

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
DREVÁRSKA FAKULTA
Katedra protipožiarnej ochrany**



**Ľudmila Tereňová
Katarína Dúbravská**

KONŠTRUKCIE DREVOSTAVIEB A ICH SPRÁVANIE SA PRI POŽIARI



2018

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12 (30 %). Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0005 (40 %). Táto práca bola podporovaná Grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV „VEGA č. projektu 1/0493/18“ (30 %).

Autori:

Ing. Ľudmila Tereňová, PhD.

Ing. Katarína Dúbravská, PhD.

Drevárska fakulta TU vo Zvolene, Katedra protipožiarnej ochrany

T. G. Masaryka 2117/24

960 53 Zvolen

KONŠTRUKCIE DREVOSTAVIEB A ICH SPRÁVANIE SA PRI POŽIARI

Vedecká monografia

Recenzenti: prof. Ing. Anton Osvald, CSc.
prof. Ing. Jozef Štefko, CSc.

I. vydanie v rozsahu 97 strán, 6,64 AH, 6,72 VH

Náklad: 100 ks

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Rok vydania: 2018

Grafická úprava: autori

Redakčná úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Preklad do anglického jazyka: Mgr. Jaroslava Štefková, PhD.

Tlač: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene

www.tuzvo.sk

Vydanie schválila Edičná rada TU vo Zvolene dňa 30. 01. 2018 číslo EP 50/2018 ako vedeckú monografiu pre Technickú univerzitu vo Zvolene. Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Technická univerzita vo Zvolene

© Ing. Ľudmila Tereňová, PhD.

Ing. Katarína Dúbravská, PhD.

ISBN 978-80-228-3086-7

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autora alebo vydavateľa.

OBSAH

ÚVOD	5
1. KONŠTRUKČNÉ SYSTÉMY DREVOSTAVIEB	6
1.1. Klasifikácia konštrukčných systémov.....	6
1.2. Materiály v stavebných konštrukciách drevostavieb	15
2. PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ DREVOSTAVIEB	24
2.1. Legislatíva.....	24
2.2. Technické podmienky protipožiarnej bezpečnosti konštrukcií drevostavieb	27
2.2.1. Reakcia na oheň	27
2.2.2. Konštrukčné prvky a konštrukčné celky	33
2.2.3. Požiarne odolnosť	37
2.2.4. Navrhovanie konštrukcií drevostavieb na účinky požiaru	44
2.3. Riešenie protipožiarnej bezpečnosti drevostavieb	52
3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	62
3.1. Metodika	62
3.2. Výsledky	63
3.2.1. Hodnotenie zuhoľnatenej vrstvy nosných drevených prvkov zaťažených ohybom	63
3.2.2. Modelový test požiarnej odolnosti drevenej zrubovej konštrukcie a hodnotenie utesnenia ložnej škáry pri namáhaní požiarom.....	68
3.2.3. Modelový test požiarnej odolnosti panelovej konštrukcie drevostavby a hodnotenie schopnosti protipožiarnej ochrany	75
3.2.4. Hodnotenie utesnenia lineárnych stykov protipožiarnych obkladov panelovej konštrukcie drevostavby	88
4. ZÁVER	95
SUMMARY	97

PREDHOVOR

Predsavzatím autorov pri písaní tejto publikácie bolo zosumarizovať teoretické poznatky a výsledky vykonaných strednorozmerových testov, ktoré sa zaoberajú drevenými konštrukciami a ich požiarou odolnosťou.

Monografia pozostáva z 5 kapitol, vrátane úvodu a záveru. Kapitola Konštrukčné systémy drevostavieb je rozdelená na dve podkapitoly. Prvá podkapitola klasifikuje konštrukčné systémy drevostavieb, prináša stručné informácie o ich konštrukčnom riešení, ich výhodách a nevýhodách. V druhej podkapitole sú popísané stavebné materiály, ktoré sa používajú v konštrukciách drevených stavieb. Nasledujúca kapitola sa zaoberá predpismi protipožiarnej bezpečnosti stavieb, teoretickým prehľadom o reakcii na oheň stavebných materiálov, o konštrukčných prvkoch a celkoch podľa platnej legislatívy, o požiarnej odolnosti vo všeobecnosti, ale aj o požiarnej odolnosti drevostavieb a navrhovaní drevených konštrukcií na účinky požiaru.

Experimentálna časť obsahuje metodiku vykonaných experimentov, zameraných na sledovanie zmien konštrukčných prvkov drevostavieb, vystavených modelovým podmienkam vnútorného požiaru a zároveň obsahuje výsledky z týchto experimentov. Jedná sa o výsledky strednorozmerových testov viacerých druhov konštrukčných prvkov drevostavieb, vyskytujúcich sa hlavne v zrubovom, stĺpkovom a panelovom konštrukčnom systéme.

Publikácia je zameraná na prezentáciu výsledkov hodnotenia drevených konštrukcií namáhaných požiarom a je výstupom výskumu realizovaného v rámci projektov APVV-0057-12 Progresívne metódy zisťovania požiaro-technických charakteristík v požiarom inžinierstve, APVV-17-0005 Systematický prístup k štúdiu zmien parametrov požiaru s využitím progresívnych analytických a forenzných metód a projektu VEGA 1/0493/18 Progresívne metódy hodnotenia príspevku lignocelulóзовých materiálov a výrobkov k rozvoju požiaru po protipožiarnych úpravách.

ÚVOD

V súčasnosti zaznamenávame rozmach výstavby drevostavieb vo svete. Každá krajina má svoju typickú výstavbu drevostavieb, ktorá vychádza z histórie, mentality, tradície a platnej legislatívy. Stavajú sa tradičné drevostavby, novodobé panelové drevostavby, s rôznym počtom podlaží a rôzneho účelu. V posledných rokoch vyrástlo vo svete mnoho výškových drevostavieb, ktoré svedčia o vyspelosti architektov, projektantov a staviteľov, pretože každá je svojim riešením jedinečná. V súčasnom období sa aj v Slovenskej republike vytvorili priaznivé podmienky pre ďalší rozvoj výstavby drevených stavieb. Vydaním projektovej normy v roku 2017, ktorá sa zaoberá riešením protipožiarnej bezpečnosti stavebných konštrukcií je možné drevostavby na Slovensku stavať až do piatich nadzemných podlaží.

Drevostavby sú stavby, ktoré majú vysoký potenciál z hľadiska ich stavebno-technických vlastností. Sú dostatočne pevné a mechanicky odolné, majú výborné tepelnoizolačné a zvukovoizolačné vlastnosti, vytvárajú pre človeka pohodu vnútorného prostredia a príjemnú mikroklimu, spĺňajú požiadavku trvalo udržateľného využívania prírodných zdrojov, vytvárajú peknú architektúru vo vonkajšom i vnútornom prostredí. Treba však povedať, že pri týchto pozitívnych vlastnostiach môžu byť zároveň odolné aj voči účinkom a šíreniu požiaru. Predkladaná vedecká monografia je venovaná práve problematike konštrukcií drevostavieb a ich správania sa pri požiari.

Každý konštrukčný systém drevostavby vyžaduje špecifický prístup k riešeniu protipožiarnej bezpečnosti. Všetky nosné konštrukcie drevostavieb a nosné prvky v nosných a požiarne deliacich konštrukciách musia byť dobre nadimenzované na účinky požiaru, aby si aj v podmienkach plne rozvintého požiaru stavba dokázala zachovať nosnosť a stabilitu po určitý čas. Masívne prvky zrubových stien môžu mať rôzny tvar prierezu a tým aj odlišné konštrukčné riešenie ložných škár. Preto je potrebné skúmať, ktorý spôsob utesneia ložnej škáry bude z hľadiska zabezpečenia požadovanej požiarnej odolnosti zrubovej steny najvhodnejší a či lepšie odolávajú účinkom požiaru zrubové steny vytvorené z prvkov okrúhleho alebo hraneného prierezu. Pri panelových drevostavbách je otázne, pri akej skladbe sendvičovej konštrukcie panelu nedôjde v požadovanom čase požiarnej odolnosti k zapáleniu nosného dreveného stĺpika alebo iných horľavých látok uzatvorených vo vnútri konštrukcie. Projektant drevostavby si musí uvedomiť, aký typ konštrukcií (D2, D3) je potrebné pre konkrétnu drevostavbu zvoliť, aby boli v závislosti od účelu stavby a podlažnosti stavby splnené požiadavky na požadovanú požiaru odolnosť a aby navrhnuté konštrukcie (D2, D3) v tomto čase nezvyšovali intenzitu požiaru. Je dôležité skúmať schopnosť protipožiarnej ochrany obkladov nosných a požiarne deliacich konštrukcií a odolnosť ich lineárnych stykov voči účinkom požiaru, aby bolo možné navrhovať nové riešenia, ktoré budú vhodné aj pre požiadavku 60 alebo 90 minútovej požiarnej odolnosti, ktorá sa požaduje pre viacpodlažné drevostavby. Odpovede na niektoré otázky je možné nájsť vo výsledkoch tejto monografie, ktoré môžu napovedať, ktorou cestou je dobré sa uberať pre projektovaní drevostavieb a riešení ich protipožiarnej bezpečnosti.

1. KONŠTRUKČNÉ SYSTÉMY DREVOSTAVIEB

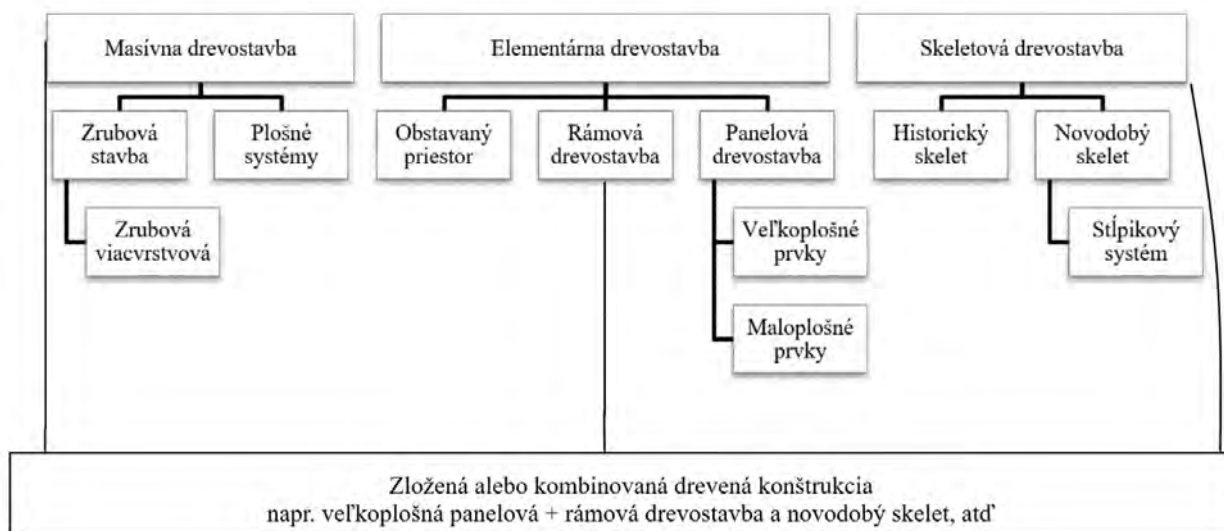
1.1. Klasifikácia konštrukčných systémov

Pri vyslovení pojmu drevostavba si predstavíme masívnu zrubovú konštrukciu, pri ktorej je už na prvý pohľad zrejmé, že je vyhotovená z dreva. Avšak aj zrubová konštrukcia nemusí byť vyhotovená výlučne z kusov masívu. V takejto konštrukcii môže byť aplikovaná napr. tepelná izolácia, jedná sa o tzv. falošné zruby. Existuje však aj opačná situácia, keď napr. rodinný dom považujeme za murovanú stavbu, a pritom je to drevostavba. Definícia drevostavby podľa Záhradníčka a Horáka (2007) znie nasledovne: „Drevostavba je taká stavba, ktorej nosnú konštrukciu tvoria drevené prvky alebo prvky na báze dreva.“

Klasifikácia drevených stavieb v závislosti od skladby obvodovej konštrukcie je rozoberaná v rôznych literárnych zdrojoch. Jedným z mnohých, ktorý sa zaoberá problematikou konštrukčných systémov drevostavieb, je Kolb (2011), Gildemeister (2004), Vaverka a kol. (2008) alebo Štefko a kol. (2006).

Vaverka a kol. (2008) rozdelili súčasné konštrukčné systémy drevostavieb určených na bývanie do nasledovných skupín:

- stavby elementárne (zostavené z jednotlivých elementov – častí),
- stavby skeletové,
- stavby masívne.



Obr. 1 Schéma rozdelenia súčasných konštrukčných systémov drevostavieb na bývanie (Vaverka a kol. 2008)

Zrubová stenová konštrukcia

Zrubová konštrukcia zapadá svojím dizajnom do prírodného prostredia. Tento konštrukčný systém sa používa najčastejšie na výstavbu rodinných domov, rekreačný chát, ubytovacích zariadení, reštauračných zariadení a ďalších. Masívne drevostavby dosahujú väčší a väčší význam, pretože spájajú výhody masívnych systémov v murive alebo betóne s ekologickými výhodami materiálu dreva (Gildemeister 2004).

Zrubovými systémami sa aj zaoberal Jochim (2011), ktorý ich rozdelil z viacerých hľadísk. Niektoré z hľadísk, podľa ktorých sa klasifikujú (Jochim 2011), uvádzame nižšie:

- technologicko-architektonický vývoj:
 - tradičné (kresané),
 - novodobé (strojové),
- úprava dreva:
 - masívne,
 - lepené (plné a duté),
- základný tvar prvkov:
 - guliačové,
 - prizmové,
 - hranolové,
- konštrukcia zrubovej steny:
 - jednoplášťové,
 - dvojplášťové,
 - sendvičové,
- tvar priečného rezu:
 - neprofilované – základný tvar (nepravidelné kruhové, štvorcové, obdĺžnikové),
 - profilované – rôzne tvary profilov (kruhové, štvorcové, obdĺžnikové),
- princíp ochrany proti kondenzovanej vode:
 - difúzne uzavreté (s parozábranou),
 - difúzne otvorené (bez parozábrany).

Jochim (2011) uvádza okrem vyššie uvedených hľadísk aj nasledovné: spôsob výroby, vlhkosť zrubových prvkov, konštrukčné vyhotovenie, druh prekážky vodnej pary, aplikácia vetrovej prekážky z exteriérovej strany, orientácia zrubových prvkov.

Tradičná zrubová konštrukcia

Zrubový systém sa z vonka nezatepluje – priznáva sa hodnotná, architektonicky pôsobivá a príťažlivá zrubová konštrukcia, daná krásou dreva, dimenziami, konštrukčným návrhom a remeselným alebo priemyselným opracovaním dreva a vyhotovením konštrukcie (Jochim, Búryová 2007).

Podľa Kolba (2011), pri zrubových stavbách je snaha zlúčiť tepelnú izoláciu, inštaláčne dutiny, obklady alebo vnútorné konštrukcie i nosnú konštrukciu do jedného prvku. Steny tradičných zrubových konštrukcií sa vyhotovia z kusov masívu (jednotlivých trámov), ktoré majú rôzne profily (viď Obr. 2).



Obr. 2 Profily trámov (Cooper 2000)

Zrubové steny sa vyrábajú z guľatiny alebo hranených drevených trámov, približne od hrúbky 16/20 a 20/20 cm, a na krížení prednej steny a štítových stien, takisto ako na krížení predných stien a vnútorných priečok sa zachovávajú takzvané presahy, t.j. drevené trámy sa vyvedú mimo ich križovania (Stade 2000).

Drevené bloky sú podľa Vaverku a kol. (2008) vytvorené ukladaním alebo vrstvením jednotlivých prierezov, ktoré sú spojené pomocou „tyčových“ spojovacích prostriedkov ako klince, vruty, skrutky alebo kolíky z tvrdého dreva.

Pri konštrukciách, ktoré oddeľujú interiér od exteriéru, sa kladie požiadavka na to, aby sa medzi jednotlivými trámami aplikovala pozdĺžna drážka. Drážka je potrebná všade tam, kde stena oddeľuje vykurovaný priestor od nevykurovaného, alebo vykurovaný priestor od exteriéru (Houdek, Koudelka, 2011). Do spomínaného priestoru medzi dvoma elementmi je potrebné aplikovať tepelnú izoláciu. Ako uvádzajú Jochim, Búryová (2007), tesnenie obalového plášťa zrubového systému je detailné.

Pozdĺžna drážka podľa Brandejsovej a kol. (2007) predstavuje oslabené miesto, pomerne často sa opakujúce, v ploche konštrukcie obvodovej drevenej masívnej steny. Jej vyhotovenie možno stručne popísať nasledovne: Horná strana zrubového trámu si zachová svoje zaoblenie, zatiaľ čo v spodnej strane sa vyseká alebo vyreže kanál, pričom obidve hrany trámov musia na ňu priliehať (Håkansson 2003).

Pozdĺžna drážka môže mať nasledujúce profily: obdĺžnikový, tvar plytkého polmesiaca, tvar písmena „W“ alebo takzvaný dvojnásobne obkreslený (Houdek a Koudelka 2011).

Minimálna šírka pozdĺžnej drážky je 6,3 cm. Takto široká drážka nesmie kontinuálne prebiehať v úseku dlhšom ako 30,5 cm. Vo všetkých prípadoch však musí byť šírka drážky dostatočná k zakrytiu a ochrane svorníkov, drevených alebo oceľových kolíkov a iných kovových spojovacích prostriedkov, rovnako tak ako k zakrytiu otvorov pre elektrické rozvody, uvoľňovacie zárezy a podobne. (Houdek a Koudelka 2011).

Niektoré prednosti a nedostatky zrubového konštrukčného systému sú zhrnuté v nasledovných bodoch (Štefko a kol. 2006):

- prednosti:
 - vysoký stupeň prípravy hrubej stavby vo výrobe,
 - menšie nároky na montážnu a dopravnú techniku,
 - pôsobivý architektonický vzhľad,
 - plné uplatnenie dreva ako prírodného materiálu,
- nedostatky:
 - vyššia pracnosť pri montáži,
 - vysoký podiel dokončovacích prác pri montáži,
 - objemové a tvarové zmeny stavby,
 - vyššia cena.



Obr. 3 Zrubová konštrukcia (Obomsanin 2001)

V súčasnej dobe sa stretávame aj s termínom novodobá zrubová konštrukcia. Pre novodobé zruba je typické lepené a masívne drevo (Gracovský a kol. 2015).

Falošná zrubová konštrukcia

Falošné sendvičové zruba tvarom pripomínajú zrubové konštrukcie, avšak ich skladba je prispôbená zvýšeným nárokom na tepelnú ochranu – majú vloženú vrstvu vysoko účinnej tepelnej izolácie (Štefko a kol. 2006).

Kostra takej konštrukcie (Gracovský a kol. 2015) je vždy tvorená stípkovou alebo hrazdenou konštrukciou, ktorá je upravená obkladom, ktorý vytvára dojem zruba a priznaných masívnych prvkov.

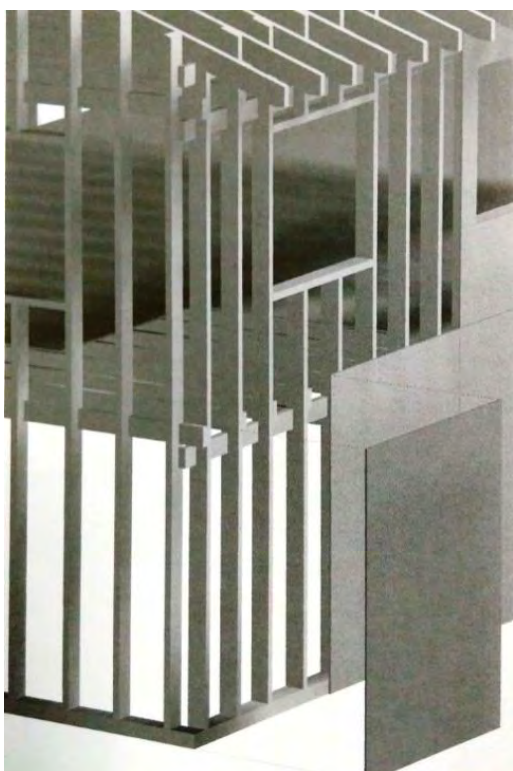
Stípková sústava

Stípkový konštrukčný systém prechádzal určitým vývojom, s ktorým súvisia aj zmeny v pomenovaní. Z pôvodných stípkových drevostavieb (Vaverka a kol. 2008) sa

časom vyvinuli skeletové stavby, zo systému „Balloon-Frame“ (Kolb 2011) a „Platform-Frame“ (Kolb 2011, Vaverka a kol. 2008) sa vytvorili dnešné rámové konštrukcie.

A práve pod názvom „Balloon-Frame“ alebo „Platform-Frame“ môžu byť podľa Vaverku a kol. (2008), Kolba (2011) označené drevené stavby so stĺpikovou konštrukciou. Diferencie medzi týmito konštrukčnými systémami zhrnul Kolb (2011) nasledovne:

- systém Balloon-Frame – pri tomto systéme prechádzajú stenové stĺpiky cez dve alebo viac podlaží, spodné a horné uzatvorenie tvoria vodorovné dosky (prahy a väznice),
- systém Platform-Frame – pri tomto systéme stĺpiky neprechádzajú viacerými podlažiami, jedná sa o jednopodlažnú skladbu.



Obr. 5 Konštrukcia Balloon-Frame (Kolb 2011)



Obr. 4 Konštrukcia Platform-Frame (Kolb 2011)

Nosná konštrukcia stĺpikových stavieb (Kolb 2011) získava stabilitu vonkajším opláštením z masívneho dreva alebo doskami na báze dreva a zvislé nosné prvky prechádzajú celou výškou budovy.

Niektoré prednosti a nedostatky stĺpikového konštrukčného systému sú zhrnuté v nasledovných bodoch (Štefko a kol. 2006):

- prednosti:
 - výrobná a montážna technická nenáročnosť,
 - pružné riešenie problémov a zmien pri montáži,
 - odbúranie vysokej réžie výroby,

- nedostatky:
 - výroba a montáž na stavenisku – konštrukcia vystavená poveternostným vplyvom,
 - potreba vyrovnanej plochy na stavenisku pre výrobu stĺpikových stien.

Skeletová sústava

Charakteristickým znakom pre skeletovú sústavu (Losos 2008) je oddelenie plochy stien a stropov od nosných prvkov. Vzhľadom na tento fakt (oddelenie nosnej funkcie od vystužujúcej) je podľa Gildemeistra (2004) klasifikovaný ako „otvorený stavebný systém“.

Základom skeletovej stavby je priestorová konštrukcia tvorená zvislými stĺpmi a vodorovnými prievlakmi (Novoseletz 2008). Ako uvádza Kolb (2011) hlavná nosná konštrukcia prijíma zaťaženie z vedľajšej nosnej konštrukcie a prenáša ho ďalej do základov. Výplne obvodovej steny a vnútorné priečky sú nenosné, ale môžu zabezpečovať priestorovú tuhosť konštrukcie (Novoseletz 2008).

Na hlavnú nosnú konštrukciu sa väčšinou používa lepené lamelové drevo. Vedľajšia nosná konštrukcia pozostáva z jednotlivých zabudovaných nosných prvkov alebo prefabrikovaných stavebných dielcov (Kolb 2011).

Niektoré prednosti a nedostatky skeletového konštrukčného systému sú zhrnuté v nasledovných bodoch (Štefko a kol. 2006):

- prednosti:
 - ekonomickejšie zakladanie,
 - variabilnosť usporiadania priečok,
 - možnosť vytvorenia veľkých vnútorných priestorov,
- nedostatky:
 - potreba náročnejšie techniky pri montáži,
 - vyššia pracnosť pri montáži,
 - vyššie nároky na drevené nosné prvky.

Panelová konštrukcia

V súčasnosti je panelový stavebný systém pri budovách na báze dreva najrozšírenejší. Základom konštrukcie panelov je drevený rám nahrubo opláštený z vhodných veľkoplošných materiálov. Drevený rám panela je konštrukčne prispôsobený vzhľadom na funkciu, ktorú plní – obvodový, priečkový, stropný, strešný, podlahový. Podľa rozdielnej funkcie je prispôbena konštrukcia a dimenzia rámu. Priestor medzi rebrami je vyplnený tepelno-zvukovou izoláciou. Na opláštenie sa používa drevotriesková doska, OSB doska, sadrovláknitá doska, cementotriesková doska a podobne (Novoseletz 2008).



Obr. 6 Na prvý pohľad masívna tehlová stavba, v skutočnosti drevostavba z panelov (Štefko a kol. 2006)

Niektoré prednosti a nedostatky panelového konštrukčného systému sú zhrnuté v nasledovných bodoch (Štefko a kol. 2006):

- prednosti:
 - maximálna finalizácia vo výrobe,
 - automatizácia uzlov výroby,
 - rýchla hrubá alebo finálna montáž stavby,
 - možnosť lepšej kontroly kvality,
- nedostatky:
 - potreba dopravnej techniky vo výrobe a pri montáži,
 - obmedzená výstavby v náročnejších podmienkach terénu,
 - vyššia réžia (vyplýva z prevádzky výrobných hál a výrobnéj techniky).

Hrazdená konštrukcia

Pre tento konštrukčný systém je podľa Kolba (2011) charakteristická viditeľná nosná kostra stavby. Hrazdenú konštrukciu tvorí drevená kostra, ktorej jednotlivé polia sú vyplnené najčastejšie tehlovým murivom (Novoseletz 2008). Ako uvádza Dangel (2016) nosnú konštrukciu tvoria stĺpiky (väčšinou štvorcového prierezu), ktoré sú dôkladne spojené rybinovým alebo čapovým spojom. Diagonálne vzpery spevňujú kostru, zatiaľ čo priestor (časť steny medzi jednotlivými stĺpikmi a vzperami) nemá žiadnu konštrukčnú funkciu (Dangel 2016). V minulosti sa priestor medzi jednotlivými stĺpikmi a vzperami vyplňal dreveným pletivom pokrytým hlinenou omietkou (Dangel 2016), neskôr tehliami (Vaverka a kol. 2008). Vaverka a kol. (2008) uvádzajú alternatívu vyhotovenia takéhoto konštrukčného systému, kde je funkcia vzpier napradená použitím vystužujúceho opláštenia z veľkoplošných materiálov.



Obr. 7 Hrazdená konštrukcia (Herzog a kol. 2003)

Niektoré prednosti a nedostatky hrazdenej konštrukcie sú zhrnuté v nasledovných bodoch (Štefko a kol. 2006):

- prednosti:
 - pôsobivý architektonický vzhľad,
 - menšie nároky na montážnu a dopravnú techniku,
 - lepšie akumulčné vlastnosti steny,
- nedostatky:
 - vyššia náročnosť vo výrobe (opracovanie dreva, tesárske spoje a pod.)
 - vysoký podiel dokončovacích prác pri montáži.

Literatúra

Brandejsová, H. – Kacálek, P. – Novotný, M. 2007. Alternativní řešení ložných spár obvodových srubových stěn. In Drevostavby 2007 [CD]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2007. ISBN 978-80-969774-9-9.

Cooper, J. 2000. Log Homes Made Easy. II. vydanie. Mechanicsburg: Stackpole Books, 2000. 271s. ISBN 0-8117-2847-1.

Dangel, U. 2016. Turning point in timber construction. E-book. Basel: Birkhäuser Verlag GmbH, 2017. 192 s. ISBN PDF 978-3-0356-0863-2.

Gildemeister, T. 2004. Wandkonstruktionen im Holzhausbau. Anforderungen, Konstruktionen und Bauauführung. I. vydanie. München: GRIN, 2004. 98 s. ISBN 978-3-638-71566-9.

Gracovský, R. – Danihelová, A. – Tereňová Ľ. 2015. Testovanie zrubovej stenovej konštrukcie na účinky požiaru. In Delta: vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. ISSN 1337-0863, 2015, roč. 9, č. 18, s. 8-15.

Håkansson, S. G. 2003. Blockhäuser und Hütten selbst gebaut. III. vydanie. Hannover: Th. Schäfer, 2003. 278 s. ISBN 978-3-87870-674-8.

- Herzog, T. – Matterer, J. – Schweitzer, R. – Volz, M. – Winter, W. 2003. *Holzbau Atlas*. II. vydanie. Walter de Gruyter, 2003. 375 s. ISBN 3-7643-6984-1.
- Houdek, D. – Koudelka, O. 2011. *Srubové domy z kulatin*. IV. vydanie. Važany nad Litavou: JoshuaCreative, s.r.o., 2011. 173 s. ISBN 978-80-904414-4-6.
- Jochim, S. – Búryová, D. 2007. Vplyv realizácie tepelnej kvality obalového plášťa drevostavby na tepelné straty. In *Drevostavby 2007* [CD]. Žilina: Žilinská univerzita, 2007, ISBN 978-80-969774-9-9.
- Jochim, S. 2011. Tepelná kvalita stenových konštrukcií zrubových stavieb. In *Stavebné materiály*. ISSN 1336-7617, 2011, roč. 7, s. 50-54.
- Kolb, J. 2011. *Dřevostavby. Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. *Holzbau mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau der Bauteile*. II. vydanie. Praha: Grada Publishing a.s., 2011. 320 s. ISBN 978-3-7643-8300-8.
- Losos, L. 2008. *Jak se staví dřevěný dům: od projektu k nastěhování*. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 128 s. ISBN 978-80-247-4071-3.
- Novoseletz, K. 2008. Konštrukčné systémy drevostavieb. In *Všetko o dreve v interiéru a exteriéru*. ISSN 1335-9142, 2008, roč. 8, č. 2, s. 118-121.
- Obomsanin, R. 2001. *Small log homes. Storybook plans & advice*. Gibbs Smith, 2001. 87 s. ISBN 1-58685-043-1.
- Stade, F. 2000. *Die Holzkonstruktion*. XXII. vydanie. Leipzig: Reprint-Verlag, 2000. 372 s. ISBN 978-3826219016.
- Štefko, J. – Reinprecht, L. – Kuklík, P. 2006. *Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba*. II. vydanie. Bratislava: Jaga group, 2006. 204 s. ISBN 80-8076-043-8.
- Vaverka, J. – Havířová Z. – Jindrák M. a kol. 2008. *Dřevostavby pro bydlení*. I. vydanie. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-205-4.
- Záhradníček, V. – Horák, P. 2007. *Moderní dřevostavby*. I. vydanie. Brno: ERA, 2007. 156 s. ISBN 978-80-7366-109-0.

1.2. Materiály v stavebných konštrukciách drevostavieb

Pri pojme drevo a materiály na báze dreva si človek predstaví širokú škálu stavebných materiálov, od masívneho dreva pre zrubové konštrukcie, nosníky z rastlého dreva, obkladové, vystužujúce až po izolačné dosky. Štefko a kol. (2006) rozdelili drevené materiály nasledovne:

- doskové a hranené rezivo,
- lepené lamelové drevo – nosníky s dutým stredom, duté lepené drevené stĺpy, nosníky z lisovaných dyhových pásov, ľahčené lepené nosníky,
- veľkoplošné materiály - latovky, biodosky, preglejky, drevotrieskové dosky, dosky OSB, drevovláknité dosky, drevocementové dosky, sádrovláknité dosky, krížom lepené lamelové drevo.

Doskové a hrané rezivo

Pre konštrukčné účely sa používa rezivo vyrobené z dreva vhodných mechanických a fyzikálnych vlastností, väčšinou z ihličnatých drevín (Vaverka a kol. 2008). Podľa Kuklíka (2005) sa najčastejšie používa smrekové drevo.



Obr. 8 Masívne drevo (Herzog a kol. 2003)

Ako uvádza Vaverka a kol. (2008), tento stavebný materiál sa získava pílením guľatiny paralelne s kmeňom. Po napílení sú konštrukčné prvky obvykle technicky vysušené na obsah vlhkosti najmenej na $u \leq 20\%$ (ak je to možné, obsah vlhkosti rovnajúci sa rovnovážnej vlhkosti na mieste (Kuklíka kol. 2008). Pílením sa dosiahne drsný povrch materiálu, takže sa následne hobljuje, a tak sa stáva výrobok atraktívnejší a s presnejšími rozmermi (Harper 2004).

Podľa tvaru priečného prierezu sa drevo na stavebné konštrukcie delí na (Kuklík 2005):

- doskové rezivo (dosky, fošne),
- hranené rezivo (hranoly a laty),

- polohranené rezivo,
- výrezy pre stavebné účely (stĺpy a pod.).

Pri návrhu drevených konštrukcií sa hranené rezivo používa na všetky konštrukčné prvky s nosnou funkciou, ako sú stĺpy, trámy, rámy a iné podporné prvky (Kuklík a kol. 2008).

Lepené lamelové drevo

Lepené lamelové drevo (Kuklík a kol. 2008) je vyrobené z drevených dosiek, ktoré sú navzájom spojené tak, že tvoria priečny prierez požadovaného tvaru a patria sem taktiež (Štefko a kol. 2006):

- nosníky s dutým stredom,
- duté lepené drevené stĺpy,
- nosníky z lisovaných dýhových pásov,
- ľahčené lepené nosníky.



Obr. 9 Prierez dutého dreveného stĺpa (Štefko a kol. 2006)



Obr. 10 Nosník z lisovaných dýhových pásov (Štefko a kol. 2006)

Pri výrobe nosníkov z lepeného lamelového dreva je nutnú dodržiavať technologické predpisy, z ktorých najvýznamnejšie sa týkajú vlhkosti a kvality lamiel (s ohľadom na technológiu lepenia by vlhkosť lamiel nemali klesnúť pod 15 %) (Štefko a kol. 2006). Vytriedené, vysušené a ohobľované lamely sa pri výrobe diaľkovo napájajú (prostredníctvom spoja na tupo, s úkosom alebo zubovitého spoja) a lisujú sa do potrebného tvaru – to umožňuje napríklad i výrobu oblúkových nosných prvkov na veľké rozpony (Štefko a kol. 2006).

