu, np. instalacją tryskaczową zgodnie z normą NFPA 13, wymaga jedynie podążania za jej fragmentami, w których opisany jest budynek lub instalacja, jaką w naszym przypadku chcemy zabezpieczyć. W moim pojęciu jest to doskonały przykład normatywu „majstrowskiego”, który nie pozostawiając „swobody twórczej” projektantowi gwarantuje, że jeżeli zostanie ona zaprojektowana i wykonana zgodnie z zapisami, będzie spełniała wszelkie wymogi stawiane instalacjom tryskaczowym w zależności od typu, rodzaju budynku, składowanego materiału, bądź zabezpieczenia pomieszczeń produkcyjnych. Jeżeli rozwiązania, które chcielibyśmy zastosować, nie posiadają „własnego” standardu NFPA, należy odnieść się do zapisów NFPA 101 Life Safety Code, która podaje warunki brzegowe, jakie muszą być spełnione dla obiektów i instalacji budynków w zakresie ochrony przeciwpożarowej. To, w jaki sposób zostaną one zapewnione, pozostaje w gestii inwestora, projektanta i wykonawcy. Co niemniej ważne, zmiany w przepisach pojawiają się w regularnych, anonsowanych odstępach czasowych. Dzięki temu przepisy nadążają nad zmieniającą się rzeczywistością, nowinkami technologicznymi, czy katastrofami, które mają fundamentalny wpływ na zmianę postrzegania pewnych aspektów bezpieczeństwa (np. WTC 2001). Takie podejście do przepisów wymusza stałą pracę nad udoskonalaniem i dostosowaniem ich do zmieniającej się rzeczywistości i warunków w ochronie przeciwpożarowej.

ZAKOŃCZENIE

W procesie badawczym udało się potwierdzić następujące hipotezy:

1. Aktualnie obowiązujące rozwiązania prawne wymagają pewnej korekty i wprowadzenia zapisów, urealniających jeden z zasadniczych elementów, jakim jest dostępny czas bezpiecznej ewakuacji oraz zapewnienie marginesu bezpieczeństwa dla ratowników, prowadzących działania w pomieszczeniach zamkniętych.
2. Zaawansowane systemy kierowania strumieniami ewakuacji poprzez system rozgłoszeniowy, aby były skuteczne, wymagają stałego monitorowania przez akustyków, a nie tylko ludzi związanych z ochroną przeciwpożarową. Wprowadzenie zrozumiałych kodów zagrożenia, opartych np. na kolorach, kierowane do koordynatorów ewakuacji umożliwia dobór najbardziej skutecznej taktyki postępowania.
3. Tylko zindywidualizowane, dostosowane zarówno do rodzaju obiektu, jak i przebywających w nim ludzi, strategie ewakuacyjne są efektywne. Bezrefleksyjne ich wdrażanie może przynieść skutek odwrotny do założonego.
4. Dobrze przeprowadzona i zorganizowana ewakuacja, oparta na właściwej dla danego obiektu strategii, poprzedzona wcześniejszymi szkoleniami teoretycznymi i praktycznymi użytkowników oraz koordynatorów, jest w stanie zniwelować wszelkie inne niedoskonałości obiektu.

Z punktu widzenia efektywności ewakuacji nie ma znaczenia, czy warunki, umożliwiające jej przeprowadzenie są efektem stosowania ścisłych reguł zawartych w przepisach, a wynikających z cech materiałów budowlanych, z których powstał budynek (zapewniających nośność, szczelność i izolacyjność ogniomu przez określony czas z potwierdzeniem właściwymi certyfikatami), czy też osiągnięto wystarczająco długi wymagany czas bezpiecznej ewakuacji innymi metodami. Natomiast, co potwierdzają liczne przykłady, oparte na analizie przypadków, można przeprowadzić skuteczną ewakuację z niedoskonałego konstrukcyjnie budynku (jeśli istnieje świadomość owych niedoskonałości), poprzez celowy wybór strategii ewakuacyjnej zindywidualizowanej do konkretnej lokalizacji, uwzględniający nie tylko substancje budynku, ale również, a może przede wszystkim, przekrój populacji zamieszkującej czy przebywającej w danym obiekcie. Na podstawie tej wiedzy można wprowadzić zmiany organizacyjne, a także pewne korekty samej struktury budynku, dostosowując go do potrzeb konkretnej grupy ludzi oraz tego, żeby nawet przy przyjęciu najbardziej niekorzystnego scenariusza rozwoju pożaru, zapewnić czas do samodzielnego opuszczenia budynku, bądź zapewnienie takich warunków, aby w bezpieczny sposób móc oczekiwać na przybycie ratowników. Natomiast nawet najdoskonalej zaprojektowany i wykonany budynek, wyposażony w najbardziej zaawansowane technologicznie rozwiązania, służące ochronie przeciwpożarowej może nie wystarczyć przy złej organizacji lub wręcz jej braku, jeżeli chodzi o świadomość użytkowników, dotyczącą zagrożeń w sytuacjach nadzwyczajnych.

Symulacje komputerowe, prowadzone już na etapie prac koncepcyjnych nad budynkiem, a dotyczące różnorodnych zagrożeń, płynących z powstania pożaru, wybuchu, katastrofy budowlanej czy celowego działania człowieka w postaci zamachu terrorystycznego, umożliwiają zastosowanie takich rozwiązań, które będą w stanie jak najbardziej złagodzić negatywne skutki w takich sytuacjach. Równania – które

umożliwiają takie analizy i mogą pochodzić z mechaniki płynów, jeśli będą wzbogacone elementami *social force*, uwzględniając aspekty psychologiczno-decyzyjne w przemieszczaniu się ewakuowanych osób, wynikające z poziomu poczucia zagrożenia w procesie ewakuacji – powinny stanowić podstawę do opracowania jakichkolwiek instrukcji, wytycznych czy standardów postępowania w sytuacjach kryzysowych. Uwzględnienie tych czynników będzie miało bezpośredni wpływ na możliwość minimalizacji potencjalnych ofiar [Kosiński, Grabowski, 2013].

Poprawa efektywności organizacji ewakuacji jest bezpośrednim następstwem zmian w prawie. Wcześniejszy brak szczegółowych wytycznych bądź wymogów zawartych w przepisach i pozostawienie dużej swobody interpretacyjnej właścicielom bądź zarządzającym obiektami nie przynosił spodziewanych efektów. Obecne regulacje można by jeszcze udoskonalić, uwzględniając wymogi przeprowadzenia ewakuacji dla każdej zmiany w zakładach pracujących w systemie ruchu ciągłego. Otwartym pytaniem, które przewija się od lat, jest poziom zaangażowania wydziałów kontrolno-rozpoznawczych PSP w nadzór nad organizacją i funkcjonowaniem systemów ochrony przeciwpożarowej, w jak najszerszym aspekcie tego sformułowania, w przypadku obiektów, które są własnością prywatną. W tych sytuacjach większa odpowiedzialność powinna spoczywać na firmach ubezpieczeniowych i samych właścicielach, gdyż to oni są, a przynajmniej powinni być, żywotnie zainteresowani w zabezpieczeniu osób i mienia przed skutkami katastrof, natomiast PSP powinna koncentrować się na obiektach użyteczności publicznej, które są własnością wspólną.

