

mgr inż. **Lukasz Choluj**

Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru

i Automatyki Pożarniczej – BA

CNBOP- PIB

## **BEZPIECZNA EWAKUACJA A ZAŁOŻENIA SCENARIUSZA POŻAROWEGO**

### **Safe evacuation and established fire scenario**

#### **Streszczenie**

W artykule określono bezpieczne warunki ewakuacji wynikających z założeń scenariusza pożarowego. Zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji wynika z zależności wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji (WCBE) do dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji (DCBE). DCBE jest to czas od momentu powstania pożaru do chwili, po której warunki panujące w budynku stają się krytyczne dla jego użytkowników. WCBE jest to czas od powstania pożaru do momentu, po którym wszystkie osoby są w stanie opuścić bezpiecznie budynek. Na WCBE składają się czasy: detekcji pożaru, zaalarmowania, rozpoznania sytuacji, reakcji na zdarzenia oraz czas przemieszczania się ewakuowanych osób. Scenariusz pożarowy zakłada II stopniowy sposób alarmowania zgodny z przepisami Polskiego prawa [6]. Należy podkreślić, że zastosowane systemy przeciwpożarowe służące zagwarantowaniu bezpiecznych warunków ewakuacji powinny załączać się w jak najkrótszym czasie od momentu wykrycia pożaru.

#### **Summary**

The article described safe evacuation conditions resulting from the established fire scenario. Safe evacuation conditions result from the relationship of the required safe evacuation time (RSET) to the available safety evacuation time (ASET). ASET is the period from the outbreak of fire until the time when conditions in the building become critical to its occupants. RSET is the period of time from the outbreak of fire until the moment when all of the occupants are able to safely exit the building. RSET consists of several periods: fire detection, sounding of alarm, assessment of the situation, response time to the events as well as the time to physically moves. Fire scenario establishes a two stage alarm process, in accordance with requirements of Polish law [6]. It should be emphasized that fire protection systems utilized to ensure safe evacuation conditions should activate as soon as possible immediately upon fire protection.

**Słowa kluczowe:** ewakuacja, scenariusz pożarowy, dostępny i wymagany czas bezpiecznej ewakuacji;

**Keywords:** evacuation, fire scenario, available and required safety evacuation time;

Ideą inżynierii bezpieczeństwa pożarowego jest projektowanie i budowanie bezpiecznych budynków. W procesie planowania przedsięwzięcia budowlanego ważnym elementem są warunki ewakuacji. Wymagania techniczne, jakie stawia się drogom ewakuacyjnym zapewniają przeprowadzenie bezpiecznej ewakuacji ludzi na zewnątrz budynku lub do innej strefy pożarowej. Jednakże podczas pożaru oprócz wymagań technicznych wiodącym czynnikiem stają się procedury współdziałania zastosowanych urządzeń i systemów przeciwpożarowych, dzięki którym tworzy się możliwość opuszczenia osób z budynku bez narażania ich na oddziaływanie ognia oraz produktów spalania powstałych podczas pożaru.

Ewakuacja powinna być z założenia zorganizowanym przemieszczaniem się ludzi do bezpiecznego miejsca w przypadku powstania pożaru lub innego niebezpieczeństwa. Zapanowanie na ludzkimi zachowaniami jest możliwe dzięki założeniu najbardziej optymalnego scenariusza zadziałania urządzeń i systemów przeciwpożarowych. Przyjęte zasady współdziałania mają wskazać osobom przebywającym w budynku bezpieczną drogę ewakuacji z zagrożonej strefy. [1] [10]

Celem scenariusza zdarzeń w przypadku powstania pożaru w budynku, jest określenie takich wytycznych, aby każde zdarzenie określane jako pożar, zaistniałe w obiekcie skutkowało automatycznym lub ręcznym uruchomieniem odpowiednich procesów zadziałania i współdziałania systemów oraz urządzeń przeciwpożarowych. Poprawnie dobrane procedury umożliwiają uzyskanie najwyższego, możliwego do osiągnięcia w zaistniałej sytuacji stanu bezpieczeństwa pożarowego przebywających w budynku ludzi.

