

Seminarium „Drewno – budowlany materiał przyszłości – wyzwania i zagrożenia”



BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE KONSTRUKCJI DREWNIANYCH, CZYLI BUDOWNICTWO BEZ STEREOTYPÓW

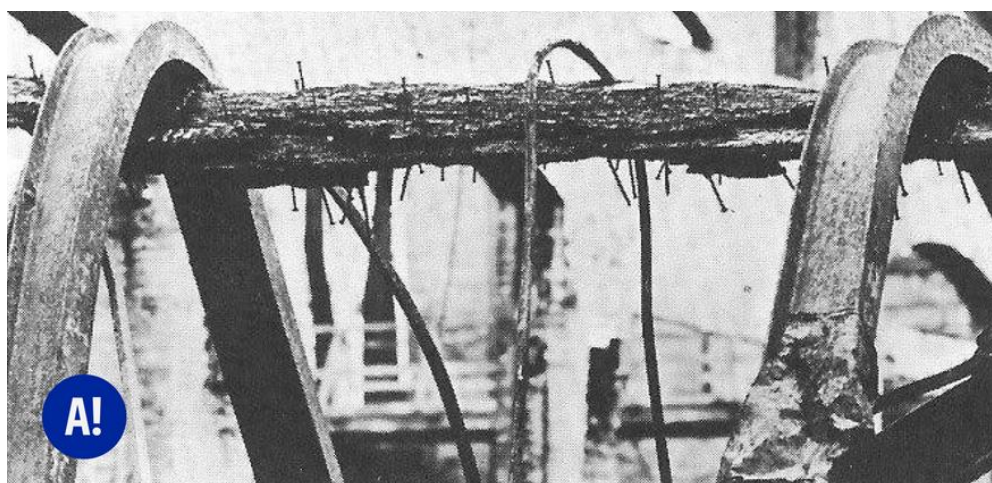
Paweł Sulik

Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Plac Trzech Krzyży 3/5
Warszawa, 19 maja 2025 r.

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

PRAWDA I STEREOTYPY DOTYCZĄCE DREWNA – W POŻARZE

Drewniana belka (ta z gwoździami) **podtrzymuje zawałone stalowe belki** po pożarze w San Francisco w 1906 r.



Źródła: Architects Climate Action Network

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

PRAWDA I STEREOTYPY DOTYCZĄCE DREWNA – W POŻARZE

Porównanie po pożarze **niepalnej**, **stalowej** konstrukcji dachu z **palną**, **drewnianą**.



Odporność ogniowa – drewno bardzo dobrze sobie radzi i teoretycznie przy odpowiednim przekroju jest samowystarczalne w tym zakresie.

Reakcja na ogień – drewno jest materiałem palnym, bez badań ma klasę D-s2,d0.

Rozprzestrzenianie ognia – drewno rozprzestrzenia ogień (nierozprzestrzeniające ognia to wyroby B-s3,d0) jednakże poddane odpowiedniej obróbce (np. struganie, fazowanie krawędzi, impregnacja), potrafi mocno ograniczyć proces rozprzestrzeniania ognia.



Źródła: PS, www

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

PRAWDA I STEREOTYPY DOTYCZĄCE DREWNA – W POŻARZE

Porównanie zachowania drzwi o deklarowanej klasie odporności ogniowej EI 60: drewnianych, aluminiowych przeszklonych oraz stalowych płaszczykowych, przy oddziaływaniu RWS



Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

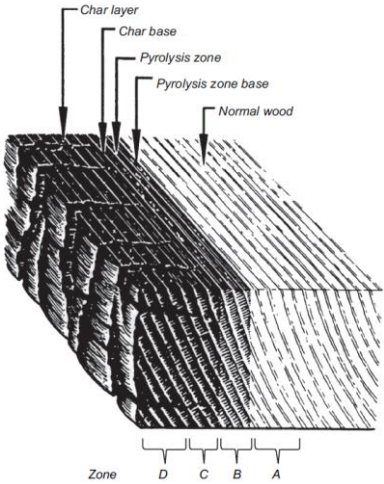
ZACHOWANIE DREWNA W OGNIU

Strefa A – W temperaturach do 200°C dochodzi do **odprowadzenia pary wodnej**, niewielkiej ilości dwutlenku węgla, kwasu mrówkowego, kwasu octowego i innych związków. Te reakcje są przede wszystkim **endotermiczne**, a **wytwarzane substancje lotne są niepalne**. Może wystąpić znaczna utrata wytrzymałości drewna (np. ~50%) w temperaturze od 100°C do 200°C.

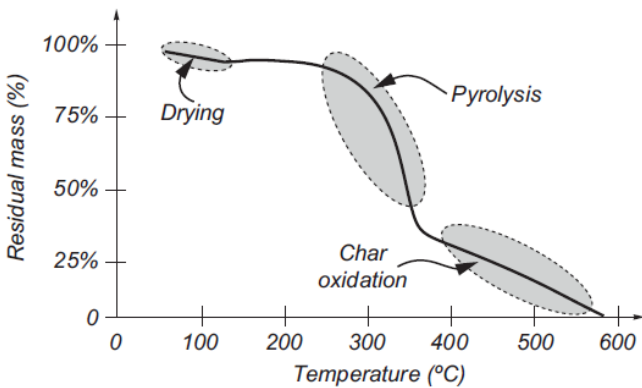
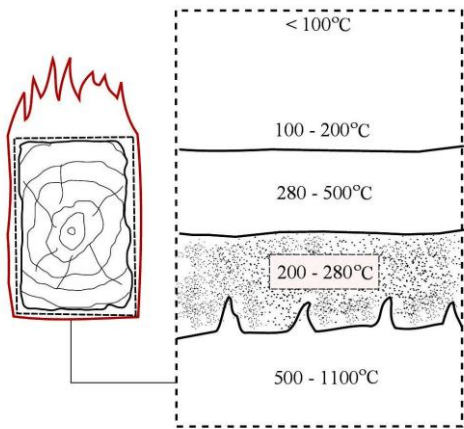
Strefa B – W temperaturach od 200°C do 280°C następuje powolna **piroliza** zachodząca równoległe ze zjawiskami jak powyżej. Dodatkowo może również wytwarzać się w niewielkich ilościach tlenek węgla, wraz z powolną zmianą drewna w **zwęglinę**. Ciemnobrązowy kolor jest związany z początkiem pirolizy.

Strefa C – W temperaturach od 280°C do 500°C intensyfikuje się zjawisko **pirolizy**, któremu towarzyszy wytwarzanie się **palnych gazów**, w tym tlenku węgla, metanu, formaldehydu oraz kwasów mrówkowego i octowego z niewielkimi ilościami innych gazów i związków. **Kropelki smoły tworzą dym**, a reszta to pozostałość zwęglania.

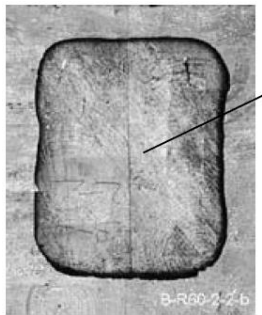
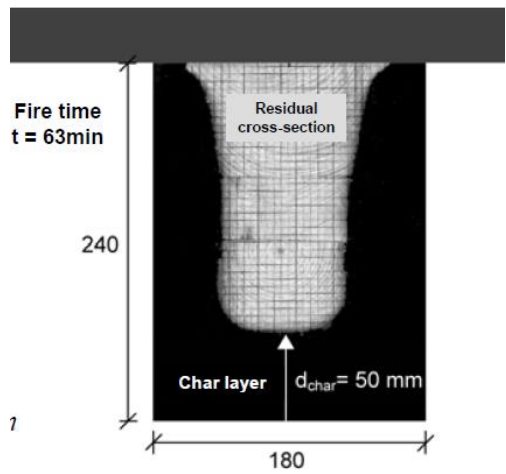
Strefa D – W temperaturach powyżej 500°C tworzącemu się zwęgleniu towarzyszą dodatkowe reakcje z udziałem produktów gazowych i smoły pochodzącej z głębszych warstw drewna, które dalej są poddawane **pirolizie** w celu uzyskania bardziej **łatwopalnych produktów spalania**, czyli dwutlenek węgla i para wodna reagują z węglem, tworząc tlenek węgla, wodór i formaldehyd.



