

dr inż. Bartłomiej Papis<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Andrzej Kolbrecki<sup>1)</sup>

# Badania obciążenia ogniowego przyjmowanego do obliczeń

*Fire load tests which is used for calculations*

DOI: 10.15199/33.2019.07.01

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono zasady badania obciążenia ogniowego przyjmowanego do obliczeń w celu określenia jego zmniejszenia, w przypadkach innych niż przewidziane w normie PN-B-02852:2001. Ponadto podano przykłady postępowania prowadzące do zmniejszenia obciążenia ogniowego do obliczeń w przypadkach innych niż przewidziane normą. Do tego celu wykorzystano metody własne bazujące na określeniu rozwoju pożaru. Przyjęto, że warunkiem zastosowania współczynników korekcyjnych jest brak rozwoju spalania w głąb materiału. Otrzymane wyniki uzasadniają zastosowanie współczynników zmniejszających przy obliczeniach gęstości obciążenia ogniowego. Metoda przedstawiona w artykule może być wykorzystana do uwzględnienia zmniejszenia obciążenia ogniowego w przypadkach innych niż przewidziane normą.

**Słowa kluczowe:** reakcja na ogień; bezpieczeństwo pożarowe; badania materiałów; klasyfikacja; obciążenie ogniowe.

**Abstract.** The article presents the principles of load testing of a firebox taken to calculate its reduction, in cases other than those provided for in PN-B-02852:2001. In addition, examples of conducting proceedings are given to reduce the fire load for calculations in cases other than provided for by the standard. For this purpose, it was used own methods based on determination of fire development. It was assumed that the condition of applying corrective coefficients is lack of combustion development deep into the material. The obtained results justify application of decreasing factors in calculations of fire load density. The method presented in the article can be used to take into account the load reduction in cases other than those provided for by the standard.

**Keywords:** reaction to fire; fire safety; tests of materials; classification; fire load.

W artykule przedstawiono własne metody bazujące na określeniu rozwoju pożaru w konkretnym przypadku na podstawie zasad projektowania eksperymentów, które były wykorzystane do zmniejszenia gęstości obciążenia ogniowego. W PN-B-02852:2001 [2] podano zasady obliczania obciążenia ogniowego. Jego wartość ma wpływ na klasyfikację budynków w zakresie kategorii bezpieczeństwa pożarowego, wielkość strefy pożarowej oraz obliczenia wody do gaszenia pożaru. W niektórych przypadkach jest możliwe nieuwzględnianie lub zmniejszanie obciążenia ogniowego.

Przy obliczaniu gęstości obciążenia ogniowego nie należy uwzględniać materiałów zanurzonych w wodzie i roztworach wodnych oraz o zawartości wody przeszło 60%. Natomiast w przypadku następujących materiałów palnych uwzględnia się tylko 10% ich masy rzeczywistej:

- papier w rolach o średnicy co najmniej 0,5 m i o długości co najmniej 1 m;

- papier w belach o wymiarach co najmniej 0,20 x 1 x 1 m;

- drewno okrągłe o średnicy co najmniej 0,2 m;

- węgiel kamienny i koks w pryzmach i zwalach o wysokości co najmniej 1 m;

- zboże, wysłodki buraczane itp. w stosach i pryzmach wysokości powyżej 1 m;

- płyty drewnopochodne, ułożone w stosy ściśle, bez przekładek, o wymiarach stosów 1 x 1 x 1 m;

- zboże w zasiekach i komorach wykonanych z materiałów niepalnych;

- mrożonki owocowo-warzywne w kartonach, workach papierowych, foliowych itp., złożone na paletach drewnianych, w tym foliowanych;

- przetwory owocowo-warzywne w puszkach, słoikach, butelkach, na paletach drewnianych (w tym foliowanych), w skrzynkach drewnianych i z tworzywa sztucznego oraz kartonach;

- napoje niegazowane i gazowane, składowane jako wyrób gotowy na paletach drewnianych (w tym foliowanych), w skrzynkach drewnianych, z tworzywa sztucznego oraz kartonach.

Materiały palne przyjmowane do obliczeń w ilości 20% ich rzeczywistej masy, to:

- zboże, cukier, mąka, kasze itp. w workach ułożonych w stosy, warstwy itp.; ograniczenie to nie dotyczy nasion oleistych;

- papa smołowa i asfaltowa w rolkach;

- papier w procesach poligraficznych prasowany w ściśle ukształtowane paczki półproduktu (krudy) oraz jako produkt gotowy po obróbce introligatorskiej, w pełnopaletowych ładunkach o masie przeszło 400 kg.

