

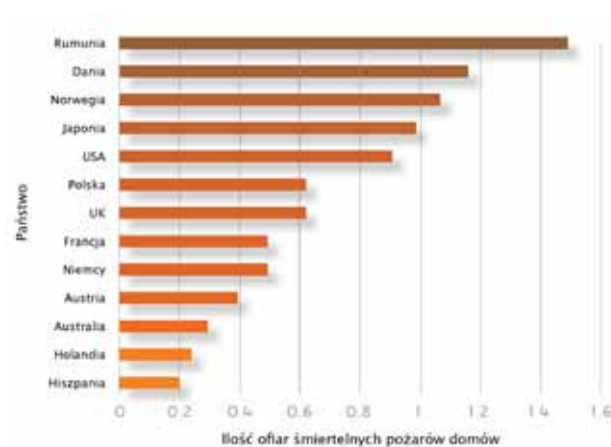
PRZEWODNIK OGNIOWY PU Europe

BEZPIECZEŃSTWO OGNIOWE W BUDYNKACH

➤ CELE BEZPIECZEŃSTWA OGNIOWEGO

Mówiąc o bezpieczeństwie ogniowym budynków, do osiągnięcia jest kilka kluczowych celów. Podstawowym celem jest oczywiście zapobieganie utracie życia przez mieszkańców oraz strażaków. Kolejne cele to ograniczenie zniszczenia mienia [1] i ochrona środowiska.

Ocena bezpieczeństwa ogniowego identyfikuje warunki konieczne do osiągnięcia celów oraz poszukuje zbilansowania ryzyka. Jednakże, aby to osiągnąć niezbędne jest zrozumienie różnych czynników, które będą wpływać na wyniki końcowe w razie pożaru. Na tej podstawie można zdecydować, czy ocena winna skupić się na materiałach, produktach czy może na systemie albo kombinacji tych czynników.



Wykres 1: Porównanie międzynarodowe ilości ofiar pożarów „domowych” na 100 000 mieszkańców w danym kraju (średniorocznie na przestrzeni kilku lat) [2]

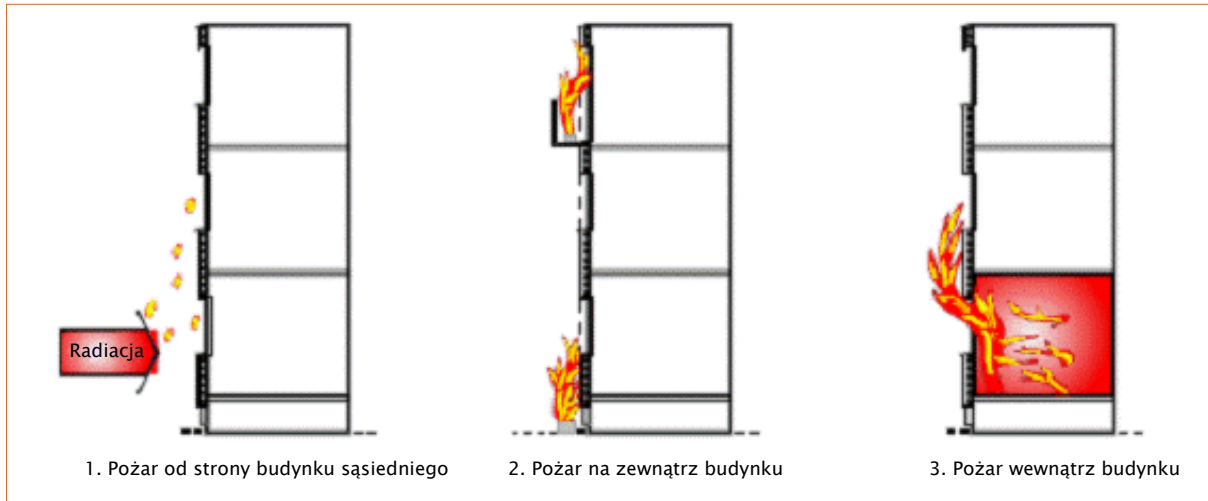
OCENA RYZYKA

- Czy produkt może być prawdopodobnym źródłem zapłonu?
- Czy produkt może być prawdopodobnym wtórnym źródłem zapłonu?
- Czy produkt stanowi potencjalne źródło paliwa nawet, jeśli nie będzie pierwotnym ani wtórnym źródłem zapłonu?
- Jaka jest potencjalna droga przyczyniania się do udziału w ryzyku (zagrożeniu)?
- Jak blisko są mieszkańcy i/lub krytyczne wyposażenie od miejsca powstania ognia?

