

VPLYV PLAMEŇOVÉHO HORENIA NA RÔZNE DRUHY DREVENÝCH HRANOLOV

INFLUENCE OF FLAME BURNING ON DIFFERENT TYPES OF WOODEN PRISMS

Bc. Ing. Stanislava Gašpercová, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26
Žilina, Slovenská republika

Kontakt: stanislava.gaspercova@fbi.uniza.sk

Ing. Filip Wesserle

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26
Žilina, Slovenská republika

Kontakt: filip.wesserle@gmail.com

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá experimentálnym skúmaním vplyvu plameňového zdroja horenia na úbytok hmotnosti hranolov vyhotovených z prírodného a lepeného smrekového dreva. Pri skúmaní lepeného dreva sa v práci rozoberá aj vplyv počtu spojov na odhorievanie drevnej hmoty. Všetky vzorky mali konštantné rozmery a vlhkosť a boli rozdelené na tri sady. Prvú sadu tvorili vzorky s pozdĺžnym lepeným spojom, druhá sada pozostávala zo vzoriek s pozdĺžnym a priečnym lepeným spojom a tretia sada obsahovala vzorky z rastlého dreva. Namerané hodnoty boli po experimente štatisticky vyhodnotené a graficky znázornené. Záver príspevku tvorí vyhodnotenie experimentu a vyvodenie záverov.

Kľúčové slová: lepené drevo, prírodné drevo, úbytok hmotnosti, smrekové drevo, plameňové horenie

Abstract

The paper deals with experimental investigation of the influence of a flame source of combustion on the weight loss of prisms made of natural and glued spruce wood. When examining glued wood, the work also discusses the influence of the number of joints on the burning of wood. All samples were of constant size and humidity and were divided into three sets. The first set consisted of samples with a longitudinal glued joint, the second set consisted of samples with a longitudinal and transverse glued joint, and the third set contained samples

of grown wood. The measured values were statistically evaluated after the experiment and plotted. The conclusion of the paper is the evaluation of the experiment and the conclusion of conclusions.

Key words: glued wood, natural wood, weight loss, spruce wood, flame burning

Úvod

Drevo je stavebný materiál, ktorý obsahuje veľké množstvo energie, ktorá sa v ňom nahromadila pri fotosyntéze a následných endotermických reakciách, pri ktorých sa premieňa glukóza na polysacharidy a lignín. Túto energiu môžeme z dreva uvoľniť napríklad pri jeho horení [1, 2, 3].

Pôsobením tepla vytvoreného napríklad plameňom alebo sálavým zdrojom sa začínajú štiepiť základné stavebné prvky dreva a dochádza k uvoľňovaniu horľavých plynov. Pri dostatočnej koncentrácii a vhodnom iniciačnom zdroji sa tieto plyny zapália a uvoľňujú dostatok energie na ďalšie uvoľňovanie horľavých plynov [4].

Na základe výskumov viacerých autorov [1, 5, 6, 7, 8] už zvýšená teplota nad 100 °C má vplyv na zmeny fyzikálnych, štrukturálnych a chemických vlastností dreva. Proces termickej degradácie dreva je veľmi zložitý. Každá zo základných zložiek dreva sa na tejto degradácii významne podieľa v inom časovom úseku horenia a pri iných teplotách. Ujasnenie si týchto súvislostí spresnilo celkový pohľad na termickú degradáciu dreva ako stavebného prvku pri požiari. Popri chemickom zložení zohrávajú významnú úlohu aj fyzikálne vlastnosti dreva. Popri iných dôležitých vlastnostiach spomeňme hlavne hustotu dreva a rýchlosť zuhoľnatenia, ktoré majú významný vplyv na transport tepla a rýchlosť horenia a tým aj na celkový rozvoj požiaru.

Pre posudzovanie vplyvu požiaru na drevené konštrukcie sa využíva európska norma STN EN 1995-1-2 Eurokód 5 – Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-2: Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru. Pri navrhovaní drevených konštrukcií na účinky požiaru ide v podstate o zjednodušenie vplyvu účinku požiaru na charakteristické vlastnosti konštrukčného materiálu [9, 10].

