

# Advances in Fire & Safety Engineering

ZVOLEN  
Technická univerzita vo Zvolene  
22. – 23. október 2015





## **Technická univerzita vo Zvolene**

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

v spolupráci s

Hasičským a záchranným zborom SR,  
Požiarnotechnickým a expertíznym ústavom MV SR,  
Slovenskou asociáciou hasičských dôstojníkov,  
Materiálovotechnologickou fakultou so sídlom v Trnave STU v BA,  
Fakultou bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Združením požiarneho inžinierstva,  
a European Science and Research Institute

vydáva

## **Advances in Fire & Safety Engineering 2015**

**Pokrok v požiarnej a bezpečnostnej inžinierstve 2015**

Zborník príspevkov z IV. medzinárodnej vedeckej konferencie

ZVOLEN

Technická univerzita vo Zvolene

22. –23. október 2015



Partneri konference





## **Názov**

Zborník príspevkov z IV. medzinárodnej vedeckej konferencie  
Advances in Fire & Safety Engineering 2015  
Recenzovaný zborník príspevkov

## **Editori**

Martin Zachar  
Barbara Falatová

## **Recenzenti zborníka**

Všetky príspevky v zborníku boli lektorované členmi vedeckého výboru.  
Za jazykovú úpravu jednotlivých príspevkov zodpovedajú autori.

## **Rok vydania**

2015

## **Náklad**

100 kusov

## **Tlač**

Vydavateľstvo TU vo Zvolene

## **ISBN**

Zborník na CD: ISBN 978-80-228-2823-9



## **Nad konferenciou prevzali patronát**

Prezident Slovenskej rektorskej konferencie  
Rektor Technickej univerzity vo Zvolene  
**prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.**

Prezident Hasičského a záchranného zboru Slovenskej republiky  
**gen. JUDr. Alexander Nejedlý**

Prezident Dobrovoľnej požiarnej ochrany Slovenskej republiky  
**PhDr. Ladislav Pethö**

Riaditeľ Požiarnotechnického a expertízneho ústavu MV SR v  
Bratislave  
**pplk. Ing. Štefan Galla, PhD.**

Riaditeľ Krajského riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru  
v Banskej Bystrici  
**plk. Ing. Dušan Slúka**



### Vedecký garant

Ing. Martin Zachar, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

### Vedecká rada

doc. Ing. Vladimír Adamec, PhD. – VUT v Brně

prof. Ing. Karol Balog, PhD. – STU v Bratislave

doc. RNDr. Anna Danihelová, PhD. – TU vo Zvolene

Ing. Janka Dibdiaková, PhD. – NFLI Oslo

dr inz. Grzegorz Dudarski – UZ, Zielona Góra

pplk. Ing. Štefan Galla, PhD. – PTEÚ MV SR

doc. Ing. Emília Hroncová, PhD. – UMB v Banskej Bystrici

Ing. Pavol Ivanovič – Slovenské elektrárne, a.s. člen skupiny ENEL

prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD. – TU vo Zvolene

doc. Ing. Petr Kučera, PhD. – VŠB - TU Ostrava

doc. Ing. Miloš Kvarčák, PhD. – VŠB - TU Ostrava

prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc. – UMB v Banskej Bystrici

doc. Ing. Martin Lopušniak, PhD. – TUKE, Košice

Ing. Andrea Majlingová, PhD. – P HaZZ SR

Ing. Linda Makovická Osvaldová, PhD. – ŽU v Žiline

doc. JUDr. Mojmír Mamojka, PhD. – APZ v Bratislave

Ing. Milan Marcinek, PhD. – APZ v Bratislave

Ing. Jozef Martinka, PhD. – STU v Bratislave

doc. Ing. Imrich Mikolai, PhD. – STU v Bratislave

Ing. Iveta Mitterová, PhD. – TU vo Zvolene

Ing. Vladimír Mózer, PhD. – ŽU v Žiline

doc. Ing. Jana Müllerová, PhD. – ŽU v Žiline

Ing. Miroslav Novotný, PhD. – IVPR MPSVaR, Bratislava

doc. Ing. Juraj Olbřímek, PhD. – STU v Bratislave

prof. Ing. Anton Osvald, PhD. – ŽU v Žiline



prof. Ing. Milan Oravec, PhD. – TUKE, Košice  
Dr. Pántya Péter – NUPS, Budapešť  
PhDr. Ladislav Pethö – DPO SR  
doc. PaedDr. Peter Polakovič, PhD. – TU vo Zvolene  
Ing. Zdeněk Ráž – Technický ústav požární ochrany, Praha  
Dr. habil. Restás Ágoston – NUPS, Budapešť  
doc. RNDr. Miroslav Rusko, PhD. – STU v Bratislave  
dr inz. Marek Rybakowski – UZ, Zielona Góra  
Ing. Jozef Rychlý, DrSc. – Ústav polymérov SAV  
Ing. Eva Ružinská, PhD. – TU vo Zvolene  
plk. Ing. Dušan Slúka – KR HaZZ v Banskej Bystrici  
Ing. Marián Suja, PhD. – APZ v Bratislave  
Ing. Jozef Svetlík, PhD. – ŽU v Žiline  
Ing. Ľudmila Tereňová, PhD. – TU vo Zvolene  
Mgr. Marek Tomašík, Ph.D. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíne  
Ing. Veronika Veľková, PhD. – TU vo Zvolene  
Ing. Jozef Turac – AOS v Liptovskom Mikuláši  
prof. Ing. Ján Zelený, CSc. – UMB v Banskej Bystrici  
Prof. Qiang Xu, PhD. – NUST, Nanjing  
Ing. Martin Zachar, PhD. – TU vo Zvolene

### **Organizačný výbor**

Ing. Barbara Falatová  
Danica Hanáková  
Ing. Veronika Kamenská  
Danka Ľuptáková  
RNDr. Jana Ľuptáková  
Ing. Jana Oravcová  
Ing. Branislav Ragan  
Zuzana Volková



## Sprievodné podujatia

### **Advances in Fire Investigation**

(Vedecká konferencia k projektu KEGA č. 002STU-4/2013 "Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke")

**Vedeckí garanti:** prof. Ing. Karol Balog, PhD., STU, MTF v Trnave, SK

Ing. Jozef Martinka, PhD., STU, MTF v Trnave, SK

### **Vybrané aplikácie moderných analytických metód v požiarnom inžinierstve**

(II. Vedecká konferencia k projektu č. APVV 0057-12 "Progresívne metódy zisťovania požiarnotechnických charakteristík materiálov v požiarnom inžinierstve")

**Vedeckí garanti:** prof. Ing. Karol Balog, PhD., STU, MTF v Trnave, SK

prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD., TU vo Zvolene, SK



## Obsah

Ján Dvorský, Michal Orničák

**ANALÝZA A KOMPARÁCIA ZÁKLADNÝCH UKAZOVATEĽOV POŽIAROVOSTI V ČESKEJ A SLOVENSKEJ REPUBLIKE ..... 12**

Eva Mráčková

**APLIKAČNÝ POTENCIÁL IDENTIFIKÁCIE VZNIKU POŽIARU V TECHNOLOGII OPRACOVANIA DREVA ..... 24**

Marianna Tomašková, Renáta Endrizalová

**BEZPEČNOSŤ A OCHRANA ZDRAVIA PRI HASIČSKOM ŠPORTE ..... 40**

László Komjáthy, Alexandra Kiss, Eniko Kuk

**BEZPEČNOSŤ A PREPRAVA NEBEZPEČNÝCH LÁTOK ..... 51**

Gregorz Dudarski

**EXPLOSION RISK AT SUGAR STORAGE AND TRANSPORT FACILITY GRZEGORZ DUDARSKI..... 60**

Barbara Falatová, Danica Kačíková, Emília Oremusová

**HODNOTENIE HORĽAVOSTI PUR PIEN METÓDOU KYSLÍKOVÉHO ČÍSLA A RÝCHLOSŤOU ODHORIEVANIA ..... 69**

Veronika Bretzová, Imrich Mikolai

**HLASOVÁ SIGNALIZÁCIA POŽIARU –ANALÝZA LEGISLATÍVNYCH PREDPISOV ..... 79**

Imrich Mikolai, Ján Tkáč

**CHANGED PHYSIOGNOMY OF HUMAN IN RELATION TO ESCAPE ROUTE TYPOLOGY 87**

Martin Zachar, Iveta Mitterová, Ján Ondruško

**METODIKA VYŠETROVANIA PRÍČIN VZNIKU POŽIAROV AUTOMOBILOV ..... 95**

Róbert Leško, Martin Lopušiak

**NUMERICKÉ STANOVENIE A VZÁJOMNÉ POROVNANIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI PRVKOV NA BÁZE DREVA A ŽELEZOBETÓNU .....108**



Stanislava Gašpercová, Linda Makovická Osvaldová <b>ODOLNOSŤ A ÚČINNOSŤ POŽIARNODELIACICH KONŠTRUKCIÍ.....</b>	<b>120</b>
Branislav Štefanický, Jozef Harangozó, Peter Rantuch, Karol Balog <b>OCHRANA DREVENÝCH KONŠTRUKCIÍ HASIACOU LÁTKOU FIRESORB .....</b>	<b>128</b>
Martina Hudáková <b>POPIS HORENIA ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL AKO VÝCHODISKOVÝ PRÍSTUP PRE HODNOTENIE HORĽAVOSTI ZLOŽITEJŠÍCH SYSTÉMOV .....</b>	<b>142</b>
Jana Oravcová, Peter Polakovič <b>POROVNANIE HODNÔT TVORBY LAKTÁTU U HASIČOV ZÁCHRANÁROV, PRI SIMULOVANEJ ČINNOSTI ODSUNU ZRANENÝCH OSÔB PRI POŽIARI Z VIACPODLAŽNEJ BUDOVY SO ZÁŤAŽOU A BEZ NEJ.....</b>	<b>143</b>
Katarína Firmentová, Hana Pačaiová <b>POSTAVENIE KOORDINÁTORA BOZP VO VÝSTAVBOVOM PROCESE .....</b>	<b>150</b>
Miroslav Žitňák, Jana Lendelová, Zuzana Šinkorová, Martina Prístavková <b>POŽIARNA BEZPEČNOSŤ OBCHODNÝCH CENTIER .....</b>	<b>159</b>
Jozef Martinka, Karol Balog, Vladimír Adamec <b>POŽIARNE RIZIKO KLASICKÝCH ŽIAROVIEK.....</b>	<b>168</b>
Jozef Svetlák <b>PROBLEMATIKA HYDRAULICKÝCH STRÁT V HADICOVOM VEDENÍ .....</b>	<b>178</b>
Iveta Coneva <b>PROBLEMATIKA SPOĽAHLIVOSTI SPRINKLEROVÝCH HASIACICH ZARIADENÍ.....</b>	<b>184</b>
Veronika Kamenská, Danica Kačíková, Veronika Veľková <b>ROZKLADNÉ PRODUKTY EXTRUDOVANÉHO POLYSTYRÉNU STYRODUR 2800 C A ICH MOŽNÉ ÚČINKY NA ČLOVEKA.....</b>	<b>194</b>
Peter Rantuch, Jozef Martinka <b>SPOTREBA KYSLÍKA PRI TERMICKOM ZAŤAŽENÍ OSB EXTERNÝM TEPELNÝM TOKOM .....</b>	<b>205</b>