Analizy behawioralne oraz wnioski, jakie płyną z analiz postępowania ludzi (np. kierowanie się z ciemniejszych obszarów do jaśniejszych, konsekwentne utrzymywanie jednego kierunku skrętu w sprzyjających warunkach itd.) powinny stanowić element obowiązkowy w procesie kształcenia przyszłych konstruktorów i architektów. Jeśli udałooby się wprowadzić pewne rozwiązania do kanonów projektowania, ewakuacja osób mogłaby stać się bardziej intuicyjna, a tym samym znacznie szybsza.

Założenia ogólne, dotyczące standardów i jakości materiałów, zarówno budowlanych jak i wykończeniowych, określanie maksymalnych długości dróg ewakuacyjnych itp. mogą być bardzo pomocne, natomiast nie są w stanie zastąpić dostosowywania elementów organizacyjnych i procedur przeznaczonych dla każdego budynku indywidualnie.

Skuteczność przyjętych regulacji nie zależy tylko od ich trafności, ale – przede wszystkim – od stopnia wyszkolenia osób odpowiedzialnych za organizację ewakuacji, a także doświadczenie osób ewakuowanych z danego obiektu w bezpiecznych warunkach szkoleń i treningów. Nabycie takiej praktyki, przez całą populację, gwarantuje zdecydowanie niższy poziom stresu oraz zagrożenia paniką podczas realnych zdarzeń. Jednak żaden z tych elementów, zastosowany osobno, nie przyniesie pożądanych efektów. Tylko połączenie większości z nich, a optymalnie wszystkich, da efekt synergii. Dlatego warto mieć na uwadze wszystkie przedstawione elementy, planując w sposób odpowiedzialny system bezpieczeństwa dla ludzi którzy mogą się znajdować w danych obiektach.

Przedstawione przykłady, analizy oraz wyniki badań czy rozwiązania prawne wskazują jednoznacznie na duże możliwości zmiany podejścia do ewakuacji w Polsce, łącznie z udoskonaleniem systemu prawnego, który znacząco wpłynąłby na bezpieczeństwo ewakuacji zarówno dla osób ratowanych, jak i ratowników.

LITERATURA

Opracowania zwarte

Ahrens M., (2016), *High-rise Building Fires*. National Fire Protection Association, November 2016, NFPA, Quincy, Michigan.

Bayer K., Rejnö T. (1999), *Utrymningslarm – Optimering genom fullskaleförsök* [Evacuation alarm – Optimizing through full-scale experiments] (no. 5053), Lund: Department of Fire Safety Engineering, Lund University.

Bazjanac V., (1977), *Simulation of elevator performance in high-rise buildings under conditions of emergency*, [in:] D.J. Conway (ed.), *Human Response to Tall Buildings*, Dowden, Hutchinson, and Ross, Stroudsburg, PA, pp. 316–328.

Beevor A., (2009), *Walka o Hiszpanię 1936–1939*, Znak, Kraków.

Blair A.J., Milke J.A., (2011), *The Effect of Stair Width on Occupant Speed and Flow Rate for Egress of High Rise Buildings*, [in:] R.D. Peacock, E.D. Kuligowski, J.D. Averill (eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Springer US, Boston, USA, pp. 747–750.

Branowski B., Zabłocki M., Pohl P., (2011), *Wybrane zagadnienia koncepcyjne i konstrukcyjne budowy urządzeń do ewakuacji osób niepełnosprawnych z wysokich budynków*, [w:] J. Lecewicz-Bartoszewska, A. Polak-Sopińska (red.), *Ergonomia niepełnosprawnym – współczesne i przyszłe kierunki rozwoju*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.

Canter D., (1980), *Fires and human behaviour: an introduction*, [in:] D. Canter (ed.) *Fires and human behaviour*, Wiley, Chichester, UK.

Canter D., Breaux J., Sime J., (1980), *Domestic, multiple occupancy, and hospital fires*, [in:] D. Canter (ed.), *Fires and human behavior*. Wiley, Chichester, UK.

Fahy R.F., (1996), *Enhancement of EXIT89 and analysis of World Trade Center data*, NIST-GCR-95-684, Fire Analysis and Research Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Frantzich H., (1996), *Fire Safety Risk Analysis of a Health Care Facility*, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety. Lund University, Lund, Sweden.

Galea E.R., Lawrence P.J., Gwynne S., Filippidis L., Blackshields D., Cooney D., (2017), *buildingEXODUS v6.3 USER GUIDE*, University of Greenwich, London, UK.

Galea E.R., Blake S., (2004), *Collection and Analysis of Human Behaviour Data Appearing in the Mass Media Relating to the Evacuation of the World Trade Centre Towers of 11 September 2001*, Report prepared for the Building Disaster Assessment Group (BDAG), Office of the Deputy Prime Minister, London.

Hamanowicz E., (1988), *Ratownictwo techniczne. Cz. 3. Prognozowanie zagrożeń i ewakuacja ludzi niepełnosprawnych z obiektów szpitalnych*, Wydawnictwa uczelniane Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Warszawa.

Hall J.R., (2011), *High-Rise building fires*, National Fire Protection Association, Quincy, USA.

Harding P., Amos M., Gwynne S.M.V., (2010), *Prediction and Mitigation of Crush Conditions in Emergency Evacuations*, [in:] W.W.F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider, M. Schreckenberg (eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008*, Springer, Berlin–Heidelberg, pp. 233–246.

Helbing D., Farkas I., Molnár P., Vicsek T., (2002), *Simulating of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations*, [in:] Schreckenberg, M., Sharma, S.D. (eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Springer, Berlin, pp. 21–58.

Heyes E., (2009), *Human Behaviour Considerations in the Use of Lifts for Evacuation from High Rise Commercial Buildings*, Phd dissertation, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

Holmström J., Sävmark E., (2013), *Talat utrymningsmeddelande: optimerad utformning utifrån fullskaleförsök – Pre-recorded evacuation message: optimized design via unannounced evacuation experiments*, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, Lund.

Kinsey M.J., (2011), *Vertical Transport Evacuation Modelling*, Dissertation, University of Greenwich, London, UK.

Korhonen T., (2018), *Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac Technical Reference and User's Guide (FDS 6.6.0, Evac 2.5.2)*, VTT, Espoo.

Kratchman J.A., (2007), *An Investigation on the Effects of Firefighter Counterflow and Human Behavior*, [in:] *A Six-Story Building Evacuation*, Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland.

Kuligowski E.D., Omori H., (2014), *General guidance on emergency communication strategies for buildings*, 2nd Edition, NIST, Gaithersburg, USA.

Kuligowski E.D., (2005), *Review of 28 Egress Models*, NIST report 1032, Gaithersburg, USA.

Kuligowski E.D., Hoskins B.L., (2012), *Recommendations for Elevator Messaging Strategies*, NIST report 1730, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Kuligowski E.D., (2011), *Terror defeated: Occupant sensemaking, decision-making and protective action in the 2001 World Trade Center Disaster*, University of Colorado, Dissertation.

