

HORĽAVÉ KONŠTRUKČNÉ MATERIÁLY A EMISIE HORENIA

FLAMMABLE CONSTRUCTION MATERIALS AND COMBUSTION EMISSIONS

IVETA CONEVA¹, MIROSLAVA VANDLÍČKOVÁ², JOZEF SVETLÍK³,

Abstract – The contribution addresses the combustion gases arising from the fires of different species and materials contained in the individual buildings based on the categorization of construction of buildings. The level of fire protection in buildings of different building depends on many factors, not least also on the amount and type of flammable starting materials, the materials and ingredients, intermediate and output products which they are stored and processed. Fire safety is implemented in each building structure on the basis of existing legal instruments in Slovakia. Raising the level of fire protection engineering application of selected elements and fire equipment leads to minimizing the likelihood of fire and its consequences in the construction of the buildings. Effective fire safety measures ensure a higher level of fire safety of buildings.

Keywords – fire safety; fire, combustible material; combustion emissions; building categories

ÚVOD

Prvky a systémy protipožiarnej bezpečnosti musia byť realizované prakticky v každej stavbe, sú vyžadované platnou legislatívou a ich primárnym cieľom je nielen ochrana zdravia, životov ľudí, ale aj materiálnych hodnôt pred požiarmi. Požiare ako nežiaduce horenie sa výrazne podieľajú na náraste materiálnych škôd v rôznych oblastiach národného hospodárstva, to znamená aj v jednotlivých kategóriách stavebných objektov, na ohrození zdravia, životov zvierat a ľudí, na úmrtí zvierat a ľudí a taktiež na ohrození a škodách na životnom prostredí [1-3].

1. HOREAVÉ KONŠTRUKČNÉ MATERIÁLY V ZÁVISLOSTI OD KATEGÓRIE STAVBY A TVORBA EMISÍ Z NICH

Vypracovaná kategorizácia stavieb (tab.1) vychádza z rozdelenia podľa noriem STN 92 0201 -1 až 4 Požiar-na bezpečnosť stavieb [4]. Kategorizácia stavieb je postavená na druhu prevádzkarne alebo priestoru. Základným predpokladom je, že spôsob využívania stavby (určenie druhu prevádzkarne alebo priestoru) je jedným zo základných faktorov určujúcich požiarne riziko. Každá kategória stavby, a to aj druh prevádzkarne a

priestoru je možné spojiť s určitým typom paliva (druhom horľavých materiálov a látok), vybavením a zariadením stavby, ktoré sa v nej nachádzajú (tab.1). Na základe dostupných informácií je možné takýmto spôsobom orientačne stanoviť základné parametre požiaru – rýchlosť nárastu, požiarne zaťaženie, charakter paliva, atď. Pri vytváraní požiarnych scenárov bolo potrebné vytvoriť zjednodušenú kategorizáciu stavieb na základe 12-tich kategórií (tab.1). K jednotlivým kategóriám stavieb sa priradili zodpovedajúce a iba niektoré vybrané druhy prevádzkarní alebo priestoru podľa STN 920201 - PRÍLOHA – A [1] (tab.1). V praxi sa v jednotlivých kategóriách stavieb, druhov prevádzkarní alebo priestorov nachádza rozdielne množstvo, rôznych typov horľavých, ale aj nehorľavých materiálov a látok (palivo) [1-4]. Na základe expertných odhadov, konzultácií s odborníkmi z výrobnéj a nevýrobnéj praxe, s odborníkmi z HaZZ MV SR je daný materiál zjednodušene rozdelený do troch základných kategórií a to: celulóza - C, plasty - P a chemikálie - CH (tab.1). Dané rozdelenie je potrebné, nakoľko materiál, ktorý sa nachádza v stavbách výrazne ovplyvňuje nárast požiaru (tzv. α - koeficient nárastu požiaru, ktorý môže byť - pomalý, stredný, rýchly, ultra rýchly) [4]. V tabuľke 1 sa nachádza číselné percentuálne vyjadrenie zastúpenia materiálu v stavbe.