Veronika Veľová, Tatiana Bubeniková, Jozef Muráň <b>STANOVENIE PLYNNÝCH PRODUKTOV TERMICKÉHO ZAŤAŽENIA POLYSTYRÉNOV PRI TEPLOTE 250 °C .....</b>	<b>213</b>
Anton Osvald <b>STRECHA, ČASŤ KONŠTRUKCIE BUDOVY, KTORÁ PRI POŽIARI DOPADNE VŽDY NAJHORŠIE.....</b>	<b>220</b>
Edward Kowal, Patryk Krupa, Izabela Gabryelewicz <b>THE USE OF COMPUTER APPLICATION IN THE ANALYSIS OF SAFETY CULTURE FIREFIGHTERS – INITIAL TESTS .....</b>	<b>230</b>
Jozef Svetlík <b>VPLYV PRÚDENIA VZDUCHU NA ROZVOJ POŽIARU V MOTOROVOM PRIESTORE ....</b>	<b>241</b>
Michaela Horváthová, Jana Mullerová <b>VPLYV ZMENY TEPELNÉHO ZAŤAŽENIA NA PRIEBEH HORENIA OVOCNÉHO DREVA.</b>	<b>247</b>
Andrea Majlingová, Štefan Galla <b>VYHODNOTENIE NÁCHYLNOSTI ÚZEMIA OKRESU BANSKÁ BYSTRICA NA VÝSKYT POVODNÍ.....</b>	<b>256</b>
Ivan Hrušovský, Jozef Martinka, Peter Rantuch, Vladimír Dutka <b>VZNIK A VÝVOJ LOŽÍSK BEZPLAMEŇOVÉHO HORENIA V PORÉZNYCH MATERIÁLOCH V DÔSLEDKU SAMOZHRIEVANIA VYSYCHAVÝCH OLEJOV .....</b>	<b>275</b>
Péter Pántya <b>WHAT CAN HELP FOR THE FIREFIGHTERS?.....</b>	<b>293</b>
Vladimír Adamec, Barbora Schullerová, Lucie Holá, Karol Balog, Jozef Martinka <b>ZDRAVOTNÍ A ENVIRONMENTÁLNÍ RIZIKA VYBRANÝCH ZPOMALOVAČŮ HOŘENÍ ..</b>	<b>295</b>
Marián Suja <b>ZMENY STAVIEB Z HĽADISKA OCHRANY PRED POŽIARMÍ V SR .....</b>	<b>305</b>



**ANALÝZA A KOMPARÁCIA ZÁKLADNÝCH  
UKAZOVATEĽOV POŽIAROVOSTI V ČESKEJ A  
SLOVENSKEJ REPUBLIKE**

**ANALYSIS AND COMPARATION OF GENERAL FIRE  
INDICATORS IN CZECH REPUBLIC AND SLOVAK  
REPUBLIC**

JÁN DVORSKÝ, MICHAL ORINČÁK

**Abstrakt**

Požiar je každé nežiaduce a nekontrolovateľné horenie, pri ktorých dochádza k škodám na majetku alebo na životnom prostredí. Škody možno členiť na priame a nepriame. Analýza škôd ako dôsledok požiarov, príčin ich vzniku ako aj počet zranených a usmrtených osôb má význam pre obyvateľstvo, hasičský a záchranný zbor. Pomocou štatistickej metódy, charakteristiky úrovne ukazovateľov požiarovosti v Českej a Slovenskej republike sa pokúsime určiť príčiny, ktoré sú najvýznamnejšie. Výsledky môžu byť použité pre štatistické zisťovanie a pripomienkovanie stratégie zvyšovania bezpečnosti obyvateľstva. Zároveň v článku je uvedený možný spôsob stanovenia nákladov na výjazd hasičskej jednotky k požiaru za kalendárny rok v SR a tiež prepočet ceny zásahu hasičskej jednotky pri požiaru, zohľadňujúci faktory ovplyvňujúce cenu zásahu.

**Kľúčové slová:** *Analýza, priame škody, požiar, ukazovatele, náklady na hasičský výjazd.*

**Abstract**

The fire is any unwanted and uncontrolled combustion, which leads to damage to property or the environment. Damage can be divided into direct and indirect. Analysis of damage as a result of fires, their causes and the number of injured and killed persons has importance for the population and the Fire and Rescue Service. Using statistical methods, the characteristics of level indicators Fires in the Czech Republic and Slovakia will try to identify the causes that are most important. The results can be used for statistics and comments on the strategy to enhance public safety. Is it said possible method of



determining the cost of exit fire brigade fire for the calendar year in Slovakia and also the intervention of fire brigade in case of fire, taking into account factors affecting the intervention.

**Keywords:** *Analysis, direct damage, fire, indicators, cost of fire exit.*

## ÚVOD

S globálnym otepľovaním súvisí aj zvyšujúci sa počet požiarov, ktoré spôsobujú materiálne škody a straty na životoch ľudí. Počas požiaru môže dôjsť k deformáciám a narušeniu stavebných konštrukcií, výbuchom a zmesí produktov nedokonalého horenia a vzduchu. Pri hasení požiarov je potrebné lokalizovať požiar, ochraňovať okolie požiariska proti možnému rozšíreniu sa. Samotné hasenie požiarov predstavuje určitú koordináciu a zabezpečenie činností akými je prieskum priestoru požiaru a hasenie ohňa podľa vopred prijatej taktiky. V predmetnom článku upriamime a interpretujeme základné ukazovatele požiarovosti v Slovenskej republike s následnou komparáciou zo základnými ukazovateľmi požiarovosti v Českej republike. V poslednej kapitole uvedieme vzorec na výpočet nákladov na jeden výjazd hasičskej jednotky za kalendárny rok.

## ANALÝZA POŽIAROVOSTI V ČESKEJ A SLOVENSKEJ REPUBLIKE

Na území Českej republiky, za sledované obdobie 2005 – 2012, vzniklo dokopy 163 516 požiarov. Celkové priame škody, spôsobené požiarom boli vyčíslené na viac ako 663,4 mil. eur. Pri týchto požiaroch bolo usmrtených 1 057 osôb a počet zranených bol osemnásobne vyšší ako počet usmrtených. Absolútne číslo počtu zranených bol 8 443 osôb. Na území Slovenskej republiky, za sledované obdobie 2005 – 2012, vzniklo dokopy 96 897 požiarov. Celkové priame škody, spôsobené požiarom boli vyčíslené na viac ako 327,4 mil. eur. Pri týchto požiaroch bolo usmrtených 431 osôb a počet zranených bol štvornásobne vyšší ako počet usmrtených. Absolútne číslo počtu zranených bol 1 805 osôb. Základné ukazovatele požiarovosti v Českej a Slovenskej republike v jednotlivých rokoch, akými je počet požiarov, priame škody, počet usmrtených a počet zranených osôb, sú znázornené v nasledujúcej tab.1.



Tab. 1 Základné ukazovatele požiarovosti v Českej a Slovenskej republike za obdobie 2005-2012

Tab. 1 General fire indicators in Czech and Slovak republic in 2005 - 2012

Rok	Počet požiarov		Priame škody [€]		Počet usmrtených osôb		Počet zranených osôb	
	SR	ČR	SR	ČR	SR	ČR	SR	ČR
2005	11 294	20 183	27 003 084	59 472 769	64	139	166	914
2006	10 260	20 262	27 121 208	70 375 594	49	144	185	919
2007	14 366	22 394	46 921 954	78 544 966	53	130	234	1 023
2008	11 045	20 946	43 493 564	119 256 843	68	142	232	1 109
2009	11 991	20 177	38 761 305	78 932 724	56	117	245	980
2010	9 851	17 937	69 148 435	71 182 242	41	131	244	1 060
2011	13 677	21 125	33 561 130	81 576 365	56	129	267	1 152
2012	14 413	20 492	41 394 490	104 127 495	44	125	232	1 286

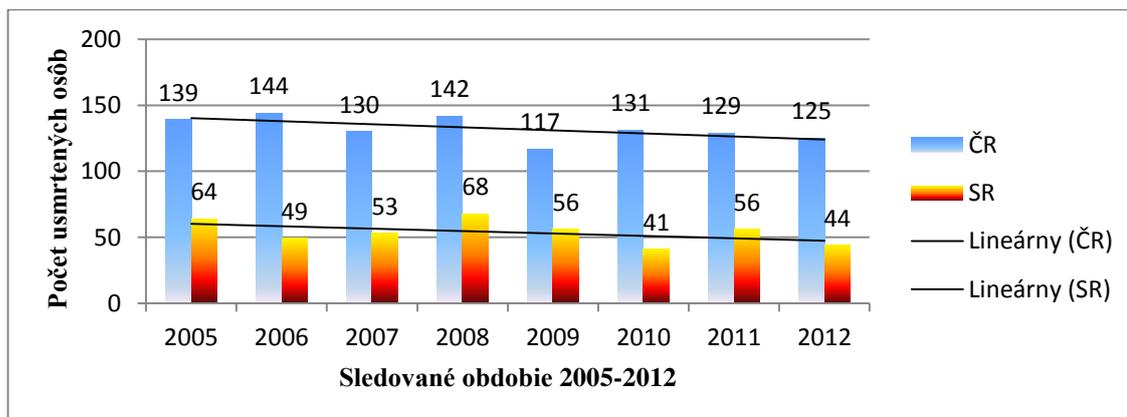
Zdroj: vlastné spracovanie podľa štatistických ročeniek HZS ČR a HaZZ SR

Pri štatistickom vyhodnocovaní a analýze požiarovosti sú pre odborníkov z praxe, hasičov ako aj pre obyvateľstvo je dôležité poznanie základných štatistických charakteristík požiarovosti v sledovanom období 2005 – 2012 v podmienkach Českej a Slovenskej republiky. Medzi tieto charakteristiky patrí: priemer, smerodajná odchýlka, minimálna a maximálna hodnota[1].

### Komparácia základných štatistické charakteristiky ukazovateľov požiarovosti v Českej a Slovenskej republike

Z tab.1 vyplýva, že v roku 2008 boli zaznamenané v Českej republike najvyššie škody, ktoré vznikli požiarom oproti Slovenskej republike, kde najvyššie škody požiarom boli zaznamenané v roku 2010. Škody v Českej republike v predmetnom roku boli vyčíslené na vyše 119,2 mil. eur a v Slovenskej republike vo výške 69,1 mi. eur. Porovnanie minimálnej škody v roku 2005s maximálnou škodou v rokom 2010, ide viac ako o 100% nárast v Českej republike. V porovnaní najnižšej škody, ktorá vznikla pri požiaroch na území Slovenskej republiky v roku 2005 a najvyššej škody v roku 2010, ide o 156% nárast. Keď sa pozrieme na lineárny trend výšky škôd pozorujeme rastúci vývoj pre obe krajiny. V roku 2008 môžeme pozorovať fakt, že je najväčší rozdiel vo výške škôd medzi Slovenskou a českou republikou. V tomto roku sa výšky škôd, ktoré vznikli pri požiaroch boli vyčíslené na 43,4 mil. eur, pričom v Českej republike boli škody viac ako

dvojnásobné vo výške 119, mil. eur. Najmenší rozdiel v priamych škodách medzi krajinami bol v roku 2010. Rozdiel predstavoval len niečo viac ako 2,1 mil. eur. Najvyšší počet požiarov bol zaznamenaný na území Českej republiky v roku 2006. Taktiež v roku 2006 bola početnosť usmrtených osôb - 144 najvyššia a v roku 2012 sa pri požiaroch zranilo najviac osôb v počte 1286 v Českej republike. V Slovenskej republike bolo v roku 2007 zaznamenaných najviac požiarov a to 14 366. Rok 2008 bol z pohľadu počtu usmrtených a zranených osôb najtragickejší na Slovensku. Usmrtených osôb bolo 68 a zranených osôb 142. Keď sa pozrieme na počet usmrtených osôb z obr. 1, tak vidíme klesajúci trend, tak ako v Českej republike, tak aj v Slovenskej republike. Z dlhodobejšieho hľadiska je pozitívne, že úmrtnosť osôb pri požiaroch má klesajúcu tendenciu. Táto skutočnosť je korešpondujúca aj so znižujúcim zranených osôb a je výsledkom implementovania preventívnych a bezpečnostných opatrení na jeho zníženie v predmetných krajinách ako aj efektívnejšou spoluprácou zložiek integrovaného záchranného systému.