ZACHOWANIE DREWNA W OGNIU



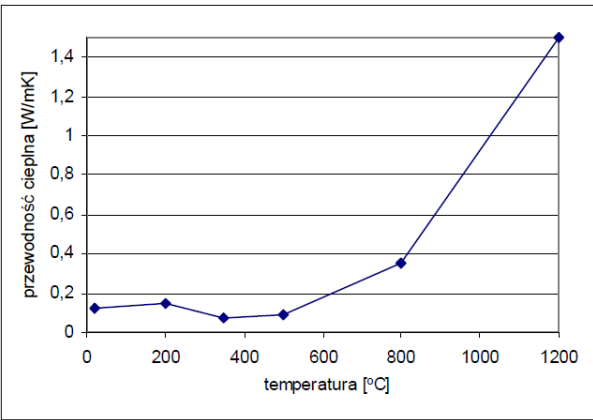
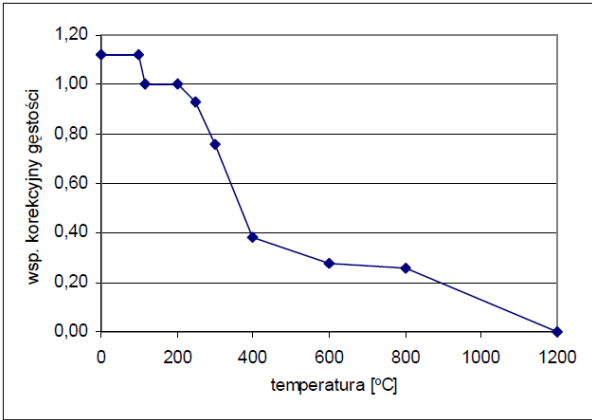
ZACHOWANIE DREWNA W OGNIU



Źródła: sciencedirect.com, proholz.at, ITB
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

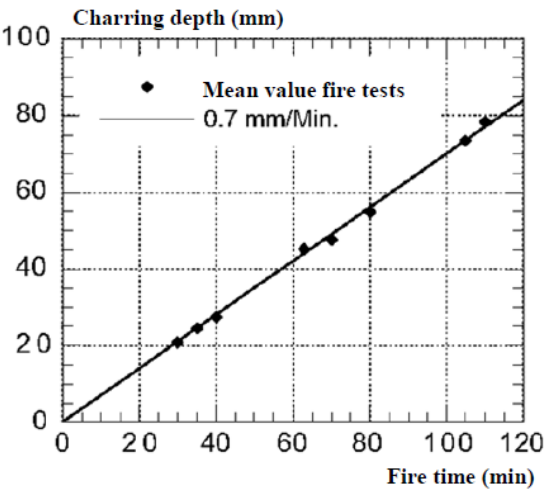
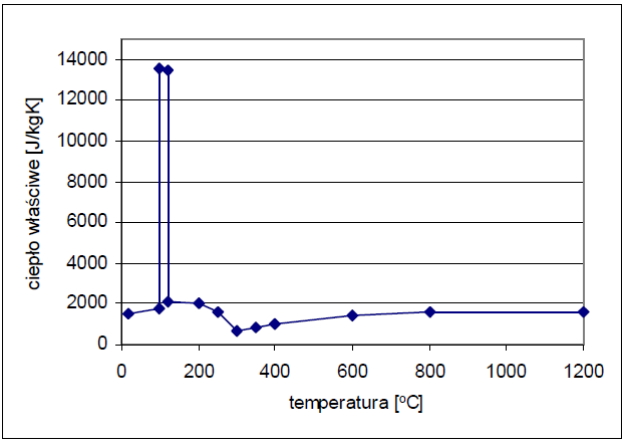
ZACHOWANIE DREWNA W OGNIU - WŁAŚCIWOŚCI



Źródła: sciencedirect.com, proholz.at, ITB
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

ZACHOWANIE DREWNA W OGNIU - WŁAŚCIWOŚCI



Źródła: sciencedirect.com, proholz.at, ITB
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA 2017 R



United States Department of Agriculture

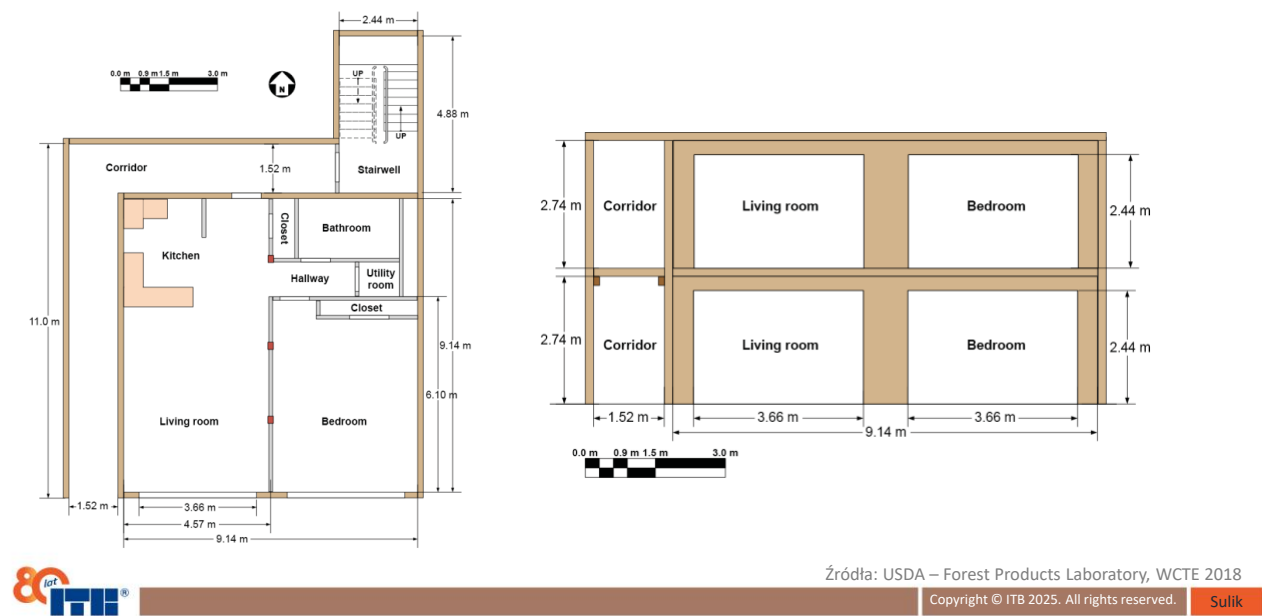
Compartment Fire Testing of a Two-Story Mass Timber Building



Źródła: USDA – Forest Products Laboratory, WCTE 2018
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA

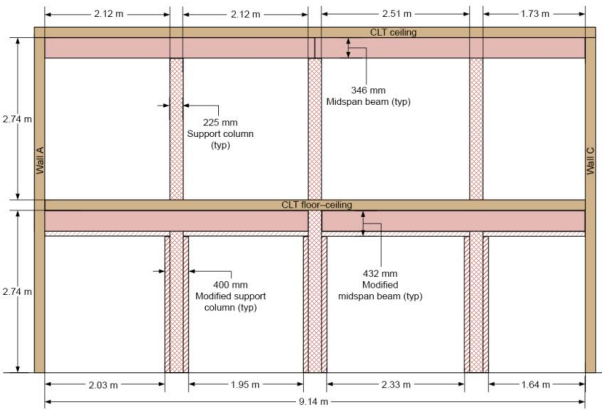




Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA

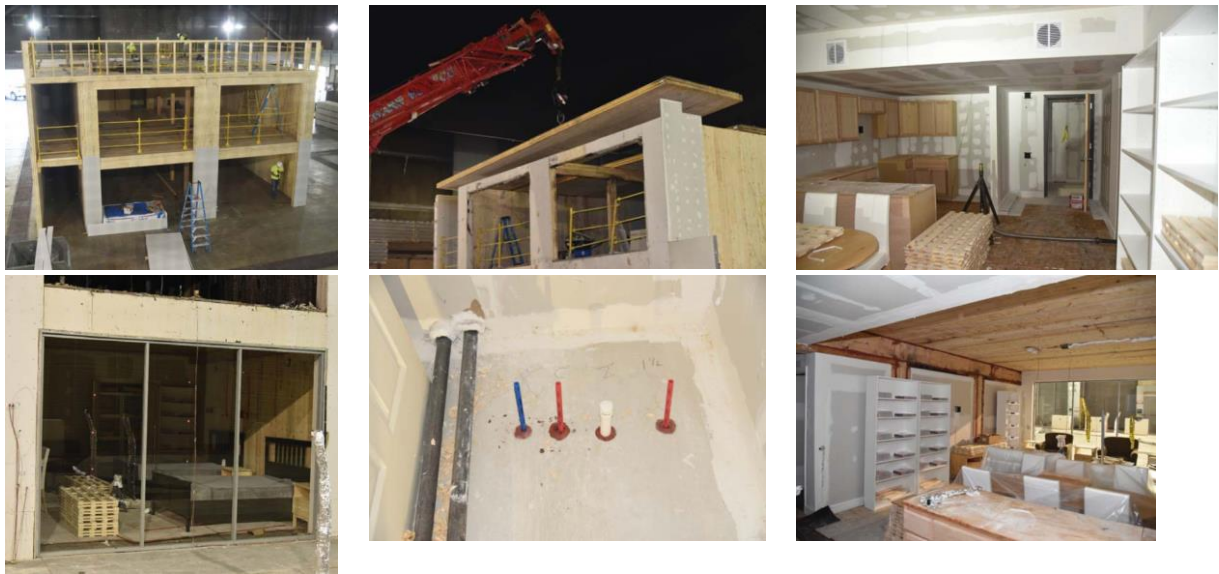




Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



Figure 1303. 1987 seconds
(193825_790258)