Výhody lepeného lamelového dreva zhrnul Koželouh (1998) do nasledovných bodov:

- rozmery nosných prvkov – teoreticky možné neobmedzené rozmery nosných prvkov,
- tvar nosníkov – výroba pôsobivých tvarov nosných prvkov v dôsledku možnosti zakrivenia jednotlivých lamiel pred lepením,
- vyššia pevnosť a tuhosť,
- kombinované lepené lamelové drevo – používanie jednotlivých lamiel umožňuje prispôbiť akosť lamiel napätiu pôsobiacemu na nosník,
- používa sa vysušené drevo – predchádza sa vzniku vád v dôsledku vysychania materiálu,
- zaručené rozmery.

Požiarne odolnosť lepeného lamelového dreva (Kuklík a kol. 2008) je ako požiarne odolnosť masívneho dreva. Podľa Kuklíka (2005) je rýchlosť odhorievania lepeného lamelového dreva 0,5 až 0,7 mm.min⁻¹.

Lepené lamelové drevo sa uplatňuje:

- pri výrobe nosníkov a rámov, lepených zrubov a konštrukčných prvkov stavebno-stolárskych výrobkov ako sú okenné vlysy – eurohranoly, schodnice, rámy dverí (Štefko a kol. 2006).
- na veľkorozponové halové konštrukcie – športové haly, výstavné pavilóny, štadiónov, atď. (Kuklík 2005).

Krížom lepené lamelové drevo

Krížom lepené lamelové drevo sa označuje aj ako CLT panel, čo je skratkou výrazu cross-laminated timber. S týmto stavebným materiálom sa môžeme stretnúť aj pod názvom KLH.

Štefko a kol. (2006) uvádzajú, že krížom lepené lamelové drevo sa vyrába naskladaním drevených lamiel krížom na seba a sú plošne najčastejšie zlepené PUR lepidlom.

Základom technológie je drevený panel zložený z určitého množstva vzájomne kolmých vrstiev. Každá jednotlivá vrstva je ďalej zložená z masívnych lamiel. Vrstvy sú lisované a vzájomne zlepené za studena. Tak vzniká krížom lepená doska, ktorú je podľa požadovaných vlastností možné použiť pre nosnú konštrukciu stien, stropov a strechy. Kolmý smer lamiel susedných vrstiev zaisťuje vysokú tvarovú stálosť elementov. Počet vrstiev v paneli je minimálne tri, maximálne spravidla sedem. Hrúbka panelov sa bežne pohybuje od 60 do 240 mm (Pavlas 2016).

Veľkou prednosťou KLH (CLT) panelov je ich vysoká šmyková a ohybová tuhosť, ako aj veľká odolnosť proti požiariu (Štefko, Reinprecht, Kuklík 2006).

Ako uvádza Pavlas (2016), KLH (CLT) panely sa vyznačujú dobrou požiarou odolnosťou – trojvrstvové nosné panely REI 30, päťvrstvové panely REI 60, sedemvrstvové panely až REI 90.



Obr. 11 CLT panel (Pavlas 2016)

CLT panely sa vyrábajú z hobľovaných vysušených smrekových lamiel hr. 19 – 40 mm. Majú výborné statické vlastnosti, priestorovú tuhosť a zároveň dobré tepelnoizolačné, zvukovoizolačné a protipožiarne vlastnosti. Stenové panely sa vyrábajú v hrúbkach od 60 mm až do teoretických 400 mm. Pre bežný rodinný dom však stačia panely v hrúbke 80 mm, prípadne 100 mm na nosné steny a 60 mm na vnútorné priečky. Na stropy a strechy sa často používajú panely do 140 mm hrúbky. CLT panel hrúbky 120 mm má deklarovанú požiarnu odolnosť 60 min (www.stavebnik.sk).

Oblasť využitia takéhoto stavebného materiálu je široká (Wieruszewski a Mazela 2017) – rodinné domy, obytné budovy, priemyselné a komerčné budovy, ale aj drevené mosty.

OSB doska

OSB je skratka pre Oriented Strand Boards a patrí do skupiny veľkoplošných materiálov. Typickými rozmermi jednotlivých triesok (Kuklík a kol. 2008) sú: dĺžka triesky 60 –150 mm, šírka triesky 10 – 35 mm, hrúbka triesky 0,4 – 1,0 mm.



Obr. 12 OSB doska (Kuklík a kol. 2008)

Plenzler a kol. (2017) uvádzajú, že OSB doska sa vyrába lisovaním sa tepla a väčšinou sa vyhotoví z troch vrstiev. Autori ďalej uvádzajú, že triesky v hornej a dolnej (okrajových) vrstvách sú orientované v pozdĺžnom smere, pričom triesky v strednej vrstve sú smerované v priečnom smere (pod uhlom 90 °). Triesky sa vyrábajú z kvalitných drevín, najčastejšie z dreva borovice (Vaverka a kol. 2008). Dosky sú väčšinou lepené fenolformaldehydovou živicom, ktorá činí približne 2,5 % váhové podielu, ak je použitá v práškovej forme (Kuklík 2005). V súčasnosti sa ekologicky menej vhodná fenolická živica nahrádza EDPM (Ethylen-Propylen-Dien-Monomer) živicami.

Vyrábajú a v štyroch triedach podľa expozície (Štefko a kol. 2006):

- OSB/1 – všetky typy dosiek, dosky pre interiéry a dosky pre suché prostredie,
- OSB/2 – nosné dosky pre suché prostredie,
- OSB/3 – nosné dosky pre vlhké prostredie,
- OSB/4 – dosky s veľkou záťažou pre vlhké prostredie.

OBS dosky sa často používajú ako obkladový a vystužujúci materiál s nosnou alebo bez nosnej funkcie v obytných, jedno alebo viacpodlažných budovách (Kuklík a kol. 2008).

Preglejky a latovky

Preglejka je drevený konštrukčný materiál vyhotovený z tenkých drevených dýh ukladaných kolmo na seba (Harper 2004).

Preglejky sa vyrábajú zlepovaním dýh, kladených s kolmou orientáciou vlákien susedných vrstiev. Sú minimálne trojvrstvé, počet nepárnych vrstiev sa odvíja od hrúbky dosky, ktorá môže byť 40 mm. Ide o objemový a tvarovo stály materiál s vynikajúcimi mechanickými vlastnosťami porovnateľnými v oboch smeroch. Vlastnosti závisia od použitej dyhy (z ihličnatých drevín hlavne smrek, z listnatých buk, breza a topol'), na lepidle, na zahutení pri lisovaní a na povrchovej úprave. Nevýhodou prekladov je vyššia cena. (Štefko a kol. 2006)

Tento stavebný materiál sa môže použiť (Kuklík a kol. 2008) ako nosných alebo obkladový materiál v ľahkých stenách, podlahách a strešných konštrukciách.

Latovky spolu s preglejkami podľa Vaverku a kol. (2008) patria do jednej skupiny dosiek sa báze dreva. Základom latoviek je tzv. stred zlepený z lát ihličnatého dreva, vonkajšie vrstvy tvoria opäť dyhy (Vaverka a kol. 2008). K výhodám tohto materiálu Štefko a kol. (2006) priradili možnosť vytvorenia zaoblení.

Používajú sa viac-menej iba v interiérových konštrukciách ako oplášťujúci materiál (Štefko a kol. 2006).



Obr. 13 9-vrstvová preglejka (Kuklík a kol. 2008)

Drevovláknité dosky

Vláknité dosky je spoločný názov až pre sedem rôznych typov dosiek s výrazne odlišnými vlastnosťami (Kuklík 2005). Jednotlivé typy dosiek s hustotou a výrobným procesom sú popísané v Tab. 1.

Tab. 1 Typy vláknitých dosiek (Kuklík 2005)

Výrobný proces	Hustota dosiek		
	Nízka < 400 kg.m ⁻³	Stredná ≥ 400 kg.m ⁻³ < 900 kg.m ⁻³	Vysoká < 900 kg.m ⁻³
Mokrý proces	Mäkká vláknitá doska (SB)	Polotvrdá vláknitá doska nízkej hustoty (MBL)	Tvrdá vláknitá doska (HB)
	Impregnovaná mäkká vláknitá doska (SB.I)	Polotvrdá vláknitá doska (MBH)	Veľmi tvrdá vláknitá doska (HB.I)
Suchý proces		Polotvrdá vláknitá doska (MDF)	
Poznámka: Označenie dosiek je uvedené v zátvorkách, I označuje prídavnú vlastnosť			

Vláknitá doska (Harper 2004) je konštrukčný a dekoratívny panel vyrobený z dreva alebo z celulózoých vlákien, ktoré sa vzájomne spoja pôsobením tepla a tlaku. Chybík (2009) uvádza, že sa vyrábajú z rozvlákneného odpadového dreva.

Vlákná sa splstujú mokrým alebo suchým procesom a vrstvia sa do nekonečného koberca (Vaverka a kol. 2008). Aby sa dosiahlo dobré zlepenie, obaľujú sa vlákna rôznymi práškovými syntetickými lepidlami, ktoré tvoria cca 10 % hmotnosti dosky (Kuklík 2005). Autor ďalej uvádza, že vrstva materiálu sa najprv predlisuje, aby sa odstránil vzduch, a po rozmerových úpravách sa finálne lisuje za tepla.

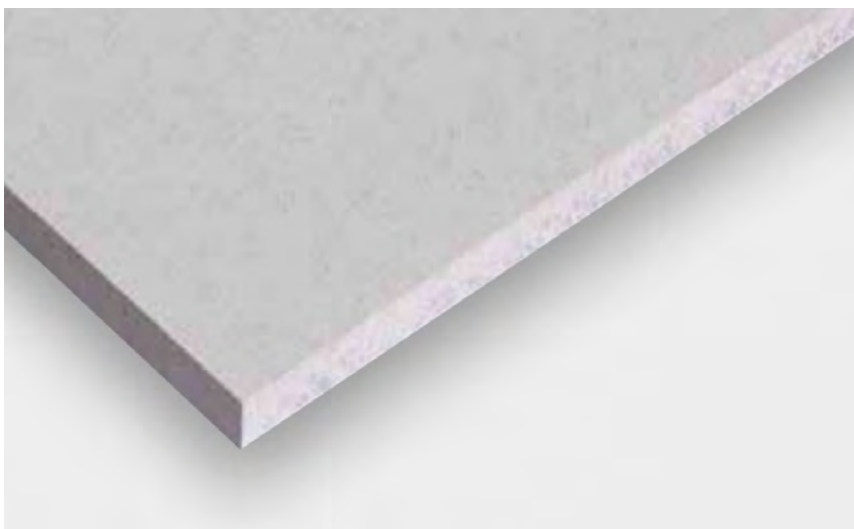
Tento stavebný materiál sa podľa Vaverku a kol. (2008) v drevených konštrukciách používa predovšetkým pre dobré tepelnoizolačné, akustické vlastnosti.

Nevýhodou vláknitých dosiek je ich menšia odolnosť proti pôsobeniu vlhkosti a ohňa (Vaverka a kol. 2008). Podľa Osvalda (2011), požiarotechnické vlastnosti drevovláknitých dosiek možno jednoznačne zaradiť medzi najhoršie zo všetkých veľkoplošných materiálov na báze dreva.

Sádrokartonové a sádrovláknité dosky

Sádrovláknité dosky (FERMACELL) sa vyrábajú zo sádry a papierových vlákien, ktoré sa získavajú recykláciou. (Štefko a kol. 2006)

Východiskovou surovinou pre ich výrobu je sádrovec, ktorý sa po vypálení mieša s vodou a prísadami na kašu. Pri výrobe sádrovláknitej dosky sú do zmesi pridávané celulózové vlákna, dosky sa lisujú pod vysokým tlakom a po vysušení sa orezávajú na požadovaný tvar. Týmto spôsobom výroby sa dosiahne vysoká stabilita dosiek a ich mechanické vlastnosti sú vhodné pre použitie na konštrukčné účely. Sádrokartonové dosky, u ktorých je vnútorné krehké jadro zo sádry opláštené kartónom, nesmie byť samostatne použité pre konštrukčné účely (napr. ako výstužné opláštenie stien). (Vaverka a kol. 2008)



Obr. 14 Sádrovláknitá doska (Fermacell 2018)

Harper (2004) uvádza, že tento stavebný materiál sa používa väčšinou ako obkladový materiál. Sú vhodné nielen pre vnútornú výstavbu, ale i do vlhkého prostredia (Štefko a kol. 2006).

Ako uvádza Vaverka a kol. (2008) používajú sa v konštrukciách drevostavieb ako konštrukčná ochrana dreva, predovšetkým z dôvodu zvýšenia požiarnej odolnosti

konštrukcie. Dosky vykazujúce dobrú požiarnu odolnosť (Harper 2004) majú sadrové jadro obohatené o sklené vlákna.

Drevotriesková doska (DTD)

DTD je materiál vyrobený lisovaním za tepla z drevených častíc (napríklad triesok, hoblín, pilín) alebo z iných lignocelulóзовých častíc spojených lepidlom (Finnforest 2008).

Podľa spôsobu výroby (lisovania) rozlišujeme dosky plošne lisované a dosky výtlačne lisované (Vaverka a kol. 2008).

Plošne lisovaná triesková doska (Koželouh 1998) pozostáva z 85 % z drevených triesok, ktoré sú orientované náhodne. Autor ďalej uvádza, že preosiate, skontrolované, vysušené triesky s vrstvou lepidla sú nafúkané na lisovacie stoly a na hornú a dolnú stranu dosky sú poukladané jemné triesky. Ako spojivo sa používajú lepidlá na báze syntetických živíc (Vaverka a kol. 2008). Takto pripravená vrstva z triesok (Koželouh 1998) sa upraví a premiestni do lisu, kde zostane pri teplote asi 200 °C (doba lisovania závisí od hrúbky vrstvy).

Technológiou výroby je možné dosiahnuť jemný a hladký povrch, lebo na povrchu je nalepená vrstva dyhy alebo fólie. Fóliované drevotrieskové dosky sa používajú ako parapetné dosky, dosky dverných krídel alebo interiérové obklady. (Štefko a kol. 2006)

Podľa konštrukcie a veľkosti častíc na (Osvald 2011):

- jednovrstvové - vyrábajú sa zo stredových triesok a sú určené na podradnejšie použitie,
- dvoj-, troj- a viacvrstvové - najčastejšie sa vyrábajú trojvrstvové z jemných triesok v povrchových vrstvách a z hrubších triesok v stredovej vrstve,
- graduované - vyznačujúce sa plynulým prechodom od najjemnejších triesok v povrchových vrstvách k najhrubším trieskam v stredovej vrstve. Tenké dosky sa vyrábajú s graduáciou v celom priereze, hrubšie s graduáciou len povrchovej vrstvy.

Požiarotechnické vlastnosti drevotrieskových dosiek sú charakterizované hlavne vstupujúcimi materiálmi, t. j. použitou drevinou, použitým lepidlom prípadne inými prísadami. Okrem základnej skladby u drevotrieskových dosiek požiarotechnické vlastnosti ovplyvňuje technológia výroby. Plošne lisované drevotrieskové dosky majú lepšie požiarotechnické vlastnosti ako drevotrieskové dosky výtlačne lisované (Osvald 2011).

Biodosky

Vyrábajú sa podobným spôsobom ako latovky, ale miesto vrchnej dyhy sú na stred latoviek nalepené tenké lamely o hrúbke 5 až 8 mm. Vzhľadom k tomu, že k lepeniu sa používa lepidlo s nízkym obsahom škodlivín (polyuretánové alebo akrylové), ide o ekologický materiál s vysokým podielom prírodnej hmoty a charakteristickou arómou (Štefko a kol. 2006).

Literatúra

CLT panely [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: <https://www.stavebnik.sk/clanky/clt-panely.html>

Fermacell. 2018. Požárni a akustický katalog. Konstrukce stěn, stropů a podlah. FC-036-00002_brosch_mp_cz.

Finnforest. 2008: Nie je drevo ako drevo. In Všetko o dreve v interiéri a exteriéri. ISSN 1335-9142, 2008, roč. 8, č. 2, s. 22-29.

Herzog, T. - Matterer, J. - Schweitzer, R. - Volz, M. - Winter, W. 2003. Holzbau Atlas. II. vydanie. Walter de Gruyter, 2003. 375 s. ISBN 3-7643-6984-1.

Koželouh B. 1998. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Step 1. Navrhování a konstrukční materiály. Zlín: KODR, Ing.Koželouh, 1998. 460 s. ISBN 80-238-2620-4.

Kuklík, P. 2008. Fire resistance of timber structures. Kapitola v Handbook 1. Timber Structures. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/168007. Učebný materiál pre návrh a testovanie drevených konštrukcií.

Kuklík, P. 2005. Dřevěné konstrukce. I. vydanie. Praha: ČKAIT. 2005. 171 s. ISBN 80-86769-72-0.

Osvald, A. 2011. Drevostavba ≠ požiar. I. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene. 2011. 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.

Pavlas, M. 2016. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů. 1. vydanie. Praha: Grada Publishing, 2016. 96 s. ISBN 978-80-271-0055-2.

Plenzler, r. - Ludwiczak-Nieviadomska, L. - Strzelecki, P. 2017. Elastic and strength properties of OSB layers. In Drvna Industrija. ISSN 1847-1153, 2017, roč. 60, č. 1, s. 3-9

Štefka, V. 2002. Kompozitné drevené materiály, časť II. Technológia aglomerovaných materiálov. Zvolen: Technická univerzita, 2002. 205 s. ISBN 80-228- 1136-X.

Štefko, J. – Reinprecht, L. – Kuklík, P. 2006. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. II. vydanie. Bratislava: Jaga group, 2006. 204 s. ISBN 80-8076-043-8.

Vaverka, J., Havířová Z., Jindrák M. a kol. 2008. Dřevostavby pro bydlení. I. vydanie. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-205-4.

Wieruszewski M., Mazela B. 2017. Cross laminated timber (CLT) as an alternative form of construction wood. In Drvna industrija, roč. 68, č. 4, s. 359-367, ISSN 1847-1153.

2. PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ DREVOSTAVIEB

2.1. Legislatíva

Protipožiarna bezpečnosť stavby (Mózer 2015) je definovaná ako schopnosť stavby zabrániť v prípade požiaru stratám na životoch a zdraví osôb, zvierat a stratám na majetku. Podľa Stavebného zákona (Zákon č. 50/1976 Zb.) sa protipožiarna bezpečnosť považuje za jednu zo základných požiadaviek, ktoré sú kladené na stavbu. Aktuálne sú základné požiadavky na stavby presunuté do Nariadenia EP CPR č. 305/2011.

Všeobecne záväzné právne predpismi, ktoré sa súvisia s protipožiarnou bezpečnosťou stavieb, sú:

- Zákon č. 314/2001 Z.z, Zákon o ochrane pred požiarmi, v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 50/1976 Zb, Zákon o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 133/2013 Z.z, Zákon o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov.

Základnou vykonávacou vyhláškou Zákona o ochrane pred požiarmi (Zákon 314/2001) je Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

Ďalšie právne predpisy upravujúce požiadavky protipožiarnnej bezpečnosti alebo súvisiacich s ňou sú:

- právne predpisy upravujúce požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť stavby vzhľadom na to, že sa v nej skladuje horľavá látka alebo sa s ňou manipuluje:
 - Vyhláška MV SR č. 258/2007 Z.z. o požiadavkách na protipožiarnu bezpečnosť pri skladovaní a pri manipulácii s tuhými horľavými látkami,
 - Vyhláška MV SR č. 96/2004 Z.z, ktorou sa ustanovujú zásady protipožiarnnej bezpečnosti pri manipulácii a skladovaní horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov,
 - Vyhláška MV SR č. 142/2004 Z.z. o protipožiarnnej bezpečnosti pri výstavbe a pri užívaní prevádzkarne a iných priestorov, v ktorých sa vykonáva úprava výrobkov náterovými látkami,
 - Vyhláška MV SR č. 124/2000 Z.z., ktorou sa ustanovujú zásady požiarnej bezpečnosti pri činnostiach s horľavými plynmi a horenie podporujúcimi plynmi,
- právne predpisy zaoberajúce sa návrhom požiarnotechnických zariadení:
 - Vyhláška MV SR č. 726/2002 Z.z., ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienka jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly,

- Vyhláška MV SR č. 726/2002 Z.z, ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienky jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly,
- Vyhláška MV SR č. 699/2004 o zabezpečení stavieb vodou na hasenie požiarov, v znení neskorších predpisov,
- Vyhláška MV SR č. 719/2002 Z.z., ktorou sa ustanovujú vlastnosti prevádzkovania a zabezpečenie pravidelnej kontrola prenosných hasiacich prístrojov a pojazdných hasiacich prístrojov,
- Vyhláška MV SR č. 478/2008 Z.z. o vlastnostiach, konkrétnych podmienkach prevádzkovania a zabezpečenia pravidelnej kontroly požiarnej uzáveru,
- ďalšie právne predpisy sú:
 - Vyhláška MV SR č. 401/2007 Z.z. o technických podmienkach a požiadavkách na protipožiarnu bezpečnosť pri inštalácii a prevádzkovaní palivového spotrebiča, elektrotepelného spotrebiča a zariadenia ústredného vykurovania a pri výstavbe a používaní komína a dymovodu a o lehotách ich čistenia a vykonávania kontrol,
 - Vyhláška MŽP SR č. 532/2002 Z.z, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie,
 - Vyhláška MDV RR SR č. 162/2013 Z.z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov, v znení neskorších predpisov.

S vyššie uvedenými vyhláškami súvisia technické normy, ktoré slúžia pre navrhovanie protipožiarnej bezpečnosti:

- STN 92 0201-1 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 1: Požiarne riziko, veľkosť požiarneho úseku.* 2000 + Zmena *1 (2002) + Zmena *2 (2006)
- STN 92 0201-2 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.* 2017
- STN 92 0201-3 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 3: Únikové cesty a evakuácia osôb.* 2000 + Zmena *1 (2002) + Zmena *2 (2010) + Zmena *3 (2012)
- STN 92 0201-4 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 4: Odstupové vzdialenosti.* 2000 + Zmena *1 (2002) + Zmena *2 (2006)
- STN 92 0241 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Obsadenie stavieb osobami.* 2012 + Zmena *1 (2012)
- STN 92 0101 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Názvoslovie.* 1997
- STN 92 0111 *Protipožiarne zariadenia. Grafické značky pre výkresy požiarnej ochrany. Špecifikácia.* 1998
- STN 92 0202-1 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Vybavovanie stavieb hasiacimi prístrojmi.* 1999

- STN 92 0400 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Zásobovanie vodou na hasenie požiarov.* 2005
- STN 92 0203 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Trvalá dodávka elektrickej energie pri požiari.* 2013
- STN 92 0204 *Požiarne bezpečnosť stavieb. Priestory káblového priestoru.* 2012
- STN EN 13 501-1+A1/Z1 *Klasifikácia požiarne charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text).* 2017
- STN EN 13 501-2 *Klasifikácia požiarne charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení).* 2018
- a ďalšie technické normy na návrh elektrickej požiarnej signalizácie, stabilného hasiaceho zariadenia, zariadení na odvod tepla a splodín horenia, súbor noriem pre zmeny stavieb...

Je nevyhnutné spomenúť aj normy, ktoré sa zaoberajú výlučne drevenými konštrukciami:

- STN EN 1995-1-1 *Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-1: všeobecne – Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy,*
- STN EN 1995-1-2 *Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť - 2: Všeobecné pravidlá. Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.*

Literatúra

Mózer, V. 2015. Základy požiarnej bezpečnosti stavieb. I. vydanie. Žilina: EDIS, 2015. 181 s. ISBN 978-80-554-1084-5.

Nariadenie Európskeho parlamentu a rady č. 305/2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/206/HS.

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

Zákon č. 314/2001 Z.z. o ochrane pred požiarmi, v znení neskorších predpisov.

Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov.

2.2. Technické podmienky protipožiarnej bezpečnosti konštrukcií drevostavieb

2.2.1. Reakcia na oheň

Jednou zo základných charakteristík stavby z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti je vedomosť o tom, aký konštrukčný celok stavba predstavuje. Na to, aby ho bolo možné určiť, je potrebné mať poznatky z akých konštrukčných prvkov je vyhotovený. Zatriedenie požiarne deliacich a nosných konštrukcií do konštrukčného prvku druhu D1, D2 alebo D3 závisí od materiálovej skladby danej konštrukcie a od triedy reakcie na oheň jednotlivých materiálov.

Všeobecný postup klasifikácie pre všetky stavebné výrobky, ako aj výrobky zabudované v stavebných prvkoch sa uvádza v STN EN 13 501-1+A1/Z1 (2017). V zmysle vyššie uvedenej normy sú výrobky rozdelené do troch kategórií:

- stavebné výrobky okrem podlahových krytín a tepelnoizolačných výrobkov na lineárne potrubia,
- podlahové krytiny,
- tepelnoizolačné výrobky na lineárne potrubia.

Reakcia na oheň stavebných materiálov alebo komponentov sa podľa EN 13 501-1+A1/Z1 (2017) vyjadruje triedou, ktorá sa určuje na základe skúšky alebo ustanoveným osobitným predpisom (STN 92 0201-2 2017).

Stavebné výrobky, ktoré môžu v stavbe prispievať k tvorbe a rozširovaniu ohňa a dymu v priestore, vzniku požiaru alebo aj mimo tohto priestoru sa klasifikujú do jednej zo siedmich tried reakcie na oheň. Pre stavebné výrobky, okrem podlahových krytín a tepelnoizolačných výrobkov na lineárne potrubia sú to triedy A1, A2, B, C, D, E a F. Pre podlahové krytiny platia triedy A_{1fl}, A_{2fl}, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl}, E_{fl}, F_{fl} a pre tepelnoizolačné výrobky pre lineárne potrubia sú triedy A_{1L}, A_{2L}, B_L, C_L, D_L, E_L, F_L.

Skúšobné postupy, ktorým sa podrobí stavebný materiál, sú na základe predpokladanej klasifikácie stavebného materiálu z hľadiska triedy reakcie na oheň. Pre klasifikáciu stavebných výrobkov sa používajú nasledujúce skúšobné postupy:

- STN EN ISO 1182 Skúška reakcie výrobkov na oheň. Skúška nehorľavosti (ISO 1182: 2010). 2010. Pomocou tejto skúšky sa určujú výrobky, ktoré neprispievajú k požiaru bez ohľadu na ich konečné používanie. Skúška sa používa pri triedach A1, a2, A_{1fl}, A_{2fl}.
- STN EN ISO 1716 Skúška reakcie výrobkov na oheň. Stanovenie celkového spalného tepla (ISO 1716: 2010). 2010. Pomocou tejto skúšky sa zisťuje najväčšia možná hodnota celkového uvoľneného tepla výrobkom pri jeho úplnom zhorení bez ohľadu na jeho konečné používanie. Skúška umožňuje zisťovať spalné teplo (PCS) aj výhrevnosť (PCI) na základe vlhkosti a percenta vodíka. Skúška sa používa pri triedach A1, a2, A_{1fl}, A_{2fl}.
- STN EN 13 823+A1 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. 2015. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín, vystavené tepelnému pôsobeniu osamelo horiaceho predmetu. 2015. Pomocou tejto skúšky sa

zisťuje možný príspevok výrobku k rozvoju požiaru osamelo horiaceho predmetu v rohu miestnosti blízko skúšaného výrobku (FIGRA, SMOGRA, LFS). Skúška sa používa pri triedach A2, B, C a D.

- STN EN ISO 11925-2 Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia. Časť 2: Skúška jedноплаmeňovým zdrojom (ISO 11 925-2 2010). 2011. Pomocou tejto skúšky sa zisťuje zapáliteľnosť výrobku pri vystavení účinkom malého plameňa. Plamienok sa priloží na určitú dobu, potom sa oddiali a sleduje sa či sa výrobok zapáli. Skúška sa používa pri triedach B, C, D, E, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl} a E_{fl}.

Zaradenie do príslušnej triedy reakcie na oheň sa vykoná na základe dosiahnutých parametrov z vykonaných skúšok (viď. Tab. 2).

Vzťahy medzi jednotlivými triedami a referenčnými stavmi požiaru sú uvedené v Tab. 2, prebratej z STN EN 13 501-1+A1/Z1 (2017). V tejto tabuľke sú uvedené skúšobné metódy aj s klasifikačnými kritériami, ktorým musí stavebný materiál vyhovieť, aby mohol byť zaradený do príslušnej triedy reakcie na oheň.

Tab. 2 Triedy reakcie na oheň v prípade stavebných výrobkov okrem podlahových krytín a tepelnoizolačných výrobkov na lineárne potrubia (STN EN 13 501-1+A1/Z1 2017)

Trieda	Skúšobná metóda	Klasifikačné kritériá	Doplnková klasifikácia
A1	EN ISO 1182 ^{a)} a	$\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ a $\Delta m \leq 50 \%$ a $t_f = 0$ (t.j. bez trvalého horenia)	-
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{\text{a)}}$ a $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{\text{b) c)}}$ a $\text{PCS} \leq 1,4 \text{ MJ/m}^2^{\text{d)}}$ a $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{\text{e)}}$	-
A2	EN ISO 1182 ^{a)} alebo	$\Delta T \leq 50^{\circ}\text{C}$; a $\Delta m \leq 50 \%$; a $t_f = 20 \text{ s}$	-
	EN ISO 1716 a	$\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{\text{a)}}$ a $\text{PCS} \leq 4,0 \text{ MJ/m}^2^{\text{b)}}$ a $\text{PCS} \leq 4,4 \text{ MJ/m}^2^{\text{d)}}$ a $\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{\text{e)}}$	-

Pokračovanie Tab. 2

	EN 13823	FIGRA ≤ 120 W/s a LFS < okraj skúšobnej vzorky a THR _{600s} $\leq 7,5$ MJ	tvorba dymu ^{f)} a horiace kvapky/častice ^{g)}
B	EN 13823 a	FIGRA ≤ 120 W/s a LFS < okraj skúšobnej vzorky a THR _{600s} $\leq 7,5$ MJ	tvorba dymu ^{f)} a horiace kvapky/častice ^{g)}
	EN ISO 11925-2 ⁱ⁾ : namáhanie = 30 s	Fs ≤ 150 mm za 60 s	
C	EN 13823 a	FIGRA ≤ 250 W/s a LFS < okraj skúšobnej vzorky a THR _{600s} ≤ 15 MJ	tvorba dymu ^{f)} a horiace kvapky/častice ^{g)}
	EN ISO 11925-2 ⁱ⁾ : namáhanie = 30 s	Fs ≤ 150 mm za 60 s	
D	EN 13823 a	FIGRA ≤ 750 W/s	tvorba dymu ^{f)} a horiace kvapky/častice ^{g)}
	EN ISO 11925-2 ⁱ⁾ : namáhanie = 30 s	Fs ≤ 150 mm za 60 s	
E	EN ISO 11925-2 ⁱ⁾ : namáhanie = 15 s	Fs ≤ 150 mm za 20 s	horiacie kvapky/častice ^{h)}
F	bez definície vlastností		
<p>a) Pri homogénnych výrobkoch a významných zložkách nehomogénnych výrobkov.</p> <p>b) Pri každej vonkajšej nevýznamnej zložke nehomogénnych výrobkov.</p> <p>c) Alternatívne, každá vonkajšia nevýznamná zložka majúca PCS $\leq 2,0$ MJ/m², za predpokladu, že výrobok sp a nasledujúce kritériá EN 13823: FIGRA 20 W/s a LFS < okraj skúšobnej vzorky a THR_{600s} $\leq 4,0$ MJ a s1 a d0.</p> <p>d) Pri každej vnútornej nevýznamnej zložke nehomogénnych výrobkov.</p> <p>e) Pri výrobku ako celku.</p> <p>f) V poslednej fáze vývoja skúšobnej metódy sa zaviedli zmeny systému merania dymu, ktorých účinok si vyžaduje ďalšie skúmanie. To môže viesť k zmenám hraničných hodnôt a (alebo) parametrov na zisťovanie tvorby dymu. s1 = SMOGRA 30 m²/s² a TSP_{600s} ≤ 50 m²; s2 = SMOGRA ≤ 180 m²/s² a TSP_{600s} 200 m²; s3 = nespĺňa s1 alebo s2.</p> <p>g) d0 = nijaké horiace kvapky/častice pri skúške podľa EN 13823 počas 600 s; d1 = nijaké horiace kvapky/častice pretrvávajúce dlhšie ako 10 s pri EN 13823 počas 600 s; d2 = nespĺňa d0 alebo d1.</p> <p>Zapálenie papiera pri skúške podľa EN ISO 11925-2 znamená klasifikáciu d2.</p> <p>Vyhovuje = bez zapálenia papiera (bez klasifikácie).</p> <p>h) Nevyhovuje = zapálenie papiera (klasifikácia d2).</p> <p>i) V podmienkach vystavenia povrchu vzorky plameňu, a ak je to vhodné z hľadiska konečného používania výrobku, aj vystavenia hrany vzorky plameňu.</p>			

Stručnú charakteristiku jednotlivých tried reakcie na oheň sformuloval Mózer (2015) a to nasledovne:

- Trieda A1: Neprispeje k rozvoju požiaru v žiadnej jeho fáze ani pri plne rozvinutom požiaru. Je to najvyššia trieda reakcie na oheň a patria sem nehorľavé materiály typu betón, tehla, oceľ a pod..
- Trieda A2: Správanie sa pri požiaru je prakticky identické s triedou A1, avšak tieto materiály môžu obsahovať malé množstvo organických zložiek, napr. spojivo. Pri triede A2 sa už vykonávajú aj doplnkové s a d klasifikácie. Patrí sem napríklad minerálna vlna s povrchovou fóliou, sadrokartóny s tenkou kartónovou vrstvou a pod..
- Trieda B: Veľmi obmedzený príspevok k rozvoju požiaru. Patria sem napr. sadrokartóny s hrubšou kartónovou vrstvou, protipožiarne upravované drevo, cementotrieskové dosky a pod..
- Trieda C: Obmedzený príspevok k rozvoju požiaru. Patria sem napr. fenolové peny, vybrané protipožiarne upravované produkty na báze dreva. Flashover nastane približne 10-20 min.
- Trieda D: Prijateľný príspevok k rozvoju požiaru. Sú to materiály, ktoré dokážu po dlhšiu dobu odolávať malému plameňu bez jeho výrazného rozšírenia. Flashover nastane približne 2-10 min.
- Trieda E: Ľahko horľavé materiály značne prispievajúce k rozvoju požiaru, ktoré dokážu po krátku dobu odolávať malému plameňu bez jeho výrazného rozšírenia. Patria sem zväčša protipožiarne neupravované plasty, ako napr. expandovaný polystyrén, ale aj materiály na báze dreva s malou hrúbkou, resp. nízkou hustotou. Flashover nastane približne do 2 min.
- Trieda F: Bez klasifikácie alebo veľmi ľahko horľavé materiály. Flashover potenciál nie je klasifikovaný.