Druhou možnosťou ako stanoviť vplyv požiaru na drevené konštrukcie je podrobiť ich experimentálnemu skúmaniu. Medzi najčastejšie používané charakteristiky patria skúšky vplyvu ohňa na stavebné výrobky ako sú napríklad: STN EN ISO 11925-2 Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia a pod. [11].

Pri stanovovaní protipožiarnej odolnosti drevených prvkov je analýza založená na zmenšení pričného rezu prvku ako výsledku odhorievania. Výsledky experimentálnych prác viacerých autorov [12, 13, 14, 15, 16] potvrdzujú, že rýchlosť odhorievania dreva je konštantná. Jedným z cieľov tejto práce bolo zistiť, či je pri horení dreva konštantný aj úbytok hmotnosti. Druhým cieľom bolo zistiť či má lepenie drevených hranolov vplyv na termickú degradáciu dreva.

1. Popis vybraného materiálu

Smrekové drevo patrí medzi mäkké drevo, ktoré je vzhľadom na svoju objemovú hmotnosť pomerne pevné a pružné. Smrekové drevo má v rámci stavebníctva nezastupiteľnú funkciu. Vyrábajú sa z neho nosné časti konštrukcií ako sú trámy, krovy, stĺpy, debnenia, ale aj nenosné časti ako napríklad podlahy, či obklady stien a stropov.

Drevené trámy z prírodného smrekového dreva sa v stavebníctve najčastejšie používajú ako nosníky na konštrukciu striech a stropov do rozponu približne 8 m. Použitie hranolov z prírodného dreva pre väčšie rozpory nie je vhodné hlavne kvôli viditeľnému priehybu a potrebe väčšieho prierezu trámu. Takisto má aj menšiu pevnosť ako drevo lepené, ale na druhej strane je lacnejšie.

Lepené drevo je vyrobené z určitého druhu dreva, podľa presných technologických postupov. Takto upravené drevo má vzhľadom na objemovú hmotnosť pomerne veľkú nosnosť, ponúka väčšie prierezy oproti prírodnému drevu, kvalitnejší povrch a vysokú odolnosť voči agresívnym látkam. Delíme ho na KVH a BSH hranoly a CLT panely. KVH hranoly sú charakterizované tým, že v celom svojom profile sú z jedného kusu a spájané sú len na dĺžku. BSH hranoly sú oproti KVH hranolom zložené z lamiel s maximálnou hrúbkou 40-45 mm, z ktorých sa následne vytvárajú väčšie prierezy. Tieto lamely sa lepia najprv na potrebnú dĺžku a následne aj na určitú hrúbku. BSH hranoly sú väčšinou vyrobené z lamiel zo smrekového dreva s vlhkosťou 15 %. Slabé miesta v dreve ako napr. veľké suky alebo miesta napadnuté plesňou sa vyrežú [17].

CLT panely sú odlišné od KVH a BSH hranolov tým, že tvoria plošný stavebný materiál. Skladajú sa z 3, 5, alebo 7 dosiek, ktoré sú k sebe zlepené. Pre potreby tejto práce sa vybrali BSH a KVH hranoly nakoľko sú prúťovým prvkom, takže môžu pri požiari odhorieť z viacerých strán. Za porovnávací materiál ku lepeným dreveným hranolom boli vybrané hranoly z prírodného smrekového dreva.

2. Popis experimentu

Na experiment sa pripravili tri sady vzoriek. Každá sada obsahovala 8 kusov vzoriek rovnakého rozmeru 80 x 40 x 170 mm. Jednotlivé sady je možné charakterizovať nasledovne:

1. typ vzoriek bol vyhotovený z lepeného smrekového dreva s brúsenou povrchovou úpravou a vlhkosťou 15 %. Tieto vzorky obsahovali len pozdĺžne lepený spoj. Na lepenie bolo použité lepidlo s obsahom melamín-urea-formaldehydu. Jedná sa o KVH hranoly.
2. typ vzoriek bol vyhotovený z lepeného smrekového dreva s brúsenou povrchovou úpravou a vlhkosťou 15 %. Tieto vzorky obsahovali pozdĺžny a priečny lepený spoj. Na lepenie bolo použité lepidlo s obsahom melamín-urea-formaldehydu. Jedná sa o BSH hranoly.
3. typ vzoriek bol z prírodného smrekového dreva s brúsenou povrchovou úpravou s vlhkosťou 15 %.