Obr. 1 Počet usmrtených osôb pri požiaroch v Českej a Slovenskej republike  
Fig. 1 Mortality during fires in Czech and Slovak republic

Z dlhodobého hľadiska a vývoja počtu usmrtených osôb nie je možné predvídať budúcnosť a preto sa budú i v budúcnosti vyskytovať úmrtia spojené s negatívnym javom, akým je požiar.

## JEDNODUCHÉ TRIEDENIE POŽIAROV PODĽA ŠTATISTICKÉHO ZNAKU PRÍČINA POŽIARU

Základne ukazovatele požiarov ako je počet požiarov, výška priamych škôd, počet zranených a usmrtených osôb sú dôležité [2]. Významnú úlohu pri analýzach požiarovosti



je aj príčina vzniku požiaru a s ním súvisiace základné ukazovatele. Jednoduché triedenie podľa tohto štatistického znaku požiarovosti nám podrobnejšie vysvetlí jednotlivé zákonitosti medzi ukazovateľmi a následnou interpretáciou získame kvalitnejší prehľad o požiaroch. Skúmanie ich dôsledkov na obyvateľstvo je dôležité nielen pre jednotlivé mestá, kraje, štáty ale aj pre koncepciu a stratégiu zvyšovania bezpečnosti ako aj pre Hasičský záchranný zbor ČR a SR.

Vzhľadom k potrebám projektu APVV sme jednotlivé príčiny vzniku požiaru roztriedili do nasledujúcich skupín [3], [4]:

1. úmysel,
2. deti a chorobomyseľné osoby,
3. nedbalosť a neopatrnosť dospelých,
4. porucha, nevyhovujúci stav vykurovacích telies,
5. prevádzkovo-technické poruchy,
6. samovznietenie,
7. výbuchy s následným požiarom,
8. ďalšie sledované príčiny,
9. neobjasnené dôvody vzniku požiaru

### **Analýza a komparácia požiarovosti podľa príčiny vznikupožiarumedzi Českou a Slovenskou republikou**

Na analýzu požiarovosti podľa príčiny požiaru využijeme základné ukazovatele požiarovosti, ktoré sú vymenované v predchádzajúcej kapitole. Výsledky pozorovania sú zaznamenané v nasledujúcej tab.2.

**Tab. 2 Základné ukazovatele požiarovosti podľa príčiny v Českej a Slovenskej republike za sledované obdobie 2005-2012**

**Tab. 2 General fire indicators due to causes in Czech and Slovak republic in 2005 - 2012**

Príčina	Počet požiarov		Priame škody [€]		Počet usmrtených osôb		Počet zranených osôb	
	SR	ČR	SR	ČR	SR	ČR	SR	ČR
1.	8 844	28 362	76 646 568	106 395 973	16	180	137	975
2.	2 037	3 952	9 929 219	9 282 501	4	5	51	322
3.	63 136	45 426	48 184 595	135 850 769	265	415	834	3 258
4.	4 222	7 138	12 638 076	23 618 719	11	16	79	323



5.	10 952	48 414	81 617 168	213 014 638	29	68	362	1 498
6.	587	2 114	3 650 289	9 485 874	0	1	11	61
7.	138	337	16 194 423	3 619 584	5	11	98	126
8.	1 782	4 632	9 231 893	14 278 163	34	228	48	1 049
9.	5 139	23 138	69 040 094	147 922 778	67	133	184	831

Zdroj: vlastné spracovanie podľa štatistických ročeniek HZS ČR a HaZZ SR

### **Analýza základných charakteristík ukazovateľov požiarovosti podľa príčiny v Českej republike**

Príčina požiaru 5. prevádzkovo-technické poruchy spôsobili priemerne za rok 6 052 požiarov, čo predstavuje 29,6% z celkového počtu požiarov. Príčina požiaru 3. nedbalosť a neopatrnosť dospelých spôsobila priemerne v každom roku sledovania 5678 požiarov, čo predstavuje vyše 27,7% z celkového priemerného počtu požiarov. Príčina požiaru 1. úmysel spôsobila priemerne za rok 3 545 požiarov, čo predstavuje 17,3% z celkového priemerného počtu požiarov. Priemerný počet požiarov, pri ktorých nedokážeme určiť príčinu je 2 892 čo predstavuje 14,1% z celkového priemerného počtu požiarov za rok. Prvé tri najvýznamnejšie príčiny požiaru predstavujú skoro 74,4% z celkového počtu požiarov v prípade, že požiare sme jednoduchým triedením rozdelili do 9 skupín, podľa príčiny vzniku požiaru.

### **Analýza základných charakteristík ukazovateľov požiarovosti podľa príčiny v Slovenskej republike**

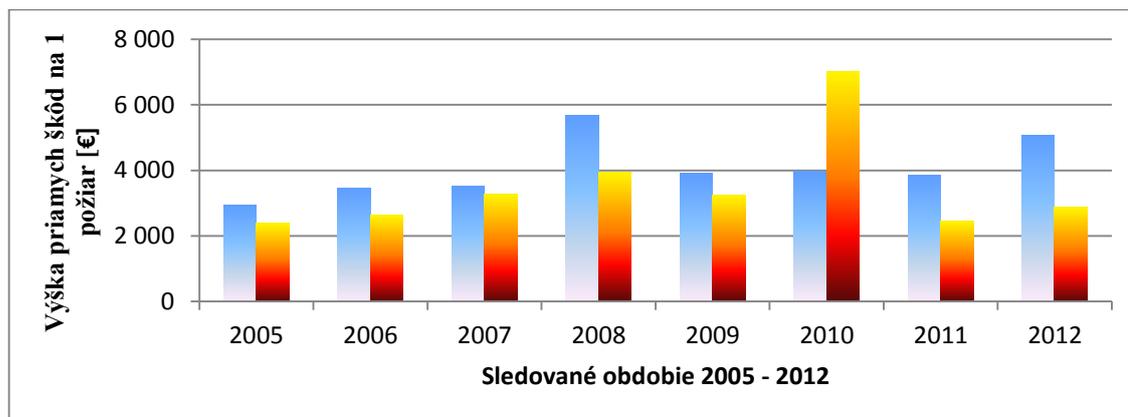
Príčina požiaru 3. nedbalosť a neopatrnosť dospelých spôsobila priemerne v každom roku sledovania 7892 požiarov, čo predstavuje vyše 65% z celkového priemerného počtu požiarov. Príčina požiaru 5. prevádzkovo-technické poruchy spôsobili priemerne za rok 1 369 požiarov, čo predstavuje 11,3% z celkového počtu požiarov. Príčina požiaru 1. úmysel spôsobila priemerne za rok 1 106 požiarov, čo predstavuje 9% z celkového priemerného počtu požiarov. Priemerný počet požiarov, pri ktorých nedokážeme určiť príčinu je 642 čo predstavuje 5% z celkového priemerného počtu požiarov za rok. Prvé tri najvýznamnejšie príčiny požiaru predstavujú skoro 85% z celkového počtu požiarov v prípade, že požiare sme jednoduchým triedením rozdelili do 9 skupín, podľa príčiny vzniku požiaru.

## Komparácia základných charakteristík ukazovateľov požiarovosti podľa príčiny medzi Českou a Slovenskou republikou

Na základe štatistického skúmania v tab. č.2 pri ktorom sme použili techniku pozorovania z HaZS ČR a HaZZ SR. Medzi najvýznamnejšie príčiny požiarov z pohľadu početnosti požiarov sa javia požiare s nasledujúcimi príčinami, tak ako v Českej, tak aj v Slovenskej republike:

1. úmyselné založenie požiaru,
3. nedbalosť a neopatrnosť dospelých osôb,
5. prevádzkovo-technické poruchy.

Keď sa pozrieme na ďalšie základné ukazovatele tak nemenej významná skupina je skupina požiarov pri ktorých neboli zistené presné dôvody ich vzniku. Nielenže počet požiarov v predmetnej skupine je štvrtý najvýznamnejší, ale aj počet zranených a usmrtených osôb je významný tak ako v Českej, tak aj v Slovenskej republike. Najväčší rozdiel početnosti požiarov je pri príčine neobanlivosť a neopatrnosť dospelých osôb medzi Slovenskou a Českou republikou.



Obr. 2 Výška priamych škôd na jeden požiar v predmetnom roku v Českej a Slovenskej republike

Fig. 2 Price of one fire damage in particular year in Czech and Slovak republic

Ak zoberieme pomer priamej škody a počtu požiarov v sledovanom roku, tak dostaneme výšku priamej škody na jeden požiar v danom roku. Na grafické zobrazenie výsledkov sme použili štatistický nástroj stĺpcový graf na obr. 2. Z výsledkov vyplýva, že vzhľadom na počet požiarov by sme mohli predpokladať, že výška škody na požiar v Českej republike bude v každom roku vyššia oproti Slovenskej republike. Pre toto štatistické zisťovanie je zaujímavý rok 2010 v ktorom výška priamej škody na požiar v Slovenskej republike predstavuje 7 019 eur oproti Českej republike, kde škoda na



požiar bola vyčíslená na 3 968 eur. Najväčšia škoda na požiar v Českej republike bola zaznamenaná v roku 2008 s 5 694 eur na rozdiel od najmenej škody v Slovenskej republike s 2 391 eur. V roku 2007 bola výška na jeden požiar v krajinách porovnateľná. Rozdiel tvoril len 241 eur.

## EKONOMICKÁ NÁROČNOSŤ ZÁSAHU HASIČSKEJ JEDNOTKY PRI POŽIARI V SR

Okrem vývoja požiarovosti na Slovensku a v Česku nás zaujímala aj ekonomická náročnosť zásahu hasičskej jednotky pri požiari, najmä možné spôsoby jej určenia v podmienkach SR. Zásah hasičskej jednotky pri požiari môžeme rozdeliť na tieto čiastkové etapy [5]:

- a) ohlásenie (príjem)nežiaducej udalosti (požiar),
- b) vyhlásenie poplachu a výjazd hasičskej jednotky,
- c) presun hasičskej jednotky na miesto požiaru,
- d) prieskum, lokalizácia a likvidácia požiaru,
- e) odovzdanie miesta zásahu a presun jednotky na hasičskú stanicu,
- f) uvedenie hasičskej jednotky do opätovnej pohotovosti.

Priemerné náklady na jeden výjazd hasičskej jednotky k požiaru za kalendárny rok môžeme vypočítať podľa jednoduchého vzorca [6,7]:

$$N_{vp} = (V_{rok}/n_v) * p_{vp} \quad (1)$$

kde:  $N_{vp}$  Priemerné náklady na jeden výjazd hasičskej jednotky k požiaru za kalendárny rok,

$V_{rok}$  Celkové ročné výdavky na všetky výjazdy za kalendárny rok,

$n_v$  Celkový počet všetkých výjazdov za kalendárny rok,

$p_{vp}$  Percentuálny podiel výjazdov k požiarom za kalendárny rok.

Týmto spôsobom dokážeme určiť priemerné náklady na jeden výjazd k požiaru za kalendárny rok. Potrebné hodnoty sa pre takýto výpočet získavajú z hasičských štatistík, kde sa však často uvádzajú nepresné údaje, prípadne skreslené čísla. Zároveň sa takto získané údaje môžu líšiť aj medzi jednotlivými radiáciami stupňami. Ako problém sa tu javí samotný spôsob stanovenia hodnoty celkových ročných výdavkov na všetky výjazdy za kalendárny rok, keďže každý výjazd hasičskej jednotky je iný a ovplyvnený viacerými faktormi ako:



- druh použitej techniky,
- cena špeciálnej techniky, amortizácia vozidla,
- motohodiny,
- vzdialenosť v km,
- počet zasahujúcich príslušníkov, čas strávený na výjazde a ich mzda,
- opotrebovanie ochranných pracovných prostriedkov,
- cena použitých hasiacich látok, sorbentov a pod.