To, czy ocena skupia się na materiałach, produkcie czy systemie jest określone w badaniu ryzyka.

¹ Broszura Isopa: *Zachowanie poliuretanowych (PUR) materiałów budowlanych w czasie pożaru (ang. Performance of polyurethane PUR building products in fires).*

² Dr rer. nat. Georg Ple Pleß (Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt na podstawie statystyk Światowej Organizacji Zdrowia), Ständige Konferenz der Innenminister und -Senatoren der Länder, Forschungsbericht Nr. 145 (część 1)



Rysunek 1: Zewnętrzne mechanizmy rozprzestrzeniania się ognia na fasadach (Kothoff, 2004)

Metody badawcze mogą pomóc w określeniu zachowania się produktu w przypadku pożaru. Wymogiem do spełnienia, aby ocena była ważna, jest konieczność zapewnienia, by wynik testu ogniowego dawał podstawy do oceny z uwzględnieniem określonych scenariuszy pożarowych.

➤ SCENARIUSZE POŻAROWE

Pożary mogą być spowodowane i rozwijać się na wiele sposobów, w zależności od ilości czynników, jak na przykład:

- Rodzaj, intensywność i umiejscowienie źródła zapłonu (zob. przykład na [Rysunku 1](#))
- Przedmioty pierwotnego i wtórnego zapłonu
- Droga rozwoju ognia
- Gęstość obciążenia ogniowego
- Rodzaj i rozmiar budynku / pomieszczenia
- Uwarunkowania związane z wentylacją
- Dostępność pasywnych (podział pomieszczeń, drzwi/ściany ogniowe czy przewietrzenia naturalne) i aktywnych (detektory dymu, systemy zraszaczy, interwencje straży pożarnej) środków ochrony
- Stopień obudowy

Zrozumienie, w jaki sposób dana konstrukcja będzie zachowywać się w



Badanie ogniowe dachu płaskiego na podłożu stalowym zgodnie z DIN 18234, Niemcy



Pożar budynku mieszkalnego w miejscowości Irvine (11 czerwca 1999)

przypadku zaistnienia scenariusza pożarowego stanowi istotny aspekt oceny bezpieczeństwa ogniowego. Osiem różnych scenariuszy pożarowych zostało określonych w pre-normatywnym programie badawczym UE, ukończonym w 1995r. [3]: mały i duży pokój, wnęka pionowa i pozioma, fasada, korytarz, klatka schodowa i dach. Wszystkie te scenariusze zakładają występowanie większego wtórnie zapalnego elementu.

