

Dr inż. Jadwiga Fangrat
Instytut Techniki Budowlanej
ul. Filtrowa 1
00-611 Warszawa

AUTOREFERAT

Spis treści:

1. Dane osobowe	2
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	2
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	2
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595)	2
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	2
4.2. Wykaz prac naukowych stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie	2
4.3. Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	3
1. Wstęp	3
2. Geneza problemu	3
3. Zagadnienie badawcze i cel badań	6
4. Podstawowe pojęcia	7
5. Wyniki badań procesu rozwoju pożaru w pomieszczeniu budynku	8
6. Użyteczność budowlana wyrobów a bezpieczeństwo pożarowe budynków	19
7. Koncepcja modyfikowanego ciepła spalania i jej weryfikacja	21
8. Najważniejsze osiągnięcia i potencjał aplikacyjny	28
Literatura	29
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych	31

1. Imię i nazwisko: **Jadwiga Fangrat**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

Stopień naukowy - doktor nauk technicznych w zakresie mechaniki, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska, 14.12.1989 r.

Tytuł rozprawy „Badanie procesu rozprzestrzeniania płomienia po powierzchni ciał stałych o budowie polimerowej.”

Promotor: prof. dr hab. inż. Piotr Wolański (Politechnika Warszawska)

Recenzenci:

prof. dr inż. Wiesław Gogół (Politechnika Warszawska)

Doc. dr hab. inż. Jerzy Chomiak (Instytut Lotnictwa)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1980-83 Filia Politechniki Warszawskiej w Płocku na stanowisku asystenta stażysty (od maja 1981 r. do sierpnia 1983 r. - urlop macierzyński i wychowawczy)

1983-85 Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi w Józefowie (CNBOP) na stanowisku oficera - zakres obowiązków – badania

1985-89 Instytut Techniki Budowlanej na stanowisku asystenta

od 1990 Instytut Techniki Budowlanej na stanowisku adiunkta

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego, wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595)

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego: **„Wpływ spalania na kształtowanie bezpieczeństwa pożarowego budynków”** – cykl publikacji powiązanych tematycznie

4.2 Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie

C1 FANGRAT J.: *Discussion on criteria proposed for ISO Ignitability Test*; Dyskusja kryteriów proponowanych dla badania zapalności metodą wg ISO, Archivum Combustionis, 1992, Vol.12, nr 1-4, s. 185-196
MNiSW 2005 = 6

C2 FANGRAT J., Hasemi Y., Yoshida M., Hirata T.: *Surface temperature at ignition of wooden based slabs*; Temperatura powierzchniowa przy zapłonie płyt drewnopochodnych, Fire Safety Journal, 1996, Vol.27, nr 3, s. 249-259,
MNiSW 2005=20, IF 1997=0,254

+ Erratum: Fire Safety Journal, 1997, Vol. 28, nr 4, s. 379-380

(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu problemu badawczego i wniosków, wyborze próbek i przygotowaniu planu badań, opracowaniu koncepcji dodatkowych badań powierzchniowej temperatury zapłonu, wykonaniu obliczeń dwiema metodami, wykonaniu badań w kalorymetrze stożkowym, analizie wyników, przygotowaniu manuskryptu na wszystkich etapach wydania publikacji, odpowiedzi na uwagi recenzentów, kontakt z redaktorem i wydawcą. Mój udział procentowy szacuję na 65%.)

- C3** FANGRAT J., Hasemi Y. Yoshida M., Kikuchi S.: *Relationship between heat of combustion, lignin content and burning weight loss*; Zależność pomiędzy ciepłem spalania, zawartością ligniny i ubytkiem masy podczas spalania, *Fire and Materials*, 1998, Vol.22, nr 1, s. 1-6, MNiSW 2005=15, IF 2000 =0,200

(Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu problemu badawczego, wyborze próbek i przygotowaniu planu badań, wykonaniu badań w kalorymetrze stożkowym, analizie wyników badań, przygotowaniu manuskryptu na wszystkich etapach wydania publikacji, kontakcie z recenzentami, redaktorem i wydawcą na etapie publikacji. Mój udział procentowy szacuję na 50%.)

- C4** FANGRAT J.: *Experimental and theoretical evaluation of time to flashover in a room fire scenario*; Doświadczalne i teoretyczne określenie czasu do rozgorzenia w pożarze w pomieszczeniu, *Archivum Combustionis*, 2003, Vol.23, nr 1-2, s. 31-45, MNiSW 2005=6

- C5** FANGRAT J.: *Is flameless combustion of importance to fire safety; Czy spalanie bezpłomieniowe jest istotne dla bezpieczeństwa pożarowego?*, *Archivum Combustionis*, 2004, Vol.24, nr 1, s. 1-14, MNiSW 2005=6

- C6** FANGRAT J.: *Europejska klasyfikacja ogniowa wyrobów i elementów budowlanych*; European fire classification of building products and parts, *Materiały Budowlane*, 2004, nr 3 s. 44-48, MNiSW 2005=4

- C7** FANGRAT J.: *Wpływ zwiększonej zawartości dodatków organicznych na właściwości ogniowe wyrobów budowlanych – badania i ocena*; Effect of increased organic content on fire properties of construction products – research and evaluation, *Materiały Budowlane*, 2012, nr 12, s. 35-40, MNiSW 2012=6

- C8** FANGRAT J.: *Ile bezpieczeństwa pożarowego w wyrobach budowlanych?*; How much fire safety in building products, *Materiały Budowlane*, 2014, nr 11 s. 36-39, MNiSW 2014=6

- C9** FANGRAT J.: *On non-combustibility of commercial building materials*; O niepalności komercyjnych materiałów budowlanych, *Fire and Materials*, 2016, DOI:10.1002/fam.2369 MNiSW 2015 = 25; IF 2015 = 1.317 IF 5 letni=1.524

4.3. Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników, wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

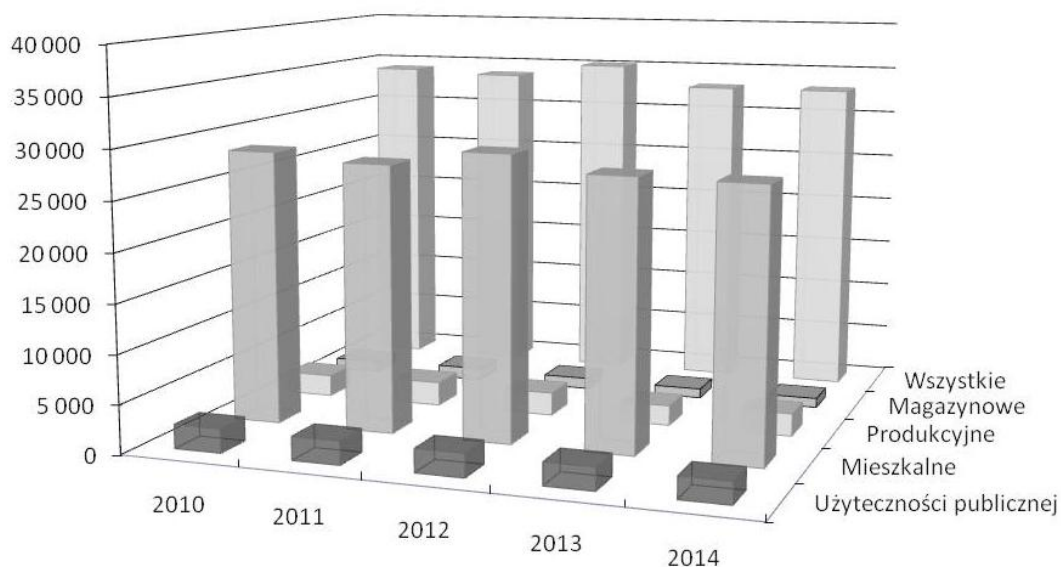
1. Wstęp

Moje zainteresowania badawcze, niemal od początku działalności naukowej, dotyczą bezpieczeństwa pożarowego a w szczególności reakcji na ogień wyrobów stosowanych w budownictwie. W pracy doktorskiej przeprowadziłam badania doświadczalne i modelowanie matematyczne procesu rozprzestrzeniania płomienia po materiałach podłogowych oraz opracowałam jednowymiarowy analityczny model rozprzestrzeniania płomienia. Wyniki moich badań

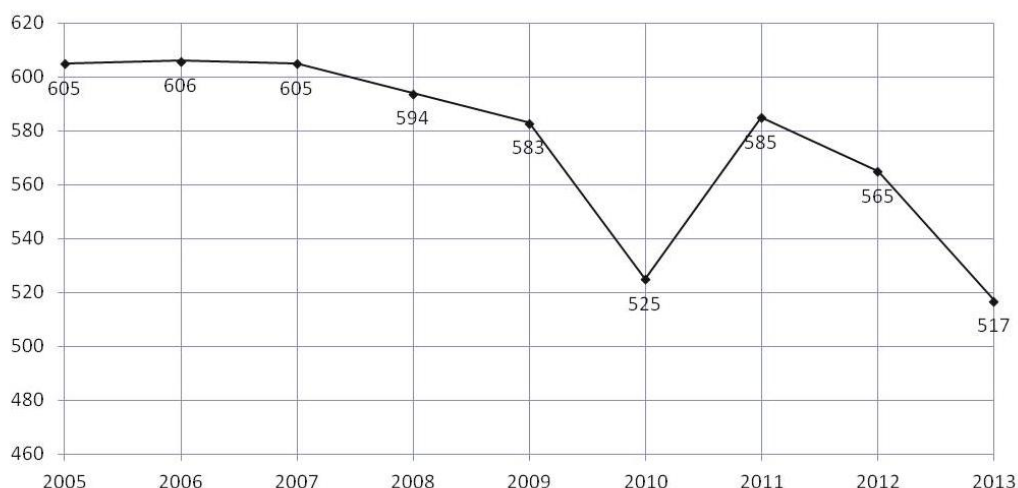
przedstawiłam na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz opublikowałam w czasopiśmie wydawanych w języku polskim i angielskim, w tym w *Journal of Fire Sciences* ($IF_{1997} = 0,443$). W późniejszym okresie moje badania dotyczyły zagadnień rozprzestrzeniania płomienia po wyrobach powierzchniowych ściennych i sufitowych w wydzielonej przestrzeni (tj. pomieszczeniu w skali modelowej lub naturalnej) oraz badania i oceny właściwości ogniowych wyrobów budowlanych. Problematykę bezpieczeństwa pożarowego budynków (w części dotyczącej reakcji na ogień wyrobów budowlanych) prezentowałam w licznych pracach opublikowanych przed i po obronie pracy doktorskiej oraz prezentowałam podczas konferencji krajowych i zagranicznych. Wykaz publikacji po obronie pracy doktorskiej zawiera Załącznik 5.

2. Geneza problemu

Pożary stanowią istotny problem gospodarczy i społeczny. Straty pożarowe stanowią około 1 % Produktu Krajowego Brutto w każdym kraju europejskim. W Polsce poziom ten nie odbiega od średniej europejskiej. Rocznie w naszym kraju powstaje blisko 35 000 pożarów w budynkach (najwięcej w budynkach mieszkalnych) i liczba ta nie maleje w ostatnich latach (rys. 1). Liczba ofiar śmiertelnych w pożarach budynków w ostatnich latach zmniejszyła się z 605 w 2005 r. do 517 w 2013 r., przy jednoczesnym wzroście liczby rannych i poszkodowanych w tych pożarach [A1], [A2] .



Rys. 1 Dane statystyczne dotyczące liczby pożarów budynków w Polsce w latach 2010-2014
Opracowanie własne na podstawie danych KGSP z 2015 r. [A1], [A2]



Rys. 2. Dane statystyczne dotyczące liczby ofiar śmiertelnych pożarów budynków w Polsce w latach 2005-2013. *Opracowanie własne na podstawie danych KGSP [A1], [A2]*

Głównym źródłem zagrożenia pożarowego w obiektach budowlanych są palne wyroby zainstalowane wewnątrz tego obiektu. Budynki można zaprojektować i chronić w taki sposób, aby zoptymalizować ich reakcję na działanie pożaru. W wyniku oddziaływań pożarowych w budynku może nastąpić przekroczenie stanów granicznych nośności (niedopuszczalne przemieszczenia i odkształcenia), izolacyjności ogniowej, szczelności ogniowej, katastrofa postępująca, itd. Natomiast wyroby budowlane można dobrać w taki sposób, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się ognia lub znacznie je zredukować. Rolę taką mogą pełnić przykładowo: okładziny ścian wewnętrznych i zewnętrznych, pokrycia dachowe lub obudowa kanałów wentylacyjnych.

Na przełomie XX i XXI wieku wzrosło formalne zainteresowanie problemami środowiska w skali globalnej [A2]. Doskonała od lat dziewięćdziesiątych XX w., a obecnie realizowana Europejska Strategia zrównoważonego rozwoju (ang. *sustainable development*) [A3], [A4] implikuje osiągnięcie takich celów w budownictwie, jak:

- 1) zwiększenie efektywności energetycznej obiektów budowlanych,
- 2) zmniejszenie obciążeń środowiskowych powodowanych przez budownictwo,
- 3) zapewnienie spełnienia wymagań funkcjonalnych przez obiekty budowlane i zapewnienie komfortu ich użytkowników,
- 4) optymalizacja kosztów pełnego cyklu życia wyrobów i obiektów budowlanych.

Wpływa to istotnie na zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych, przede wszystkim ze względu na:

- ograniczenie zużycia zasobów naturalnych (np. wody, kruszyw naturalnych),
- zwiększenie grubości izolacji oraz zwiększenie szczelności powłoki budynków, a także wzrost udziału wyrobów i systemów złożonych (np. wielowarstwowych) wynikający z konieczności spełnienia zwiększonych wymagań efektywności energetycznej,
- wzrost zastosowania materiałów odpadowych, które z reguły charakteryzują się zwiększoną zawartością części organicznych (palnych),
- konieczność kontrolowania zagrożenia pożarem (inaczej poziomu bezpieczeństwa pożarowego), który nie zawsze jest adekwatny do wyników badań materiałów i elementów składowych poszczególnych wyrobów budowlanych,

- konieczność zastosowania wyników badań w skali geometrycznej większej niż dotychczas stosowanej, przykładowo do elewacji budynków,
- negatywne oddziaływanie pożarów na środowisko naturalne, przede wszystkim poprzez wydzielanie do atmosfery CO, CO₂ i innych toksycznych związków oraz zanieczyszczenie wody.

Postęp techniczny w rozwoju wyrobów budowlanych i wymagania dotyczące zrównoważonego rozwoju, w tym związane z oddziaływaniem na środowisko naturalne, kreuje problemy w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Aspekty środowiskowe wymuszają zwiększone zastosowanie wyrobów odpadowych i wtórnych o zwiększonej zawartości palnych części organicznych. Poszerza się nowy obszar badań związany z modyfikacją istniejących oraz rozwojem nowych wyrobów w budownictwie, szczególnie do izolacji cieplnych - przykładem są maty aerożelowe. Barię są wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego budynków, które nie są w ogóle lub są bardzo luźno związane z fizycznym procesem rozwoju pożaru.

3. Zagadnienie badawcze i cel badań

Proces pożaru jest na tyle złożony, że ilościowe wyrażenie wszystkich zmiennych koniecznych do projektowania lub oszacowania właściwości użytkowych z dokładnością, która uwiarygodni ich użycie jest niemożliwe. Wynikiem reakcji spalania w pożarze są związki chemiczne i energia cieplna wydzielane w sposób niekontrolowany. Powstawanie tych produktów spalania negatywnie oddziałuje na konstrukcję, ludzi i środowisko. Wobec tego niezbędna jest analiza problemu bezpieczeństwa pożarowego budynku w powiązaniu z procesami spalania zachodzącymi podczas pożaru, w którym biorą udział wyroby budowlane zawierające palne części organiczne, coraz częściej w wyniku rosnących wymagań środowiskowych.

Numeryczne modelowanie pożaru - z powodzeniem stosowane w wielu ośrodkach naukowo-badawczych w kraju i za granicą - wymaga wyjaśnienia zagadnień spalania, co nadaje nowe znaczenie badaniom właściwości ogniowych wyrobów budowlanych, które wcześniej były jedynie bardzo uproszczonymi próbami odzwierciedlenia rzeczywistości w celu uszeregowania wyrobów na podstawie zmiennych ściśle związanych z zastosowanymi scenariuszami. Po wprowadzeniu metod badawczych opracowanych z wykorzystaniem wiedzy z zakresu spalania, badania palności wyrobów służą określeniu sumarycznych właściwości ogniowych, które znalazły zastosowanie w modelowaniu pożaru do określenia wymiarów pożaru i ilości wydzielonej energii. Szczególne możliwości daje kalorymetria ubytku tlenu wykorzystana w badaniach szybkości wydzielania ciepła z jednostki powierzchni płonącego materiału, którą stosuje się bezpośrednio w modelach matematycznych pożaru do obliczania masy wydzielonego dymu z uwzględnieniem efektu skali. Problem ten został wyczerpująco omówiony przez J. Torero w pracy [A5]. Wyniki tych badań służą uzupełnianiu korelacji doświadczalnych i tak zwanych modeli strefowych, natomiast nie stanowią podstawy formułowania wymagań wobec wyrobów budowlanych.