**W normie nie podano zasad zmniejszenia gęstości obciążenia ogniowego w innych przypadkach niż wymienione.** W Niemczech są normy, dzięki którym wyznacza się tzw. współczynnik zgorzeli (Abbrand Faktor), czyli udział materiałów palnych rzeczywiście spalonych [1, 3], ale metoda badania jest droga i skomplikowana.

## Badania trocin i peletu

W przypadku analizowanego obiektu zakładu przetwórstwa drzewnego przetwarza się biomasa trocin i zrębków na granulację drzewną. W hali magazynowej znajduje się surowiec w postaci trocin i zrębków drewnianych w formie pryzmy do wysokości 4 m.

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej; Zakład Badań Ogniowych

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: b.papis@itb.pl

Hala magazynowa granulatu ma wysoko uformowany dach dwuspadowy o wysokości 15 m.

Przeprowadzono badania ogniowe przyzmy trocin z hali surowca i magazynu granulatu w skali naturalnej w celu ewentualnego uzasadnienia zastosowania współczynników korekcyjnych. Przyjęto, że warunkiem zastosowania tych współczynników jest brak rozwoju spalania w głąb materiału.

Badania przeprowadzono na próbkach granulatu i trocin w postaci stosów o wymiarach: wysokość 50 cm, podstawa 100 x 100 cm. W środku podstawy stosu umieszczono statyw z przymocowanymi termoparami znajdującymi się na poziomach: -10 cm; -20 cm; -30 cm (w odniesieniu do powierzchni stosów). Źródłem zapalenia było 600 g wiórów drzewnych (źródło stosowane w normie PN-ENV 1187). W czasie badania rejestrowano temperaturę oraz prowadzono obserwacje przebiegu badania (fotografie 1 i 2).



**Fot. 1. Trzydziesta minuta badania granulatu. Widoczne rozprzestrzenianie płomieni po powierzchni**  
Photo 1. Thirty minute of granulate test. Visible spread of flames on top



**Fot. 2. Dziesiąta minuta badania trocin. Brak spalania (żarzenie od źródła ognia)**  
Photo 2. Tenth minute of sawdust testing. No sawdust burning (glow from the source fire)

### Badania tytoniu w kartonach

W magazynach przechowuje się surowy tytoń w kartonach układanych jeden na drugim, o wymiarach 0,75 x 1,1 x 0,75 m. W każdym z nich znajduje się 200 kg sprasowanego tytoniu (warstwy tytoniu ułożone równolegle do powierzchni składowania). Gęstość obciążenia ogniowego (w przypadku uwzględnienia całego palnego materiału) jest bardzo duża. Oznacza to ograniczenie powierzchni strefy pożarowej i konieczność zapewnienia wysokiej klasy odporności pożarowej budynku.

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem kartonów tytoniu (fotografia 3). Po usunięciu pokrywy umieszczono termopary w geometrycznej osi kartonu na poziomach: -10 cm; -20 cm; -30 cm (w odniesieniu do powierzchni kartonów). Źródłem zapalenia było 600 g wiórów drzewnych. W czasie badania rejestrowano temperaturę oraz prowadzono obserwacje przebiegu badania.



**Fot. 3. Ósma minuta badania tytoniu**  
Photo 3. Eight minute of tobacco test

### Badania słomy

Kolejny rozpatrywany przypadek to magazyny, w których przechowywane są baloty ze słomy lniano-konopnej. Pojedynczy balot ma masę ok. 190 kg, wysokość 120 cm i średnicę 150 cm. Podobnie jak w poprzednim przypadku gęstość obciążenia ogniowego (przy uwzględnieniu całości palnego materiału) jest duża, co wymusza wysoką klasę odporności pożarowej budynku.

Badania przeprowadzono na balocie o wymiarach wysokość 120 cm, średnica 120 cm. W osi balotu stosu

umieszczono cztery termopary na poziomach: -10 cm (T1); -20 cm (T2); -30 cm (T3); -40 cm (T4) w odniesieniu do powierzchni stosów. Źródłem zapalenia było 600 g wiórów drzewnych (fotografia 4).