Kuligowski E. D., Peacock R. D., Hoskins B. L., (2010), *A Review of Building Evacuation Models*, 2nd Edition, Technical Note (NIST TN) 1680.

Levin B., Groner N., (1994), *Human Factors Considerations for the potential use of elevators for fire evacuation of FAA Air Traffic Control Towers*, NIST Technical Note, NIST-GCR-94-656, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Melinek S.J., Booth S., (1975), *An analysis of evacuation times and the movement of crowds in buildings*, Current paper CP 96/75, Building Research Establishment, Fire Research Station, Borehamwood, UK.

Mott MacDonald Simulation Group, (2011), *Simulation of Transient Evacuation and Pedestrian movements*, STEPS User Manual 4.1 Version, Mott MacDonald Group Limited, Croydon, UK.

Nilsson D., (2007), *Report 3142. In Computer modeling of evacuation and fire. An inventory of three approaches*, Lund University, Lund, Sweden.

Noordermeer R.H.J., (2010), *Usage of Lifts for the Evacuation of High-Rise Projects*, Dissertation, Delft University.

Pauls J.L., Jones B.K., (1980), *Building Evacuation: Research Methods and Case Studies. In Fires and Human Behaviour*, D. Canter (ed.), Wiley, Chichester.

Peacock R.D., (2009), *Summary of NIST/GSA Cooperative Research on the use of elevators During Fire Emergencies*, Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Special Publication 1620, Gaithersburg, USA.

Peacock R.D., Averill J.D., Kuligowski E.D., (2009), *Stairwell Evacuation From Buildings: What We Know We Don't Know*, [in:] Klingsch W., Rogsch C., Schadschneider A., Schreckenberg M. (eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008*, Springer, Berlin, Heidelberg.

Peacock R.D., Bukowski R.W. (2009), *Summary of NIST/GSA Cooperative Research on the use of elevators During Fire Emergencies*, Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Special Publication 1620, Gaithersburg, USA.

Peacock R.D., Kuligowski E.D., Averill J.D., (2012), *Building Occupant Safety Research 2012*, Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA.

Peters R., (2021), *ELEVATE – elevator traffic analysis & simulation software*, Manual, Great Missenden, HP16 9AZ, UK.

Popielarczyk T., Sowa T., Stępień P., Chołuj Ł., *Konserwacja dźwiękowych systemów ostrzegawczych*, wytyczne CNBOP-PIB W-0004:2017, Józefów 2017.

Proulx G., Pineau J., Latour J.C., Stewart L., (1995), *Study of the Occupants' Behaviour During the 2 Forest Laneway Fire in North York, Ontario on January 6th 1995*, Internal Report no. 705, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, National Fire Laboratory.

Reinicke B., (2007), *Utrymning från biograf: Resultat från fullskaleförsök – Cinema evacuation: results from full-scale experiments*, Department of Fire Safety Engineering, Lund.

Rojtman M.J., (1977), *Przymusowa ewakuacja ludzi z budynków*, Wyższa Oficerska Szkoła Pożarnicza, Warszawa.

Ronchi E., Kinsey M., (2011), *Evacuation models of the future. Insights from an online survey on user's experiences and needs*, In Advanced Research Workshop Evacuation and Human Behaviour in Emergency Situations EVAC11, Capote J. (red.), University of Cantabria, Santander, Spain, pp. 145–155.

Ronchi E., Nilsson D., (2013), *Assessment of total evacuation strategies in Tall Buildings. Final Report*, Fire Protection Research Foundation, Technical Report, National Fire Protection Association (ed.), Quincy, USA.

Sime J.D., (1987), *Access and Egress for the Handicapped in Public Buildings*, [in:] Haber G., Blanks T. (eds.), *Building Design for Handicapped and Aged Persons: An International Inventory*. Portsmouth, UK, p. 27.

Strakosch G.R., (1967), *Vertical Transportation Elevators and Escalators*, Hardcover. John Wiley and Sons, Hoboken (NJ).

Torero J.L., Quintiere J.G., Steinhaus T., (2002), *Fire Safety in High-rise buildings: Lessons Learned from the WTC*, [in:] Jahresfachtagung der Vereinigung zur Forderrung des Deutschen Brandschutzes e. V, Dresden, Germany.

Weismantle P., Smith G., Sheriff M., (2007), *Burj Dubai: an architectural technical design case study*, "The Structural Design Of Tall And Special Buildings", vol. 16, pp. 335–360.

Zmud M., (2007), *Public Perceptions of High-rise Building Safety and Emergency Evacuation Procedures Research Project*, The Fire Protection Research Foundation, Quincy, USA.

Źródła prawa

BS PD 7974-6:2019, The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6. Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6).

NFPA 72, National Fire Alarm and Signaling Code, 2019.

NFPA 101, Life Safety Code, 2018.

PAS 41:2003, Directional sounders. Requirements and tests.

Janik P. (red.), (2008), *Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających nie pogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej*,

w przypadkach wskazanych w przepisach przeciwpożarowych, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa.

Królik I., Naczas T., Szylar J., Łazaj R., Raszewski K., Chojnacki W., (2015), *Program szkolenia kierujących działaniem ratowniczym dla członków ochotniczych straży pożarnych (dowódców OSP)*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa.

Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz. 1065).

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

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. z 2021 r., poz. 1737).

Ustawa Kodeks pracy (Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 maja 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Kodeks pracy, Dz.U. z 2019 r., poz. 1040)

Ustawa o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 1991 r. nr 81, poz. 351 z późn. zm.)

Artykuły w czasopismach i materiały konferencyjne

Ariff A., (2003), *Review of Evacuation Procedures for Petronas Twin Towers*, [in:] Proceedings of the CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, “CTBUH Research Paper”, no. 290, CIB Publication, Kuala Lumpur, Malaysia.

Andrée K., Bengtson S., (2012), *Analysis of the impact of training, communication and egress strategy in an apartment fire*, In Proceedings of the Human Behaviour in Fire Symposium 2012, Interscience Communication, Cambridge, UK.

Averill J.D. i in., (2005), *Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers*, Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster, Occupant Behaviour. Egress and Emergency Communications, NIST NCSTAR 1–7. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA, September.

Biava M., Khier W., Vigeveno L., (2012), *CFD prediction of air flow past a full helicopter configuration*, “Aerospace Science and Technology”, 19(1), pp. 3–18.

Blake S.J., Galea E.R., Westeng H., Dixon A.J.P. (2004), *An Analysis of Human Behaviour during the WTC Disaster of 11 September 2001 based on Published Survivor Accounts*, In Proceedings of the 3rd International Symposium on Human Behaviour in Fire, 1–3 September 2004, Interscience Communication Ltd., Belfast, UK, pp. 181–192.

Boyce K.E., Purser D., Shields T.J., (2009), *Experimental Studies to Investigate merging Behaviour in a Staircase* (Conference Paper), In Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire. Interscience Communications Ltd, Cambridge, pp. 111–122.