Spalanie wpływa na kształtowanie bezpieczeństwa pożarowego budynków, a analiza problemu bezpieczeństwa pożarowego budynku w powiązaniu z procesami spalania zachodzącymi podczas pożaru, w którym biorą udział wyroby budowlane, szczególnie zawierające palne części organiczne jest przedmiotem moich zainteresowań badawczych od dłuższego czasu. Wyniki tych prac przedstawiałam w licznych publikacjach i prezentowałam podczas konferencji krajowych i zagranicznych, których pełny wykaz zawiera Załącznik 5 do wniosku. Podjęta w pracach stanowiących cykl publikacji tematyka wpływu spalania na bezpieczeństwo pożarowe budynków wynika z faktu, że pożary stanowią skomplikowane i jednostkowe (nie ma dwóch takich samych pożarów) procesy, w których zachodzą złożone zjawiska związane z wymianą ciepła i masy oraz z

chemią procesu spalania. W pewnych warunkach wyroby budowlane mogą wchodzić w egzotermiczną i propagującą reakcję spalania przyczyniając się do rozwoju pożaru wewnątrz budynku i poza nim. Formułując wymagania wobec wyrobów do zastosowania w budynku wpływamy na jego bezpieczeństwo pożarowe. Poprzez precyzyjne i związane z fizycznymi zjawiskami towarzyszącymi rozwojowi pożaru, określenie wymagań i ocenę właściwości ogniowych wyrobów, a następnie poprzez optymalny dobór tych wyrobów (ich zastosowanie) możemy wpływać na poziom, czyli kształtować bezpieczeństwo pożarowe budynku.

Aspekty środowiskowe powodują pojawianie się nowych problemów związanych z bezpieczeństwem pożarowym budynków, a ich znaczenie będzie rosło w przyszłości. Wobec tego szczególnie istotne staje się precyzyjne i relatywnie proste sformułowanie odpowiednich wymagań wobec wyrobów budowlanych w celu rozróżnienia wyrobów niepalnych i palnych w różnych warunkach inicjowania pożaru. Konieczne staje się opracowanie/zmodyfikowanie wymagań dla wyrobów w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, aby możliwe było wdrożenie w budownictwie nowoczesnych wyrobów przyjaznych środowisku naturalnemu.

Celem mojego studium było określenie istotnych dla rozwoju pożaru, a tym samym dla bezpieczeństwa pożarowego budynków, właściwości palnych wyrobów budowlanych oraz określenie wybranych wielkości kryterialnych.

4. Podstawowe pojęcia

Powszechna znajomość wyrażenia *spalanie* i tendencyjne nadawanie mu potocznego znaczenia skłania do zdefiniowania podstawowych pojęć na potrzeby niniejszej pracy. W literaturze tematu istnieje wiele definicji spalania i nawet normy terminologiczne nie ujednolicają ściśle tego pojęcia:

- PN-EN ISO 13943: 2010 [A6]: „egzotermiczna reakcja substancji z czynnikiem utleniającym”, z dopiskiem „Spalanie zasadniczo powoduje emisję gazów pożarowych, którym towarzyszą płomienie i/lub żarzenie”.
- PN-ISO 8421-1 [A7]: „egzotermiczna reakcja substancji palnej z utleniaczem, której zwykle towarzyszą płomienie, żarzenie i/lub wydzielanie dymu”.

Powyższe definicje dopełnia sformułowanie S. Wójcickiego [A8] - „*Spalanie jest egzotermiczną reakcją chemiczną syntezy, zdolną do samoczynnego przemieszczania w przestrzeni wypełnionej substratami.*” Dalej autor komentuje: „*Wywiązywanie się ciepła i zdolność do propagacji jest więc, w myśl tej definicji, istotną cechą wyróżniającą proces spalania wśród innych `zwykłych` reakcji chemicznych.*” Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto ostatnią definicję, ponieważ jej autor wskazuje dwie, niezwykle istotne dla bezpieczeństwa pożarowego budynków, cechy spalania: wywiązywanie się ciepła i zdolność do propagacji.

Pożar można zdefiniować jako niekontrolowany w czasie i przestrzeni proces spalania wyrobów zachodzący poza miejscem do tego celu przeznaczonym [A9]. Niejako wbrew tej definicji, wiele działań i wysiłków stosunkowo młodej dziedziny inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, skierowanych jest właśnie na objęcie jakąś formą kontroli procesu spalania w pożarze i minimalizacji jego skutków.

Bezpieczeństwo pożarowe budynków natomiast dobrze określa Wymaganie podstawowe nr 2 sformułowane po raz pierwszy w europejskiej dyrektywie budowlanej 89/106/EWG, a następnie w zastępującym ją rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady nr 305/2011, jako:

„Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wybuchu pożaru:

a) nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas;

- b) powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach budowlanych było ograniczone;
- c) rozprzestrzenianie się ognia na sąsiednie obiekty budowlane było ograniczone;
- d) osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub być uratowane w inny sposób;
- e) uwzględnione było bezpieczeństwo ekip ratowniczych.”

Badania przedstawione w niniejszym studium wiążą się ściśle z wymaganiami wobec obiektów budowlanych wyróżnionymi podkreśleniem, sformułowanymi w punktach oznaczonych literami b) i c).

Wyrób zdefiniowano jako materiał, do którego została włożona praca ludzka.

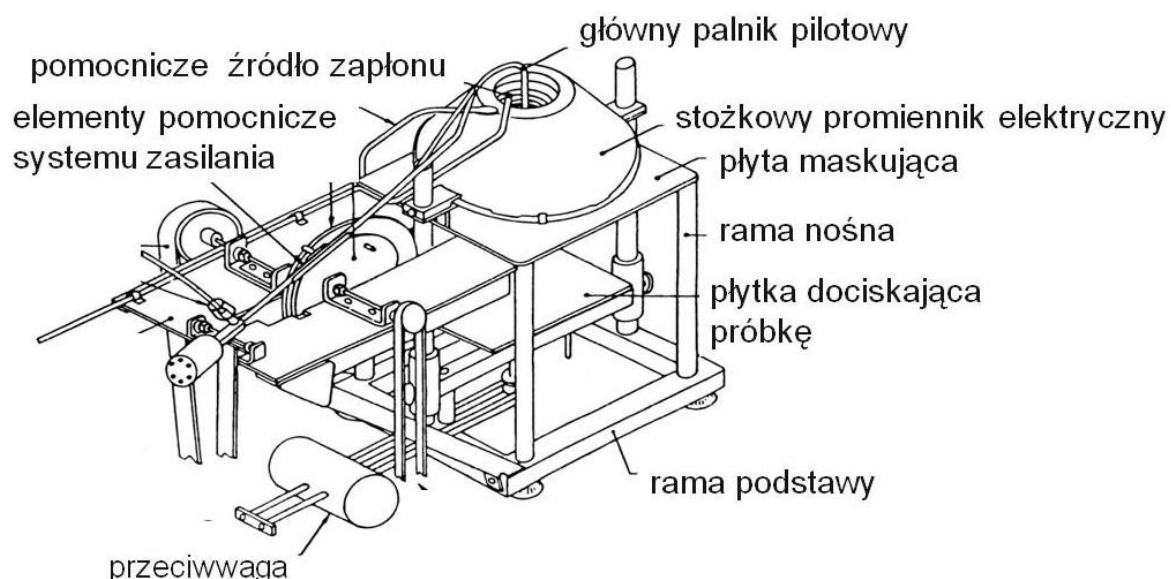
5. Wyniki badań procesu rozwoju pożaru w pomieszczeniu budynku

Wiedza z zakresu spalania umożliwia identyfikację procesów odpowiedzialnych za dostarczanie paliwa (z palnego materiału/wyrobu) i wydzielanie energii cieplnej. Na podstawie analizy teoretycznej i doświadczalnej mechanizmu przenoszenia ciepła z płomienia do niespalonego paliwa sformułowano zależności rządzące rozprzestrzenianiem płomienia i rozwojem pożaru w pomieszczeniu budynku. Liczne badania z tego zakresu pozwoliły na poznanie natury tego zjawiska i powiązanie go z procesem zapłonu w fazie gazowej. Rozprzestrzenianie płomienia (ognia) w pożarze zależy głównie od skali i formacji strumieni powietrza powstających w strefie spalania i jej otoczeniu. Istotne stało się zrozumienie złożonej wymiany powietrza, kompletności procesu spalania oraz wydzielania produktów rozkładu termicznego i spalania tworzących dym. Koncepcja pożaru w pomieszczeniu służy do opisanie pożaru zachodzącego w pokoju lub innej wydzielonej przestrzeni o kubaturze rzędu 100 m³. Rozwój pożaru w wysokich lub bardzo dużych przestrzeniach o objętości powyżej 1000 m³ zależy przede wszystkim od geometrii tej przestrzeni [A10] i powinien być analizowany indywidualnie dla każdego przypadku, gdyż nie poddaje się istotnym uogólnieniom.

Badania rozwoju pożaru w skali naturalnej w znormalizowanym pomieszczeniu o relatywnie małej kubaturze wykonuje się w celu określenia właściwości ogniowych tzw. wyrobów powierzchniowych, definiowanych jako „część budynku, stanowiąca powierzchnię eksponowaną ścian wewnętrznych i/lub sufitów, na przykład panele, płytki, płyty, tapety, pokrycia natryskiwane lub malowane” [A11].

5.1 Powstawanie pożaru – zapłon/zapalenie

W zagadnieniach bezpieczeństwa pożarowego zapłon jest wymiennie określany w języku polskim jako zapalenie, ale oba te pojęcia oznaczają ten sam proces polegający na zainicjowaniu samopodtrzymującej (ustalonej) reakcji spalania płomieniowego. Jeśli zapłon jest spowodowany działaniem małego zewnętrznego płomienia, iskry elektrycznej lub żarzącego się obiektu, mamy do czynienia z tzw. zapłonem pilotowym (ang. piloted ignition). Natomiast, gdy zapalenie zachodzi bez zewnętrznego małego źródła pilotowego mówimy o samozapłonie (ang. spontaneous ignition lub autoignition) [A12]. Podatność materiału na zapalenie określamy jako zapalność [A13].



Rys. 3. Schemat urządzenia do badania zapalności metodą ISO 5657 [A13].

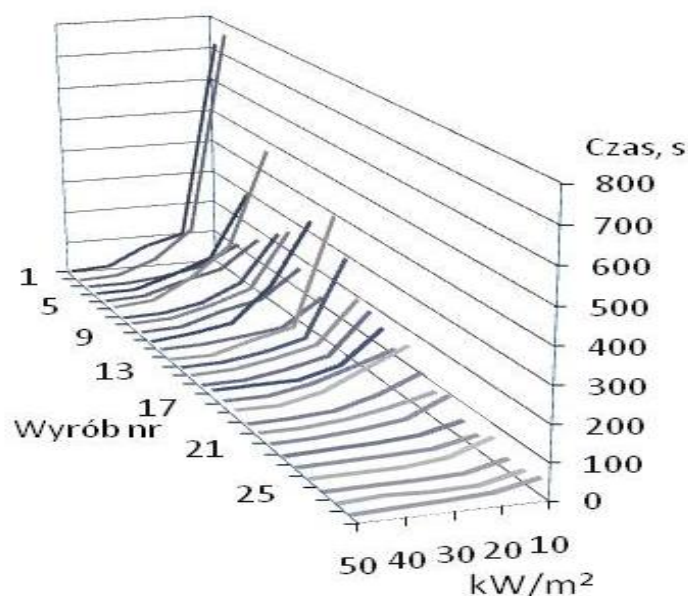
Ta cecha materiału, charakteryzowana najczęściej czasem do zapalenia płomieniowego, jest ściśle związana z warunkami, w jakich następuje zapalenie, przy czym najważniejszy jest tu zewnętrzny strumień promieniowania cieplnego. W miarę jego wzrostu następuje zmniejszenie czasu do zapalenia. Wyraźnie potwierdzają to wyniki badań [C1] wykonanych w urządzeniu przedstawionym schematycznie na rys. 3, dla 27 badanych w trzech grupach (tab. 1): nr 1-15 - wyroby drewnopochodne; nr 16-21- lite drewno; nr 22-27 - wyroby podłogowe.

Tabela 1. Wyroby badane w zakresie czasu do zapalenia, uszeregowane według malejącej gęstości w trzech grupach rodzajowych [C1].

Nr	Rodzaj	Nr	Rodzaj	Nr	Rodzaj	Nr	Rodzaj
Wyroby drewnopochodne				Lite drewno		Wyroby podłogowe	
1	płyta pilśniowa twarda lakierowana nr 1	9	płyta wiórowa nr 1	16	jesion	2	wykładzina PVC nr 1
2	płyta pilśniowa twarda lakierowana nr 2	10	sklejka liściasta	17	brzoza	2	wykładzina PVC nr 2
3	płyta pilśniowa twarda oklejona jednostronnie Tetefolem	11	sklejka sosnowa	18	grab	2	wykładzina PVC nr 3
4	płyta wiórowa zwykła	12	sklejka suchotrwała nr 1	19	topola	2	dywan 92% wełny + 8% PA
5	płyta wiórowa laminowana nr 1	13	sklejka suchotrwała nr 2	20	wiąz	2	dywan 80% wełny + 20% PA
6	płyta wiórowa laminowana nr 2	14	boazeria klepkowa z drewna sosnowego	21	olcha	2	wykładzina dywanowa 100%PP

7	boazeria sklejkowa	15	plyta wiórowa nr 2
8	plyta wiórowa prasowana	PVC- polichlorek winylu, PA- poliamid, PP – polipropylen	

Badania wykonano w pięciu zakresach zewnętrznego strumienia promieniowania: 10, 20, 30, 40 i 50 kW/m². Zmierzony czas do zapalenia dla wszystkich badanych wyrobów był zależny od wartości zewnętrznego strumienia ciepłego i maleł wraz ze wzrostem tego strumienia (rys. 4). W najmniejszym stopniu zależność ta była widoczna dla wykładzin podłogowych, które wykazywały najkrótszy czas do zapalenia we wszystkich zakresach zewnętrznego promieniowania ciepłego. Duże różnice czasu do zapalenia występują w grupie materiałów drewnopochodnych, w dużo większym stopniu niż dla drewna litego, zwłaszcza w najniższym zakresie zewnętrznego strumienia promieniowania ciepłego 10 kW/m². Decydujący jest w tej grupie wyrobów rodzaj żywicy. Wyniki te wskazują ponadto, że modyfikacja wyrobu na etapie produkcji może znacznie zmienić jego właściwości ogniowe. Dla wszystkich badanych wyrobów czas do zapalenia w wyższych zakresach promieniowania ciepłego – 40 i 50 kW/m² – był podobny i nie występowały istotne różnice zarówno w grupach jednorodnych wyrobów, jak i między grupami.

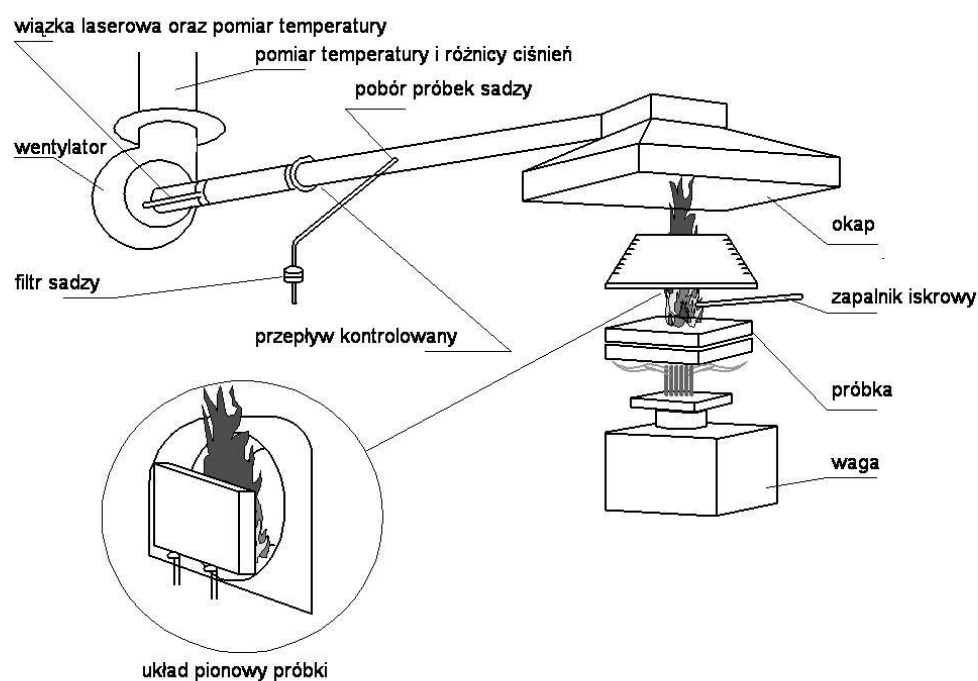


Rys. 4. Czas do zapalenia (s) w funkcji zewnętrznego strumienia promieniowania ciepłego (kW/m²) dla 27 wyrobów powierzchniowych [C1]; numeracja wyrobów zgodnie z tab. 1.

