

## **OPINIA TECHNICZNA**

dotycząca roli jaką odegrały w eksperymencie pożarowym przeprowadzonym w Pionkach, rozwiązania i produkty firmy SAINT-GOBAIN

---

**00785/20/R414NZP**

Warszawa, styczeń 2021



(strona celowo pozostawiona pusta)

**Zakład Badań Ogniwych**

ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa  
tel.: 22 5664284, fax: 22 8472311  
e-mail: fire@itb.pl

**Oddział Mazowiecki – Laboratorium**

ul. Przemysłowa 2, 26-670 Pionki  
tel.: 48 3121600, fax: 48 3121601

Tytuł pracy:      Opinia techniczna dotycząca roli jaką odegrały w eksperymencie pożarowym przeprowadzonym w Pionkach, rozwiązania i produkty firmy SAINT-GOBAIN

Nr Rejestru:      00785/20/R414NZP

Zleceniodawca: **SAINT-GOBAIN Construction Products Polska Sp. z o.o.**  
44-100 Gliwice, ul. Okrężna 16

**Wykonawcy:**

Kierownik zespołu:                      dr inż. Paweł Sulik

Kierownictwo naukowe:                      -

Weryfikacja:                                      -

Pracę rozpoczęto:      grudzień 2020

zakończono:      styczeń 2021

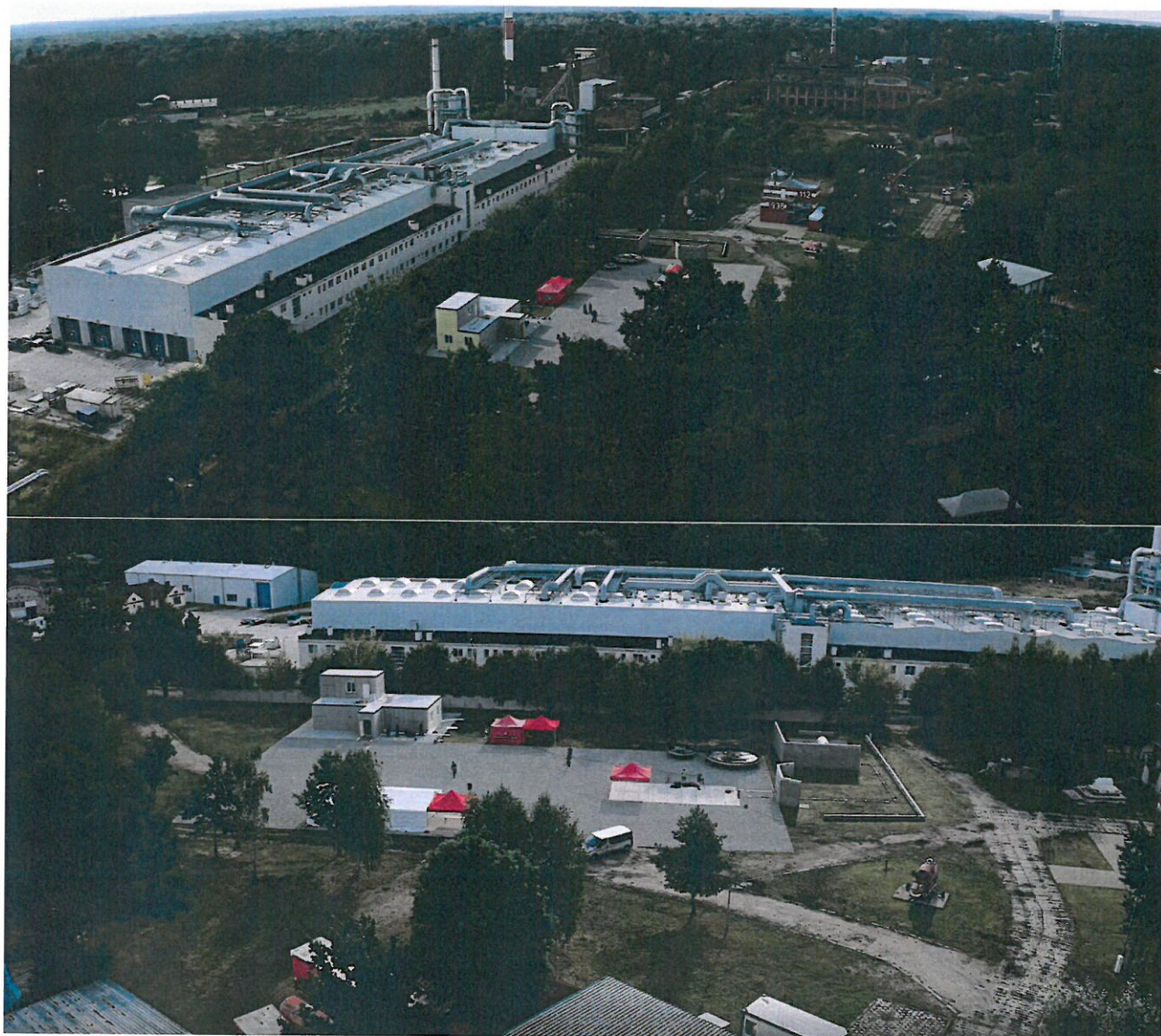
Wykonano w liczbie:                      3 egzemplarzy

Liczba załączników:                      -

Egzemplarz numer:                      1, 2, 3 (niepotrzebne skreślić)

## Spis treści

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1 Podstawa formalna .....            | 5  |
| 2 Podstawy merytoryczne .....        | 5  |
| 3 Cel i zakres opracowania .....     | 5  |
| 4 Badania w skali rzeczywistej ..... | 5  |
| 4.1 Pożar wewnętrzny P3 .....        | 11 |
| 4.2 Pożar zewnętrzny Z2 .....        | 14 |
| 5 Analiza .....                      | 15 |
| 6 Ocena techniczna .....             | 20 |
| 7 Uwagi końcowe .....                | 20 |
| 7.1 Zastrzeżenia .....               | 20 |



Rys. 1. Widok ogólny poligonu PSP w Pionkach z budynkiem w którym przeprowadzono eksperyment pożarowy

## 1 Podstawa formalna

- Oferta Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 15 grudnia 2020 r.
- Aneks do umowy ramowej pomiędzy Instytutem Techniki Budowlanej a SAINT-GOBAIN Construction Products Polska Sp. z o.o. z dnia 16 grudnia 2020 r.

## 2 Podstawy merytoryczne

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422 i z 2017 r. poz. 2285).
- [2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG.
- [3] PN-EN 13501-1:2019-02 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień.
- [4] PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany.
- [5] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2020 r. poz. 1333.).
- [6] Praca statutowa ITB nr NZP-124/2020 pt. Rozprzestrzenianie ognia przez konstrukcyjne elementy wykonane z sosnowego drewna litego.

## 3 Cel i zakres opracowania

Celem pracy jest ocena wpływu na bezpieczeństwo pożarowe budynków szkieletowych o konstrukcji drewnianej, materiałów i wyrobów firmy SAINT-GOBAIN, wykorzystanych do budowy dwukondygnacyjnego budynku, poddanego eksperymentom pożarowym w Ośrodku Szkoleniowym Państwowej Straży Pożarnej w Pionkach, w ramach pracy statutowej NZP-124, realizowanej w Instytucie Techniki Budowlanej we współpracy z Państwową Strażą Pożarną [6].

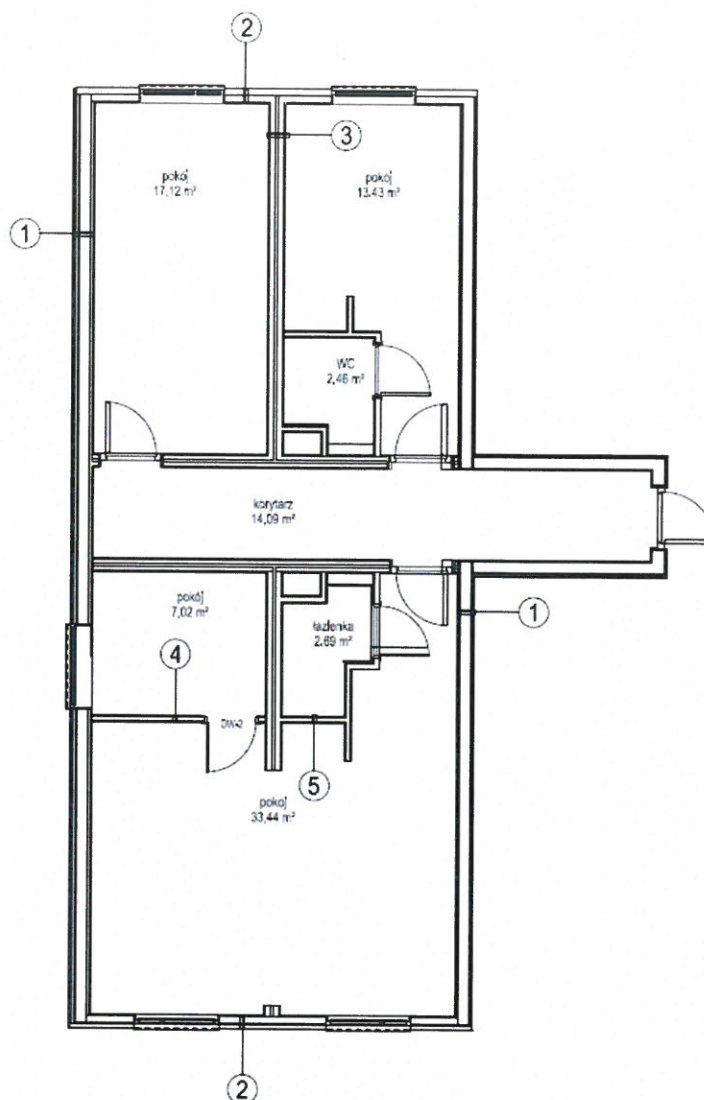
Zakres opracowania obejmuje: podstawy formalne i merytoryczne, opis badań w skali rzeczywistej, analizę, ocenę techniczną oraz uwagi końcowe.