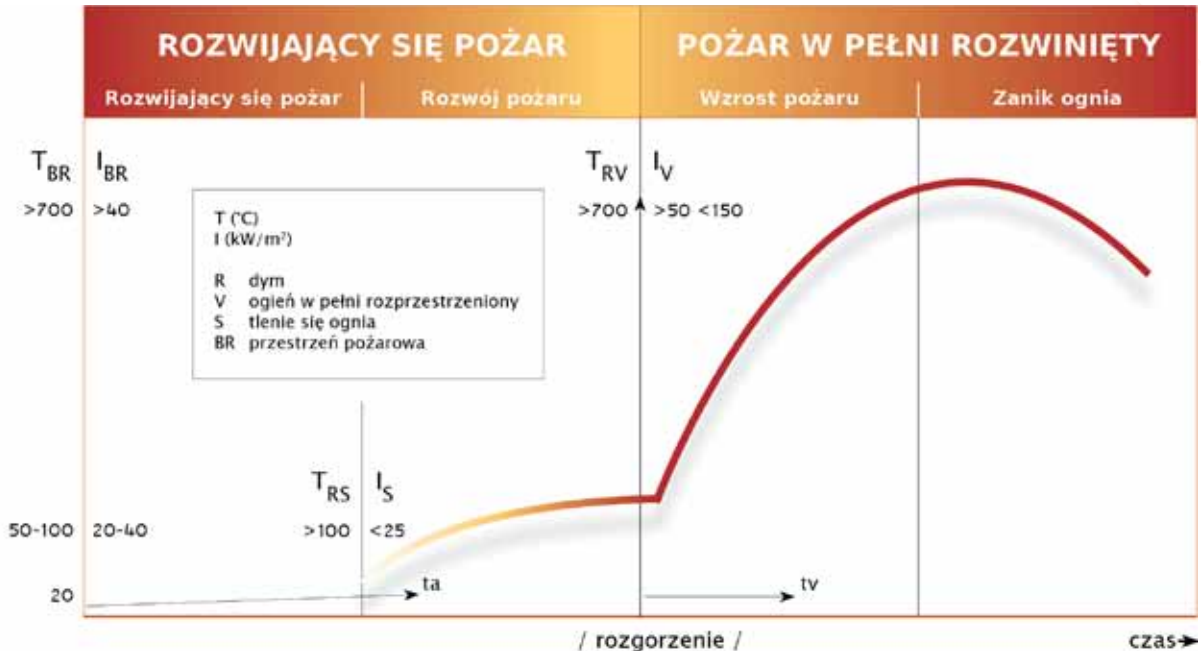
Test narożnikowy ISO 9705 został wybrany jako pierwszy scenariusz badawczy do symulacji pożaru w małym pomieszczeniu. Badanie to było pomocne przy rozwijaniu systemu Euroklasyfikacji, który powstał celem wystandaryzowania klasyfikacji produktów budowlanych, zwłaszcza w zakresie rozgorzenia. Jednakże, test narożnikowy został opracowany dla produktów wykończenia wnętrz, które są bezpośrednio narażone na działanie ognia. To doprowadziło do pewnej niekonsekwencji jeśli chodzi o izolację, ponieważ jest ona rzadko stosowana jako element wykończenia wnętrza, natomiast jest prawie zawsze stosowana w elemencie budynku za barierą ogniową (zobacz rozdział: **Europejskie standardy ogniowe i prawodawstwo krajowe**). Zostało to wzięte pod uwagę w normie dot. montażu i mocowania (EN 15715), co pozwala na testowanie pożaru w symulowanych zastosowaniach końcowych.

Koncepcja scenariuszy pożarowych jest szeroko wykorzystywana w inżynierii bezpieczeństwa ogniowego. Wybór prawidłowego scenariusza jest decydujący dla właściwej oceny ryzyka pożarowego oraz zagrożeń ogniowych. Scenariusz badania to badanie zastosowania końcowego wraz z rozwojem pożaru aż do jego późnego etapu, nawet do fazy niekontrolowanego rozprzestrzenienia się ognia. Stosowanie specjalnych testów zastosowania jest coraz powszechniejsze w krajach UE w celu potwierdzenia, że określone zachowanie produktu jest zgodne z poziomem bezpieczeństwa ogniowego wymaganego w danym kraju (włączając w to badania zastosowania końcowego). Przykłady obejmują badania fasad i izolowanych dachów stalowych.