V konečnom dôsledku je užívateľ pri použití tohto spôsobu odkázaný len na súhrnné údaje poskytnuté HaZZ, keďže nie je schopný sám určiť a získať tieto údaje[8]. V prípade potreby určenia celkovej ceny zásahu hasičskej jednotky pre jednotlivé druhy požiarov je potrebné použiť iný spôsob stanovenia tejto hodnoty. Pre tento prípad sme sa pokúsili vytvoriť prepočet ceny zásahu hasičskej jednotky pri požiari, zohľadňujúci vyššie spomenuté faktory ovplyvňujúce cenu zásahu.

Prepočet pozostáva z nasledujúcich čiastkových hodnôt a to:

- a) použitá hasičská technika (druh techniky + bežná cena prevádzky na 1 km, ktorá zahŕňa amortizáciu techniky a tiež motohodiny),
- b) posádka vozidla (celkový počet príslušníkov podľa druhu vozidla + super hrubá mzda posádky za 1 pracovnú hodinu),
- c) odpracovaný čas, cena opotrebovania OOPP a cena použitých hasiacich látok, prípadne iného materiálu (tzv. MTZ),
- d) počet najazdených km a prepočet ceny prevádzky na x km.

Súčet týchto položiek nám dáva presnejšiu výslednú cenu zásahu hasičskej jednotky pri konkrétnom požiari ako pri vyššie uvedenom jednoduchom priemere nákladov na jeden výjazd za rok. Na nasledujúcom obr.4 je uvedený celý prepočet ceny zásahu hasičskej jednotky pri požiari v programe Excel.

Ekonomická náročnosť výjazdu (zásahu) hasičskej jednotky z hasičskej stanice k požiaru TABUĽKA 3										
hasičská	technika	posádka	vozidla	čas	a cena	MTZ	celková	cena výjazdu (zásahu)	k požiaru	
druh techniky	bežná cena prevádzky na 1 km (eur)	celkový počet osôb (príslušníkov)	super hrubá mzda posádky za 1 pracovnú hodinu	odpracovaný čas v hodinách	cena opotrebovani a OOPP	cena použitých hasiacich látok	počet kilometrov	prepočet ceny prevádzky na x km	výsledná suma (eur)	
12	CAS 30 Iveco T	1+2	0,00 EUR	0	0,00 EUR			0,00 EUR	0,00 EUR	
13	CAS 32 T 815	1+3							0,00 EUR	
14	PHA 32 T815	1+3							0,00 EUR	
15	AP 44 Mann	1+1							0,00 EUR	
16	AP 27 T 815	1+1							0,00 EUR	
17	MB Vario 816 D	1+4							0,00 EUR	
18	Scania P 94	1+5							0,00 EUR	
19									0,00 EUR	
20									0,00 EUR	
21									0,00 EUR	
22									0,00 EUR	
23									0,00 EUR	

Obr. 4 Prepočet ceny zásahu hasičskej jednotky pri požiaroch zohľadňujúci faktory ovplyvňujúce cenu zásahu

Fig. 4 Price and its calculation of fire intervention due to prejudicing factors

Problém pri zisťovaní jednotlivých hodnôt potrebných k prepočtu nastáva najmä pri položke "super hrubá mzda posádky za 1 pracovnú hodinu", kde túto hodnotu nie je možné získať zo správy zo zásahu prípadne z hasičskej štatistiky. V tomto prípade je možné túto hodnotu aspoň spriemerovať alebo ju určiť pomocou expertného odhadu. Ostatné položky je možné získať z interných predpisov, správ zo zásahov prípadne zo štatistických prehľadov. Takto vyčíslená hodnota konkrétneho zásahu hasičskej jednotky napríklad pri požiaroch nám dá presný obraz o ekonomickej náročnosti zásahu hasičskej jednotky a tým nám umožní potvrdiť dôležitosť opatrení na ochranu pred požiarom v rámci prevencie alebo represie. Tieto hodnoty predstavujú dôležitý prvok pre komplexné zhodnotenie ekonomickej efektívnosti protipožiarneho opatrenia a kvantifikáciu ekonomických nákladov a prínosov spájajúcich sa z jednotlivými úrovňami protipožiarnej bezpečnosti.

## ZÁVER

Práve poznanie základných charakteristík a ukazovateľov požiarovosti nám pomôže k zvyšovaniu úrovne bezpečnosti, znižovaniu nákladov na výjazd hasičskej jednotky. Štatistika a štatistické zisťovanie požiarovosti je jedným z dôležitých faktorov pri výpočte priemerných nákladov na výjazd hasičskej jednotky. Z analýzy základných štatistických charakteristík a ukazovateľov požiarovosti môžeme pozorovať len malé odlišnosti a nejednotnosti ako napr. pri výške škôd v roku 2010, kde najmä krízový jav



spôsobil, že výška priamych škôd na jeden požiar v predmetnom roku bol skoro o 50% vyšší v Slovenskej republike oproti výške priamych škôd na jeden požiar v Českej republike. Štatistická charakteristika priemerná škoda na jeden požiar má svoju vypovedateľnú hodnotu a mala by sa nachádzať v štatistických ročenkách požiarovosti SR a ČR. V poslednej kapitole sme sa pokúsili vyčíslit' priemerné náklady na jeden výjazd hasičskej jednotky k požiaru za kalendárny rok pomocou jednoduchého vzorca.

## POĎAKOVANIE

„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0727-12“.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BETÁKOVÁ, J., LORKO, M., DORSKÝ J., ŠKODA, M., 2015. Analysis of the relation between safety perception and the degree of civil participation as a tool of sustainable development. 6<sup>th</sup> International Conference on Safety and Security Engineering, Opatija, Croatia, 2015, s. 275-286, ISBN 978-1-84564-928-9, ISSN 1746-4498.
- [2] DVORSKÝ, J., KLUČKA, J. 2014. Modelovanie ekonomických škôd pri požiaroch na Slovensku. Bezpečnosť, spoľahlivosť a rizika 2014, Liberec, 2014, ISBN 978-80-7494-110-8.
- [3] DVORSKÝ, J., ORINČÁK, M. 2014 Aplikácia analýzy rozptylu požiarov pri štatistickom vyhodnotení požiarovosti v SR, Advances in Fire and Safety Engineering, Trnava, 2014. s. 191-195, ISBN 978-80-8096-202-9.
- [4] KLUČKA, J., MÓZER, V., PANÁKOVÁ, J.: Vývoj požiarovosti v jednotlivých kategóriách budov za obdobie rokov 1993 - 2012, Bezpečnosť práce v záchranných službách, Zborník prednášok z medzinárodnej vedeckej konferencie, s. 91-110, ISBN 978-80-554-0894-1.
- [5] Rozkaz prezidenta HaZZ č. 20/2007 o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov.
- [6] Spoločenské náklady z dopravnej nehodovosti, Výskumná správa, VÚD Žilina, 2013.
- [7] Hodnota ľudského života v súvislosti s dopravnou nehodovosťou, Výskumná správa, VÚD Žilina, 2009.



- [8] Pokyn prezidenta HaZZ č. 39/2003 o obsahu a o postupe pri spracúvaní dokumentácie o zdolávaní požiarov.

**Adresa autora**

Ing. Ján Dvorský

Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina

E-mail: Jan.Dvorsky@fbi.uniza.sk

Ing. Michal Orinčák, PhD.

Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina

E-mail: Michal.Orincak@fbi.uniza.sk



**APLIKAČNÝ POTENCIÁL IDENTIFIKÁCIE VZNIKU  
POŽIARU V TECHNOLOGII OPRACOVANIA DREVA  
APPLICATION POTENTIAL FOR IDENTIFICATION  
OF FIRE CREATION IN WOOD PROCESSING  
TECHNOLOGY**

EVA MRAČKOVÁ

**Abstrakt**

Článok sa zaoberá bezpečnosťou procesov v technológii opracovania dreva na primárnej a sekundárnej linke Storti PGS 450. Pri spracovaní ihličnatého dreva v podsystemoch jednotlivých systémoch technológie, môžu vzniknúť požiare alebo výbuchy s následným poranením zamestnancov. Uvedená linka bola podrobená analýze vplyvov porúch a ich následkov (FMEA) a ďalej bola analyzovaná deduktívnym systémom analýzou Failure tree analysis (FTA) – strom porúch, ktorou sa všetky reálne možné reťazce neriadených, nekontrolovaných, logicky po sebe nasledujúcich udalostí identifikujú. Na konci analýzy je reálna možnosť objavenia sa už negatívnych javov, čím zaistíme bezpečnosť technológie, a včasným identifikovaním ochránime zamestnancov a majetok, ako aplikačný potenciál týchto identifikácií.

**Kľúčové slová:** *technológia, opracovanie dreva, analýza stromu porúch (FTA), analýza vplyvov porúch a ich následkov (FMEA)*

**Abstract**

The article deals with process safety in wood processing technology on primary and secondary line Storti PGS 450. In processing of coniferous wood in the various subsystems in each technology system, there can occur fires or explosion resulting in bodily injury of employees. This line was subjected to the analysis of failure impact and their consequences (FMEA) and was further analyzed by deductive analysis system Failure tree analysis (FTA) - tree of disorders, by which all reasonably possible chains are unmanaged, uncontrolled, logically consecutive events are identified. At the end of the analysis, there is a real possibility of discovering the already negative effects, ensuring



technology security and with timely identifying we protect employees and possession as the application potential of these identifications.

**Keywords:** *technology, wood processing, Fault Tree Analysis (FTA), the analysis of failure impact and their consequences (FMEA)*

## ÚVOD

O spracúvaní analýzy nebezpečenstva vzniku požiaru pojednáva vyhláška MV SR č. 611/2006 Z.z. o hasičských jednotkách v znení neskorších predpisov. Analýzu nebezpečenstva vzniku požiaru spracúva právnická osoba alebo fyzická osoba-podnikateľ na základe rozhodnutia krajského riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru. Výsledkom analýzy je posúdenie nebezpečenstva vzniku požiarov v objektoch alebo v priestoroch právnickej osoby a fyzickej osoby-podnikateľa, podmienok vykonania účinného zásahu a evakuácie osôb a majetku, vybavenia požiarneho úseku, objektu alebo priestoru požiarными zariadeniami a výdatnosti zdrojov vody na hasenie požiaru a ochladzovanie. Ďalej pri výsledkoch analýzy sa určuje najväčšia plocha predpokladaného požiaru výpočtom, prevereny čas dojazdu prvých posilových hasičských jednotiek, potrebné množstvo a druhu hasiacej látky na zdolávanie požiaru a na ochladzovanie, minimálny početný stav hasičskej jednotky potrebného na účinné zdolanie predpokladaného požiaru, ako aj požiadavky na jej materiálo-technické vybavenie a najkratšieho času na vykonanie účinného zásahu pri predpokladanom požari.