## 4 Badania w skali rzeczywistej

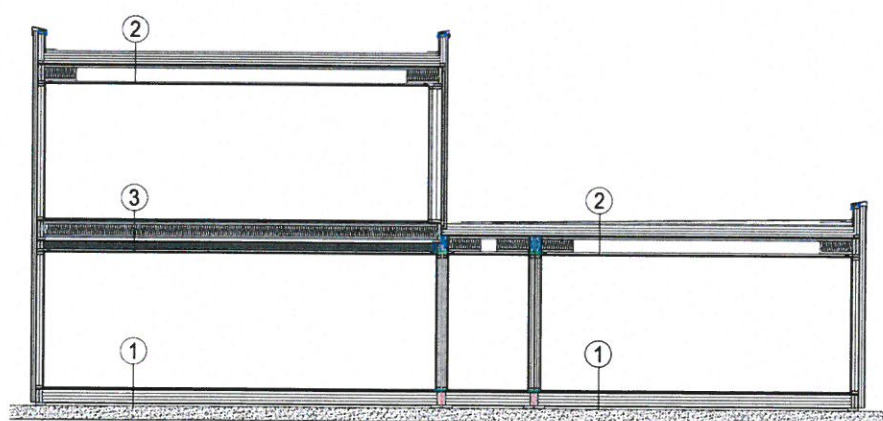
Eksperyment pożarowy w skali rzeczywistej zrealizowano w dniach 25-27 sierpnia 2020 r. na terenie Ośrodka Szkoleniowego Państwowej Straży Pożarnej w Pionkach. Poprzedziły go wielomiesięczne przygotowania obejmujące wiele aspektów w tym, uzgodnienia prowadzone z Biurem Rozpoznania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, która w przypadku modelu badawczego wymagała:

- wykonanie, przynajmniej na części modelu dwóch kondygnacji; strop powinien być obciążony;
- w celu oceny możliwości dotarcia ratowników do miejsca zaleciła wykonanie dłuższego korytarza, co pozwoli na ocenę rozwoju zadymienia i możliwości prowadzenia akcji ratunkowej;
- model badawczy powinien być wyposażony we wszelkie rury i kable, jakie spotyka się w typowym budynku mieszkalnym, z uwagi na możliwość rozprzestrzeniania się pożaru przez te elementy;
- kanały wentylacyjne, gniazda elektryczne, itp. powinny być wykonane jak dla typowego mieszkania;
- dodatkowo należało przewidzieć podczas badania powstanie w lokalu typowych uszkodzeń spotykanych w budownictwie mieszkaniowym, np. nieciągłości okładzin wynikających z otworów wykonanych przez lokatorów, itp.

Uzgodniony model przedstawiono na rys. 2-3.



Rys. 2. Rzut uzgodnionego modelu badawczego z KG PSP



Rys. 3. Przekrój podłużny uzgodnionego modelu badawczego z KG PSP

Kolejnym etapem było uzgodnienie scenariuszy pożarowych, które by odpowiadały najczęściej spotykanym zdarzeniom w tego typu budynkach, oraz nawiązywały do obowiązujących norm do projektowania. W związku z powyższym założono przeprowadzenie 3 scenariuszy pożarowych dla pożaru wewnętrznego:

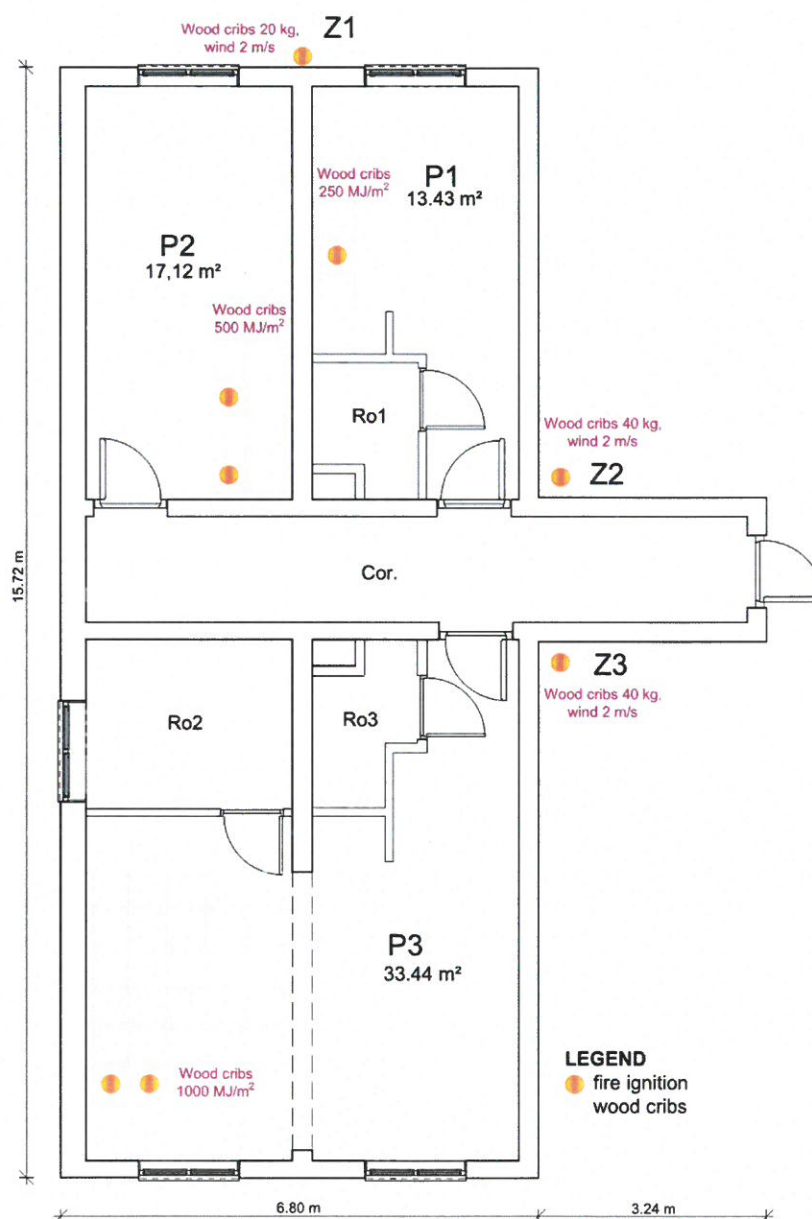
- symulacja pożaru w małym pomieszczeniu, przy założeniu, że sam ulegnie zagaszeniu. P1 - Pożar kanapy, moc 1.5 MW, gęstość obciążenia ogniowego 250 MJ/m²;

- symulacja pożaru o większej mocy w małym pomieszczeniu – ocena zachowania ścian konstrukcyjnych i osłonowych oraz dachu. Pożar kuchni, gęstość obciążenia ogniowego 500 MJ/m<sup>2</sup>;
- symulacja pożaru o dużej mocy w największym pomieszczeniu – ocena zachowania stropów i ścian, ocena możliwości prowadzenia akcji ratowniczej. Pożar parametryczny wg EC1, gęstość obciążenia ogniowego 1000 MJ/m<sup>2</sup>, obciążenie stropu 2 kN/m<sup>2</sup>.

Ponadto założono przeprowadzenie 3 scenariuszy pożarowych dla ognia zewnętrznego, podczas których oceniane były 3 różne typy: elewacja ETICS (Z1) i 2 elewacje wentylowane (Z2, Z3).

Miejsca usytuowania poszczególnych scenariuszy przedstawiono na rys. 4.