➤ ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ OGNI W WEWNĘTRZNEGO

Są cztery kluczowe fazy rozwoju pożaru w budynku:

- Zapłon



Rysunek 2: Rozwój pożaru w pomieszczeniach

- Wzrost
- Pożar w pełni rozwinięty
- Zanik

Początkowo, do zaistnienia zapłonu potrzebne są: źródło ciepła, paliwo i tlen. Jak tylko płomień się rozprzestrzeni i powstaną gorące gazy, temperatura w pokoju lub wydzielonym pomieszczeniu wzrasta. Pod warunkiem występowania wystarczającej ilości tlenu, pożar stopniowo wzrasta i zaczynają palić się inne źródła paliwa. Wraz z dodatkowymi źródłami paliwa, wzrasta ilość wydzielanego ciepła i od sufitu ku dołowi tworzy się warstwa gorącego gazu. Przy podłodze znajduje się warstwa chłodniejszego gazu i o ile pomieszczenie nie jest szczelne, niższe ciśnienie chłodniejszego gazu powoduje wymianę powietrza z zewnątrz dostarczając tlenu niezbędnego do podtrzymania rozwoju ognia. W fazie wzrostu, krytyczne znaczenie ma **reakcja na ogień** materiałów wystawionych na jego działanie określając, czy materiały te będą, czy też nie będą brały udziału w rozwijaniu się ognia; tutaj w grę wchodzi także czynniki, jak zdolność do samozapłonu, uwolnienia ciepła i rozprzestrzeniania płomieni.

³ A. Pinney: Aktualizacja europejskiego programu harmonizacji budownictwa, Konferencja "Uniepalniacze 96", 1996, s. 23-33 (ang.: Update on the European Construction Harmonisation Programme, Conference "Flame Retardants 96" 1996, s. 23-33)



Badanie ogniowe fasady

Przejście między wzrostem a w pełni rozwiniętym pożarem może być wyjątkowo gwałtowne, w zależności od obciążenia ogniowego. Międzynarodowe Centrum Szkoleń Pożarowych podaje następującą definicję tego mechanizmu: „W pożarze pomieszczenia może dojść do takiej fazy, kiedy całkowite promieniowanie cieplne pochodzące z płomieni ognia, gorących gazów i granic pomieszczenia spowoduje powstawanie palnych produktów pirolizy wszystkich nieosłoniętych palnych powierzchni w pomieszczeniu. Biorąc pod uwagę źródło zapłonu, będzie to prowadzić do gwałtownego i trwałego przejścia ognia do w pełni rozwiniętego pożaru. Określa się to mianem Rozgorzenia”. [4] Powszechnie uznaje się, że jeśli ogień osiągnie fazę rozgorzenia, szanse ucieczki dla mieszkańców w otoczeniu są znacznie mniejsze, ponieważ najczęstszą przyczyną śmierci w pożarze jest zaccadzenie dymem i oparami, które po rozgorzeniu emitowane są w znacznie większej skali.

Kiedy pożar jest w pełni rozwinięty, **powstrzymanie ognia** staje się kwestią najwyższej wagi, przez nośność, izolację i szczelnością ogniową, od których może zależeć stabilność budynku i zapobieganie dalszemu rozprzestrzenianiu się ognia.

W pełni rozwinięty pożar uwalnia maksymalne ilości energii, ale jest generalnie zależny od ilości dostępnego tlenu i jeżeli tlenu zaczyna brakować, a ogień strawił źródło paliwa, pożar przechodzi do fazy zaniku.

ROZWÓJ POŻARU NA ZEWNĄTRZ BUDYNKU

Na zewnętrznych powierzchniach poziomych i pionowych pożary rozwijają się różnie. Cztery kluczowe fazy pożaru mają zastosowanie, ale rozwój następuje w różnym stopniu oraz różne czynniki wpływają na pożar, jak np. oddziaływanie wiatru, otoczenie w postaci sąsiedztwa innych budynków, konstrukcja ściany czy dachu w tym rodzaj i materiał pokrycia zewnętrznego. Przepisy uwzględniają scenariusze pożaru fasady zewnętrznej, dlatego istnieją standardowe badania dotyczące tego zakresu, przykładowo dla fasad i dachów. Za istotne uważa się pionowe i poziome rozprzestrzenianie się płomieni oraz przejście ognia do wnętrza budynku lub na inne jego poziomy, podczas, gdy rozgorzenie nie jest istotne tam, gdzie nie może dochodzić do tworzenia się gorącej warstwy płomieni ognia pod sufitem czy dachem.