Okrem triedy reakcie na oheň sa niektoré stavebné materiály posudzujú aj doplnkovou klasifikáciou:

- z hľadiska odpadávania alebo odkvapkávania horiacich kvapiek a častíc,
- z hľadiska tvorby dymu.

Kritériom odkvapkávania horiacich materiálov sa vyjadruje stav, pri ktorom dochádza k premene tuhého skupenstva horľavých materiálov (napr. v podhlade stropu) na kvapalné a k ich odkvapkávaniu z konštrukcie (Kucbel 2003). Stavebné materiály s triedou reakcie na oheň A2, B, C, D a E sa klasifikujú doplnkovou klasifikáciou z hľadiska tvorby horiacich kvapiek a častí (viď Tab. 2). Kritériá pre doplnkovú klasifikáciu z hľadiska odpadávania alebo odkvapkávania horiacich častí bližšie popísal Martinka (2015):

- doplnková klasifikácia d0 – počas prvých 600 s skúšky podľa STN EN 13823 (2015) vzniknúť žiadne plameňom horiace častice alebo kvapky;
- doplnková klasifikácia d1 – počas prvých 600 s skúšky podľa STN EN 13823 (2015) nesmú vzniknúť žiadne častice alebo kvapky horiace plameňom dlhšie ako 10 s;

- doplnková klasifikácia d2 – zaradí sa výrobok, ktorý nevyhovuje kritériám pre doplnkovú klasifikáciu d0 alebo d1 alebo ak sa zapáli papier pod vzorkou pri skúške podľa STN EN ISO 11925-2 (2011).

Ako si je možné všimnúť v Tab. 2 , pri triedach reakcie na oheň A2, B, C, D je potrebné stavebný materiál klasifikovať z hľadiska tvorby dymu (s1, s2 alebo s3). Kritériá pre doplnkovú klasifikáciu z hľadiska tvorby dymu bližšie popísal Martinka (2015):

- doplnková klasifikácia s1 – pri skúške vzorke podľa STN EN 13823 (2015) nesmie byť rýchlosť vývinu dymu vyššia ako $30 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ a súčasne celkové množstvo uvoľneného dymu za 600 s nesmie byť väčšie ako 50 m^2 ;
- doplnková klasifikácia s2 – pri skúške vzorky podľa STN EN 13823 (2015) nesmie byť rýchlosť vývinu dymu vyššia ako $180 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ a súčasne celkové množstvo uvoľneného dymu za 600 s nesmie byť väčšie ako 200 m^2 ;
- doplnková klasifikácia s3 – nie sú stanovené žiadne podmienky. Touto doplnkovou klasifikáciou sa klasifikujú stavebné výrobky s triedami reakcie na oheň A2 až D, ktoré nespĺňajú požiadavky na doplnkovú klasifikáciu s1 alebo s2.

Rozhodnutie komisie 2003/43/ES uvádza triedu reakcie na oheň pre drevené panely. V prípade materiálov na báze dreva je nevyhnutné splniť požiadavku na minimálnu hrúbku materiálu, minimálnu hustotu a spôsob výroby (viď. Tab. 3).

Tab. 3 Triedy požiarnej odolnosti pre niektoré drevené panely (Rozhodnutie komisie 2003/43/ES)

Výrobok	EN norma na výrobky	Minimal. hustota $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Minimal. hrúbka mm	Trieda 1) okrem dlážkovín	Trieda 1) dlážkoviny
Cementotriesková doska bez vzduchovej medzery za panelom (1)	EN 634-2	1000	10	B-s1, d0	B_{fi} -s1
Drevotriesková doska bez úpravy pri konečnom použití (5)	EN 312	900	3	E	E_{fi}
Drevotriesková doska tvrdá bez vzduchovej medzery za panelom (1,2,5)	EN 312	600	9	D-s2, d0	D_{fi} -s1
Preglejka (3,5) s uzavretou alebo otvorenou vzduchovou medzerou do 22 mm za dreveným panelom	EN 636	400	9/10	D-s2, d0	-
Plný drevený panel (3,5) s uzavretou alebo otvorenou vzduchovou medzerou do 22 mm za dreveným panelom	EN 13353	400	9/12	D-s2, d0	-
Doska s orientovanými vláknami (4,5) s uzavretou vzduchovou medzerou za dreveným panelom	EN 300	600	15	D-s2, d0	D_{fi} -s1

Pokračovanie Tab. 3

- (1) Osadené bez vzduchovej medzery priamo na výrobky triedy A1 alebo A2-s1, d0 s minimálnou hustotou 10 kg.m^{-3} , alebo minimálne na výrobky triedy D-s2, d2 s minimálnou hustotou 400 kg.m^{-3} .
- (2) Ak osadené priamo na drevené panely, môže sa vložiť podklad z celulózového izolačného materiálu minimálne triedy E, avšak nie pri podlahách.
- (3) Osadené vzadu so vzduchovou medzerou. Opačnú stenu dutiny musia tvoriť výrobky minimálne triedy A2-s1, d0 s minimálnou hustotou 10 kg.m^{-3} .
- (4) Osadené vzadu so vzduchovou medzerou. Opačnú stenu dutiny musia tvoriť výrobky minimálne triedy D-s2, d2 s minimálnou hustotou 400 kg.m^{-3} .
- (5) Dýhované panely a panely potiahnuté fenolom alebo melamínom sú zahrnuté v triede, okrem podláh.

Literatúra

Kucbel, J. 2003. Protipožiarna bezpečnosť stavieb. I. vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2003. 278 s. ISBN 80-227-1877-7.

Martinka, J. 2015. Reakcia materiálov na oheň a zisťovanie príčin vzniku požiarov. Reaction to fire of materials and fire investigation. I.vydanie. Trnava: AlumniPress, 2015. 144 s. ISBN 978-80-809-6217-3.

Mózer, V. 2015. Základy požiarnej bezpečnosti stavieb. I. vydanie. Žilina: EDIS, 2015. 181 s. ISBN 978-80-554-1084-5.

Rozhodnutie komisie 2003/43/ES, ktorým sa ustanovujú triedy reakcie na oheň pre určité stavebné výrobky.

STN 92 0201-2:2017 : Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 13 501-1+A1/Z1:2017 : Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text).

STN EN 13 823+A1:2015 : Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín, vystavené tepelnému pôsobeniu osamelého horiaceho predmetu.

STN EN ISO 11 925-2:2011 : Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom (ISO 11925-2:2010).

STN EN ISO 1182:2010 : Skúška reakcie výrobkov na oheň. Skúška nehorľavosti (ISO 1182:2010).

STN EN ISO 1716:2010 : Skúška reakcie výrobkov na oheň. Stanovenie celkového spalného tepla (ISO 1716:2010).

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

2.2.2. Konštrukčné prvky a konštrukčné celky

Definície konštrukčných prvkov prešli v prechádzajúcich rokoch mnohými zmenami. STN 92 0201-2 (2017) priniesla nové definície konštrukčných prvkov a jej vydaním sa zrušili definície konštrukčných prvkov v STN EN 13 501-1+A1/Z1 (2017) a v Usmernení PHAZZ z 09.04.2014.

Konštrukčné prvky sú stavebné konštrukcie s požadovanými vlastnosťami v podmienkach požiaru. Takéto konštrukcie sú vyhotovené z jedného alebo viacerých materiálov. Na základe triedy reakcie na oheň jednotlivých zložiek konštrukcie sa stavebná konštrukcia zaradí do konštrukčného prvku druhu D1, D2 alebo D3. Definície konštrukčných prvkov sú uvedené v STN 92 0201-2 (2017):

- Konštrukčné prvky druhu D1 počas požadovanej požiarnej odolnosti nezvyšujú intenzitu požiaru pretože:
 - stavebné materiály alebo komponenty, z ktorých sú zhotovené, majú triedu reakcie na oheň A1 alebo A2;
 - stavebné materiály alebo komponenty s triedou reakcie na oheň inou ako A1 alebo A2, ktoré nezabezpečujú nosnosť a stabilitu konštrukčného prvku, sú uzavreté stavebnými materiálmi, alebo komponentmi s triedou reakcie na oheň A1 alebo A2 tak, že v požadovanom čase požiarnej odolnosti sa nezapália a neuvolňuje sa z nich teplo.
- Konštrukčné prvky druhu D2 počas požadovanej požiarnej odolnosti nezvyšujú intenzitu požiaru, pretože stavebné materiály alebo komponenty s triedou reakcie na oheň inou ako A1 alebo A2 sú uzavreté stavebnými materiálmi alebo komponentmi s triedou reakcie na oheň A1 alebo A2 tak, že v požadovanom čase požiarnej odolnosti sa nezapália a neuvolňuje sa z nich teplo.
- Konštrukčné prvky druhu D3 sa počas požadovanej požiarnej odolnosti môžu zapáliť a zvyšovať intenzitu požiaru a nemožno ich posudzovať ako konštrukčné prvky druhu D1 alebo druhu D2.

Horľavé materiály a komponenty uzavreté vo vnútri konštrukčných prvkov D1 a D2 nesmú počas požadovanej doby požiarnej odolnosti dosiahnuť teplotu vzplanutia; ak táto nie je jednoznačne určená, uvažuje sa s teplotou 180 °C (STN 92 0201-2 2017).

Vplyv horľavých komponentov na intenzitu požiaru, nosnosť a stabilitu konštrukčného prvku zosumarizoval Mózer (2015) do Tab. 4.

Tab. 4 Triedenie konštrukčných prvkov (Mózer 2015)

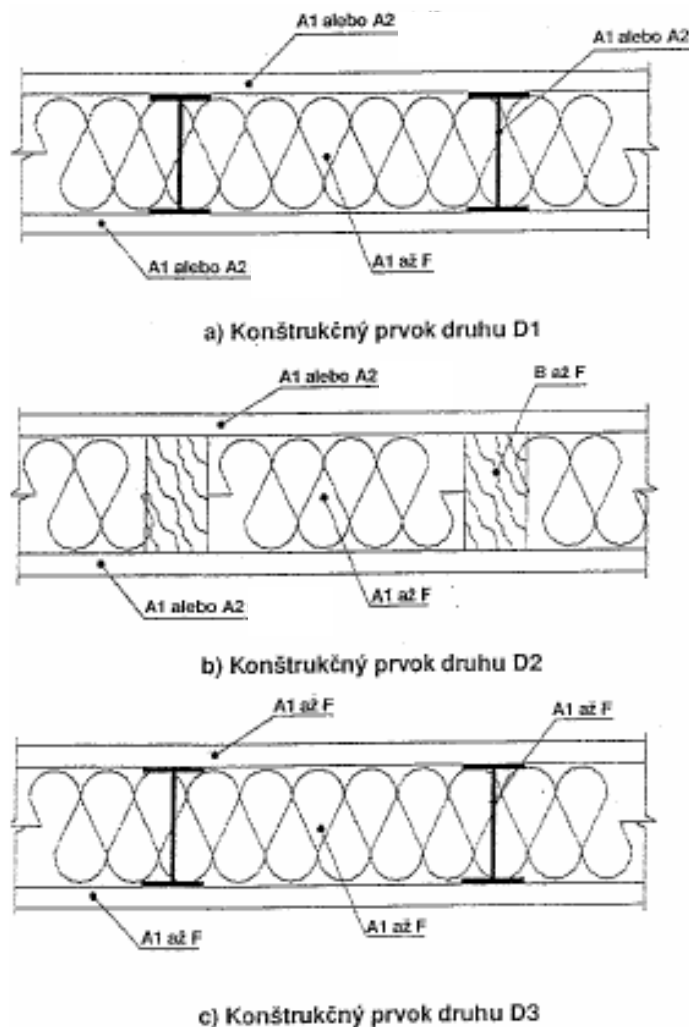
Hľadisko pre triedenie konštrukcií	D1	D2	D3
Vplyv horľavých komponentov na intenzitu požiaru	nie	nie	áno
Vplyv horľavých komponentov na nosnosť a stabilitu	nie	áno	áno

Slovenská technická norma 92 0201-2 (2017) priniesla zmenu v zohľadňovaní povrchovej úpravy pri určovaní druhu konštrukčného prvku – nezohľadňuje povrchovú

úpravu pri určovaní konštrukčných prvkov, bez ohľadu na jej hrúbku. V predchádzajúcej norme sa povrchová úprava zohľadňovala pri určovaní druhu konštrukčných prvkov. Podľa pôvodnej STN 92 0201-2 (2007), pri určovaní druhu konštrukčného prvku sa prihliadalo na povrchovú úpravu z materiálov triedy reakcie na oheň:

- A2 alebo B, ak hrúbka povrchovej úpravy prekročila 5 mm,
- C až F, ak hrúbka povrchovej úpravy prekročila 2 mm.

Konštrukčné prvky sú zobrazené na obr. 15.



Obr. 15 Druhy konštrukčných prvkov (STN 92 0201-2 2007)

Význam zatriedenia požiarne deliacich a nosných konštrukcií do jednotlivých konštrukčných prvkov spočíva v následnom zaradení celej stavby do konštrukčného celku. Ako uvádza Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., konštrukčný celok je zhotovený z konštrukčných prvkov a na základe použitých konštrukčných prvkov môže byť:

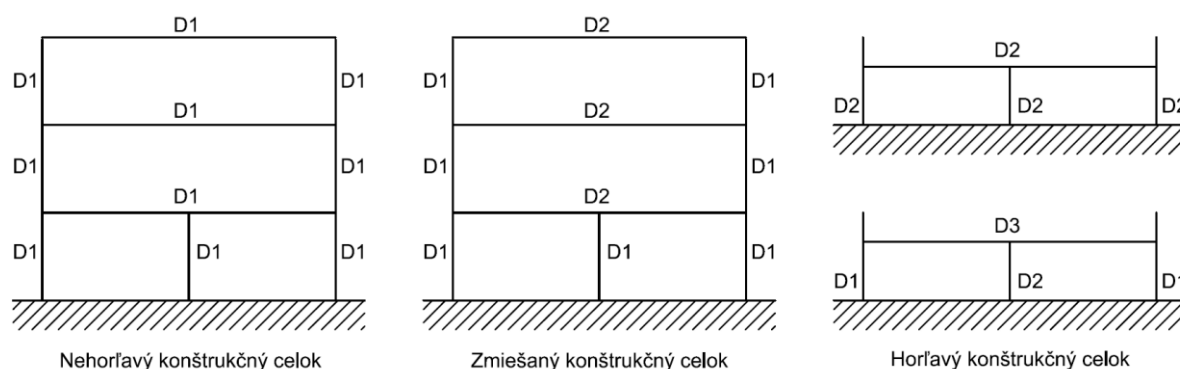
- nehorľavý,
- zmiešaný,
- horľavý.

V zmysle Vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z.z sú jednotlivé konštrukčné celky definované nasledovne:

- Nehorľavý konštrukčný celok je konštrukčný systém, v ktorom sú požiarne deliace konštrukcie a nosné konštrukcie, ktoré zabezpečujú stabilitu stavby alebo jej časti, len druhu D1.
- Zmiešaný konštrukčný celok je konštrukčný systém, v ktorom sú zvislé požiarne deliace konštrukcie a zvislé nosné konštrukcie, ktoré zabezpečujú stabilitu stavby alebo jej časti, len druhu D1; ostatné požiarne deliace konštrukcie a nosné konštrukcie sú druhu D2.
- Horľavý konštrukčný celok je konštrukčný systém, v ktorom sú požiarne deliace konštrukcie a nosné konštrukcie, ktoré zabezpečujú stabilitu stavby alebo jej časti, druhu D1, alebo druhu D2, alebo druhu D3; tento konštrukčný celok však nespĺňa požiadavky na nehorľavý konštrukčný celok a zmiešaný konštrukčný celok.

Nová technická norma (STN 92 0201-2 2017) uvádza ďalšiu definíciu zmiešaného konštrukčného celku:

- Zmiešaný konštrukčný celok je konštrukčný systém, v ktorom sú všetky požiarne deliace konštrukcie a nosné konštrukcie zabezpečujúce stabilitu stavby alebo jej časti len druhu D2 v prípade, že nosné komponenty všetkých zohľadňovaných konštrukčných prvkov druhu D2 majú triedu reakcie na oheň nie nižšiu ako D-s2, d0 a všetky dutiny sú celkom vyplnené komponentami triedy reakcie na oheň A1 alebo A2 s teplotou tavenia, resp. tepelnej degradácie 1000 °C alebo vyššou. Komponenty vypĺňajúce dutiny konštrukčných prvkov sú uložené tak, aby nedochádzalo k ich pohybu (sadaniu) v dutinách alebo ich vypadnutiu a to ani po zlyhaní vonkajších ochranných komponentov (opláštenia).

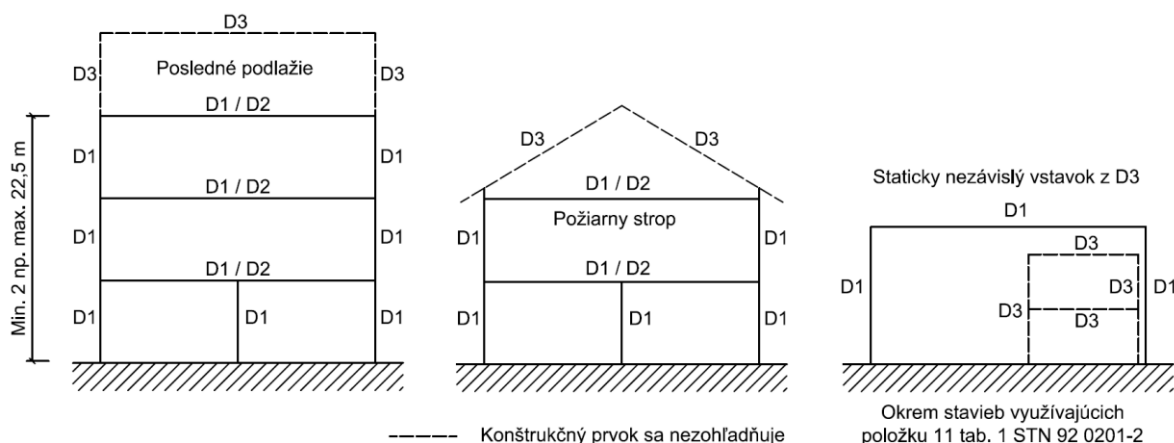


Obr. 16 Druhy konštrukčných celkov (Mózer 2015)

Pri určovaní konštrukčného celku sa v zmysle Vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z.z. nezohľadňuje:

- konštrukčný prvok nad požiarneho stropom posledného požiarneho nadzemného podlažia, ak požiarneho strop nie je staticky závislý od tohto konštrukčného prvku,

- konštrukčný prvok v poslednom požiarnom nadzemnom podlaží v stavbe s nehorľavým konštrukčným celkom alebo so zmiešaným konštrukčným celkom, ktorá má viac ako dve nadzemné požiarné podlažia a požiarnu výšku najviac 22,5 m,
- druh požiarnych deliacich konštrukcií a nosných konštrukcií vstavaných častí umiestnených vo väčších požiarnych úsekoch, ak tieto konštrukcie nezabezpečujú stabilitu stavby a ani neohraničujú požiarny úsek, v ktorom sú umiestnené.



Obr. 17 Konštrukčné prvky nezohľadňované pri určovaní konštrukčného celku stavby (Mózer 2015)

Literatúra

Mózer, V. 2015. Základy požiarnej bezpečnosti stavieb. I. vydanie. Žilina: EDIS, 2015. 181 s. ISBN 978-80-554-1084-5.

STN 92 0201-2:2017 : Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN 92 0201-2:2007 : Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 13 501-1+A1/Z1:2017 : Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text)

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

2.2.3. Požiarna odolnosť

Všeobecne známy fakt je to, aby došlo k horeniu je potrebné horľavý materiál, oxidačné činidlo a iniciátor (trojuholník horenia). V prípade drevených stavieb je horľavý materiál samotný objekt (v niektorých prípadoch je konštrukcia opláštená nehorľavými materiálmi). Ďalšie časti trojuholníka horenia sú oxidačné činidlo a iniciátor, ktoré len veľmi ťažko odstránime z každodenného života. Na základe uvedeného existuje predpoklad, že v takýchto stavbách môže dôjsť k požiaru.

Požiarna odolnosť požiarnej konštrukcie je podľa STN 92 0201-2 (2017) definovaná ako schopnosť odolávať účinkom požiaru určitý čas tak, aby sa neporušila jej funkcia. Podľa Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z. sa určuje na základe:

- počiatkovej skúšky typu, alebo
- výpočtom podľa technickej normy.

Postup klasifikácie požiarnej odolnosti stavebných výrobkov a prvkov stavieb je stanovený v:

- STN EN 13 501-2 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 2: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení), 2018.
- STN EN 13 501-3+A1/Z1 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 3: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti výrobkov a prvkov používaných v prevádzkových zariadeniach stavieb. Potrubia s požiarou odolnosťou a požiarne klapky (Konsolidovaný text), 2010.

Tieto európske normy sa v závislosti od typu a funkcie stavebnej konštrukcie odvolávajú na ďalšiu radu noriem, v ktorých je presne popísané skúšobné zariadenia, skúšobné podmienky, skúšobné vzorky, skúšobný postup a ďalšie informácie. Vo všeobecnosti sa skúšobné vzorky podrobia tepelnému namáhaniu v skúšobnej peci. Tepelné namáhanie prebieha podľa jedného z požiarnych scenárov. Ako uvádza Osvald (2005) a Kučera a kol. (2010), základným modelom na stanovenie požiarnej odolnosti stavebných prvkov je normová teplotne-časová krivka (požiar po objemovom vzplanutí).

Normová teplotne-časová krivka (Mózer 2015) reprezentuje podmienky plne rozvinutého vnútorného požiaru a jej priebeh je matematicky vyjadrený nasledovne:

$$T = 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1) + 20$$

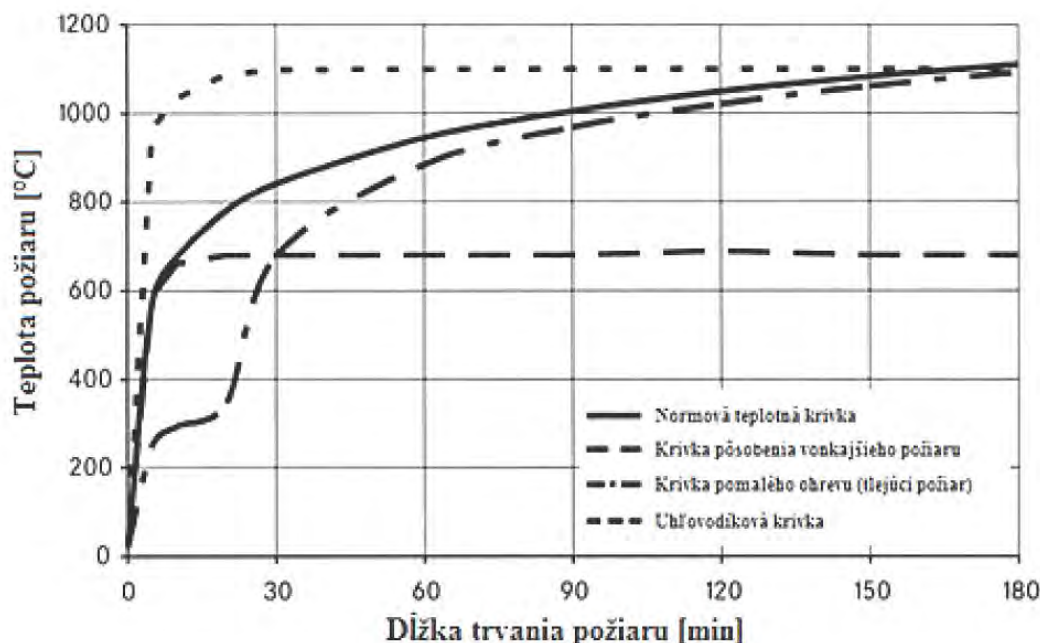
kde je t doba od začiatku skúšky [min],

T priemerná teplota v peci [°C].

Okrem normovej teplotne-časovej krivky sa skúšobné vzorky môžu podrobiť aj inému tepelnému namáhaniu podľa požiarneho scenára, ktorý je uvedený v STN 1363-2 (2001):

- uhľovodíková krivka,
- krivka vonkajšieho požiaru,

- krivka pomalého ohrevu.



Obr. 18 Normové scenáre požiaru (Werner 2004)

Ďalšou alternatívou stanovenia požiarnej odolnosti je výpočetom podľa technickej normy. V tomto prípade sa postupuje podľa Eurokódov. Jedná sa o radu noriem – Eurokód 0 až Eurokód 9, ktoré slúžia na navrhovanie stavebných konštrukcií na účinky požiaru v závislosti od druhu stavebnej konštrukcie.

Požiarne odolnosť zistená počiatočnou skúškou typu alebo výpočtom podľa technických noriem sa porovnáva a má byť vyššia (prípadne totožná) ako požadovaná požiarne odolnosť, ktorá sa stanoví podľa technickej normy STN 92 0201-2 (2017) už pre konkrétny objekt.

Požiarne odolnosť požiarne konštrukcií sa hodnotí kritériami a časom v minútach (Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z.).

Pre jednotlivé stavebné konštrukcie sa požadovaná požiarne odolnosť stanoví podľa STN 92 0201-2 (2017) na základe stupňa protipožiarnej bezpečnosti. Táto technická norma má nasledovné klasifikačné časy 15, (20), 30, 45, 60, 90, 120, 180, (240) a (360) minút. Časy uvedené v zátvorkách sú neštandardné a používajú sa len v špeciálnych prípadoch.

Avšak najnižšia požiarne odolnosť nosných konštrukcií, ktoré zabezpečujú stabilitu stavby alebo jej častí, predpisuje Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z. a je závislá od požiarnej výšky stavby:

- ak je požiarne výška stavby 22,5 – 45 m, potom minimálna požadovaná požiarne odolnosť stavebnej konštrukcie je 60 min,
- ak je požiarne výška stavby 45 - 60 m, potom minimálna požadovaná požiarne odolnosť stavebnej konštrukcie je 90 min,

- ak je požiarne výška stavby nad 60m, potom minimálna požadovaná požiarne odolnosť stavebnej konštrukcie je 120 min.

Medzi kritériá protipožiarnej odolnosti (STN EN 13 501-2 2018) patria nosnosť R, celistvosť E, izolácia I, radiácia W, mechanická odolnosť M, samouzatváranie C, tesnosť proti prieniku dymu S, odolnosť proti vyhoreniu sadzí G, schopnosť protipožiarnej ochrany K.

Nosnosť

Nosnosť R je schopnosť prvku konštrukcie odolávať určitý čas požiaru pôsobiacemu na jednu alebo viacero strán pri určenom mechanickom namáhaní bez straty jeho konštrukčnej pevnosti (Mózer 2015).

Kritériá na hodnotenie hroziaceho zrútenia sa menia v závislosti od druhu nosného prvku (STN EN 13 501-2 2018) :

- pri prvkoch zaťažených ohybom, napríklad pri stropoch a strechách, je to rýchlosť deformácie (rýchlosť priehybu) a medzný stav pre skutočnú deformáciu (priehyb), alebo
- pri osovo zaťažených prvkoch, napríklad pri stĺpoch a stenách, je to rýchlosť deformácie (rýchlosť kontrakcie) a medzný stav pre skutočnú deformáciu (kontrakciu).

Celistvosť

Celistvosť E je schopnosť prvku konštrukcie, ktorý má požiarne deliacu funkciu, odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany bez jeho prenosu na nenamáhanú stranu v dôsledku prieniku plameňov alebo horúcich plynov. Tie môžu spôsobiť vznietenie buď nenamáhaného povrchu, alebo akéhokoľvek materiálu nachádzajúceho sa v jeho blízkosti. (Osvald, 2011).

Pri hodnotení celistvosti sa sleduje porušenie aspoň jedného z troch nasledujúcich stavov (STN EN 13 501-2 2018):

- tvorba trhlín alebo otvorov presahujúcich určené medze;
- vznietenie sa bavlneného vankúšika umiestneného na neexponovanej strane skúšobnej vzorky;
- trvalé horenie plameňom na nenamáhannej strane.

Tepelná izolácia

Tepelná izolácia I je schopnosť prvku konštrukcie odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany bez prenosu požiaru ako dôsledku významného prestupu tepla z namáhannej strany na nenamáhanú. Prestup tepla musí byť obmedzený tak, aby sa ani nenamáhaná strana ani nijaký materiál v jej tesnej blízkosti nevznietili. Prvok musí poskytovať aj zábranu proti šíreniu tepla dostatočnú na ochranu ľudí v jeho blízkosti. (STN EN 13 501-2 2018)

Kritérium izolácie (STN EN 1363-1 2013) sa splní, ak skúšobná vzorka pri skúške zachová svoju deliacu funkciu, a zároveň aby sa na neohrievanej strane nedosiahli teploty, ktoré by spôsobili:

- nárast priemernej teploty nad začiatočnú priemernú teplotu o viac ako 140 °C, alebo
- nárast teploty v ktoromkoľvek mieste nad začiatočnú priemernú teplotu o viac ako 180 °C.

Za špecifický prípad možno považovať posúdenie tepelnej izolácie dverí a uzáverov. Ako uvádza Mózer (2015), v prípade dverí a uzáverov sú limity nárastu teploty rovnaké (priemerná teplota 140 °C, teplota na ktoromkoľvek mieste neexponovanej strany 180 °C), avšak podľa maximálneho nárastu teploty na zárubni rozlišujeme kritérium I₁ (180 °C) a kritérium I₂ (360 °C).

Radiácia

Radiácia W je schopnosť prvku konštrukcie odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany a znížiť pravdepodobnosť prenosu požiaru ako dôsledku vyžiareného tepla významnej hodnoty buď cez prvok, alebo z jeho nenamáhanej strany na materiály ležiace v jej blízkosti. Prvok môže byť potrebný aj na ochranu ľudí v okolí. Prvok, ktorý spĺňa kritériá tepelnej izolácie I, I₁ alebo I₂, súčasne sa považuje za schopný vyhovieť aj požiadavke W v tom istom časovom intervale. (Osvald 2011)

Mechanická odolnosť

Mechanická odolnosť M je schopnosť prvku odolávať nárazu predstavujúcemu prípad, keď konštrukčné poškodenie iného komponentu v požiari zapríčiní náraz na posudzovaný prvok (Osvald 2009).

Samouzatváranie

Samouzatváranie C je schopnosť otvorených dverí alebo okna zavrieť sa a úplne doľahnúť k zárubni a zabezpečiť všetky použité uzamykacie prostriedky bez zásahu človeka, pomocou akumulovanej energie alebo pomocou zdroja energie zálohovaného akumulovanou energiou pre prípad výpadku energie (STN EN 13 501-2 2018)

Tesnosť proti prieniku dymu

Tesnosť proti prieniku dymu S je schopnosť prvku znížiť alebo vylúčiť prechod plynov alebo dymu z jednej strany prvku na druhú (STN EN 13 501-2 2018). Toto kritérium sa používa hlavne pri požiarnych uzáveroch a v závislosti na teplotnom režime testovania skúšobnej vzorky existujú dve alternatívy kritéria S (Mózer 2015):

- S_a – tesnosť proti prieniku dymu sa posudzuje pri teplote okolia.
- S_m – tesnosť proti prieniku dymu sa posudzuje aj pri teplote okolia, aj pri teplote 200 °C.

Odolnosť proti vyhoreniu sadzí

Klasifikácia odolnosti proti vyhoreniu sadzí pri komínoch a výrobkoch súvisiacich s nimi znamená schopnosť prvku odolávať horeniu sadzí. Zahŕňa hľadisko plynutesnosti a tepelnej izolácie (Osvald 2011).

Schopnosť protipožiarnej ochrany

Schopnosť protipožiarnej ochrany K je schopnosť obkladu steny alebo stropu chrániť materiál nachádzajúci sa pod obkladom proti vznieteniu, zuhoľnateniu a inému poškodeniu počas určeného času (STN EN 13 501-2 2018). Obklady sú vonkajšie povrchové časti prvkov stavieb, ako sú steny, stropy a strechy. Mózer (2015) uvádza, že v závislosti na klasifikačnom čase (dobe ochrany) a použitom podklade pod ochrannou vrstvou sa rozoznávajú kritérium K₁ a kritérium K₂. Požiadavky na jednotlivé kritériá sú bližšie popísané v STN EN 13 501-2 (2018):

- v prípade K₁ sa musí preukázať, že kritériá vlastností sa splnili počas klasifikačného času (10 min), pričom sa v skúšobnej vzorke použil jeden z týchto podkladov:
 - drevotrieková doska s hustotou (680 ± 50) kg.m⁻³ a s hrúbkou (19 ± 2) mm, reprezentujúca všetky materiály na použitie pod obkladom, ktoré majú hustotu najmenej 300 kg.m⁻³, alebo
 - materiál s hustotou menšou ako 300 kg.m⁻³ (materiál s nízkou hustotou) s hrúbkou najmenej 50 mm, reprezentujúci materiál rovnakého druhu, ktorého hustota a (alebo) hrúbka sú rovnaké alebo väčšie ako v prípade skúšaného materiálu, alebo
 - akýkoľvek iný špecifický podklad, ktorý reprezentuje materiál pod obkladom s rovnakým zložením.
- v prípade K₂ sa musí preukázať, že kritériá vlastností sa splnili počas klasifikačného času (10 min, 30 min alebo 60 min), pričom sa v skúšobnej vzorke použil jeden z týchto podkladov:
 - drevotrieková doska s hustotou (680 ± 50) kg.m⁻³ a s hrúbkou (19 ± 2) mm reprezentujúca všetky materiály pod obkladom alebo
 - akýkoľvek iný špecifický podklad reprezentujúci materiál pod obkladom s rovnakým zložením.