Boyce K.E., Shields T.J., Silcock G.W.H., (1999), *Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: capability of people with disabilities to read and locate exit signs*, “Fire Technology”, 35(1), pp. 79–86.

Boyce K.E., Shields T.J., (1999a), *Towards the characterisation of building occupancies for fire safety engineering: prevalence, type and mobility of disabled people*, “Fire Technology”, 35(1), pp. 35–50.

Boyce K.E., Shields T.J., (1999b), *Towards the characterisation of building occupancies for fire safety engineering: capabilities of disabled people moving horizontally and up an incline*, “Fire Technology”, 35(1), pp. 51–67.

Bronisławski W., (1981), *Pożar w szpitalu psychiatrycznym – pożar szpitala w Górnej Grupie powstały nocą z 30 października na 1 listopada 1980 r.*, „Przegląd Pożarniczy”, nr 11.

Bukowski R.W., (2009), *Emergency Egress from Buildings, Part 1: History and Current Regulations for Egress Systems Design*, NIST Technical Note: 1623. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Bukowski R.W., (2010), *International Applications of Elevators for Fire Service Access and Occupant Egress in Fires*, “Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) Journal”, iss. III, pp. 28–33.

Cepolina E., (2009), *Phased evacuation: an optimisation model which takes into account the capacity drop phenomenon in pedestrian flows*, “Fire Safety Journal”, 44(4), pp. 532–544.

Chien S., Wen W., (2011), *A research of the elevator evacuation performance and strategies for Taipei 101 Financial Center*, “Journal of Disaster Research”, vol. 6, p. 581–590.

Choi J., Hwang H., Hong W., (2011), *Predicting the probability of evacuation congestion occurrence relating to elapsed time and vertical section in a high-rise building*, In Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference 2010, Peacock R.D. (red.), Gaithersburg, Maryland.

Christensen K., Sharifi S., Chen A., (2013), *Considering Individuals with Disabilities in Building Evacuation: Agent-Based Simulation Study*, Conference Transportation Research Board at Washington D.C.

Christensen K.M., Collins S.D., Holt J.M., Phillips C.N., (2006), *The relationship between the design of the built environment and the ability to egress of individuals with disabilities*, Rev Disability Study, vol. 2, no. 3, pp. 24–34.

Clawson K., O'Connor D.J., (2011), *Considerations and Challenges for refuge Areas in Tall Buildings*, In Proceedings of the CTBUH 2011 World Conference, Seoul Council of Tall Buildings and Urban Habitat, pp. 332–338.

Ćłapa I., Porowski R., Dziubiński M., (2011), *Wybrane modele obliczeniowe czasów ewakuacji*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, nr 4.

Ćłapa I., (2015). *Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego, scenariusz pożarowy oraz próbna ewakuacja jako kluczowe elementy zarządzania systemem bezpieczeństwa pożarowego budynku*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, nr 4.

D’orazio M., Longhi S., Olivetti P., Bernardini G., (2015), *Design and experimental evaluation of an interactive system for pre-movement time reduction in case of fire*, “Automation in Construction” vol. 52, pp. 16–28.

Dong W., Yu Ch., Zhibin M., (2018), *Study of Sound Direction Evacuation*, “Journal of Physics: Conference Series”, vol. 1107, iss. 7.

Friedman R. (1992), *An international survey of computer models for fire and smoke*, “Journal of Fire Protection Engineering”, vol. 4 iss. 3, pp. 81–92.

Fu M., Liu R., Zhang Y., (2021), *Why do people make risky decisions during a fire evacuation? Study on the effect of smoke level, individual risk preference, and neighbor behavior*, “Safety Science”, vol. 140.

Galea E.R., Hulse L., Day R., Siddiqui A., Sharp G, Shields J., Boyce K.E., Summerfield L., Canter D., Marselle M., Greenall P., (2008), *The UK WTC9/11 evacuation study: an overview of the methodologies employed and some preliminary analysis*, In Proceedings of the 4th Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference, pp. 3–24.

Galea E.R., Sharp G., Lawrence P.J., Holden R., (2008), *Approximating the evacuation of the World Trade Center North Tower using computer simulation*, “Journal of Fire Protection Engineering”, vol. 18, iss. 2, pp. 85–115.

Galea E.R., Sharp G., Lawrence P., (2008), *Investigating the representation of merging behavior at the floor-stair interface in computer simulations of multi-floor building evacuations*, “Journal of Fire Protection Engineering”, vol. 18, iss. 4, pp. 291–316.

Galbreath M., (1969), *Time of evacuation by stairs in high buildings*, “Fire Research Note”, no. 8, Reprinted from “Fire Fighting in Canada”, February 1969.

Giebułtowicz J., Rużycka M., Wroczyński P., Purser D.A., Stec A.A., (2017), *Analysis of fire deaths in Poland and influence of smoke toxicity*, “Forensic Science International”, no. 277.

Graat E., Midden C., Bockholts P., (1999), *Complex evacuation; effects of motivation level and slope of stairs on emergency egress time in a sports stadium*, “Safety Science”, vol. 31, pp. 127–144.

Groner N., (2002), *A compelling case for emergency elevator systems*, “Fire Engineering”, no. 155 (10), pp. 126–128.

Gwynne S.M.V., Kuligowski E.D., Boyce K.E., Nilsson D., Robbins A.P., Lovreglio R., Thomas J.R., Roy-Poirier A., (2019), *Enhancing Egress Drills: Preparation and Assessment of evacuee performance*, “Fire and Materials”, vol. 43, iss. 6, pp. 613–631.

Gwynne S.M.V., Kuligowski E.D., Kinsey M.J., (2015), *Human behaviour in fire – model development and application*, 6th International Symposium on Human Behaviour in Fire, National Institute of Standards and Technology, Cambridge.

Gwynne S.M.V., Galea E.R., Owen M., Lawrence P.J., Filippidis L., (1999), *A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment*, “Building and Environment”, vol. 34, iss. 6, pp. 741–749.

Gwynne S.M.V., Purser D.A., Boswell D.L., (2010), *Pre-warning staff delay: a forgotten component in ASET/RSET calculations*, [in:] Peacock R.D., Kuligowski E.D., Averill J.D. (eds.), In Proceedings of the 5th Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference, National Institute of Standards and Technology, Springer, Maryland, USA, pp. 243–253.

Gwynne S.M.V., Galea E.R., Lawrence P.J., Filippidis L., *Modelling occupant interaction with fire conditions using the building EXODUS evacuation model*, “Fire Safety Journal”, vol. 36, iss. 4, pp. 327–357.

Hakonen H., Susi T., Siikonen M-L., (2003), *Evacuation Simulation of Tall Buildings*, Proceedings of CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, Kuala Lumpur Malaysia 21–23 October 2003.

Haliti E., (2015), *Modelling the impact of sky-bridges on total evacuation for high-rise buildings*. Conference: 6th Human Behaviour in Fire Symposium 2015, Cambridge, UK.

Hashemi M., Tomasiello S., (2018), *Emergency evacuation of people with disabilities: A survey of drills, simulations, and accessibility*, “Cogent Engineering”, vol. 5, iss. 1, pp. 1–20.