Na posúdenie nebezpečenstva vzniku požiarov v objektoch alebo v priestoroch právnickej osoby a fyzickej osoby-podnikateľa, využívame v podstate identifikáciu vzniku požiaru a inej mimoriadnej udalosti používame rôzne identifikačné metódy. Žiadna z metodík v oblasti hodnotenia nebezpečenstiev a rizík nevzniká umelo, je vždy produktom určitej spoločenskej objednávky, čo si je potrebné uvedomiť pri aplikovaní jednotlivých zaužívaných metodík. Z existujúcich metodík analýz, odporúčajú sa v zmysle vyhlášky MV SR č. 611/2006 Z.z indukčná a dedukčná metóda. Medzi indukčné metódy („ex ante“), ktoré umožňujú predvídať možnú poruchu zariadení v prevádzkovom súbore, pričom analýza rizika poukazuje na okolnosti, ktoré by mohli poruchy zapríčiniť; pomáhajú vyhodnotiť počet a následky porúch a prijať vhodné preventívne opatrenia patrí analýza vplyvov porúch a ich následkov FMEA [1]. Uvedená



analýza je jedným z prvých systematických postupov pre analýzu porúch, využíva sa od 50-tych rokov. Ďalšie sú dedukčné metódy („ex post“), ktoré analyzujú výsledné nehody a hľadajú udalosti a súvislosti, ktoré ich zapríčinili a to je strom porúch – FTA. Analýza stromom porúch (zostavenie schémy porúch) – FTA – je jedna z klasických metód na identifikáciu nebezpečenstva. Je špeciálne používaná pri určení kombinácií porúch, ktoré môžu viesť k havárii [2]. Existuje veľa variantov tejto metódy, pre všetky sú spoločné symboly pre popísanie príčin havárie.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

### Analýzy vplyvov porúch a ich následkov (FMEA)

Princípom analýzy vplyvov porúch a ich následkov (FMEA) je skúmanie každého komponentu systému a zodpovedanie otázok, vpisujúcich do formulára tabuľky, ako sa môže komponent poškodiť a čo sa môže stať, keď sa komponent poškodí. Je pomôckou v celkovej analýze rizika, jej výsledky sú spracované tabuľkovo. Používajú sa rôzne formy záznamu. Záverečným krokom pri tejto analýze je štúdium kritickosti porúch, pričom sa vyberajú tie prípady porúch, ktoré sú najzávažnejšie. Kategórie kritickosti uvádza tabuľka. Pri kvantifikovaní poruchy je potrebné určiť jej dôsledok. Analýza dôsledku poruchy pomáha pri rozhodovaní o následných opatreniach, ako aj o ich významnosti. Každý uvažovaný dôsledok sa klasifikuje podľa závažnosti vzhľadom k celkovej funkčnosti systému a zohľadňuje zvolené kritériá. Musí byť definovaný zoznam porúch a to pre každý prvok zariadenia. Členenie do jednotlivých kategórií je možné podľa dôsledku, od kategórie IV, ktorá vyjadruje potenciálne spôsobiť zlyhanie hlavných funkcií systému, až po kategóriu I, ktoré vyjadruje poškodenie systému alebo jeho okolia je zanedbateľné. Pokračuje sa zaradením pravdepodobností, resp. početnosti jednotlivých porúch do skupín, vytvára kategórie pravdepodobnosti s veľmi nízkou, nízkou, strednou a vysokou úrovňou pravdepodobnosti poruchy technologického systému. Z formulára tabuľky sa stavy zakreslia do grafu kritickosti. Neprijateľný stav sa nachádza v poliach grafu ak sa náš stav nachádza so strednou a vysokou pravdepodobnosťou poruchy a III alebo IV. Úroveň kritickosti. V tomto prípade musíme prijať opatrenia organizačné alebo technické, aby sme vplyv porúch znížili a znovu zopakujeme celú analýzu ako dôkaz bezpečného procesu v technológii.



### **Analýza stromom porúch (FTA)**

Metóda analýzy stromom porúch FTA (Failure tree analysis) je špeciálne používaná ako deduktívna metóda zameraná na presné určenie kombinácie porúch, ktoré môžu viesť k havárii. Strom porúch má tzv. TOP (vrcholovú) udalosť, ktorá je hlavnou nežiaducou udalosťou. Vychádzajúc z najvyššej úrovne stromu porúch, je možné postupovať po jednotlivých úrovniach až k elementárnej príčine na príslušnej úrovni stromu porúch. Je možné postupovať vo viacerých štádiách. Vytvorí sa prehľadné a systematické vizuálne zobrazenie, z ktorého je na prvý pohľad zjavné, akým spôsobom prispievajú jednotlivé základné prvky k poruchovosti systému. Pri tejto analýze je nutný systematický prístup, pretože je potrebné vystihnúť funkčné väzby medzi prvkami sledovaného systému.

Hodnotí sa v strome porúch, sledovanie stavov, ktoré môžu priamo spôsobiť poruchu systému a určenie pravdepodobnosti takéhoto stavu, posúdenie odolnosti systému proti poruchám, overenie nezávislosti porúch systémov, subsystémov a prvkov, posúdenie správnosti informácií pre kritické prvky určenie diagnostických prístupov pre koncepciu zlepšenia existujúceho stavu. Na základe identifikácie príčin sa zakreslí strom poruchového stavu. Ďalším krokom je identifikácia rôznych „reťazových“ porúch v prevádzke (v zariadení), ktoré vedú k vrcholovej udalosti. Tu sa uskutočňuje napr. vyhľadávanie spôsobov porúch jednotlivých komponentov. Záverom by sa mali zistiť jednotlivé príčiny porúch komponentov. Analýzou pomocou stromu porúch vytvoríme prehľadné a systematické vizuálne zobrazenie, z ktorého je na prvý pohľad zrejmé, akým spôsobom prispievajú jednotlivé základné prvky k poruchovosti systému. Metóda sa môže použiť tak na kvalitatívnu, ako aj kvantitatívnu analýzu, umožňuje pomerne jednoduché vyhľadanie „slabých miest“ systému a odhalí aspekty dôležité z hľadiska spoľahlivosti. Je osvedčeným, dobre prepracovaným postupom užitočným v oblasti projektovania a prevádzkovania technologických procesov.

## **EXPERIMENTÁLNA ČASŤ**

### **Spracovaný materiál**

Drevo je vláknitá organická látka, vytvorená v stromoch a kríkoch, v ich kmeňoch, konároch a koreňoch. Chemicky sa drevo skladá asi zo 49 % celulózy, 24 % hemicelulózy, 24 % lignínu a asi 2 až 3 % živíc, tukov, trieslovín a ďalších látok. Celulóza ( buničina ) je hlavnou súčasťou rastlín, nerozpúšťa sa vo vode, ani v organických



rozpúšťadlách, ani v miernych chemických činidlách. Hemicelulóza je zložkou celulózy, ale nie je stála. Lignín je doteraz málo preskúmaný, vyskytuje sa často ako hnedý zvyšok po hnilobách dreva. Triesloviny sú látky, ktoré vo vodnom roztoku zrážajú bielkoviny, rozpúšťajú sa vo vode, v alkohole a v acetóne. Z chemického hľadiska drevo obsahuje asi 50 % uhlíka, 43 % kyslíka a zvyšok tvorí vodík, dusík a minerálne látky.

### **Požiarno-technické vlastnosti dreva**

Horenie dreva predstavuje termické rozloženie väzieb jeho základných komponentov a zmenu ich chemického zloženia a to za vzniku mnohých produktov. Hemicelulózy sú najmenej odolné voči termickému rozkladu. Rozkladajú sa v teplotnom intervale 170-240 °C. Pri teplote 240 °C bola zistená maximálna tvorba prchavých produktov pri rozklade hemicelulózy. Celulóza je termicky stabilnejšia než hemicelulózy. Pri 250-350 °C nastáva intenzívny termický rozklad celulózy. Dochádza k narušeniu väzieb v základnom reťazci podľa radikálového mechanizmu. Maximálna rýchlosť uvoľnenia rozkladných produktov celulózy bola nameraná pri teplote 350 °C. Lignín je najodolnejšia zložka dreva voči termickému rozkladu. Aktívny rozklad lignínu prebieha pri teplote 300-400 °C. Rozrušuje sa štruktúra makromolekúl a uvoľňujú sa prchavé produkty. V tuhej fáze sa vytvára štruktúra typu voľných radikálov. Rýchlosť tvorenia prchavých produktov je nižšia ako pri celulóze. Ak skúmame vplyv tepla na mechanické vlastnosti dreva, musíme pri experimentoch zohľadniť druh tepelného zdroja (sálavý, plamenný, kombinovaný) a samozrejme aj vplyv fyzikálnych vlastností testovaného materiálu, hlavne jeho vlhkosť a hustotu.

Z pohľadu stability dreva pri požiari, drevo ako stavebný materiál vykazuje pomerne dobré vlastnosti pri správnom dimenzovaní. Priebeh horenia a rýchlosť horenia ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti. V súčasnosti máme k dispozícii množstvo ručného a strojového náradia, ktorým dosiahneme výbornú kvalitu obrobkov.

### **Technologický proces**

Mechanické obrábanie je obrábanie (pracovný proces), pri ktorom sa z polovýrobku získava požadovaný tvar a rozmer súčiastky odoberaním čiastočiek materiálu z povrchovej vrstvy polovýrobku rezaním pomocou klinu rezného nástroja mechanizmom premeny materiálu na triesku. Cieľom obrábania je dať materiálu alebo polovýrobku funkčnú presnosť, charakterizovanú rozmermi a stavom obrobených povrchov.

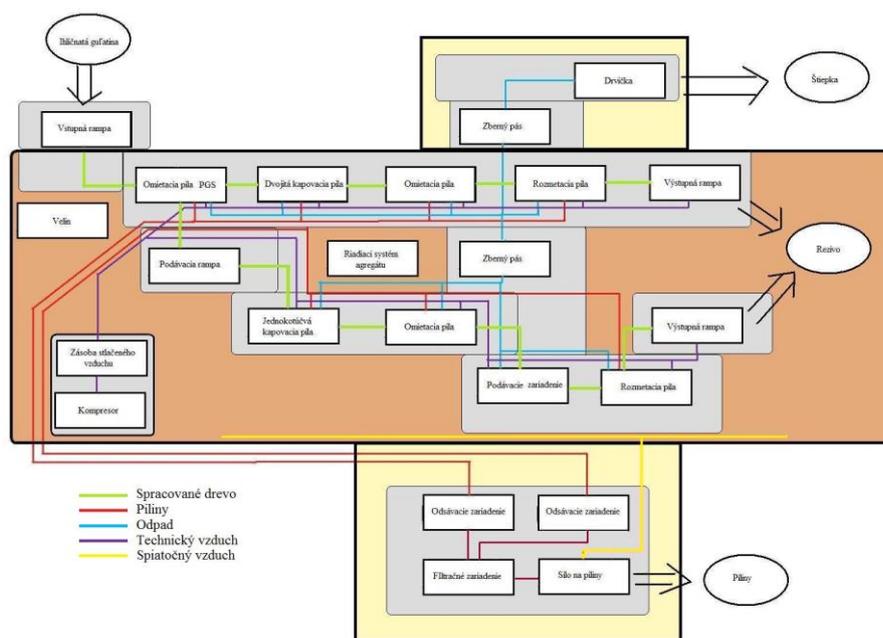


Technológia obrábania sa realizuje v sústave stroj – prípravok – nástroj – obrobok. Stroj používaný v tejto sústave sa nazýva obrábací stroj, zariadenie používané na upevnenie a ako pomôcku pri obrábaní nazývame prípravky, používané nástroje nazývame rezné nástroje, objekt technologického spracovania je polotovar, obrobok, výrobok.

Proces obrábania sa realizuje v oblasti kontaktu reznej hrany nástroja a obrábaného povrchu. V tejto zóne sa uskutočňuje premena obrobku, zmena jeho tvaru a povrchových vlastností. Obrábaním vzniká obrobená plocha a trieska.

### **Popis technológie**

Jedným z najmodernejších spôsobov prvostupňového spracovania dreva je jeho perez na agregátoch. Jednou z nich je automatizovaná linka od talianskej firmy STORTI PGS 450 (Obr. 1) [3]. Veľkou výhodou tejto modernej technológie je minimalizovanie potreby manipulácie pracovníkov s ťažkými bremenami, ako aj ich oddelenie od najnebezpečnejších častí technológie. Dosiahnuť to bolo možné automatizáciou porezu a vhodným rozmiestnením dopravníkových pásov. Zavedením tejto technológie sa dosahuje samozrejme nie len zvýšenie bezpečnosti práce, ale aj jej efektívnosti. Na druhej strane je ale nutné podotknúť že táto moderná technológia je oveľa náročnejšia na údržbu. Agregát STORTI PGS 450 je možné použiť výlučne na perez ihličnatej guľatiny [3]. Automatizácia procesu je zabezpečená pomocou centrálného počítača, ktorý navyše napája elektrickou energiou všetky rezacie stroje. Celá technológia potrebuje približne  $700 \text{ kW}\cdot\text{h}^{-1}$ . Na obsluhu agregátu je v závislosti od inštalovaného stupňa automatizácie potrebných od 4 do 10 ľudí. Celá technológia je zložená z množstva strojov, ktoré je možné zatriediť do 5 menších technologických celkov.