Jednotlivé stavebné konštrukcie majú určitú funkciu. Môžu oddeľovať požiarne úseky vo zvislom alebo vodorovnom smere, konštrukcie oddeľujúce interiér od exteriéru, prvky zabezpečujúce nosnosť a stabilitu stavby, priečky rozdeľujúci priestor vo vnútri požiarneho úseku.

Medzi požiarne deliace konštrukcie podľa STN 92 0201-2 (2017) patria požiarne steny, požiarne stropy a obvodové konštrukcie. Jednotlivé požiarne deliace konštrukcie sú bližšie popísané, aj s minimálnymi kritériami požiarnej odolnosti, v STN 92 0201-2 (2017), Vyhláske MV SR č. 94/2004 Z.z a v ďalšej odbornej literatúre nasledovne:

- Požiarna stena je konštrukcia, ktorá bráni šíreniu požiaru vo vodorovnom smere a musí spĺňať nasledovné kritériá:
 - nosná požiarňa stena – REI,
 - nenosná požiarňa stena – EI,
 - požiarňa stena medzi stavbami – REI-M,
 - nosnú obvodovú stenu, hodnotenú na požiarňu odolnosť z vonkajšej strany posledného nadzemného požiarneho podlažia vstavaného do povalového priestoru, aspoň kritérium – REW.

- Požiarny strop oddeľuje susedné požiarne úseky v zvislom smere, jeho najnižšia požadovaná požiarne odolnosť a najnižší druh konštrukčných prvkov sa určí podľa požiadaviek požiarneho úseku pod požiarne stropom a musí spĺňať nasledovné kritériá:
 - nosný požiarne strop – REI,
 - nenosný požiarne strop – EI,
 - ak sa nad požiarne stropom stále alebo náhodné požiarne zaťaženie – REI,
 - ak sa jedná o požiarne strop nad chránenou únikovou cestou – REI,
 - ak sa nad požiarne stropom v poslednom nadzemnom požiarne podlaží nie je náhodné požiarne zaťaženie – RE,
 - ak sa jedná o požiarne strop tvorený podhl'adom s nezávislou požiarne odolnosťou – EI.
- Obvodová stena je vo všeobecnosti konštrukcia, ktorá oddeľuje interiér od exteriéru a z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti tiež musí spĺňať nasledovné kritériá:
 - obvodová stena z vnútornej strany, ktorá:
 - zabezpečuje stabilitu stavby – REW,
 - nezabezpečuje stabilitu stavby – EW.
 - obvodová stena z vonkajšej strany, ktorá:
 - zabezpečuje stabilitu stavby – REI,
 - nezabezpečuje stabilitu stavby – EI.

Ako ďalšie stavebné konštrukcie alebo konštrukčné prvky stavieb sú považované podľa Vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z.z.:

- Požiarny uzáver je konštrukčný prvok zabudovaný v požiarne deliacej konštrukcii alebo inej konštrukcii, ktorý bráni šíreniu požiaru, a musí spĺňať nasledovné kritériá:
 - požiarne uzáver, ktorý sa nachádza v požiarne deliacej konštrukcii oddeľujúcej dva požiarne úseky – EW,
 - požiarne uzáver, ktorý sa nachádza v požiarne deliacej konštrukcii oddeľujúcej požiarne úsek od chránenej únikovej cesty – EI,
 - požiarne uzáver, ktorý oddeľuje požiarne predsieň chránenej únikovej cesty od jej ostatných priestorov – S.
- Nosné prvky bez požiarne deliacej funkcie musia spĺňať najmenej kritérium R.
- Požiarne pásy musia spĺňať najmenej kritérium R.
- Podhl'ady s nezávislou požiarne odolnosťou musia spĺňať najmenej kritérium EI.
- Dvere tesné proti prieniku dymu musia spĺňať kritérium S.
- Nosná konštrukcia schodiska musí spĺňať najmenej kritérium R.
- Strešný plášť s požadovanou požiarne odolnosťou musí spĺňať:
 - ak obsahuje horľavé materiály, aspoň kritérium EI,
 - v ostatných prípadoch aspoň kritérium E.

- Strešný plášť s funkciou nosnej konštrukcie strechy musí okrem vyššie uvedených kritérií spĺňať aj R.

Všetky požadované kritériá a klasifikačné normy požiarnych konštrukcií sú bližšie popísané v Prílohe 3, uvednej vo Vyhláske MV SR č. 94/2004 Z.z..

Literatúra

Kučera, P. – Česelská, T. – Matečková, P. 2010. Požární odolnost stavebních konstrukcí. I. vydanie. Ostrava : Sdružení poárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. 176 s. ISBN 978-80-7385-094-4.

Mózer, V. 2015. Základy požiarnej bezpečnosti stavieb. I. vydanie. Žilina: EDIS, 2015. 181 s. ISBN 978-80-554-1084-5.

Osvald, A. 2005. Ochrana pred požiarmi. I. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. 286 s. ISBN 80-228-1493-8.

Osvald, A. 2009. Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarinej ochrany. I. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. 355 s. ISBN 978-80-228-2039-4.

Osvald, A. 2011. Drevostavba ≠ požiar. I. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2011. 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.

STN 92 0201-2:2017 : Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 13 501-2:2018 : Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 2: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení).

STN EN 1363-1:2013 : Skúšanie požiarnej odolnosti. Časť 1: Základné požiadavky.

STN EN 1363-2:2001 : Skúšanie požiarnej odolnosti. Časť 2: Alternatívne a doplnkové postupy.

Vyhláska MV SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

Werner, U-J. 2004. Bautechnischer Brandschutz: Planung-Bemessung-Ausführung. I. vydanie. Basel: Birkhäuser Verlag, 2004. 356 s. ISBN 3-7643-6892-6.

2.2.4. Navrhovanie konštrukcií drevostavieb na účinky požiaru

Správanie sa dreva pri požiari

Drevo je stavebný materiál organického pôvodu. Vplyvom teploty okolo 100 ° C (Osvald a Gaff 2017) dochádza k chemickým, fyzikálnym zmenám, zmenám v jeho štruktúre.

Základné stavebné prvky dreva a iné organické hmoty tvoria makromolekuly, obsahujúce uhlík, vodík a kyslík. Medzi nimi za normálnej teploty a tlaku existujú pevné väzby značne odolné voči vzdušnému kyslíku. Zahrievaním dreva dôjde k rozkmitaniu makromolekúl a narušeniu väzieb. Tým sa makromolekuly rozpadajú na menšie stavebné častice – v konečnej fáze na monoméry, ktoré sa vyskytujú prevažne v plynnom skupenstve a ľahko reagujú so vzdušným kyslíkom. Z hľadiska povahy vznikajúcich reakcií dochádza postupne k:

- endotermickej reakcii, pri ktorej je teplo drevom absorbované a dochádza k sušeniu dreva,
- exotermickej reakcii, pri ktorej sa uvoľňuje značné množstvo tepla a prebieha oxidácia rozkladných produktov. (Kupilík 2006)

Ako uvádza Osvald (2017) až teplota nad 100 °C má vplyv na zmenu chemických, fyzikálnych charakteristík a zmenu v štruktúre. Pri teplotách do 100 °C (Blass 1995) sa voda začína odparovať, para uniká rohmi, hranami, spojmi, trhlinami a teplota zostáva konštantná pokiaľ sa voda neodparí. Procesy prebiehajúce v dreve pri pôsobení vyšších teplôt popísal Kucbel (2003) nasledovne: pri teplote viac ako 200 °C sa z dreva uvoľňujú horľavé plyny; pri teplote nad 300 °C sa po priblížení otvoreného plameňa vznietia; pri teplote nad 400 °C nastáva samovznietenie. Blass (1995) uvádza procesy prebiehajúce ďalej - ako náhle sa plyny vznietia, povrchová teplota výrazne narastá a vo vrstve pyrolýzy hrubej asi 5 mm prebieha uhoľnatenie dreva a pri teplotách nad 500 °C sa tvorba plynov výrazne znižuje a zvyšuje sa tvorba dreveného uhlia, ktorá vedie k typickému vzhľadu dreva po požiari.

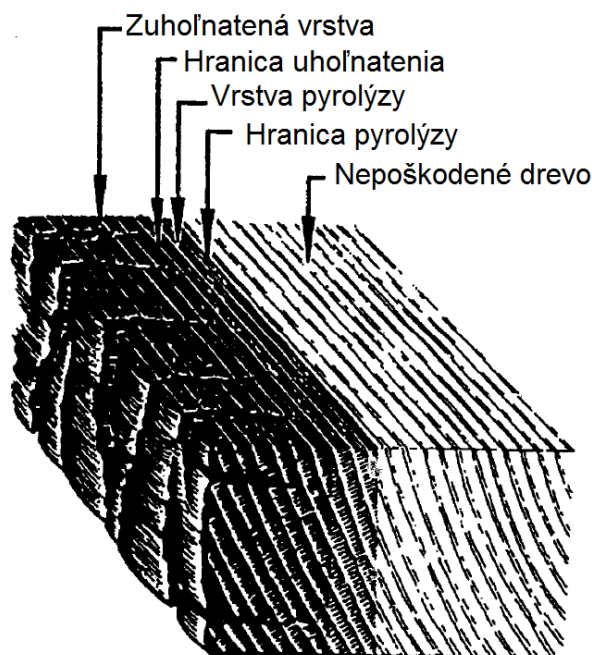
Zmenami v štruktúre dreva sa zaoberali Čabalová a kol. (2013), ktorí uvádzajú, že termická odolnosť základných stavebných zložiek je rozdielna a uvádzajú:

- hemicelulózy sa rozkladajú v teplotnom intervale 170 – 240 °C,
- do teploty 250 °C je rozklad celulózy mierny; v teplotnom intervale 250–350 °C nastáva intenzívny termický rozklad celulózy,
- lignín je najodolnejšia zložka dreva voči termickému rozkladu. Aktívny rozklad lignínu prebieha pri teplote 300 – 400 °C.

Pri horení dreva dochádza k termickému rozkladu väzieb jeho základných komponentov a zmene ich chemického zloženia za vzniku mnohých produktov (Čabalová a kol. 2013). Podľa Kučera a kol. (2012), Osvald (2011), Leško a Lopušniak (2015), Vavrušková a Lokaj (2015), Kuklík (2005), pri tepelnom namáhaní sa na povrchu dreva vytvára zuhoľnatená vrstva. Ako uvádza Kačíková a kol. (2011) proces uhoľnatenia nastáva pri teplotách vyšších ako 250 °C.

Táto vrstva potom chráni zostatkový prierez pred účinkami intenzívneho ohreву od požiaru. Vonkajší povrch zuhoľnatej vrstvy má teplotu blízku teplote požiaru,

vnútorný povrch zuhoľnatej vrstvy má teplotu okolo 300 °C. Pod zuhoľnatou vrstvou sa nachádza vrstva dreva ovplyvneného teplotou o hrúbke približne 35 mm, ktorej pevnostné vlastnosti sú ovplyvnené teplotou a znížené. Časť tejto vrstvy s teplotou nad 200 °C sa nazýva vrstva pyrolýzy, pretože v nej dochádza k intenzívnemu tepelnému rozkladu spojenému s uvoľňovaním plynov a vyznačujúcim sa zmenou farby a stratou hmotnosti. Vlhkosť sa intenzívne vyparuje z vrstiev s teplotou nad 100°C. Pod vrstvou pyrolýzy sa nachádza zostatkový prierez prakticky neovplyvnený teplotou, ktorý sa v čase s postupujúcim požiarom znižuje (Vavrušková a Lokaj 2009).



Obr. 19 Drevený prierez vystavený účinkom požiaru (Vavrušková a Lokaj 2015)

Štefko a kol. (2006) naznačujú, že tepelná vodivosť vrstvy dreveného uhlia (drevené uhlie) je približne 1/6 tepelnej vodivosti dreva.

Vrstva dreveného uhlia preto pôsobí ako izolačná vrstva a rozklad hlbších oblastí zostatkového prierezu prebieha pomalšie. Z tohto dôvodu a vzhľadom k nízkej tepelnej vodivosti dreva zostáva teplota uprostred prierezu oveľa nižšia ako na povrchu. Požiarna odolnosť dreva je preto podstatne vyššia, ako sa vo všeobecnosti predpokladá (Blass 1995).

Drevené konštrukcie pri požiari (Ogrodnik a kol. 2017) sú vystavené pôsobeniu tlaku a tepelnému účinku, ktoré ovplyvňujú rozloženie napätia v štruktúre dreva a následne aj znižuje nosnosť takejto konštrukcie. Pevnosť a modul pružnosti (Blass 1995) sa začínajú znižovať už pri teplote okolo 100 °C. Na druhej strane, podľa Buchanana (2001) si drevené konštrukcie vo vnútri svojho prierezu zachovávajú svoje mechanické vlastnosti bez podstatných zmien. Preto je potrebné konštrukciu nadimenzovať tak, aby si zachovala nosnosť aj v prípade požiaru. Pravidlá pre návrh konštrukcií vyhotovených z dreva alebo z materiálov na báze dreva na účinky požiaru sú zhrnuté v STN EN 1995-1-2 (2008).

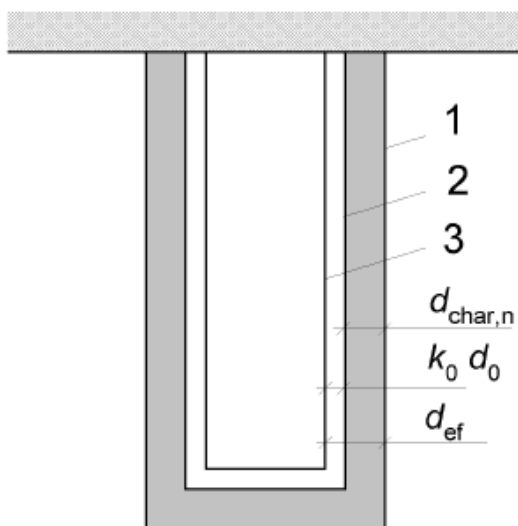
Časť 1-2 poskytuje pravidlá pre navrhovanie drevených konštrukcií na účinky požiaru, pomocou ktorých je možné jednoduchým statickým výpočtom preukázať ich požiaru odolnosť. Výpočet vychádza z redukcie plochy prierezu a parametrov pevnosti a tuhosti dreva a materiálov na báze dreva v dôsledku požiaru. Redukovaný prierez sa pritom posúdi obvyklým spôsobom na silové účinky pri mimoriadnej kombinácii zaťaženia. V tejto norme sú uvedené i podrobné pravidlá pre riešenie požiarnej odolnosti spojov rôzneho vyhotovenia, a ďalej stropov a stien, ktorých konštrukcia je tvorená drevom a materiálmi na báze dreva v kombinácii s rôznymi tepelne izolačnými a obkladovými materiálmi (Kuklík 2005).

Vplyv požiaru na drevené prvky je možné posúdiť troma spôsobom (Kuklík 2005):

- pri použití zjednodušenej metódy účinného prierezu sa vypočíta únosnosť pre účinný prierez za predpokladu, že parametre pevnosti a tuhosti nie sú požiarom ovplyvnené. Miesto toho je pokles parametrov pevnosti a tuhosti kompenzovaný požitím zväčšenej hĺbky zuhoľnatenia.
- pri použití metódy redukovanej pevnosti a tuhosti sa vypočíta únosnosť pre zostatkový prierez s uvažovaním poklesu parametrov pevnosti a tuhosti.
- pri použití obecnej metódy sa uvažuje stav teploty a vlhkosti v ktoromkoľvek bode zostatkového prierezu a taktiež vzťah medzi parametrami pevnosti a tuhosti materiálov na jednej strane a teploty a vlhkosti na strane druhej.

Metóda účinného prierezu

Pri tomto postupe doba požiarnej odolnosti konštrukčného prvku závisí na únosnosti zuhoľnateného zostatkového prierezu (Blass 1995).



Obr. 20 Definícia účinného prierezu (STN EN 1995-1-2 2008)

Legenda: 1 pôvodný povrch prvku; 2 hranica zvyškového prierezu; 3 hranica účinného prierezu

Účinný prierez sa má vyjadriť redukciou pôvodného prierezu o účinnú hĺbku zuhoľnatenia d_{ef} (STN EN 1995-1-2: 2008):

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \cdot d_0$$

kde d_{ef} je účinná hĺbka zuhoľnatenia (mm),

$d_{char, n}$ je návrhová teoretická hĺbka zuhoľnatenia, ktorá zohľadňuje vplyv zaoblenia rohov (mm),

k_0 je koeficient nechráneného povrchu vystaveného požiaru (-) (viď. Tab. 5),

d_0 je hrúbka vrstvy s predpokladanou nulovou pevnosťou a tuhosťou (konštanta 7 mm).

Tab. 5 Súčiniteľ hrúbky vrstvy s nulovou kevnosťou k_0 (Koželouh 1998)

Nechránené povrchy	$t_{fi, req} < 20 \text{ min}$	$k_0 = \frac{t_{fi, req}}{20}$
	$t_{fi, req} \geq 20 \text{ min}$	$k_0 = 1,0$
Povrchy chránené doskami na báze dreva	$t_{fi, req} - t_{pr} < 20 \text{ min}$	$k_0 = \frac{t_{fi, req} - t_{pr}}{20}$
	$t_{fi, req} - t_{pr} \geq 20 \text{ min}$	$k_0 = 1,0$
Povrchy chránené sádkartonovými doskami	$t_{fi, req} - t_{pr} < 10 \text{ min}$	$k_0 = \frac{t_{fi, req} - t_{pr}}{10}$
	$t_{fi, req} - t_{pr} \geq 10 \text{ min}$	$k_0 = 1,0$

Pričom $t_{fi, req}$ je požadované doba požiarnej odolnosti pre normové požiarne namáhanie, t_{pr} je doba do porušenia plášte požiarnej ochrany.

Hĺbka zuhoľnatenia je vzdialenosť medzi vonkajším povrchom pôvodného prvku a polohou čiary zuhoľnatenia a môže sa vypočítať na základe doby vystavenia prvku požiaru a príslušnej rýchlosti uhoľnatenia (Osvald 2011).

$$d_{char, n} = \beta_n \cdot t$$

kde $d_{char, n}$ je návrhová teoretická hĺbka zuhoľnatenia, ktorá zohľadňuje vplyv zaoblenia rohov (mm),

β_n je návrhová teoretická rýchlosť uhoľnatenia, veľkosť ktorej zahŕňa vplyv zaoblenia rohov a vplyv trhlín (mm.min⁻¹),

t je čas vystavenia požiaru (min) (STN EN 1995-1-2: 2008).

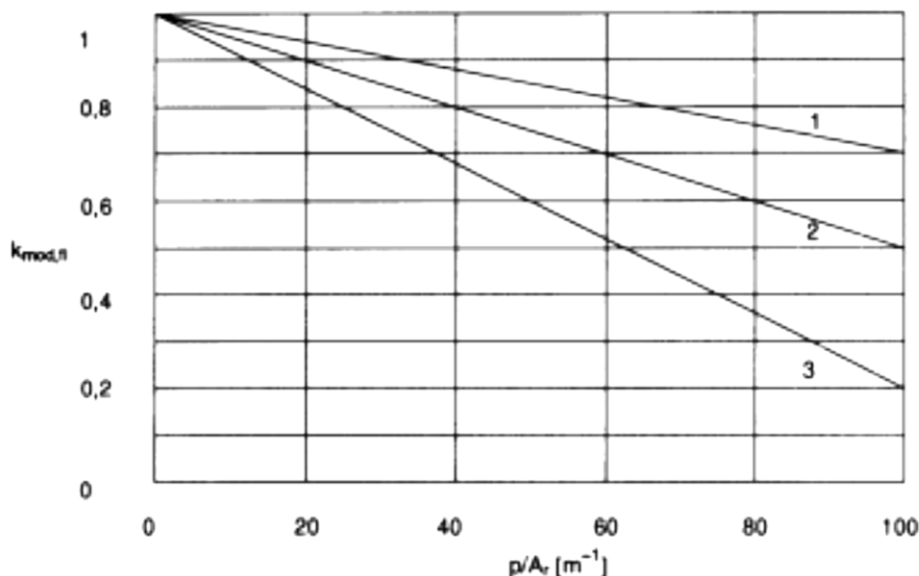
Ďalej autor (Osvald 2011) uvádza fakt, že na rýchlosť uhoľnatenia vplýva zaoblenie prvkov (Tab. 6) ako aj fakt, či je prvok chránený (nechránené povrchy počas vystavenia požiaru, počiatocne chránené povrchy pred zlyhaním ochrany, počiatocne chránené povrchy vystavené požiaru po zlyhaní ochrany).

Tab. 6 Návrhové rýchlosti uhoľnatenia β_0 a β_n dreva, vrstveného dyhového dreva (LVL), drevených dosiek a dosiek na báze dreva (STN EN 1995-1-2 2008)

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Mäkké drevo a buk Lepené lamelové drevo s charakteristickou objemovou hmotnosťou $\geq 290 \text{ kg.m}^{-3}$ Rastené drevo s charakteristickou objemovou hmotnosťou $\geq 290 \text{ kg.m}^{-3}$	0,65 0,65	0,7 0,8
b) Tvrdé drevo Rastené alebo lepené lamelové drevo s charakteristickou objemovou hmotnosťou 290 kg.m^{-3} Rastené alebo lepené lamelové drevo s charakteristickou objemovou hmotnosťou $\geq 450 \text{ kg.m}^{-3}$	0,65 0,50	0,7 0,55
c) Vrstvené dyhové drevo (LVL) s charakteristickou objemovou hmotnosťou $\geq 480 \text{ kg.m}^{-3}$	0,65	0,7
d) Dosky Drevené dosky Preglejky Dosky na báze dreva iné ako preglejky	0,9a 1,0a 0,9a	– – –
Hodnoty platia pri charakteristickej objemovej hmotnosti 450 kg.m^{-3} a hrúbke 20 mm.		

Metóda redukovanej pevnosti a tuhosti

Metóda redukovaných vlastností je založená na princípe poklesu pevnosti a tuhosti zvyškového prierezu zmenšeného odhorením po príslušnom čase pôsobenia účinkov požiaru. Pokles hodnôt týchto fyzikálnych vlastností je vyjadrený v závislosti na pomere obvodu (ρ) a plochy zvyškového prierezu (A_r), vystaveného účinkom požiaru (Obr. 21) (Kučera a kol. 2012).



Obr. 21 Pokles pevnosti zvyškového prierezu v závislosti na pomere obvodu (p) a plochy zvyškového prierezu (A_r) vystaveného účinkom požiaru: 1) ťah a modul pružnosti, 2) ohyb, 3) tlak (Kučera a kol. 2012)

Obecné metódy výpočtu

Pri obecných metódach výpočtu sa prihliada k teplote a vlhkosti dreva v každom bode prierezu. Do výpočtu sa zavádza i závislosť hodnôt pevnosti a tuhosti na teplote a na vlhkosti dreva. Tým je pracnosť výpočtu nevyhnutne väčšia, ale na druhej strane môžu tieto zložité metódy viesť k hospodárnejším konštrukciám. (Blass 1995)

Ako uvádza Kuklík (2005), v prípade obecných metód sa únosnosť a tuhosť prierezu určuje s použitím:

- hĺbky zuhoľnatenia podľa metódy redukovanej pevnosti a tuhosti, alebo obecných modelov zuhoľnatenia,
- teplotných profilov v zostatkovom priereze,
- profilov vlhkosti v zostatkovom priereze,
- vlastnosti pevnosti a tuhosti závislých na teplote a vlhkosti.

Tabuľkové hodnoty požiarnej odolnosti drevených konštrukcií stanovených na základe výpočtových postupov podľa príslušného eurokódu uvádzajú Zoufal a kol. (2009). Uvedení autori spracovali tabuľky pre nosník vystavené požiaru z troch strán (stropy), zo štyroch strán (krovy) a stĺpy vystavené zo štyroch strán. V Tab. 7 je uvedená požiarne odolnosť pre nosníky z rastlého dreva ihličnatých drevín a buka, ktoré sú vystavené požiaru z troch strán.

Tab. 7 Požiarna odolnosť nosníkov z rastlého dreva ihličnatých drevín a buku vystavených požiaru z troch strán (Zoufal a kol. 2009)

Rozmery prierezov (mm)		Požiarna odolnosť R (min)											
b	h	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
60		10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
80		15	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25	25
100		20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30
120		20	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
140		25	30	30	30	30	30	30	30	45	45	45	45
160		25	30	30	30	30	45	45	45	45	45	45	45
180		25	30	30	30	45	45	45	45	45	45	45	45
200		25	30	30	45	45	45	45	45	60	60	60	60

poznámka autorov: b – šírka nosníka, h – výška nosníka

Literatúra

Blass, H. J. 1995. Timber engineering: STEP 1: Basis of design, material properties, structural components and joints. Almere: Centrum Hout, 1995. 588 s. ISBN 90-5645-001-8.

Buchanan, A. H. 2001. Structural design for fire safety. I vydanie. Chichester: John Wiley & Sons. 2001. 421 s. ISBN 0-471-89060-X.

Čabalová, I. - Kačík, F. - Kačíková, D. - Oravec, M. 2013. Vplyv sálavého ohrevu na chemické zmeny smrekového dreva (The influence of radiant heating on chemical changes of spruce wood). In Acta Facultatis Xylogiae. ISSN 1336-3824, 2013, roč. 55, č. 2, s. 59-66.

Kačíková, D. - Kačík, F. - Hrnčiarik, P. 2011. Vplyv teploty na chemické a mechanické vlastnosti dreva (Temperature influence on chemical and mechanical properties of wood). In Delta. ISSN 1337-0863, roč. 5, č. 10, s. 16-20.

Koželouh, B., 1998. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Step 1. Navrhování a konstrukční materiály. Zlín: KODR, Ing.Koželouh, 1998. 460 s. ISBN 80-238-2620-4.

Kucbel, V. 2003. Protipožiarna bezpečnosť stavieb. I. vydanie. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2003. 278 s. ISBN 80-227-1877-7.

Kučera, P. - Lokaj, A. - Kačíková, D. 2012. Overenie spoľahlivosti prvkov drevenej konštrukcie vystavenej veľkorozmerovej požiarnej skúške (Assesment of reliability of timber structures elements exposed lagre-scale fire test). In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen. ISSN 1336-3824, roč. 54, č. 1, s. 95-104.

Kuklík, P. 2005. Dřevěné konstrukce. I. vydanie. Praha: ČKAIT, 2005. 171 s. ISBN 80-86769-72-0.

Kupilík, V. 2006. Stavební konstrukce z požárního hlediska. I. vydanie. Praha: Grada Publishing a.s., 2006. 262 s. ISBN 80-247-1329-2.

Leško, R. - Lopušniak, M. 2015. Požiarna odolnosť drevených prvkov a konštrukcií viacpodlažnej budovy stanovené podľa Eurokodu 5 (Fire resistance of timber elements and structures in multi-storey building determined by Eurocode 5). In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen. ISSN 1336-3824, roč. 57, č. 2, s. 135-144.

Ogrodnik P. – Pieniak, D. – Bilski, D. 2017. Research on the impact of fireproof impregnation by preservatives containing nanoparticles on the strength of construction timber in increased temperatures. In Procedia Engineering. ISSN 1877-7058, 2017,172, s. 800-807.

Osvald, A. - Gaff, M. 2017. Effect of thermal modification on flameless combustion of spruce wood. In Wood Research. ISSN 1336-4561, 2017, roč. 62, č. 4, s. 565-574.

Osvald, A. 2011. Drevostavba ≠ požiar. I. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2011. 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.

Osvald, A. 2017. Effect of thermal modification on flameless combustion of spruce wood. In Wood Research. ISSN 1336-4561, 2017, roč. 62, č. 4, s. 656-574.

STN EN 1995-1-2:2008 : Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá. Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.

Štefko, J. – Reinprecht, L. – Kuklík, P. 2006. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. II. vydanie. Bratislava: Jaga group, 2006. 204 s. ISBN 80-8076-043-8.

Vavrušková K. - Lokaj A. 2009. Požární odolnost dřevěných konstrukcí. Timber structures fire resistance. In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. 2009,roč.9, č. 1, s. 25-30.

Zoufal R. - Bauma M. - Karpaš J. - Kuklík P. 2009. Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů. I. vydanie. Praha: Pavus, a.s., 2009. 128 s. ISBN 978-80-90481-0-0.

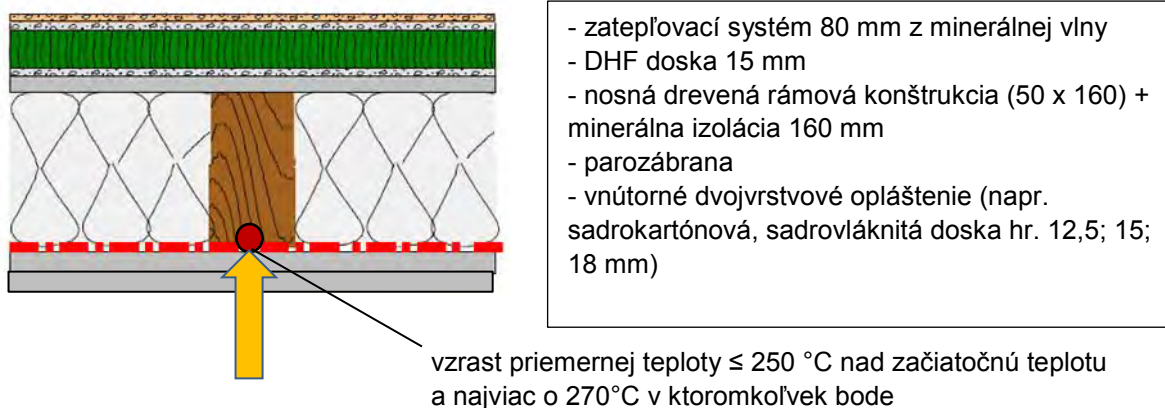
2.3. Riešenie protipožiarnej bezpečnosti drevostavieb

Do vydania novej STN 92 0201-2 (2017) bolo projektovanie drevostavieb v SR značne obmedzené právnymi predpismi pre protipožiarne bezpečnosť stavieb, ktoré dovoľovali drevostavby stavať len do dvoch nadzemných podlaží. Požiadavky týchto predpisov sa v mnohých prípadoch nedali uplatniť pri drevostavbách a odborná verejnosť často hovorila o potrebe vydania samostatných predpisov na riešenie protipožiarnej bezpečnosti drevostavieb. Vydaním STN 92 0201-2 (2017) sa pre projektantov otvorili nové možnosti navrhovania viacpodlažných drevostavieb.

Konštrukčné prvky drevostavieb

V STN 92 0201-2 (2017) sú jasne zadefinované konštrukčné prvky druhu D1, D2 a D3 (viď. 3.2.2). V zmysle uvedených definícií konštrukčný prvok druhu D1 nie je možné v drevostavbe reálne zhotoviť. Pre drevostavby sú typické konštrukčné prvky druhu D2 a D3. Konštrukciu D2, ktorá v požadovanom čase požiarnej odolnosti nesmie zvyšovať intenzitu požiaru, vieme pri riešení PBS konkrétnej drevostavby jednoznačne určiť len vtedy, ak poznáme jej čas požiarnej odolnosti, počas ktorého nedôjde k zapáleniu horľavých materiálov, nachádzajúcich sa vo vnútri konštrukcie. Čas požiarnej odolnosti musí byť deklarovaný buď na základe skúšky alebo výpočtom podľa Eurokódu 5 (2008). Ak by toto nebolo preukázané, konštrukciu musíme uvažovať ako konštrukčný prvok druhu D3.

Konštrukčné prvky druhu D2 vieme už v projektovom riešení panelových, stĺpkových alebo skeletových drevostavieb zabezpečiť správnym nastavením kritéria schopnosti protipožiarnej ochrany K2 (viď. 3.2.3) pomocou protipožiarneho obkladov stien a stropov, pričom v prípade ich namáhania vnútorným plne rozvinutým požiarom sú rozhodujúce medzné teploty namerané na spodnej strane podkladu pod protipožiarneho obkladom. Podkladom je zvyčajne vnútorná strana nosného dreveného stĺpika (viď. Obr. 22) alebo napr. podkladová OSB doska umiestnená pred nosným dreveným stĺpikom. Po skúške podľa STN EN 14 135 (2005) nesmie byť materiál odhorený alebo zuhoľnatený na nijakom mieste podkladu. Požadovaný čas požiarnej odolnosti je možné nastaviť hrúbkou a počtom vrstiev protipožiarneho obkladu. Pri splnení kritéria K2 dosiahneme D2 konštrukciu.