Hedman G., (2009), *Stair Descent Devices: An Overview Of Current Devices And Proposed Framework For Standards And Testing*. PE, CPE University of Illinois at Chicago, USA, In Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire, Interscience Communications Ltd., Cambridge, United Kingdom, pp. 601–606.

Helbing D., Molnár P., (1995), *Social force model for pedestrian dynamics*, “Physical Review”, vol. 51, iss. 5, pp. 4282–4286.

Helbing D., Farkas I., Vicsek T., (2000), *Simulating dynamical features of escape panic*, “Nature” no. 407, pp. 487–490.

Hofinger G., Zinke R., Künzer L., (2014), *Human factors in evacuation simulation, planning, and guidance*, “Transportation Research Procedia”, vol. 2, pp. 603–611.

Hunt A., Galea E., Lawrence P., (2012), *An Analysis of the performance of trained staff using movement assist devices to evacuate the non-ambulant*, In Proceedings of the 5th International

Symposium on Human Behaviour in Fire, Interscience Communications Ltd., Cambridge, United Kingdom.

Janik P., (2020), *Ochrona przeciwpożarowa a myślenie inżynierskie – dyskusja nad nowelizacją wymagań z zakresu ochrony przeciwpożarowej i dylemat wyboru między wskazaniami ostrymi i jednoznacznymi a wariantem pozostawienia ich do określenia w drodze analiz inżynierskich: przepisy celowościowe a przepisy wykonawcze, model angielski, przepisy ogólne i branżowe*, „Przegląd Pożarniczy”, nr 6, s. 24.

Johnson C.W., (2005), *Lessons from the evacuation of the world trade centre, 9/11 2001 for the development of computer-based simulations*. “Cognition, Technology & Work”, vol. 7, iss. 4, pp. 214–240.

Jonas A., Wurzer G., Swoboda S., Illera Ch., (2009), *Architectural Patterns enabling Reconfigurable Exit Routes for Complex Buildings*, Traffic and Granular Flow, Jun. 22–24, 2009, Shanghai, China.

Jönsson A., Andersson J., Nilsson D., (2012), *A Risk Perception Analysis of Elevator Evacuation in High-Rise Buildings*, In Proceedings of the 5th Human Behaviour in Fire Symposium. Interscience Communication Ltd, Cambridge, UK.

Khanna A., (2003), *Inflatable Ejection Module (IEM): An emergency egress system for tall buildings*, In Proceedings of the CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, Strategies for Performance in the Aftermath of the World Trade Centre, vol. 290, CIB Publication, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 739–744.

Kinateder M., Warren W.H., (2016), *Social influence on evacuation behavior in real and virtual environments*, “Frontiers in Robotics and AI”, no. 3 (Suppl.).

Kinsey M.J., Galea E.R., Lawrence P.J., (2009), *Investigating the use of elevators for high-rise building evacuation through computer simulation*, In 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire 2009: Conference Proceedings. Interscience Communications Ltd., London, UK, pp. 85–96.

Kinsey M.J., Galea E.R., Lawrence P.J., (2012), *Modelling Human Factors And Evacuation Lift Dispatch Strategies*, In Proceedings of the 5th International Symposium on Human Behaviour in Fire 2012, Interscience Communication Ltd., Cambridge (UK), pp. 386–397.

Klote J.H., (1983), *Elevators as a means of fire escape*, “American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Transactions”, report no. 82-2507, vol. 89, iss. 2.

Klote J.H., Deal S.P., Donoghue B., Levin B.M., Groner N.E., (1993), *Fire Evacuation by Elevators*, “Elevator World”, report no. 983, vol. 41, iss. 6.

Klote J.H., Deal S.P., Levin B.M., Groner N.E., Donoghue E.A., (1992a), *Workshop on Elevator use during fires*, vol. 3, NISTIR 4993, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J., (2010a), *Exit choice, (pre-) movement time and (pre-) evacuation behaviour in hotel fire evacuation – Behavioural analysis and validation of the use of serious gaming in experimental research*, “Procedia Engineering”, no. 3, pp. 37–51.

Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J.G., (2010b), *Building safety and human behaviour in fire: a literature review*, “Fire Safety Journal”, vol. 45, iss. 1, pp. 1–11.

Koo J., Kim Y.S., Kim B.-I. (2012), *Estimating the impact of residents with disabilities on the evacuation in a high-rise building: a simulation study*, “Simulation Modelling Practice and Theory” no. 24, pp. 71–83.

Kosiński R., Grabowski A., (2013), *Matematyczne modelowanie i badania symulacyjne zachowania się ludzi podczas ewakuacji z budynków*, „Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka”, nr 1, ss. 20–25.

Kuligowski E.D., (2013), *Predicting human behavior during fires*, “Fire Technology”, vol. 49, pp. 101–120.

Kuligowski E.D., Bukowski R.W., (2004), *Design of occupant egress systems for tall buildings, use of elevators in fires and other emergencies workshop*, In Proceedings, 2–4 March 2004, Co-sponsored by American Society of Mechanical Engineers (ASME International); National Institute of Standards and Technology (NIST); International Code Council (ICC); National Fire Protection Association (NFPA); U.S. Access Board and International Assn of Fire Fighters (IAFF). Atlanta, GA, 1–12.

Langston, P.A., Masling, R., and Asmar, B.N., (2006), *Crowd dynamics discrete element multi-circle model*, “Safety Science”, vol. 44, iss. 5, pp. 395–417.

Mansor H., Hamid Y.S., Suliman N.H., Ahmad N., Hamzah N., (2019), *Evacuation egress in high rise building: Review of the current design evacuation solution*, MATEC Web of Conferences, vol. 258.

Minegishi Y., (2021), *Experimental study of the walking behavior of crowds mixed with slow-speed pedestrians as an introductory study of elderly-mixed evacuation crowds*, “Fire Safety Journal”, vol. 120.

Ming Lo S., Will B.F., (1997), *A View To The Requirement Of Designated Refuge Floors In High-rise Buildings In Hong Kong*, “Fire Safety Science”, no. 5, pp. 737-745.

Nilsson D., Jönsson A., (2011), *Design of evacuation systems for elevator evacuation in high-rise buildings*, “Journal of Disaster Research”, vol. 6 no. 6, pp. 600–609.

Olenick S.M., Carpenter D.J., (2003), *Updated international survey of computer models for fire and smoke*, “Journal of Fire Protection Engineering”, vol. 13 iss. 2, pp. 87–110.

Pauls J., (1987), *Calculating evacuation times for tall buildings*, “Fire Safety Journal”, vol. 12, iss. 3, pp. 213–236.

Pauls J., (1994), *Vertical Evacuation in Large Buildings: Missed Opportunities for Research*, submission to “Disaster Management”, special issue edited by Tom Horlick Jones.

Pauls J.L., (2005), *Evacuation of Large High-Rise Buildings: Reassessing Procedures and Exit Stairway Requirements in Codes and Standards*, In Proceedings of the 7th Conference of the Council of Tall Buildings and Urban Habitat, New York, USA, pp.16–19.