⁴ Międzynarodowe Centrum Szkoleń Pożarowych (ang. International Fire Training Centre): *Firefighter Initial, Working in Smoke, Wydanie 1* (styczeń 2003). http://www.iftc.org.uk/training/Working_in_Smoke.pdf

JAK KONTROLOWAĆ NIEBEZPIECZEŃSTWO ZWIĄZANE Z DYMEM [5]

Dym jest zawsze toksyczny, bez względu na materiał, który się pali. Główne kroki, które pozwalają kontrolować szkodliwość dymu, to:

- zapewnić jak najmniejszą wielkość pożaru, unikając jego rozprzestrzenienia się;
- ograniczyć widoczny dym celem bezpiecznej ewakuacji mieszkańców;
- zapobiegać wystawieniu na oddziaływanie dymu aby zapewnić bezpieczną ewakuację i uniknąć urazów.

➤ DYM I JEGO TOKSYCZNOŚĆ

ZNACZENIE DYMU

Dym stanowi istotne zagrożenie. Statystyki brytyjskie i amerykańskie wskazują, że najpowszechniejszą przyczyną śmierci w pożarach jest objęcie oddziaływaniem (zaczadzenie) dymem i gazami. Dym może pochodzić z dowolnej palącej się rzeczy i na początku pojawia się zwykle w wyniku spalania zawartości budynku (niż jego konstrukcji), co może ale nie musi być widocznie w postaci płomieni.

Są dwa główne aspekty zagrożenia związanego z dymem, czyli utrata widoczności podczas ewakuacji oraz zatrucie po inhalacji odpowiedniej dawki (stężenie toksycznych strumieni pomnożonych przez czas wystawienia na ich oddziaływanie). Zmniejszenie lub utrata widoczności prowadzi do opóźnienia w ewakuacji, dezorientacji oraz dłuższego czasu przebywania w zagrożeniu. Wdychanie dymu może prowadzić do efektu narkotycznego i podrażnień, a nawet do ubezwłasnowolnienia i śmierci. Dlatego kontrolę dymu w budynkach uważa się za istotny element.

DYM I PRZEPISY PRAWA

Podstawowym celem tworzenia przepisów związanych z ogniem (w tym także z dymem) jest ochrona życia. W budownictwie, ograniczenie wydobywania się dymu i oddziaływania na mieszkańców jest osiąganego przez zapobieganie zapłonowi i ograniczanie rozwoju pożaru oraz zapewnianie odpowiednich środków ewakuacji dla osób poprzez odpowiednią konstrukcję budynku (np. drogi ewakuacyjne).

W zależności od kraju, dla konkretnych zastosowań budowlanych mogą

⁵ S Levchik, M Hirschler, E Weil: *Practical guide to smoke and combustion products from burning polymers – Generation, assessment and control*, Smithers Rapra (2011)

istnieć wymagania w zakresie wydzielania widocznego dymu przez produkty budowlane, głównie dotyczące sytuacji zaistnienia ognia wewnętrznego. Dla ognia zewnętrznego, dym nie jest traktowany jako zagrożenie życia i generalnie nie ma tutaj wymagań lub są one niewielkie. Zaciemnienie spowodowane dymem jest objęte normami dotyczącymi reakcji na ogień. W UE nie ma standardów związanych z toksycznością dymu dla wyrobów budowlanych. Zapobieganie narażeniu na oddziaływanie dymu jest osiągnięte na poziomie krajowym za pośrednictwem powyższych środków oraz, w niektórych przypadkach, poprzez inżynierię bezpieczeństwa ogniowego (FSE, z ang. Fire Safety Engineering). Niemniej, niektóre przepisy krajowe mogą zawierać pewne zasady, jak np. istniejące w Niemczech dla produktów niepalnych stosowanych w drogach ewakuacyjnych lub np. we Francji dla izolacji palnych wykorzystywanych od wewnętrznej strony budynku bez osłony w postaci bariery termicznej.