Figure 1304. 1995 seconds
(193825_790259)



Figure 1305. 1999 seconds
(193825_790260)



Figure 1306. 2010 seconds
(193825_790261)



Figure 1307. 2034 seconds
(193825_790262)



Figure 1308. 2065 seconds
(193825_790263)



Figure 1309. 2069 seconds
(193825_790264)



Figure 1310. 2073 seconds
(193825_790265)



Figure 1311. 2111 seconds
(193825_790266)



Figure 1312. 2334 seconds
(193825_790267)



Figure 1313. 2351 seconds
(193825_790268)



Figure 1314. 2354 seconds
(193825_790269)



Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI - USA



Figure 1315. 2359 seconds
(193825_790270)



Figure 1316. 2364 seconds
(193825_790271)



Figure 1317. 2369 seconds
(193825_790272)



Figure 1318. 2377 seconds
(193825_790273)



Figure 1319. 2381 seconds
(193825_790274)



Figure 1320. 2385 seconds
(193825_790275)



Figure 1321. 2389 seconds
(193825_790276)



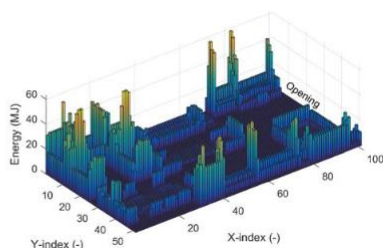
Figure 1322. 2395 seconds
(193825_790277)



Źródła: USDA – Forest Products Laboratory
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018

Sześć pomieszczeń (9,1×4,6× 2,7 m). CLT, 5 warstw, o grubości 175 mm, tarcicy iglastej 2×4 sklejonej klejem poliuretanowym. Wnętrze pomieszczeń zostało całkowicie lub częściowo zabezpieczone płytami GK o grubości 15,9 mm (0, 2 lub 3 płyty). Otwór w ścianie (z przodu) 1,8×2,0 m (4 badania) lub 3,6×2,0 m (2 badania). Średnie tempo rozwoju pożaru. Gęstość obciążenia ogniowego 550 MJ/m².



Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018



Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018



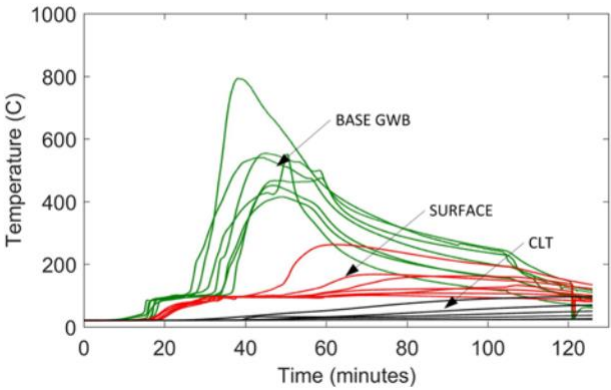
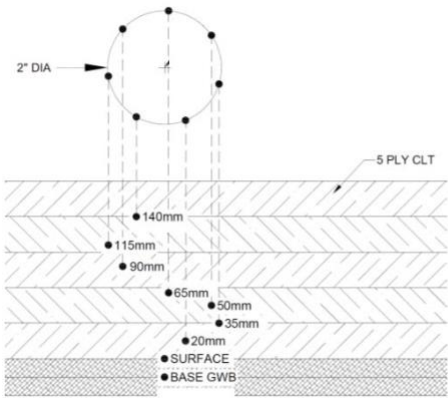
Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018

Temperatury w ścianie z okładzinami 2×15,9 mm GK, szeroki otwór



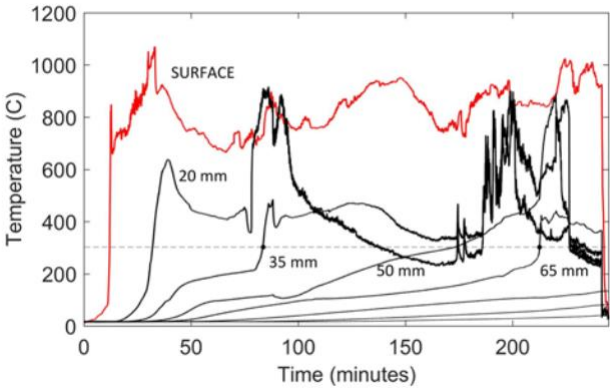
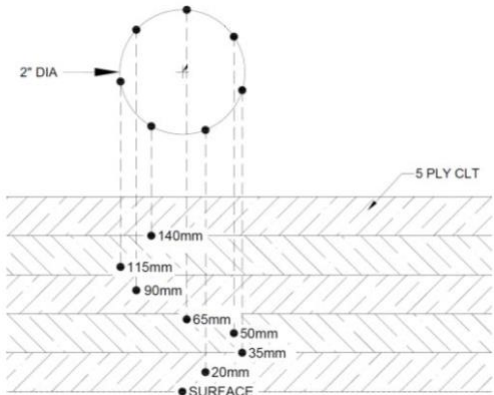
Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018

Temperatury w ścianie bez okładzin GK, szeroki otwór



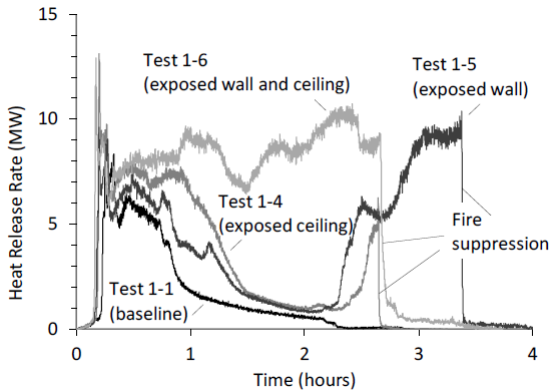
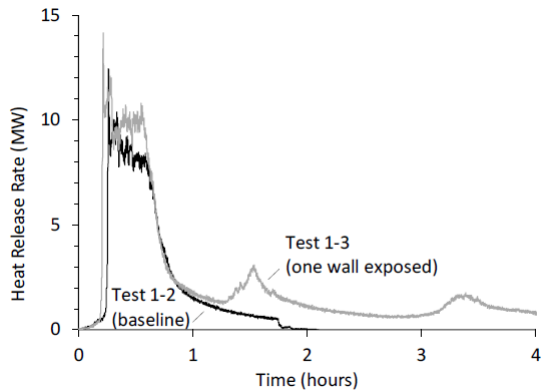
Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018

Porównanie szybkości wydzielania ciepła przez pomieszczenia CLT: z lewej - pomieszczenia o szerokich otworach, z prawej – pomieszczenia z wąskimi otworami



Źródła: SiF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – USA, SZWECJA - 2018

Wnioski z badań:

- Istotny wpływ na rozwój pożaru w pomieszczeniach miały warunki wentylacji;
- Większy otwór (współczynnik wentylacji = 0,06 m^{1/2}) zwiększył szczytową szybkość uwalniania ciepła, ale zmniejszył zagrożenia pożarowe dla wewnętrznej struktury przedziału CLT;
- Udział CLT w pożarze wzrastał wraz ze wzrostem odsłoniętej powierzchni CLT;
- Istnieje potrzeba stosowania lepszych klejów odpornych na wysoką temperaturę w CLT do odsłoniętych zastosowań CLT, aby zminimalizować rozwarstwienie.



RESEARCH FOUNDATION
RESEARCH FOR THE NFPA MISSION

Fire Safety Challenges
of Tall Wood Buildings
– Phase 2: Task 2 & 3 –
Cross Laminated
Timber Compartment
Fire Tests

FINAL REPORT BY:

Joseph Su and Pier-Simon Lafrance

National Research Council of Canada
Ottawa, Ontario, Canada

Matthew Hoehler and Matthew Bundy

National Institute of Standards and Technology
Gaithersburg, MD, USA

February 2018

© 2018 National Research Council of Canada

Fire Protection Research Foundation
1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7417, USA
Email: research@nfrpa.org | Web: nfrpa.org/foundation