Scenariusz pożarowy opracowuje się w celu właściwego doboru współdziałania urządzeń i systemów przeciwpożarowych w odniesieniu do możliwych sytuacji pożarowych. Jednocześnie jest pomocny na etapie planowania działań ratowniczo-gaśniczych jednostek PSP w przypadku powstania pożaru.

Możliwość bezpiecznej ewakuacji podczas pożaru stanowi priorytet działań w zakresie ochrony przeciwpożarowej. W celu zapewnienia bezpiecznych warunków ewakuacji niezbędne

jest przeanalizowanie zależności dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji do wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji.

### Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji – DCBE [5]

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji DCBE jest czasem, po którym warunki panujące w budynku lub rozpatrywanej jego części stają się krytyczne dla użytkowników. DCBE jest określany przez parametr, który jako pierwszy osiągnie wartość uznawaną za zagrażającą życiu lub zdrowiu człowieka. Parametrami tymi mogą być:

- przekroczenie wartości temperatury lub strumieni promieniowania ciepłego,
- utrata widzialności podświetlanych znaków ewakuacyjnych,
- grubość podsufitowej warstwy dymu,
- przekroczenie wartości stężenia gazów toksycznych.

W poniższej tabeli przedstawiono wartości graniczne po przekroczeniu, których następuje zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego.

Tabela 1.

### Wartości graniczne czynników otoczenia ważnych dla życia i zdrowia człowieka [2] [5]

Table 1.

#### Environmental factors limits important for human life and health [2] [5]

<b>Parametr</b> <b>Parameters</b>	<b>Wartość graniczna</b> <b>The limit</b>
Temperatura powietrza	< 60 <sup>0</sup> C
Widzialność	> 10 m
Wysokość przestrzeni wolnej od dymu	> 1,8 m
Koncentracja CO	< 700 ppm
Koncentracja CO <sub>2</sub>	< 5%obj.
Zawartość tlenu	> 14%obj.

Uszkodzenie konstrukcji powoduje zagrożenie dla ewakuujących się osób. Parametrami mającymi wpływ na parametr DCBE są:

- wzrost temperatury,
- utrata parametrów ognioodporności przez elementy budowlane.

Do określenia dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji, należy uwzględnić jakiej klasy odporności ogniowej elementy konstrukcyjne zastosowano w budynku. Moc pożaru wpływa znacząco na zachowanie się elementów konstrukcyjnych podczas pożaru. Wartość mocy pożaru zależy od rodzaju materiałów palnych występujących w danej przestrzeni. Oprócz tego ważne są przyjęte w budynku urządzenia i systemy przeciwpożarowe, które w znaczny sposób wpływają na zmniejszenie oddziaływania ognia oraz dodatkowo zmniejszają wpływ gorących gazów pożarowych na konstrukcję.

Zwiększenie DCBE można uzyskać poprzez zastosowanie technicznych systemów zabezpieczeń:

- wentylacja pożarowa- ma na celu ograniczenie skutków pożaru poprzez usunięcie dymu i ciepła wydzielonych podczas spalania na zewnątrz budynku, [3] [4]
- kurtyny dymowe- służące do gromadzenia gorących gazów i dymu w jednym zbiorniku dymowym oraz zapobiega migracji dymu do drugiego zbiornika, [7]
- klapy dymowe- grawitacyjne usuwanie dymu i gorących gazów na zewnątrz obiektu budowlanego, [8]
- oddzielenia przeciwpożarowe - zatrzymanie pożaru w obrębie jednej strefy, [9]
- stałe instalacje gaśnicze wodne - ogranicza szybkość rozwoju pożaru, a tym samym oddziaływanie na konstrukcję budynku. [11]

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji można oszacować przy użyciu symulacji komputerowej. Modele komputerowe przeprowadzają dokładną analizę i ocenę warunków rozwoju pożaru, jego rozprzestrzeniania się z uwzględnieniem wpływu działania i współdziałania zaproponowanych technicznych systemów zabezpieczeń. Mogą służyć do obiektywnej oceny stopnia zagrożenia ludzi w czasie pożaru budynku.