Budynek wykonano w zakładzie prefabrykacji i dostarczono w formie przestrzennych modułów, które połączono na placu, a następnie wykonano końcowe prace w zakresie wykonania elewacji oraz ułożenia wierzchniej warstwy podłogi. Konstrukcję budynku stanowił szkielet drewniany współpracujący z różnymi warstwami w formie płyt mocowanych mechanicznie. Izolację wykonano z wełny mineralnej szklanej lub skalnej. Szczegółowy wykaz zastosowanych rozwiązań materiałowych poszczególnych przegród przedstawiono w tabelach 1-3 oraz na rys. 5.



Rys. 4. Rozmieszczenie poszczególnych scenariuszy pożarowych w eksperymencie

Tabela 1. Zestawienie zastosowanych materiałów, oznaczenia wg rys. 3

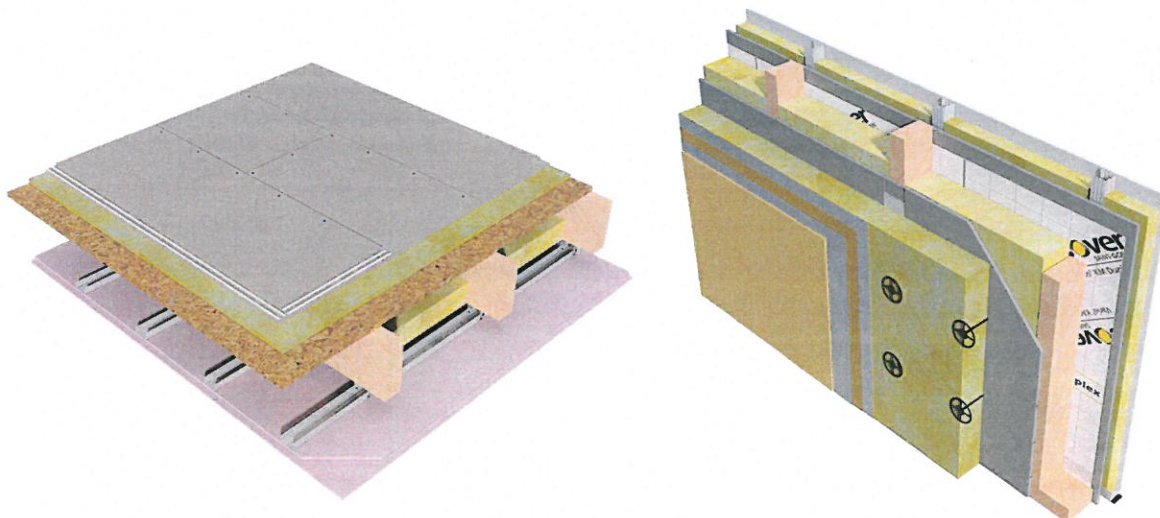
| ① Podłoga                                                                                                                                                                                          | ② Dach                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ③ Strop międzykondygnacyjny                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Podłoga 5mm;<br>2×Rigips Rigidur E25 2×12.5 mm;<br>Płyta OSB3 22 mm;<br>Warstwa konstrukcyjna 240 mm/Wełna<br>szklana ISOVER SUPER-MATA 240mm;<br>Wiatroizolacja;<br>Płyta Rigips Rigidur H 10 mm; | Membrana dachowa (PVC);<br>Wełna mineralna spadkowa Dachoterm<br>S ≥ 30mm;<br>Wełna mineralna Taurus 200 mm;<br>Paroizolacja;<br>Płyta OSB3 22mm;<br>Belki dwuteowe 300 mm;<br>Wełna szklana ISOVER SUPER MATA 50<br>mm;<br>Łaty drewniane 30×50 mm;<br>2×płyta g-k Rigips typ DF 12.5 mm; | Płyta OSB3 22 mm;<br>Warstwa konstrukcyjna 300 mm<br>/ Wełna szklana ISOVER SUPER-MATA<br>300 mm;<br>Siatka stalowa;<br>Dylatacja 73 mm;<br>Płyta OSB3 12 mm;<br>Belki dwuteowe 150 mm;<br>Wełna szklana ISOVER SUPER-MATA 50<br>mm;<br>Łaty drewniane 30×50 mm;<br>2×płyta g-k Rigips typ DF 12.5mm. |

Tabela 2. Zestawienie zastosowanych materiałów, oznaczenia wg rys. 2

| ① Ściana zewnętrzna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ② Ściana zewnętrzna                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2×Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ DF;<br>Folia paroizolacyjna;<br>Słupki drewniane 45×195 mm / wełna szklana ISOVER<br>SUPER-MATA 195 mm;<br>Płyta Rigips Riduro 12.5 mm;<br>Wiatroizolacja, klasa B-s1,d0;<br>Łata stalowa 28 mm c/c max. 600 mm;<br>Podkładka EPDM;<br>Płyta cementowo-włóknowa 8 mm – podkładka;<br>Płyta cementowo-włóknowa 8 mm. | 2×Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ DF;<br>Folia paroizolacyjna;<br>Słupki drewniane 50×120 mm / wełna szklana ISOVER SUPER-<br>MATA 120 mm;<br>Płyta Rigips Riduro 12.5 mm;<br>Wełna skalna elewacyjna ISOVER ISOFAS 100 mm;<br>System ETICS Weber (wyprawa tynkarska). |

Tabela 3. Zestawienie zastosowanych materiałów – cd., oznaczenia wg rys. 2

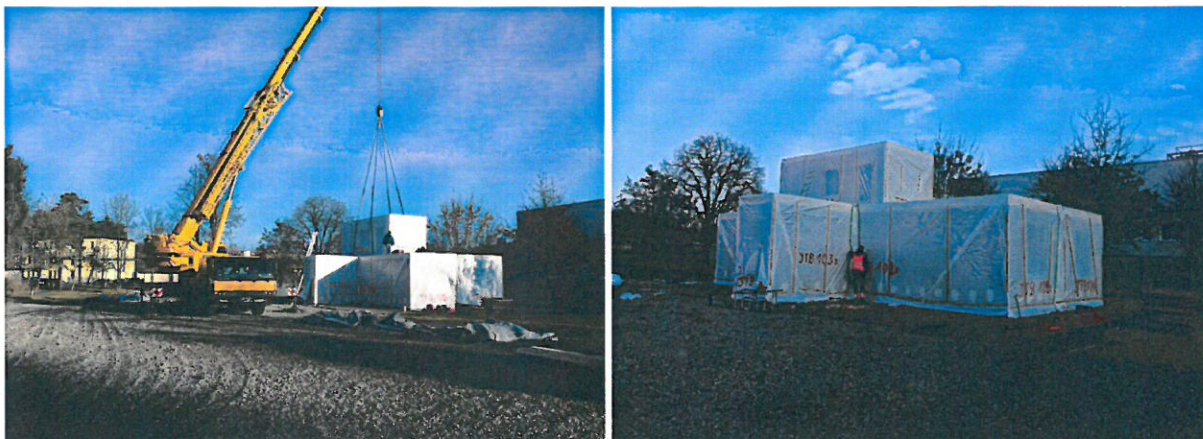
| ③ Ściana międzymodułowa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ④ Ściana działowa                                                                                                                             | ⑤ Ściana działowa                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ DF;<br>Płyta Rigips Riduro 12.5 mm;<br>Słupki drewniane 50×100 mm<br>/ wełna szklana ISOVER SUPER-MATA<br>100 mm;<br>Siatka stalowa;<br>Dylatacja/pustka 40mm;<br>Siatka stalowa;<br>Słupki drewniane 50×100mm;<br>/ wełna szklana ISOVER SUPER-MATA<br>100 mm;<br>Płyta Rigips Riduro 12.5 mm;<br>Płyta g-k Rigips 12.5mm typ DF. | Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ A;<br>Słupki drewniane 50×80 mm<br>/ ISOVER wełna szklana AKU-PŁYTA 50<br>mm;<br>Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ A. | Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ A;<br>Słupki drewniane 50×80mm<br>/ ISOVER wełna szklana AKU-PŁYTA 50<br>mm;<br>Płyta Rigidur gr. 12.5 mm;<br>Płyta g-k Rigips 12.5 mm typ H2. |



Rys. 5. Schematyczny układ warstw stopu (po lewej) i ściany zewnętrznej (z prawej)

W budynku zastosowano 3 rodzaje przeszkleń w oknach o ramach wykonanych z PVC. W pomieszczeniu P1 zastosowano okno ze szkłem bazowym „float” 4/18/4/18/4, w pomieszczeniu P2 okno ze szkłem hartowanym 6/16/4/16/6 natomiast w pomieszczeniu P3 wykorzystano okna ze szkłem laminowanym 6/16/4/44.4.

Łączna powierzchnia budynku, obejmująca obydwie kondygnacje przekraczała 110 m<sup>2</sup>. Na rys. 6-9 przedstawiono zdjęcia dokumentujące fazy przygotowania budynku do badań.