Okrem vzoriek boli na experiment potrebné laboratórne váhy, stojan na vzorky, bunsenov kahan s propán-butánovou fľašou, posuvné meradlo a stopky. Skúšobná aparátúra je znázornená na obr. 1.



Obr. 1 Skúšobná aparátúra

1 – vzorka, 2 – stojan na vzorku, 3 – kahan, 4 – laboratórne váhy

Testovanie vzoriek bolo vykonávané pomocou základného hodnotiaceho kritéria, ktorým bol úbytok hmotnosti pri zaťažení vzorky plameňom. Vzorky sa testovali po dobu 10 minút a každých 20 sekúnd sa zaznamenávala aktuálna hmotnosť. Na výpočet úbytku hmotnosti bolo potrebné poznať počiatočnú hmotnosť vzorky a konečnú hmotnosť vzorky a následne sa vypočítal výsledný úbytok hmotnosti podľa vzťahu (1).

$$d_m = \frac{m_z - m_k}{m_z} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

d_m – výsledný úbytok hmotnosti (%)

m_z - hmotnosť vzorky pred experimentom (g)

m_k - hmotnosť vzorky po experimente (g)

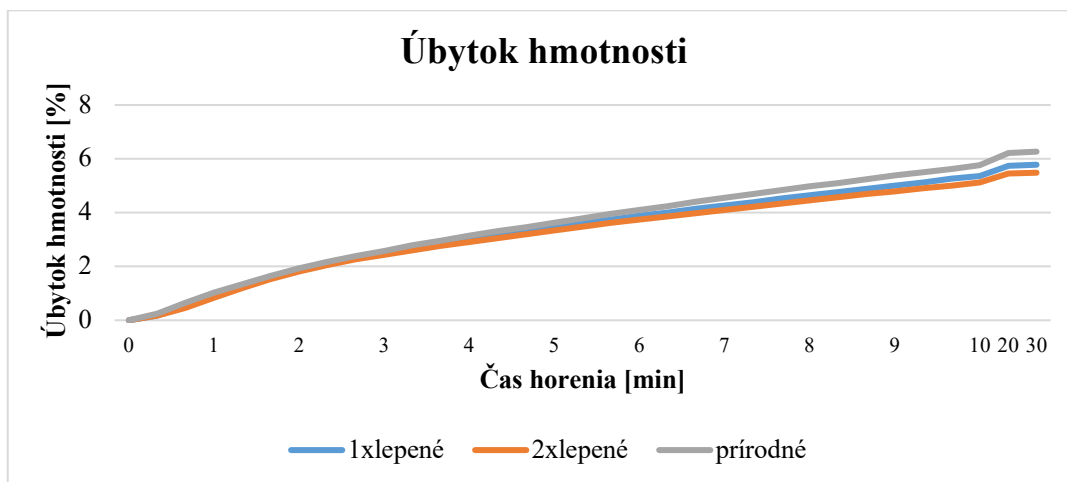
Test prebiehal pri stálej teplote a vlhkosti v laboratóriu Fakulty bezpečnostného inžinierstva, Žilinskej univerzity v Žiline. Teplota prostredia bola 24,5 °C a vlhkosť 41 %. Kvôli zabezpečeniu relevantných výsledkov boli vzorky v laboratóriu temperované po dobu jedného mesiaca a každých sedem dní boli vážené. Pred experimentom ako aj po experimente boli všetky vzorky odvážené. Postup experimentu bol nasledovný:

1. Na pripravený stojan, ktorý bol umiestnený na analytických váhach, sa položila vzorka.
2. Následne sa zapálil bunsenov kahan a nastavil sa plameň na výšku 100 mm.
3. Do vzniknutého priestoru medzi váhy a vzorku sa umiestnil kahan. Od tohto okamihu sa meral čas vystavenia vzorky plameňu. Úbytok hmotnosti sa zaznamenával v dvadsať sekundových intervaloch po dobu 10 minút.
4. Po uplynutí 10 minút bol kahan spod vzorky odsunutý a vzorka sa nechala voľne dohorieť ďalších 20 minút.