Obr. 1 Bloková schéma technologického zariadenia

Fig. 1 Block scheme of technological equipment

## STORSTI PGS 450

### Primárna linka

Proces spracovania drevnej hmoty začína naložením kmeňov v dĺžkach od 1 do 6 m a priemerom v rozmedzí 100 až 450 mm na vstupnú rampu. Odtiaľ sú po jednom, pomocou dopravníkových pásov, podsúvané po celom zariadení. Ako prvá, oreže kmeň z 2 strán omietacej píly. Takto vznikne jedna veľká prizma a 2 zašpicatené odrezky, ktoré budú ďalej spracované na sekundárnej linke. Veľká prizma pokračuje po primárnej linke. Po otočení a skrútení na potrebnú dĺžku, sú prizmy v omietacej a potom aj rozmietacej píle ďalej spracované. Po ukončení týchto procesov získame rezivo požadovaných rozmerov, ktoré je možné ukladať ručne, alebo automatickou linkou. Pri tomto procese samozrejme vzniká aj odpad, ktorý je za pomoci niekoľkých malých dopravníkových pásov zhromažďovaný na zbernom páse. Tento veľký pás posúva odpad na ďalšie spracovanie (Obr. 2).



Figure 2 Primary line of wood processing technology [3]

Obrázok 2 Primárna linka technologického opracovania dreva [3]

### **Sekundárna linka**

Zašpicatené odrezky, ktoré vznikli už na začiatku spracovania guľatiny sú pomocou podávacej rampy posúvané k jednokotúčovej kapovacej píle. Vzniknuté nakrátené odrezky sú ďalej spracované cez omietaciu a romietaciu pílu. Vzniknuté rezivo a odpad je následne spracovaný rovnako ako na primárnej linke.

### **Drvička**

Všetok odpad so zberného pásu je pomocou dopravníka privádzaný priamo do drvičky, kde sa drví na štiepku. Ukladanie štiepky na kopy je zabezpečené pomocou dopravníka.

### **Centrálne odsávanie pilín**

Pomocou ventilátorov o výkone asi  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , sa cez potrubia zabezpečuje zber a uskladnenie, vznikajúcich pilín v sile. Keď že materiál sa pri rezaní zahrieva, v sile sa hromadí veľké množstvo teplého vzduchu. Tento vzduch je možné buď priamo vypustiť do ovzdušia, alebo cez spätné potrubie využiť na vytápanie pilnice v zime.

### **Zdroj technického vzduchu**

Všetky pohyblivé časti technológie, ktoré nevykonávajú ustálený rotačný pohyb sú uvádzané do činnosti stlačeným vzduchom. Jedná sa nie len o zrovnávacie, prevracacie a oddel'ovacie ramená, ale aj rôzne pohyblivé bezpečnostné zariadenia. Keď že rozvody

stlačeného vzduchu sú rozvedené po celej technológii tento vzduch je možné pomocou jednoduchých prídavných zariadení možné použiť aj na údržbu agregátu. Kompresor musí byť schopný dodávať až 230 000 l.h<sup>-1</sup> vzduchu.



Obr. 3 Umiestnenie drvičky v technológii [3] Obr. 4 Ventilátor na odsávanie drevného odpadu[3]  
Fig. 3 Placement technology in the crusher waste [3] Fig. 4 Vacuum fan for wood waste[3]

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Definovanie analýzy FTA nebezpečenstva vzniku požiaru pre STORTI PGS 450

- Vrcholová udalosť:** Ohrozenie zdravia pracovníkov a poškodenie agregátu vplyvom požiaru alebo výbuchu.
- Popis sledovanej udalosti:** Porez smrekovej guľatiny na agregáte za bežných prevádzkových podmienok.
- Neuvažované udalosti:** Fajčenie a manipulácia s otvoreným ohňom, alebo úmyselné zapálenie.
- Hranice systému:** Linka STORTI PGS 450

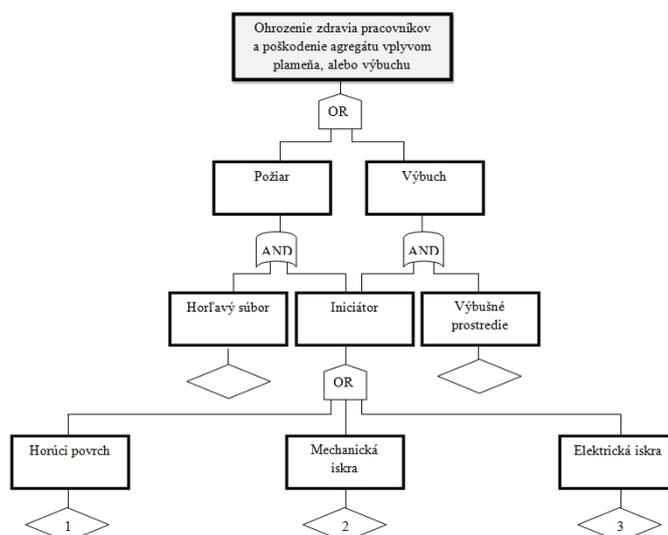
Tab. 1 Systémová analýza technológie  
Tab. 1 System Analysis of technology

System	Subsystem	Úloha
Agregát STORTI PGS 450	primárna linka	porez guľatiny na požadované rezivo
	sekundárna linka	porez zbytkov z primárnej linky na požadované rezivo
Centrálne odsávanie pilín	odsávacie zariadenie	zber pilín od rezacích nástrojov
	filtračné zariadenie	odčlenenie pilín od vzduchu
	silo	uskladnenie pilín

Zdroj technického vzduchu	Kompresor	dopĺňanie zásob vzduchu
	zásobník stlačeného vzduchu	uskladnenie vzduchu
Drvička	-	spracovanie odpadu z porezu na štiepku

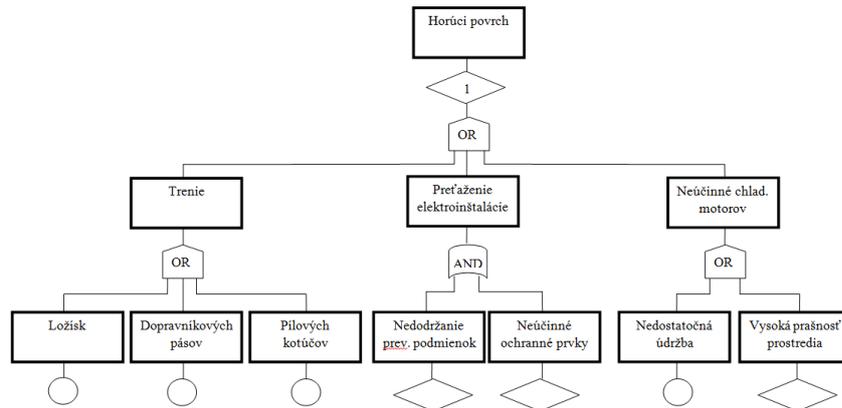
**Tab. 2 Stanovenie príčin nežiaducich okolností**  
**Tab. 2 Determining the causes of adverse circumstances**

Prevádzkový stav	Možné riziká
Kalibrácia agregátu	Vznik mechanických ikier pri nabíjaní píl. Nedostatočné upevnenie píl a poistných matíc na ktorýchkoľvek častiach stroja, čím dochádza k ich uvoľneniu a nárazom o iné kovové časti technológie, alebo až k zablokovaniu pohyblivých komponentov.
Porez guľatiny	Prehriatie elektrotechnik, elektromotorov, elektroinštalácie, píl, dopravníkových pásov, alebo iných mechanických častí stroja, ktoré sú nesprávne inštalované, udržiavané, alebo vysoko namáhané, až na teplotu vznietenie dreva, či prachu s dreva. Iskrenie píl o kamene, alebo kusy kovov, ktoré sú zarastené v dreve. Iskry spôsobené elektrostatickou elektrinou, bleskom, alebo skratom.
Údržba technológie	Zváranie, tepelné delenie a ďalšie spôsoby spracúvania kovov, pri ktorých sa používa zväracie, brúsiace alebo iskriace zariadenie.

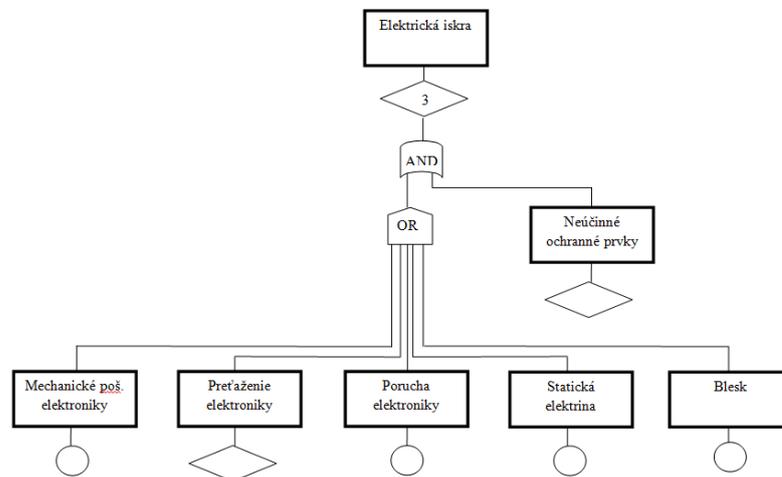


**Obr. 5 Strom poruchových stavov pre nežiaducu udalosť „požiaru alebo výbuchu“ (FTA) linky STORTI PGS 450**

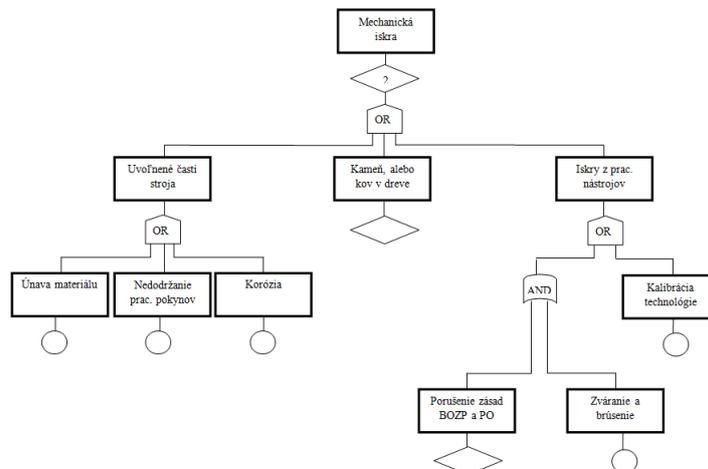
**Fig. 5 Fault tree for adverse event "fire or explosion" (FTA) lines STORTI PGS 450**



Obr. 6 Strom porúch pre iniciačný zdroj horúceho povrchu linky STORTI PGS 450  
Fig. 6 Fault tree for initiating source of hot surface lines STORTI PGS 450



Obr. 7 Strom porúch pre iniciačný zdroj mechanickej iskry, linky STORTI PGS 450  
Fig. 7 Fault tree for initiating source of mechanical spark on line STORTI PGS 450



Obr. 8 Strom porúch pre iniciačný zdroj elektrickej iskry, linky STORTI PGS 450  
Fig. 8 Fault tree for initiating source of electric spark on line STORTI PGS 450