**Fot. 4. Dwudziesta (a) i czterdziesta druga (b) minuta badania balotu ze słomy**  
Photo 4. Twenty (a) and forty-second (b) minute of straw bale test

### Badania filcu igłowanego

Badania przeprowadzono na dwóch belach (fotografia 5) o wymiarach: średnica ok. 0,5 m; długość ok. 2,2 m, przy dwóch pozycjach źródła ognia. Grubość filcu igłowanego z poliestru (PES) ok. 2,0 mm, a masa powierzchniowa ok. 500 g/m<sup>2</sup>. Źródłem zapalenia było 600 g wełny drzewnej (źródło stosowane w PKN-CEN/TS 1187). Źródło ognia umieszczone na beli, a w jej osi pod źródłem ognia cztery termopary na poziomach: -10 cm (T1); -20 cm (T2); -30 cm (T3); -40 cm (T4), licząc od górnej powierzchni beli. Ponadto źródło ognia umieszczono obok



**Fot. 5. Dziewiąta minuta badania – pali się tylko filc z poliestru (PES) – koszyk ze spaloną wełną drzewną usunięty**  
Photo 5. Nine minute of testing – it's burning only polyester felt (PES) – basket with burnt wood wool removed

beli w celu obserwacji ewentualnego rozprzestrzeniania się ognia na sąsiednią belę.

### Wyniki badań

**W badaniach granulatu drzewnego** wzrost temperatury (fotografia 1) na poziomie -10 cm rozpoczął się po 30 min od początku badania (maksymalna temperatura wyniosła 540°C w 215. minucie badania), a na poziomie -20 cm w 150. minucie badania (maksymalna temperatura wyniosła 130°C w 230. minucie badania).

**W badaniach trocin** nie stwierdzono wzrostu temperatury na poziomie -10 cm. Spalanie trocin ustało w 30. minucie badania. Badania wykazały, że w przypadku trocin i granulatu spalanie dotyczy tylko zewnętrznej warstwy stosów (pryzm) – do 10 cm głębokości (wzrost temperatury powyżej 220°C, czyli powyżej temperatury zapłonu). Spalanie płomieniowe na powierzchni jest mało intensywne.

**W badaniach tytoniu** wzrost temperatury na poziomie -10 cm rozpoczął się po 30 min od początku badania (maksymalna temperatura wyniosła 570°C w 210. minucie badania), a na poziomie -20 cm rozpoczął się w 150. minucie badania (maksymalna temperatura wyniosła 130°C w 230. minucie badania).

**W przypadku badania balotu słomy lniano-konopnej**, podobnie jak w poprzednich przypadkach, zastosowano to samo źródło ognia oraz pomiary temperatury na tych samych poziomach, jednak w odróżnieniu od poprzednich rozpatrywanych przypadków w trakcie badania zaobserwowano intensywne spalanie oraz wzrost temperatury na poszczególnych poziomach pomiaru.

Na rysunku 1 przedstawiono przebieg temperatury w trakcie badania balotu słomy. Widać, że temperatura stopniowo rosła na poszczególnych poziomach, aby w 1200 s ustabilizować się na poziomie ok. 500°C. Pod ko-

niec badania następuje gwałtowny wzrost temperatury spowodowany rozwinieniem pożaru. Temperatura osiąga maksimum ok. 950°C. W tym momencie zdecydowano o ugaszeniu próbki.

**W badaniach bel filcu igłowanego** (rysunek 2), podobnie jak w przypadku słomy, zaobserwowano rozprzestrzenianie się ognia oraz wzrost temperatury w punktach pomiarowych. W przypadku badania bel filcu ze źródłem ognia w pierwszym położeniu zaobserwowano gwałtowny wzrost temperatury w punkcie pomiarowym T2, co związane było z osiągnięciem frontu spalania tego punktu. W dalszej części badania spalanie ustało i zaobserwowano spadek temperatury do wartości temperatury otoczenia. W badaniu ze źródłem ognia umieszczonym obok bel filcu (fotografia 6) zaobserwowano intensywne spalanie materiału oraz stopniowe rozprzestrzenianie płomieni na sąsiednią belę. W momencie objęcia

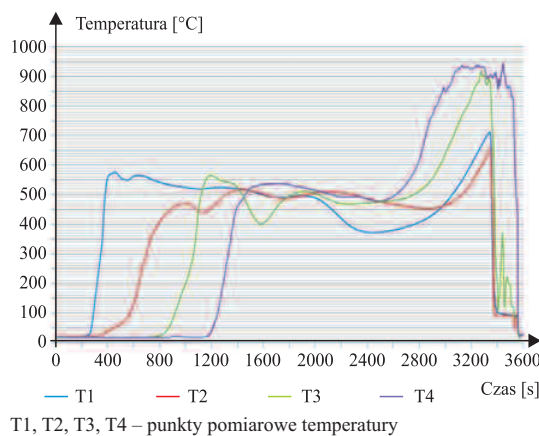
przez płomień drugiej bely materiału zdecydowano o ugaszeniu próbki (fotografia 7).