Badania czasu do zapalenia w aparacie przedstawionym na rys. 3, uzupełniono badaniami powierzchniowej temperatury zapalenia, wykonanymi według autorskiej koncepcji w kalorymetrze stożkowym (rys. 5) [C2]. Polegały one na pomiarze temperatury na powierzchni poziomo usytuowanej próbki w kształcie kwadratu o boku 10 cm, w miejscu jego geometrycznego środka. Na próbki działał zewnętrzny strumień promieniowania ciepłego w kilku zakresach zewnętrznego strumienia promieniowania ciepłego, przy poziomym i pionowym usytuowaniu próbki. Dla różnych zakresów strumienia promieniowania ciepłego uzyskano mniejsze różnice temperatury (w zakresie od 7 K dla próbki nr 1 do 56 K dla próbki nr 5) powierzchniowej temperatury zapalenia

przy poziomym usytuowaniu próbki. Większe różnice, w zakresie od 25 K dla próbki nr 3 do 96 K dla próbki nr 1, obserwowano dla konfiguracji pionowej [C2], z powodu odmiennego mechanizmu zapłonu. W konfiguracji pionowej wpływ konwekcji jest znacznie większy niż w konfiguracji poziomej, co zmniejsza stabilność procesu zapłonu.

Do badań w kalorymetrze stożkowym wytypowano płytowe wyroby drewnopochodne często stosowane w budownictwie (tabela 2). Profile temperatury powierzchniowej próbki rejestrowano jednocześnie przy użyciu termopary typu K o średnicy 0,2 mm oraz termometru radiacyjnego. Zmierzona termoparą typowa maksymalna temperatura powierzchni nie przekraczała 1000 K, natomiast za pomocą termometru radiacyjnego uzyskiwano odmierne wartości pomiarów. Dla wszystkich badanych próbek obserwowano charakterystyczny punkt gwałtownego przyrostu temperatury, widoczny również na przykładowym profilu temperatury powierzchni próbki poziomej otrzymanym dla 12 mm sklejki (rys. 6).

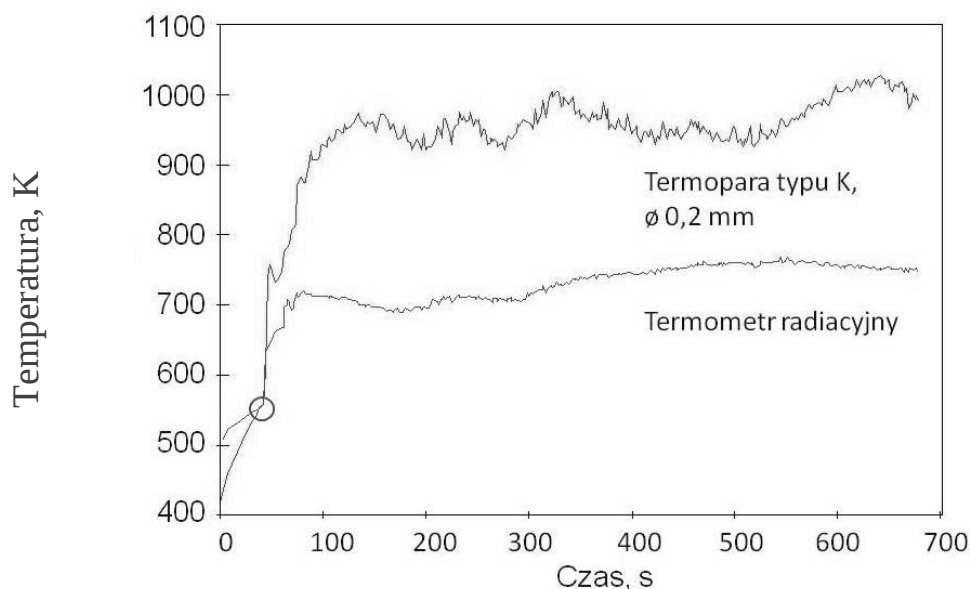


Rys. 5. Schemat kalorymetru stożkowego wg ISO 5660 [A14].

Tabela 2. Wyroby badane w kalorymetrze stożkowym w zakresie powierzchniowej temperatury zapalenia oraz zależności między ciepłem spalania, ubytkiem masy a zawartością ligniny [C2], [C3]

Lp.	Nazwa	Grubość mm ± 10%	Gęstość kg/m ³ ± 10%	Wilgotność względna [%] wag.	Skład elementarny [%]			Zawartość ligniny [%]
					C	H	N	
1.	Sklejka nr 1	18	520	8.06	49.95	6.30	2.30	27.93
2.	Sklejka nr 2	12	550	7.71	48.71	5.87	1.56	29.35
3.	Sklejka nr 3	9	450	8.19	50.01	6.05	2.00	27.22

4.	Sklejka nr 4	5,5	600	8.24	51.04	6.05	2.40	34.16
5.	Sklejka nr 5	11,8	560	7.15	51.01	6.18	0.35	28.84
6.	Płyta wiórowa	12,9	680	7.12	49.84	6.19	2.44	25.70



Rys. 6. Doświadczalnie określona powierzchniowa temperatura zapalenia sklejki o grubości 12 mm (nr 2 w tab. 2), w funkcji czasu, w warunkach zewnętrznego strumienia promieniowania cieplnego 33 kW/m^2 za pomocą termopary typu K i termometru radiacyjnego [C2].

W typowym profilu temperatury powierzchniowej próbki ulegającej pirolizie (rys.6), można wyróżnić trzy zasadnicze etapy: (1) suszenie (do temperatury 100°C) i następujące po nim wstępne podgrzanie i powolne odgazowanie (do temperatury zapłonu); (2) gwałtowne odgazowanie i zwęglanie; (3) ustalone spalanie. Na obu krzywych widoczny jest charakterystyczny punkt przegięcia (oznaczony kółkiem na rys. 6), a odpowiadającą mu wartość temperatury (na osi pionowej) przyjęto za określoną doświadczalnie temperaturę powierzchni próbki w chwili zapalenia, obserwowaną dla badanych wyrobów w zakresie od 536 do 670 K, w konfiguracji poziomej próbek oraz w przedziale od 574 do 690 K w konfiguracji pionowej. Analogiczny czas, odczytany na osi poziomej, przyjęto jako czas zapalenia płomieniowego w fazie stałej (t_{is} w tab. 3). Badania były dodatkowo rejestrowane kamerą, co umożliwiała weryfikację zmierzonego czasu do zapalenia płomieniowego w fazie gazowej zgodnie ze standardową procedurą badania w kalorymetrze stożkowym (t_{ig} w tab.3). Czas pojawienia się płomienia w fazie gazowej (t_{ig}) był dłuższy o 3-5 s od czasu zapłonu w fazie stałej (t_{is}) wyznaczonego z profili temperatury, jak na rys.6. Powierzchniową temperaturę zapłonu oznaczono jako wartość średnią temperatury odpowiadającej punktowi, jak zaznaczono kółkiem na rys. 6, dla trzech poziomów zewnętrznego promieniowania cieplnego w konfiguracji poziomej próbki (T_i sr w tab. 3)[C2].

Ponadto, należy podkreślić, że różnice profili temperatury uzyskanych dwiema metodami: termoparą klasyczną i termometrem radiacyjnym, świadczą o tym, że termometr radiacyjny nie daje poprawnych wskazań w warunkach spalania. W fazie przed zapaleniem jego wskazania były zawyżone, a po zapaleniu niższe od wartości zmierzonych termoparą typu K, nawet o 300 K. Jest to

prawdopodobnie spowodowane zakłóceniami odczytu przez dym pojawiający się nad powierzchnią próbki przed pojawieniem się płomienia oraz płomień dyfuzyjny uformowany nad powierzchnią próbki po jej zapaleniu. Uzasadnia to wniosek, że zastosowanie termometru radiacyjnego do celów badania procesów towarzyszących spalaniu jest niezasadne.

Tabela 3. Doświadczalnie określony czas do zapłonu płomieniowego w fazie gazowej (t_{ig}) i fazie stałej (t_{is}) dla poziomo usytuowanych próbek wyrobów drewnopochodnych wymienionych w tab. 2, przy trzech poziomach zewnętrznego strumienia promieniowania cieplnego (kW/m^2) oraz powierzchniowa temperatura zapłonu T_i jako wartość średnia z pomiarów termoparą w trzech podanych zakresach zewnętrznego promieniowania cieplnego, na poziomo usytuowanych próbkach. [C2]

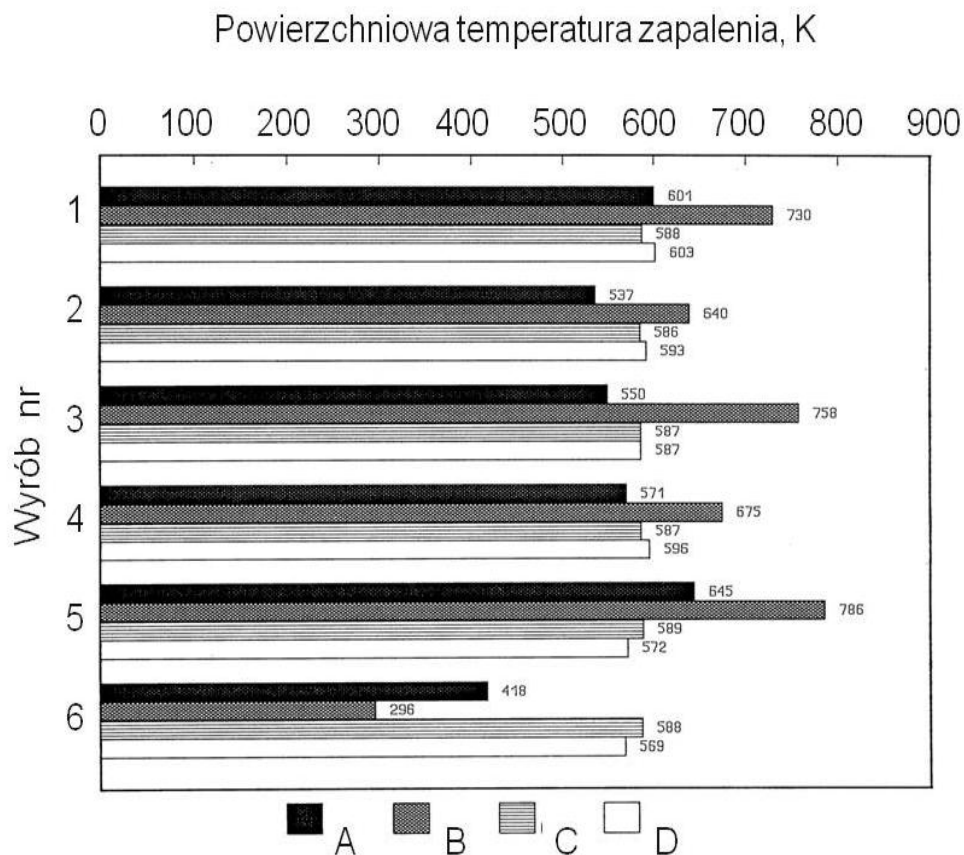
Nr	T_i śr (K)	t_{ig} (s)			t_{is} (s)		
		25 kW/m^2	33 kW/m^2	50 kW/m^2	25 kW/m^2	33 kW/m^2	50 kW/m^2
1.	603±1.3	268.0	79.0	33.3	263.5	75.1	29.5
2.	593±22	160.3	63.0	28.1	155.8	78.0	24.4
3.	587±17	272.8	48.1	33.3	269.1	43.4	28.5
4.	596±22	158.2	81.4	28.2	153.7	77.1	23.8
5.	572±31	263.8	54.7	21.6	259.1	51.0	11.4
6.	569±4	162.9	99.9	41.8	157.8	95.2	37.5

Analizę powierzchniowej temperatury zapalenia prowadzono dodatkowo dwiema metodami obliczeniowymi opisanymi w literaturze [A15] (metoda A na rys.7) i [A16] (metoda B na rys.7), oraz w pracy [C2]. Ponadto dla wszystkich wyrobów wymienionych w tab. 2 wykonano analizę termogravimetryczną (TG) i derywatograficzną (DTG) w warunkach szybkości nagrzewania 5K/min i przepływie powietrza 100ml/min (metoda C na rys.7). Wyniki oznaczenia powierzchniowej temperatury zapalenia otrzymane czterema metodami zestawiono na rys. 7. Najlepszą zgodność z temperaturą średnią z pomiarów termoparą typu K (metoda D na rys. 7) uzyskano w analizie TG, DTG (metoda C). Obserwowane różnice wartości temperatury mieszczą się w zakresie od 0 do 17 K (odpowiednio nr 2 i 5 na rys. 7). Obie teoretyczne metody (A i B) nie dawały wiarygodnych wyników w przypadku płyty wiórowej (nr 6 w tab. 2).

Ponadto z przeprowadzonych badań wynika, że powierzchniowa temperatura zapalenia jest wielkością zależną, nie tylko od właściwości wyrobu, ale również od warunków badania, takich jak konfiguracja próbki lub poziom zewnętrznego strumienia promieniowania cieplnego. Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że różne mechanizmy zapłonu obserwuje się w obu konfiguracjach próbek: dla poziomej jest to zapłon w fazie stałej, a dla pionowej – zapłon w fazie gazowej. Dalsze badania byłyby niezbędne dla wyjaśnienia tego zagadnienia.

Podsumowując wykonane badania i analizy powierzchniowej temperatury zapalenia wyrobów drewnopochodnych należy stwierdzić, że wielkość ta występująca często w literaturze tematu, zwłaszcza w związku z zagadnieniami modelowania procesów związanych z pożarami, jest nieco iluzoryczna, trudna do zmierzenia i teoretycznego określenia. Stosowane powszechnie w modelowaniu metody jej oszacowania mogą się wiązać z dużymi błędami. Wyniki tak uzyskiwane

należy traktować z dużą ostrożnością, interpretując je raczej jakościowo a nie ilościowo. Konieczna jest również weryfikacja doświadczalna uzyskiwanych na tej podstawie wyników obliczeń.

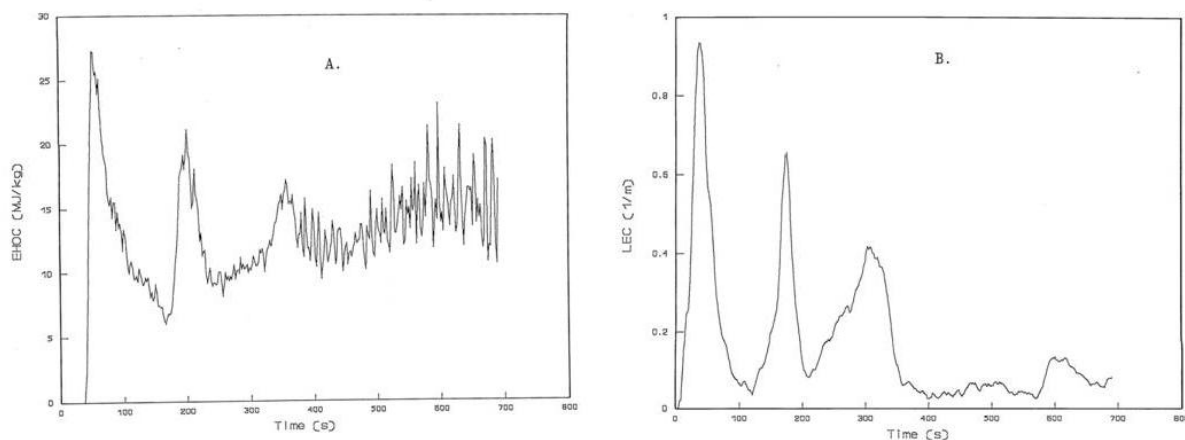


Rys. 7. Powierzchniowa temperatura zapalenia wyrobów celulozowych określona czterema metodami [C2]: A – teoretyczna wg [A 15],[C2], B – teoretyczna wg [A16],[C2], C - analiza termogravimetryczna TG, DTG przy szybkości nagrzewania 5°C/min i przepływie powietrza 100 ml/min, D – pomiar termoparą typu K [C 2]; numeracja wyrobów zgodnie z tabelą 2.