Pauls J.L., Fruin J., Zupan J., (2005), *Minimum Stair Width for Evacuation, Overtaking Movement and Counterflow – Technical bases and suggestions for the past, present and future*, In Proceedings of the 3rd Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference, Springer-Verlag, Berlin, pp. 57–69.

Pauls J.L., Fruin J., Zupan J., Waldau, Gattermann, Knoflacher, Schreckenberger A., (2007), *Minimum Stair Width for Evacuation, Overtaking Movement and Counterflow: Technical bases and suggestions for the past, present and future*, In Proceedings of the 3rd Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference, Springer-Verlag, Berlin, pp. 57–69.

Pauls J.L., (1978), Calculating evacuation times for tall buildings. *Fire Safety J*, 12: 213–236.

Peacock R.D., Hoskins B.L., Kuligowski E.D., (2012), *Overall and local movement speeds during fire drill evacuations in buildings up to 31 stories*, “Safety Science”, vol. 50, iss. 8, pp. 1655–1664.

Peacock R.D., Reneke P.A., Kuligowski E.D., Hagwood C.R. (2017), *Movement on Stairs During Building Evacuations*, “Fire Technology”, vol. 53, iss. 2, pp. 845–871.

Proulx G, (2001), *High-rise evacuation: a questionable concept*, In Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire, Interscience Communication Ltd, Boston, USA, pp. 221–230.

Proulx G., (2002), *Movement of people: the evacuation timing*, [in:] DiNenno P.J., Drysdale D., Beyler C.L., Walton D.W., Custer R.L., Hall J.R., Watts J.M. (eds.), *SFPE handbook of fire protection engineering*, NFPA, Quincy, pp. 3:343–3:36631.

Proulx G., Reid M.A., (2006), *Occupant behaviour and evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire*, “Journal of Fire Protection Engineering”, vol. 16, iss. 4, pp. 283–309.

Proulx G., Heyes E., Hedman G., Averill J., Pauls J., McColl D., Johnson P., (2009), *The use of elevators for egress*, In Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire, Robinson College, Cambridge, UK, pp. 97–110.

Rogowski M., Prusiel J.A., (2019), *Budynek wysokościowy*, „Przegląd Budowlany”, nr 7–8.

Romano J., Arquitectos J.R., (2003), *Facade Emergency Exits Concept*, In Proceedings of the CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, CIB Publication no: 290, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 747–749.

Ronchi E., (2020), *Developing and validating evacuation models for fire safety engineering*, “Fire Safety Journal”, vol. 120, 103020

Ronchi E., Nilsson D., (2013), *Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research*, "Fire Science Reviews", vol. 2, art. no. 7.

Rusowicz A., Grzebielec A., Dorsz A., (2017), *Zastosowanie metod numerycznych w ocenie bezpieczeństwa ewakuacji – w przykładowym garażu podziemnym*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, nr 61, t. 1/(1), ss. 23–36.

Santos G., Benigno Aguirre E. (2004), *A Critical Review of Emergency Evacuation Simulation Models*, In Proceedings of the NIST Workshop on Building Occupant Movement during Fire Emergencies. Disaster Research Center, University of Delaware.

Shen-Wen C., Wei-Jou W., (2011), *A research of the elevator evacuation performance and strategies for Taipei 101 Financial Cente*, "Journal of Disaster Research", vol. 6, no. 6, pp. 581–590.

Shields T.J., Boyce K.E., McConnell N., (2009), *The behaviour and evacuation experiences of WTC 9/11 evacuees with self-designated mobility impairments*, "Fire Safety Journal", vol. 44, iss. 6, pp. 881–893.

Sime J.D., (1985), *Movement toward the familiar: person and place affiliation in a fireentrapment setting*, "Environment and Behaviour", vol. 17, iss. 6, pp. 697–724.

Smardz P., (2019), *Bezpieczeństwo pożarowe budynków drewnianych*, „Ochrona przeciwpożarowa”, nr 4.

Spearpoint M., MacLennan H.A., (2012), *The effect of an ageing and less fit population on the ability of people to egress buildings*, "Safety Science", vol. 50, iss. 8, pp. 1675–1684.

Tavares R.M., (2008), *Evacuation processes versus evacuation models: "Quo Vadimus"?*, "Fire Technology", vol. 45, pp. 419–430.

Tubbs J., Meacham B., (2009), *Selecting appropriate evacuation strategies for super tall buildings: Current challenges and needs*, In Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire. Robinson College, Cambridge, UK, pp. 41–50.

Tuśnio N., Wolny P., (2020), *Ewakuacja – propozycja zmian – warte rozważenia zmiany w przepisach dotyczących ewakuacji z budynków, w szczególności uwzględniające potrzeby osób z niepełnosprawnościami: pomocne doświadczenia krajów anglosaskich*, „Przegląd Pożarniczy”, nr 6, s. 21–23.

Watts J.M., (1987), *Computer models for evacuation analysis*, "Fire Safety Journal", vol. 12, pp. 237–245.

Werner T., Helbing D., (2003), *The social force pedestrian model applied to real life scenarios*, Pedestrian and Evacuation Dynamics 2003 – Proceedings of the Second International Conference, University of Greenwich, London, pp. 17–26.

Williamson B.J., Demirbilek N., (2010), *Use of lifts and refuge floors for fire evacuation in high rise apartment buildings*, In Proceedings of the 44th Annual Conference of the Architectural Science Association, ANZAScA 2010, Unitec Institute of Technology, Auckland, New Zealand.

Wong H.L.K., Hui M., Guo D., Luo M., (2005), *A Refined Concept on Emergency Evacuation by Lifts*, Proceedings of the Eighth International Symposium on Fire Safety Science, Beijing, China, pp. 599–610.

Wong K.H.L., Luo M.C., (2005), *Total Building Evacuation Strategy for High Rise Buildings*, [in:] Cheung Y.K., Chau K.W. (eds.), *Tall Buildings. From Engineering to Sustainability*, 6th International Conference on Tall Buildings, Mini Symposium on Sustainable Cities, Mini Symposium on Planning, Design and Socio-Economic Aspects of Tall Residential Living Environment, Hong Kong, China, pp. 1113–1120.

Wood A., Chow W.K., McGrail D., (2005), *The skybridge as an evacuation option for tall buildings for highrise cities in the Far East*, “Journal of Applied Fire Science”, vol. 13, iss. II, pp. 113–124.

Wood A., (2007), *Alternative Forms of Tall Building evacuation*, In Proceedings of: AEI/NIST Conference on High-Rise Building Egress, National Institute of Standards and Technology conference, ‘Symposium on High-Rise Building Egress’. McGraw-Hill Auditorium, New York, USA.

Wood A., (2003), *Pavements in the Sky: The use of the Skybridge in Tall Buildings*, In Proceedings of the CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, CIB Publication no:290, Kuala Lumpur, Malaysia.

Wood P.G., (1972), *The Behaviour of People in Fires*, “Fire Research Notes”, vol. 953.