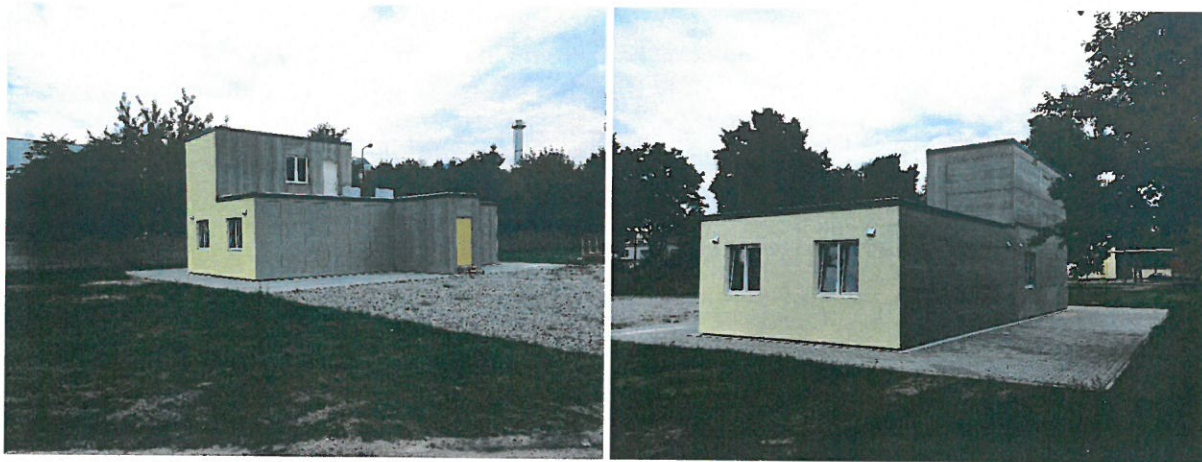
Rys. 6. Montaż modułów budynku



Rys. 7. Prace wykończeniowe w budynku – elewacje

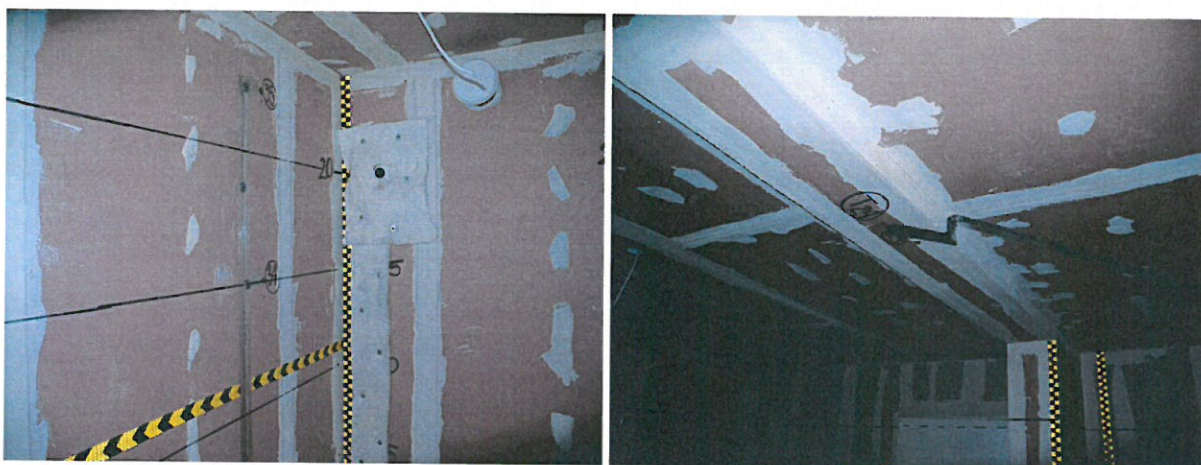


Rys. 8. Prace wykończeniowe w budynku – wnętrze budynku



Rys. 9. Budynek gotowy do przeprowadzenia eksperymentu

W dniu 25.VIII.2020 r. zrealizowano 3 scenariusze pożarowe, w kolejności P1, P2 i Z2, natomiast kolejnego dnia wykonano badania dla scenariuszy P3, Z3 i Z1.

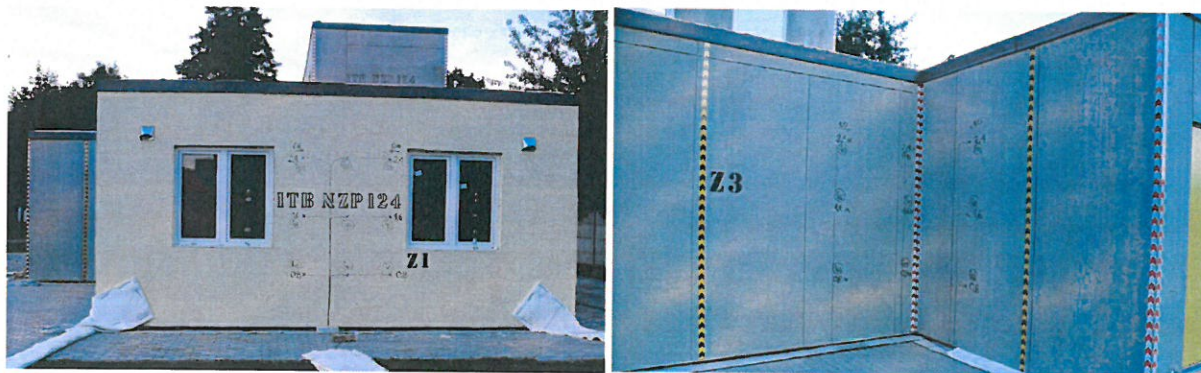


Rys. 10. Przykładowe termopary oraz kamery służące do rejestracji wyników badań, wewnątrz.

W celu rejestracji wyników badań zastosowano następujące środki techniczne:

- kamery wewnątrz (10 szt.) i na zewnątrz + dron;
- termopary do pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym wewnątrz, 43 sztuki, rys. 10;
- termopary do pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym na zewnątrz, 27 sztuk, rys. 11.

Ponadto zastosowano pomocnicze linie co 50 cm, pozwalające na ocenę zadymienia oraz taśmy odbłaskowe ułatwiające pomiar odległości pomiędzy charakterystycznymi punktami.



Rys. 11. Przykładowe termopary służące do rejestracji wyników badań, na zewnątrz.

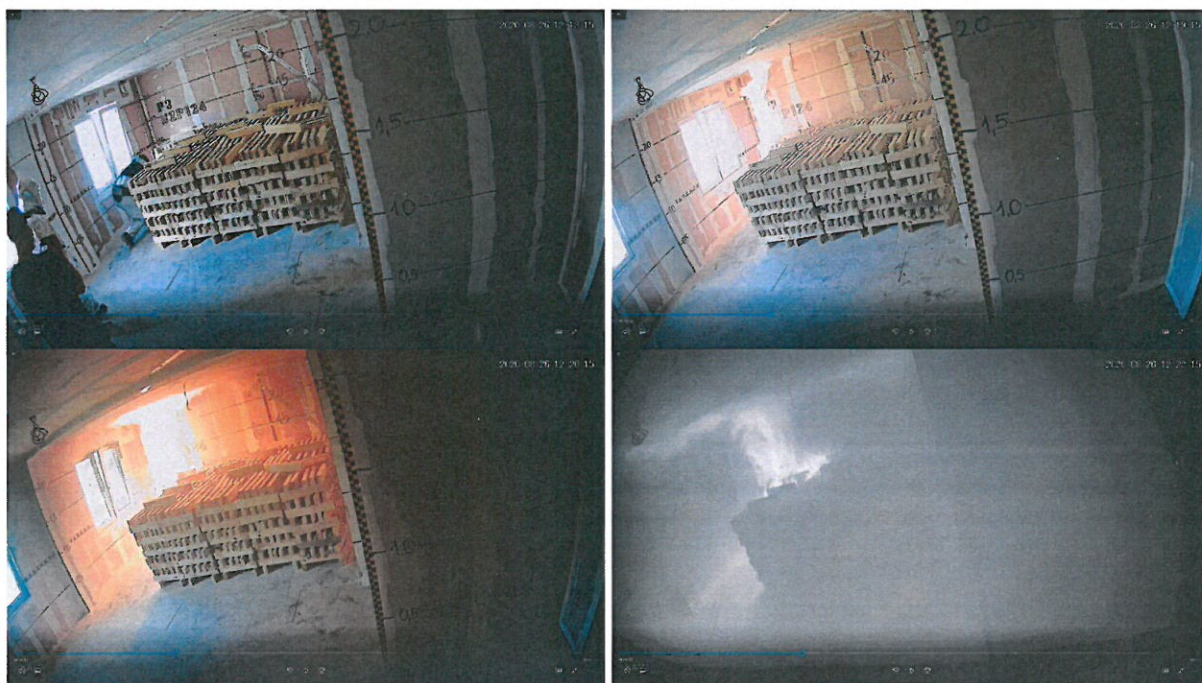
Zgodnie z powyżej podanymi danymi przeprowadzono 3 scenariusze pożarowe wewnętrzne oraz 3 scenariusze pożarowe zewnętrzne. Poniżej przedstawiono wyniki dla jednego reprezentatywnego pożaru z każdej grupy, natomiast w rozdziale p.5 odniesiono się do rezultatów uzyskanych z wszystkich badań.