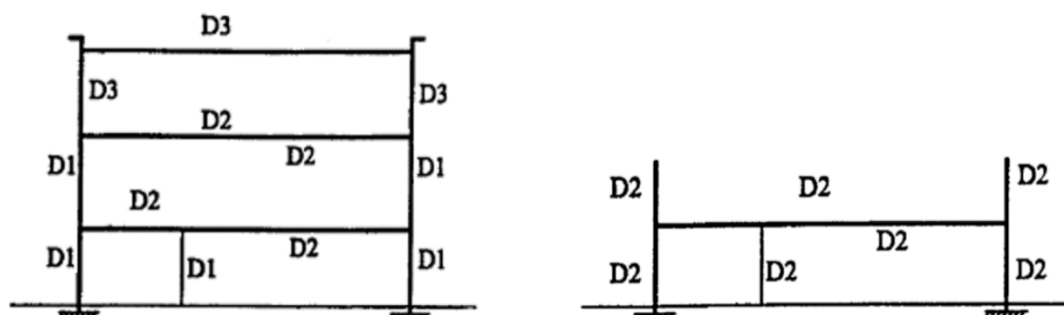


Obr. 22 Schéma panelovej konštrukcie obvodovej steny so zateplením minerálnou vlnou (Benák 2008)

Konštrukčné celky drevostavieb

Protipožiarna bezpečnosť drevostavieb sa do vydania STN 92 0201-2 (2017) riešila len v horľavom konštrukčnom celku (viď. obr. 15 – podkapitola 3.2.2), ktorý má dve varianty: všetky nosné a požiarne deliace konštrukcie sú druhu D2 alebo ide o kombináciu prvkov D1, D2, D3 bez akýchkoľvek zásad. Lepším riešením je horľavý konštrukčný celok z konštrukčných prvkov druhu D2, ktoré v požadovanom čase požiarnej odolnosti nesmú zvyšovať intenzitu požiaru. Znamená to, že v riešení protipožiarnej bezpečnosti konkrétnej drevostavby musí byť čas požiarnej odolnosti, počas ktorého nedôjde ku vzplanutiu horľavých materiálov vo vnútri konštrukcie preukázaný skúškou alebo výpočtom podľa Eurokódu 5 (2008).

Najväčšou zmenou STN 92 0201-2 (2017) je definícia nového zmiešaného konštrukčného celku, ktorá bližšie špecifikuje konštrukčné prvky druhu D2, z ktorých je zložený: nosné prvky v nosných a požiarne deliacich konštrukciách druhu D2 nesmú mať nižšiu triedu reakcie na oheň ako $D_{s2,d0}$ a všetky dutiny v konštrukcii musia byť vyplnené materiálom triedy reakcie na oheň A1 alebo A2 s teplotou tavenia 1000 a viac °C. Pritom sa musí zabezpečiť, aby nedošlo k pohybu, sadaniu, prípadne vypadnutiu komponentov vyplňajúcich dutiny, ani po zlyhaní vonkajšieho opláštenia konštrukcie. Konštrukčný celok, zhotovený podľa uvedených požiadaviek, je práve vhodný pre viacpodlažnú drevostavbu. Nastavením kritérií na konštrukčné prvky D2, z ktorých je uvedený zmiešaný konštrukčný celok zložený, vieme dosiahnuť to, že horľavé materiály vo vnútri konštrukcií sa nezapália, požiar sa nebude šíriť dutinami, čím získame vyšší čas požiarnej odolnosti, ktorý je hlavne pre viacpodlažné drevostavby veľmi dôležitý. Na Obr. 23 je zobrazený zmiešaný konštrukčný celok, ktorý máme v súčasnej STN 92 0201-2 (2017) v dvoch alternatívach. Zmiešaný konštrukčný celok na Obr. 23 vľavo nie je možné reálne uplatniť pre drevostavby, pretože zvislé nosné a požiarne deliace konštrukcie sú druhu D1.



Obr. 23 Zmiešaný konštrukčný celok
klasický zmiešaný (vľavo), nový zmiešaný (vpravo) (STN 92 0201-2 2017)

Stupeň protipožiarnej bezpečnosti

V horľavom konštrukčnom celku je podľa tabuľky 2 v STN 92 0201-2 (2017) uvažovaná max. požiarne výška 12 m (viď. Tab. 8), čo zodpovedá päťpodlažnej drevostavbe, ale len do požiarneho rizika 20 kg.m⁻² v požiarnej úseku. Drevostavby na bývanie a ubytovanie skupiny B je však možné podľa tabuľky 3 v STN 92 0201-2 (2017) stavať v horľavom konštrukčnom celku len do troch nadzemných podlaží.

V novom zmiešanom konštrukčnom celku je to možné do piatich nadzemných podlaží pri požiarnej výške max. 12 m (viď. Tab. 9). Je však dôležité zabezpečiť, aby konštrukčné prvky druhu D2, či už v horľavom alebo v novom zmiešanom konštrukčnom celku počas požadovaného času požiarnej odolnosti nezvyšovali intenzitu požiaru. V prípade 5-podlažných drevostavieb musia konštrukcie druhu D2 spĺňať požiadavky stanovené pre nový zmiešaný konštrukčný celok podľa čl. 2.6.4 b) v STN 92 0201-2 (2017), ktorý je definovaný v podkapitole 2.2.2.

Tab. 8 Určenie stupňa protipožiarnej bezpečnosti – nevýrobné stavby (STN 92 0201-2 2017)

Konštrukčný celok	Výpočtové požiarne zaťaženie v požiarom úseku $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	Najnižší stupeň protipožiarnej bezpečnosti požiarneho úseku				
		I.	II.	III.	IV.	V.
		Požiarne výška stavby h do m				
Nehorľavý	do 15	22,5	bez obmedzenia			
	nad 15 do 30	12	30	bez obmedzenia		
	nad 30 do 45	6	22,5	45	bez obmedzenia	
	nad 45 do 60	6	12	30	45	bez obm.
	nad 60 do 90	0	6	12	30	bez obm.
	nad 90 do 120	0 _a	0	6	22,5	45
	nad 120 ^{*)}	N ₁	0 _a	0	12	30
Zmiešaný	do 10	12	12	18(12)	22,5(12)	N ₂
	nad 10 do 25	6	12	18(12)	22,5(12)	N ₂
	nad 25 do 35	6	12	18(12)	22,5(12)	N ₂
	nad 35 do 50	0	6	18(12)	22,5(12)	N ₂
	nad 50 do 75	0	6	12	22,5(12)	N ₂
	nad 75 do 100	0 _a	0	6	12	N ₂
	nad 100 ^{*)}	N ₁	0 _a	0	6	N ₂
Horľavý	do 10	9	9	12	12	N ₂
	nad 10 do 20	4	9	9	12	N ₂
	nad 20 do 30	4	9	9	9	N ₂
	nad 30 do 40	0	4	9	9	N ₂
	nad 40 do 60	0	4	4	9	N ₂
	nad 60 do 80	0 _a	0	4	4	N ₂
	nad 80 ^{*)}	N ₁	0 _a	0	4	N ₂
N ₁	tento stupeň protipožiarnej bezpečnosti sa nesmie použiť;					
N ₂	zmiešaný a horľavý konštrukčný celok sa nesmie použiť pre tieto stupne protipožiarnej bezpečnosti;					
0	požiarne úseky v jednopodlažných stavbách;					
0 _a	požiarne úseky v jednopodlažných stavbách a so súčiniteľom $a \leq 1,1$;					
*)	ak je náhodné požiarne zaťaženie vyššie ako $180 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ pri nehorľavom konštrukčnom celku, $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ pri zmiešanom konštrukčnom celku alebo $80 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ pri horľavom konštrukčnom celku a súčasne súčiniteľ a je vyšší ako 1,1, môže územne príslušný orgán požiarnej ochrany požadovať ďalšie požiarne bezpečnostné opatrenia s ohľadom na konkrétne podmienky v týchto požiarnych úsekoch (napríklad inštaláciu elektrickej požiarnej signalizácie, stabilného hasiaceho zariadenia, zvýšenie požiarnej odolnosti nosných a požiarne deliacich konštrukcií a požiarnych uzáverov v nich); v podzemných podlažiach sú neprípustné uvedené výpočtové požiarne zaťaženia pri súčasnom súčiniteľi a vyššom ako 1,1 bez ďalších požiarnych bezpečnostných opatrení;					
(12)	hodnoty v zátvorkách platia pre zmiešané konštrukčné celky podľa 2.6.4 b).					

Tab. 9 Určenie stupňa protipožiarnej bezpečnosti pre obytnú bunku a domové vybavenie v stavbách na bývanie a ubytovanie skupiny B (stavba s viac ako dvoma obytnými bunkami) (STN 92 0201-2 2017)

Konštrukčný celok	Najväčší počet nadzemných podlaží	Najnižší stupeň protipožiarnej bezpečnosti požiarneho úseku	
		v NP + 1. PP	v 2. a ďalšom PP
Nehorľavý	3	I	II
	8	II	III
	16	III	IV
	viac ako 16	IV	V
Zmiešaný	2	I	neprípustné
	3	II	
	5	III	
Horľavý	1	I	neprípustné
	2	II	
	3	III	

Poznámka: obytná bunka – byt, izba alebo skupina izieb na ubytovanie najviac 20 osôb (Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z.)

Zaradenie požiarneho úseku do príslušného stupňa protipožiarnej bezpečnosti závisí hlavne od uvažovaného konštrukčného celku, od veľkosti požiarneho rizika a od požiarnej výšky stavby, určenej podľa počtu nadzemných požiarneho podlaží stavby. Riešením viac ako dvojpodlažnej drevostavby je možné použitím zmiešaného konštrukčného celku dosiahnuť zníženie stupňa protipožiarnej bezpečnosti a tým aj požiadaviek na požadovanú požiarne odolnosť, ako pri použití horľavého konštrukčného celku. Nosné a požiarne deliace konštrukcie zmiešaného konštrukčného celku však musia spĺňať požadované kritériá podľa STN 92 0201-2 (2017), spomínané vyššie (Tereňová 2018). Požadovaná požiarne odolnosť sa podľa tabuľky 5 v STN 92 0201 (2017) na základe určeného stupňa protipožiarnej bezpečnosti požiarneho úseku pohybuje od 15 do 90 min.

Uvedené skutočnosti potvrdzuje Mózer (2018): V zásade platí, že drevostavby budú môcť mať najviac 5 nadzemných podlaží, resp. 12 m výškovú úroveň podlahy posledného nadzemného podlažia, v prípade, že budú realizované z konštrukčných prvkov s chráneným drevom a nehorľavou, vysokým teplotám odolnou výplňou všetkých dutín, ako „prísnejšia“ D2 konštrukcia. V tomto prípade sa považuje, že drevostavba má zmiešaný konštrukčný celok. Hodnota 12 m je výškovým limitom, nad ktorým je nutné v obvodových stenách realizovať tzv. požiarne pásy a tieto nie je možné z drevených konštrukčných prvkov vyhotoviť. Požiadavky na požiarne odolnosť nosných a požiarne deliacich konštrukcií sa pohybuje na úrovni 45 až 60 minút.

Pri dodržaní všetkých bezpečnostných a protipožiarnych pravidiel sa bezpečne stavajú viacpodlažné drevostavby. V niektorých krajinách sa pravidlá sprísňujú, ale aj to je cesta k povoleniu viacpodlažných drevostavieb. Ak v prípade použitia iného materiálu postačuje požiarne odolnosť 60 min, pre drevostavbu sa predpíše 90 min, drevený stavebný prvok sa odskúša v autorizovanej skúšobni, vyhoví skúške, dostane certifikát a môže sa stavať (Osvald a kol. 2014).

Viacpodlažné drevostavby

Vo svete, v krajinách s dávnou tradíciou výstavby drevostavieb sú postavené viaceré výškové budovy z dreva, ktoré sú zároveň požiarne bezpečné. Predpisy pre protipožiarnu bezpečnosť sú u nich postavené na inej filozofii. Napr. v Rakúsku, ktoré je jedno z najkonzervatívnejších protipožiarňých autorít, postavili vo Viedni hybridnú stavbu v kombinácii dreva (76 percent) s ďalšími materiálmi. Na jej výstavbu použili CLT panely a drevobetónové stropy s požiadavkou na minimálne 90 min. požiarne odolnosť nosných a požiarne deliacich konštrukcií. Stavba má tri veže, pričom najvyššia veža je s 24 podlažiami, a potom dve menšie majú 16 a 11 podlaží (Obr. 24). Nóri stavajú výhradne z dreva. Pozoruhodná je stavba Strom (The Tree) na nábreží nórskeho mesta Bergen. Štrnásťposchodový dom na bývanie, výšky 53 m má nosnú konštrukciu z masívnych nosníkov priehradovej konštrukcie s požiarou odolnosťou 90 minút. Konštrukcia nie je opatrená žiadnym obkladom. Výpočty ukázali, že oheň v rámci bytu by mal byť zlikvidovaný pred tým, ako by sa rozšíril ďalej. Všetky oceľové spoje drevených konštrukcií sú skryté v dreve (to zaisťuje ich požiaru odolnosť). Sprinklerové SHZ je inštalované v interiéri aj na lodžiách, je zabezpečené pretlakové vetranie schodiska, požiaru výťah, protipožiarne nátery nosných konštrukcií a projektové riešenie detailov na fasáde proti šíreniu požiaru (Obr. 25) (Kleppe 2017).



Obr. 24 Holz hochhaus (Hoho) – drevený výškový dom vo Viedni (www.drevmag.com)



**Obr. 25 Štrnásťposchodový dom Strom (The Tree) na nábreží nórskeho mesta Bergen
(www.stavba.tzb-info.cz)**

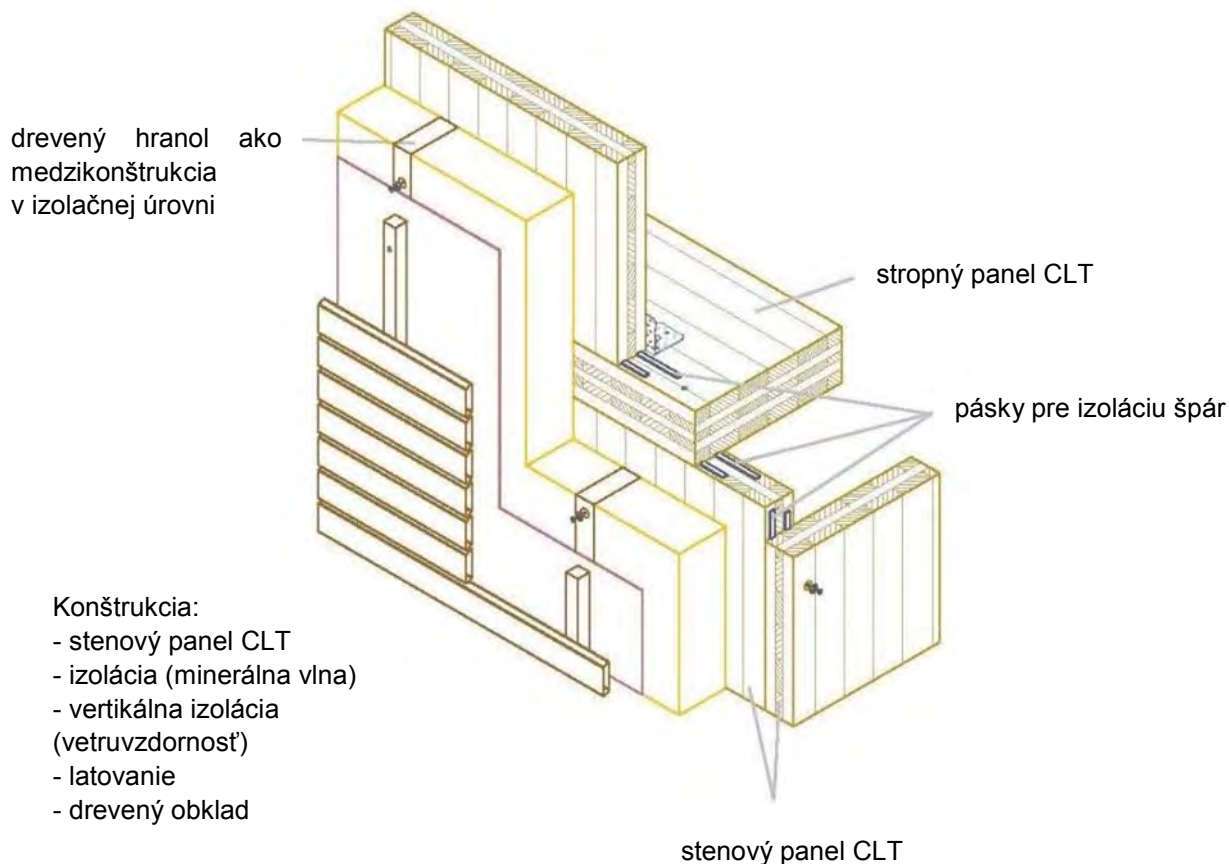
Ďalšia výšková drevostavba v Nórsku je The Mjøs Tower s výškou 84 m, ktorá má v strede po celej výške vybudované betónové jadro (Obr. 26). V Austrálii a vo Fínsku môžu mať drevostavby max. 8 podlaží.



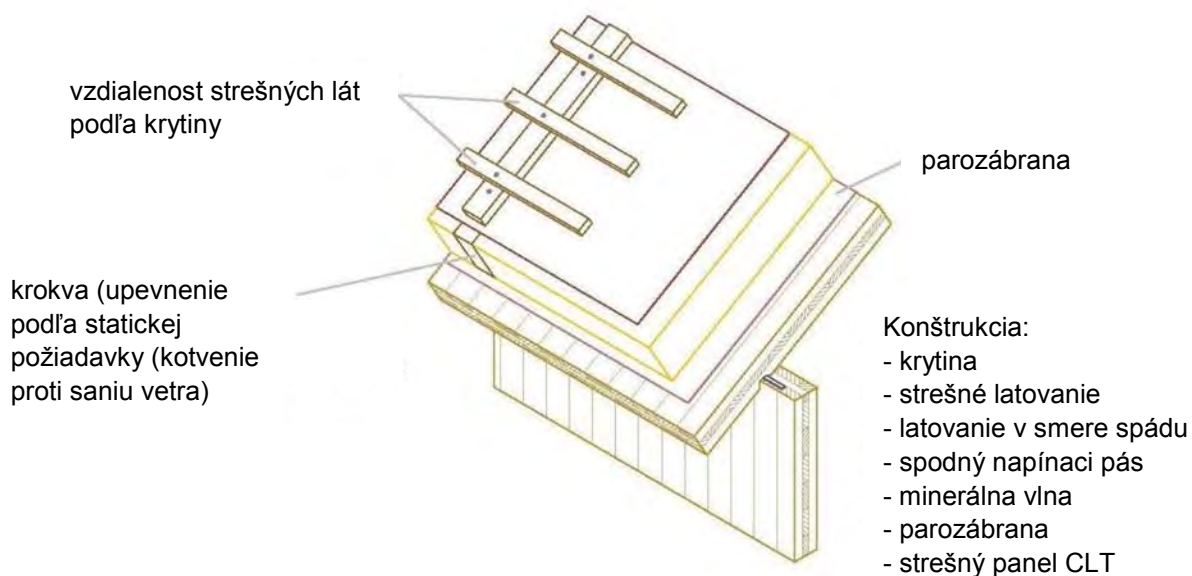
Obr. 26 The Mjøs Tower, Nórsko (adam.pluska.sk)

Na Slovensku, ako už bolo povedané, môžeme drevostavby v zmysle aktuálnych predpisov stavať do požiarnej výšky 12 m, čo zodpovedá piatim nadzemným podlažiam. Voľba vhodného konštrukčného systému, ktorý projektant budúcej drevostavby zvolí, závisí od počtu podlaží a samozrejme od účelu stavby. Okrem klasických rámových konštrukčných systémov sa pre viacpodlažné drevostavby u nás a hlavne v zahraničí používa panelový systém z CLT panelov, ktoré nachádzajú použitie ako vnútorné aj vonkajšie steny, stropy a strechy rôznych typov stavieb od

rodinných domov, výrobných hál až po viacpodlažné bytové stavby. Príklad riešenia obvodovej steny a zastrešenia stavby z CLT panelov je na Obr. 27 a Obr. 28.



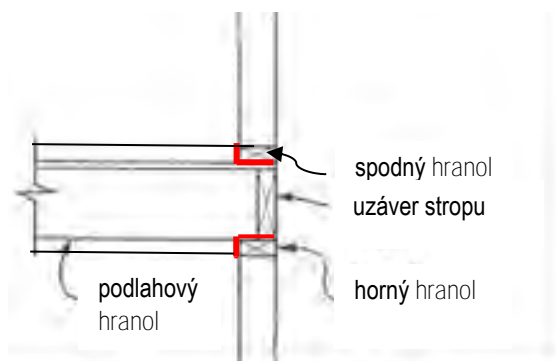
Obr. 27 Príklad riešenia obvodovej steny z CLT panelov (www.cltsk.info)



Obr. 28 Izolácia šikmej strechy minerálnou vlnou (www.cltsk.info)

Konštrukcie z CLT panelov na Obr. 27 a Obr. 28 sú vzhľadom na ich skladbu konštrukčnými prvkami druhu D3 a bolo by ich možné použiť na výstavbu drevostavby v horľavom konštrukčnom celku. Pre viacpodlažnú drevostavbu v novom zmiešanom konštrukčnom celku, ktorý je definovaný v článku 2.6.4 b) STN 92 0201-2 (2017), by museli spĺňať požiadavky prísnejšej D2 konštrukcie. To znamená z vnútornej strany by CLT panel musel byť chránený protipožiarnym obkladom triedy reakcie na oheň A1 alebo A2, z vonkajšej strany zatepľovacím systémom z minerálnej vlny triedy reakcie na oheň A1 alebo A2. V zmysle STN 92 0201-2 (2017) článok 2.5.2 sa zatepľovací systém obvodovej steny uvažuje ako povrchová úprava, ktorá sa nezohľadňuje pri určovaní konštrukčného prvku a ktorá musí spĺňať požiadavky podľa článku 5.14.1 uvedenej normy. Podľa tohto článku povrchové úpravy a obklady obvodových stien z vonkajšej strany stavby môžu obsahovať len materiály, komponenty a stavebné výrobky s triedami reakcie na oheň A1 alebo A2, ak ide o stavby s novým zmiešaným konštrukčným celkom podľa 2.6.4 b) STN 92 0201-2 (2017). Konštrukcia šikmej strechy na Obr. 27 by taktiež musela mať z vnútornej strany protipožiarny obklad triedy A1 alebo A2. V prípade využívaného podstrešného priestoru v poslednom nadzemnom podlaží stavby sa však táto konštrukcia pri určovaní konštrukčného celku stavby nemusí zohľadňovať a môže byť aj konštrukčným prvkom druhu D3, ak stavba má viac ako dve nadzemné podlažia, čo v prípade viacpodlažnej drevostavby bude splnené.

Pri viacpodlažných drevostavbách je veľmi dôležité konštrukčné riešenie detailov bez priebežných špár, hlavne v detailoch stykov jednotlivých konštrukcií a dokonalé vyplnenie všetkých dutín v konštrukčných prvkoch v rámci celej konštrukcie drevostavby kvalitnou minerálnou vlnou. Príklad princípu utesnenia voči šíreniu požiaru priebežnou dutinou je zobrazený na Obr. 29.



Obr. 29 Princíp utesnenia priebežnej dutiny v styku vodorovnej a zvislej nosnej konštrukcie

Pri projektovaní viacpodlažných drevostavieb už architekt môže navrhnuť architektonické prvky na fasáde, ktoré budú zároveň brániť šíreniu požiaru, ako napríklad na Obr. 30. Drevený obklad je prerušený plechovou rímsou v každom podlaží proti šíreniu požiaru v prevetrávanej dutine dreveného obkladu a zároveň po ploche fasády.



Obr. 30 Projektové riešenie detailov na fasáde proti šíreniu požiaru (Osvald a kol. 2014)

Únikové cesty

Z viacpodlažných drevostavieb, zvlášť ak ide o stavbu na bývanie a ubytovanie skupiny B do požiarnej výšky 12 m, musí byť v zmysle § 54 Vyhlášky č. 94/2004 evakuácia osôb zabezpečená spoločnou komunikáciou, ktorú tvorí chránená úniková cesta alebo samostatný požiarly úsek bez požiarneho rizika, ktorým prechádza čiastočne chránená úniková cesta. Problém je však v tom, že chránená úniková cesta musí tvoriť samostatný požiarly úsek ohraničený konštrukciami druhu D1 s požadovanou požiarly odolnosťou, čo je možné v drevostavbe zabezpečiť len vybudovaním betónového jadra. Požiarly úsek bez požiarneho rizika pre zabezpečenie čiastočne chránenej únikovej cesty sa môže využiť v zmysle Vyhlášky č. 94/2004 len v stavbe s nehorľavým konštrukčným celkom, čo je opäť v rozpore so zmiešaným alebo horľavým konštrukčným celkom pri drevostavbách. Vo všetkých ostatných drevostavbách, okrem stavieb na bývanie a ubytovanie skupiny B sa môže brať do úvahy typ čiastočne chránenej únikovej cesty, ktorá prechádza susedným požiarly úsekom, v ktorom musia byť splnené požiadavky stanovené v článku 4.1 STN 92 0201-3 (2000) a musí viesť dvomi rôznymi smermi priamo na voľné priestranstvo alebo do chránenej únikovej cesty.

Odstupové vzdialenosti

Pre drevostavby sú dôležité ich vzájomné vzdialenosti, ktoré musia byť bezpečné z hľadiska možného prenesenia požiaru medzi susednými stavbami. Prenesenie požiaru môže nastať práve v požiarly nebezpečnom priestore, ktorý vzniká sálaním tepla cez požiarly otvorené plochy v obvodových stenách do vonkajšieho priestoru stavby alebo tiež padajúcimi časťami horiacej konštrukcie. Z tohto dôvodu je dôležité dodržať požadované odstupové vzdialenosti, ktoré sa určujú podľa STN 92 0201-4 (2000). V prípade zateplovania drevostavieb musíme horľavý zateplovací systém brať pri určovaní odstupových vzdialeností do úvahy, čím dôjde k ich značnému navýšeniu. Preto aj z tohto hľadiska je vhodnejšie a bezpečnejšie drevostavby zateplovať minerálnou vlnou. Drevené alebo iné horľavé obklady obvodových stien je taktiež potrebné pri určovaní odstupových vzdialeností zohľadňovať.

Literatúra

Benák, J. 2008. Funkční vrstvy v drevostavbách. Firemná prezentácia PowerPoint, 2008.

Kleppe, H. O. 2017. Treet – nový symbol Bergenu. Prezentácia z konferencie Požární bezpečnost staveb 2017 na veletrhu FOR ARCH [online]. 2017 [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/15901-nejvyssi-drevena-budova-na-svete-treet-tematem-exkluzivni-prednasky-na-veletrhu-for-arch>

Mózer, V. 2018. Drevostavby môžu mať na Slovensku až päť podlaží [online]. 2018 [cit. 2018-10-04]. Dostupné na internete: <http://www.drevmag.com/cs/odborne-tema/5462-drevostavby-mozu-mat-na-slovensku-az-paet-podlazi>

Mrník, A. 2017. Vo Viedni bude najvyššia stavba z dreva na svete. In Drevársky magazín [online]. 4/2017 [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: http://www.drevmag.com/images/stories/tisk/konstrukce/2017/DM_4-2017_Konstrukcie_Vieden.pdf ISSN 1338-371X.

Osvald, A. – Reinprecht – Štefko, J. 2014. Moderné drevostavby 1/2014. Bratislava: Jaga, 2014. s. 145-153. ISSN 1335-9142.

Požární bezpečnost nejvyšší dřevostavby na světě tématem exkluzivní přednášky na veletrhu FOR ARCH [online]. 2017 [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/15901-nejvyssi-drevena-budova-na-svete-treet-tematem-exkluzivni-prednasky-na-veletrhu-for-arch>

STN 92 0201-2:2017 : Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 14 135:2005 : Obklady. Zisťovanie schopnosti protipožiarnej ochrany.

STN EN 1995-1-1:2008 : Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií Časť 1-1: Všeobecne – Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.

Tereňová, Ľ. 2018. Protipožiarne bezpečnosť viacpodlažných drevostavieb. In: Advances in Fire & safety Engineering 2018. Zborník príspevkov zo VII. medzinárodnej vedeckej konferencie. Zvolen: TU, 2018. s. 331-344. ISBN 978-80-228-3087-4.

V Nórsku vzniká najvyššia drevená budova sveta [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: <https://adam.pluska.sk/clanok/32659/v-norsku-vznika-najvyssia-drevena-budova-sveta>

Všetko pre kvalitnú drevostavbu CLT Slovakia [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné na internete: <https://www.cltsk.info/-vyroba-clt-panelov>

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálna časť obsahuje metodiku vykonaných experimentov, zameraných na sledovanie zmien konštrukčných prvkov drevostavieb, vystavených modelovým podmienkam vnútorného požiaru a zároveň obsahuje výsledky z týchto experimentov. Jedná sa o výsledky strednorozmerových testov viacerých druhov konštrukčných prvkov drevostavieb, vyskytujúcich sa hlavne v zrubovom, stĺpikovom a panelovom konštrukčnom systéme.

3.1. Metodika

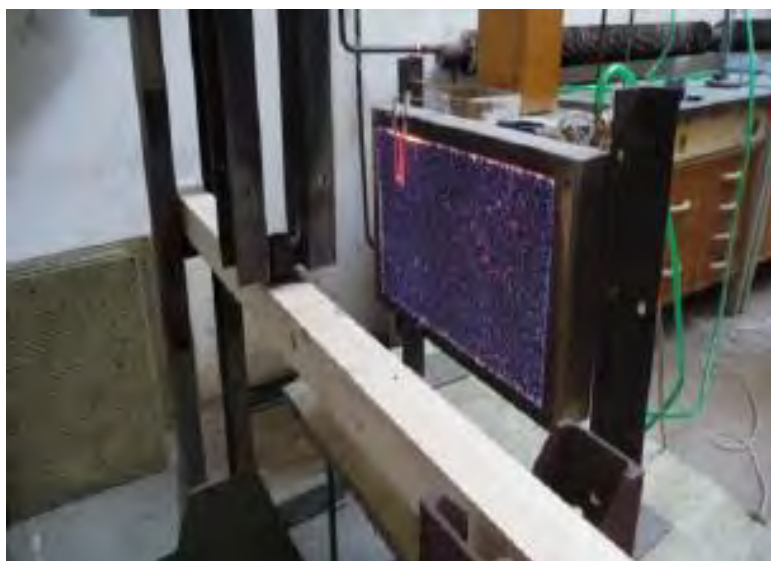
Pre testovanie vzoriek bol zvolený sálavý zdroj tepla, ktorý predstavoval keramický radiačný panel s rozmermi radiačnej plochy 480 mm x 280 mm, s maximálnym výkonom $50,5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ a s dosiahnuteľnou teplotou radiačnej plochy panela maximálne 935°C .

Energetickým zdrojom keramického radiačného panela bol plyn propán - bután s konštantným prietokom, ktorý sa meral ciachovaným laboratórnym prietokomerom, kde sa sledovala ryska plaváku na stupnici skleneného valca. Vzhľadom k vzdialenosti umiestnenia vzorky od keramického radiačného panela sa dosiahol určený výkon intenzity vyžarovania sálavého tepla (Tab. 10).

Tab. 10 Závislosť intenzity vyžarovania na vzdialenosti radiačného panela

Vzdialenosť radiačného panela od plochy skúšobnej vzorky (mm)	Intenzita vyžarovania ($\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$)
50	50,5
100	49,5
150	47,1
200	43,1
250	37,8

Pred začiatkom merania sa na určené miesta vzorky pripevnili termočlánky, prostredníctvom ktorých sa v pravidelných intervaloch zaznamenávali teploty ako i grafický priebeh teplôt v meracom zariadení Almemo. Zároveň sa vizuálne sledovali zmeny na vorkách vplyvom sálavého tepla, ako zmena farby, porušenie celistvosti, plameňové horenie, zuhoľnatenie, tvorba dymu a pod. Čas trvania experimentu sa zvolil zvyčajne 30 alebo 60 min., čo sú základné normové časy požadovanej požiarnej odolnosti stavebných konštrukcií v zmysle STN EN 13 501-2 (2018) a v závislosti od druhu konštrukčného prvku a skladby vzorky. Usporiadanie zariadení pre vykonanie experimentu je zrejme z Obr. 31.



Obr. 31 Usporiadanie zariadení (Tereňová a kol. 2012)

3.2. Výsledky

V nasledujúcich podkapitolách sú uvedené výsledky strednorozmerových testov typických konštrukčných prvkov drevostavieb, namáhaných modelovým požiarom od sálavého zdroja tepla. Testované boli vodorovné nosníky z rastlého dreva, obvodové steny zrubovej, sendvičovej panelovej konštrukcie, lepenej panelovej konštrukcie ako aj ich konštrukčné detaily – ložná škára zrubovej steny a lineárne styky protipožiarnych obkladov.

3.2.1. Hodnotenie zuhoľnatenej vrstvy nosných drevených prvkov zaťažených ohybom

Drevené nosné prvky sa pri súčasnom projektovaní drevostavieb musia navrhovať na účinky požiaru, to znamená, aby mali požadovanú mechanickú odolnosť a stabilitu nielen voči samotnému zaťaženiu stavby, ale zároveň aj voči účinkom prípadného požiaru. Medzi najbežnejšie spôsoby zaťaženia vodorovných nosných prvkov v stavbách je zaťaženie ohybom a to zvlášť u drevených prvkov, ktoré sa všeobecne vyznačujú veľkými prieťahmi. Pri prvkoch zaťažených ohybom, napr. pri stropoch a strechách je rýchlosť prieťahu kritériom na hodnotenie hroziaceho zrútenia (Osvald a kol. 2014). Pevnosť dreva v ohybe kolmo na vlákna nachádza široké uplatnenie v praxi (nosníky priaznivých dĺžok, trámy alebo lamelové prvky) (Požgaj a kol.1997).