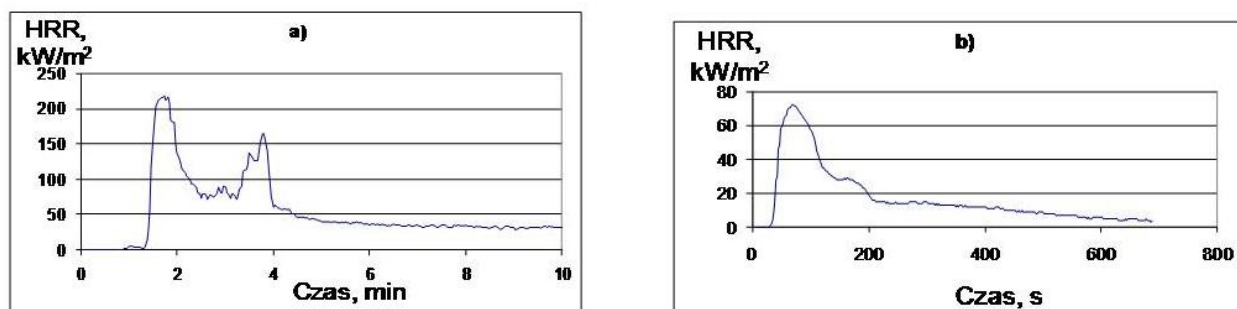
5.2 Badania wielkości charakteryzujących wyrobów budowlany, istotnych dla procesu spalania

Wielkości zmierzone w kalorymetrze stożkowym dla wyrobów budowlanych bardzo dobrze charakteryzują proces spalania tych wyrobów. Między tymi wielkościami mogą występować wzajemne zależności, przykładowo obserwuje się jakościową korelację efektywnego ciepła spalania EOHC (rys.8A) i współczynnika zanikania wiązki światła LEC (rys.8B). Piki na obu wykresach pokrywają się z pewnym opóźnieniem w czasie (około 50 s) w przypadku LEC, wynikającym z oddalenia miejsca jego pomiaru[C3]. Zanikanie wiązki światła charakteryzuje pośrednio dymotwórczość wyrobu - cechę istotną dla widoczności na drogach ewakuacji w budynku, a tym samym bezpieczeństwa osób przebywających w budynku podczas pożaru. Obserwowana korelacja dowodzi występowania zależności między odgazowaniem próbki lub wytwarzaniem dymu (LEC) a spalaniem, wyrażonym w tym wypadku efektywnym ciepłem spalania (EOHC). Ponadto na rys. 8A widoczny jest oscylujący wzrost efektywnego ciepła spalania, wynikający ze spalania bezpłomieniowego (tlenia) po zgaśnięciu płomienia w czasie 400s od początku badania. Jest to efekt charakterystyczny dla wyrobów

celulozowych, dla których uzyskuje się również odmienne profile szybkości wydzielania ciepła - widoczny wyraźnie drugi pik charakterystyczny dla spalania bezpłomieniowego (tlenia) w fazie stałej (rys. 9a) [C4].



Rys.8. Porównanie profilu efektywnego ciepła spalania EHOc (A) i współczynnika zanikania wiązki światła LEC w przewodzie wentylacyjnym kalorymetru stożkowego (B) – wyniki badań dla sklejki (nr.3 w tabeli 2) w warunkach zewnętrznego promieniowania cieplnego 50 kW/m²[C3].

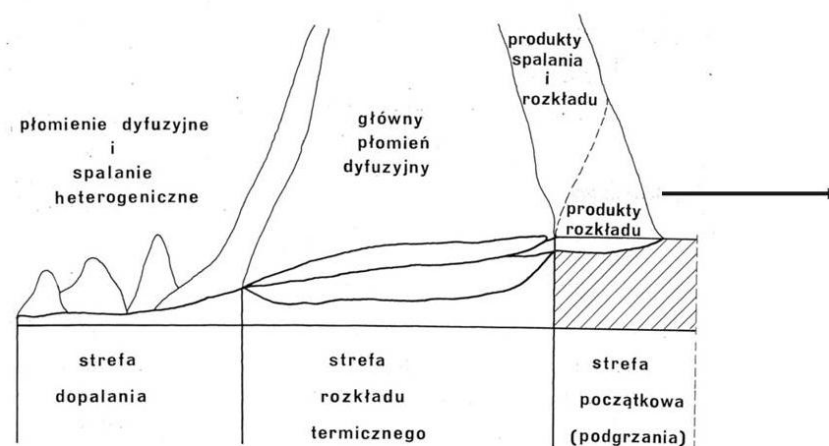


Rys.9. Typowe profile szybkości wydzielania ciepła HRR uzyskane w kalorymetrze stożkowym:
a) sklejka b) płyta gipsowo-kartonowa [C4]

W związku z doniesieniami literaturowymi na temat zależności ciepła spalania brutto różnych rodzajów drewna od zawartości ligniny [A21] przeprowadzono systematyczne badania z tym zakresie dla wyrobów drewnopochodnych scharakteryzowanych w tabeli 2. Oznaczenie zawartości ligniny wykonano trzema metodami, w tym metodą opisaną szczegółowo w pracy [C3], uwzględniając wyflukanie kleju w ciepłej kąpeli roztworu etanolu (95%) i benzenu w proporcji 1:2 (obj.). Procentową zawartość ligniny porównano z wartościami maksymalnymi efektywnego ciepła spalania zmierzonego w kalorymetrze stożkowym w różnych zakresach zewnętrznego promieniowania cieplnego oraz ciepła spalania brutto i netto oznaczonego w tzw. tlenowej bombie kalorymetrycznej, metodą zgodnie z [A22]. Nie uzyskano jednak w tym przypadku statystycznie istotnych korelacji. Znacznie lepsze korelacje uzyskano między ciepłem spalania (wszystkie rodzaje) i ubytkiem masy[C3].

5.3 Rozprzestrzenianie płomienia/ognia

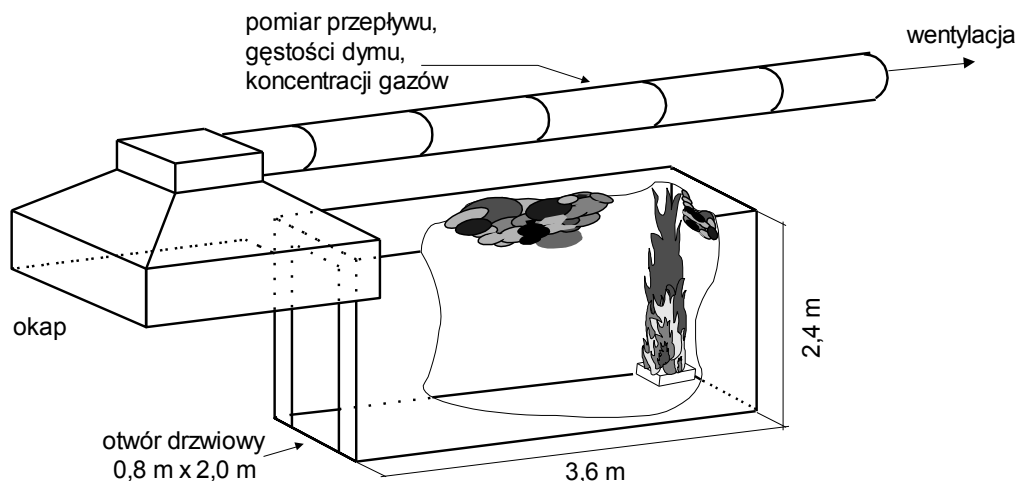
Proces rozprzestrzeniania płomienia może być rozważany jako postępujący front zapłonu, w którym czołowa krawędź płomienia pełni rolę źródła ciepła umożliwiającego podgrzanie paliwa przed frontem płomienia do punktu zapłonu (rys. 10). Duży wpływ na szybkość rozprzestrzeniania płomienia ma usytuowanie powierzchni i kierunek propagacji płomienia. Zmiana fizycznych oddziaływań pomiędzy płomieniem i niespalonym paliwem w miarę zmiany orientacji czyli kąta nachylenia, wpływa istotnie na wzrost szybkości rozprzestrzeniania płomienia. Ze względu na przenoszenie ciepła przez konwekcję, płomień rozprzestrzenia się najszybciej w kierunku pionowo w górę. Zagadnienie rozprzestrzeniania płomienia było przedmiotem mojej rozprawy doktorskiej pt. „Badanie procesu rozprzestrzeniania płomienia po powierzchni ciał stałych o budowie polimerowej” [B1] oraz związanych z nią publikacji [B2], [B3].



Rys.10. Strefy w procesie rozprzestrzeniania płomienia wzdłuż poziomo usytuowanej warstwy paliwa stałego [B1]; strzałka wskazuje kierunek propagacji płomienia.

Możliwość rozprzestrzeniania płomienia/ognia w pomieszczeniu określa się pomiarem całkowitego strumienia ciepła (HRR, kW) wykonanym za pomocą miernika strumienia ciepłego umieszczonego w środku geometrycznym podłogi specjalnie do tego celu skonstruowanego, znormalizowanego pomieszczenia badawczego o niewielkiej kubaturze [A11]. Pomiar ten obejmuje również wpływ źródła zapalenia, którym jest płomień tzw. palnika piaskowego zasilanego propanem. Górna powierzchnia palnika o wymiarach nominalnych 0,31 m X 0,31 m, wykonana z ogniotrwałego materiału, znajduje się 0,3 m nad powierzchnią podłogi w narożu pomieszczenia (rys. 11).

Bezpośrednio po zapaleniu pożar w pomieszczeniu rozwija się swobodnie jak w przestrzeni otwartej. Zmiana skali pożaru następuje albo w wyniku rozprzestrzeniania płomienia w obrębie pierwszego zapalonego elementu lub przedmiotu, albo w wyniku przejścia płomienia na inne sąsiednie elementy lub przedmioty (obiekty).



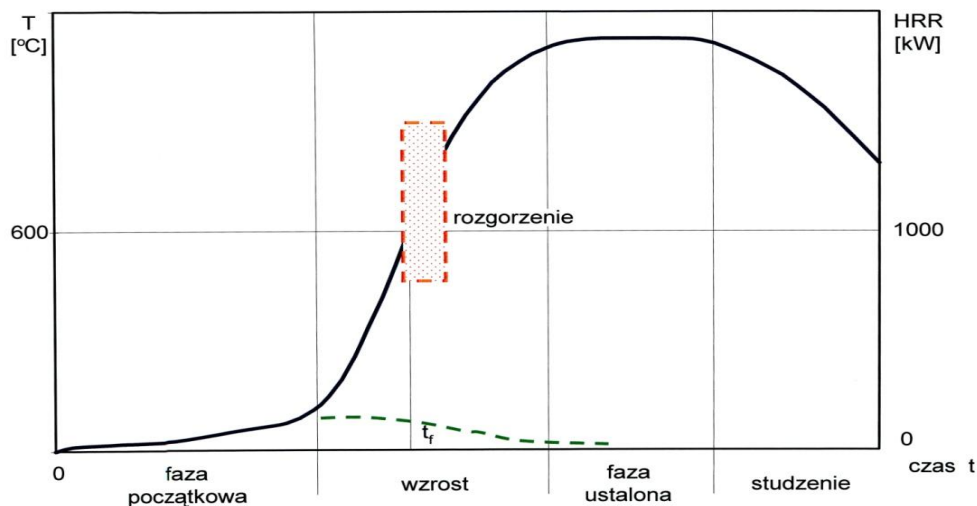
Rys. 11. Schemat stanowiska do badania pożaru powstającego w narożu pomieszczenia [A11], [C4]

5.4 Rozgorzenie

Teoretyczny przebieg w czasie, średniej temperatury gazów lub całkowitego strumienia ciepła w relatywnie małym pomieszczeniu (rys. 11), w literaturze nosi nazwę krzywej pożaru (rys. 12). Niewiele pożarów przebiega zgodnie z tą krzywą, ale jest ona przydatna do wyjaśnienia natury zjawiska rozwoju pożaru i analizy faz pożaru. Po pierwszej fazie początkowej, kiedy następuje powolny przyrost temperatury i całkowitego strumienia wydzielania ciepła, pożar może albo samoistnie wygasnąć z powodu braku świeżego paliwa niezbędnego do podtrzymania reakcji spalania (sytuację tę obrazuje krzywa przerywana) albo rozwijać się dalej przechodząc do fazy wzrostu. W pewnych sprzyjających rozwojowi pożaru warunkach może dojść do zdarzenia polegającego na nagłym ogarnięciu spalaniem całej powierzchni materiału palnego wewnątrz wydzielonej przestrzeni, które określamy mianem rozgorzenia (ang. flashover). Zdarzenie to dzieli proces rozwoju pożaru na dwa – zasadnicze i różne pod względem natury zjawiska – etapy istotne dla bezpieczeństwa pożarowego budynku: przed rozgorzeniem i po rozgorzeniu.

Faza przed rozgorzeniem charakteryzuje się relatywnie niewielkim oddziaływaniem termicznym pożaru na konstrukcję. W tej fazie stosunkowo łatwo można ograniczyć pożar do pomieszczenia, w którym został on zainicjowany, zapobiegając jego dalszemu rozprzestrzenianiu się.

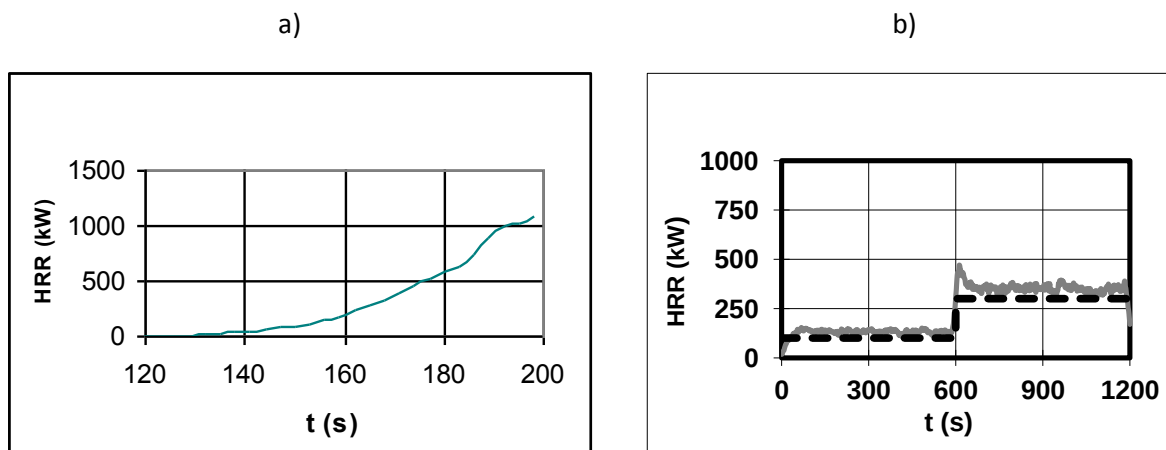
Po rozgorzeniu następuje faza pełnego rozwoju pożaru, w tym faza ustalona, podczas której zarówno całkowity strumień ciepła jak i średnia temperatura gazów w pomieszczeniu osiąga wartości maksymalne i w zasadzie nie zmienia się. W fazie po rozgorzeniu może łatwo dojść do przejścia pożaru do innych pomieszczeń albo sąsiednich, albo nawet znacznie oddalonych od miejsca jego powstania np. przewodami wentylacyjnymi pożar może się przenieść do pomieszczeń usytuowanych w dużej odległości wewnątrz budynku. Po rozgorzeniu możliwe jest również przejście pożaru na sąsiadujące z budynkiem obiekty.



Rys. 12. Fazy pożaru w małym pomieszczeniu [C4]

Kiedy reakcja spalania obejmuje odpowiednio dużą powierzchnię palnego materiału, utleniacz, którym jest tlen z powietrza, wyczerpuje się i proces spalania ulega spowolnieniu, ponieważ jest kontrolowany przez dostępność utleniacza. W końcowej fazie następuje dopalanie i studzenie, a temperatura i strumień ciepła w pomieszczeniu maleją.

W serii badań rozwoju pożaru w pomieszczeniu wykonanych w laboratorium ITB w Warszawie dla grupy kilkunastu wyrobów powierzchniowych [C4], przykładowo: sklejka, płyty gipsowo-kartonowe, płyta gipsowo-włóknowa (włókno celulozowe), płyta krzemianowa, wyróżniono dwa charakterystyczne profile całkowitego strumienia ciepła (rys. 13).