¹ Iveta Coneva, Ing., Ph.D., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, SR, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421415136755, e-mail: iveta.coneva@fbi.uniza.sk

² Miroslava Vandlíčková, Ing., Ph.D., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, SR, ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421415136602, e-mail: miroslava.vandlickova@fbi.uniza.sk

³ Jozef Svetlík, doc., Ing., PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, SR, ul.1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421415136750, e-mail: jozef.svetlik@fbi.uniza.sk

Tab.1.: Zastúpenie horľavého materiálu v stavbe a tvorba emisií v závislosti od materiálu na základe kategorizácie stavieb a druhov prevádzkarní alebo priestoru [1-4]

Por. číslo	Kategorizácia stavieb	Klasifikácia podľa α - koeficient nárastu požiaru	Vybrané druhy prevádzkarnie alebo priestoru	Zastúpenie materiálu v stavbe			Najnebezpečnejší materiál z pohľadu emisií		
				C v (%)	P v (%)	CH v (%)	C v (%)	P v (%)	CH v (%)
1.	Administratívne budovy	Stredný	kancelárie, spisovne, zasadačky, vstupné haly, chodby	90	10	0	80	20	0
2.	Budovy pre vzdelávanie	Stredný	učebne, posluchárne, archívy, spoločné šatne	80	20	0	70	30	0
3.	Rekreačné budovy	Rýchly	hľadisko, kino, koncertné sieni, výstavy, múzeá, kostoly	60	40	0	50	50	0
4.	Budovy v zdravotníctve	Stredný	lôžkové izby, čakárne, lekárne, masáže a rehabilitačné miestnosti	50	50	0	50	50	0
5.	Budovy pre obchod	Rýchly	sklo, mäso, potraviny, hračky, textil, odev, drogeria, hudobniny	30	40	30	20	50	30
6.	Budovy pre spoločné ubytovanie a rekreáciu	Stredný	recepce, haly, chodby, kaviarne, nočné kluby, bufety, výčapy	40	55	5	20	70	10
7.	Budovy pre sociálne zabezpečenie	Rýchly	domovy pre dôchodcov	40	55	5	30	60	10
8.	Budovy priemyslu	Stredný	textilný, odevný, strojársky, chemický, elektrotechnický priemysel	20	40	40	10	50	40
9.	Budovy pre dopravu	Stredný	čakárne, úschovy batožín, vstupné haly, chodby, priechody	80	20	0	70	30	0
10.	Budovy pre poľnohospodárstvo	Ultra rýchly	sklady, stajne, kôlne, sušiarne, výrobné kŕmnych zmesí	90	10	0	80	20	0
11.	Budovy pre skladovanie	Ultra rýchly	sklady priemyselné	35	35	30	30	30	40
12.	Bytový fond domový	Rýchly	bytové domy, rodinné domy	45	45	10	45	50	5

Vysvetlenie: C - celulóza, P – plasty, CH –chemikálie

Pri vzniku a priebehu možných požiarov v jednotlivých kategóriách stavieb majú požiare väčšinou rozdielne parametre ako sú napr.: rýchlosť nárastu požiaru, požiarne zaťaženie, charakter paliva, množstvo paliva a mnohé iné. V praxi sa v stavebných objektoch nachádza množstvo rozličných druhov horľavého ale aj nehorľavého materiálu (paliva), ktoré je zjednodušene rozdelené do troch skupín : celulóza, plasty a chemikálie (tab.1). Pri požiaroch v stavbách sa uvoľňuje množstvo spodín horenia (emisií), rozdielneho zloženia, skupenstva a fyzikálno-chemických vlastností, ktoré závisia najmä od druhu a množstva horľavého materiálu, ale aj od podmienok, pri ktorých požiar (alebo horenie) prebieha (tab.1) V tabuľke 1 sa nachádza

číselné percentuálne vyjadrenie tvorby emisií v závislosti od materiálu (napr.: C-celulóza, P-plasty, CH-chemikálie), ktorý sa nachádza v stavbe, od druhu prevádzkarnie alebo priestoru a od kategorizácie stavieb (tab.1). Množstvo a druh spodín horenia (emisií) (tab.1,2) úzko súvisí s intenzitou požiaru, s množstvom a druhom horľavého materiálu, od spôsobu uskladnenia horľavého materiálu, ale aj od dostatočného prístupu oxidačného prostriedku (väčšinou vzduch), od intenzity iniciačného zdroja (zdroja zapálenia) a od mnohých iných faktorov [1-4]. Na základe expertných odhadov a odbornovo-vedeckej literatúry možno predpokladať, že najväčšie nebezpečenstvo z pohľadu tvorby emisií a ich následných dopadov na zdravie a životy ľudí, na životné prostredie predstavujú nasledujúce