Scenariusz pożarowy zakłada, że system sygnalizacji pożarowej pełni nadrzędną funkcję w stosunku do pozostałych instalacji i urządzeń. Centrala sygnalizacji pożarowej inicjuje następujące procedur ochrony budynku:

- otwarcie klapy dymowych i otworów napowietrzających,
- opuszczenie kurtyn dymowych,

- zamknięcie drzwi przeciwpożarowych na granicach stref pożarowych,
- zwolnienie kontroli dostępu,
- zjazd windy na poziom parteru,
- uruchomienie wentylacji przeciwpożarowej,
- uruchomienie dźwiękowego systemu ostrzegawczego,
- przekazanie sygnału alarmowego do stanowiska kierowania Państwowej Straży Pożarnej,
- monitorowanie stałych instalacji gaśniczych wodnych.

### Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji – WCBE [5]

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji WCBE jest czasem trwającym od początku powstania pożaru do momentu, w którym założona ilość osób zdoła się ewakuować w bezpieczne miejsce. WCBE wyznacza się ze wzoru: [2] [5]

$$WCBE = t_d + t_a + t_{rozp} + t_{reak} + t_p \quad (1)$$

gdzie:

$t_d$  - czas detekcji pożaru,

$t_a$  - czas zaalarmowania,

$t_{rozp}$  - czas rozpoznania sytuacji,

$t_{reak}$  - czas reakcji na zdarzenie,

$t_p$  - czas przemieszczania się ewakuowanych osób.

W celu wyznaczenia wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji przyjmuje się następujące założenia:

1. Do określenia właściwego czasu przemieszczania się ewakuowanych osób, należy przyjąć najmniej korzystne warunki np. ewakuacja z pomieszczeń, gdzie występuje największa liczba osób lub z pomieszczeń najdalej oddalonych od wyjścia ewakuacyjnego. Przy określaniu czasu przemieszczania się osób trzeba wziąć pod uwagę: liczbę osób, szerokość wyjść ewakuacyjnych, długość drogi ewakuacyjnej (maksymalna długość przejścia ewakuacyjnego), prędkość poruszania się osób po poziomej drodze ewakuacyjnej oraz jej szerokość. [9] Właściwy czas ewakuacji osób z budynku powinien zakładać równomierną ewakuację do wszystkich drzwi ewakuacyjnych (zachowanie co najmniej dwóch dróg ewakuacyjnych pozwala na

ewakuację zagrożonych osób w przeciwnym kierunku do wystąpienia zagrożenia – nie ogranicza się tym samym warunków ewakuacji). Czas przemieszczania się poszczególnych osób określono z dwóch zależności, z których do WCBE bierzemy czas najbardziej niesprzyjający ewakuacji, a mianowicie: [5]

$$t_p = \frac{N_a}{F * V} \quad (2)$$

gdzie:

$N_a$  – całkowita liczba ewakuowanych osób [os],

$F$  – szerokość wyjść ewakuacyjnych [m],

$V$  – prędkość poruszania się osób na drodze ewakuacyjnej [m/s],

$$t_p = \frac{L_{\max}}{V_p} \quad (3)$$

gdzie:

$L_{\max}$  – długość drogi ewakuacyjnej [m],

$V_p$  – prędkość ewakuujących się osób [m/s].

2. Detekcja pożaru zależna jest od poprawnego doboru czujki pożarowej w stosunku do wysokości pomieszczenia, rodzaju składowanych materiałów palnych, prawdopodobny rozwój pożaru w początkowej fazie, geometrii pomieszczenia oraz warunków środowiskowych otoczenia, w której pracuje detektor pożarowy. Różne czujki w różnym czasie i stopniu wykryją dane spalanie np. czujki dymu nie będą wykrywały spalania, któremu towarzyszy emisja energii w postaci promieniowania elektromagnetycznego w zakresach spektrum ultrafioletu jak i podczerwieni. Natomiast materiały, których spalaniu towarzyszy intensywne wydzielanie ciepła bez dymu będą wykrywane przez punktowe czujki ciepła. Wykorzystanie ręcznych ostrzegaczy pożarowych powoduje wystawienie alarmu II-go stopnia bez zwłoki czasowej.
3. Klasyczne II stopniowe zadziałanie alarmu pożarowego. Wykrycie pożaru przez jedną czujkę pożarową powoduje wejście centrali sygnalizacji pożarowej w alarm I-go stopnia. Po wejściu centrali w alarm I-go stopnia personel obsługujący centralę ma czas 60 sekund (czas maksymalny można wydłużyć do 120 s) na potwierdzenie tego alarmu. W przypadku nie potwierdzenia alarmu centrala przechodzi bezpośrednio w alarm II-go stopnia. Potwierdzenie alarmu I-go stopnia w czasie 60 sekund przez personel obsługujący centralę