DYM A FSE

Dym jest konsekwencją ognia, a jego powstawanie jest zawsze zależne od scenariusza pożarowego. Dym może pochodzić z wielu źródeł zapłonu, z których zawartość budynku ma największy wpływ na emisję dymu. Udział obudowy budynku, w tym jego izolacji w emisji dymu będzie się ogromnie różnić w zależności od konstrukcji i warunków, w których rozwija się ogień. Każdy z poszczególnych etapów rozwoju i wzrostu ognia niesie ze sobą konkretne zagrożenie w wyniku emisji dymu, a największe może wystąpić podczas bezpłomieniowej fazy pożaru. Poniższe fazy są uważane za istotne i mocno zróżnicowane w zakresie wydzielania dymu:

- pożary tłące lub pożary bezpłomieniowe
- pożary dobrze napowietrzane lub pożary rozprzestrzeniające płomień
- pożary słabo napowietrzane
- pożary po-rozgorzeniowe

Oszacowanie zachowania się dymu i określenie zagrożenia dla budynku powinno uwzględniać odpowiedni scenariusz pożarowy (= ocena ryzyka) [6]. Dym jest częścią oceny ryzyka pożarowego. Taka ocena winna dotyczyć projektu całego budynku, a nie tylko zachowania się dymu wydzielanego z produktu budowlanego podczas badania dymowego. FSE jest najlepszą drogą do identyfikacji i zarządzania potencjalnym ryzykiem wynikającym z dymu bez względu na rodzaj użytej izolacji [7].

⁶ Ryzyko pożaru jest kombinacją prawdopodobieństwa wystąpienia pożaru lub scenariusza pożarowego i wielkości jego konsekwencji. Niebezpieczeństwo pożaru jest możliwością odniesienia urazu i/lub uszkodzenia w wyniku pożaru. Niebezpieczeństwo oddziaływania dymu jest możliwością odniesienia urazu i/lub uszkodzenia w wyniku oddziaływania dymu (zob.: ISO 13943:2000 Bezpieczeństwo ogniowe – słowniczek)

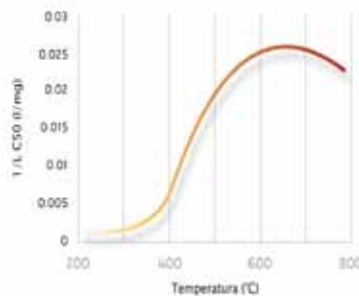
⁷ ISOPA Factsheet: *Risk assessment of smoke in buildings: Fire Safety Engineering and PU insulation products* (styczeń 2008). <http://www.isopa.org/isopa/uploads/Documents/documents/smoke%20fact%20sheet.pdf>

PRZYKŁADY ZAGROŻEŃ ZWIĄZANYCH Z DYMEM

- Ogień tłący się w pomieszczeniu źródła ognia może stanowić zagrożenie dla osoby śpiącej, która w porę nie obudzi się.
- Napowietrzony, rozprzestrzeniający się ogień nie stanowi dużego zagrożenia dla czujnych mieszkańców znajdujących się w pomieszczeniu źródła ognia albo w jego sąsiedztwie, ponieważ mogą oni ewakuować się zanim pożar wzrośnie do niebezpiecznego rozmiaru. Jednakże, problemem mogą być miejsca, z których nie ma możliwości ucieczki jak np. więzienia czy pomieszczenia zajmowane przez osoby niepełnosprawne, którym trzeba pomóc podczas ewakuacji.
- Pożary słabo napowietrzane charakteryzują się małą zawartością tlenu i wyższą toksycznością dymu. Często rozmiar ognia pozostaje niewielki, jednak może on natychmiast wzrosnąć z powodu nagłego dopływu tlenu, zaskakując tym osoby przebywające z dala czy służby ratownicze.
- Jednym z największych zagrożeń związanych z dymem jest oddziaływanie dymu pochodzącego z niezauważonego pożaru, który istotnie wzrósł albo jest w fazie po-rozgorzeniowej, na mieszkańców oddalonych od źródła ognia.