#### 4.1 Pożar wewnętrzny P3

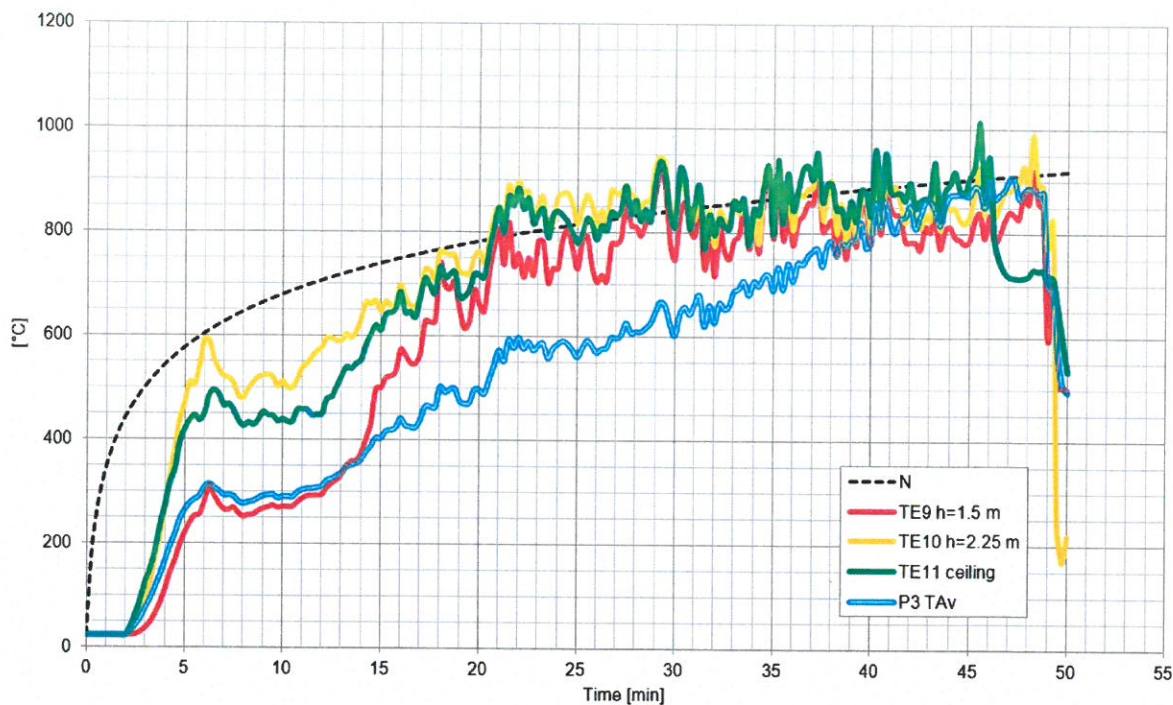
Scenariusz pożarowy P3 obejmował pożar o największym obciążeniu ogniowym wynoszącym  $1000 \text{ MJ/m}^2$ , co przekładało się na  $\sim 1900 \text{ kg}$  sezonowanego drewna, rys. 12. Strop nad częścią pomieszczenia, bezpośrednio nad źródłem ognia był obciążony obciążeniem użytkowym zgodnie z PN-EN 1991-1-1, przewidzianym dla budynków mieszkalnych (kategoria A).



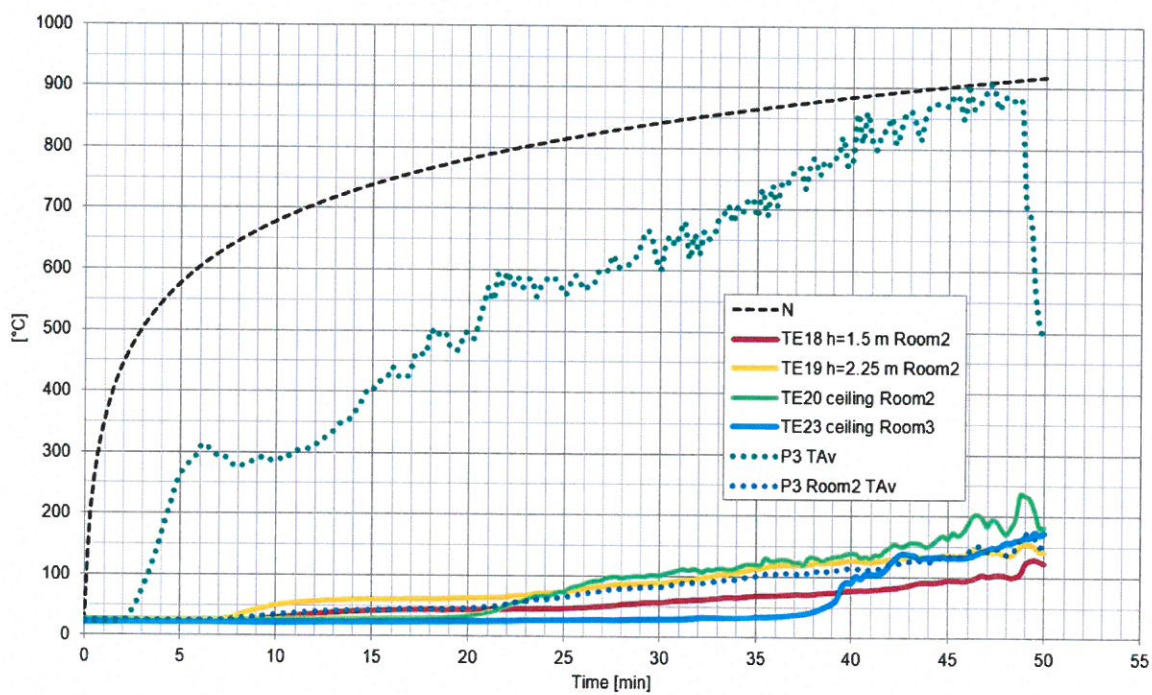
Rys. 12. Po lewej: stos drewna stanowiący źródło ognia w scenariuszu P3; po prawej: obciążenie użytkowe stropu nad źródłem ognia.



Rys. 13. Widok z kamery. Start badania, 1, 2 i 4 minuta badania.



Rys. 14. Wykresy temperatura-czas w charakterystycznych punktach pomieszczenia P3 wg rys. 4.



Rys. 15. Wykresy temperatura-czas w charakterystycznych punktach pomieszczenia Ro2 wg rys. 4.  
Widok z kamery przedstawiono na rys. 13, natomiast wybrane, charakterystyczne wykresy temperatury w czasie, zarejestrowane podczas badania przedstawiono na rys. 14 i 15.



Rys. 16. Dokumentacja fotograficzna pożaru wg scenariusza P3.





Rys. 17. Sekcja pomieszczenia po pożarze wg scenariusza P3.

Na rys. 17 przedstawiono dokumentację fotograficzną z wizji lokalnej i przeprowadzonej sekcji w pomieszczeniu po pożarze.

#### 4.2 Pożar zewnętrzny Z2

Scenariusz pożarowy Z2 obejmował pożar, którego źródło, w formie 40 kg sezonowanego drewna, było zlokalizowane we wklęsłym narożu budynku, którego elewacja wentylowana była wykończona płytami włóknisto-cementowymi. Widok elementu podczas i po badaniu przedstawiono na rys. 18 i 19.