3. Vyhodnotenie experimentu a diskusia

Počas experimentálneho skúmania vzorky na povrchu tmavli a vytvárala sa zuhoľnatená vrstva a v dôsledku termickej degradácie zložiek dreva dochádzalo k úbytku hmotnosti. Tieto dve kritériá sa pri vyhodnocovaní experimentu ďalej sledovali a výsledky boli porovnávané s výsledkami iných autorov [12, 14, 15].

Z nameraných údajov bol pre každú sadu vytvorený aritmetický priemer a výsledné hodnoty boli dosadené do vzorca (1) a následne bol vypočítaný úbytok hmotnosti a zmeraná hrúbka zuhoľnatej vrstvy dreva. Graf percentuálneho úbytku hmotnosti je na obrázku 2.



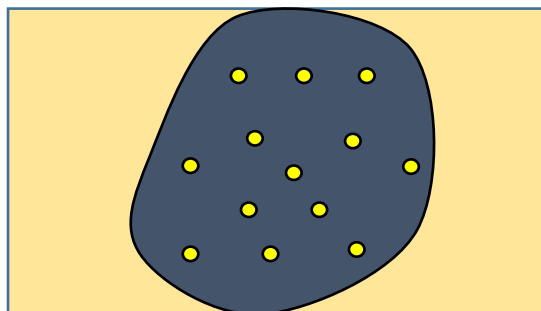
Obr. 2 Graf percentuálneho úbytku hmotnosti drevených hranolov

Jedným z faktorov, ktoré ovplyvňujú rýchlosť odhorievania dreva ako aj úbytok hmotnosti je jeho hustota [12, 18]. Čím je hustota dreva vyššia, tým pomalšia je rýchlosť odhorievania aj úbytok hmotnosti. Tieto predpoklady sa však v prípade lepených hranolov nepotvrdili nakoľko hustota lepených hranolov sa pohybovala priemerne na hodnote 380 kg.m^{-3} a hustota smrekového dreva bola priemerne 440 kg.m^{-3} . Do približne štvrtej minúty od začiatku experimentu bol rozdiel v úbytku hmotnosti medzi jednotlivými typmi vzoriek nebadateľný, avšak od piatej minúty je možné pozorovať, že lepené drevo má oproti prírodnému drevu úbytok hmotnosti menší. Tento jav môže byť spôsobený vyššou kvalitou lepeného dreva oproti prírodnému drevu.

Najmenší percentuálny úbytok hmotnosti bol pri všetkých typoch vzoriek zaznamenaný medzi deviatou a desiatou minútou od začiatku experimentu, pozri obr. 2. Naopak najväčší percentuálny úbytok bol zaznamenaný okolo prvej minúty od začiatku experimentu. Toto môže byť spôsobené hrúbkou zuhoľnatej vrstvy dreva, ktorá je pórovitá a zabraňuje priamemu prístupu plameňa k plameňom nedegradovanému drevu, podľa viacerých autorov [1, 12, 13, 19] sa tým vytvára určitá tepelnoizolačná vrstva a spomaľuje proces horenia.

Niektorí autori [20, 21, 22] uvádzajú, že chyby v dreve ako sú napr. suky ako aj hustejšie letokruhy spomaľujú rýchlosť zuhoľnatenia dreva a teda v tomto mieste je hrúbka zuhoľnatenia menšia ako na mieste kde sa suk nenachádza. Aby sa zistilo či sú tieto hypotézy platné aj pre lepené drevo na všetkých vzorkách bola odstránená zuhoľnatá vrstva a jej

hrúbka sa zmerala na 13 miestach zuhoľnatej časti hranola. Schéma meracích bodov je znázornená na obr. 3. Priemerná hrúbka zuhoľnatej vrstvy pre všetky experimentálne skúmané vzorky je v tabuľke č. 1.