Zhang J., Song W.G., Xu X., (2008), *Experiment and multi-grid modeling of evacuation from a classroom*, “Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications”, vol. 387 (23), pp. 5901–5909.

Netografia

Centralna Baza Orzeczeń Sądów Administracyjnych, II OSK 538/13 – Wyrok NSA, <https://orzeczenia.nsa.gov.pl/doc/B8DE4B3A13> (dostęp 05.05.2021).

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, *Wypracowanie i upowszechnienie, we współpracy z partnerami społecznymi, modelu wsparcia OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH w środowisku pracy* (poradniki w zakresie możliwości zatrudnienia osób niepełnosprawnych, w tym osób z niepełnosprawnością intelektualną, narządu ruchu, wzroku i słuchu), https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P47200210631538048624400 (dostęp 05.05.2021).

Christensen K., Sharifi S., Chen A., *Considering Individuals with Disabilities in Building Evacuation: Agent-Based Simulation Study*, https://www.researchgate.net/publication/284166529_Considering_Individuals_with_Disabilities_in_Building_Evacuation_Agent-Based_Simulation_Study (dostęp 05.05.2021).

HM Government, *Means of Escape for Disabled People*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/422202/9446_Means_of_Escape_v2_.pdf (dostęp 05.05.2021).

Materiały szkoleniowe w ramach Ogólnopolskiego Turnieju Wiedzy Pożarniczej, <https://docplayer.pl/3363361-Materiały-szkoleniowe-w-ramach-otwp-co-to-jest-pozar-pozarem-nazywamy-kazdy-przypadek-niekontrolowanego-procesu-spalania-materialow-palnych.html> (dostęp 05.05.2021).

Najwyższa Izba Kontroli, *Informacja o wynikach kontroli: Dostępność przestrzeni publicznej dla osób starszych i niepełnosprawnych.*, <http://niezaleznezycie.pl/wp-content/uploads/NIK-P-17-094-dostepnosc-przestrzeni-publicznej.pdf> (dostęp 05.05.2021).

National Disability Authority, *Promoting Safe Egress and Evacuation for People with Disabilities*, <https://www.accessibletourism.org/resources/accessible-egress-report.pdf> (dostęp 05.05.2021).

National Fire Protection Association, *Emergency Evacuation Planning Guide for People with Disabilities*, <https://www.nfpa.org/-/media/Files/Public-Education/By-topic/Disabilities/EvacuationGuidePDF.ashx?la=en> (dostęp 05.05.2021).

Moore W.D., Understanding private mode notification for health care facilities, <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/NFPA-Journal/2018/January-February-2018/In-Compliance/NFPA-72> (dostęp 05.05.2021).

Portal „Gmina Brzozów” Urzędu Miejskiego w Brzozowie, *Niepełnosprawność w liczbach*, <http://brzozow.pl/index.php/informacje-dla-osob-niepelnosprawnych/niepelnosprawnosc-w-liczbach/> (dostęp 05.05.2021).

U.S. Department of Homeland Security, *Active shooter. How to respond*, https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/active_shooter_booklet.pdf (dostęp 05.05.2021).

Wetchester Medical Center Health Network, *Standardized emergency color codes*, <https://www.margaretvillehosp.org/Uploads/public/documents/wp-content/uploads/2016/10/Emergency-Codes-2016.pdf> (dostęp 05.05.2021).

World Health Organization, *Disability and health*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health> (dostęp 05.05.2021).

Wolny P., *Dubai Torch Tower*, <https://www.ppoz.pl/index.php/ratownictwo-i-ochronaludnosci/2170-dubai-torch-tower> (dostęp 05.05.2021).

Wójciak J., (2017), *Systemy wentylacji pożarowej w budynkach, zakres stosowania, wymagania dla branży budowlanej/architektonicznej*, Prezentacja firmy Mercor, https://www.mpoia.pl/images/Szkolenia/mcr_edu_izba_J_Wojciak.pdf (dostęp 05.05.2021).

Wurzer G., Hinneberg H., Illera Ch., Swoboda S., Jonas A., *Architectural Patterns enabling Reconfigurable Exit Routes for Complex Buildings*, https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_180353.pdf (dostęp 05.01.2021).

Zatoński S., *Wykonanie ekspertyzy przeciwpożarowej obiektów Zakładów Teorii Medycyny Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach zlokalizowanych w Katowicach-Ligocie przy ul. Medyków 18, Załącznik nr 2 do zapytania ofertowego*, https://sum.edu.pl/images/bip/zapytania/3005116/_2_opis.docx (dostęp 05.01.2021).

Visual Journalism team, *Grenfell Tower: What happened*, BBC News, <https://www.bbc.com/news/uk-40301289> (dostęp 05.01.2021).

Zamajtys K., *Plan ewakuacji musi uwzględniać bezpieczeństwo niepełnosprawnych*, <https://www.prawo.pl/kadry/plan-ewakuacji-musi-uwzgledniac-bezpieczenstwo-niepelnosprawnych,188860.html> (dostęp 05.05.2021).

SPIs RYSUNKÓW

Rys. 1. Znak „Wyjście ewakuacyjne” oraz „Drzwi ewakuacyjne”	23
Rys. 2. Znaki ochrony ppoż., kolejno: przenośny aplikator piany, aplikator mgły wodnej, stacjonarna instalacja przeciwpożarowa, stacjonarna butla gaśnicza, stanowisko zdalnego uwalniania i monitor pożarowy	24
Rys. 3. Znaki „gaśnica” starego i nowego typu.....	25
Rys. 4. Znaki ewakuacyjne – kolejno: przekręcić, aby otworzyć (w lewo/w prawo), pchać z lewej/prawej strony aby otworzyć, ciągnąć z lewej/prawej strony, aby otworzyć oraz ciągnąć, aby otworzyć/pchać, aby otworzyć	26
Rys. 5. Wyniki kontroli NIK w zakresie przygotowania obiektu na ewakuację osób z niepełnosprawnościami.....	49
Rys. 6. Przykładowe oznakowanie wyjścia ewakuacyjnego (zawiera tekst wypukły i alfabet Braille’a)	50
Rys. 7. Przykładowa lokalizacja i oznakowanie wózka ewakuacyjnego.....	53
Rys. 8. Przykładowe oznakowania schodów i poręczy pod kątem potrzeb osób niewidomych i niedowidzących.....	54
Rys. 9. Ćwiczenia z zakresu praktycznego zastosowania wybranego sprzętu służącego do usprawnienia ewakuacji osób niechodzących (SGSP, Warszawa 2019)	55
Rys. 10. Efekt filtrowania dźwięku w funkcji przenoszenia związany z percepcją człowieka	60
Rys. 11. Uprozczone schematy składowych czasów ewakuacji oraz związki między tymi czasami (po lewej – sytuacja bezpieczna, po prawej – wymagająca podjęcia działań korygujących).....	69
Rys. 12. Scenariusz 1 symulacji ewakuacji w obiekcie handlowo-usługowym	80
Rys. 13. Wyniki symulacji dla poszczególnych scenariuszy ewakuacji po czasie 57 s.....	81
Rys. 14. Wykres słupkowy z porównaniem czasów ewakuacji WCBE według scenariuszy 1–4	81
Rys. 15. Schemat ideowy zastosowania DES w praktyce	88
Rys. 16. Koncepcja oznakowania na lotnisku – „idź tylko po zielonej ścieżce”	88
Rys. 17. Rozwiązania oznakowania w dynamicznych systemach ewakuacji.....	89
Rys. 19. Obszary chronione zgodnie z NFPA 13R	90
Rys. 20. Ewakuacyjny system linowy stosowany w hotelach w Korei Południowej	123
Rys. 21. Możliwości ewakuacji z budynku:	124
Rys. 22. Pierwszy pożar Torch Tower, 2015.....	135
Rys. 23. Drugi pożar Torch Tower, 2017	136
Rys. 24. Sekwencja rozwoju pożaru wieżowca Grenfell Tower, 2017	141