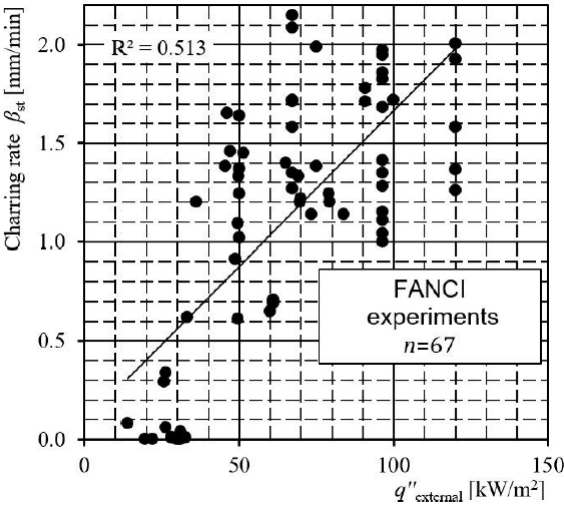


Źródła: SIF18 - The 10th International Conference on Structures in Fire

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – ISTOTNE WYNIKI



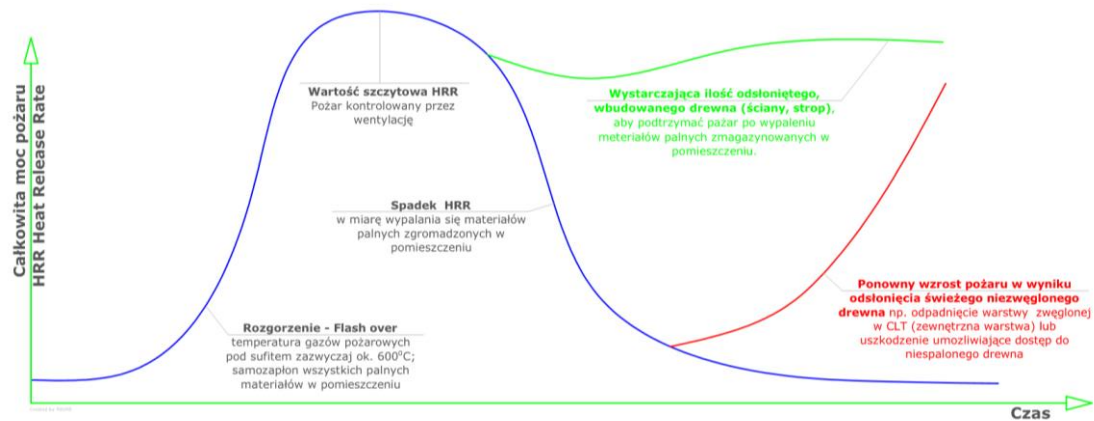
Źródła: The 11th International Conference on Structures in Fire, Daniel Brandon.

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

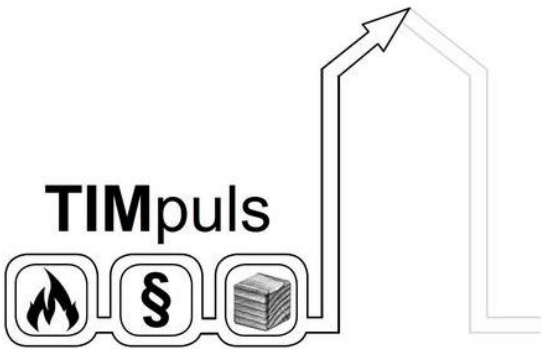
BADANIA – ISTOTNE WYNIKI

Tradycyjne, normatywne podejście do projektowania budynków z uwagi na warunki pożarowe nie opisuje rzeczywistych przewidywanych warunków panujących w pomieszczeniu podczas pożaru, szczególnie w przypadku budynków drewnianych, w których drewno jest odsłonięte lub nie jest odpowiednio chronione.



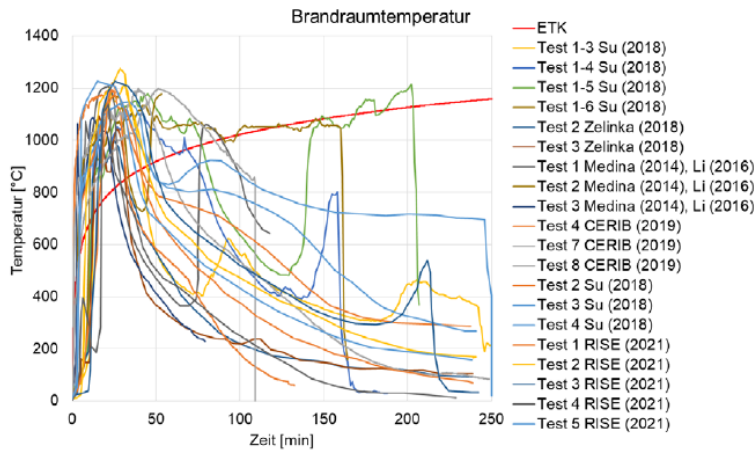
BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021

Badania podstawowe w zakresie ochrony przeciwpożarowej w celu aktualizacji przepisów budowlanych w zakresie rozszerzonego stosowania konstrukcji drewnianych.



BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021

Przegląd różnych eksperymentalnych temperatur pożarów w pomieszczeniach częściowo niezabezpieczonych powierzchnie drewniane



Schlussbericht
zum Verbundvorhaben TIMpuls

Thema:
Verbundvorhaben (F&E-Brandschutz):
Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchung zur
Fortschreibung bauaufsichtlicher Regelungen in
Hinblick auf eine erweiterte Anwendung des Holzbaus

Zuwendungsempfänger:
Teilvorhaben 1: Technische Universität München
Teilvorhaben 2: Technische Universität Braunschweig
Teilvorhaben 3: Hochschule Magdeburg-Stendal
Teilvorhaben 4: Institut für Brand- und Katastrophenschutz
Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Förderkennzeichen:
Teilvorhaben 1: 22011516
Teilvorhaben 2: 22000917
Teilvorhaben 3: 22006717
Teilvorhaben 4: 22007017

Laufzeit:
01.08.2017 bis 31.03.2021

Monat der Erstellung:
01/2022

Datum der Veröffentlichung:
10.06.2022

Geprüft durch:
Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

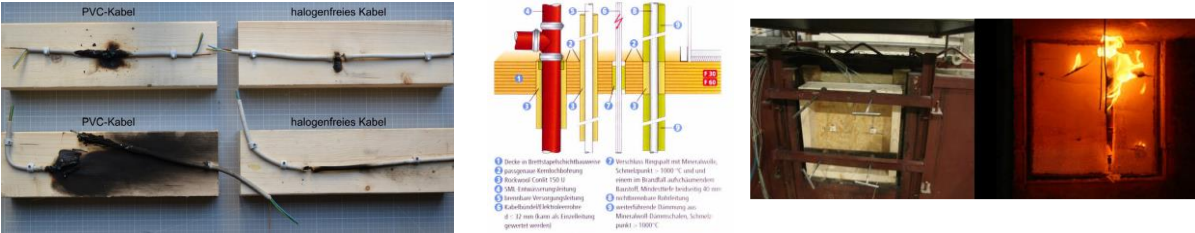
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen
Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die
Förderprogramme Nationalen Innovationsimpulse (NII) und der Programm der Bundesregierung für die
Förderung von Nachwuchswissenschaftlern (NWI) unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser
Veröffentlichung liegt beim Autor.

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021

Celem projektu badawczego było stworzenie podstaw poprzez badania doświadczalne i numeryczne do aktualizacji przepisów nadzoru budowlanego w zakresie ochrony przeciwpożarowej w zakresie rozszerzonego stosowania budownictwa drewnianego.

- Projekt badawczy był realizowany przez Politechnikę w Brunshwiku, Uniwersytet Magdeburg-Stendal, Instytut Ochrony Przeciwpożarowej i Katastrof oraz Politechnikę w Monachium.
- Badania w małej skali, badania na piecach, różne przypadki, itd.
- Testy ogniowe w skali rzeczywistej. 2021 r.



BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021

Versuch	V0	V1	V2	V3	V4
Raumgröße (B × L × H)	4,5 m × 4,5 m × 2,4 m			4,5 m × 9,0 m × 2,4 m	
Grundfläche	20,25 m²			40,5 m²	
Öffnungsgröße (B × H)	2,4 m × 2,2 m			4,2 m × 2,2 m	
Öffnungsfaktor	0,094 m ^{0,5}				
Brandlastdichte	1085 MJ/m²				
Wand 1	100 mm BSP 2×25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	150 mm BSP	140 mm HTB 2×12,5 mm GF	150 mm BSP
Wand 2	100 mm BSP 2×25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF
Wand 3	100 mm BSP 2×25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	150 mm BSP	140 mm HTB 2×18 mm GKF	140 mm HTB 2×18 mm GKF
Wand 4	100 mm BSP 2×25 mm GKF	100 mm BSP 18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF	140 mm HTB 2×18 mm GF
Decke	180 mm BSH 2×25 mm GKF	180 mm BSH	220 mm HTB 2×18mm GF	180 mm BSH	180 mm BSH
Lineare Bauteile	-	-	-	-	2× Stütze 1× Unterzug
Sichtbare Holzoberfläche	-	35 %*	37 %*	42 %*	58 %*

BSP – Brettsperrholz; HTB – Holztafelbau mit Steinwolle gedämmt; BSH – Brettschichtholz; GKF – Gipskartonfeuerschutzplatte; GF – Gipsfaserplatte; Stütze – 300×300 mm² BSH; Unterzug – 300×329 mm² BSH

* Prozent der gesamten Bauteiloberflächen ohne Fußboden und Fensteröffnung

Źródła: TIMpuls.