Cieľom vykonaného experimentu bolo zistiť, či vzorky drevených vodorovných nosníkov zaťažených na ohyb a zároveň vystavených sálavému zdroju tepla po dobu 30 minút dokážu uniesť dané zaťaženie a či dosiahnutá hrúbka zuhoľnatenej vrstvy bude zodpovedať zuhoľnatenej vrstve, vypočítanej metódou účinného prierezu podľa

Eurokódu 5 (STN EN 1995-1-1: 2008). Zuholňatená vrstva sa zisťovala na troch rôznych tvaroch prierezu skúšaných vzoriek.

Metóda a materiál

Záťažovým skúškam sme podrobili nasledovné hranoly zo smrekového dreva:

- 3 vzorky štvorcového prierezu 60 x 60 mm,
- 3 vzorky štvorcového prierezu so zrezanými hranami 60 x 60 mm a
- 3 vzorky okrúhleho prierezu priemeru 60 mm.

Dané rozmery sme zvolili zmenšené v pomere 1 : 4 v porovnaní so skutočným rozmerom 240 mm, ktorý je štandardným priemerom nosných prvkov okrúhleho prierezu v praxi. Dĺžka vzoriek bola 1,2 m. Skúšobné vzorky sú znázornené na Obr. 32.



Obr. 32 Skúšobné vzorky (Tereňová a kol. 2012)

Metodicky sme vychádzali z Eurokódu 5 (STN EN 1995-1-1: 2008), konkrétne z metódy účinného prierezu. Pre uskutočnenie experimentu, bolo potrebné určiť maximálnu silu, ktorú unesie zbytkový prierez vzorky. Pri jej výpočte podľa Eurokódu 5 bola výsledkom sila $F = 1238 \text{ N}$, ktorá pôsobila na vzorky kolmo a spôsobovala v nich napätie v ohybe. Zároveň bola vypočítaná priemerná hodnota účinnej hĺbky zuholňatenia $d_{ef} = 16,9 \text{ mm}$. Po odpočítaní účinnej hĺbky zuholňatenia od nášho prierezu rozmerov 60 x 60 mm dostávame účinný prierez 60 x 43 mm, ktorý by mal preniesť zaťaženie od pôsobiacej sily F v strede rozpätia vzorky bez porušenia. Priemerná hustota vzoriek bola $380 - 517 \text{ kg.m}^{-3}$. Výpočty podľa Eurokódu 5 sme uvažovali pre štvorcový prierez, nakoľko Eurokód 5 bežne neuvažuje vo svojich výpočtoch s okrúhlymi prierezmi (Tereňová a kol. 2012).

Postup merania

Vzorky sme vkladali do pákového mechanizmu, ktorý nám vytvoril požadovanú silu v ohybe. Vzorka bola umiestnená tak, aby sila pôsobila do stredu vzorky. Zaťaženie na ohyb bolo pri všetkých vzorkách v radiálnom smere. Pevnosť dreva v ohybe je jednou z najdôležitejších mechanických vlastností. Podľa Walda a kol.

(2005) sa spravidla sleduje pevnosť dreva v ohybe naprieč vláknami. Pri skúšaní sme orientovali vzorky tak, aby zaťaženie pôsobilo naprieč vláknami v radiálnom smere.

Podpery boli nastavené do maximálnej rozťažnej polohy, čo predstavovalo rozpätie nosníkov $l = 1$ m. Zdroj tepla bol umiestnený 30 cm od vzorky tak, aby na vzorku pôsobilo čo najviac žiarenia. Usporiadanie zariadení pre uskutočnenie experimentu je vyobrazené na Obr. 31. Po spustení radiálneho panela sa vizuálne kontrolovalo, kedy sa začne vyparovať voda zo vzorky. Po odparení vody z povrchovej vrstvy sa začali zo vzorky odparovať horľavé plyny, ktoré sme skúšali zapáliť pomocou zapálenej drevenej triesky každých 5 minút. Tento plameň zapálil horľavé plyny na povrchu a tým bola vzorka vystavená plameňovému horeniu a sálavému teplu. Počas testovania sa venovala pozornosť priehybu vzorky a jeho zmenám, ako i správaniu sa zuhoľnatenej vrstvy (Obr. 33, Obr. 34). Sledoval sa čas horenia, tlenie a deformácie vzorky. Priehyb vzorky sa meral v 5 minútových intervaloch od vodorovnej roviny, v strede zaťažených vzoriek. Po 30. – 35. minútach trvania skúšky sa vzorka vybrala zo zariadenia a ochladila. Takýmto spôsobom sa odskúšalo všetkých 9 vzoriek.



Obr. 33 Plameňové horenie vzorky (Tereňová a kol. 2012)

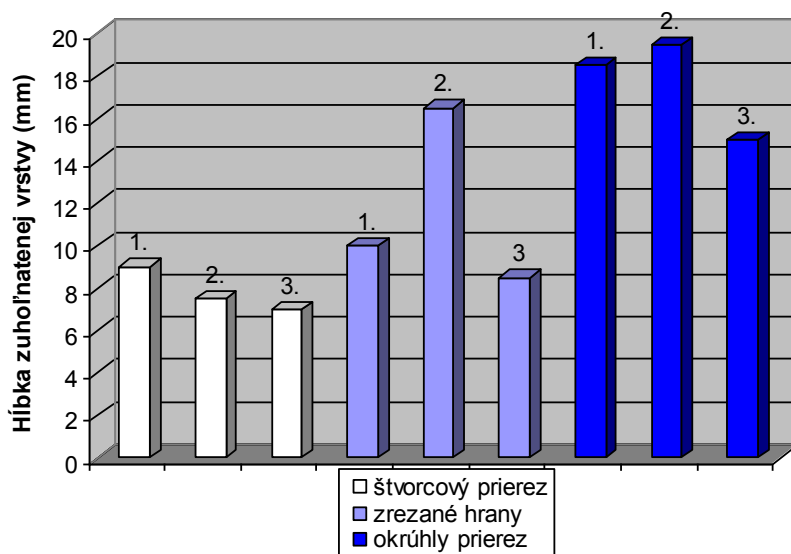


Obr. 34 Tlenie zuhoľnatenej vrstvy (Tereňová a kol. 2012)

Výsledky a vyhodnotenie

Výpočtom podľa Eurokódu 5 sa hrúbka zuhoľnatenej vrstvy u skúšaných prierezov mala pohybovať v rozmedzí $d_{char,0} = 7,8 - 12$ mm. U vzoriek štvorcového prierezu bola experimentom zistená priemerná hrúbka zuhoľnatenia 7,8 mm, u zrezaného prierezu 11,6 mm a u kruhového prierezu 17,6 mm. To znamená, že čím boli prierezy viac zaoblené, hrúbka zuhoľnatenia sa zväčšovala a u kruhového prierezu prevýšila vypočítanú hodnotu 12 mm v priemere o 5,6 mm (Tereňová a kol. 2012). Grafické znázornenie výsledkov vidíme na Obr. 35.

Počas pokusu sme každých 5 min merali priehyb na každej vzorke. Podľa metodiky v zmysle STN EN 1995-1-1 (2004) bol zistený maximálny dovolený priehyb testovaných nosníkov 2,8 mm, pri ktorom nedôjde k ich porušeniu a k strate únosnosti, ani pri vzniku zuhoľnatenej vrstvy. U vzoriek štvorcového prierezu bol dosiahnutý maximálny priehyb 2,66 mm v 30. až 35. minúte skúšky. Vzorky so zrezanými hranami mali v 30. až 35. minúte priehyb max. 3 – 3,3 mm. Pri jednej vzorke so zrezanými hranami došlo ku zlomeniu vzorky v dôsledku praskliny, ktorá vznikla pri zaťažení vzorky silou F v strede rozpätia. Prasklina sa vytvorila vplyvom rastovej chyby vo vzorke. U okúhleho prierezu sa zlomili dve vzorky, jedna v 30. minúte skúšky, ďalšia v 35. minúte. V týchto časoch bol zaznamenaný max. priehyb 16,6 – 20 mm (Tereňová 2015). Testované vzorky po ukončení experimentu sú vyobrazené na Obr. 36.



Obr. 35 Grafické znázornenie hĺbky zuhoľnatej vrstvy (Tereňová a kol. 2012)



Obr. 36 Vzorky testovaných prierezov nosníkov po ukončení experimentu vľavo štvorcový prierez, vstrede prierez so zaoblenými hranami, vpravo okrúhly prierez (Tereňová 2015)

Diskusia

Na základe uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že hĺbka zuhoľnatenia sa zväčšuje v závislosti na tvare prierezu vzorky. Podľa Osvalda (1997) geometrický tvar materiálu podstatne vplýva na možnosť zapálenia, rýchlosť a intenzitu procesu horenia. Experiment ukázal, že čím sú hrany viac zaoblené, tým sú viac náchylné na horenie a tým aj na tvorbu zuhoľnatej vrstvy. Pri okrúhlom priereze sa pri plameňovom horení vyskytol plameň aj na odvrátenej strane vzorky od radiačného panela. Pri vzorkách so zrezanými hranami sa zuhoľnatá vrstva vytvárala pri zaobleniach na hornej aj spodnej strane vzorky. U vzoriek s ostrými hranami (štvorcový prierez) sme zaznamenali plameňové horenie a tvorbu zuhoľnatej vrstvy iba na strane otočenej k radiačnému panelu. Dovoľujeme si preto tvrdiť, že čím sú viac zaoblené hrany nosných drevených prvkov (nosníkov, stropníc, trámov), tým sú viac náchylné na plameňové horenie a na tvorbu zuhoľnatej vrstvy a tým aj na stratu ich mechanických vlastností, o čom svedčia vyššie hodnoty priehybu a deformácie vzoriek pri zaoblených prierezoch.

Literatúra

Osvald, A. – Reinprecht – Štefko, J. 2014. Moderné drevostavby 1/2014. Bratislava: Jaga, 2014. s. 145-153. ISSN 1335-9142.

Osvald, A. 1997. Požiarnotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva. Zvolen: TU, 1997. 52 s. ISBN 80-228-0656-0.

Požgaj, A. a kol. 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. 1997. Bratislava: Príroda, a.s., 1997. 485 s. ISBN 80-07-00960-4.

STN EN 13501-2: 2018 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 2: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení).

STN EN 1995-1-1: 2004 Príručka 2: Navrhovanie drevených konštrukcií podľa Eurokódu 5, Leonardo da Vinci Pilot Project, Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures. CZ/06/B/F/PP/168007.

STN EN 1995-1-1: 2008: Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií Časť 1-1: Všeobecne – Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.

Tereňová, Ľ. – Lagaňa, R. – Kuvik, M. 2012. The charring layer evaluation of the load-bearing timber members. In: Wood & Fire Safety: 7. medzinárodná vedecká konferencia. Žilina: pre ŽU – Šmíra-Print, s.r.o., ČR, 2012. s. 319-326. ISBN 978-80-87427-23-1.

Tereňová, Ľ. 2015. Evaluation of load-bearing wooden elements strained by bending under the effect of radiant heat source. In Advances in Fire, Safety, and Security Research. Scientific Book 2015. Bratislava: Fire Research Institute of the Ministry of Interior of the Slovak Republic, 2015. s. 85-90. ISBN 978-80-89051-19-9. ISSN 1339-8490.

Wald, F. a kol. 2005. Výpočet požárnej odolnosti stavebných konštrukcií. Praha: ČVUT, 2005. 336 s. ISBN 80-01-03157-8.

3.2.2. Modelový test požiarnej odolnosti drevenej zrubovej konštrukcie a hodnotenie utesnenia ložnej škáry pri namáhaní požiarom

Zrubové konštrukcie drevostavieb z hľadiska technológie výroby prešli a stále prechádzajú svojim vývojom. Najprv to boli pravé tradičné zruba z masívneho dreva, ktoré sa utesňovali v ložných škárach prírodnými materiálmi. Dnes sa väčšinou stavajú novodobé zruba zo strojovo opracovaných alebo profilovaných zrubových prvkov, buď z masívneho alebo lepeného dreva. V závislosti od toho sa volí aj spôsob utesnenia v ložných škárach, ktoré sú najslabším miestom z hľadiska možného šírenia požiaru.

Testovali sa dve vzorky zrubovej obvodovej steny rozmerov 1 x 1 m, ktoré sa líšili hlavne geometrickým tvarom zrubových prvkov, a tým aj rozdielnym konštrukčným riešením ložnej škáry, ktorá bola u obidvoch vzoriek utesnená sklenou vlnou. Modelovým testom vnútorného požiaru sa sledoval prestup tepla samotnou zrubovou konštrukciou, ako aj v mieste ložnej škáry a určila sa prepokladaná požiarová odolnosť konštrukcie.

Materiál

Vzorka č. 1 predstavuje jednoplášťovú zrubovú konštrukciu zo smrekového dreva (Obr. 37 vľavo), vyhotovenú z guliačov priemeru 200 mm, s pozdĺžnou ložnou škárou hĺbky 50 mm, vyplnenou sklenou vlnou. Z obidvoch strán konštrukcie je ložná škára utesnená vrstvou špeciálneho tmelu, odolávajúceho vysokým teplotám, ktorý zníži rýchlosť šírenia plameňa do ložnej škáry. Jedná sa o materiál s intumescenčným účinkom (od teploty 200 °C), ktorý chráni ďalšie vrstvy materiálov na viacstupňovej úrovni (Osvald 2011). Konštrukčné riešenie ložnej škáry vzorky č. 1 je vyobrazené na Obr. 38.

Vzorku č. 2 tvorí zrubová stena zo smrekového dreva z hranených zrubových prvkov rozmerov 200 x 200 mm. V tomto prípade sa do hranolov nevypiluje ložná škára ako je to v prípade konštrukcie z guľatiny, ale sa ložná škára vytvorí prirodzene, a to tak, že medzi každým hranolom sa vytvorí medzera pomocou podložiek s rozmermi 30 x 200 mm na podloženie každého hranola, aby vznikol priestor pre umiestnenie sklenej vlny, teda samotná ložná škára. Aj keď sklená vlna mala hrúbku 40 mm, priložením hranola sa stlačila, čím sa vyplnila vzduchová medzera medzi hranolmi. Na prekrytie ložnej škáry sa použili drevené lišty, ktoré sa utesnili rovnakým špeciálnym tmelom ako pri vzorke č. 1. Na Obr. 37 (vpravo) je zobrazená celá vzorka č. 2. a riešenie ložnej škáry je zrejme z Obr. 38.



Obr. 37 Testované vzorky (vľavo vzorka č. 1, vpravo vzorka č. 2)
(Tereňová a kol. 2018)



Obr. 38 Konštrukčné riešenie ložnej škáry (vľavo vzorka č. 1, vpravo vzorka č. 2)
(Tereňová a kol. 2018)

Postup merania

Na vykonanie experimentu bolo použitých 12 termočlánkov, ktoré snímali teplotu ako z exponovanej, tak aj z neexponovanej strany skúšanej vzorky. Keďže na každú vzorku zrubovej steny bolo použitých 6 termočlánkov, 3 boli aplikované zo strany exponovanej a 3 zo strany neexponovanej. Termočlánky boli umiestňované jednak do vrstvy dreva zrubového prvku do hĺbky približne 50 mm a jednak v ložnej škáre do vrstvy tmelu (tak, aby nezasahovali do izolácie) a do vrstvy izolácie zo sklenej vlny do hĺbky 20 mm. Termočlánky boli pre lepšiu stabilitu uchyťované hliníkovou izolačnou páskou, ktorá odolávala sálavému teplu. Umiestnenie termočlánkov je viditeľné na Obr. 39. Termočlánky boli na vzorkách umiestnené nasledovne :

- T1 – v izolácii ložnej škáry na neexponovanej strane
- T2 – vo vrstve dreva zrubového prvku na neexponovanej strane
- T3 – vo vrstve tmelu ložnej škáry na neexponovanej strane
- T4 – vo vrstve dreva zrubového prvku na exponovanej strane

- T5 – vo vrstve tmelu ložnej škáry na exponovanej strane
- T6 – v izolácii ložnej škáry na exponovanej strane
- Termočlánok T0 meral teplotu okolitého vzduchu.

Zrubové vzorky sa pri experimente umiestnili do vzdialenosti 200 mm od radiačnej plochy, ktorá pri tejto vzdialenosti predstavovala výkon $43,1 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Čas merania bol pre obidve vzorky stanovený na 45 minút. Vzorky boli situované na stred pôsobenia radiačného panela tak, že sálajúca plocha pôsobila na tri horné ložné škáry, ako je zrejme z Obr. 41.



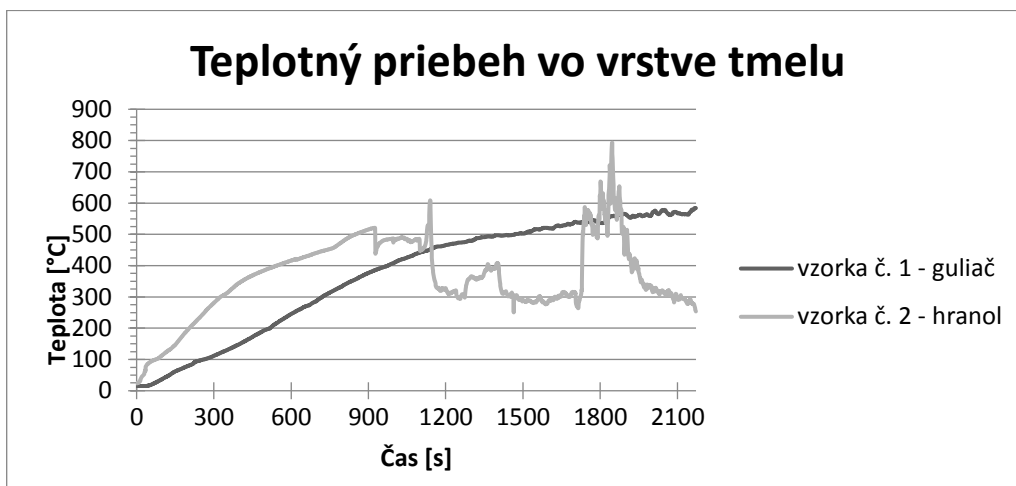
Obr. 39 Umiestnenie termočlánkov na vzorkách (Tereňová a kol. 2018)

Výsledky a vyhodnotenie

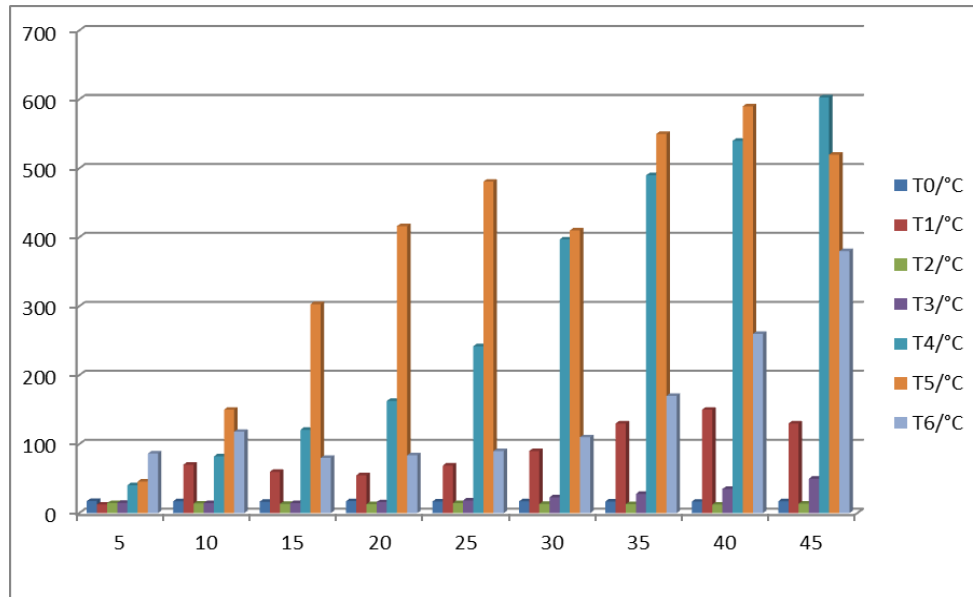
Vzorka č. 1 počas celej doby trvania skúšky nevykazovala známky vzplanutia, teda horenie bolo stále bezplameňové so značnou tvorbou dymu. Po dobu 30 minút ložné škáry dobre odolávali účinkom tepelného namáhania, deformácia nebola veľmi výrazná. Avšak po 31. minúte došlo k značnej deformácii zrubovej steny v mieste ložných škár, a taktiež k narušeniu vrstvy tmelu na exponovanej strane ložnej škáry. Teplotný priebeh zaznamenaný termočlánkom T5, ktorý bol umiestnený vo vrstve tmelu, bol v tomto prípade ovplyvnený narušením celistvosti ložnej škáry (Obr. 40). Treba však zdôrazniť, že aj napriek narušeniu celistvosti vzorky č. 1 v mieste ložnej škáry, zostala sklenená minerálna vlna takmer neporušená, pričom vykazovala značne vysoké teploty v závere experimentu ($T_6 = 380 \text{ }^\circ\text{C}$). Celkový priebeh teplôt na jednotlivých termočlánkoch vzorky č. 1 je znázornený na Obr. 41. Zábery z priebehu a po ukončení skúšky vidíme na Obr. 42.

Náznaky praskania a uhoľnatenia sa u vzorky č. 2 začali objavovať o niečo skôr ako tomu bolo v prípade steny z guľatiny. Asi v polovici 3. minúty bolo z povrchu vzorky viditeľné iskrenie a už v 11. minúte došlo k zapáleniu hrany spodného hranola v exponovanej oblasti steny. Plameň sa veľmi rýchlo rozšíril od tejto hrany postupne na celú plochu exponovanej oblasti vzorky a došlo k nárastu teplôt v ložnej škáre. V 15. minúte začali plamene postupne ustupovať a nastala väčšia intenzita tvorby dymu. V 25. minúte došlo k deštrukcii ochranej lišty a tmelu v ložnej škáre. V 30. minúte krycia lišta úlne vypadla a nastal nárast teploty v izolácii a následná kumulácia horúcich plynov do ložnej škáry. V 35. minúte došlo k uhasnutiu plameňa v spodnej časti steny a následnému „výbuchu“, čo bolo zapríčinené prasklinou v spodnom

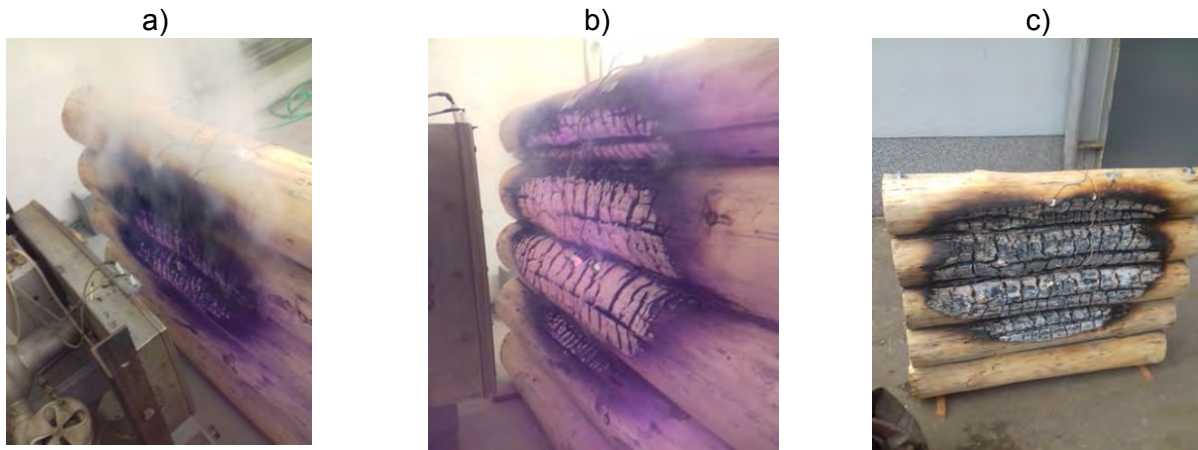
zrubovom tráme, ktorá sa pôsobením vysokej teploty náhle zmenila na trhlinu prebiehajúcu po celej dĺžke trámu. Uvedené zmeny sa odzrkadlili aj na teplotnom priebehu na termočlánku T5 vo vrstve tmelu (Obr. 40). Z bezpečnostných dôvodov sme preto experiment v 36. minúte predčasne ukončili. V 35. minúte skúšky bola na termočlánku T6 vo vrstve izolácie nameraná teplota 514 °C. Zábery z priebehu a po ukončení skúšky vidíme na Obr. 43.



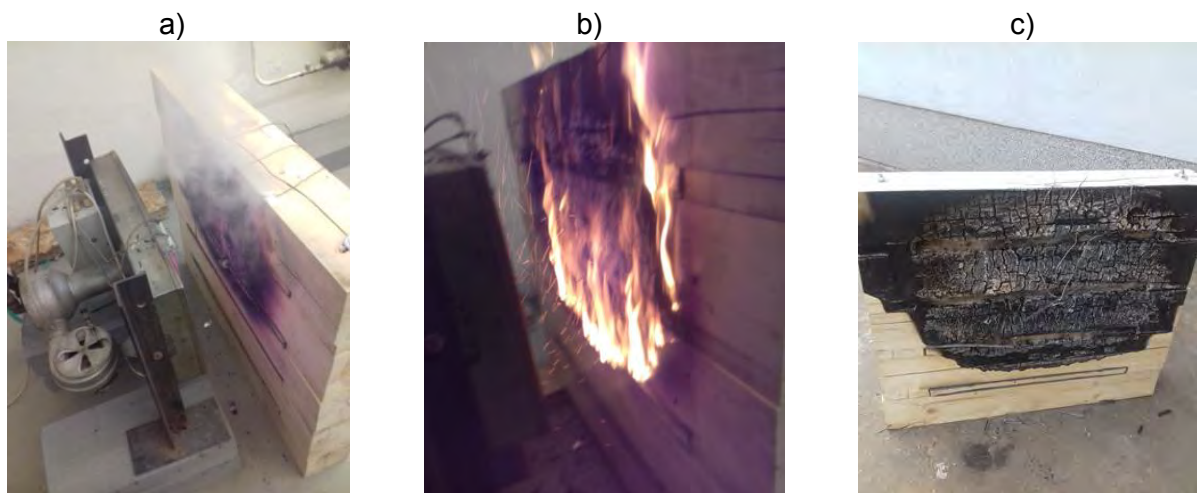
Obr. 40 Teplotný priebeh vo vrstve tmelu na termočlánku T5 pri zaťažení vzoriek (Tereňová a kol. 2018)



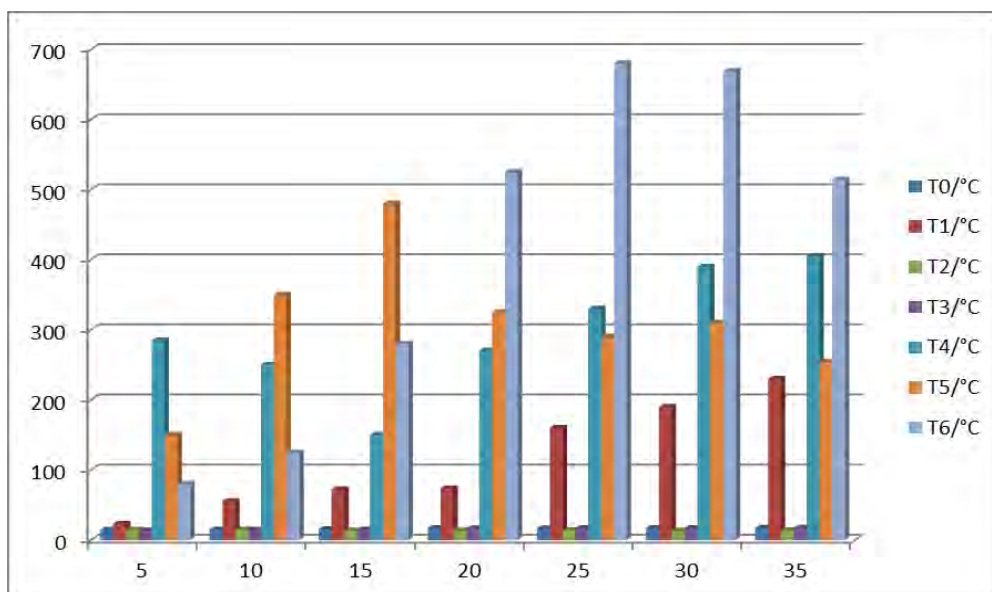
Obr. 41 Teploty na jednotlivých termočlánkoch vzorky č. 1 (Tereňová a kol. 2018)



Obr. 42 Skúška vzorky č. 1
a) 10. minúta skúšky, b) 30. minúta skúšky, c) vzorka po ukončení skúšky
(Tereňová a kol. 2018)

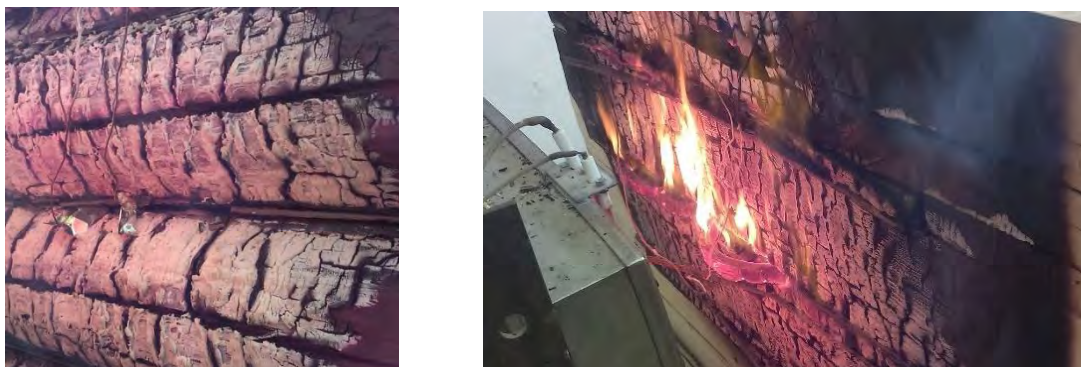


Obr. 43 Skúška vzorky č. 2
a) 10. minúta skúšky, b) 30. minúta skúšky, c) vzorka po ukončení skúšky
(Tereňová a kol. 2018)



Obr. 44 Teploty na jednotlivých termočlánkoch vzorky č. 2 (Tereňová a kol. 2018)

Celkový priebeh teplôt na jednotlivých termočlánkoch vzorky č. 2 je znázornený na Obr. 44. Porušenie ložných škár obidvoch vzoriek počas experimentu je zrejmé z Obr. 45.



Obr. 45 Porušenie ložných škár počas experimentu - vľavo guliačová stena, vpravo hranolová stena (Tereňová a kol.)

Diskusia

Výsledky experimentu ukázali, že účinky sálavého tepla z hľadiska konštrukčného vyhotovenia a utesnenia ložnej škáry lepšie zvládla zrubová stena zhotovená z guľatiny. Dôležitým rozdielom vo výsledkoch experimentu bolo plameňové horenie, ku ktorému došlo na vzorke z hranených prvkov. Hodnotením požiarnej odolnosti zrubovej konštrukcie sa zaoberali aj Tereňová a Jochim (2005). Experimentu podrobili stenu z profilovaných hranených prvkov a dosiahli podobné výsledky. V 30. minúte skúšky bola nameraná na povrchu konštrukcie teplota 497,6 °C. V tomto okamihu došlo aj k vzniku plameňa, ktorý sa ďalej rozšíril po ploche. Uvádzajú, že tento fakt potvrdzujú hodnoty z termočlánku, ktorý bol umiestnený v drážke zrubového profilu, a z termočlánku medzi zrubovým profilom a tepelnou izoláciou.

Dôvodom vzniku plameňa bola geometria povrchu vzorky a jej hrany, po ktorých sa plameň rýchlo a ľahko rozšíril. Podľa Osvalda (1997) rozmery, hlavne hrúbka, dĺžka, priemer, hrany (ich počet), uhly zaoblenia a iné parametre geometrického tvaru určujú odolnosť samotného dreveného prvku voči zapáleniu. To sa potvrdilo v prípade skúmaných vzoriek, pričom zrubová stena z hranolov, s použitými hranolovitými prvkami aj v ložnej škáre (ochranné lišty), sa zapálila pomerne v krátkom čase, čím došlo k vyššiemu nárastu teplôt vo vnútri ložnej škáry.

Osvald (2011) uvádza výsledky z modelových skúšok požiarnej odolnosti fragmentu zrubovej konštrukcie. V tomto prípade bola konštrukcia vyhotovená z guľatiny s izoláciou z minerálnej vlny. Už v 21. sekunde pokusu začína povrch dreva splynovať, tmavnúť a sú badateľné známky horenia. V 20. minúte sa vytvára zuhoľnatená vrstva s popolom. V 31. minúte začína drevo horieť plameňom, ktorý však po niekoľkých minútach uhasne. Po takto odskúšaných fragmentoch bola odskúšaná celá zrubová stena (3 x 3 m) v certifikovanej skúšobni na požiaru

odolnosť. Požiarna odolnosť takto zmontovanej steny bola dosiahnutá 180 min (Osvald 2011).

Podobnú experimentálnu štúdiu vykonali aj Wakefield a kol. (2009). Hodnotili obvodovú stenu zrubovej konštrukcie pri tepelnom namáhaní. Vzorka bola vyhotovená z cyprušteka bieleho vo viacerých variáciách (vzorka bez povrchovej úpravy, vzorka s intumescentným náterom, vzorka s povrchovou úpravou na olejovej báze, vzorka s dvomi vrstvami náteru, vzorka opláštená tenkou doskou). Uvádzame niektoré z dosiahnutých výsledkov (Wakefield a kol. 2009): čas iniciácie vzorky s povrchovou úpravou na olejovej báze bol v 49 sekunde, vzorky bez povrchovej úpravy bol v 52 sekunde. Pri týchto vzorkách došlo k tvorbe zuhoľnatej vrstvy. Nameraná teplota na povrchu exponovanej strany vzorky s povrchovou úpravou na olejovej báze bola 641°C. Pri vzorke s intumescentným náterom nedošlo k zapáleniu.