Rysunek 3: Potencjał toksyczności produktu ze sztywnego poliuretanu w zależności od temperatury [8]

ZAGROŻENIE DYMEM ZE STRONY MATERIAŁÓW I PRODUKTÓW



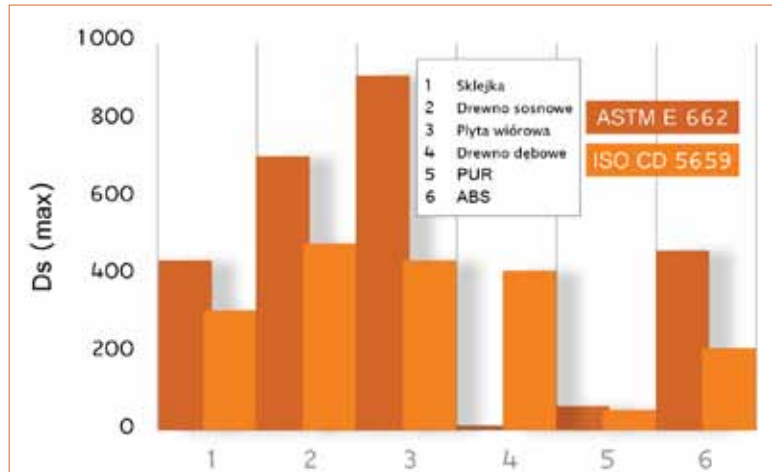
Wszystkie materiały organiczne podczas spalania wytwarzają dym (widzialny i toksyczny). Ilość wydzielanego dymu nie jest nieodłączną cechą materiału lecz zależy od wielu parametrów

takich, jak ilość i rodzaj płonącego materiału, ilość dostępnego tlenu, stopień rozwoju pożaru, temperatura (zob [Rysunek 3](#)) oraz zawartość wilgoci. [Wykres 2](#) pokazuje widoczny dym wydzielany z poliuretanu w porównaniu z drewnem i innymi materiałami polimerowymi w dwóch różnych testach badawczych wraz z ich specyficznymi uwarunkowaniami.

⁸ M Mann, W Pump, FW Wittbecker: *A contribution for the estimation of acute toxicity in fires* (German), Zeitung für Forschung und Technik im Brandschutz (4/1995)

PRZEWODNIK OGNIOWY PU Europe

Wykres 2: Optyczna gęstość poliuretanu w porównaniu z innymi produktami w dwóch różnych modelach dekompozycji [9]



Dym z pożaru jest zawsze wysokotoksyczny, bez względu na materiały, które się palą. Produkty spalania wszystkich materiałów zawierają tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO₂) oraz wodę. Materiały zawierające w swym składzie azot, jak np. wełna, jedwab, nylon i PU mogą także wytwarzać cyjanowodór (HCN) lub tlenki azotu. Materiały zawierające halogen, jak np. PCV i materiały z uniepalniaczami mogą wytwarzać chlorek wodoru (HCl) albo bromek wodoru (HBr). Materiały z drewna i celulozy wytwarzają akroleinę, która jest jednym z najbardziej toksycznych składników dymu.

Związki powodujące duszności, jak CO czy HCN mogą być przyczyną występowania efektu narkotycznego lub nawet prowadzić do niepoczytalności czy śmierci. Zmniejszony poziom albo brak tlenu także powoduje efekt duszności. Chlorki halogenu i akroleina są substancjami drażniącymi. Odurzenie może być efektem towarzyszącym różnym ważnym substancjom toksycznym.