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021

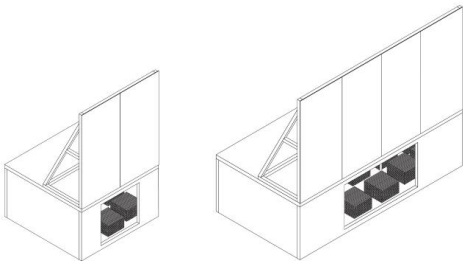


Abbildung 172: Perspektiven V0, V1, V2

Abbildung 173: Perspektiven V3, V4

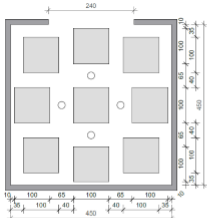


Abbildung 176: Grundriss mit Anordnung der neun Holzrippen und der vier Messbäume für V0, V1, V2

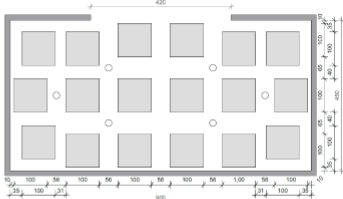
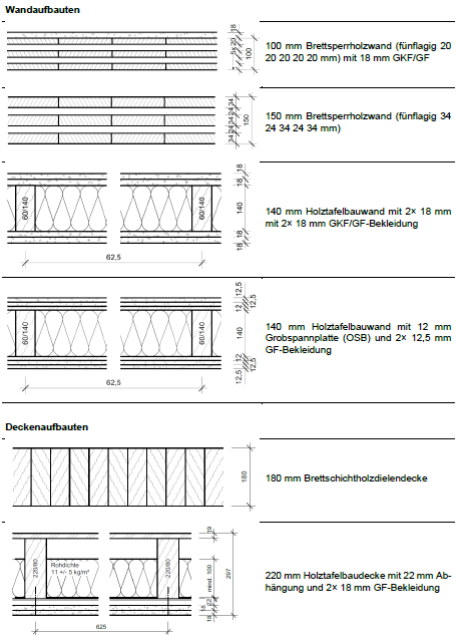


Abbildung 177: Grundriss mit Anordnung der 18 Holzrippen und der sechs Messbäume für V3



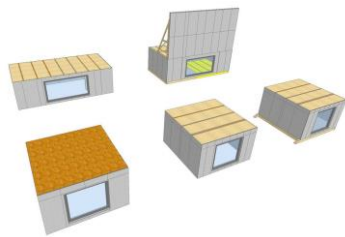
Źródła: TIMpuls.



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021



Źródła: TIMpuls.



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

BADANIA – W DUŻEJ SKALI – NIEMCY 2021



Źródła: TIMpuls.



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

JAPONIA – PRZEPISY PRZECIWPOŻAROWE DOTYCZĄCE DREWNA

Building Standards Act - budynki ognioodporne (fire-resistive) oraz prawie ognioodporne (quasi fire-resistive).

Każdy budynek drewniany o **min. 4 kondygnacjach (lub wysokości > 16 m)** musi mieć główne elementy wykonane w sposób zapewniający przetrwanie standardowego pożaru przez wymagany czas.

Zaostrzone wymagania, w tzw. **strefach ochrony przeciwpożarowej** (Fire Prevention Districts) - budynki wykonane jako ognioodporne, co nie wyklucza zastosowania drewna.

Zewnętrzne ściany i okapy drewnianych obiektów położonych na terenach narażonych **na szybkie rozprzestrzenianie ognia** muszą być wykonane w konstrukcji ogniochronnej lub prawie ogniochronnej, np. wykończone warstwą zaprawy lub obudowane płytami gipsowymi.

Strefa z elementami palnymi **nie może przekroczyć 3000 m² powierzchni**.

Ściany CLT w Japonii wymagają zabezpieczenia – np. przez obłożenie płytą gipsową – jeśli mają takie zabezpieczenie **mogą pełnić rolę oddzielenia przeciwpożarowego**.

3-4 kondygnacje – odporność ogniowa 1h, do 14 kondygnacji – 2h, od 15 kondygnacji – 3h.

Materiały niepalne – 20 minut, quasi-niepalne – 10 minut, trudno zapalne – 5 minut.



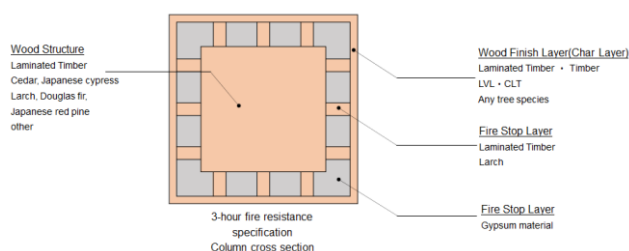
Źródła: japaneselawtranslation.go.jp

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

JAPONIA – BADANIA I ROZWIĄZANIA – „MOEN-WOOD”

Badanie 3h (do 1100°C) i naturalne studzenie w piecu. Po 24h struktura drewna konstrukcyjnego musi być nieuszkodzona i niekarbonizowana.



Źródła: takenaka.co.jp



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

JAPONIA – BADANIA I ROZWIĄZANIA – „COOL-WOOD”



JAPONIA – BADANIA I ROZWIĄZANIA – „COOL-WOOD”

Badanie 3h (do 1100°C) pod obciążeniem + 9h pod obciążeniem naturalne studzenie w zamkniętym piecu. Struktura drewna konstrukcyjnego musi być nieuszkodzona i niezwęglona. My mamy K₂60 oni K₂180+540_{Cooling}.



KANADA – PRZEPISY PRZECIWPOŻAROWE DOTYCZĄCE DREWNA

National Fire Code of Canada (NFC) 2020 wprowadzony równoległe z równoległe z NBC.

Budynki szkieletowe – do **4-6 kondygnacji**, masywne do **12 kondygnacji** – mieszkalne i biura.

Łącznie nie więcej niż **35% powierzchni ścian wewnętrznych** w danym pomieszczeniu może stanowić **odslonięte masywne drewno**. Dodatkowo niezabezpieczone elementy jak belki, słupy mogą stanowić maks. **10% powierzchni ścian danego pomieszczenia**, a ich wskaźnik rozprzestrzeniania ognia **FSR (flame spread rating)** według norm CAN/ULC-S102, nie może przekraczać **150 – klasa C** (drewno iglaste nie zabezpieczone).

Sufity z drewna masywnego – mogą pozostać **częściowo odslonięte**, pod warunkiem że nie tworzą tzw. **przeciwległych powierzchni z odsloniętymi ścianami** (aby nie doszło do gwałtownego rozgorzenia między dwiema dużymi płaszczyznami drewna). Również tutaj wymagany FSR to max. 150 dla odsloniętych paneli.

Klasy odporności ogniowej budynków masywnych nawet >2h.

Drogi ewakuacyjne - wymagane są materiały o niskim wskaźniku rozprzestrzeniania ognia (FSR ≤25, klasa A).

Rozwiązania hybrydowe np. podium z dużą salą zgromadzeń niepalne, wyżej może być drewno.



Źródła: nrc.canada.ca

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Large-scale fire tests of a mass timber building structure for MTDFTP



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Large-scale fire tests of a mass timber building structure for MTDFTP – 2 etapy:

- testy demonstracyjne w skali pilotażowej przeprowadzone latem 2021 r. w Richmond w prowincji Kolumbia Brytyjska,
- testy ogniowe na **dużą skalę** przeprowadzone latem 2022 r. w Ottawie w prowincji Ontario.

Cel badań - bezpieczeństwa pożarowego podczas budowy, dynamiki pożaru i zachowania się konstrukcji w otwartej przestrzeni biurowej i apartamentach mieszkalnych, a także wpływu odsłoniętych elementów konstrukcyjnych z drewna masywnego na intensywność i czas trwania pożaru.

Przeprowadzono **pięć testów ogniowych** w dwukondygnacyjnej, czteroprzęsłowej konstrukcji z drewna masywnego, zbudowanej z klejonych belek i słupów (**Glulam**), drewna klejonego krzyżowo (**CLT**), drewna klejonego kołkami (**DLT**) oraz klejonych paneli podłogowych/sufitowych (**GLT**). Konstrukcja miała całkowitą powierzchnię użytkową 334 m², a jej układ i wyposażenie miały odzwierciedlać przeznaczenie biznesowe i mieszkalne, a także place budowy w różnych testach.



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Test 1 obejmował pożar w całkowicie umeblowanym apartamencie mieszkalnym jako scenariusz bazowy reprezentujący rozwiązanie określone w krajowych przepisach budowlanych dla konstrukcji niepalnych dopuszczonych do stosowania w wysokich budynkach. Trzy z czterech ścian wewnętrznych zostały wykończone **sklejką**. Sufit został wykończony **sklejką pokrytą środkiem ogniochronnym**. Podłoga i wszystkie elementy konstrukcyjne były zabezpieczone i nie przyczyniły się do rozprzestrzeniania się ognia.

Test 2 pokazał zachowanie odsłoniętego drewna masywnego w realistycznych warunkach użytkowania budynku mieszkalnego co pozwoliło na porównanie z testem 1.