Tab.2.: Spodiny horenia (emisie) - toxické produkty vznikajúce pri požiari materiálov a látok [5-8, 11-15]

Materiál v stavbe	Spodiny horenia
Všetky látky obsahujúce uhlík – to znamená látky obsahujúce celulózu - C, plasty - P aj mnohé chemikálie- CH (napr.: ropné produkty – napr. benzín, naftu, motorové oleje, organické kyseliny, organické alkoholy, karboxylové kyseliny, estery, lepidlá, zmáčadlá a iné)	CO - oxid uhoľnatý CO ₂ - oxid uhličitý
Polyuretány, celuloíd, vlna, hodváb, plasty obsahujúce dusík-polyamid, polyakrilonitril, polyuretány	NO - oxid dusnatý NO ₂ - oxid dusičitý HCN - kyanovodík NH ₃ - amoniak
Celulózové materiály a ich deriváty, umelý hodváb, nylon, polyestery,	CH ₃ COOH - kyselina octová HCOOH - kyselina mravčia množstvo CO ₂ , CO, alkoholy, formaldehyd, aldehydy, ketóny - acetón, metán a iné nižšie členy homologických rád alkánov, alkénov, alkínov- acetylén (nerozvetvených uhľovodíkov), rozvetvené a aromatické uhľovodíky- najmä benzén, - fenol (aromatický alkohol)
Papier, drevo, guma- kaučuky, tioly	aldehydy, propenál-akroleín (aldehyd) SO ₂ -oxid siričitý
PVC, retardované plasty, polyméry halogenizované - chlórplasty	Halogénvodíky, HF - fluórovodík HCl - chlórrovodík HBr - brómrovodík, Halogénkyseliny (vodné roztoky halogénvodíkov) - fosgén (dichlorid kyseliny uhličitej)
Melamín, melamínové živice, polyamid, nylon, močovinoformaldehydové živice	NH ₃ - amoniak (čpavok)
Fenolformaldehydové živice, drevo, polyamid, polyester	CH ₃ CHO - acetaldehyd HCHO - formaldehyd - fenol (aromatický alkohol)
Polystyrén	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky C ₂ -C ₇ , fenyl substituované C ₃ -C ₆ , diény C ₃ -C ₅ , aromatické uhľovodíky:C ₆ H ₆ - benzén, toluén, etylbenzén, propyl (izopropyl-)benzén, styren a jeho oligoméry, α a β - metylstyren, allylbenzén, xylény, inden, polycyklické kondenzované aromatické uhľovodíky: naftalén, acenaftylén, fenantrén, pyren, benzofuran, alkoholy alifatické aj aromatické: metanol, fenol, benzylalkohol aldehydy: formaldehyd, acetyldehyd, akroleín, benzaldehyd, ketóny: acetón, acetofenón metylalkylketóny, karboxylové kyseliny: kyselina benzoová
Polyetylén	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky s lineárnym aj rozvetveným reťazcom C ₁ - C ₁₈ (najmä C ₂ -C ₇), diény C ₃ -C ₈ , cyklohexán, benzén, toluén, etylbenzén, naftalén, antracén, fenantrén (pri vysokých teplotách), aldehydy C ₁ - C ₁₅ (najmä C ₂ -C ₇), akroleín, ketóny C ₃ - C ₆ , karboxylové (karbonové) kyseliny C ₁ - C ₃
Polypropylén	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky (najmä C ₂ -C ₉), diény C ₄ -C ₈ , cyklopentadién, benzén, toluén, xylény, styren, inden, naftalén, acetaldehyd, akroleín, benzaldehyd, acetón, metylalkylketóny
Polyvinylchlorid	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky (najmä C ₂ -C ₆), cyklické uhľovodíky C ₅ - C ₆ a ich deriváty, benzén, toluén, divinyl benzén, inden, naftalén, acenaftylén, chlórované alifatické a aromatické uhľovodíky, acetofenón, benzofuran, dioxán
Polyamidy	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky C ₁ - C ₁₀ , diény C ₄ - C ₁₀ , cyklické uhľovodíky C ₅ - C ₇ , benzén, toluén, etanol, butanol, fenol, krezoly, acetón, cyklopentanón, cyklohexanón, Laktamy C ₆ - C ₈ , amoniak, hexylamin, hexametyléndiamín, kyanovodík, acetonitril, adiponitril, diazometán, piridín
Polyuretány	Alifatické nasýtené a nenasýtené uhľovodíky C ₁ - C ₅ , benzén, toluén, etylbenzén, styren, xylény, metanol, propanol, formaldehyd, acetaldehyd, propionaldehyd, butyraldehyd, akroleín, acetón, metyletylketón, kyselina octová, anilín, toluidín, difenylamin, fenyléndiamín, amoniak, kyanovodík, acetonitril, benzonitril, toluénizokyanát, oxidy dusíka
Tuky a oleje rastlinné a živočíšne	Akroleín, propenal a iné nenasýtené aldehydy