Rys. 13. Charakterystyczne profile całkowitej szybkości wydzielania ciepła w badaniu rozwoju pożaru w narożu pomieszczenia [C4]:

- a) wykładzina PVC zamocowana klejem na ścianach pomieszczenia
- b) płyta gipsowo-kartonowa pokryta trzykrotnie farbą akrylową, zainstalowana na ścianach pomieszczenia

Krzywa na rys. 13a obrazuje bardzo szybki proces rozwoju pożaru, w którym poziom 1000 kW – odpowiadający warunkom przejścia do stanu rozgorzenia – został osiągnięty w czasie około 3 minut. Badanie to zostało przerwane ze względów bezpieczeństwa, długo przed upływem normowego czasu badania wynoszącym 20 minut. Odminną sytuację obrazuje krzywa na rys. 13 b), gdzie linia ciągła obrazuje całkowity strumień ciepła w czasie 20 min badania, a linia przerywana przedstawia profil całkowitego strumienia ciepła wydzielanego przez piaskowy palnik propanowy, stanowiący normowe źródło zapalenia w tym badaniu. Widoczny jest skokowy wzrost mocy cieplnej palnika od 100 kW podczas pierwszych 10 min po zapaleniu, do 300 kW w kolejnych 10 minutach badania. Przyrost całkowitego strumienia ciepła powyżej strumienia palnika pochodzący od badanego wyrobu jest niewielki (max. 120,51 kW) i krótkotrwały (spadek do wartości poniżej 100 kW w czasie 60 s). Przebieg wykresu na rys. 13a) jest typowy dla wyrobu łatwopalnego, natomiast na rys. 13b) dla wyrobu niepalnego.

6. Użyteczność budowlana wyrobów a bezpieczeństwo pożarowe budynków

Spalanie może przebiegać płomieniowo lub bezpłomieniowo (tlenie/żarzenie). Spalanie bezpłomieniowe jest wynikiem niedoboru utleniacza w strefie reakcji. Sytuacja taka jest nierzadko obserwowana w warunkach rzeczywistego pożaru, zwłaszcza w fazie dopalania [C5]. Niekiedy spalanie bezpłomieniowe może przebiegać w budynkach w sposób niezauważalny przez dłuższy czas (rzędu kilku lub kilkunastu dni), stwarzając zagrożenie pożarowe – dotyczy to szczególnie izolacji w płytach warstwowych.

Wyroby palne stają się paliwem w sytuacji pożaru. Zachodzi ich termiczna i chemiczna degradacja w wyniku oddziaływań pożarowych. Przejście od spalania bezpłomieniowego do płomieniowego jest punktem krytycznym w rozwoju pożaru. Spalanie bezpłomieniowe długotrwałe dotyczy głównie palnych wyrobów izolacyjnych, które charakteryzują się małą gęstością i dużą porowatością. W porach znajduje się zwykle dodatkowa ilość utleniacza, co podtrzymuje samoistnie reakcję spalania i przyczynia się do jej propagacji. Pożar jest źródłem przepływów konwekcyjnych wewnątrz budynku, z powodu powstających różnic temperatur. Na przejście do spalania płomieniowego duży wpływ ma przepływ powietrza nad powierzchnią strefy spalania bezpłomieniowego. Minimalna prędkość przepływu dla zgodnych kierunków przepływu i propagacji frontu spalania wynosi 2 m/s, a dla przeciwnych jest ponad dwukrotnie większa i równa 5 m/s [C5]. Nawet wyroby niepalne mogą stanowić zagrożenie dla osób ewakuowanych i ekip ratowniczych, ze względu na utratę swych właściwości, co wpływa na bezpieczeństwo pożarowe budynku (np. betony wysokiej wytrzymałości, stal) [C6]. Problematyka związana z wyrobami nie znajduje należytego miejsca w dotychczas stosowanych metodach analizy rozwoju pożaru i strategii bezpieczeństwa pożarowego [C7]. Stosowane obecnie podejście „globalnych wskaźników” nie przyczynia się do rozwoju wiedzy w dziedzinie budownictwa w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, co jest i będzie w jeszcze większym stopniu barierą stosowania nowoczesnych wyrobów w budownictwie. Konieczne jest bardziej dokładne niż dotychczas powiązanie wyników badań ogniowych z rzeczywistymi procesami zachodzącymi w wyrobach podczas spalania. Przykładem jest zaproponowana koncepcja modyfikowanego ciepła spalania (rozdz. 7).

Aspekty techniczne bezpieczeństwa pożarowego budynków związane ze spalaniem są różne w zależności od fazy pożaru i można je wyróżnić następująco [C8]:

1) faza przed rozgorzeniem:

- zapewnienie ewakuacji osób i ochrona przed obrażeniami
- ograniczenie początkowego oddziaływania płomienia

- ograniczenie szybkości rozwoju pożaru w miejscu jego powstania
- ograniczeni przejścia pożaru do innych pomieszczeń w budynku

2) faza po rozgorzeniu:

- uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych
- zabezpieczenie ewakuacji osób z budynku
- ograniczenie przejścia pożaru do innych stref wydzielonych w budynku, w tym tzw. stref bezpiecznych
- przejście pożaru na sąsiednie obiekty
- ochrona mienia i utrzymanie funkcji budynku.

Problematyka niniejszego studium wiąże się z zagadnieniami wyróżnionymi powyżej podkreśleniem. Jednym z najbardziej istotnych zagadnień w bezpieczeństwie pożarowym jest rozróżnienie wyrobów niepalnych i palnych. W systemie europejskim stosuje się normowe metody badawcze i określone kryteria klasyfikacyjne, przykładowo podane w tabeli 3. Obecnie stosowane wielkości kryterialne dla Euroklas umożliwiają uszeregowanie palnych wyrobów według wartości przyjętych arbitralnie kryteriów klasyfikacyjnych dla poszczególnych grup. Kryteria te nie są powiązane z procesem rozwoju pożaru, przykładowo rozgorzenie w pomieszczeniu zachodzi w temperaturach średnich w przedziale od 600 °C do 1000 °C, podczas gdy badanie niepalności wykonuje się w temperaturze 750 °C. W zakresie temperatur odpowiadającym fazie rozgorzenia i po rozgorzeniu nie ma znaczenia czas do samozapalenia ani przyrost temperatury o 20°C (różnica wartości ΔT dla obecnych klas A1 i A2).

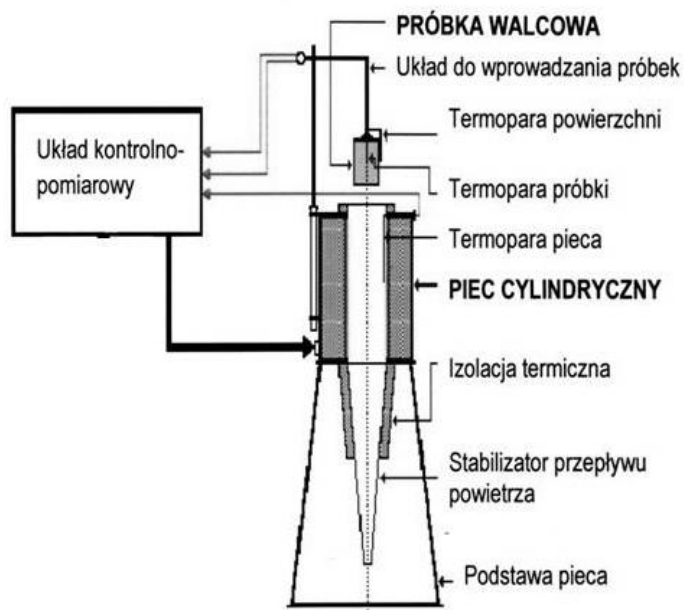
Tabela 4. Przykładowe wymagania dla wyrobów budowlanych - Euroklasy A1 i A2 [A23], [C8].

Kryterium	A1	A2	Metoda badania
1. Przyrost temperatury w piecu ΔT , °C	≤ 30	≤ 50	EN ISO 1182
2. Ubytek masy próbki Δm , %	≤ 50	≤ 50	[A24]
3. Czas do zapalenia płomieniowego t_f , s	0	≤ 20	
4. Ciepło spalania brutto HC, MJ/kg	$\leq 2,0$ $\leq 1,4^*$	$\leq 3,0$ $\leq 4,0^*$	EN ISO 1716 [A22]

* „dla składnika drugorzędowego wewnętrznego wyrobów homogenicznych” .

Kryteria 1-3 odnoszą się do badań wykonanych w małym piecu cylindrycznym [A24], natomiast kryterium 4 określa się w tlenowej bombie kalorymetrycznej metodą zgodnie z [A22]. W przypadku klasy A2 dodatkowymi kryteriami są wielkości uzyskiwane tzw. metodą SBI, której omówienie wykracza poza zakres niniejszej pracy.

Urządzenie do badania niepalności [A24] (rys. 14) – określane często jako piec cylindryczny – składa się głównie z cylindrycznego odcinka ognioodpornej rury o wymiarach: 150 mm (wysokość) x 75 mm (wewnętrzna średnica) x 10 mm (grubość), podstawy, stożka stabilizującego przepływ powietrza i osłony. Piec jest elektrycznie ogrzewany do temperatury 750 ± 10 °C. Próbkę w kształcie walca o wysokości 50 mm i średnicy podstawy 45 mm umieszcza się centralnie wewnątrz pieca. Badanie wykonuje się dla 5 próbek wyrobu. Podczas badania rejestruje się przyrost temperatury wewnątrz pieca przy użyciu termopary typu K oraz czas ustabilizowanego spalania płomieniowego; określa się również procentowy ubytek masy próbki.



Rys. 14. Schemat stanowiska badawczego do badania niepalności wyrobów budowlanych metodą [A24]. Montaż termopary próbki jest opcjonalny.

Opracowanie własne na podstawie: www.lab-ktzo.ps.pl/instrukcje/pb01-1182.pdf (dostęp 06.2016)

Urządzenie do badania ciepła spalania brutto [A22] znane jest również w energetyce pod nazwą tlenowej bomby kalorymetrycznej, gdzie służy od wielu lat do określania kaloryczności paliw. Jego zasadnicze elementy to:

- wysokociśnieniowa komora spalania zanurzona w płaszczu wodnym wyposażonym w mieszadło napędzane silnikiem o stałej prędkości;
- urządzenie do pomiaru i rejestracji temperatury z dokładnością do 0.002°C ;
- tygiel wykonany z materiału odpornego na ciepło, korozję i utlenianie, w którym umieszcza się badaną próbkę
- źródło zapalenia, którym jest stalowy drut oporowy połączony z obwodem elektrycznym.

Próbka o określonej masie spalana jest w znormalizowanych warunkach, w stałej objętości, w atmosferze tlenu w urządzeniu wzorcowanym przez spalanie certyfikowanego kwasu benzoesowego. Bada się minimum trzy próbki każdego wyrobu. W badaniu określa się wartość kaloryczną próbki materiału na podstawie przyrostu temperatury w naczyniu kalorymetrycznym z uwzględnieniem strat ciepła i utajonego ciepła parowania wody. Nowoczesne aparaty, między innymi ten stosowany na potrzeby niniejszego studium, są w pełni zautomatyzowane, co znacznie zwiększa dokładność metody badawczej.

7. Koncepcja modyfikowanego ciepła spalania i jej weryfikacja

Doniesienia literaturowe (Dietenberger [A25], Madrigal [A26]) wskazują na problemy z bezpośrednim zastosowaniem wyników badania ciepła spalania w analizie rozwoju pożaru w przypadku rzeczywistych wyrobów stosowanych w budownictwie. Jeden z najczęściej wskazywanych problemów występuje dla wyrobów ulegających zwęgleniu i polega na tym, że ciepło spalania wydzielonych gazów tworzących płomień dyfuzyjny nie jest równe całkowitemu ciepłu spalania

brutto zmierzonemu dla całego wyrobu. Aby zniwelować te problemy, zaproponowałam koncepcję modyfikowanego ciepła spalania MHC [C9] obliczanego według wzoru:

$$(1)$$

gdzie:

MHC – modyfikowane ciepło spalania [MJ/kg]

HC – ciepło spalania [MJ/kg] określone metodą [A22]

Δm – ubytek masy [-] określony w badaniu metodą [A24].

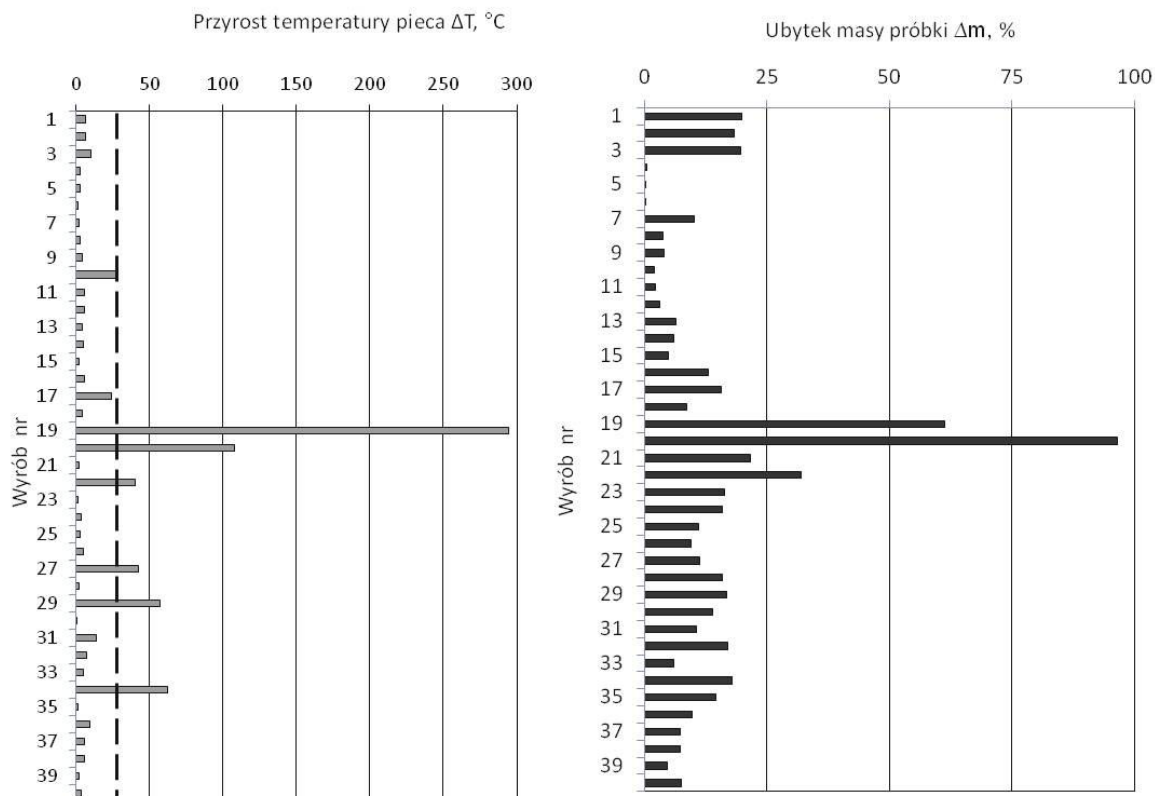
MHC łączy w sobie wyniki obu metod badawczych, stosowanych do klasyfikacji wyrobów niepalnych (klasa A1) przez co zwiększa możliwość rozgraniczenia między wyrobami niepalnymi i palnymi.

Koncepcja modyfikowanego ciepła spalania została zweryfikowana w oparciu o wyniki badań komercyjnych dla grupy kilkudziesięciu rynkowych wyrobów budowlanych (tabela 5), które pogrupowano w zależności od przeznaczenia wyrobu w budynku w następujących kategoriach:

- I. Beton i ceramika budowlana
- II. Izolacje cieplne lub akustyczne
- III. Płyty okładzinowe
- IV. Zaprawy, tynki, kleje
- V. Warstwy cienkopowłokowe

Nazwy handlowe pominięto ze względu na wymóg poufności. Wyniki porównano z kryteriami dla klasy A1 (tab.4) podanymi w normie klasyfikacyjnej [A23]. W przypadku braku wyników dla metody wg [A24] klasyfikacja nie była możliwa, co zostało oznaczone znakiem zapytania. Nie stwierdzono występowania statystycznie istotnej korelacji [C9] ciepła spalania brutto wg [A22] a przyrostem temperatury w piecu lub ubytkiem masy wg [A24], ani też między dwoma ostatnimi wielkościami (rys. 15).