Test 3 pokazał zachowanie odsłoniętej konstrukcji drewnianej podczas pożaru **na placu budowy** (silny pożar śmietnika). W tym scenariuszu podłoga, strop i jedna ściana były wykonane z **odsłoniętej konstrukcji drewnianej**. Pozostałe ściany przegród są zabezpieczone płytami gipsowymi.



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Test 4 pokazał zachowanie odsłoniętej drewnianej konstrukcji w realistycznych, ale **trudnych warunkach budowy**. Obciążenie paliwowe obejmowało drewniane skrzynie oraz lekką drewnianą konstrukcję szkieletową zamontowaną w typowej konfiguracji mieszkania, która nie była jeszcze zabezpieczona płytami gipsowymi.

Test 5 pokazał zachowanie ogniowe i dynamikę pożaru w typowej otwartej przestrzeni biurowej w budynku z drewna masywnego. Przestrzeń była znacznie większa niż w poprzednich testach. **204 m²** powierzchni biurowej, **291 m²** odsłoniętych elementów drewnianych (100% stropu i 35% belek, słupów, ścian). Obciążenie ogniowe **362 MJ/m²**, co uznaje się za wartość powyżej średniej gęstości obciążenia ogniowego w dzisiejszych biurach typu open space.



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

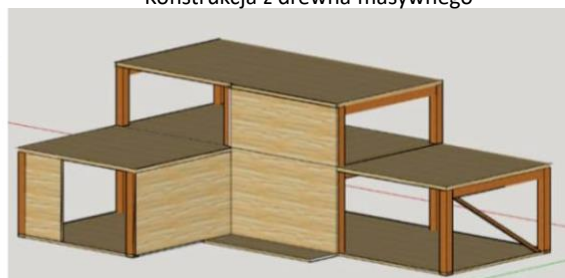
Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Konstrukcja z drewna masywnego



Konstrukcja z poszyciem podłogi, klatką schodową i ścianami wewnętrznymi



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

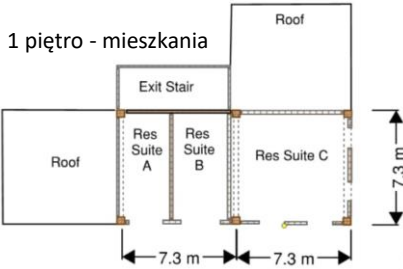
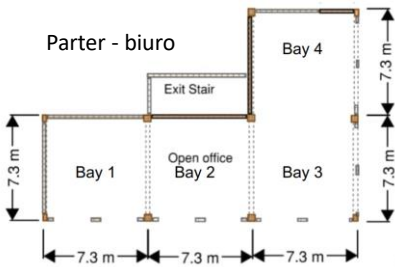
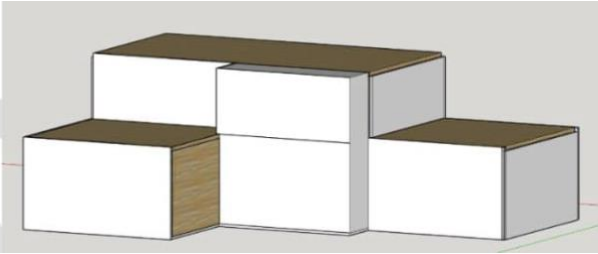
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



Konstrukcja ze ścianami zewnętrznymi



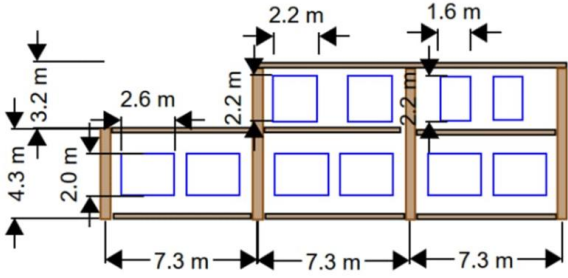
Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

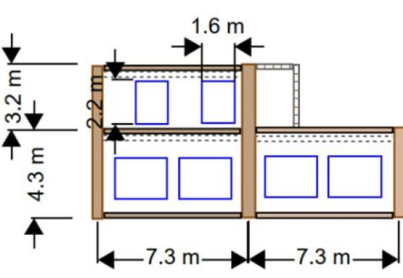
Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA

Elewacja wschodnia



Elewacja północna



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

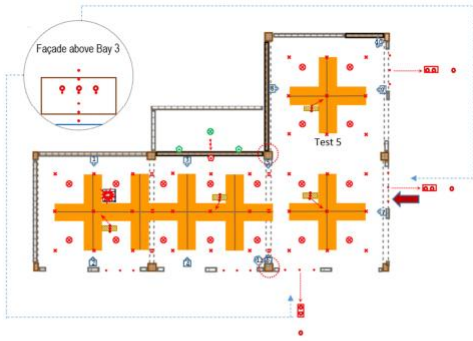
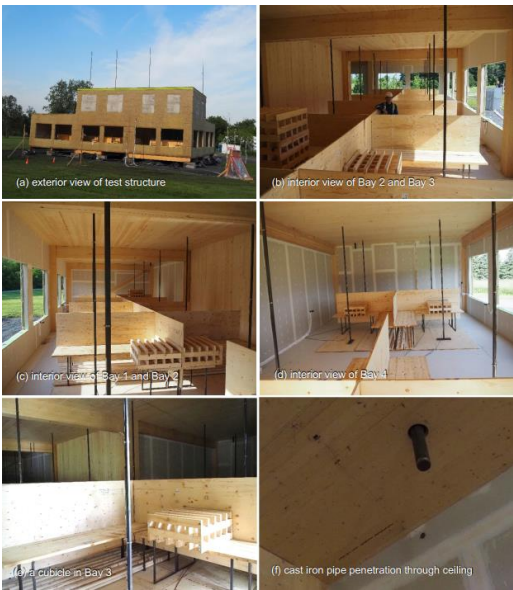
KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA





Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



- 18 thermocouple trees, each with 5 TC's at 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 and 3.85 m above floor in 10'x12'/12'x12' grid
- Thermocouples 0.15 m below ceiling with 2.433-m (8-ft) even spacing
- Thermocouples on bottom surface of beam
- Thermocouple array inside the stair shaft, with TC's at 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 m above the floor
- Embedded thermocouples in the ceiling centre at the depths of 25, 50, 75, 100 and 125 mm in the timber
- Array of 5 thermocouples on the mass timber shaft surface in the office side at 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 and 3.85 m above the floor
- Array of thermocouples on the timber surface on the shaft side at 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 m above the floor
- Embedded thermocouples in the shaft wall at the depths of 25, 50, 75, 100 and 125 mm at 2.0 m above the floor
- Exterior thermocouples at top of the window opening (0.15 m below top of opening on centreline and 0.4 m to both edges) and on the façade at 0.75, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 above the top of the opening along centreline (extra TC at 0.5 m from the centreline on each side at 3.5 m). Note that the roof mast had five more thermocouples at 5.5 m, 6.5 m, 7.5 m and 9.5 m heights above the window opening.
- 3 Gardon gauges on exterior façade at 3.5 m above top of opening aligned with centreline of the opening and 0.5 m from both sides of the centreline
- 3 Gardon gauges away from the structure, one facing the centre of opening at 3.0 m away, one 0.6 m above the top of opening at 3.0 m away, and facing the centre of opening at 4.5 m away
- IR camera positioned outside the structure (another IR camera for bird view of the roof (not shown))
- Video cameras mounted on wall or column inside (#1-#9 at 0.9 m above floor focusing on cubicles; #10-#11 at 1.6 m above floor focusing on ceiling
- TC's at the beam-column connections (see next figure for details)



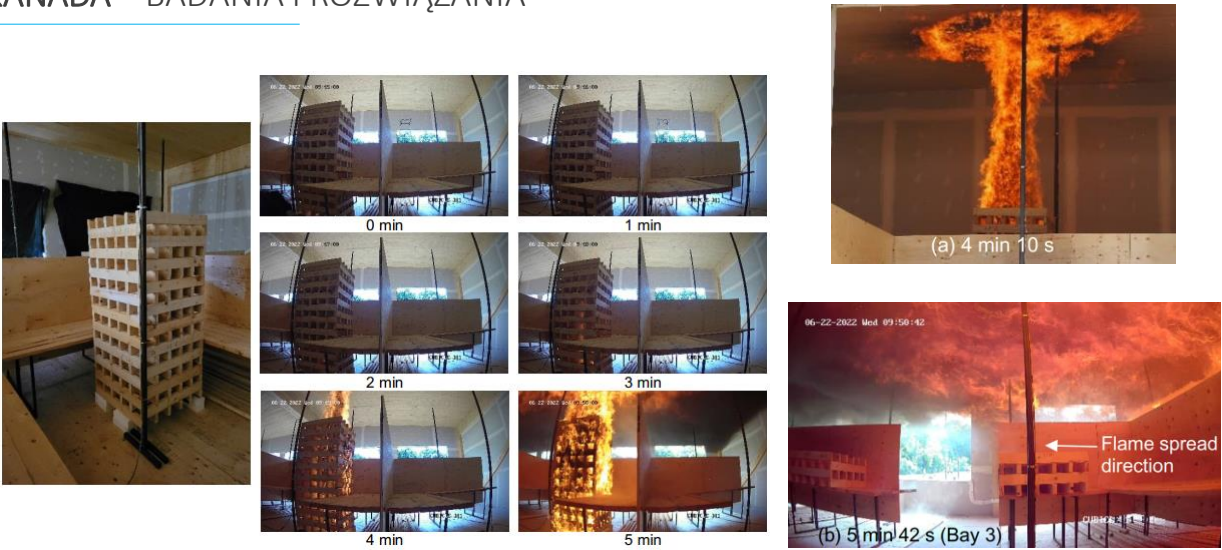
Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



 Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. 