Obr. 3 Schéma meracích bodov pre meranie hĺbky zuhoľnatej vrstvy dreva

Tabuľka 1 Priemerná hrúbka zuhoľnatej vrstvy

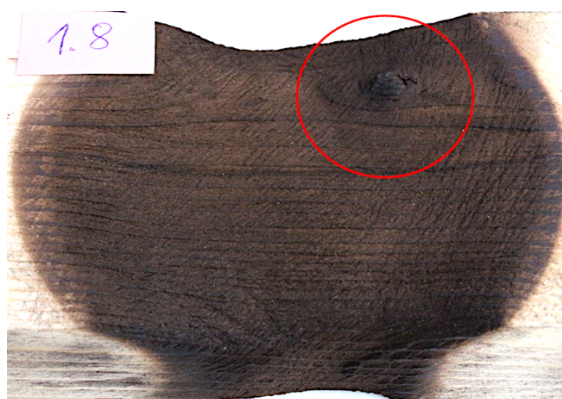
Vzorka		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Priemer [mm]
Hrúbka zuhoľnatej vrstvy [mm]	Pozdĺžne lepené	5,1	4,8	5,1	4,6	4,9	5,8	4,7	4,9	4,988
	Priečne a pozdĺžne lepené	5,2	5,1	4,9	5,3	5,3	5,4	5,1	5,2	5,188
	Nelepené	6,1	6,5	5,1	5,7	4,9	5,1	6,1	5,5	5,625

Túto zuhoľnatú vrstvu na drevenom nosníku riešila vo svojej práci aj Huntierová [12], ktorá sledovala zmenu teploty v priereze nosníka, ktorý bol vystavený tepelnému namáhaniu počas skúšky požiarnej odolnosti. Po skončení testu sa odstránila vrstva zuhoľnatenia, pod ktorou sa nachádzala vrstva teplom poškodeného dreva. Táto vrstva zuhoľnatenia bola však len 11-15 mm hrubá. Pod ňou bolo drevo úplne neporušené. O neporušenosti dreva hovorí nielen jeho farba, ale aj skúšky, ktoré na ňom boli vykonané.

Na základe výsledkov merania zuhoľnatej vrstvy na testovaných vzorkách je možné konštatovať, že lepenie nemá negatívny vplyv na rýchlosť vytvárania zuhoľnatej vrstvy. Práve naopak vzorky zhotovené z lepeného dreva mali menšiu hrúbku zuhoľnatej vrstvy ako vzorky z prírodného dreva. Z toho vyplýva, že aktívny prierez, ktorý sa podieľa na prenose zaťaženia bude pred účinkami požiaru dlhšie chránený. Vo všeobecnosti je teda možné z toho usúdiť, že požiarne odolnosť je pri lepených nosníkoch vyššia ako pri nosníkoch z prírodného dreva.

Pri porovnaní vzoriek s rôznou hustotou letokruhov bolo zistené, že na strane vzorky, ktorá má hustejšie letokruhy je hrúbka zuhoľnatej vrstvy menšia ako na strane s redšími letokruhmi. Pri pozdĺžne lepenej vzorke číslo 8 bol v mieste kde pôsobil oheň suk, pozri obr.

4. V mieste kde bol suk bolo drevo odhorené do výrazne menšej hĺbky ako pri zvyšnej časti dreva. Výrazný vplyv na priemernú hrúbku zuhoľnatenia vzorky to však vzhľadom na lokálnosť suku nemá.



Obr. 4 Vzorka lepeného dreva so sukom

Na vzorkách, ktoré boli z lepeného dreva bolo po odstránení zuhoľnatej vrstvy zisťované ako sa správal lepený spoj lamíel. Zistilo sa, že drevo v mieste spoja nebolo odhorené odlišne od iných miest vzorky. Spoj lamíel nebol ani vizuálne poškodený.

Záver

Po experimentálnom skúmaní úbytku hmotnosti lepeného a prírodného dreva vplyvom plameňového horenia sme dospeli k názoru, že lepené drevo je porovnateľné s prírodným drevom. Lepené drevo vykazuje v porovnaní s prírodným drevom dokonca nižšie úbytky hmotnosti.