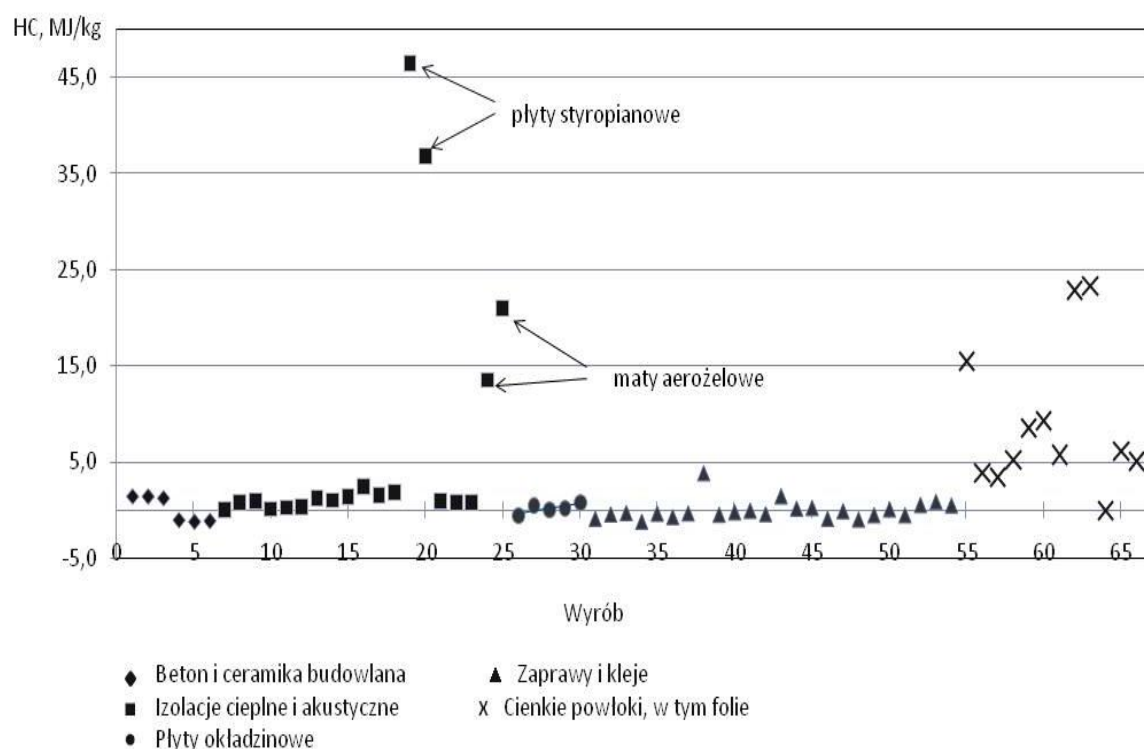
Wyniki badań niepalności wykonanych metodą wg [A24] zestawiono na rysunku 15. Przyrost temperatury pieca ΔT znajduje się w szerokim zakresie między 0.1 °C (nr 36) do 294.49 (nr 24), a tylko 5 na 40 badanych tą metodą wyrobów prezentowało wartości $\Delta T > 30$ °C (patrz rys. 15). Podobną tendencję obserwowano dla określanego w tym samym badaniu, procentowego ubytku masy Δm . Wartości te również były w szerokim zakresie od 0.1 % (nr 6) do 96.4 % (nr 25), chociaż tylko w przypadku 4 z 40 wykonanych tą metodą badań uzyskano ubytek masy powyżej 20 % (rys. 15). Duże różnice ubytku masy występują w różnych grupach wyrobów. Przykładowo w grupie I i IV uzyskano Δm poniżej 20 %, przy czym dla większości wyrobów z tych grup są to wartości mniejsze niż 10%. Najmniejsze ubytki masy występowały dla wyrobów o najwyższej zawartości frakcji mineralnej. Największe ubytki masy uzyskano paradoksalnie dla mat aerożelowych (nr 24 i 25), które były przez producentów deklarowane wstępnie jako niepalne.



Rys. 15. Porównanie wyników badania niepalności wg [A24]; numeracja wyrobów wg tab.5. [C9]

Wyniki badań ciepła spalania brutto (rys. 16) mieszczą się w bardzo szerokim zakresie. Dla wyrobów wchodzących w reakcje endotermiczne (18 z 66), uzyskano ujemne wartości ciepła spalania brutto (HC), w większości wyroby z grupy IV. Maksymalną wartość HC, równą 46.49 MJ/kg uzyskano dla polistyrenu spienionego zwykłego. Dla niepalnionego polistyrenu spienionego wartość HC była blisko 10 MJ/kg niższa, ale wciąż bardzo wysoka – 36.84 MJ/kg. Tak duże wartości HC są typowe dla paliw stosowanych w energetyce do wytwarzania energii, dla których mieszczą się one w przedziale od 7.5 MJ/kg (niskiej jakości węgiel brunatny) [A27] do 28 MJ/kg (antracyt) [A28]. Typowe HC dla drewna wynosi 18.5 MJ/kg [A29]. Największe wartości HC otrzymano dla grup II i V (patrz rys. 16), chociaż zdecydowana większość badanych wyrobów (79%) miała wartości HC poniżej 5 MJ/kg.

Zgodnie z klasyfikacją CEN, wartość graniczna HC dla wyrobów niepalnych (klasa A1 w tab. 4) wynosi 2.0 MJ/kg „dla homogenicznych wyrobów i zasadniczych składników niehomogenicznych wyrobów i jakichkolwiek zewnętrznych składników tych wyrobów oraz dla całego wyrobu niehomogenicznych” lub 1.4 MJ/kg dla pozostałych składników wyrobów niehomogenicznych. Pierwsze kryterium 2.0 MJ/kg odnosi się do wyrobów z grup I, II i III, natomiast drugie (1.4 MJ/kg) może być właściwe dla grup IV i V. Stosując wyłącznie te kryteria, wszystkie wyroby z grup I i III, a także 73% wyrobów z grupy II oraz 92% z grupy IV można byłoby hipotetycznie zaliczyć do niepalnych.



Rys. 16. Wyniki badań ciepła spalania brutto dla wyrobów przedstawionych w tab. 5 [C9].

Inna sytuacja występuje w grupie V, w której żaden wyrób nie spełniał obu kryteriów. Wyroby z tej grupy mogą zawierać więcej składników organicznych (palnych) niż pozostałe. Jakkolwiek uwzględniając sposób aplikacji tych wyrobów budynku oraz niewielką ilość zastosowanego wyrobu, należy stwierdzić, że zagrożenie pożarowe powodowane przez te wyroby może być niewielkie w warunkach rzeczywistych, ponieważ są one zwykle umieszczone pod niepalnymi okładzinami np. ceramicznymi płytkami. Ale w niektórych sytuacjach (scenariuszach pożaru) ich specyficzne właściwości mogą być istotne w wczesnej fazie rozwoju pożaru. Przykładem może tu być okładzian papierowa maty szklanej (nr 64) lub welony szklane (nr 65, 66).

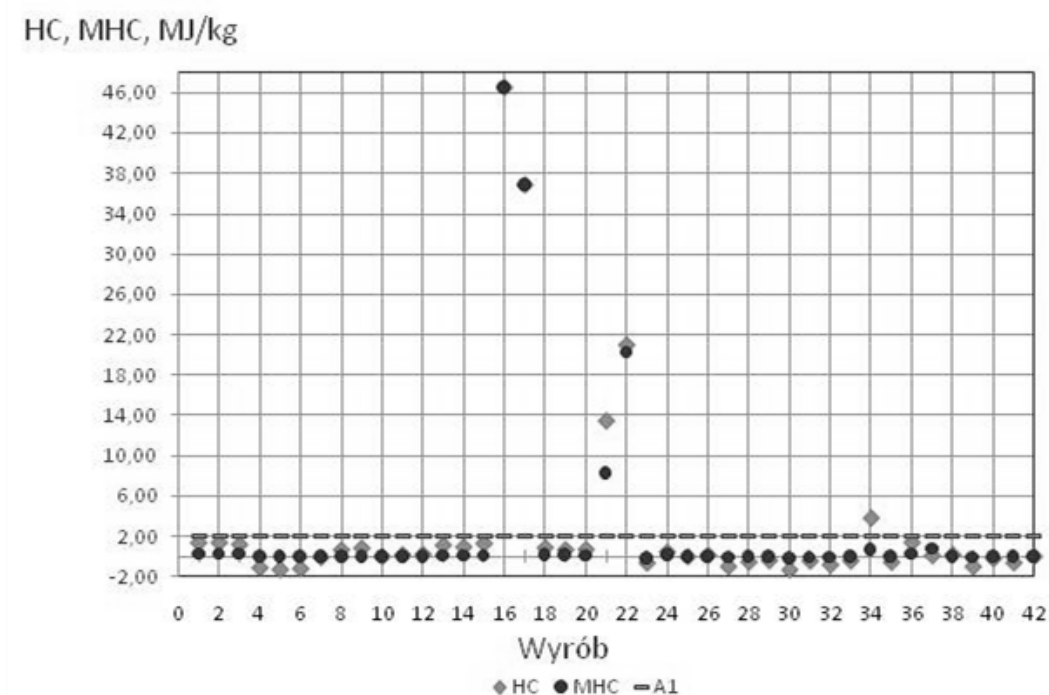
Tabela 5. Zestawienie wyników badań komercyjnych wyrobów budowlanych metodami wg [A22], [A24].[C9]

Nr	Wyrób	HC MJ/kg g	t_f s	Δm %	ΔT °C	MHC MJ/kg g	Klasa A1 T/N
I. Beton i ceramika budowlana							
1	beton komórkowy nr 1	1.39	0	19.8	6.5	0.28	T
2	beton komórkowy nr 2	1.39	0	18.3	6.8	0.25	T
3	beton komórkowy nr 3	1.21	0	19.6	9.8	0.24	T
4	ceramika budowlana HD nr 1	-1.10	0	0.5	2.6	-0.01	T
5	ceramika budowlana HD nr 2	-1.27	0	0.3	2.6	0.00	T
6	ceramika budowlana zwykła	-1.18	0	0.1	1.5	0.00	T
II. Izolacje cieplne lub akustyczne							
7	płyta z wermikulitu	-0.06	0	10.2	2.3	0.00	T
8	włna mineralna nr 1	0.69	0	3.8	2.5	0.03	T

9	wełna mineralna nr 2	0.85	0	4.1	4.2	0.03	T
10	wełna mineralna nr 3	0.03	0	2.0	28	0.00	T
11	wełna mineralna nr 4	0.19	0	2.2	5.8	0.00	T
12	wełna mineralna nr 5	0.23	0	3.2	5.4	0.01	T
13	wełna szklana nr 1	1.15	0	6.5	4.2	0.07	T
14	wełna szklana nr 2	0.97	0	5.9	5.3	0.06	T
15	wełna szklana nr 3	1.31	0	4.8	2.1	0.06	T
16	wełna szklana nr 4	2.36					N
17	wełna szklana nr 5	1.43					?
18	wełna szklana nr 6	1.81					?
19	styropian	46.49					N
20	styropian "samogasnący"	36.84					N
21	system izolacyjny i ogniochronny nr 1	0.89	0	13.1	5.7	0.12	T
22	system izolacyjny i ogniochronny nr 2	0.70	0	15.7	23.8	0.11	T
23	płyta krzemianowo-wapniowa	0.72	0	8.7	3.9	0.06	T
24	mata aerożelowa nr 1	13.46	187.5	61.3	294.4	8.26	N
25	mata aerożelowa nr 2	20,98	170	96.4	107.8	20.23	N
III Płyty okładzinowe							
26	elementy elewacyjne z gipsu	-0.63	0	21.7	1.8	-0.14	T
27	płyta włóknisto-cementowa	0.47	92	32.0	40	0.15	T
28	płyta krzemianowa nr 1	0	0	16.3	1.3	0.00	T
39	płyta krzemianowa nr 2	0.16	0	16.0	3.2	0.03	T
30	płyta gipsowo-kartonowa	0.71					?
IV Zaprawy, tynki, kleje							
31	gładź gipsowa	-0.97	0	11.0	2.6	-0.11	T
32	masa szpachlowa nr 1	-0.52	0	9.6	5.2	-0.05	T
33	masa szpachlowa nr 2	-0.38	16	11.3	42.5	-0.04	N
34	masa szpachlowa nr 3	-1.30	0	15.9	2.0	-0.21	T
35	masa szpachlowa nr 4	-0.42	0	16.7	56.8	-0.07	N
36	masa szpachlowa nr 5	-0.80	0	13.9	0.1	-0.11	T
37	tynk mineralny nr 1	-0.41	0	10.6	14.0	-0.04	T
38	masa natryskowa	3.83	0	16.9	7.5	0.65	T
39	zaprawa klejowa I szpachlowa nr 1	-0.54	0	6.0	4.7	-0.03	T
40	zaprawa klejowa I szpachlowa nr 2	-0.28					?
41	zaprawa klejowa I szpachlowa nr 3	-0.12					?
42	zaprawa klejowa I szpachlowa nr 4	-0.49					?
43	masa szczepna nr 1	1.41	0	17.8	62.6	0.25	N
44	masa szczepna nr 2	0.11	30.8	14.6	1.4	0.75	N
45	zaprawa klejowa nr 1	0.19	0	9.7	9.6	0.02	T
46	zaprawa klejowa nr 2	-0.98	0	7.3	5.6	-0.07	T
47	mineralna zaprawa klejowa	-0.18	0	7.2	5.4	-0.01	T
48	mineralno-polimerowa zaprawa tynkarska	-1.05					?
49	klej do glazury nr 1	-0.60	0	4.6	2.4	-0.03	T
50	klej do glazury nr 2	0.03	0	7.5	3.7	0.00	T
51	klej do glazury nr 3	0.77					?
52	klej do glazury nr 4	0.48					?
53	Klej do płytek ceramicznych wysokoplastyczny	0.81					?
54	Klej elastyczny	0.44					?
V. Warstwy cienkopowłokowe							
55	Farba pęczniąca	15.46					N
56	silikonowa farba elewacyjna nr 1	3.90					N
57	silikonowa farba elewacyjna nr 2	3.39					N
58	silikonowa siatka elewacyjna	5.29					N
59	siatka zbrojeniowa	8.56					N

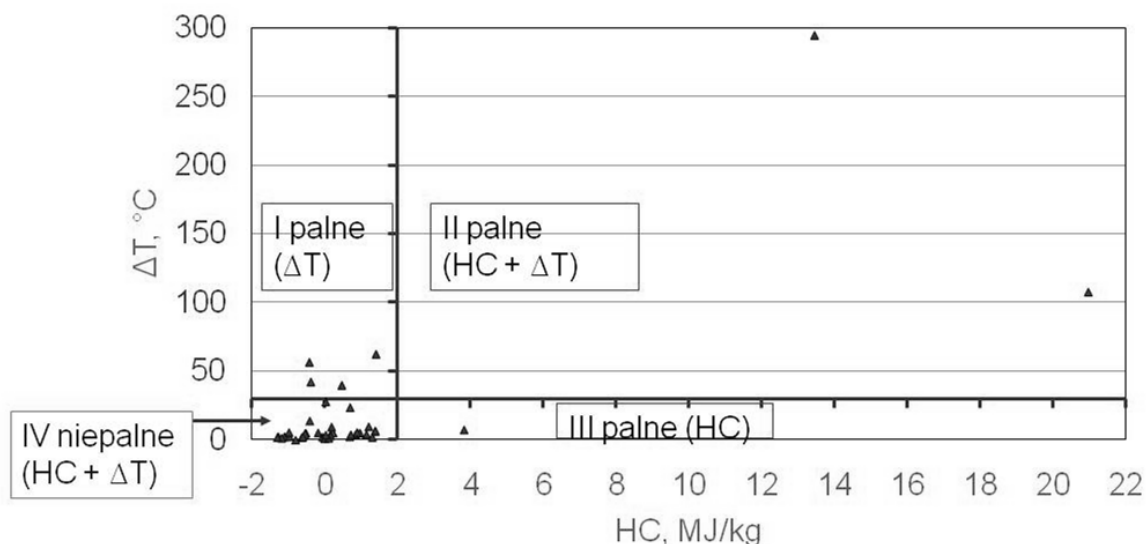
60	preparat gruntujący	9.34	N
61	pigmentowa powłoka gruntująca	5.75	N
62	folia z polietylenu	22.85	N
63	folia z klejem	23.30	N
64	papierowe pokrycie maty z wełny szklanej	23.70	N
65	welon szklany nr 1	6.16	N
66	welon szklany nr 2	5.08	N

Na podstawie uzyskanych doświadczalnie wartości Δm obliczono modyfikowane ciepło spalania dla badanych próbek zgodnie z wzorem (1) (patrz tab. 5) (rys. 17).