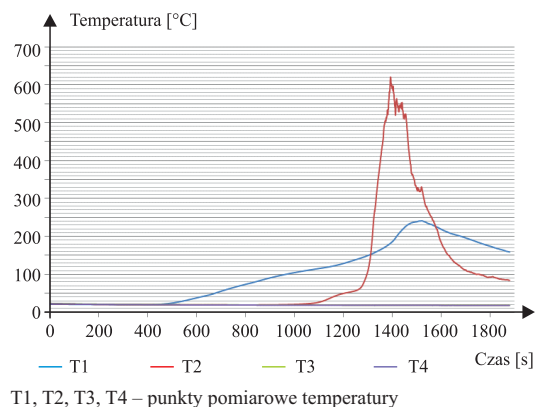
**Fot. 6.** Badanie bel filcu w przypadku drugiego położenia źródła ognia  
*Photo 6.* Study of felt bands in case the second location of the fire source



**Fot. 7.** Badanie bel filcu z drugim położeniem źródła ognia – widok po ugaszeniu próbki  
*Photo 7.* Study of the felt bale with the second location of the fire source - view after extinguishing the sample



**Rys. 1.** Przebieg temperatury podczas badania balotu słomy lniano-konopnej  
*Fig. 1.* The temperature during the bale of straw test



**Rys. 2.** Przebieg temperatury podczas badania bel filcu igłowanego  
*Fig. 2.* The temperature during the felt bands test

### Podsumowanie

Do badań wykorzystano metody własne bazujące na określeniu rozwoju pożaru w konkretnym przypadku na podstawie zasad projektowania eksperymentów. Źródłem zapalenia było 600 g wiórów drzewnych (źródło stosowane w PN-ENV 1187). Taka metoda badań dotyczy fazy inicjacji pożaru.

Otrzymane wyniki uzasadniają zastosowanie współczynników zmniejszających przy obliczaniu gęstości obciążenia ogniowego:

- 10% w przypadku masy drzewnej w hali surowca;

• 20% w przypadku granulatu w magazynie granulatu, w magazynie worków z granulatem oraz w silosach zewnętrznych.

W [3] opisano wyniki badań do określenia współczynnika zmniejszającego  $m$  wg DIN 18230 [1]. Współczynnik ten wynosi odpowiednio: 0,21 w przypadku tytoniu magazynowanego w układzie warstw prostopadłych do powierzchni składowania oraz 0,06, jeśli tytoń magazynowany jest w układzie warstw równoległych do powierzchni składowania. Taki sposób składowania występuje w ocenianych magazynach.

W związku z tym, że norma [2] dopuszcza jedynie zmniejszenie gęstości obciążenia ogniowego do 10% i 20%, **zarekomendowano zastosowanie współczynnika zmniejszającego 10% w obli-**

**zeniach gęstości obciążenia ogniowego w magazynach sprasowanego tytoniu w kartonach.**

W przypadku balotu słomy i beli filcu igłowanego przeprowadzone badania nie uzasadniają zastosowania współczynników zmniejszających do obliczeń. Powodem tego jest intensywne spalanie i wzrost temperatury w poszczególnych punktach pomiarowych w przypadku badania balotu słomy. Takie zachowanie materiału może stanowić zagrożenie dla całego obiektu i być powodem rozprzestrzeniania ognia na inne elementy umieszczone w przestrzeni magazynowej. W przypadku badania beli filcu przebieg zmian temperatury nie był tak intensywny jak w przypadku balotu słomy oraz nie zaobserwowano spalania przemieszczającego się w głąb materiału, co powodowałoby wzrost

temperatury na poszczególnych poziomach pomiarowych. Wyniki badań przy drugim położeniu źródła ognia pokazują jednak bardzo intensywne spalanie powierzchniowe materiału, co będzie powodem szybkiego rozprzestrzeniania się płomieni na sąsiednie materiały i w krótkim czasie może prowadzić do rozwinięcia pożaru.