Netreba zabudnúť na výbornú tepelno-izolačnú vlastnosť dreva a konštrukcií z neho vyrobených, čo sa ukázalo aj na nameraných teplotách na neexponovanej strane zrubových obvodových stien, ktoré z hľadiska teplôt vo vrstve dreva mali porovnateľnú teplotu s teplotou okolia. Vzhľadom na namerané teploty na neexponovanej strane ložnej škáry vo vrstve tmelu môžeme predpokladať, že obidve zrubové steny by si zachovali kritérium celistvosti E a tepelnej izolácie I počas 45 minút v zmysle STN EN 13 501-2 (2018).

Literatúra

- Osvald, A. 2011. Drevostavba ≠ požiar. I. vydanie. Zvolen: TU, 2011. 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.
- Osvald, A., 1997. Požiarnotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva. Vedecké štúdie 8/97/A. Zvolen: TU, 1997. 52 s. ISBN 80-228-0656-0.
- STN EN 13 501-2: 2018 : Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 2: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení).
- Tereňová, Ľ. – Jochim, S. 2005. Požiarna odolnosť konštrukcií v tradičných drevostavbách. In: Fórum mladých odborníkov protipožiarnej ochrany: 6. medzinárodný odborný seminár. Zvolen: TU, 2005. s. 160-167, CD zborník. ISBN 80-228-1514-4.
- Tereňová, Ľ., Dúbravská, K., Majlingová, A. 2018. The impact of geometric shape of the log wall construction elements on their fire behaviour. Wood Research: Journal of Wood Science. ISSN 1336-4561, 2018, roč. 63, č. 4, s. 547-558.
- Wakefield, T., He, Y., Dowling, V. P. 2009. An experimental study of solid timber external wall performance under simulated bushfire attack. Building and Environment , 44: 2150-2157.

3.2.3. Modelový test požiarnej odolnosti panelovej konštrukcie drevostavby a hodnotenie schopnosti protipožiarnej ochrany

Vhodná materiálová skladba konštrukčných prvkov drevostavieb má výrazný vplyv na schopnosť konštrukcie odolávať účinkom požiaru. Podľa reakcie na oheň použitých materiálov Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z. klasifikuje stavebné konštrukcie na konštrukčné prvky druhu D1, D2 a D3. Pre drevostavby sú typické konštrukčné prvky druhu D2 a D3. Základný rozdiel medzi nimi je v tom, že konštrukcia druhu D2 nesmie v požadovanom čase požiarnej odolnosti zvyšovať intenzitu požiaru a konštrukcia druhu D3 ju už môže zvyšovať. Vyššiu protipožiarne bezpečnosť teda predstavujú konštrukcie druhu D2. Preto súčasným trendom, hlavne v panelových, stĺpkových, novodobých zrubových ale aj iných drevostavbách, je ich navrhovanie pri projektovaní protipožiarnej bezpečnosti drevostavieb.

Podmienkou skladby konštrukcie druhu D2 je uzavretie horľavých materiálov vo vnútri konštrukcie nehorľavým materiálom s triedou reakcie na oheň A1 alebo A2 v zmysle STN 92 0201-2 (2017). V praxi sa na tento účel používajú sadrokartónové, sadrovláknité, sadrocementové alebo kalciumsilikátové protipožiarne materiály. V týchto vrstvených konštrukciách sa uplatňuje aplikácia vysokoúčinných izolačných materiálov, ktoré zabezpečujú súčasné požiadavky na energetickú náročnosť budov (Štefko, a kol. 2006). Sú to tepelnoizolačné materiály na báze minerálnej vlny alebo sklenej vlny, aplikované jednak vo vnútri konštrukcie, najčastejšie medzi nosnými prvkami, alebo ako súčasť zatepľovacích systémov obvodových stien z vonkajšej strany stavby. Správne zaradenie konštrukcií drevostavieb do druhu D2 alebo D3 je prakticky možné len na základe testovania, pričom ide o určenie potrebného času na dosiahnutie teploty vzplanutia horľavých materiálov vo vnútri konštrukcie. Je to vlastne čas požiarnej odolnosti, počas ktorého nedôjde ku zapáleniu horľavých materiálov a tým k zvyšovaniu intenzity požiaru vo vnútri konštrukcie. Čas požiarnej odolnosti je možné stanoviť aj výpočtom podľa Eurokódu 5 (STN EN 1995-1-1: 2008).

Aby konštrukcie D2 v požadovanom čase požiarnej odolnosti nezvyšovali intenzitu požiaru, ich protipožiarne obklady musia spĺňať kritérium požiarnej odolnosti K2, čiže schopnosť protipožiarnej ochrany v zmysle STN EN 13 501-2 (2018). Triedu K2 možno preukázať na základe skúšky podľa STN EN 14 135 (2005) pre čas minimálne rovnaký, ako je požadovaný čas požiarnej odolnosti konštrukcie (Olbrímek a Jankovič 2013).

V podkapitole 3.2.3 sú vyhodnotené výsledky zo skúšok namáhania dvoch rôznych skladieb konštrukcie obvodovej steny sálavým zdrojom tepla. Jedna vzorka predstavuje typickú skladbu obvodovej steny panelovej drevostavby, druhá vzorka je jednovrstvová skladba obvodovej steny novodobej zrubovej konštrukcie. Vzorky boli namáhané z interiérovej strany sálavým zdrojom tepla po dobu 60 minút, počas ktorej sa pozorovali zmeny štruktúry povrchových materiálov, priebeh teplôt vo vnútri konštrukcie a schopnosť protipožiarnej ochrany protipožiarne obkladov. Na základe získaných výsledkov sa vyhodnotila predpokladaná požiarne odolnosť skúšaných vzoriek.

Materiál

Vzorka obvodovej steny panelovej drevostavby (vzorka č. 1) bola testovaná v dvoch alternatívach. Ide o konštrukciu s nosnými drevenými stĺpkami (50 x 160 x 1050 mm), zateplenú minerálnou vlnou, z interiérovej strany obloženú protipožiarnym obkladom na drevenom rošte a z exteriérovej strany zatepľovacím systémom z minerálnej vlny. Prvá alternatíva vzorky č. 1 má pod protipožiarnym sadrokartónom umiestnenú podkladovú OSB dosku, druhá alternatíva, obložená zvnútra protipožiarnou sadrovláknitou doskou FERMACELL, bola bez podkladovej vrstvy (Obr. 46, Obr. 47).



Skladba interiér - exteriér:

- protipožiarny sadrokartón 12,5 mm
- drevený rošt + minerálna izolácia UNIFIT 60 mm (inštalačná medzera)
- OSB doska 18 mm
- nosná drevená rámová konštrukcia + minerálna izolácia UNIFIT 160 mm
- DHF doska 15 mm
- zatepľovací systém 80 mm

Obr. 46 Skladba vzorky č. 1 - 1. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)



Skladba interiér - exteriér:

- sadrovláknitá doska FERMACELL 12,5 mm
- drevený rošt + minerálna izolácia UNIFIT 60 mm
- parozábranná fólia
- nosná drevená rámová konštrukcia + minerálna izolácia UNIFIT 160 mm
- sadrovláknitá doska FERMACELL 12,5 mm
- zatepľovací systém 80 mm

Obr. 47 Skladba vzorky č. 1 - 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Novodobá zrubová konštrukcia obvodovej steny so zateplením z minerálnej vlny predstavuje vzorku č. 2, ktorá bola testovaná tiež v dvoch alternatívach. Prvá alternatíva má pod vnútorným sadrokartónovým obkladom podkladovú izolačnú platňu (Entkopplung), druhá alternatíva je bez podkladovej platne. Platňa Entkopplung je zložená z polyesterových vlákien, ktoré sú lepené živicom. Do skladby vzorky č. 2 bola zvolená experimentálne, v praxi sa väčšinou používa ako obkladový materiál. Alternatívne skladby vzorky č. 2 sú vyobrazené na Obr. 48.



- zrubová stena o hrúbke 70 mm zo smrekového dreva spojená lamelovým spojom,
- zosilnená papierová parozábrana,
- drevený rošt zo smrekového dreva na umiestnenie tepelnej izolácie 100 mm,
- izolačná platňa Entkopplung 4 mm – v prípade 1. alternatívy vzorky č. 2 (druhá alternatíva je bez platne)
- stavebná sadrokartónová doska 12,5 mm/1000 x 1100 mm, minerálna šľachtená omietka so zrnitosťou 2 mm

Obr. 48 Skladba vzorky č. 2
vľavo 1. alternatíva, vpravo 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Postup merania

Skúšobné vzorky boli zhotovené ako fragmenty obvodovej steny rozmerov 1 x 1m, vzdialenosť umiestnenia vzoriek od radiačného panela bola zvolená 200 mm. Prestup tepla konštrukciou sa sledoval meraním teploty na jednotlivých termočládkoch. Termočládky boli usporiadané po jednotlivých vrstvách v jednej rovine v strede vzorky, ktorá pri vzorke č. 1 (panelová konštrukcia) prechádzala cez nosný drevený stĺpik:

Vzorka č. 1 – 1. alternatíva (s podkladovou OSB doskou):

- T1 – na interiérovom povrchu sadrokartónovej dosky
- T2 – na spodnej strane podkladu – OSB dosky
- T3 – za podkladovou OSB doskou (interiérová strana nosného dreveného stĺpika)
- T4 – na exteriérovej strane nosného dreveného stĺpika
- T5 – na exteriérovej strane vzorky

Vzorka č. 1 – 2. alternatíva (bez podkladovej vrstvy):

- T1 – na interiérovom povrchu sadrovláknitej dosky Fermacell
- T2 – na spodnej strane podkladu – nosného dreveného stĺpika
- T3 – na exteriérovej strane nosného dreveného stĺpika
- T4 – na exteriérovej strane vzorky

Termočlánky boli podobne usporiadané aj vo vzorke č. 2:

Vzorka č. 2 – 1. alternatíva (s podkladovou platňou Entkopplung):

- T1 – na interiérovom povrchu minerálnej omietky
- T2 – na spodnej strane podkladu – podkladovej platne Entkopplung
- T3 – za podkladovou platňou (pred vrstvou tepelnej izolácie)
- T4 – za vrstvou tepelnej izolácie
- T5 – na exteriérovej strane vzorky

Vzorka č. 2 – 2. alternatíva (bez podkladovej vrstvy):

- T1 – na interiérovom povrchu minerálnej omietky
- T2 – na spodnej strane podkladu – tepelnej izolácie
- T3 – za vrstvou tepelnej izolácie
- T4 – na exteriérovej strane zrubovej steny

Hodnoty teplôt sa na jednotlivých termočlánoch zaznamenávali prostredníctvom prístroja Almemo, u vzorky č. 1 v 30 sekundových intervaloch, u vzorky č. 2 v 10 sekundových intervaloch. Čas trvania experimentu bol pre obidve vzorky stanovený 60 minút.

Hodnotenia schopnosti protipožiarnej ochrany

Obklad označený K2 sa považuje za schopný poskytnúť predpísanú ochranu obkladanému materiálu, ak sa počas skúšky podľa EN 14 135 (2005) v určitom klasifikačnom čase (10 min, 30 min, 60 min) nezrúti obklad alebo jeho časti a splnia sa nasledujúce požiadavky:

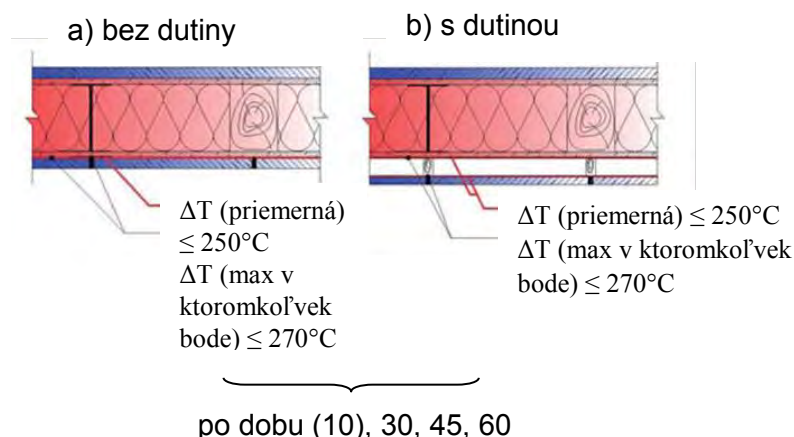
a) pri obklade bez dutiny alebo dutín za ním, počas skúšky priemerná teplota meraná na spodnej strane podkladu nesmie presiahnuť začiatočnú teplotu o viac ako 250 °C a maximálna teplota meraná v ktoromkoľvek mieste tejto strany nesmie presiahnuť začiatočnú teplotu o viac ako 270 °C a po skúške nesmie byť materiál odhorený alebo zuhoľnatený na nijakom mieste podkladu;

b) pri obklade s dutinou (v prípade napr. sadrokartónových alebo sadrovláknitých systémov) nesmie priemerná teplota meraná na spodnej strane podkladu a priemerná teplota meraná na nenamáhanej strane obkladu presiahnuť začiatočnú teplotu o viac ako 250 °C a maximálna teplota meraná v ktoromkoľvek mieste týchto strán nesmie presiahnuť začiatočnú teplotu o viac ako 270 °C. Po skúške nesmie byť materiál odhorený alebo zuhoľnatený na nijakom mieste podkladu a na nijakom mieste nenamáhanej strany obkladu (Obr. 49).

Ďalšou podmienkou pre kritérium K2 je, že sa pri skúške použije jeden z týchto podkladov:

- drevotrieková doska (s hustotou $680 \pm 50 \text{ kg.m}^{-3}$ a s hrúbkou $19 \pm 2 \text{ mm}$), alebo
- akýkoľvek iný špecifický podklad.

Pri kritériu K1 ide o splnenie rovnakých požiadaviek ako pri kritériu K2, ale len



Obr. 49 Hodnotenie schopnosti protipožiarnej ochrany K2 pre konštrukčný prvok druhu D2 (Olbríemek a Jankovič 2013)

v určenom klasifikačnom čase 10 min za splnenia podmienky, že po skúške nesmie byť materiál odhorený, zuhoľnatený, roztavený alebo zmrštený na nijakom mieste podkladu a na nijakom mieste nenamáhanej strany obkladu. Pri skúške sa použije jeden z týchto podkladov:

- drevotrieková doska (s hustotou $680 \pm 50 \text{ kg/m}^3$), alebo
- materiál s nízkou hustotou (menšou ako 300 kg/m^3 a s hrúbkou najmenej 50 mm), alebo akýkoľvek iný špecifický podklad.

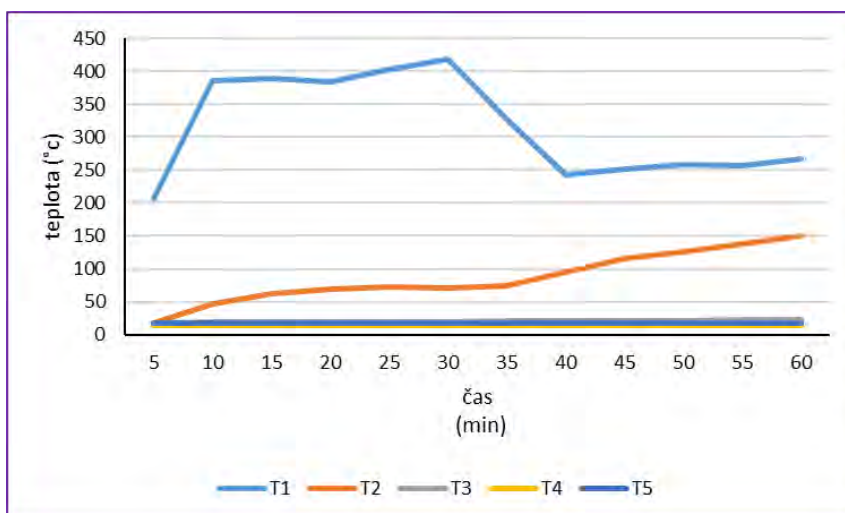
Výsledky a vyhodnotenie

Vzorka č. 1

Teploty namerané na termočlánkoch vzorky číslo 1 sú uvedené v Tab. 11 a Tab. 12 a grafické znázornenie priebehu týchto teplôt v konštrukcii je znázornené na Obr. 50 a na Obr. 51.

Tab. 11 Namerané teploty vzorka č. 1 – 1. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Časový interval (min)	T1	T2	T3	T4	T5
5	206,8	18,0	17,9	14,6	16,7
10	386,6	47,3	18,7	14,6	17,0
15	389,1	61,8	18,7	14,6	16,7
20	383,8	69,7	19,0	14,5	17,1
25	402,5	72,7	19,5	14,5	17,5
30	418,8	70,3	20,0	14,5	17,7
35	326,6	74,0	20,4	14,5	17,6
40	243,5	94,3	21,0	14,7	17,5
45	252,0	115,9	21,1	14,6	16,7
50	258,0	126,4	21,4	14,6	16,8
55	257,4	138,1	21,9	14,5	17,1
60	266,4	149,4	22,6	14,6	17,4



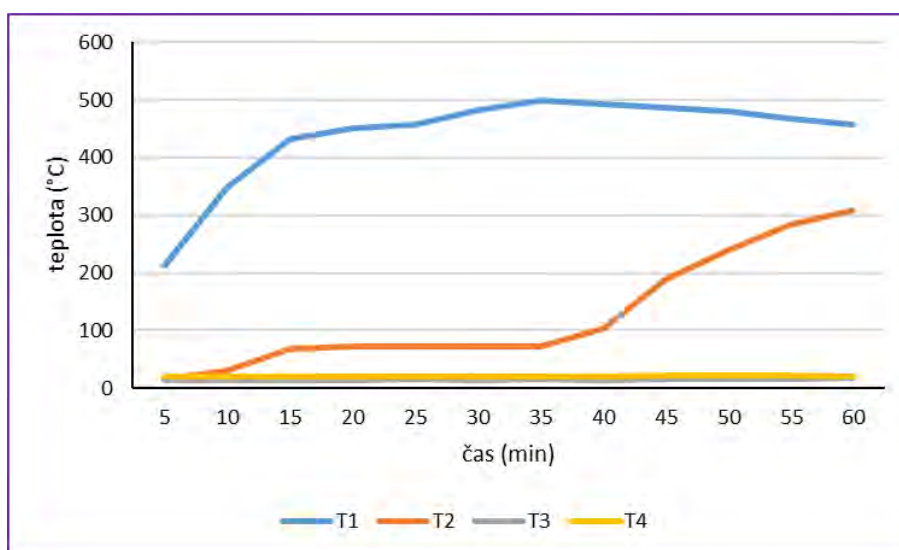
Obr. 50 Priebeh teplôt vzorka č. 1 – 1. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Vyhodnotenie vzorky č. 1 – 1. alternatíva:

Po 5-tich minútach od začiatku skúšky vznikla na exponovanej strane sadrokartónovej dosky červená tepelná škvrna, na ktorej sa začalo prejavovať praskanie a olupovanie maľovky. Zlom nastal v 30. minúte skúšky, kedy bola dosiahnutá na povrchovom termočlátku T1 najvyššia teplota 418,8 °C, v dôsledku čoho vznikla malá prasklina, ktorá sa zväčšovala až do 50 minúty skúšky. Oveľa miernejší nárast teplôt bol zaznamenaný na termočlátku číslo T3 (interiérová strana nosného dreveného stĺpika) z 20,0 °C v 30. minúte, na konečných 22,6 °C v 60. minúte, a to aj z dôvodu umiestnenia termočlátku v drážke nosného dreveného stĺpika, ktorý bol tiený OSB doskou hrúbky 12,5 mm. Na termočlátku T4 (na exteriérovej strane nosného dreveného stĺpika) bola v 30. minúte nameraná teplota 14,5 °C, ktorá sa až do konca skúšky prakticky nezmenila.

Tab. 12 Namerané teploty vzorka č. 1 – 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský, 2017)

Časový interval (min)	T1	T2	T3	T4
5	212,3	15,5	14,6	19,9
10	347,5	30,2	14,3	20,0
15	431,6	68,4	14,8	20,3
20	451,0	71,9	14,9	20,3
25	456,8	72,1	15,2	20,4
30	482,3	71,8	14,7	20,6
35	498,7	71,6	15,2	21,0
40	493,3	103,8	14,9	21,0
45	486,8	189,3	15,7	21,4
50	480,9	239,1	15,9	21,5
55	468,1	283,6	16,5	21,5
60	456,8	308,2	17,5	20,9



Obr. 51 Priebeg teplôt vzorka č. 1 – 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Vyhodnotenie vzorky č. 1 – 2. alternatíva:

Na povrchu sadrovláknitej dosky FERMACELL vznikla v 25. minúte od začiatku skúšky malá prasklina, v nepravidelnom tvare hviezdy. Prasklina sa zväčšovala až do 40. minúty skúšky, kedy sa zväčšovanie ustálilo, ale bolo spozorované intenzívne horenie dreveného roštu v inštaláčnej medzere za sadrovláknitou doskou FERMACELL. Termočlánok T2 na interiérovej strane nosného dreveného stĺpika zaznamenal v 30. minúte teplotu 71,8 °C, až po konečných 308,2 °C v 60. minúte. Teplota na exteriérovej strane nosného dreveného stĺpika (T3) mala v 30. minúte hodnotu 14,7 °C a do ukončenia skúšky sa zvýšila len na hodnotu 17,5 °C.

Vzorka č. 1 – schopnosť protipožiarnej ochrany

Skladba vzorky č. 1 je v porovnaní s konštrukciami na Obr. 48 z hľadiska schopnosti protipožiarnej ochrany zaradená ako „obklad s dutinou“. Pre hodnotenie kritéria schopnosti protipožiarnej ochrany K2 je dôležitá teplota nameraná na spodnej strane podkladu. V prípade 1. alternatívy vzorky č. 1 tvorí podklad OSB doska, umiestnená za dutinou (inštaláčnou medzerou vyplnenou izoláciou UNIFIT 60 mm). Za smerodajné sú uvažované teploty namerané na jednotlivých termočlánoch v 30. minúte od začiatku skúšky, pretože krátko po uplynutí tohto času došlo k porušeniu celistvosti obkladovej sadrokartónovej dosky. Nameraná teplota na termočlánku T2 na spodnej strane podkladu (OSB dosky) bola v 30. minúte skúšky 70,3 °C, čo je v súlade s medznými teplotami pre splnenie kritéria K2 (viď. Obr. 49 b).

V prípade 2. alternatívy vzorky č. 1 sa taktiež jedná o „obklad s dutinou“, s tým rozdielom, že obkladovým materiálom je sadrovláknitá doska FERMACELL a za inštaláčnou medzerou (vyplnenou tepelnou izoláciou UNIFIT 60 mm) nasleduje nosná konštrukcia z drevených stĺpikov, medzi ktorými je tepelná izolácia UNIFIT 160 mm. Spodnú stranu podkladu teda v tomto prípade tvorí interiérová strana nosného dreveného stĺpika, na ktorej bol osadený termočlánok T2, ktorý v 30. minúte namerá

teplotu 71,8 °C. Táto teplota je tiež v súlade s medznými teplotami pre splnenie kritéria K2 (viď. Obr. 49 b), ale vzhľadom na to, že už v 25. minúte skúšky bolo spozorované porušenie celistvosti obkladovej sadrovláknitej dosky, došlo k porušeniu kritéria K2 pre klasifikačný čas 30 minút. Na obr. 52 vľavo je viditeľné porušenie celistvosti sadrokartónovej dosky krátko po uplynutí 30. minút, na Obr. 52 vpravo je v 30. minúte porušenie celistvosti sadrovláknitej dosky intenzívnejšie.



Obr. 52 Porušenie celistvosti skúšaných vzoriek vľavo vzorka č. 1 – 1. alternatíva krátko po uplynutí 30. minúty, vpravo vzorka č. 1 – 2. alternatíva v 30. minúte (Tereňová a Gracovský 2017)

Celkové vyhodnotenie výsledkov – vzorka č. 1

Vyhodnotenie nameraných teplôt vzorky č. 1 ukázalo, že priaznivejšie výsledky dosiahla 1. alternatíva vzorky s podkladovou OSB doskou pod sadrokartónovým obkladom (Obr. 53). Očividne o tom svedčí aj prudší nárast teplôt v 40. minúte skúšky na termočlánku T2 – spodná strana nosného dreveného stĺpika (viď. Obr. 51) u 2. alternatívy, po narušení celistvosti sadrovláknitej dosky. To následne viedlo k zapáleniu dreveného roštu v inštalačnej medzere a tým k ďalšiemu zvyšovaniu intenzity požiaru v konštrukcii. Zvýšená intenzita požiaru spôsobila zapálenie nosného dreveného stĺpika, na ktorom bolo po rozobratí vzorky spozorované značné zuhoľnatenie (Obr. 54 vpravo).



Obr. 53 Vzorka č. 1 – 1. alternatíva po ukončení skúšky (Tereňová a Gracovský 2017)

Ako je viditeľné na Obr. 53, u 1. alternatívy vzorky č. 1 tiež došlo k zapáleniu a následnému zuhoľnateniu dreveného roštu v inštaláčnej medzere pod sadrokartónom. OSB doska za tepelnou izoláciou v inštaláčnej medzere však zostala neporušená a zabránila preneseniu požiaru na nosný drevený stĺpik.



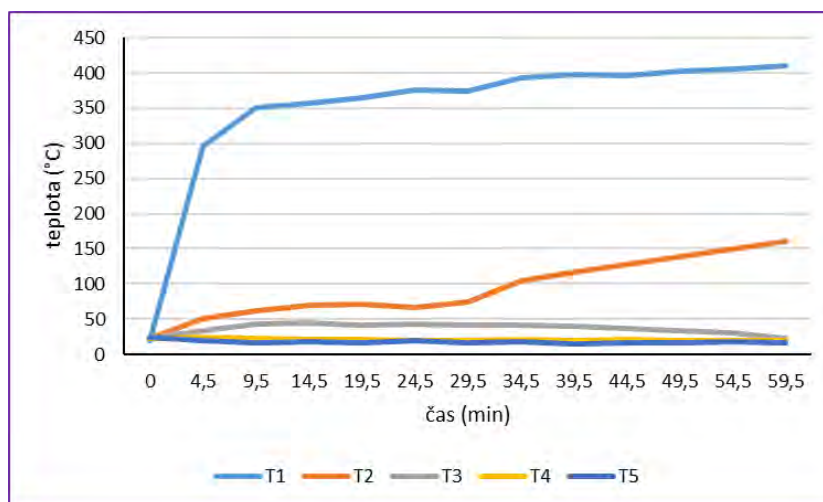
Obr. 54 Vzorka č. 1 – 2. alternatíva po ukončení skúšky
(Tereňová a Gracovský 2017)

Vzorka č. 2

Teploty namerané na termočlánkoch vzorky číslo 2 sú uvedené v Tab. 13 a Tab. 14 a grafické znázornenie priebehu týchto teplôt v konštrukcii je znázornené na Obr. 55 a Obr. 56.

Tab. 13 Namerané teploty vzorka č. 2 – 1. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Čas (min)	Teplota (°C)				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	20,4	23,6	23,6	23,3	24,4
4,5	295,3	50,6	33,6	24,1	19,4
9,5	349,9	62,1	42,7	23,5	17,1
14,5	357,1	69,7	44,7	20,8	18,2
19,5	365,3	70,8	42,0	20,7	17,3
24,5	375,2	67,5	43,1	20,4	19,2
29,5	374,7	74,3	41,3	20,2	16,6
34,5	393,1	103,9	42,0	21,0	17,6
39,5	397,2	116,5	40,1	20,1	15,5
44,5	396,2	127,3	37,4	20,6	16,1
49,5	402,7	139,3	34,2	19,9	16,3
54,5	405,3	149,8	31,0	20,3	18,2
59,5	411,0	161,3	22,5	20,3	16,7



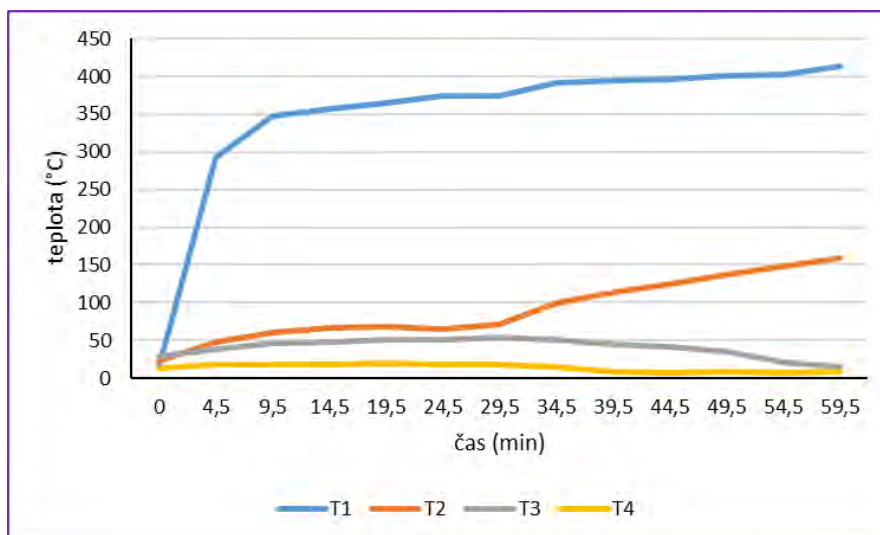
Obr. 55 Pribeh teplôt vzorka č. 2 – 1. alternatíva (Tereňová a Gracovský, 2017)

Vyhodnotenie vzorky č. 2 – 1. alternatíva:

Po 5. minútach sa objavili na vzorke výraznejšie zmeny vo farbe omietky, vznikla žltá-hnedá škvrna v dôsledku úbytku viazanej vody vo vrstve omietky. Približne v 30. minúte sa vizuálne zmeny na omietke skončili a došlo k počuteľnému prasknutiu sadrokartónovej dosky. Približne v 50. minúte nastal únik pary a dymu zo vzorky. Vznikol intenzívnejší zápach, ktorý sa podobal horiacemu plastu – došlo k poškodeniu izolačnej platne Entkopplung. V mieste namáhania sa vyskytla vydutá časť omietky v rozsahu cca 250 x 250 mm. Po 60. tej minúte sa vzorka vyniesla na voľné priestranstvo, po jej ochladnutí začala omietka praskať a vznikla výrazná trhlinka sadrokartónovej dosky. Konštrukcia vzorky sa otvorila a skontrolovala sa miera poškodenia jednotlivých vrstiev (Gracovský a kol. 2016).

Tab. 14 Namerané teploty vzorka č. 2 – 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Čas (min)	Teplota (°C)			
	T1	T2	T3	T4
0	14,4	23,3	28,5	13,9
4,5	292,4	48,5	38,2	17,7
9,5	347,1	60,2	46,2	18,8
14,5	357,4	66,4	47,6	17,9
19,5	365,1	69,0	50,8	20,0
24,5	374,8	65,1	51,6	18,0
29,5	374,5	71,4	53,8	17,7
34,5	391,0	99,9	51,0	14,6
39,5	395,2	114,0	45,4	8,5
44,5	396,4	124,3	41,6	7,0
49,5	401,5	136,8	35,5	8,2
54,5	402,5	147,9	20,7	7,7
59,5	412,8	159,4	15,0	8,4



Obr. 56 Priebeg teplôt vzorka č. 2 – 2. alternatíva (Tereňová a Gracovský 2017)

Vyhodnotenie vzorky č. 2 – 2. alternatíva:

Na začiatku skúšky boli taktiež spozorované farebné zmeny na omietke a mierne vydutie omietky. Výraznejšie zmeny prebiehali približne v 30. minúte, kedy bolo spozorované uvoľňovanie pary zo vzorky a následne nastalo porušenie celistvosti sadrokartónovej dosky. V 50. minúte sa prejavilo výraznejšie dymenie a zápach dreva, vplyvom prirodzeného uvoľňovania vlhkosti pri zvýšenej teplote v konštrukcii. Po ukončení skúšky sa vzorka vynesla na voľné priestranstvo. Pokles teploty opäť spôsobil prasknutie vydutej omietky. Po „otvorení“ vzorky boli pozorovateľné trhliny na sadrokartónovej doske. Tepelná izolácia – sklená vata, zmenila farbu a ďalší prechod tepla vrstvou tepelnej izolácie bol však omnoho intenzívnejší ako u 1. alternatívy vzorky č. 2. (Gracovský a kol. 2016).

Vzorka č. 2 – schopnosť protipožiarnej ochrany

V prípade 1. alternatívy vzorky č. 2 tvorí podklad izolačná platňa Entkopplung. Namieraná teplota na termočlánku T2 (spodná strana podkladu) v 30. minúte bola 74,3 °C, čím nie je prekročený max. nárast začiatkovej teploty 23,6 °C o medznú teplotu 250°C. Rozdiel v skladbe 2. alternatívy vzorky č. 2 bol v absencii izolačnej platne Entkopplung. Termočlánok T2 pred vrstvou tepelnej izolácie (spodná strana podkladu) nameral v 30. minúte teplotu 71,4 °C, teda o niečo nižšiu ako na spodnej strane izolačnej platne Entkopplung, čiže medzný nárast teploty počas doby 30 minút tiež nebol prekročený.