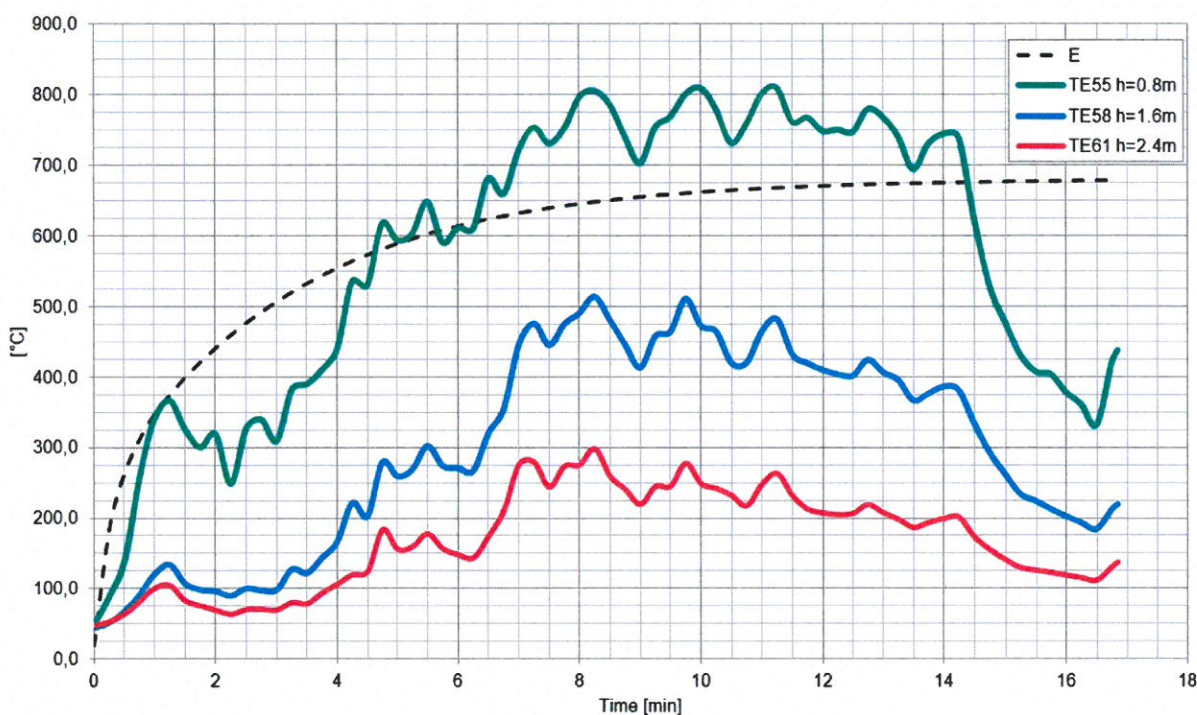
Wykresy temperatur w zależności od czasu badania przedstawiono na rys. 20.



Rys. 18. Widok elewacji w trakcie badania wg scenariusza Z2.



Rys. 19. Widok elewacji po badania wg scenariusza Z2.



Rys. 20. Wykresy temperatura-czas w charakterystycznych punktach – badanie wg scenariusza Z2 (rys. 4).

## 5 Analiza

Badania ogniowe w skali rzeczywistej, miały wykazać, czy budynki o szkieletie drewnianym spełniają wymagania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego stawiane przez przepisy. Podstawową różnicą pomiędzy badaniami normowymi prowadzonymi w laboratorium przy wykorzystaniu pieców, był fakt, że w eksperymencie pożarowym przeprowadzonym w skali rzeczywistej mieliśmy do czynienia nie z pojedynczą przegrodą typu ściana czy strop, które bada się zgodnie z normami badawczymi, ale z całym budynkiem, więc ocenie podlegały zarówno przegrody, zastosowane materiały, sposób ich montażu, połączenia pomiędzy przegrodami czy miejsca prowadzenia instalacji.

Warunki termiczne stworzone w eksperymencie wykazały, że zarówno w przypadku scenariuszy wewnętrznych (P1-P3) jak i zewnętrznych (Z1-Z3), udało się uzyskać temperatury zbliżone, a w wielu miejscach nawet przewyższające, temperatury normowe, tj. odpowiednie dla krzywej standardowej przytoczonej w warunkach technicznych [1], rys. 14, która odpowiada w pełni rozwiniętemu pożarowi wewnętrznemu, czy do krzywej zewnętrznej, charakterystycznej dla pożarów zewnętrznych, rys. 20. Oznacza to, że działające na konstrukcję obciążenie ogniowe było miarodajne i odpowiadało realnym pożarom, z jakimi mamy do czynienia w przypadku normalnie użytkowanych budynków. Potwierdziło to również założenia Państwowej Straży Pożarnej, do której zadań należy prowadzenie akcji ratowniczo-gaśniczych i która dysponuje największym doświadczeniem w tym zakresie.

Ocenę bezpieczeństwa pożarowego poddanego badaniu budynku należy podzielić na kilka elementów, obejmujących zarówno palność konstrukcji drewnianej, kwestie rozprzestrzeniania ognia, odporności ogniowej, izolacji ogniochronnych, czy kwestie szczelności pomieszczeń ograniczających rozwój pożaru w pomieszczeniu.

Obowiązujące w Polsce przepisy związane z bezpieczeństwem pożarowym, z uwagi na cechy fizyczne drewna, ograniczają możliwość jego pełnego wykorzystania w budownictwie. Do głównych ograniczeń prawnych szerszego stosowania drewna w budownictwie, w tym wielokondygnacyjnym, mieszkaniowym, wielorodzinnym, należą wymagania z zakresu palności oraz rozprzestrzeniania ognia. Ograniczenia mają dwojakie źródła. Problematyka rozprzestrzeniania ognia wynika pośrednio z wymagań podstawowych zawartych w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]. Wymaganie podstawowe nr 2, pt. Bezpieczeństwo pożarowe wymaga: „*Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wybuchu pożaru:*”, podpunkt b) „*powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach budowlanych było ograniczone*” oraz bezpośrednio z rozporządzenia ministra infrastruktury [1], gdzie w dziale VI. Bezpieczeństwo pożarowe zapisano: „§ 216, 1. Elementy budynku, odpowiednio do jego klasy odporności pożarowej, powinny spełniać, z zastrzeżeniem § 213 oraz § 237 ust. 9, co najmniej wymagania określone w poniższej tabeli:”

Tabela 4. Klasy odporności ogniowej elementów w zależności od odporności pożarowej budynku

| Klasa odporności pożarowej budynku | Klasa odporności ogniowej elementów budynku |                   |         |                   |                   |                  |
|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                    | Główna konstrukcja nośna                    | Konstrukcja dachu | Strop   | Ściana zewnętrzna | Ściana wewnętrzna | Przekrycie dachu |
| „A”                                | R 240                                       | R 30              | REI 120 | EI 120 (0<->i)    | EI 60             | RE 30            |
| „B”                                | R 120                                       | R 30              | REI 60  | EI 60 (0<->i)     | EI 30             | RE 30            |
| „C”                                | R 60                                        | R 15              | REI 60  | EI 60 (0<->i)     | EI 15             | RE 15            |
| „D”                                | R 30                                        | (-)               | REI 30  | EI 30 (0<->i)     | (-)               | (-)              |
| „E”                                | (-)                                         | (-)               | (-)     | (-)               | (-)               | (-)              |

oraz „2. Elementy budynku, o których mowa w ust. 1, powinny być nierozprzestrzeniające ognia, przy czym dopuszcza się zastosowanie słabo rozprzestrzeniających ogień”.

Legislator przewidział kilka odrębnych procedur potwierdzania nierozprzestrzeniania ognia przez elementy drewniane w zależności od ich miejsca wbudowania. Załącznik nr 3 rozporządzenia [2], pozwala przypisać cechę nierozprzestrzeniania ognia przez elementy budynku z wyłączeniem ścian zewnętrznych przy działaniu ognia z zewnątrz budynku. Oznacza to że elementy drewniane wbudowane wewnątrz budynku, aby mogły być uznane za nierozprzestrzeniające ognia muszą się charakteryzować klasą reakcji na ogień, zgodnie z normą PN-EN 13501-1 [3]: A1; A2-s1, d0 A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; Bs-2, d0 oraz Bs-3, d0 lub stanowiące wyrób o klasie reakcji na ogień, zgodnie z PN-EN 13501-1 [3]: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; B-s2, d0 oraz B-s3, d0, przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę reakcji na ogień co najmniej E. Należy przy tym

pamiętać, że niezabezpieczone ogniochronnie drewno charakteryzuje się klasą reakcji na ogień D sporadycznie C, co jest związane z rodzajem drewna, jego klasą wytrzymałościową – a więc i gęstością oraz sposobem obróbki powierzchni – np. struganie, frezowanie krawędzi. Drewno impregnowane ogniochronnie najczęściej uzyskuje klasę reakcji na ogień C lub B. Oznacza to, że jest możliwe wykorzystanie odpowiednio zaimpregnowanego drewna wewnątrz budynków, jeżeli jedynym wymaganiem jest nierozprzestrzenianie ognia przez element.

W przypadku oddziaływania zewnętrznego na ściany zewnętrzne ustanowiono metodę badawczą PN-B-02867:2013-06 [4]. W przypadku tej metody, odpowiednio zaimpregnowane ogniochronnie elementy drewniane, wbudowane na elewacji również mogą spełnić wymaganie nierozprzestrzeniania ognia.

Kolejne wymaganie związane jest z palnością drewna, która to cecha przypisana jest do klas reakcji na ogień, zgodnie z tabelą 5. Rozporządzenie [2] zawiera wiele ograniczeń, przy czym do najistotniejszych z punktu widzenia szerszego stosowania konstrukcji drewnianych należy zaliczyć:

*§ 232 ust. 1. Ściany i stropy stanowiące elementy oddzielenia przeciwpożarowego powinny być wykonane z materiałów niepalnych, a występujące w nich otwory - obudowane przedsionkami przeciwpożarowymi lub zamykane za pomocą drzwi przeciwpożarowych bądź innego zamknięcia przeciwpożarowego.*

*§ 249 ust. 3. Biegi i spoczniki schodów oraz pochylnie służące do ewakuacji powinny być wykonane z materiałów niepalnych i mieć klasę odporności ogniowej co najmniej:*

*1) w budynkach o klasie odporności pożarowej "A", "B" i "C" - R 60;*

*2) w budynkach o klasie odporności pożarowej "D" i "E" - R 30.*

Powyższe oznacza, że zgodnie z obowiązującymi przepisami [1], nie da się zbudować zarówno elementu oddzielenia przeciwpożarowego (stosowanego na granicy stref pożarowych) jak i schodów służących do ewakuacji z wykorzystaniem drewna, bez względu na klasę odporności ogniowej tych elementów.