Definovanie analýzy FMEA nebezpečenstva vzniku požiaru pre STORTI PGS 450

Tab. 3 Formulár pre linku (FMEA)  
Tab. 3 Form for line (FMEA)

Nebezpeč.	ID	Príčina	Dôsl.	Opatrenie	Pravdepod.	Úrov kri.
Trenie ložísk	1.	opotrebovanie	požiar	mazanie	Nízka	2
Trenie pilových kotúčov	2.1	Otupenie	požiar	včasná výmena	Vysoká	2
	2.2	hrče v rezive	požiar	kontrola procesu	Stredná	2
Trenie dopravníkových pásov	3.1	Uvoľnenie	požiar	pravidelná kontrola	Nízka	2
	3.2	blok. drevom	požiar	vizuálna kontrola pásov	Stredná	2
Iskrenie uvoľnených častí technológie	4.1	nesprávne upevnenie	požiar výbuch	dodržiavanie prac. postupov	Veľmi nízka	2
	4.2	únava materiálu	požiar výbuch	pravidelná údržba	Veľmi nízka	3
Prehriatie elektroinštalácie	5	preťaženie	požiar výbuch	revízie/ochranné prvky	Veľmi nízka	4
Prehrievanie elektromotorov	6.1	vysoká prašnosť prostredia	požiar výbuch	pravidelná údržba	Stredná	3
	6.2	porucha chladiča	požiar	pravidelná údržba	Veľmi nízka	3
	6.3	preťaženie	požiar výbuch	revízie/ochranné prvky	Vysoká	3
Iskrenie píleného dreva	7	kov zarastený v dreve	požiar výbuch	kontrola procesu	Nízka	2
Údržba (iskry, horúce povrchy)	8	nedodržanie zásad PO a BOZP	požiar výbuch	kontrola dodržiavania pr.	Stredná	3
Elektrická iskra	9.1	blesk	požiar výbuch	hromozvod	Veľmi nízka	3
	9.2	statická elektrina	požiar výbuch	uzemnenie	Veľmi nízka	2
	9.3	porucha elektroniky	požiar/výbuch	pravidelné revízie	Nízka	3



	9.4	mech. poškodenie elektroniky	požiar výbuch	inštalácia krytov	Stredná	3
Drevný prach	10	nefunkčné odsávanie	požiar výbuch	pravidelná kontrola	Vysoká	4
	10.1	neudržiavanie čistoty	požiar výbuch	pravidelné upratovanie	Nízka	4

		Pravdepodobnosť poruchy			
		Velmi nízka	Nízka	Stredná	Vysoká
Úroveň kritičnosti	IV	5 10.1			10
	III	4.2 6.2 9.1	9.3	6.1 8 9.4	6.3
	II	4.1 9.2	1 3.1 7	2.2 3.2	2.1
	I				

Obr. 9 Vyhodnotenie analýzy v sieťovom grafe (FMEA)  
Fig. 9 Evaluation of the analysis in the network graph (FMEA)

### Opatrenia nutné vykonať na linke STORTI PGS 450

Tab. 4 Zavedenie opatrení pre príslušné nebezpečenstvá  
Tab. 4 Introducing measures for relevant dangers

Nebezpečenstvo	ID	Príčina	Opatrenia	Doplňkové opatrenia
Prehrievanie elektromotorov	6.1	vysoká prašnosť prostredia	pravidelná údržba	Zavedenie zariadenia na meranie množstva prachu v ovzduší a pravidelného čistenia technológie po každej zmene.
	6.3	preťaženie	revízia a ochranné prvky	Inštalácia vhodných tepelných poistiek na elektromotory.
Údržba (iskry, hor. povrchy)	8	nedodržanie PO a BOZP	kontrola dodržiavania predpisov	Používať len neiskrivé ručné náradie (najmä pri nabíjaní píl), ďalej TPO vypracuje koncepciu organizačných opatrení pre zváracie, rezacie práce a iné údržbárske práce na technológií.



Elektrická iskra	9.4	mechanické poškodenie elektroniky	inštalácia krytov	Doplnenie už existujúcich krytov o pevné železné mriežky, odolné nárazom dreva.
Drevný prach	10	nefunkčné odsávanie	pravidelná kontrola	Inštalácia priesvitných PVC rúr a vhodných vstupov na odstraňovanie nasatých kusov dreva.

Tab. 5 Prehodnotenie formuláru po zavedení potrebných opatrení (FMEA)  
Tab. 5 Reassessment of form after introducing necessary measures (FMEA)

Nebezpeč.	ID	Príčina	Dôsl.	Opatrenie	Pravdepod.	Úrov. kri.
Prehrievanie elektromotora v	6.1	vysoká prašnosť prostredia	požiar výbuch	pravidelná údržba	Nízka	3
	6.3	preťaženie	požiar výbuch	revízie/ochranné prvky	Veľmi nízka	3
Údržba (iskry, horúce povrchy)	8	nedodržanie zásad PO a BOZP	požiar výbuch	kontrola dodržiavania pr.	Veľmi nízka	3
	9.4	mech. poškodenie elektroniky	požiar výbuch	inštalácia krytov	Veľmi nízka	3
Drevný prach	10	nefunkčné odsávanie	požiar výbuch	pravidelná kontrola	Nízka	4

		Pravdepodobnosť poruchy			
		Veľmi nízka	Nízka	Stredná	Vysoká
Úroveň kritickosti	IV	5 10.1	10		
	III	4.2 8 6.2 9.4 9.1 6.3	9.3 6.1		
	II	4.1 9.2	1 3.1 7	2.2 3.2	2.1
	I				

Obr. 10 Prehodnotenie sieťového grafu po zavedení potrebných opatrení (FMEA)  
Fig. 10 Reassessment of network graph after introducing necessary measures (FMEA)



## ZÁVER

Kvalitatívnou a kvantitatívnou analýzou (FTA) linky STORTI PGS 450 boli vyhodnotené stavmi poruchových stavov pre nežiaducu udalosť „požiar alebo výbuch“ pozri Obr. 5 – Obr. 8 možnosti, ktoré môžu v podsysteme technológie nastať s jednotlivými typmi iniciačných zdrojov ako je horúci povrch, elektrická iskra a mechanická iskra. Z toho dôvodu navrhujeme pre prevenciu proti vzniku požiaru čistiť elektrické zariadenie pred dosiahnutím súvislej vrstvy prachu, ktorá je schopná šíriť požiar,

- čistiť elektrické zariadenie, ktoré nemá krytie zabraňujúce vniknutiu prachu a pri bežnej prevádzke iskrí ( raz za 6 mesiacov vo vnútri zariadenia ),
- čistiť elektrické zariadenie, ktoré nemá krytie zabraňujúce vniknutiu prachu a pri bežnej prevádzke neiskrí ( raz za 12 mesiacov vo vnútri zariadenia ),
- zariadenie sa vypína v čase pracovného pokoja a je pod neustálym dohľadom počas prevádzky,
- elektrické zariadenie nemôže dosiahnuť vyššiu teplotu, ako je najvyššia dovolená povrchová teplota podľa technickej normy.

Ako alternatívne návrhy spôsobu riešenia protipožiarnej bezpečnosti možno izolovať zariadenie od ostatných technológií alebo zariadení s možnosťou vzniku požiaru a zariadenie je potrebné kontrolovať pred každou prevádzkou, a zistené nedostatky treba vždy pred spustením odstrániť.

Vykonaním analýzy vplyvov porúch a ich následkov (FMEA) bolo zistené, že z piatich poruchových stavov, ktoré bez zavedenia dodatočných opatrení predstavujú neprípustne vysoké riziko vzniku požiaru boli dve spojené s nesprávnou alebo zanedbanou údržbou. Pre požadované zvýšenie bezpečnosti je kľúčovým riešením správne navrhnutý a riadne vykonávaný plán údržby. Je nutné predpokladať aj s obmedzením výrobného procesu, keďže zamestanci budú musieť časť zo svojho pracovného času stráviť údržbou. Okrem toho je potrebné pracovisko vybaviť potrebným náradím. Ďalšie tri poruchové stavy sú spojené s nevhodnou, respektíve nedostatočne zabezpečenou konštrukciou technológie. Pravdepodobnosť vzniku týchto poruchových stavov je možné znížiť na prijateľnú mieru jednoduchými doplnkami, ktoré nebudú mať žiaden zásadný vplyv na priebeh výrobného procesu. Po správnej aplikácii všetkých požadovaných opatrení prevádzka z hľadiska pravdepodobnosti vzniku požiaru



nepredstavuje neprípustne vysoké riziko, takže je možné ju prevádzkovať bez obmedzenia.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] STN IEC 60812 (01 0675) Metódy analýzy spoľahlivosti systému. Postup analýzy spôsobu a dôsledku porúch (FMEA).

[2] STN 01 0676 Analýza stromu poruchových stavov.

[3] Storti: Sawmill line with circular sawblade cutting technology for prism and board production. Dostupné na internete. Online (01. 10. 2015)

<http://www.storti.it/en/sawmill/pgs-300350450>

### Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0057-12.

### Adresa autora

Ing. Eva Mračková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany,  
Masaryka 24, 960 01 Zvolen

+420 45 52 06 831, mail: [mrackova@tuzvo.sk](mailto:mrackova@tuzvo.sk)



# BEZPEČNOSŤ A OCHRANA ZDRAVIA PRI HASIČSKOM ŠPORTE

## SAFETY AND HEALTH PROTECTION FIREFIGHTING FOR SPORT

MARIANNA TOMAŠKOVÁ, RENÁTA ENDRIZALOVÁ

### Abstrakt

Pre rýchly a úspešný zásah je okrem technického vybavenia, odbornej pripravenosti dôležitá aj fyzická zdatnosť hasičov a ich vzájomná súčinnosť. Fyzická kondícia hasičov je preto vnímaná ako jedna z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich celkový úspech zásahu. Hasiči a záchranári sú jednotkami prvého nasadenia nielen pri požiaroch, dopravných nehodách, ale poskytujú aj predlekársku pomoc postihnutým osobám na mieste zásahu. Súčasne vykonávajú odsun zranených a chorých v rámci záchranných prác a očakáva sa od nich, že pre výkon všetkých zásahov je v nich dostatočný potenciál tak fyzický, ako aj odborný.

**Kľúčové slová:** *hasič, hasičský šport, zásah, riziko*

### Abstract

For fast and successful intervention, in addition to technical equipment, professional expertise and important physical fitness of firefighters and their interoperability. Physical fitness of firefighters is therefore seen as one of the most important factors influencing the overall success of the intervention. Firefighters and rescuers troops first deployed not only to fires, traffic accidents, natural disasters, but also provide aid measures for disabled persons on the spot intervention. At the same time they carry out evacuation of injured and sick in rescue work and would be expected that the performance of all interventions is sufficient potential in them as individuals as well as professional.

**Keywords:** *firefighter, firefighter sport, accidents, risk*



## ÚVOD

Pravidlá hasičského športu sú súborom organizačných pokynov a zásad, technických podmienok a ustanovení, ktorými sa určujú zásady organizovania súťaží v hasičskom športe a postup plnenia disciplín, popis dráh, náčinia, meranie a hodnotenie výsledkov [1]. Pravidlá, zmeny a doplnky vydáva a zverejňuje prezídium Hasičského a záchranného zboru. Hasičský šport sa môže organizovať v týchto disciplínach:

- Beh na 100 m s prekážkami,
- Výstup do 4. Podlažia cvičnej veže,
- Štafeta 4x100 m s prekážkami,
- Požiarny útok.

Príspevok poukazuje na možné vznikajúce riziká pri plnení vybraných disciplín v hasičskom športe.