Celkové vyhodnotenie výsledkov – vzorka č. 2

Protipožiarne obklad vzorky č. 2 by splnil kritériá pre klasifikáciu do K2 počas 30 minút, samozrejme za predpokladu, že na žiadnom mieste podkladu a na nijakom mieste nenamáhannej strany obkladu by počas 30. minút nedošlo k odhoreniu alebo zuhoľnateniu. Obidve alternatívy vzorky č. 2 majú na prvý pohľad takmer identický priebeg teplôt (viď Obr. 55 a Obr. 56). Izolačná platňa Entkopplung však v konštrukcii 1. alternatívy mala svoj význam. Vplyvom sálavého tepla došlo v priebehu skúšky

k „spečeniu platne“, čím sa vytvorila bariéra, ktorá bránila ďalšiemu prechodu tepla do konštrukcie. V 30. minúte skúšky bola na jej spodnej strane nasnímaná teplota 74,3 °C a za platňou len 41,3 °C, pričom v tomto čase mohlo dôjsť k čiastočnej degradácii polyesterovej platne Entkopplung (Orémusová 2011). Z tohto dôvodu bola klasifikácia schopnosti protipožiarnej ochrany obkladu pre 1. alternatívu vzorky č. 2 určená 10 K1. Z porovnania teploty na termočlánku T3 = 41,3 °C (1. alternatíva) za izolačnou platňou (teda pred vrstvou tepelnej izolácie), s teplotou na termočlánku T2 = 71,4 °C u 2. alternatívy (taktiež pred vrstvou tepelnej izolácie) vyplýva, že vyšší nárast teplôt smerom do konštrukcie bol jednoznačne u 2. alternatívy vzorky č. 2. Na Obr. 57 je zobrazená vzorka č. 2 – 1. alternatíva po ukončení skúšky.



Obr. 57 Vzorka č. 2 – 1. alternatíva po ukončení skúšky (vpravo degradácia izolačnej platne Entkopplung) (Tereňová a Gracovský 2017)

Na Obr. 58 je vzorka č. 2 – 2. alternatíva po ukončení skúšky, na ktorej môžeme vidieť poškodenú celistvosť sadrokartónu a značne zadymenú tepelnú izoláciu v rozsahu cca 400 x 450 mm, čo bolo spôsobené degradáciou papierovej parozábrany, umiestnenej z vnútornej strany tepelnej izolácie, vplyvom vyššieho nárastu teplôt ($T_2 = 99,9$ °C v 35. minúte) smerom dovnútra konštrukcie.



Obr. 58 Vzorka č. 2 – 2. alternatíva po ukončení skúšky (vpravo zadymená tepelná izolácia za papierovou parozábranou) (Tereňová a Gracovský 2017)

Diskusia

Najlepší výsledok zo všetkých skúšaných vzoriek dosiahla vzorka č. 1 – 1. alternatíva s podkladovou OSB doskou. Pre porovnanie – 1. alternatíva vzorky č. 1 dosiahla v 30. minúte na nosnom stĺpiku teplotu 20 °C, čo je o 51,8 °C menej ako u 2. alternatívy. Schopnosť protipožiarnej ochrany obkladu vzorky bola na základe výsledkov merania stanovená 30 K2. U druhej alternatívy vzorky č. 1 bolo kritérium K2 porušené v 25. minúte, kedy došlo k porušeniu celistvosti sadrovláknitého obkladu a v ďalšom priebehu skúšky k zapáleniu nosného dreveného stĺpika v konštrukcii. U vzorky č. 2 – 1. alternatíva bola klasifikácia schopnosti protipožiarnej ochrany obkladu 10 K1 z dôvodu degradácie polyesterovej izolačnej platne pod sadrokartónovým obkladom, čo bol lepší výsledok ako u 2. alternatívy bez podkladovej platne, u ktorej nastal intenzívnejší nárast teplôt do konštrukcie a následné znehodnotenie tepelnej izolácie vo vnútri konštrukcie. Pre porovnanie – teplota pred vrstvou tepelnej izolácie u 1. alternatívy vzorky č. 2 bola v 30. minúte skúšky 41,3 °C a u 2. alternatívy 71,4 °C. Na základe zistených pozitívnych výsledkov experimentu je teda možné konštatovať, že drevo v spojení s inými materiálmi možno zabezpečiť pozitívne protipožiarne vlastnosti (Osvald a kol. 2014).

Literatúra

Gracovský, R. – Danihelová, A. – Tereňová, Ľ. 2016. Testovanie zrubovej stenovej konštrukcie na účinky požiaru. Delta, vedecko-odborný časopis. ISSN 1337-0863, 2015, roč. 9, č. 18, s. 8-15.

Olbríimek, J. – Jankovič, D. 2013. Určovanie druhu konštrukčného prvku podľa národnej prílohy k STN EN 13 501-1+A1. Defining the Type of Construction Element According to STN EN 13 501-1+A1. In Požární ochrana 2013. SPBI: Ostrava, 2013. s. 341-344. ISBN 978-80-7385-127-9/ISSN 1803-1803.

Orémusová, E. 2011. Evaluation of ignitability of polystyrene selected types. In Kolokvium ku grantovým úlohám VEGA [elektronický zdroj]. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. s. 115-123. ISBN 978-80-228-2221-3.

Osvald, A. – Reinprecht – Štefko, J. 2014. Moderné drevostavby 1/2014. Bratislava: Jaga, 2014. s. 145-153. ISSN 1335-9142.

STN 92 0201-2:2017 : Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 13 501-2:2018 : Klasifikácia požiarne charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 2: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti (okrem ventilačných zariadení).

STN EN 14 135:2005 : Obklady. Zisťovanie schopnosti protipožiarnej ochrany.

STN EN 1995-1-1:2008 : Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií Časť 1-1: Všeobecne – Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.

Štefko, J. - Reinprecht, L. – Kuklík, P. 2006. Dřevené stavby 2. vyd. Bratislava: Jaga, 2006. 215 s. ISBN 80-80-76-043-8.

Tereňová, Ľ. – Gracovský, R. 2017. Impact of material composition on the fire safety of wood buildings structural elements. In Fire Protection Safety and Security 2017: International Scientific Proceedings. May 3rd - 5th, 2017, Zvolen, Slovak Republic. 2017. ISBN 978-80-228-2957-1.

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

3.2.4. Hodnotenie utesnenia lineárnych stykov protipožiarneho obkladov panelovej konštrukcie drevostavby

Protipožiarne obklady patria v súčasnosti medzi najbežnejšie spôsoby zvyšovania alebo dosiahnutia požiarnej odolnosti požiarnej konštrukcie v drevostavbách. Jedná sa o zvyšovanie alebo dosiahnutie požiarnej odolnosti suchým spôsobom výstavby, najčastejšie prostredníctvom sadrokartónových, sadrovláknitých, sadrocementových alebo kalciumsilikátových protipožiarneho systémov. Protipožiarne dosky týchto systémov sú v zmysle STN EN 13 501-1 + A1/Z1 (2012) klasifikované ako nehorľavé materiály do triedy reakcie na oheň A1 alebo A2. Pri výstavbe drevostavieb sa používajú v tradičných aj v novodobých konštrukčných systémoch. Ich použitím vieme vytvoriť nosné alebo nenosné konštrukcie požiarnej stien alebo požiarnej stropov so závislou alebo nezávislou požiarnej odolnosťou.

Požiadavky na utesňovanie prestupov cez požiarne deliace konštrukcie platia v zmysle Vyhlášky MV SR č. 94/2004 Z.z. nielen pre prestupy rozvodov, inštalácií, technických a technologických zariadení, ale aj pre utesňovanie lineárnych stykov stavebných prvkov požiarne deliacich konštrukcií. Jedná sa o stavebné prvky protipožiarneho obkladov, ktorých lineárne styky musia byť utesnené tak, aby zabránili rozšíreniu požiaru do iného požiarneho úseku. Utesnený lineárny styk musí spĺňať požiadavky na požiarnej odolnosť požiarne deliacej konštrukcie.

Neodmysliteľnou súčasťou protipožiarneho konštrukcie je spojovací materiál, ktorý ovplyvňuje mechanickú odolnosť a stabilitu celej konštrukcie. V dnešnej dobe sa na spojovací materiál kladú vysoké nároky a všetky druhy spojovacieho materiálu musia byť antikorozy upravené. K upevňovaniu napr. sadrovláknitých dosiek sú vhodné skrutky s klinovou špičkou a vrúbkovanou hlavou menšieho priemeru, ktorá ľahšie prenikne do povrchu protipožiarnej dosky. Lineárne styky medzi protipožiarnej doskami sa utesňujú tmelenými alebo lepenými spojmi.

Skúšobnou vzorkou pre experiment bola vnútorná nosná požiarnej stena s predpokladanou požiarnej odolnosťou 60 REI D3, stanovená výrobcom. Na základe modelového testu požiarnej odolnosti sme vyhodnotili požiarnej odolnosť skúmanej konštrukcie a schopnosť protipožiarnej ochrany protipožiarneho obkladu zo sadrovláknitej dosky s dvoma odlišnými spôsobmi utesnenia lineárnych stykov. Experiment bol zároveň určený na overenie, či lineárne styky protipožiarneho obkladových dosiek môžu v požadovanom čase požiarnej odolnosti spôsobiť zvýšenie intenzity požiaru vo vnútri konštrukcie.

Materiál

Modelovým testom požiarnej odolnosti sme odskúšali dve skúšobné vzorky vnútornej nosnej požiarnej steny. Základom oboch vzoriek boli nosné drevené stĺpiky prierezu 60 x 100 mm s minerálnou izoláciou z kamennej vlny hr. 100 mm medzi nimi a s obojstranným obkladom z protipožiarneho sadrovláknitých dosiek hr. 12,5 mm. Plošná hmotnosť sadrovláknitých dosiek bola pri tejto hrúbke 15 kg.m⁻² a hustota 1,2 kg.m⁻³, trieda reakcie na oheň A2_{s1,d0}. Obkladové dosky boli spojené zvislo na nosnom stĺpiku vzorky a upevnené antikorozy upravenými sponkami. Zvislý spoj bol na

každej vzorke riešený iným spôsobom tesnenia lineárneho styku. Prvá vzorka – vzorka A bola s tmeleným lineárnym stykom, druhá vzorka – vzorka B s lepeným lineárnym stykom. Na tmelený styk bol použitý sadrový tmel, vystužený výstužnou páskou, nakoniec prestierkovaný a uhladený do stratená. Pre typ lepeného styku sa lepidlo nanáša priamo na čistú a suchú hranu už namontovanej dosky. Ďalšia doska sa k tejto hrane s naneseným lepidlom pritlačí tak, aby šírka špáry bola max. 1 mm. Po zatuhnutí sa prebytočné lepidlo odstráni a zabruší. Obidva styky boli zhotovené podľa technického návodu výrobcu. Skúšobné vzorky sú vyobrazené na Obr. 59.



Obr. 59 Skúšobné vzorky
vľavo vzorka A s tmeleným lineárnym stykom, vpravo vzorka B s lepeným lineárnym stykom
(Tereňová a Hakoš 2016)

Postup merania

Zdroj tepla sme umiestnili tak, aby na utesnený lineárny styk pôsobilo čo najviac žiarenia (Obr. 60). V každej vzorke boli vložené štyri za sebou nasledujúce termočlánky v mieste lineárneho styku, smerom od namáhanej strany vzorky k nenamáhanej strane:

- termočlánok – na namáhanom povrchu vzorky,
- termočlánok – za obkladom, v mieste medzi lineárnym stykom a nosným dreveným stĺpikom,
- termočlánok – za tepelnou izoláciou (za nosným dreveným stĺpikom),
- termočlánok – na nenamáhanom povrchu vzorky.

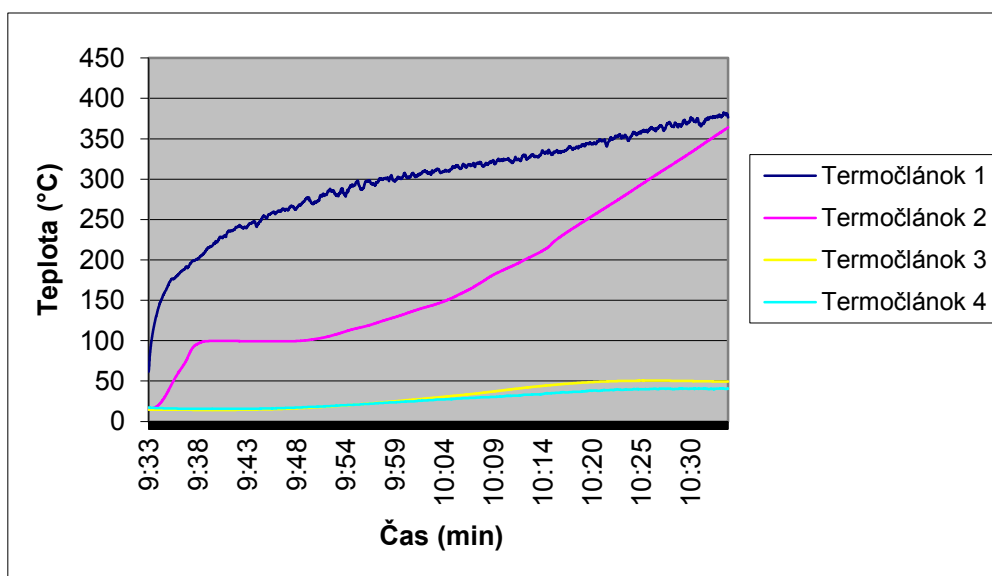
Po dosiahnutí ustáleného plného výkonu zdroja sálavého tepla sa vzorky umiestnili do vzdialenosti 200 mm od radičného panela a započal sa automatický záznam snímania teplôt na jednotlivých termočlánoch prostredníctvom meracieho prístroja Almemo. Čas trvania skúšky bol stanovený 60 min.



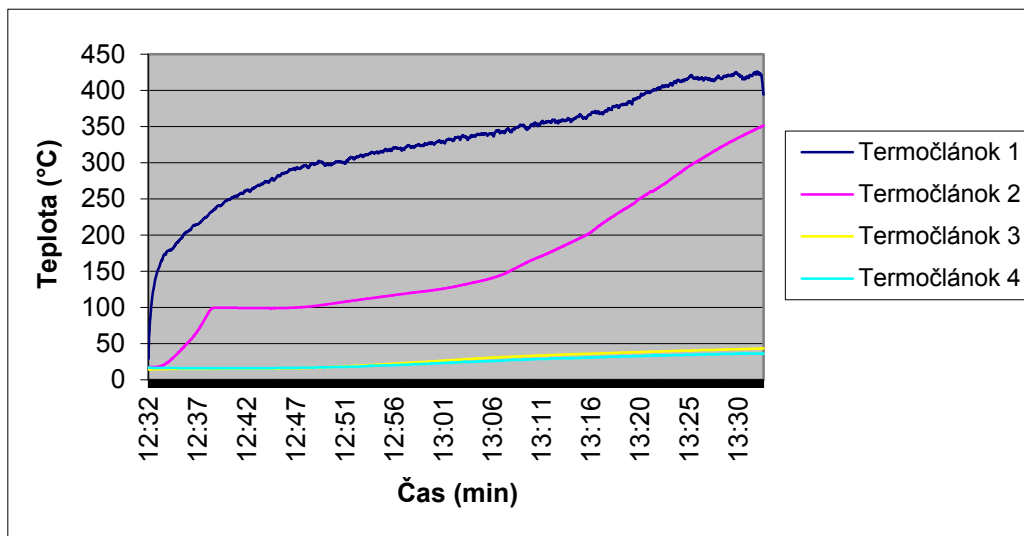
Obr. 60 Usporiadanie zariadení (Tereňová a Hakoš 2016)

Výsledky a vyhodnotenie

Vzorok sme vyhodnotili na základe nameraných výsledkov teplôt a spozorovaných zmien na jednotlivých vzorkách v priebehu skúšky a po ukončení skúšky. Schopnosť protipožiarnej ochrany sme hodnotili podľa metodiky popísanej v podkapitole 3.2.3. Grafy priebehu teplôt sú znázornené na Obr. 61 a Obr. 62.

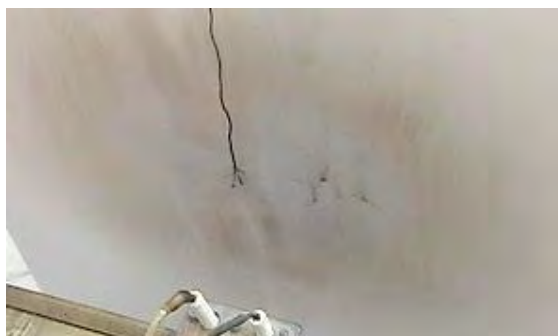


Obr. 61 Priebeh teplôt vzorka A s tmelených lineárnym stykom (Tereňová a Hakoš 2016)

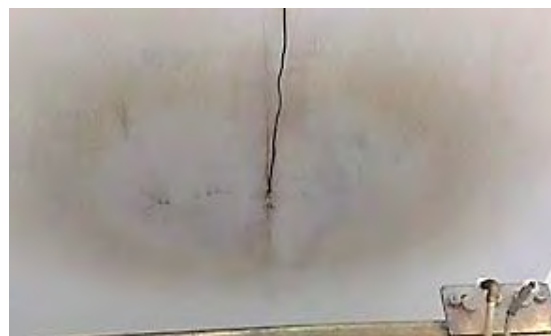


Obr. 62 Priebeg teplôt vzorky B s lepeným lineárnym stykom (Tereňová a Hakoš 2016)

Grafy priebehu teplôt vzorky A a vzorky B sú na prvý pohľad veľmi podobné. Pri vzorke B však môžeme pozorovať pozvolnejší nárast teplôt hlavne na termočlánku 2, ale aj na termočlánkoch 3 a 4. Naopak, povrchový termočlánok 1 má na vzorke B prudkejší nárast oproti vzorke A. Do približne 17. minúty skúšky bol u obidvoch vzoriek na termočlánkoch 2, 3 a 4 približne rovnaký priebeh teplôt, ďalej sa už teploty postupne zvyšovali. V 30. minúte bola pri vzorke A na termočlánku 1 zaznamenaná teplota 310 °C a na termočlánku 2 teplota 144 °C. Pri vzorke B bolo v 30. minúte na termočlánku 1 nameraných 333 °C, na termočlánku 2 to bolo 127 °C. To znamená, že sa jedná približne o teplotný posun 20 °C. Na vzorke A sa v jej hornej časti už v 4. minúte skúšky objavila v mieste lineárneho styku jemná prasklina, ktorá sa postupne predlžovala smerom nadol. Na vzorke B sa jemná prasklina objavila v 9. minúte skúšky. Približne v 10. minúte sa začalo v oblasti pôsobenia sálavého tepla meniť sfarbenie povrchu vzoriek (začernutie), ktoré sa postupne zväčšovalo. Zmena na vzorkách nastala až približne v 35. minúte, kedy bolo cítiť intenzívnejší zápach a to bol začiatok ďalších zmien (biele mapy po stranách lineárneho styku, zväčšovanie prasklín, vznik vodoravných trhlín), ktoré smerovali k postupnému rozkladu sadrovláknitej dosky v namáhanej oblasti. Zmeny po 35. minúte sú názorne vyobrazené na nasledujúcich Obr. 63, 64, 65 a 66.



Obr. 63 Vzorka A (približne 40. minúta)
(Tereňová a Hakoš 2016)



Obr. 64 Vzorka B (približne 40. minúta)
(Tereňová a Hakoš 2016)



Obr. 65 Vzorka A (60. minúta skúšky)
(Tereňová a Hakoš 2016)



Obr. 66 Vzorka B (60. minúta skúšky)
(Tereňová a Hakoš 2016)

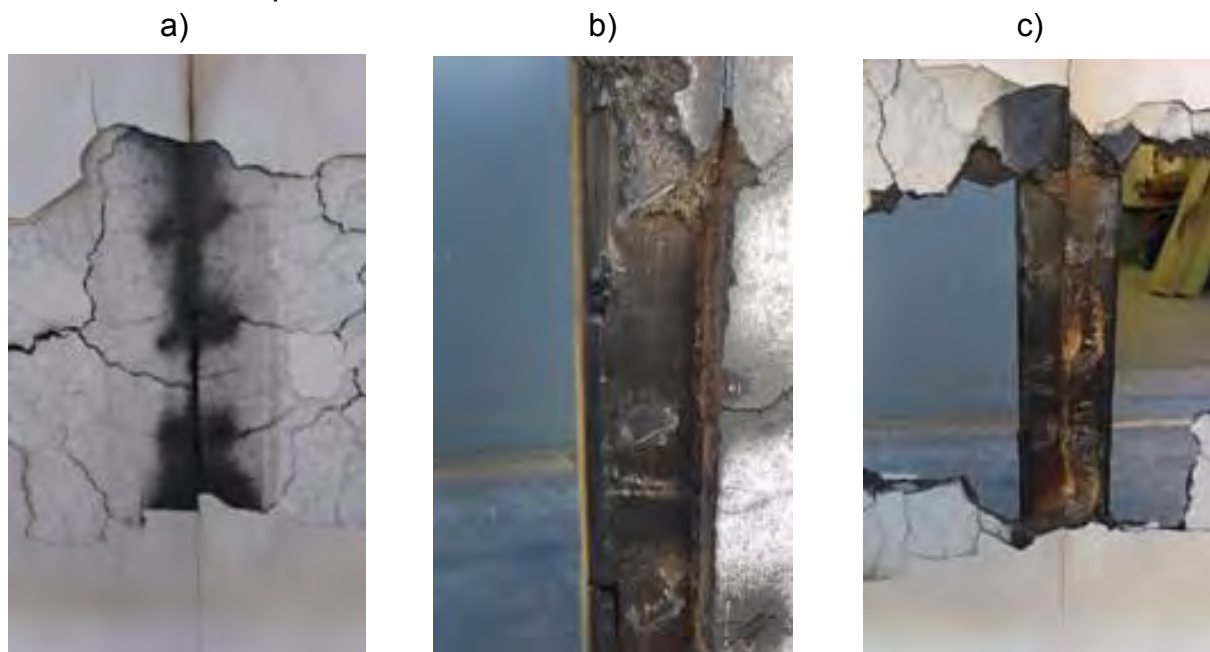
Z Obr. 65 a Obr. 66 je zjavné, že vzorka A s tmeleným stykom je po ukončení skúšky viac porušená ako vzorka B s lepeným stykom. Na Obr. 66 je viditeľné mierne vydutie sadrovláknitej dosky v mieste tepelného namáhania. Na Obr. 67 a Obr. 68 detailne vidíme mieru porušenia v mieste lineárneho styku vzoriek po ukončení skúšky a jej vynesení na vonkajšie priestranstvo. Na vzorke A nastalo tlenie nosného dreveného stĺpika (Obr. 67 vľavo). Tepelná degradácia dreveného stĺpika nastala asi v 53. minúte, kedy sa objavil intenzívnejší dym, sprevádzaný zápachom po dreve. V 60. minúte bola za lineárnym stykom na stĺpiku, teda na termočlánku 2 nameraná teplota 354 °C, povrchový termočlánok 1 nameral 378 °C, termočlánok 3 dosiahol 50 °C a termočlánok 4 nameral teplotu 40 °C. Obr. 67 vpravo ukazuje mieru zuhoľnatenia dreveného stĺpika po úplnom vychladnutí vzorky.



Obr. 67 Vzorka A po ukončení skúšky - vľavo tlenie dreveného stĺpika, vpravo zuhoľnatý drevený stĺpik po úplnom vychladnutí vzorky
(Tereňová a Hakoš 2016)

Na vzorke B došlo k zuhoľnatiu len na hranách dreveného stĺpika (Obr. 68 b), Obr. 68 c). Na obr. 68 a) je viditeľné „vyhorenie“ lepidla v určitých miestach lineárneho styku. V 60. minúte skúšky nameral povrchový termočlánok teplotu 423 °C,

termočlánok 2 za lineárnym stykom na stĺpiku 348 °C, termočlánok 3 teplotu 43 °C a termočlánok 4 teplotu 36 °C.



Obr. 68 Vzorka B po ukončení skúšky
a) porušený lepený lineárny styk, b) lepený lineárny styk po odstránení obkladu, c) drevený stĺpik zuhoľnatený na hranách (Tereňová a Hakoš 2016)

Vyhodnotenie schopnosti protipožiarnej ochrany

Ani jedna zo vzoriek nespĺnila v sledovanom mieste lineárneho styku za sadrovláknitým obkladom kritérium schopnosti protipožiarnej ochrany K2. Teplota na strane podkladu (dreveného stĺpika) sa v 60. minúte skúšky zvýšila o viac ako normou stanovených 270 °C u obidvoch vzoriek a drevený stĺpik bol v obidvoch prípadoch zuhoľnatený. Z toho vyplýva, že testovaná konštrukcia by nespĺnením kritéria K2 zvyšovala v požadovanom čase požiarnej odolnosti 60 minút intenzitu požiaru a tým by nespĺňala požiadavky konštrukčného prvku druhu D2 podľa projektovej normy STN 92 0201-2 (2017). Podobné výsledky sme zaznamenali pri experimente modelového testu požiarnej odolnosti dvoch vzoriek obvodovej panelovej konštrukcie drevostavby, ktoré sú popísané v predchádzajúcej podkapitole 3.2.3 (Tereňová a Gracovský 2017). Vzorka so sadrokartónovým protipožiarnym obkladom, za ktorým bola montážna medzera vyplnená minerálnou vlnou a za ňou podklad z OSB dosky, počas trvania skúšky 60 minút splnila požiadavky na konštrukčný prvok druhu D2. Na druhej vzorke so sadrovláknitým obkladom s rovnakou inštalačnou medzerou ale bez podkladu z OSB dosky bolo v 40. minúte spozorované horenie stredového hranola inštalačnej medzery, ktoré sa postupne prenieslo aj na nosný drevený stĺpik konštrukcie.

Diskusia

Z uvedených výsledkov je zrejmé, že obidve vzorky bezpečne odolávali účinkom tepelného zaťaženia počas 30 minút, vrátane utesnenia v lineárnych stykoch. Podstatné zmeny nastali až približne v 40. minúte, ako bolo popísané vyššie. Lepený lineárny styk jednoznačne lepšie odolal tepelnému namáhaniu ako tmelený styk.

Utesnenie obidvoch stykov bolo zhotovené z materiálov a podľa postupov odporúčaných výrobcami. Tmelený styk bol na báze sadry, z čoho je možné usúdiť, že bol náchyľnejší na vznik prasklín, čo celkovo smerovalo k intenzívnejšej degradácii vzorky A v namáhanej oblasti. Vzhľadom na teploty namerané u obidvoch vzoriek na strane podkladu (dreveného stĺpika) v 30. minúte skúšky (vzorka A 144 °C, vzorka B 127°C) je možné predpokladať, že kritérium požiarnej odolnosti K2 bolo pre obidve vzorky v tomto čase splnené. Vyššiu požiarную odolnosť by bolo možné dosiahnuť použitím dvoch vrstiev sadrovláknitej dosky s prekrytými stykmi v mieste nosného stĺpika alebo použitím podkladovej vrstvy napr. z OSB dosky pod obkladom.

Literatúra

STN 92 0201-2:2017 : Požiarная bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.

STN EN 13 501-1+A1/Z1:2017 : Klasifikácia požiarных charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text).

Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarную bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

Tereňová, Ľ. – Gracovský, R. 2017. Impact of material composition on the fire safety of wood buildings structural elements. - APVV-0057-12. - WOS. In Fire Protection Safety and Security 2017: International Scientific Proceedings. May 3rd - 5th, 2017, Zvolen, Slovak Republic. 2017. ISBN 978-80-228-2957-1. - P. 235-242 [CD-ROM].

Tereňová, Ľ. - Hakoš, J. 2016. The fire resistance of linear joints of the fire safety facings and their ability of the protection against fire in wooden buildings. In Wood & Fire Safety: 8. medzinárodná vedecká konferencia. Žilina: ŽU, 2016. s. 337-345, zborník USB. ISBN 978-80-554-1201-6.

4. ZÁVER

Experiment hodnotenia zuhoľnatej vrstvy nosných drevených prvkov zaťažených ohybom ukázal, že čím sú nosníky viac zaoblené, tým sú náchylnejšie na plameňové horenie a tým aj na tvorbu zuhoľnatej vrstvy, ktorá sa zväčšuje v závislosti na tvare prierezu vzorky. Pri jednostrannom zaťažení sálavým teplom dosiahli najlepšie výsledky vzorky nosníkov štvorcového prierezu, ktoré počas doby 30 – 35 minút aj pri vzniku zohoľnatej vrstvy vyhoveli maximálnemu dovolenému priehybu pre zachovanie jeho nosnosti a stability v podmienkach požiaru.

Výsledky modelového testu požiarnej odolnosti drevenej zrubovej konštrukcie potvrdili, že na dosiahnutie požadovanej požiarnej odolnosti v mieste ložnej škáry má vplyv hlavne konštrukčné a materiálové riešenie ložnej škáry, jej tvar, kvalitná tepelná izolácia a kvalitné utesnenie vonkajšej strany ložnej škáry. Výsledky potvrdili, že vo veľkej miere závisí aj na geometrickom tvare zrubových prvkov, ktorý predurčuje vznik plameňového horenia na exponovanej strane konštrukcie a tým môže ovplyvniť celkové výsledky požiarnej odolnosti v mieste ložnej škáry. Výsledky experimentu ukázali, že účinky sálavého tepla celkovo lepšie zvládla zrubová stena zhotovená z guľatiny. Obidve vzorky vzhľadom na teploty namerané na neexponovanej strane zrubových prvkov a na neexponovanej strane ložných škár splnili kritérium tepelnej izolácie počas celej dĺžky trvania experimentu 45 minút. Predpokladáme, že čas požiarnej odolnosti by sa so zvyšovaním času trvania skúšky ešte navyšoval.

Keď porovnáme uvedené výsledky z prvých dvoch experimentov, vychádza nám zaujímavý výsledok, že samostatné prierezy nosných prvkov sa v podmienkach požiaru správajú ináč ako v prípade, keď sú spojené v zrubovej stene. Pri ich samostatnom použití musia byť dobre nadimenzované na účinky požiaru a je vhodné ich chrániť protipožiarnym, napr. intumescentným náterom.

Na základe výsledkov z modelového testu požiarnej odolnosti panelových konštrukcií vyplýva, že rôzna materiálová skladba skúšaných vzoriek viedla k odlišným výsledkom správania sa konštrukcie v podmienkach namáhania sálavým zdrojom tepla. Získané výsledky ukázali, že vhodným materiálovým riešením a usporiadaním jednotlivých vrstiev v konštrukciách drevostavieb je možné už pri projektovom riešení vhodne nastaviť skladbu konštrukcií tak, aby v požadovanom čase nezvyšovali intenzitu požiaru a tým zabránili jeho rozšíreniu do celej stavby. Pozitívnu úlohu pri prvej vzorke zohrala podkladová doska OSB pod protipožiarnym obkladom a pri druhej vzorke izolačná platňa z polyesterových vlákien, ktorú sme použili skusmo ako experiment. Vzorky s použitím uvedených podkladových dosák dosiahli priaznivejšie výsledky z hľadiska schopnosti protipožiarnej ochrany ako vzorky bez podkladovej vrstvy. Schopnosť protipožiarnej ochrany bola pri podkladovej OSB doske vyhodnotená ako 30 K2 a pri izolačnej platni z polyesterových vlákien 10 K1 z dôvodu jej degradácie približne v 30. minúte skúšky.

Hodnotenie výsledkov utesnenia lineárnych stykov protipožiarnych obkladov panelovej konštrukcie – nosnej vnútornej steny potvrdili jej predpokladanú požiaru odolnosť 60 REI D3, čo ale znamená, že pre viacpodlažné drevostavby v zmiešanom konštrukčnom celku by sa pre požiaru odolnosť 60 minút táto konštrukcia nemohla

použiť. Požadovanú konštrukciu druhu D2 v zmysle nových požiadaviek projektovej normy by sme dosiahli použitím dvojvrstvého protipožiarneho obkladu s vystriedanými lineárnymi stykmi, pričom na základe získaných výsledkov odporúčame lepené lineárne styky. Tmelený styk bol na báze sadry, z čoho je možné usúdiť, že bol náchylnejší na vznik prasklín a následné porušenie celistvosti.

SUMMARY

The scientific monograph focuses on acquainting the reader with the thorough outline of timber construction behaviour in a fire. The first part of the work deals with theoretical foundations of the timber constructions and their fire safety. At the same time, there are considered the current requirements and knowledge on fire safety of multi-storey timber buildings. The second part states the results of the medium-scale tests aimed at fire performance of typical constructions. The achieved results presented in this work can be recapped as follows:

When dealing with timber structures, regarding especially traditional timber structure with exposed load-bearing designs which are loaded against flexure; squared timber is preferred to rounded timber. The squared timber is more stable to form a charred layer which improves their mechanical resistance and stability in a fire in a required time. However, they must be designed to react to fire according to the Eurocode 5 considering the number of sides on which the construction is affected by fire load.

An important finding resulting from the first two experiments is that squared beams as individual design members show better performance in fire regarding forming a deeper charred layer, therefore, implying better mechanical properties. On the other hand, in log houses, it is more suitable to design a log wall made of logs which perform well in fire without surface flame combustion. An important condition to retain fire resistance is a quality construction and material solution for sealing the gap between the individual log items.

Based on the positive results of the model test of fire resistance of panel constructions, it can be stated that timber, when connected to other materials, can be given positive fire properties. The required fire resistance of load-bearing constructions and fire partitions can be adjusted via fire resistant siding with bedding meeting K2 criterion on fire protection of D2 construction members required for multi-storey building designs.

The results of the last experiment showed that a single-layer fire siding of 12.5 mm thickness is able to meet more strict D2 construction criteria during 30 minutes including sealed linear connections. Any damages in fire siding surface integrity, especially in the site of linear connections, caused an increase in temperatures in the inside direction of the construction which resulted in the ignition and consequent charring of the wooden load-bearing construction members. Such construction can only be classified as D3. Using two-layer fire siding with glued linear connections or suitable bedding could achieve safer D2 construction with 60- to 90-minute fire resistance depending on the type and thickness of fire siding.

The mentioned findings demonstrate that the linear connections of fire siding, their type and the method of installation affect fire resistance of the construction as well as indicate the thickness and number of layers of fire siding to protect timber constructions so that they do not increase the fire intensity in the required fire resistance time.