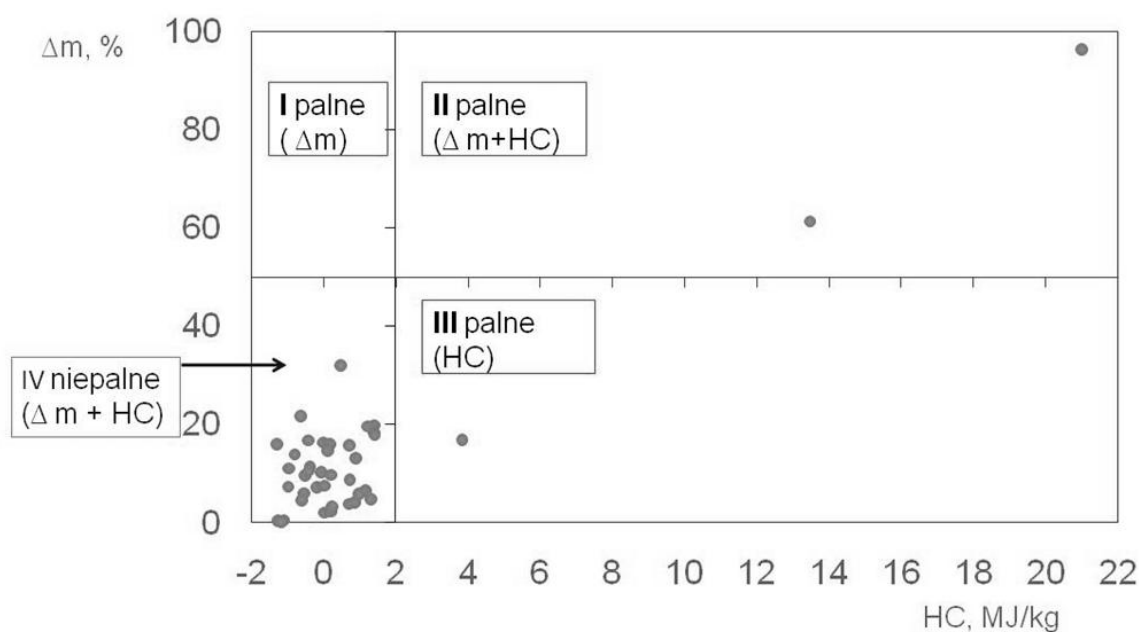


Rys. 17. Porównanie wartości ciepła spalania brutto – HC zmierzonych w bombie kalorymetrycznej [A22] z wynikami obliczeń modyfikowanego ciepła spalania – MHC i wartością kryterialną dla Euroklasy A1 (linia przerywana); numeracja wyrobów zgodna z tab.5.

Następnie wyniki przedstawiono graficznie porównując z wartościami kryterialnymi klasy A1 (tab. 4) dla ΔT i Δm , odpowiednio na rys. 18 i 19. Na rysunkach tych, pionowe i poziome osie przecinają się w punktach odpowiadających właściwym wartościom kryterialnym dla klasy A1 - ΔT i HC na rys. 18 oraz Δm i HC na rys. 19. Osie te dzielą pole wykresu na cztery obszary odpowiadające różnym właściwościom. Po lewej stronie osi pionowej znajdują się punkty reprezentujące wyroby spełniające kryterium HC (≤ 2 MJ/kg) na obu rysunkach. Poniżej poziomej osi są umiejscowione wyroby spełniające kryterium przyrostu temperatury (rys. 18) lub ubytku masy (rys. 19). Obszary usytuowane po stronie lewej dolnej i obu prawych stronach obrazują klasyfikację wyrobu odpowiednio niepalny (klasa A1) i palny (pozostałe Euroklasy).



Rys. 18. Porównanie wyników badań z wartością kryterialną dla ΔT i HC Euroklasy A1 (tab.4)



Rys. 19. Porównanie wyników badań z wartością kryterialną dla Δm i HC Euroklasy A1 (tab.4).

Tylko z czterema wyjątkami (nr 27, 33, 35 and 43 w tab.5) w przypadku ΔT (patrz rys. 18) i bez wyjątku w przypadku Δm (patrz rys. 19) występuje bardzo dobra zgodność klasyfikacji A1. Innymi słowy, badanie ciepła spalania brutto jest bardzo efektywnym narzędziem szybkiej i niskokosztowej wstępnej oceny (tzw. screeningowej) niepalności wyrobów budowlanych. Bez wykonywania dalszych badań można z dużą dokładnością przewidzieć ocenę i dokonać rozróżnienia wyrobów niepalnych i palnych, co będzie istotne na etapie projektowania i wdrażania nowych wyrobów do budownictwa.

Pewnym ograniczeniem jest tu kryterium nr 3 (t_f w tab.4) czas do samozapłonu próbki w piecu cylindrycznym [A24], którego pojawienie się może zmienić końcową klasyfikację A1. Przykładem są wyroby nr 33 i 44 w tabeli 5. Na podstawie wyników badań przedstawionych graficznie na rys. 17, 18 i 19, właściwe jest ponowne przeanalizowanie i ewentualna zmiana kryteriów klasyfikacji wyrobów

niepalnych i palnych. Wyniki badań potwierdzają również zasadność połączenia obecnych klas A1 i A2 w jedną klasę wyrobów niepalnych, co byłoby możliwym i uzasadnionym uproszczeniem obecnie stosowanego systemu Euroklas.

8. Najważniejsze osiągnięcia i potencjał aplikacyjny

Poniżej przedstawiam to, co jak uważam wniosłam do zastanego stanu wiedzy:

- Identyfikacja nowego obszaru badawczego w zakresie bezpieczeństwa pożarowego budynków, istotnego ze względu na wymagania środowiskowe o rosnącym znaczeniu w przyszłości.
- Oryginalne podejście do badań i analiz mających na celu wyjaśnienie fizycznych zjawisk zachodzących w wyrobach budowlanych we wczesnej fazie rozwoju pożaru, a w konsekwencji wpływających na poziom bezpieczeństwa pożarowego budynków. Przykładem są wykonane systematyczne badania powierzchniowej temperatury zapalenia wyrobów drewnopochodnych.
- Opracowanie koncepcji modyfikowanego ciepła spalania jako pojedynczej wielkości liczbowej łączącej w sobie wyniki dwu badań, która umożliwi bardziej dokładne rozróżnienie między palnymi i niepalnymi wyrobami oraz daje możliwość wykorzystania wyników analizy elementarnej do tego celu.
- Określenie przydatności badania ciepła spalania brutto do celów wstępnej oceny właściwości palnych wyrobów, szczególnie o dużej zawartości części lotnych. Ta metoda jest bardzo efektywnym narzędziem szybkiego, prostego i niskokosztowego wstępnego badania 'screeningowego' niepalności wyrobów budowlanych. Bez dalszych kosztownych badań możliwa jest wstępna ocena palności wyrobu i rozróżnienie z dużą dokładnością między palnymi i niepalnym wyrobami, co będzie istotne na etapie projektowania i wdrażania nowych wyrobów do budownictwa. Jednakże, końcowa klasyfikacja A1 wyrobu może być zmieniona poprzez niespełnienie trzeciego kryterium (czas do samozapłonu) w badaniu niepalności wg EN ISO 1182.
- Można wyróżnić sześć podstawowych kryteriów oceny wyrobów budowlanych w zakresie reakcji na ogień: (1) ciepło spalania, (2) przyrost temperatury, (3) ubytek masy, (4) szybkość wydzielania ciepła, (5) szybkość rozprzestrzeniania płomienia/ognia, (6) wydzielanie dymu. Każdemu z tych kryteriów można przypisać wartości kryterialne w oparciu o analizę procesu spalania wyrobu, co umożliwi weryfikację wymagań. Przykładem jest zaproponowana tu koncepcja modyfikowanego ciepła spalania.
- Podkreślenie konieczności uzupełnienia o dodatkowe, bardziej „wysublimowane” pomiary (np. temperatury powierzchniowej zapalenia wyrobu, HRR w badaniu niepalności) wykonywane podczas rutynowych normowych badań reakcji na ogień, co umożliwiłoby ich dalszą analizę teoretyczną i zastosowanie w modelowaniu wczesnej fazy rozwoju pożaru.

Celem dalszych badań powinno być powiązanie wyników badań doświadczalnych w zakresie reakcji na ogień i obliczeń. Będzie to możliwe sukcesywnie w miarę wprowadzania nowych wyrobów do budownictwa.

Zaprezentowane wyniki badań mają potencjał aplikacyjny w zakresie modyfikacji wymagań dla wyrobów budowlanych w obszarze reakcji na ogień.

Literatura

Część A. Prace innych autorów

- [A1] www.kgsp.pl, 2015 r.
- [A2] Mazur R. Analiza statystyczna pożarów w Polsce, W: Czerwona księga pożarów. Cz. II Statystyka pożarowa, CNBOP, Józefów, 2014, www.cnbop.pl/pl/wydawnictwa/ksiazki/czerwona-ksiga-poarw_10867
- [A3] [United Nations Conference on Environment and Development](#) (UNCED, Rio de Janeiro, 1992): Rio-Declaration, Agenda 21 and other documents
- [A4] Commission Communication "[A sustainable Europe for a better world: A European strategy for Sustainable Development](#)" COM(2001) 264 final
- [A5] Construction: unleashing the potential of low energy buildings to restore growth, European Commission – IP/12/869
- [A6] TORERO J.L.: Scaling-Up fire, Proceedings of the Combustion Institute 2013; 34, str. 99-124
- [A7] PN-EN ISO 13943: 2010 Bezpieczeństwo pożarowe – Terminologia
- [A8] PN-ISO 8421-1: 1997 Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Terminy ogólne i dotyczące zjawiska pożaru
- [A9] WÓJCICKI S.: Spalanie, WNT, Warszawa, 1969, s. 39
- [A10] ABRAMOWICZ M., ADAMSKI R. G.: Bezpieczeństwo pożarowe budynków. Część I., SGSP, Warszawa, 2002
- [A11] PN-ISO 9705:1999 Ochrona przeciwpożarowa – Badania ogniowe – Badanie wyrobów powierzchniowych w pomieszczeniu pełnej skali
- [A12] ISO 3261. Fire test vocabulary. International Organisation for Standardization, Genewa, 1975
- [A13] ISO 5657. Fire tests – Reaction to fire – Ignitability of building products, International Organisation for Standardization, Genewa, 1986
- [A14] ISO 5660. Fire tests – Reaction to fire – Rate of heat release from building products, International Organisation for Standardization, Genewa, 1990
- [A15] JANSSENS M. L. , W: Heat Release in Fires, ed. V. Babrauskas and S. J. Grayson, Elsevier Applied Science, London and New York, 1991, s. 267-270
- [A16] JIANMIN Q., Prediction of flame spread test results from the test data of the Cone Calorimeter. Report SP 1990:38, SP, Boras, 1990, również W: Heat Release in Fires, ed. V. Babrauskas and S. J. Grayson, Elsevier Applied Science, London and New York, 1991, s. 293-306
- [A17] SZCZEPANIAK W.: Metody instrumentalne w analizie chemicznej. Wyd. 5, Warszawa, Wydawnictwo naukowe PWN, 2008, s. 373-375
- [A18] Praca zbiorowa: Encyklopedia techniki – Chemia. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, 1993, s. 35.
- [A19] The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fourth Edition, NFPA, Quincy, USA, 2008
- [A20] ISO 3261 Fire Tests. Vocabulary. Bilingual Edition.
- [A21] WHITE R.H.: Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood, Wood Fiber Sci., 19(4), 1987, s. 446-452

- [A22] PN-EN ISO 1716: Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Badanie ciepła spalania brutto
- [A23] PN-EN 13501-1 + A1:2010P: Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień.
- [A24] PN-EN ISO 1182: Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Badanie niepalności
- [A25] DIETENBERGER M.: Update for combustion properties of wood components, Fire and materials, 26, 2002, s. 255-260
- [A26] MADRIGAL J., GUIJARRO M., HERNANDO C., Diez C., MARINO E.: Effective heat of combustion for flaming combustion of Mediterranean forest fuels, Fire Technology, 47, 2011, s. 461–474
- [A27] PAWLAK-KRUCZEK H. i inni: Co-firing of biomass with pulverised coal in oxygen enriched atmosphere, Chemical and Process Engineering vol. 34, no 2 (2013) 215-226
- [A28] PAWLAK-KRUCZEK H., Wybrane zagadnienia spalania młodych paliw kopalnych o małym stopniu metamorfizmu, Wrocław: Oficyna Wydaw., PWroc., 2003
- [A29] BABRAUSKAS V., Ignition Handbook, Fire Science Publishers, 2003

Część B Prace własne nie stanowiące cyklu

- [B1] FANGRAT J.: Badanie procesu rozprzestrzeniania płomienia po powierzchni ciał stałych o budowie polimerowej, *Study on process of flame spread over solid polymeric layer*, Rozprawa doktorska, Doctor Thesis, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, 1989
- [B2] FANGRAT J., WOLAŃSKI P.: One-dimensional analytical model of flame spread over solids. W: Journal of Fire Sciences, 1991, Vol.9, nr 5, s. 424-437
- [B3] FANGRAT J., WOLAŃSKI P.: Major factors influencing flame spreading over solid fuel layer, *Główne czynniki wpływające na rozprzestrzenianie się płomienia po powierzchni paliwa stałego*, ICDERS, Poitiers, Francja, Dynamics of deflagrations and reactive systems: Heterogeneous Combustion, Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1991, s. 261-274

Część C. Prace własne stanowiące cykl publikacji powiązanych tematycznie

- [C1] FANGRAT J.: Discussion on criteria proposed for ISO Ignitability Test; *Dyskusja kryteriów proponowanych dla badania zapalności metodą wg ISO*, Archivum Combustionis, 1992, Vol.12, nr 1-4, s. 185- 196
- [C2] FANGRAT J., Hasemi Y., Yoshida M., Hirata T.: Surface temperature at ignition of wooden based slabs; *Temperatura powierzchniowa przy zapłonie płyt drewnopochodnych*, Fire Safety Journal, 1996, Vol.27, nr 3, s. 249-259, + Erratum: Fire Safety Journal, 1997, Vol. 28, nr 4, s. 379-380
- [C3] FANGRAT J., Hasemi Y. Yoshida M., Kikuchi S.: Relationship between heat of combustion, lignin content and burning weight loss; *Zależność pomiędzy ciepłem spalania, zawartością ligniny i ubytkiem masy podczas spalania*, Fire and Materials, 1998, Vol.22, nr 1, s. 1-6,
- [C4] FANGRAT J.: Experimental and theoretical evaluation of time to flashover in a room fire scenario; *Doświadczalne i teoretyczne określenie czasu do rozgorzenia w pożarze w pomieszczeniu*, Archivum Combustionis, 2003, Vol.23, nr 1-2, s. 31-45,
- [C5] FANGRAT J.: Is flameless combustion of importance to fire safety; *Czy spalanie bezpłomieniowe jest istotne dla bezpieczeństwa pożarowego?*, Archivum Combustionis, 2004, Vol.24, nr 1, s. 1-4
- [C6] FANGRAT J.: Europejska klasyfikacja ogniowa wyrobów i elementów budowlanych; *Materiały Budowlane*, 2004, nr 3 s. 44-48,

- [C7] FANGRAT J.: Wpływ zwiększonej zawartości dodatków organicznych na właściwości ogniowe wyrobów budowlanych – badania i ocena; *Materiały Budowlane*, 2012, nr 12, s. 35-40,
- [C8] FANGRAT J.: Ile bezpieczeństwa pożarowego w wyrobach budowlanych?; *Materiały Budowlane*, 2014, nr 11 s. 36-39,
- [C9] FANGRAT J.: On non-combustibility of commercial building materials; *O niepalności komercyjnych materiałów budowlanych*, Fire and Materials, 2016, DOI:10.1002/fam.2369

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

5.1 Opublikowane prace naukowe (Załącznik 5)

Jestem autorką lub współautorką 87 publikacji naukowych krajowych i zagranicznych, w tym 5 książek, 43 artykuły w czasopismach specjalistycznych oraz 39 opublikowanych referatów i wystąpień na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych. Wykaz publikacji i prac badawczych przekazuję w załączeniu (Załącznik 5). Spośród tych prac 3 posiadają cytowania w pracach innych autorów (27 cytowań wg WoS), w wyniku czego mój **Index Hirsha** jest równy **2**. Raport cytowań z bazy WEB OF KNOWLEDGE stanowi Załącznik 8.