Tabela 5. Klasy reakcji na ogień a określenia dotyczące palności stosowane w rozporządzeniu [1]

| Wyroby budowlane z wyłączeniem posadzek – w tym wykładzin podłogowych |                |                                 |                            |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| Określenie dotyczące palności<br>stosowane w rozporządzeniu [1]       |                | Klasyfikacja wg PN-EN 13501 [3] |                            |                                             |
|                                                                       |                | Klasa podstawowa                | Klasy dodatkowe w zakresie |                                             |
|                                                                       |                |                                 | Wydzielanie dymu           | Występowanie<br>płonących<br>kropli/cząstek |
| Niepalne                                                              |                | A1                              | -                          | -                                           |
|                                                                       |                | A2                              | s1, s2, s3                 | d0                                          |
| Palne                                                                 | Niezapalne     | A2                              | s1, s2, s3                 | d1, d2                                      |
|                                                                       |                | B                               | s1, s2, s3                 | d0, d1, d2                                  |
|                                                                       | Trudno zapalne | C                               | s1, s2, s3                 | d0, d1, d2                                  |
|                                                                       |                | D                               | s1                         | d0, d1, d2                                  |
|                                                                       | Łatwo zapalne  | D                               | s2, s3                     | d0, d1, d2                                  |
|                                                                       |                | E                               | -                          | -                                           |
|                                                                       |                | E                               | -                          | d2                                          |
|                                                                       |                | Niekapiące                      |                            | A1                                          |
|                                                                       |                | A2, B, C, D                     | s1, s2, s3                 | d0                                          |
| Samogasnące                                                           |                | Co najmniej E                   | -                          | -                                           |
| Intensywnie dymiące                                                   |                | A2, B, C, D                     | s3                         | d0, d1, d2                                  |
|                                                                       |                | E                               | -                          | -                                           |
|                                                                       |                | E                               | -                          | d2                                          |
| -                                                                     |                | F                               | Właściwości nieokreślone   |                                             |

Wymagania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego to tylko jedno z 7 wymagań podstawowych jakie powinny spełniać budynki, dlatego też przedstawione wymagania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego, w wielu przypadkach realizowane są niejako przy okazji potrzeby spełnienia pozostałych wymagań podstawowych, co oznacza że wymagania te mogą być wyższe niż podane w [1]. Przykładem są chociażby wymagania z zakresu akustyki, a dokładnie ochrony przed hałasem, która to cecha

w przypadku budynków o konstrukcji szkieletu drewnianego jest dużo większym wyzwaniem niż zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego, w odniesieniu do wymagań rozporządzenia [1]. Największym problemem w przypadku izolacyjności akustycznej jest fakt, że zmiana jednego elementu w przegrodzie, korekta jego grubości lub gęstości skutkuje zmianą izolacyjności całej przegrody. Dochodzi do tego jeszcze ogromny wpływ rozwiązań połączeń poszczególnych przegród budynku i precyzja ich wykonania, czyli dokładnie te same cechy jakie są istotne przy ocenie np. odporności ogniowej przegrody. W przegrodach o konstrukcji szkieletowej, izolację akustyczną uzyskuje się bazując na układzie masa – sprężyna – masa. Dla ścian masą są płyty poszycia np. gipsowo-kartonowe. Im mają większą gęstość, im większą mają masę, stąd zalecenia układów 2-warstwowego poszycia, tym lepiej. Oznacza to, że np. dwie płyty gipsowo-kartonowe typu DF dają lepszą izolacyjność akustyczną niż jedna płyta typu DF lub A. Analogicznie jest z odpornością ogniową przegrody, co zostało potwierdzone w przeprowadzonym eksperymencie pożarowym, gdzie ilość i jakość warstw poszycia odgrywała decydującą rolę dla uzyskanej klasy odporności ogniowej. Sprężyną w omawianym układzie jest przestrzeń, pomiędzy płytami okładzin, gdzie w budynkach o szkielecie drewnianym stosuje się niepalną wełnę mineralną. W przypadku akustyki, drewniany szkielet wpływa niekorzystnie i burzy „czystość” układu masa – sprężyna – masa, dlatego bardzo istotne jest szczelne wypełnienie przestrzeni wełną mineralną o odpowiedniej gęstości i izolacyjności. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego jest to również bardzo istotne z dwóch powodów. Po pierwsze zwiększa się szczelność i izolacyjność ogniową przegrody, a po drugie, szczelnie otulająca elementy drewniane, niepalna wełna mineralna ogranicza możliwość destrukcji termicznej drewnianego szkieletu.

W przypadku stropów jest nieco inaczej, gdyż od dołu bardzo często stosuje się sufity poodwieszane, gdzie masę również stanowią płyty poszycia. Od góry izolując strop od dźwięków powietrznych i uderzeniowych najczęściej stosuje się suchy jastrych na podkładzie ze specjalnej wełny podłogowej – a więc również rodzaj płyt, w tym wypadku najczęściej gipsowo-włóknowych. W powyższym układzie masą są więc ciągle płyty, od góry gipsowo-włóknowe i od dołu gipsowo-kartonowe, przy czym nadal obowiązuje zasada, że im ich gęstość jest wyższa oraz większa jest ich grubość, co przekłada się na masę (zalecane podwójne obicie), tym lepiej. Wewnątrz stopu, między belkami, w celu wyjaśnionym powyżej, stosuje się szczelnie ułożoną warstwę wełny mineralnej. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego uzyskujemy więc układ, gdzie palna konstrukcja drewniana, jest chroniona ze wszystkich stron przez niepalne elementy – okładziny oraz izolacje termiczną. W przypadku eksperymentu pożarowego zostało to potwierdzone np. w scenariuszu P3, gdzie pomimo panujących ponad 1000°C temperatur na dole, w pomieszczeniu na górze (rys. 12) mieliśmy do czynienia z temperaturami pokojowymi panującymi przez cały czas badania.

W zakresie akustyki i bezpieczeństwa pożarowego mamy jeszcze jedno podobieństwo. W obydwu przypadkach jakość wykonania przegród, ich szczelność, prawidłowe rozwiązanie detali połączeń, odpowiednie zabezpieczenie elementów instalacji np. puszek elektrycznych, istotnie wpływa na ostateczne parametry przegrody. Oznacza to, że powtarzalność wykonania, odpowiednia kontrola jakości, są kluczowe dla końcowych efektów. Utrzymanie takiego reżimu technologicznego na budowie, przy zmiennych warunkach atmosferycznych, często rotujących się pracownikach, jak wykazuje doświadczenie, jest w zasadzie niewykonalne. Oznacza to, że w przypadku tego typu przegród lub wręcz przestrzennych fragmentów budynków – np. modułów, wymaganą powtarzalność wykonania można uzyskać stosując prefabrykację, a więc wykonywanie elementów w zakładach w reżimie jakościowym linii produkcyjnej.

Analiza wyników eksperymentu pożarowego, wykazała, że kluczową rolę w zapewnieniu odporności ogniowej przegród odgrywał układ palnego i zachowującego w warunkach pożarowych wymaganą sztywność drewna, które było zabezpieczone przed działaniem temperatur pożarowych poprzez otulenie niepalną wełną mineralną oraz szczelne osłonięcie płytami gipsowo-kartonowymi lub gipsowo-włóknowymi, mocowanymi przy użyciu stalowych łączników mechanicznych, które w zasadzie pełniły funkcję izolacji ogniochronnej. Taki układ zapewniał optymalną współpracę w warunkach pożarowych. O skuteczności takiego rozwiązania świadczy również zachowanie ścian szkieletowych z okładzinami gipsowymi, dla których nie określano wymagań z zakresu odporności ogniowej. Przedstawione na rys. 15 wykresy pokazują, jak skutecznie współpracuje okładzina w formie płyty gipsowo-kartonowej, nawet typu A, z konstrukcją drewnianą i jak dzięki tej współpracy chronione jest pomieszczenie przed wzrostem temperatury.