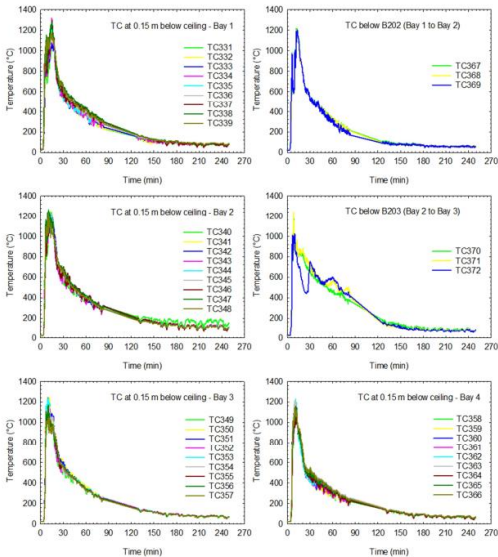
KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



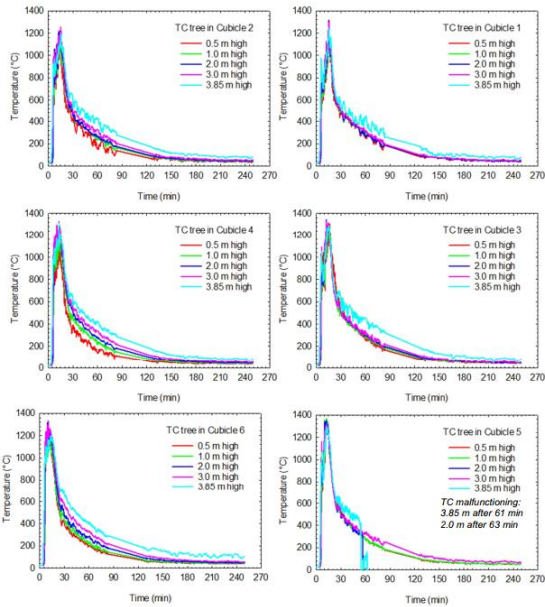
Zapalenie drewnianej konstrukcji w pom. 3 (sąsiadującym z pom. 1) w ramach testu 5.

 Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council
Copyright © ITB 2025. All rights reserved. 

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



Temperatury sufitu podczas testu 5.



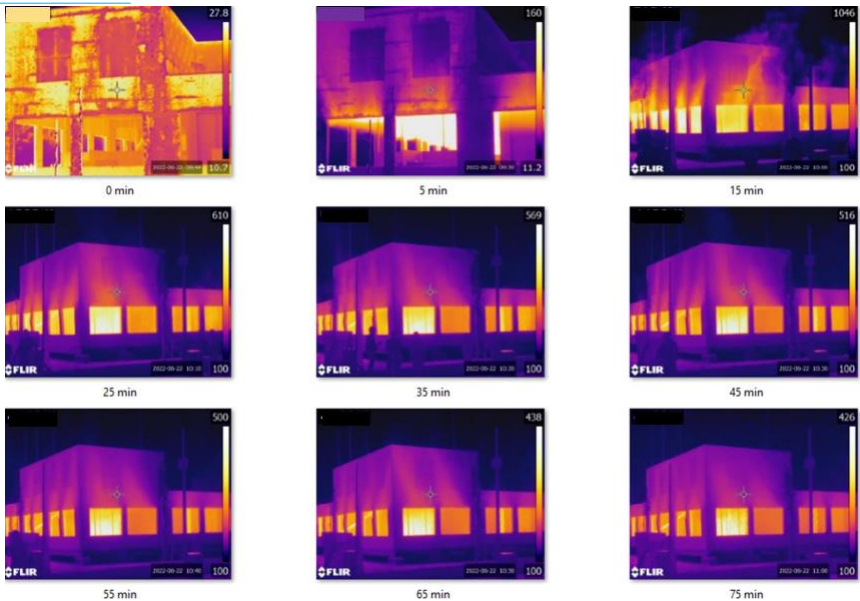
Temperatury w pom. 1-6 podczas testu 5.

Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



Uszkodzone plastikowe pachotki bezpieczeństwa (od lewej do prawej), które zostały umieszczone w odległości 11, 14, 17, 21 i 24 m.



Zdeformowana plastikowa obudowa ekranów wyświetlaczy, które były umieszczone w odległości 30 m.

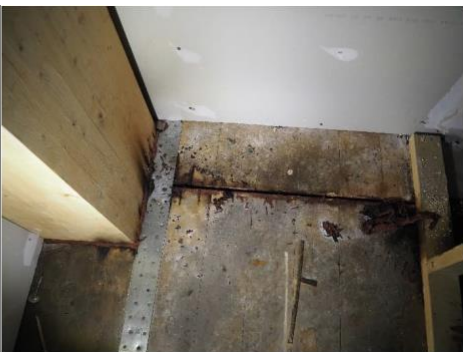
KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



KANADA – BADANIA I ROZWIĄZANIA



Gorące miejsca w połączeniu czołowym CLT (nieekspozowana strona paneli sufitowych) po 2 godzinach i 50 minutach od rozpoczęcia badania.



Połączenie czołowe CLT (niewidoczna strona paneli sufitowych) po całkowitym ugaszeniu poprzez ręczne usunięcie uszczelnienia i wlanie wody do połączenia czołowego 3 godziny po zakończeniu badania.



Źródła: NRC Publications Archive, Canadian Wood Council

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



**BEZPIECZNY POŻAROWO SZKIELETOWY
DOM DREWNIANY**

EKSPERYMENT POŻAROWY W SKALI RZECZYWISTEJ BUDYNKU WIELOKONDYGNACYJNEGO

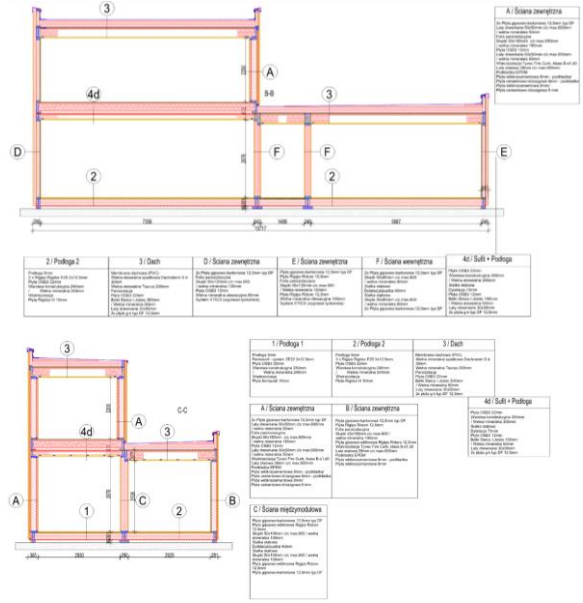
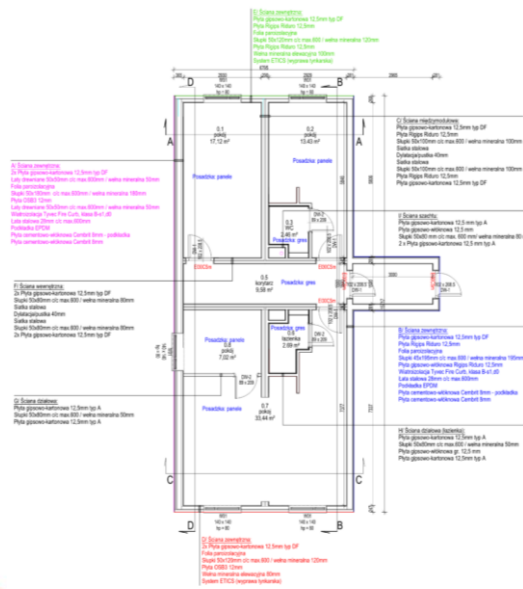


Źródła: ITB

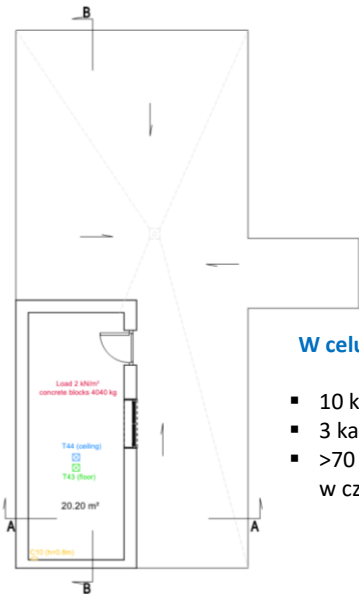
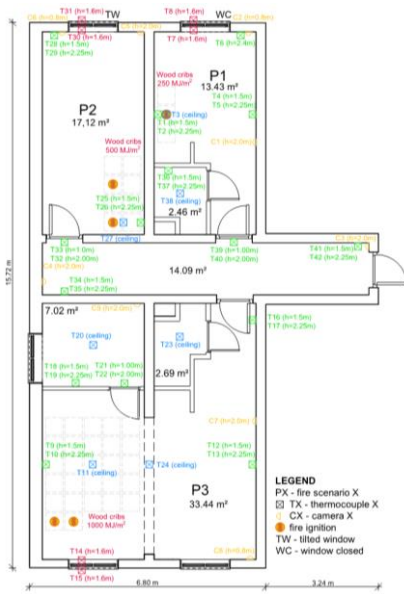
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



- W celu rejestracji wyników eksperymentu wykorzystano:
- 10 kamer wewnątrz;
 - 3 kamery zewnętrzne, w tym dron;
 - >70 termopar do pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym i na zewnątrz.