SPIS TABEL

Tabela 1. Zestawienie wymogów dotyczących napowietrzania i oddymienia	30
Tabela 2. Program szkolenia w zakresie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami.....	62
Tabela 3. Modele ewakuacyjne zestawione w ramach programu DIFISEK+	71
Tabela 4. Modele ewakuacyjne zestawione w ramach [Kuligowski i in., 2010].....	73
Tabela 5. Lista prób testowych	83
Tabela 6. Czasy reakcji na alarm ewakuacyjny w zależności od sposobu ogłoszenia i miejsca	98
Tabela 7. Oszacowanie czasu ewakuacji z wybranego obiektu edukacyjnego.....	99

STRESZCZENIE

Monografia porusza problematykę nagłej konieczności opuszczenia budynku ze względu na pojawiające się w nim zagrożenia życia lub zdrowia ludzi. Choć problem można scharakteryzować jednym zdaniem, to związany jest on z wieloma różnymi aspektami.

W każdym kraju, o nawet minimalnej kulturze ratowniczej, występują (przynajmniej teoretycznie) przepisy regulujące zagadnienie ewakuacji tak wprost, jak i pośrednio. Są to zazwyczaj: zasady i sposoby postępowania przy ewakuacjach, wymogi dotyczące konstrukcji budynków oraz – przy bardziej skomplikowanych ich strukturach – narzędzia wspierające, takie jak techniczne systemy zabezpieczeń, detekcja i alarmowanie, stałe i pólstałe urządzenia gaśnicze oraz wentylacja pożarowa.

W Polsce wymogi te są sprecyzowane przez ustawy, rozporządzenia, normy (niektóre są rekomendowane, ale nie wymagane), wytyczne firm ubezpieczeniowych i instytutów naukowo-badawczych, takich jak np. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy Instytut Badawczy. Na ich podstawie dla większości budynków, poza mieszkalnymi (kategoria zagrożenia ludzi ZL IV), musi powstać instrukcja bezpieczeństwa pożarowego, z którą powinien zapoznać się każdy stały użytkownik obiektu. Praktyczna weryfikacja zdolności danej organizacji do przeprowadzenia sprawnej i bezpiecznej ewakuacji odbywa się co dwa lata lub corocznie, w zależności od zapisów stosownego rozporządzenia. System wydaje się więc kompletny i domknięty.

W ocenie autora istnieją obszary, w których złożoność procesu, jakim jest ewakuacja, nie jest ujęta żadnymi szczegółowymi regulacjami, bądź potraktowana skrótowo, tak na etapie początkowym – czyli tworzenia przepisów, jak i końcowym – czyli sporządzania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego. Najczęściej dopiero etap końcowy uwidacznia obydwie te braki. Już sama nazwa instrukcji sugeruje, że opuszczenie budynku w jego części lub całości odbywa się tylko w przypadku zagrożenia pożarem, w ogóle nie uwzględniając np. zagrożeń terroryzmem lub znajdujących się w bezpośredniej odległości od budynku niewybuchów z okresu II wojny światowej. Jednocześnie, nawet w przypadku zagrożeń pożarowych, w minimalnym stopniu zawarte są w przepisach, a zatem również w instrukcji, potrzeby osób z niepełno-sprawnościami i specyficzne wymogi ich dotyczące.

Takich obszarów jest więcej. By je wykazać, w monografii omówiono wszystkie zagadnienia ewakuacji, jakie istnieją w polskich rozwiązaniach prawnych i ich konsekwencje. Zatem, obejmuje zarówno techniczne, jak i formalno-prawne aspekty ewakuacji. Dalej są omówione rzadko w naszym kraju wspomniane aspekty psychologiczne oraz przykłady rozwiązań, które mogłyby być z powodzeniem wdrożone (a część z nich już funkcjonuje) w obecnej polskiej konstrukcji prawnej, które są efektem niestandardowego podejścia do problemu. Podstawą analiz porównawczych są rozwiązania anglosaskie, które – w przypadku ewakuacji osób z niepełnosprawnościami – mogą być cenną wskazówką do zmiany sposobu myślenia o takiej ewakuacji jako procesie odbywającym się pod wpływem silnego stresu.

SUMMARY

The monograph deals with the issue of a sudden need to leave the building due to threats to human life or health. Although the problem can be summed up in one sentence, it involves many different aspects.

In every country with even a minimal rescue culture there are (at least theoretically) regulations regulating the issue of evacuation both directly and indirectly. These are usually: rules and procedures for evacuation, requirements for the construction of buildings and, for more complex structures, supporting tools, such as technical security systems, detection and alarming, fixed and semi-permanent firefighting devices and fire ventilation.

In Poland, these requirements are specified by laws, regulations, standards (some are recommended, but not required), guidelines of insurance companies and research institutes, such as, for example, the Scientific and Research Center for Fire Protection – National Research Institute. On their basis, for most non-residential buildings (human risk category ZL IV), a fire safety instruction must be prepared, which must be read by every regular user of the facility. Practical verification of the organization's ability to carry out efficient and safe evacuation takes place every two years or annually, depending on the provisions of the relevant regulation. So the system seems complete and closed.

In the author's opinion, there are areas in which the complexity of the process, such as evacuation, is not covered by any detailed regulations, or treated briefly at the initial stage, i.e. creating regulations, and at the final stage, i.e. preparing fire safety instructions. Usually, only the final stage reveals both of these shortcomings. The very name of the instruction suggests that leaving the building, in part or in its entirety, takes place only in the event of a fire risk, without taking into account, for example, threats of terrorism or unexploded ordnance from the Second World War. At the same time, even in the case of fire hazards, the needs of people with disabilities and their specific requirements are treated to a minimum extent in the regulations, and therefore also in the manual.

There are more such areas. To demonstrate them, the monograph discusses all the issues of evacuation that exist in Polish legal solutions and their consequences. Thus, it covers both technical and formal and legal aspects of evacuation. Next, the psychological aspects and examples of solutions that could be successfully implemented (and some of them already exist) are discussed in the current Polish legal structure, which are the result of a non-standard approach to the problem. The basis for comparative analyzes are Anglo-Saxon solutions, which in the case of the evacuation of people with disabilities may be a valuable hint to change the way of thinking about evacuation as a process taking place under the influence of strong stress.