## Literatura

- [1] DIN 18230 Teil 2. Baulicher Brandschutz im Industriebau. Ermittlung des Abbrandfaktor  $m$ .  
 [2] PN-B-02852:2001 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Obliczanie obciążenia ogniowego oraz wyznaczenie względnego czasu trwania pożaru.  
 [3] Versuchbericht. Naturbrandversuche mit Roh-tabak zur Ermittlung eines abbrandfaktors  $m$  in Anlehnung an DIN 18230 Teil 2 (09.87). Institut für Baustoffe, Massifbau und Brandschutz – Amtliche Materialprüfanstalt für Bauwesen.

Przyjęto do druku: 24.06.2019 r.



## Instytut Techniki Budowlanej

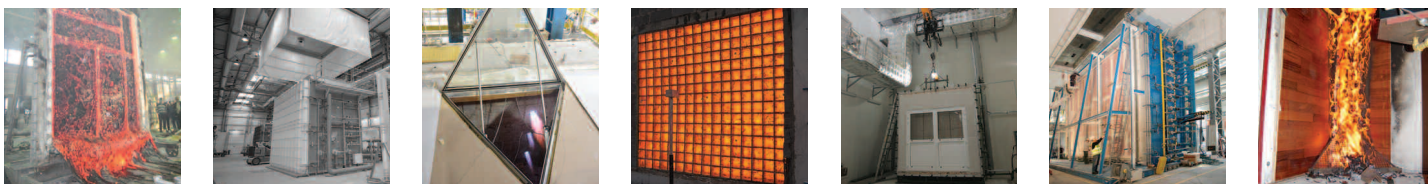
Zakład Badań Ogniowych

02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 853 34 27

Laboratorium Badań Ogniowych

26-670 Pionki, ul. Przemysłowa 2, tel.: 48 312 16 00

e-mail: fire@itb.pl, www.itb.pl



Największe laboratorium ogniowe w Polsce i jedno z wiodących w Europie.

**Wykonujemy badania:**



### ODPORNOŚCI OGNIOWEJ

Badamy elementy pionowe o szerokości do 10 m i wysokości do 7 m oraz poziome o rozpiętości do 11,3 m przy szerokości 4,3 m. U uruchomienie czterech pieców do badań odporności ogniowej nośnych i nienośnych elementów budynku, przy możliwym montażu elementów w ramach poza piecem, pozwala na istotne skrócenie czasu oczekiwania na przeprowadzenie badań.

**Duże elementy!**



### REAKCJI NA OGIEŃ KABLI

Zgodnie z najnowszymi decyzjami Komisji Europejskiej Laboratorium jako jedyne w Polsce i jedno z dwóch w Europie dysponuje zapleczem badawczym pozwalającym na wykonanie kompletu badań w tym zakresie.

**Klas. wg PN-EN 13501-6**



### REAKCJI NA OGIEŃ WYROBÓW BUDOWLANYCH

Laboratorium oferuje pełen zakres badań reakcji na ogień do oceny wyrobów wg PN-EN 13501-1 wraz z wsparciem merytorycznym pracowników laboratorium w zakresie optymalizacji programu badań. Wprowadzone nowoczesne procedury wewnętrzne prowadzenia badań pozwalają do minimum ograniczyć czas i koszty oceny wyrobu.



### ODPORNOŚCI DACHÓW NA DZIAŁANIE OGIA ZEWNIĘTRZNEGO

Laboratorium jako jedyne w Polsce i jedno z niewielu w Europie oferuje badania dachów wszystkimi trzema metodami przewidzianymi przez normę PN-EN 1187.

**Według 3 metod UE**



### ROZPRZESTRZENIANIA OGIA PRZEZ ŚCIANY ZEWNIĘTRZNE

Laboratorium jako jedyne w Polsce dysponuje zapleczem badawczym pozwalającym na wykonywanie badań rozprzestrzeniania ognia wg PN-90/B-02867 przez cały rok.



### WEDŁUG PROGRAMU PC-01

Wykonujemy komplet badań według programu PC-01 certyfikacji drzwi przeciwpożarowych i/lub dymoszczelnych w jednym miejscu!

**W jednym miejscu!**