materiály: chemikálie, menej plasty a najmenej celulóza (tab.1,2) [5-8].

2. EMISIE – SPODINY HORENIA VZNIKAJÚCE PRI POŽIAROCH

Pri požiaroch prvotnou príčinou usmrtenia býva pôsobenie vysokých teplôt na ľudský organizmus, druhou

najčastejšie sa vyskytujúcou je otrava toxickými spodinami horenia - emisiami a nedostatok kyslíka. Druh, množstvo a zloženie spodín horenia závisia od druhu a množstva horľavého materiálu a podmienok priebehu požiaru napr.: teploty požiaru, množstva kyslíka, rýchlosti spaľovania a mnohých iných. Počas jednotlivých fáz požiaru vzniká meniac sa plynná zmes toxických a netoxických spodín horenia, vzniká dym, znižuje sa

koncentrácia kyslíka vo vzduchu, zhoršuje sa viditeľnosť, znižuje sa orientačná schopnosť ľudí (napr.: pri evakuácii), potláča sa schopnosť reálne uvažovať, čo často vedie k vzniku paniky. Najväčšie nebezpečenstvo pri požiaroch hrozí v uzavretých priestoroch, v rôznych kategóriách stavieb, budovách, v rôznych druhoch prevádzkarní a priestorov, všade tam, kde sa tvorí množstvo dymu, ktoré obsahuje širokú škálu toxických emisií (spodín horenia) (tab.2) [5-11]. Na základe odbornovedeckej literatúry pri požiaroch v rôznych kategóriách stavieb vznikajú pri horení horľavých materiálov (napr.: C - celulóza, P - plasty, CH -chemikálie) nasledovné toxické splodiny horenia (emisie) (tab.2) [5-8, 11-15].

Dominantnými splodinami horenia pri požiaroch celulózy, plastov a chemikálií sú nasledovné zlúčeniny (tab.2) [5-8, 11-15]:

Celulózových látok sú: CO, CO₂, aldehydy, C - popol (tuhý uhlíkatý zvyšok do 10-20 %)

Plastov sú: CO, CO₂, HCN, NH₃, halogénvodíky najmä HCl, fosgén, oxidy dusíka: NO, NO₂, SO₂, H₂S - sírovodík (sulfán), P₂O₅ - oxid fosforečný (oxidy fosforu), PH₃- fosforovodík (fosfán), C - popol (tuhý uhlíkatý zvyšok (sadze) do 5-7 %).

Chemikálií sú: CO, CO₂, HCN, NH₃, halogénvodíky najmä HCl, fosgén, oxidy dusíka- NO, NO₂, SO₂, H₂S- sírovodík (sulfán), P₂O₅- oxid fosforečný (oxidy fosforu), PH₃- fosforovodík (fosfán), C – popol (tuhý uhlíkatý zvyšok (sadze) do 2-4 %).