powoduje przejście centrali w stan oczekiwania, który pozwala personelowi dokonać sprawdzenia występowania pożaru w budynku. Personel zazwyczaj w czasie nie dłuższym niż 180 s (czas maksymalnie można wydłużyć licząc do 10 minut pomniejszony o czas zarezerwowany na potwierdzenie alarmu I-go stopnia przez obsługę) powinien zlokalizować ewentualny pożar lub potwierdzić, że alarm był fałszywy kasując alarm na centrali. Lokalizację pożaru bardzo często ułatwia zastosowany w budynku system wizualizacji, który dokładnie określa miejsce powstania pożaru. W przypadku zlokalizowania pożaru personel dokonujący sprawdzenia powinien wcisnąć najbliższy ręczny ostrzegacz pożarowy (ROP) w celu skrócenia do minimum czasu na rozpoznanie, co spowoduje wejście centrali sygnalizacji pożarowej w alarm II-go stopnia. [6]

4. Czas rozpoznania sytuacji zależy od miejsca lokalizacji pożaru i jego zauważenia przez osobę znajdującą się w budynku. Czas zależny jest od: ilości stref pożarowych występujących w danym budynku, układu pomieszczeń np. czy występują tzw. open space, magazyny czy pomieszczenia biurowe. Szybsza lokalizacja miejsca pożaru ma miejsce w budynku z jedną strefą pożarową w układzie open space niż kilku kondygnacyjnym budynku biurowym z kilkoma strefami pożarowymi.
5. Czas podjęcia decyzji o ewakuacji w znaczący sposób zależy od szybkości zauważenia spalania, ponieważ szybciej zostanie zauważone spalanie bezpłomieniowe niż płomieniowe. Spalanie płomieniowe lub bezpłomieniowe zależy od rodzaju spalnego materiału (ciepła spalania, szybkości rozkładu termicznego, ilości materiału), temperatury otoczenia, stężenia tlenu oraz warunki instalacyjno- sanitarne w których rozwinął się pożar. Szybka reakcja ludzi na zdarzenie skraca wymagany czas bezpiecznej ewakuacji.

Oszacowany czas bezpiecznej ewakuacji powinien być sumą przyjętych założeń. W założonym czasie wszystkie osoby powinny opuścić obiekt lub przemieścić się do innej bezpiecznej strefy pożarowej, a warunki panujące podczas pożaru nie powinny mieć wpływu na ich ewakuację.

Warunkiem uznania ewakuacji za bezpieczną, jest spełnienie kryterium wyrażonego zależnością: [2] [5]

$$DCBE - WCBE \geq 0 \quad (4)$$

Z powyższego założenia wynika, że dostępny czas bezpiecznej ewakuacji powinien być większy lub równy wymaganemu czasowi bezpiecznej ewakuacji, aby wszystkie osoby były w stanie opuścić budynek przed wystąpieniem czynników krytycznych dla ewakuacji.

Jeżeli natomiast różnica ta przyjmie postać: [2] [5]

$$DCBE - WCBE < 0 \quad (5)$$

to oznaczać będzie to narażenie użytkowników budynku na warunki zagrażające ich zdrowiu lub życiu. Wynik taki jest nie do przyjęcia i należy podjąć czynności w celu uzyskania dodatniego wyniku różnicy DCBE i WCBE. Dodatkowo równanie (6) określa konieczność usprawnienie zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych lub zastosowanie dodatkowych systemów, które mogą wpłynąć na polepszenie warunków ewakuacji ludzi z budynku.