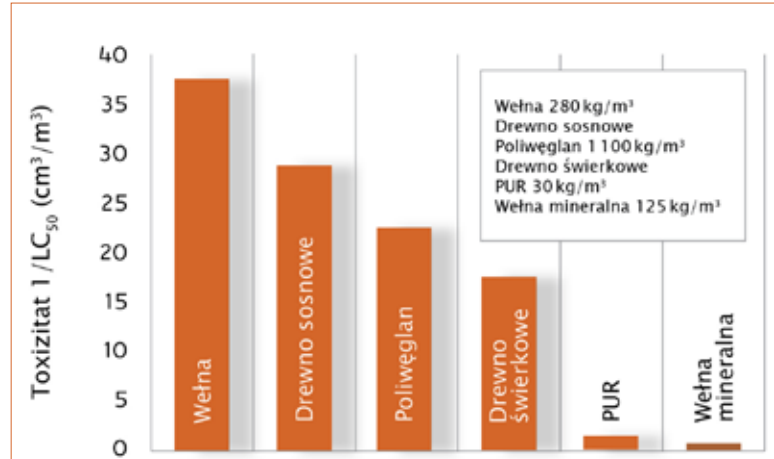
Dominującą substancją toksyczną w pożarach jest tlenek węgla (CO), który wydziela się z każdego płonącego materiału organicznego. Uczestnicząc w rozgorzeniu ognia, materiały organiczne wydzielają ok. 10 do 20% swojej masy w formie CO. [10]

Skład chemiczny obciążenia ogniowego nie jest decydującym

⁹ FW Wittbecker: *The problem of assessing visibility in real fires* (German), Bauphysik (3/1993)

¹⁰ M Hirschler: *Proceedings of the BPF Conference - Flame retardants 2006*, London, UK (2006), s. 47

Wykres 3: Potencjał toksyczności różnych materiałów



czynnikiem warunkującym możliwości obrony (widoczność, ciepło, zagrożenie toksyczne) w pomieszczeniu objętym pożarem. Niemniej, przeprowadzono wiele testów porównawczych i wszystkie dostępne wyniki wskazywały, że nie ma istotnych różnic między syntetykami, jak pianka PU, styropianem, poliamidem, polichlorkiem winylu itp. a produktami naturalnymi, jak drewno czy wełna. Śmiercioność dymu wszystkich badanych materiałów mieściła się w tym samym zakresie, w tym również materiałów zawierających azot. Wpływ temperatury i wentylacji był porównywalny dla różnych materiałów branych pod uwagę. [11]

Zostało wykazane, że mały udział materiału w pożarze jest generalnie ważniejszy, niż różnice w toksyczności dymu powstającego ze spalania materiałów. [12]

Należy zauważyć, że w powszechnych zastosowaniach, izolacja z PU jest osłonięta, przez co jej udział w pożarze w momencie ewakuacji jest raczej niewielki.

¹¹ Tak samo jak przypis 9

¹² D Buszard: *The role of flame retardants in reducing fire hazards*, Flame Retardants Conference, London (1998), s. 45

➤ KWESTIE BEZPIECZEŃSTWA OGNIOWEGO DO
ROZWAŻENIA

- Ocena bezpieczeństwa ogniowego winna brać pod uwagę szeroki zakres czynników, w tym zamieszkanie i użytkowanie obiektu, nie tylko jego konstrukcję.
- Podział na pomieszczenia może znacznie zwiększyć szansę na kontrolowanie rozprzestrzeniania się i rozmiar pożaru, ale całkiem możliwe jest także objęcie pożarem jednocześnie kilku pomieszczeń, każdego w innej fazie rozwoju pożaru.
- Czujniki dymu znacznie zwiększają możliwość wczesnego wykrycia ognia, umożliwiając bezpieczną ewakuację, a także szansę na mniejszą skalę pożaru i jego powstrzymanie.
- Systemy zraszacze zapewniają wczesne stłumienie ognia w rozwojowej fazie pożaru.
- Czas wymagany do przeprowadzenia ewakuacji zależy od rozmiarów i konstrukcji budynku oraz celów, do których obiekt służy, stąd dla przykładu w domu opieki czas ewakuacji byłby dłuższy, niż w biurowcu; w zabudowie wielopiętrowej czas ten będzie dłuższy niż w przypadku jednopiętrowej.
- Euroklasyfikacja materiałów izolacyjnych jest oparta na badaniach opracowanych dla potrzeb produktów wewnętrznej obudowy. W zachowaniu ogniowym materiałów izolacyjnych wymagana byłaby szersza perspektywa, biorąca pod uwagę kontekst zastosowania. Jest to stopniowo wdrażane, np. w przypadku fasad.
- Izolacja z PU spełnia wymagane standardy dla większości zastosowań.