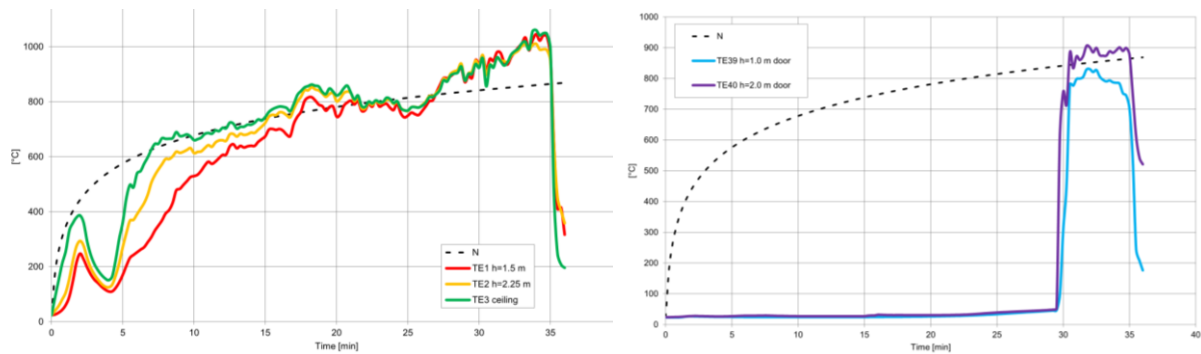
POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



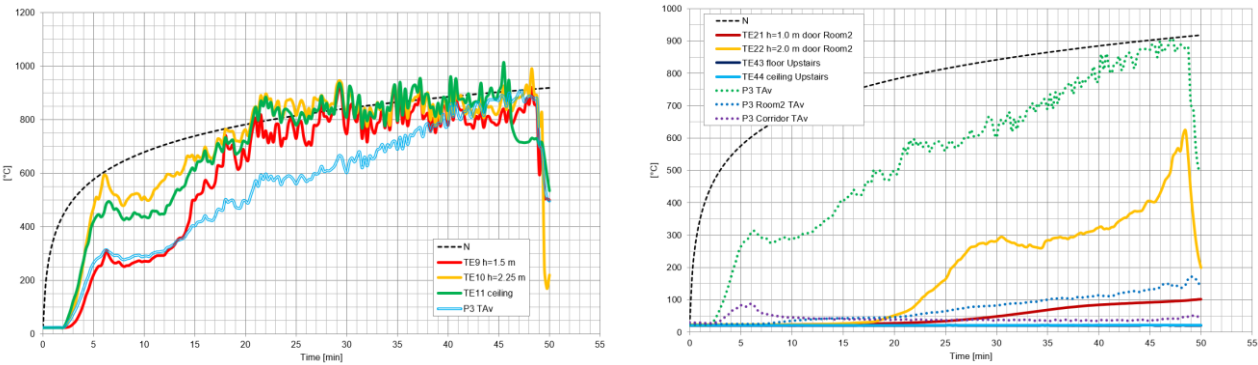
POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.



POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.





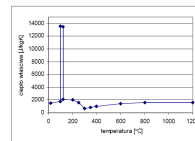
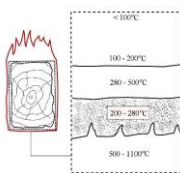
Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

DREWNO
280-300°C
0.7-0.8 mm/min







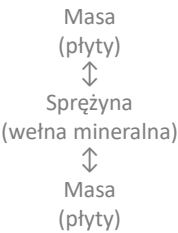
Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

AKUSTYKA



Źródła: ITB



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

PŁYTY NA BAZIE GIPSU
 $\text{mol CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 40 + 32 + 4 \cdot 16 + 2(2 \cdot 1 + 16) = 172\text{g/mol}$
Zawartość wody w płytach G-K 36·100%/172=21%



Źródła: ITB



Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

WYKONANIE

PRZEMYSŁOWE:
powtarzalność
kontrola jakości

ŁĄCZNIKI:
długość
rozstaw

POŁĄCZENIA:
minimalne szczeliny
szpachlowanie

POWIERZCHNIE:
gładkie
struganie
fazowanie



Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

WEŁNA
MINERALNA

Skalna
>1000°C
Gorsza λ

Szklana
~600°C
Lepsza λ



Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W DUŻEJ SKALI, 2020 R.

ROZWÓJ
POŻARU

Palność
materiał

Rozprzestrzenianie
ognia - przegroda

Izolacyjność
przegród
termiczna

i

powietrzna
szczelność
otworów



Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

POLSKA – BADANIA W MAŁEJ SKALI - IMPREGNACJA, 2022 R.

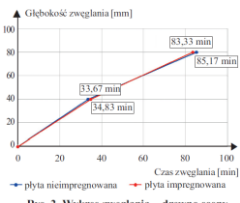


Źródła: ITB

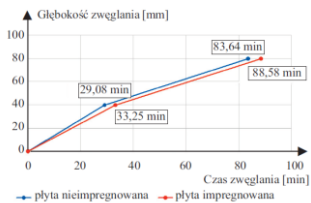
Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

POLSKA – BADANIA W MAŁEJ SKALI - IMPREGNACJA, 2022 R.

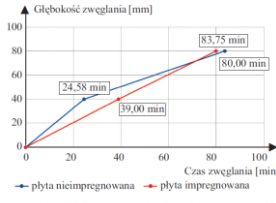
Próbki	Drewno warstwy impregnowanej	Czas impregnacji [min]	Osiągnięte naniesienie środka czynnego [kg/m ³]	Naniesienie wymagane przez producenta [kg/m ³]	Osiągnięte naniesienie środka czynnego [g/m ²]	Naniesienie wymagane przez producenta [g/m ²]
KS/1-3	sosna twardej	0	0	0	0	0
KB/1-3	sosna biel	0	0	0	0	0
KT/1-3	topola	0	0	0	0	0
BS/1-3	sosna twardej	90	9,8	40	81,67	175
BB/1-3	sosna biel	*	39,76	40	331,33	175
BT/1-3	topola	*	41,78	40	348,17	175



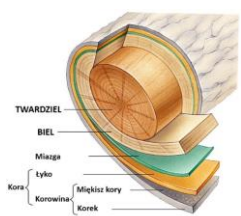
Rys. 2. Wykres zwięglania - drewno sosny twardej: KS/1-3 - nieimpregnowane; BS/1-3 - impregnowane



Rys. 3. Wykres zwięglania drewna sosny bielastej: KB/1-3 - nieimpregnowane; BB/1-3 - impregnowane



Rys. 4. Wykres zwięglania drewna topoli: KT/1-3 - nieimpregnowane; BT/1-3 - impregnowane

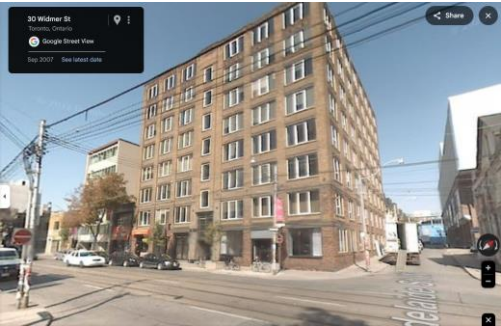


Źródła: ITB

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

KANADA – BUDYNEK O KONSTRUKCJI Z DREWNA MASYWNEGO I CEGŁY (1895 R)



Wrzesień 2007 r.



Czerwiec 2021 r.



Built in Toronto,
312 ADELAIDE STREET WEST
is an eight-storey heavy timber and
brick building that is still in use today.

1895

Źródła: The State of Mass Timber in Canada 2021

Copyright © ITB 2025. All rights reserved.

Sulik

Dziękuję za uwagę.



p.sulik@itb.pl
tel. 600 292 114

www.itb.pl