W obecnych czasach dynamicznie rozwijają się programy do oceny przyjętych rozwiązań i zabezpieczeń. Komputerowe modele dostarczają szybkich i bardzo precyzyjnych danych szacunkowych pożaru potrzebnych do podjęcia kroków mających na celu zapobieganie lub kontrolowanie pożaru. Symulacje komputerowe pokazują, jak zaproponowane rozwiązania sprawdzają się w praktyce. Wizualizacja zachodzących zjawisk i działania zabezpieczeń jest odzwierciedleniem realnych warunków panujących podczas pożaru, dzięki wykorzystaniu inżynierskich metod obliczeniowych w programie przekładających się na poprawę bezpieczeństwa ludzi. Symulacje komputerowe w znaczący sposób wspomagają proces oceny scenariuszy pożarowych oraz związanych z tym obliczeń wybranych parametrów pożaru.

Występują również symulatory ewakuacji ludzi, w których to każda osoba występująca w zagrożonym budynku może być indywidualnie zdefiniowana poprzez przypisanie szeregu odrębnych cech wpływających na jej ruchy i decyzje (niezależnie od innych jednostek podczas ewakuacji). Definiowalne cechy osób znajdujących się w budynku z łatwością pozwalają na porównywanie różnych wariantów ewakuacji oraz pomagają na obliczenie najkrótszego czasu, po którym wszystkie osoby są w stanie bezpiecznie opuścić budynek.

## **Podsumowanie i wnioski**

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji jest zależny od ustaleń wynikających z normy [6]. Odpowiednio dobrane czasy alarmowania wynikające z ustaleń scenariusza pożaru pozwalają na szybkie wysterowanie systemów przeciwpożarowych jak i powiadomieniem jednostek ratowniczo- gaśniczych. System sygnalizacji pożarowej pełni najważniejszą rolę bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie. Podsumowując pracę nasuwa się wniosek, że zastosowane systemy przeciwpożarowe służące zagwarantowaniu bezpiecznych warunków ewakuacji powinny załączać się w jak najkrótszym czasie od momentu wykrycia pożaru, ponieważ wczesne



zadziałanie systemów umożliwi zakończenie ewakuacji przed wystąpieniem czynników krytycznych.

## Literatura

1. Fiszer F., Hetmann A., Markiewicz D., *Bezpieczny budynek*, TOM 2, Poznań czerwiec 2011.
2. Izba Rzecznawców SITP, Instytut Techniki Budowlanej, Podręcznik projektanta systemów sygnalizacji pożaru, *Część I i II*, [w:] *Działanie instalacji przeciwpożarowej wynikającej z założeń scenariusz pożarowego*, Warszawa czerwiec 2010.
3. Mizieliński B., *System oddymiania budynków- wentylacja*, Wydawnictwo naukowo techniczne, Warszawa 1999.
4. Mizieliński B., Wolanin J., *Kondygnacyjny system oddymiania budynków*, Warszawa 2006.
5. Skulich J., *Procedury* [w:] Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, *Biuro Rozpoznawania Zagrożeń*, Warszawa październik 2008.
6. PKN-CEN-TS 54- 14 System sygnalizacji pożarowej.
7. PN-EN 12101-1 Systemu kontroli i rozprzestrzeniania się dymu i ciepła- Część 1 Wymagania techniczne dotyczące kurtyn dymowych, czerwiec 2007.
8. PN-EN 12101-2 Systemu kontroli i rozprzestrzeniania się dymu i ciepła- Część 2 Wymagania techniczne dotyczące klap dymowych, czerwiec 2005.
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (Dz. U. nr 75 poz. 690 z późn. zm.).
10. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów z dnia 7 czerwca 2010 r. (Dz.U. 2010 nr 109 poz. 719).
11. VdS CEA 4001:2003-01 Urządzenia tryskaczowe Wytyczne projektowania i instalowania, Józefów 2004.

## Równania

1. Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji

2. Czas przemieszczania się ewakuujących osób
3. Czas przemieszczania się ewakuujących osób
4. Warunek uznania ewakuacji za bezpieczną
5. Warunek uznania ewakuacji za niebezpieczną

**mgr inż. Łukasz Chołuj-** W 2012 ukończył Szkołę Główną Służby Pożarniczej. W trakcie studiów pracował jako inspektor ds. ochrony przeciwpożarowej oraz jako projektant systemów przeciwpożarowych. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej - PIB w Zespole Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej – BA.

**Recenzenci:**

**dr inż. Waldemar Wnęk**

**st kpt. mgr inż. Rafał Porowski**