Dane statystyczne dotyczące publikacji po uzyskaniu stopnia doktora:

Rodzaj publikacji	Liczba
Książki , w tym:	5
zagraniczne	2
redakcja	1
Artykuły w czasopismach, w tym znajdujących się:	43
w bazie WoS	4
w bazie SCOPUS	5
na liście MNiSW	35
Referaty w materiałach konferencyjnych, w tym:	39
międzynarodowych	22
krajowych	17
Łącznie	87
Cytowania	
wg WoS	27
wg SCOPUS	29
wg PoP	116
Index Hirsha	
wg WoS	2
wg PoP	5

Wyniki swoich badań po uzyskaniu stopnia doktora prezentowałam na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych, w szczególności:

- INTERFLAM, Londyn (2016), Edynburg (2001), (1999)

- 9th Mediterranean Combustion Symposium, Rhodos, Grecja (2014)
- International Symposium on Combustion Processes, Hucisko (2015), Międzyzdroje (2010), Pułtusk (2007), Wisła (2005),
- Fourth Asia-Oceania Symposium, Tokyo, (2000)
- Fire Protection of Cultural Heritage, Thessaloniki, Grecja, (2000)
- Międzynarodowa Konferencja „Bezpieczeństwo Pożarowe Budowli”, Warszawa (2014), Częstochowa (2002), Częstochowa (1999), Warszawa (1997), Spała (1995)
- Konferencje KILiW i KN PZITB w Krynicy (2012),(2011),(2009),(2003),(2000),(1998),(1997)
- MATBUD, Kraków (2003)
- Fire Safety Science – International Symposium, Poitiers, Francja (1999)

5.2 Staże i stypendia krajowe i zagraniczne

W okresie styczeń-maj 1990 r. odbywałam staż zagraniczny w *University of Michigan* w Ann Arbor i *University of California* w Berkeley, USA - jako stypendystka amerykańskiej Fundacji Kościuszkowskiej w Nowym Jorku. W tym okresie zajmowałam się zagadnieniami procesu spalania bezpłomieniowego, mającego szczególne lecz niedostatecznie rozpoznane znaczenie dla bezpieczeństwa pożarowego budynków w aspekcie stosowania palnych materiałów izolacyjnych. Uczestniczyłam też w czteromiesięcznym kursie języka angielskiego dla studentów zagranicznych *University of Michigan* w Ann Arbor.

W okresie wrzesień 1992 - wrzesień 1993 r. w ramach stypendium Japońskiej Fundacji STA odbywałam staż zagraniczny w Building Research Institute (BRI) w Tsukubie (odpowiednik w Japonii polskiego Instytutu Techniki Budowlanej). Uczestniczyłam w szeregu prac badawczych dotyczących rozwoju pożaru w dużej skali eksperymentalnej wykonywanych między innymi w ramach programu współpracy Japonia-USA realizowanego przez BRI w Tsukubie. Zapoznałam się z najnowocześniejszymi wówczas, a nieobecnymi w Polsce, metodami badania wyrobów budowlanych, przykładowo kalorymetrem stożkowym, Room Corner (badanie rozwoju pożaru w pomieszczeniu w pełnej skali geometrycznej) oraz przepisami przeciwpożarowymi i metodami badania i klasyfikacji wyrobów budowlanych w Japonii i USA. Podczas pobytu wizytowałam też inne ośrodki badawcze np. Tokio University i Waseda University w Tokio oraz Center for Better Living w Tsukubie oraz prywatne przemysłowe instytuty badawcze np. firmy Kajima. Ponadto jako członek Komitetu Organizacyjnego uczestniczyłam w przygotowaniu międzynarodowej konferencji „*First Japan Symposium on Heat Release and Fire Hazard*” (Pierwsze Japońskie Sympozjum Wydzielania Ciepła i Zagrożenia Pożarowego), która odbyła się w Tsukubie w 1993 r. Wygłosiłam tam również referat w języku angielskim.

Ponadto, w kolejnych latach, doskonaliłam swoje kwalifikacje zawodowe uczestnicząc w licznych kursach i szkoleniach, z których jako najważniejsze wymieniałabym:

- Efektywne publikowanie naukowe
- Promocja nauki w mediach
- Szkolenie BOCA (*BUILDING OFFICIALS and CODE ADMINISTRATION* – Przedstawiciele Jednostek Administracji Budownictwa) w *Chicago, USA*
- Menadżer projektów EFS (*Europejskich Funduszy Strukturalnych*)
- EGOLF TRAINING COURSE on EN 13823: 2002 [SBI] (*Kurs EGOLF w zakresie normy EN 13823:2002*), Ghent, Belgia

- EGOLF PRIMARY TRAINER COURSE on the use of EN ISO 9239-2:2002 (*Kurs EGOLF w zakresie normy EN ISO 9239-2:2002*) w Erwitte, Niemcy
- Wyznaczanie niepewności pomiarów
- Walidacja metod pomiarowych
- Sześćoetapowy kurs PCBC dla auditorów i menadżerów Systemów Zarządzania Jakością, w tym „TQM – doskonalenie procesów funkcjonujących w organizacji”
- *Auditor wewnętrzny i ekspert techniczny oceniający laboratoria*

5.3 Współpraca z instytucjami naukowymi

Od 2009 roku jestem niezależnym ekspertem Komisji Europejskiej oceniającym wnioski i projekty w 6 i 7 Programach Ramowych UE oraz Horizon 2020. Do chwili obecnej uczestniczyłam w procesie ewaluacji 2 realizowanych projektów badawczych UE (wykonanie jednego z nich oceniałam dwukrotnie) oraz recenzowałam ponad 30 wniosków na projekty badawcze UE (tzw. *proposals*).

W okresie 2011- 2012 r. byłam członkiem Komitetu Organizacyjnego 34th International Symposium on Combustion, zorganizowanego w Warszawie w dniach 29 lipca-3 sierpnia 2012

Od 2012 r. jestem recenzentem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

W okresie 2009 - 2014 pełniłam w ITB funkcję LEAR (*Legal Entity Authorized Representative*) – oficjalnego przedstawiciela finansowego ITB do kontaktów z Komisją Europejską, nominowanego w związku z realizacją zadań w 7 Programie Ramowym Europejskich Projektów Badawczych.

W latach 1994-2002 kierowałam ze strony polskiej programem polsko-japońskiej współpracy naukowo-technicznej pt. „Evaluation of combustion behaviour of building materials and furniture In fire” (*Ocena spalania materiałów budowlanych i mebli w pożarze*); współpraca międzynarodowa Instytutu Techniki Budowlanej z japońskim odpowiednikiem ITB – Building Research Institute w Tsukubie, finansowanej ze środków MNiSW.

W 1996 r. zapoczątkowałam kontynuowany do chwili obecnej, udział ITB w pracach EGOLF (ang. The European Group of Official Laboratories for Fire Testing – Europejska Grupa Oficjalnych Laboratoriów Badań Ogniowych), uczestnicząc w pierwszych posiedzeniach jako przedstawiciel ITB oraz odbywając szkolenia w 2 kursach organizowanych przez EGOLF .

5.4. Nagrody i wyróżnienia.

Odznaczenia resortowe i państwowe:

2012 r. - Odznaka Honorowa „Za zasługi dla budownictwa”

2015 r. - Srebrna Odznaka Honorowa S.I.T.P.M.B. (*Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych*)

2016 r. - Złoty medal za wieloletnią służbę

5.5. Działalność dydaktyczna i organizacyjna.

Moja działalność dydaktyczna ma relatywnie niewielki zakres, ponieważ ITB nie kształci studentów, natomiast dużo większą intensywnością charakteryzuje się moja działalność popularyzująca naukę. Oba rodzaje działalności obejmowały w szczególności:

- pojedyncze zajęcia dla studentów szkół pożarniczych różnych stopni i PW, oficerów służby pożarniczej – wizytujących Laboratorium i Zakład Badań Ogniwych
- szkolenia dla zainteresowanego środowiska naukowego, producentów wyrobów budowlanych, architektów, projektantów, przedstawicieli Straży Pożarnej, w ramach tzw. dni otwartych Zakładu Badań Ogniwych ITB
- prowadzenie wykładów w ramach zaocznych studiów podyplomowych w Wyższej Szkole Handlowej im. Bolesława Markowskiego w Kielcach, z przedmiotów „Systemy Zarządzania Jakością”, „BHP” oraz „Systemy Zarządzania Środowiskiem”, zakończonych egzaminami - kilka semestrów w latach 2004-2006.
- prowadzenie wykładów z zakresu systemów zarządzania i zakładowej kontroli produkcji podczas kilku komercyjnych szkoleń organizowanych przez ITB dla przedstawicieli przemysłu, laboratoriów zakładowych, jednostek administracji itp.
- liczne prezentacje na temat działalności badawczej i innej prowadzonej w Instytucie Techniki Budowlanej podczas spotkań z przedstawicielami wielu organizacji w kraju i za granicą, w tym między innymi: POLLAB, WFTAO, CSTB, E2BA, ENBRI, SB Alliance, ECTP, CEBC, targów BUDMA, Ministerstwa Budownictwa Chin, Mongolii, Ukrainy.
- prezentacje podczas seminariów wewnętrznych dla pracowników naukowych ITB na temat działalności badawczej i organizacji europejskich instytutów badawczych budownictwa zrzeszonych w ENBRI (Europejska sieć Instytutów Badawczych Budownictwa).

W 2014 r. byłam członkiem Komitetu Naukowego VIII Konferencji Międzynarodowej BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE OBIEKTÓW BUDOWLANYCH w Warszawie, 4-6 listopada 2014

Od 2013 r. przewodniczę Radzie Programowej Wydawnictw ITB, której zadaniem jest wszechstronne wspieranie działalności wydawniczej ITB.

Od 2012 r. jestem członkiem Komitetu Redakcyjnego Wydawnictw ITB Serii „Prace naukowe”, a **od 2011 r.** Serii „Instrukcje, Wytyczne, Poradniki”.

W latach 2007 - 2013 byłam członkiem Komitetu Sterującego Polskiej Platformy Technologicznej Budownictwa (PPTB), reprezentując ITB.

W latach 2007-2015 roku zostałam powołana w skład dyrekcji ITB na stanowisko Pełnomocnika Dyrektora ds. Koordynacji i Promocji, które w styczniu 2009 roku zmieniło nazwę na Pełnomocnik Dyrektora ds. Współpracy z Zagranicą i Promocji, a dodatkowo **w listopadzie 2010 roku** powierzono mi funkcję Kierownika Zespołu ds. Referencyjnych Dokumentów Technicznych w ITB.

Zakres moich obowiązków obejmował między innymi programowanie i nadzór działalności promocyjnej i wydawniczej Instytutu oraz programowanie i nadzór nad organizacją konferencji, seminariów, szkoleń, itp., koordynację współpracy z zagranicą, w tym inicjowanie współpracy naukowej w europejskich programach badawczych, koordynację współpracy z Grupą Jednostek Notyfikowanych Komisji Europejskiej oraz prac związanych z informacją o Instytucie i jego działalności na stronie internetowej www.itb.pl oraz www.itb.pl/bip.

W latach 2004-2013 reprezentowałam Polskie Jednostki Notyfikowane do Dyrektywy 89/106/EWG w Radzie Doradczej Grupy Jednostek Notyfikowanych (AG GNB - *Advisory Group of the Group of Notified Bodies*). W 2004 r. zainicjowałam powstanie Polskiej Grupy Jednostek Notyfikowanych do dyrektywy budowlanej (PGJN), aktywnie uczestniczyłam w przygotowaniu zasadniczych dokumentów określających zasady jej funkcjonowania i od początku jej działalności do 2013 r. koordynowałam prace PGJN, a także merytorycznie nadzorowałam zawartość folderu dedykowanego PGJN utworzonego na stronie internetowej Instytutu - www.itb.pl.

W latach 2006 – 2007, podczas pracy w Zakładzie Certyfikacji, pełniłam funkcję Kierownika Pracowni Elementów, Akcesoriów i Instalacji Budowlanych.

W latach 2000 – 2002 w strukturach normalizacyjnych ISO/TC 92/SC 1 WG3 zainicjowałam i nadzorowałam udział Laboratorium Badań Ogniowych ITB w międzynarodowym programie międzylaboratoryjnych badań porównawczych, w którym laboratorium ogniowe ITB wykazało poziom kompetencji równorzędny innym laboratoriom krajowym i zagranicznym biorącym udział w tych badaniach.

W 1999 r. byłam Sekretarzem Naukowym łączonej Konferencji Międzynarodowej 3rd *International Conference on Fire Safety of Buildings and 3rd International Symposium on Fire Protection of Historical Buildings and National Heritage* w Częstochowie, podczas której wygłosiłam także prezentację.

W 1997 r. jako członek Komitetu Naukowego współorganizowałam Seminarium “Reakcja na ogień wyrobów budowlanych – kierunki rozwoju”.

W 1994 r. powierzono mi funkcję Zastępcy Kierownika Laboratorium Badań Ogniowych Zakładu Badań Ogniowych ITB. Funkcja ta wiązała się z nadzorowaniem pracy laboratorium badań ogniowych w zakresie reakcji na ogień.

Od 1994 r. – roku jego założenia - jestem członkiem Polskiego Instytutu Spalania (PIS), w tym **od 2001 r. do 2014 r.** z wyboru byłam członkiem Zarządu PIS, w pierwszych dwu kadencjach w funkcji Sekretarza Zarządu, a w kolejnych – Skarbnika Zarządu PIS.

W latach 1993/4 pełniłam funkcję redaktora czasopisma naukowego *Archivum Combustionis* - kwartalnika wydawanego w języku angielskim pod auspicjami Polskiej Akademii Nauk.

Od 1990 r. jestem członkiem Sekcji Spalania Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN.

5.6 Pozostałe osiągnięcia

W okresie od **2003 r. do 2007 r.** pracowałam w Zakładzie Certyfikacji, gdzie zdobyłam wiedzę i doświadczenie w pracy audytora i zapoznałam się z zagadnieniami oceny zgodności wyrobów budowlanych, zakładowej kontroli produkcji i systemów zarządzania jakością, prowadziłam i weryfikowałam procesy certyfikacji i nadzoru nad certyfikatami w zakresie systemów oceny zgodności krajowym i europejskim. W tym okresie zdobyłam kompetencje audytora i menadżera Systemów Zarządzania Jakością, a później audytora wewnętrznego i eksperta technicznego oceniającego laboratorium.

W latach 1993-2003 kontynuowałam prace doświadczalne i teoretyczne dotyczące właściwości ogniowych wyrobów stosowanych w budownictwie, ze szczególnym uwzględnieniem posadzek, okładzin ściennych i sufitowych w ramach środków na działalność statutową ITB, grantu KBN, a także

jako element wieloletniego programu współpracy międzynarodowej Polska-Japonia finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.(rozdz. 5.3). Pełniąc funkcję Zastępcy Kierownika laboratorium Badań Ogniwych, przygotowałam do akredytacji stanowiska laboratoryjne w obszarze reakcji na ogień. Prace te szczególności obejmowały, przy współpracy z działami technicznym i administracyjnym, budowę i uruchomienie w laboratorium przy ul. Ksawerów w Warszawie, nowych stanowisk badawczych (SBI – Single Burning Item oraz Room Corner) lub dostosowanie istniejących stanowisk i metod badawczych do wymagań norm opracowywanych w owym czasie w CEN TC 127 Fire safety in buildings. W Zakładzie Badań Ogniwych zainicjowałam budowę nowych stanowisk badawczych; byłam merytorycznie odpowiedzialna za instalację i uruchomienie lub modernizację, a także przygotowanie do akredytacji większości normowych stanowisk badawczych do badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych, według norm krajowych lub międzynarodowych (ISO i EN), a w szczególności do badania: niepalności i stopnia palności materiałów budowlanych, rozprzestrzeniania płomienia po posadzkach, stopnia palności materiałów elastycznych, kalorymetru stożkowego, SBI (ang. *Single Burning Item*), *Room Corner*. Brałam aktywny udział w opracowaniu metodyki wdrożenia systemu Euroklas do krajowych przepisów. Opublikowałam liczne prace o tej tematyce. Realizowałam też wiele mniejszych komercyjnych prac badawczych i eksperckich na rzecz podmiotów gospodarczych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego.

W latach 1999- 2003 byłam członkiem działających w ITB Grup Specjalistycznych KAT (Komisja Aprobata Technicznych):

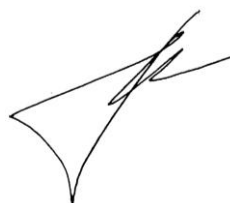
GS V – Wyroby do izolacji termicznych i akustycznych

GS VII – Wyroby i systemy zabezpieczeń ogniochronnych

GS VIII – Wyroby do robót malarskich, tynkarskich, posadzkarskich, okładzinowych i wykładzinowych

Uczestniczyłam czynnie w opracowaniu kilku krajowych norm PN-B i BN oraz jako tłumacz lub weryfikator kilkudziesięciu projektów norm EN, ISO i PN, w tym większości norm europejskich PN-EN lub PN-EN ISO w zakresie reakcji na ogień.

Aktywnie uczestniczyłam w pracach normalizacyjnych krajowych Komitetów Technicznych PKN nr 180 ds. Bezpieczeństwa pożarowego obiektów i nr 27 ds. Elastycznych pokryć podłogowych oraz jako polski ekspert reprezentujący PKN w międzynarodowych Grupach Roboczych Komitetów Technicznych ISO TC 92/SC1 Reaction to fire tests (w latach 1994-2002) oraz ISO TC 92/SC4 Fire Safety Engineering (lata 1996-2002) oraz ISO TC 61 Plastics (lata 1996-2002).



.....
podpis wnioskodawcy