Ďalej bolo zistené, že počas prvej tretiny trvania experimentu je úbytok hmotnosti najväčší a tvorí približne polovicu celkovej hodnoty úbytku hmotnosti. Z toho vyplýva, že pre rýchlosť úbytku hmotnosti je podstatná hrúbka zuhoľnatej vrstvy. Pri experimente boli zistené mierne rozdielne úbytky hmotnosti ako aj hrúbky zuhoľnatej vrstvy v rámci vzoriek jedného typu. V rámci rozdielnej hrúbky zuhoľnatej vrstvy tieto malé odlišnosti mohli byť spôsobené rôznou hustotou letokruhov a rôznymi chybami v dreve ako sú napríklad suky, ktoré výrazne menia charakter pôsobenia plameňa na miesto, kde sa takýto suk nachádza.

Podakovanie

„Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Výskumné a vývojové aktivity Žilinskej univerzity v Žiline pre Priemysel 21. storočia v oblasti materiálov a nanotechnológií, 313011T426, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“

Použitá literatúra

1. Osvald, A., Štefko, J.: Modelový požiar dvojpodlažnej drevostavby. Šmíra-print, Ostrava, p. 129 (2013)
2. Kadlicová, P. et al.: Effect of thermal and retarding treatment on flammability rate of tropical tree species. In: Wood research, Bratislava, p. 117-126 (2019)
3. Makovická, Osvaldová, L., Gašparík, M., Sotomayor Castellanos, J. R., Markert, F., Kadlicová, P., Čekovská, H.: Effect of thermal treatment on selected fire safety features of tropical wood. In: Communications, Žilina, p. 3-7 (2018)
4. Makovická Osvaldová, L., Osvald, A.: New methods in the evaluation of flammability properties. In: Production Management and Engineering Sciences, Tatranská Štrba, Slovakia, p. 503-508 (2015)
5. Fengel, D., Wegener, G.: Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter, Germany. p. 26-226 (1989)
6. Comben, A. J.: The effect of low temperatures on the strength and elastic properties of timber. In: Wood science, p. 44-55 (1964)
7. Kačík, F., Marková, I., Osvald, A.: The changes of lignin in burning of spruce wood. In: Cellulose chemistry and technology. p. 267-275 (1999)
8. Chovanec, D., Osvald, A.: Spruce wood structure changes caused by flame and radiant source. Zvolen, p. 62 (1992)
9. Iringová, A.: Lightweight building envelopes in prefabricated buildings in terms of fire resistance. In: XXVI R-S-P seminar 2017 Theoretical foundation of civil engineering, Warsaw, Poland (2017)
10. STN EN 1995-1-2 Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá. Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru (2004)
11. STN EN ISO 11925-2 Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia. Časť 2: Skúška jedнопламенovým zdrojom (2011)
12. Huntier, Z.: Analyse des brandverhaltens von holz und holzwerkstoffen unter berücksichtigung des einsatzes von feuerschutzmitteln. Disertation thesis, Buchverlag, Gräfelfing, p. 114 (1995)
13. Ladomerský, J. et al.: Energy and environment. Zvolen, Slovakia, p. 184. (2000)
14. Schaffer, E. L.: Elevated temperature effect on the longitudinal mechanical properties of wood. Disertation thesis, Wisconsin, USA. (1973)
15. Tran, H. C., White, R. H.: Burning rate of solid wood measured in a heat release rate calorimeter. In: Fire and materials. P. 197-206. (1992)
16. Makovická Osvaldová, L., Osvald, A., Mitrenga, P et al.: Non-normalized evaluation methods of retarding effects of fire retardants for wood. In: 11th International Symposium on Selected Processes at the Wood Proceedings. Dudince, Slovakia (2015)
17. BSH hranoly: Produktové informácie. [online]. [cit. 2019-7-7]. <http://www.lega.sk/images/uploads/files/BSHHranoly.pdf>
18. Goring, D. A. I.: Thermal softening of lignin, hemicelluloses and cellulose. p. 517 (1963)
19. Karlsson, B., Quintiere, J. G.: Enclosure fire dynamics. London: CRS Press (2000)
20. Osvald, A.: Fire-technical properties of wood and wood-based materials. Zvolen, Slovakia. p. 17-30 (1997)
21. Horský, D., Osvald, A.: Methods of determination of fire-technical properties of wood and wood materials. Zvolen, Slovakia. p. 169 (1985)
22. Östman, B.: Wood tensile strength of temperatures and moisture content simulating fire conditions. In: Wood science and technology, p. 103-116. (1985)