ZÁVER

Pri požiaroch v uzavretých stavbách, prevádzkach a priestoroch vzniká široké spektrum nebezpečných toxických splodín horenia, ktoré pôsobia najčastejšie vo forme dymu alebo toxických plynov. Z hľadiska tvorby dymu a toxicity splodín horenia sú najnebezpečnejšie chemikálie, nasledujú ich plasty, kde najväčšie nebezpečenstvo predstavujú syntetické polyméry ako polystyrén, polyvinylchlorid, akrylobutadiénstyrenové kopolyméry alebo guma. Pri horení prírodných polymérov napr.: dreva, obilnín a iných tvorba dymu silne závisí od spôsobu horenia a nadbytku vzduchu. Celulózové materiály (prírodné polyméry napr.: drevo, papier, ľan, bavlna a iné) sú z požiarneho hľadiska relatívne najbezpečnejšie v porovnaní s plastmi a chemikáliami. V prípade požiarov najčastejšími dominantnými škodlivými látkami sú: oxid uhoľnatý, oxid uhličitý, kyanovodík, chlorovodík a formaldehyd. Zvýšený výskyt iných nebezpečných látok s toxickými účinkami (tab.2) sa môžu vyskytovať pri požiaroch veľkého množstva plastov, priemyselných hnojív, skladov nebezpečných látok, skladov horľavých látok a priemyselných, technologických zariadení a prevádzok (napr.: nábytkársky priemysel,

výroba celulózy, papierenský priemysel, výroba farbív, lakov a riedidiel a iné) [5-15].

POĎAKOVANIE

„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“

„This work was supported under the project of Operational Programme Research and Innovation: Research and development activities of the University of Žilina in the Industry of 21st century in the field of materials and nanotechnologies, No. 313011T426. The project is co-funding by European Regional Development Fund.“

ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] 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“
- [2] Zákona č. 314/2001 Z.z. O ochrane pred požiarimi
- [3] Vyhlášky č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb
- [4] STN 92 0201- 1až 4 Požiarna bezpečnosť stavieb
- [5] ORLÍKOVÁ, K., ŠTROCH, P.,1999: Chémie procesov horenia. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 1999, ISBN 80-86111-39-3a
- [6] MASAŘÍK,I., 2003: Plasty a jejich požární nebezpečí. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 1999, ISBN 80-86634-16-7
- [7] KAČÍKOVÁ, D., NETOPILOVÁ, M., OSVALD, A.,2006: Drevo a jeho termická degradácia. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 2006, ISBN 80-86634-78-7
- [8] STEINLEITNER, H.D., a kol., 1990: Požárně a bezpečnostně technické charakteristické hodnoty nebezpečných látek, Svaz PO ČSSR, Praha 1990
- [9] BALOG, K., BÁRTLOVÁ,I., 1998: Základy toxikologie. Ostrava: SPBI 1998. ISBN 808611129-6
- [10] ŠENOVSKÝ, M., BALOG, K., HANUŠKA, Z., ŠENOVSKÝ, P., 2004: Nebezpečné látky II. Ostrava: SPBI 2004. ISBN 80-86634-47-7
- [11] TUREKOVÁ, I, BÁBELOVÁ, E., 2003: Nebezpečnostváž požiarov. In: FIRECO 2003: zborník prednášok: V. medzinárodná konferencia, Trenčín 24.-25. mája 2003, str. 183 -186
- [12] BALOG, K., 1982: Požiarna nebezpečnosť plastov používaných v stavebníctve. In. Horľavosť materiálov a nebezpečné pôsobenie splodín horenia. MV a ŽP SR a SŠP Bratislava, 1982

- [13] ZACHAR, M., MAJLINGOVÁ, A., MARTINKA, J., XU, QIANG, BALOG, K., DIBDIAKOVÁ, J., POLEDŇÁK, P., RYBAKOWSKI, M., 2014: Impact of oak wood ageing on the heat release rate and the yield of carbon monoxide during fire. European journal of environmental and safety sciences: scientific journal of the European Science and Research Institute and the Association of Fire Engineering. 2014. zv. Vol. 2, č. issue 1, s. 1--4. ISSN 1339-472X
- [14] ORÉMUSOVÁ, E., 2009: Porovnanie kyslíkového čísla vybraných čalúnnických poťahových textílií na báze chemických vlákien. Zvolen : 2009. Delta. Ročník III., číslo 5. ISSN 1337-0863
- [15] MARKOVÁ, I., 2004: Hodnotenie horľavosti látok uplatňujúcich sa v izolačnej alebo tvarovej vrstve čalúneného výrobku. Čalúnnické dni 2004. Tu vo Zvolene, s. 16-20. ISBN 80-288-1316-8 STN ISO 690:1998 : Dokumentácia – Bibliografické odkazy – Obsah, forma a štruktúra.