Bardzo ważnym elementem jest również wykorzystanie niepalnej wełny mineralnej w budowie przegród. W bezpieczeństwie pożarowym, zdecydowanie bardziej wszechstronnym materiałem jest wełna mineralna skalna, im wyższej gęstości tym lepiej, co jest związane z tym, że wełna mineralna szklana w temperaturze  $\sim 600^{\circ}\text{C}$  ulega stopieniu i traci walory izolacyjne. W przypadku stosowania w przegrodach okładzin dobrze przewodzących ciepło np. stalowych blach jest to bardzo istotne, jednakże zupełnie z inną sytuacją mamy do czynienia, kiedy okładziny są izolatorami i nie dopuszczają do istotnego wzrostu temperatur w przegrodzie. Potwierdził to eksperyment, gdzie po zdjęciu okładzin na bazie gipsu, widać na rys. 17 niezniszczoną lub lokalnie zniszczoną szklaną wełnę mineralną oraz elementy konstrukcji drewnianej. Zaletą wełny szklanej jest lepsza izolacyjność w niższych temperaturach niż wełny skalnej, lepsza lambda, co powoduje, że w przegrodzie powstaje „poduszka” skutecznie ograniczająca wzrost temperatury i w konsekwencji destrukcję przegrody. Taki układ ma jednak miejsce jedynie, kiedy ograniczenia szklanej wełny mineralnej w wysokich temperaturach są rekompensowane przez zalety systemowych płyt bazujących na gipsie, skutecznie niedopuszczających do wzrostu tych temperatur wewnątrz przegrody. Należy jednocześnie pamiętać, że istotna destrukcja drewna rozpoczyna się w temperaturze  $\sim 280\text{--}300^{\circ}\text{C}$ , przy której szklana wełna mineralna zachowuje jeszcze swoje walory izolacyjne i dlatego w zakresie tych temperatur tak dobrze chroni wraz z okładzinami na bazie gipsu drewnianą konstrukcję nośną.

Oddzielnym zagadnieniem jest szczelność pomieszczeń budynków wykonanych w technologii szkieletu drewnianego z systemowymi okładzinami na bazie gipsu i izolacją w formie niepalnej wełny mineralnej. W jednym ze scenariuszy pożarowych (P1), pomieszczenie z zamkniętymi oknami i drzwiami było na tyle szczelne powietrznie, że w zasadzie samoczynnie zgasiło pożar. Jest to o tyle istotne, że dzięki temu nie dopuszczono do rozwoju pożaru i przeniesieniu go na inne pomieszczenia, umożliwiono utrzymanie warunków niezbędnych do prowadzenia ewakuacji i ewentualnej akcji ratowniczo-gaśniczej. Z drugiej strony oznacza to również, że bardzo dobra izolacyjność przegród wykonanych w tej technologii, dbałość o szczegóły zapewniające szczelność powietrzną budynku, w tym odpowiednia ilość i jakość łączników mechanicznych zapewniających współpracę okładzin gipsowych i szkieletu przegrody, niejako stanowi samoczynną barierę dla rozwoju pożaru. Sprzyja temu również brak rozprzestrzeniania ognia przez ściany, które dzięki okładzinom gipsowo-kartonowym nie rozprzestrzeniają ognia, już przy zastosowaniu podstawowej płyty gipsowo-kartonowej typu A.

W przypadku okien istotne znaczenie dla jego trwałości podczas pożaru ma rodzaj materiału z którego wykonane są ramy okienne oraz rodzaj przeszklenia. Samo szkło jest odporne nawet na bardzo wysokie temperatury i teoretycznie limitem jest tu temperatura jego topnienia, czyli ponad tysiąc stopni Celsjusza. Większym niebezpieczeństwem niż wysokie temperatury, są tu wysokie różnice temperatur występujące w obrębie jednej tafli w tym samym czasie. Pod wpływem temperatury nagrzana część zwiększa swoją objętość co skutkuje pojawieniem się wysokich naprężeń wewnątrz szklanej tafli.

W przypadku podstawowego szkła typu float (scenariusz pożarowy P1), należało się liczyć, że gdy różnica temperatur w dwóch punktach jednej tafli przekroczy 40 K może nastąpić pęknięcie termiczne, co też miało miejsce. Pojawiły się charakterystyczne rysy, jednak ze względu na jego zespolenie w pakiet dwukomorowy szkło zachowało swoją szczelność do czasu celowego rozbicia, które było niezbędne do podtrzymania pożaru.

Odmierna sytuacja wystąpiła w przypadku szkła hartowanego ESG (scenariusz pożarowy P2), które charakteryzuje się dużo większą wytrzymałością niż zwykłe szkło. Podczas procesu hartowania w szkło „zamykane” są duże naprężenia rozciągające i ściskające, które zwiększają odporność szkła zarówno na zginanie jak i na wysokie różnice temperatur. Takie szkło pęka termicznie dopiero przy gradiencie rzędu 220 K. Ma to oczywiście istotne znaczenie w przypadku działania ognia - takie przeszklenie dłużej zachowuje swoją integralność w warunkach pożarowych. Dodatkową cechą szkła hartowanego jest jednak mała nośność szczątkowa. Kiedy już dojdzie do przekroczenia naprężeń granicznych, tafla pęka na całej powierzchni, rozsypując się na drobne, ok.  $0.5\text{ cm}^2$  powierzchni, nieostre a więc bezpieczne fragmenty.

Ostatnim rodzajem powszechnie stosowanego szkła jest szkło laminowane VSG, użyte w scenariuszu pożarowym P3. Charakteryzuje się ono podwyższoną odpornością na włamanie, lepszą izolacyjnością akustyczną oraz dużą wytrzymałością szczątkową. Szkło laminowane powstaje z dwóch lub więcej tafli szkła zwykłego typu float lub szkła hartowanego, które łączone są ze sobą za pomocą specjalnych folii. Folie te są dość wrażliwe na wysokie temperatury i już przy nagrzaniu do  $70^{\circ}\text{C}$ , może wystąpić zjawisko

delaminacji, czyli odklejania się folii od szyby. Skutkuje to obniżeniem walorów estetycznych, jednak w sytuacji pożaru szkło laminowane jest w stanie wytrzymać znacznie większe temperatury. Ponadto, szkło laminowane charakteryzuje się dużą nośnością szczątkową. Nawet w przypadku rozbicia, szkło przyklejone do folii nie rozsypuje się na fragmenty.

## 6 Ocena techniczna

Na podstawie opisu badań przeprowadzonych w skali rzeczywistej podczas eksperymentu pożarowego przeprowadzonego w Pionkach oraz analizie podanej w p.5 ocenia się że:

- systemowe płyty firmy **SAINT-GOBAIN**, na bazie gipsu, wyszczególnione w p.4 odegrały kluczową rolę w zapewnieniu odporności ogniowej oraz powstrzymaniu rozwoju i rozprzestrzeniania pożaru w pomieszczeniach poddanych działaniu scenariuszy pożarowych P1-P3. Dzięki tym okładzinom oraz bardzo starannemu ich zamocowaniu stalowymi łącznikami do drewnianej konstrukcji budynku, drewniana konstrukcja budynku była odpowiednio chroniona i zachowała dzięki temu nośność i stateczność przez czas działania pożaru.
- izolacje z wełny mineralnej szklanej i skalnej firmy **SAINT-GOBAIN**, wyszczególnione w p.4, w układzie z płytami na bazie gipsu, w sposób skuteczny zapewniły ochronę drewnianej konstrukcji nośnej budynku, ograniczając destrukcyjne działanie ognia.
- szczelność powietrzna budynku, wynikająca z jego budowy oraz zastosowanych materiałów firmy **SAINT-GOBAIN** powoduje, że w przypadku zamkniętych okien i drzwi do pomieszczenia, rozwój pożaru jest ograniczony, a w skrajnych wypadkach, na skutek braku dopływu powietrza do pomieszczenia objętego pożarem, pożar może samoczynnie ulec zagaszeniu.

## 7 Uwagi końcowe

Ocena techniczna zachowuje ważność pod warunkiem, że w rozwiązaniach technicznych i składzie rozwiązań i produktów firmy **SAINT-GOBAIN** zastosowanych w eksperymencie pożarowym w Pionkach, wyszczególnionych w p. 4, nie zostaną wprowadzone jakiegokolwiek zmiany.

### 7.1 Zastrzeżenia

- Niniejsza opinia techniczna dotyczy wyłącznie skuteczności w zapewnieniu bezpieczeństwa pożarowego budynków o szkieletie drewnianym z zastosowaniem przedmiotowych rozwiązań i produktów firmy **SAINT-GOBAIN** w zakresie cech przeanalizowanych w p. 5 i ocenionych w pkt. 6, i nie dotyczy innych właściwości, itp.

Opracował:

**INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ**

www.itb.pl, 00-611-Warszawa, ul. Filtrowa 1

**dr inż. Paweł SULIK**

Uprawnienia do projektowania LUB/0002/POOK/03

i kierowania robotami budowlanymi 646/Lb/2002

bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

dr inż. Paweł Sulik (tel. 693350894, p.sulik@itb.pl)

Zatwierdził:

**KIEROWNIK**  
Zakładu Badań Ogniowych

dr inż. Bartłomiej Popis

Warszawa, 27.I.2021 r.  
(ostatnia strona opracowania)