## Hasičský šport

Fyzicky najzdatnejší hasiči po zdolaní povinných limitov postupujú do súťaží, aby si zmerali sily a zvýšili vlastnú kvalitu a rýchlosť. Sú to miestne, okresné a krajské súťaže v hasičskom športe, majstrovstvá a medzinárodné súťaže CTIF (Medzinárodný technický výbor pre prevenciu a hasenie požiarov) v hasičskom športe.

Ďalšie súťaže sú organizované ako tzv. súťaže odborných služieb akými sú napríklad simulácia zásahovej činnosti v povodňovej záchranej službe, vyslobodzovanie osôb z havarovaných vozidiel a ďalšie. Pri organizovaní súťaží v hasičskom športe sa plnia disciplíny netypické pre bežný šport s použitím špeciálnych technických prostriedkov a presne vymedzených technických podmienok.

## Fyzická pripravenosť hasičov

Pri extrémnych zásahoch, alebo pri dlhodobom fyzickom zaťažení, prípadne pri v ťažkých podmienkach hrozí hasičom nebezpečenstvo fyzického vyčerpania. Fyzická príprava u hasičov je zameraná na upevňovanie a zvyšovanie sily, rýchlosti, vytrvalosti a obratnosti.

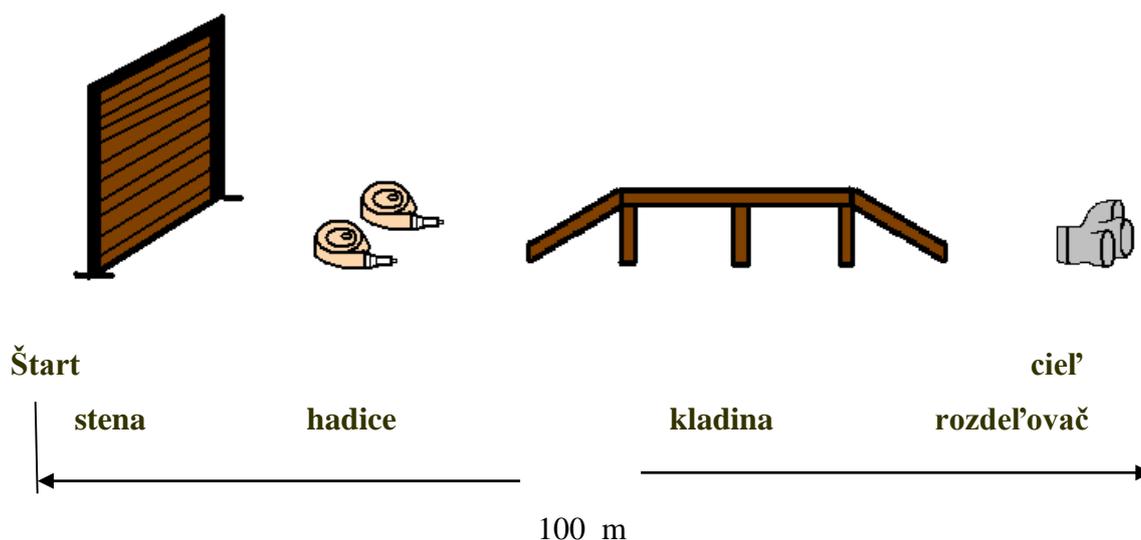
Fyzická príprava a hasičský šport súčasťou odbornej prípravy zamestnancov a členov hasičských jednotiek. [2] Osobitosti zabezpečovania fyzickej prípravy a overovania fyzickej zdatnosti hasičov sú vymedzené v interných predpisoch Hasičského a záchranného zboru (ďalej len HaZZ). [1] Podrobnosti o špeciálnej fyzickej príprave,

o hasičskom športe a odbornej spôsobilosti sú vo Vyhláske o hasičských jednotkách.[2] Pri fyzickej príprave a hasičskom športe vzniká u hasičov viac pracovných úrazov ako pri zásahovej činnosti.

### Disciplíny hasičského športu

#### a) Beh na 100 m s prekážkami

Súťažiaci pri plnení disciplíny beh na 100 m cez prekážky je vybavený prúdnicou, s ktorou zaujme postavenie na štarte. Po odštartovaní prekoná prekážku (stenu), uchopí hadice, prebehne kladinu a hadice rozvinie a spojí. Jednu spojku hadice napojí na rozdeľovač, na druhú spojku hadice pripojí prúdnicu a prebehne cieľom. [5]



Obr. 1 Beh na 100 m s prekážkami  
Fig. 1 Cross 100 m with obstacles

**Možné riziká pri plnení disciplíny beh na 100 m s prekážkami sú [5] :**

- pád zo steny,
- nesprávne prekonávanie prekážky steny – nábeh na stenu, nesprávny zoskok zo steny,
- strata rovnováhy a následne pád z nábehových mostíkov kladiny, alebo pád z kladiny, pošmyknutie z nábehových mostíkov,
- spletenie rozvinutých hadíc počas behu, čo sa následne prejaví ako prekážka v behu,

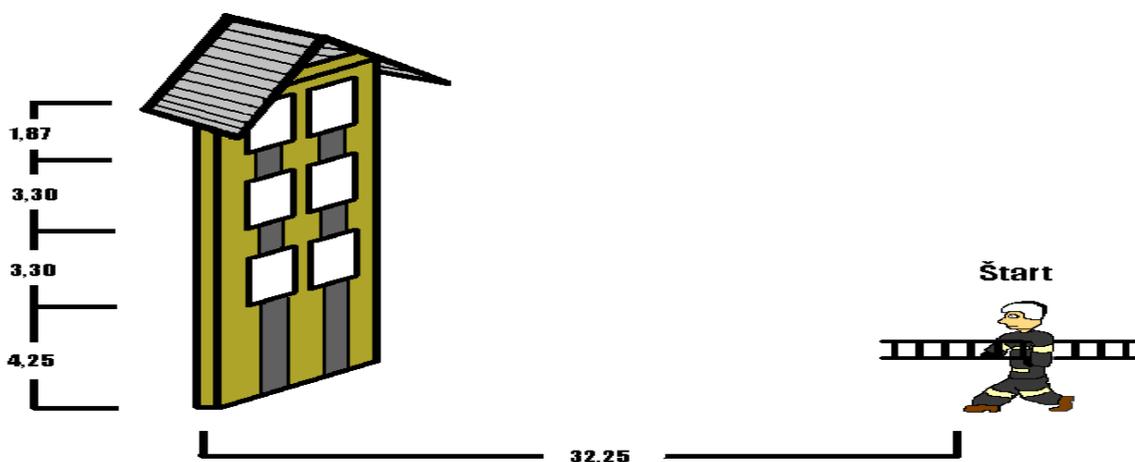
- nesprávne uchopenie rozdeľovača,
- meteorologické vplyvy – teplota, vlhkosť vzduchu prípadne dážď – šmykľavé náradie,
- pošmyknutie v behu vplyvom stavu terénu – podlažia na ktorom sú prekážky (antuka, tartan, piesok, tráva, asfalt).

### Príklad úrazu hasiča pri nácviku disciplíny

Pri zbiehaní z kladiny po nábehovom mostíku hasič narazil pätu ľavej nohy o poslednú priečku nábehového mostíka kladiny. Následne došlo u poškodeného k opuchu päty ľavej dolnej končatiny s tým, že nemohol stúpiť na nohu. Zranenie bolo sprevádzané silnými bolesťami a vyžiadalo si dočasnú práceneschopnosť 8 kalendárnych dní.

#### b) Výstup do 4. podlažia cvičnej veže

Po odštartovaní súťažiaci dobehne s rebríkom k veži, zavesí ho do 2. podlažia, vystúpi po ňom a vysadne na parapet. Potom prevesí rebrík do 3. podlažia, vystúpi po ňom a vysadne na parapet, prevesí rebrík do 4. podlažia, vystúpi po ňom a zoskočí na podlahu 4. podlažia. [5]



Obr. 2 výstup do 4 podlažia cvičnej veže  
Fig. 2 Output in 4 floors of the training tower

Cvičná veža má ocelovú nosnú konštrukciu s výplňou prednej steny z dosák. Pod cvičnou vežou sa nachádza záchranná poduška s hrúbkou 1 m a šírkou 4 m na stlmenie prípadného pádu súťažiaceho. Súťažiaci musí byť chránený aj prostriedkom osobného zabezpečenia proti pádu. Karabínku s fixným lanom zapína určená osoba súťažiaceho do bezpečnostného postroja súťažiaceho na druhom podlaží.



**Možné riziká pri plnení disciplíny výstup do 4 podlažia cvičnej veže:**

- nesprávne zavesenie rebríka,
- nesprávne došľapnutie na stupienok rebríka,
- nedostatočné zaistenie fixným lanom,
- strata rovnováhy na parapete, alebo pri prevesovaní rebríka,
- poveternostné vplyvy (nárazový vietor) a pod.

**Príklad úrazu hasiča pri nácviku disciplíny:**

Je nutné povedať, že úraz sa stal v čase, kedy technické podmienky pre cvičnú vežu neboli také prísne ako sú v súčasnosti a týkajú sa jednak záchranej podušky, ktorá sa umiestňuje pod cvičnú vežu, ako aj istenie fixným lanom, pre ktoré je v súčasnosti určené presné ukotvenie, istiace gumy, nášľapná podlaha a ďalšie technické podmienky nevyhnutné pre ochranu zdravia a bezpečnosti súťažiacemu hasiča. Pri nácviku tejto disciplíny hasič po prebehnutí dráhy a ukotvení rebríka pri presune na tretie podlažie nesprávne došľapol na stupienok rebríka. Noha sa na stupienku neudržala, celá váha tela sa presunula na ruku, ktorá nápor nevydržala a hasič sa zrútil z približne 6 m výšky na záchrannú podušku. Úraz mal za následok poškodenie chrbtice a niekoľkotýždňovú práceneschopnosť.

**c) Štafeta 4 x 100 m**

Súťažiaci na prvom úseku pomocou rebríka prekoná domček, pričom sa musí dotknúť (rukou alebo nohou) plošiny a v pásme odovzdávky odovzdá štafetový kolík súťažiacemu na druhom úseku. Na druhom úseku zdolá prekážku (stenu) a odovzdá štafetový kolík súťažiacemu na treťom úseku. Súťažiaci na tomto úseku uchopí hadice, prebehne kladinu, spojí hadice, napojí jednu spojku na rozdeľovač, na druhú napojí prúdnicu, v pásme odpojenia prúdnicu odpojí a v pásme odovzdávky odovzdá štafetový kolík súťažiacemu na štvrtom úseku. Na štvrtom úseku uchopí súťažiaci prenosný hasiaci prístroj, uvedie ho do činnosti, uhasí horiacu kvapalinu v nádrži, odloží prístroj mimo nádrže a beží do cieľa.

Domček prekonáva súťažiaci pomocou sklápacieho rebríka, ktorým vystupuje na strechu domčeka. Domček má dĺžku 5 m, šírku 2,5 m a výšku po hrebeň strechy 2,5 m. Strecha so sklonom 30 ° má dĺžku 4 m a šírku 1,5 m. Pre ukotvenie a technický popis kladiny, steny a domčeka sú určené jednoznačné podmienky v prílohe pravidiel



hasičského športu. 2) Nádrž na horľavú kvapalinu je z ocelového plechu dĺžky 1,5 m, šírky 1 m a výšky 0,2 m; je vybavená štyrmi držiakmi na prenášanie.

**Možné riziká pri plnení disciplíny sú [5] :**

- nesprávne alebo nepresné ukotvenie rebríka na domček,
- strata rovnováhy pri prekonávaní prekážky domček,
- spletenie a prekážanie hadíc v behu pri prekonávaní prekážky.

## ZÁVER

Pri organizovaní súťaží v hasičskom športe je potrebné dbať, aby pred vykonaním nácviku jednotlivých disciplín pod dozorom určeného trénera prebehol nácvik s náležitou rozcvičkou, s použitím príslušnej športovej obuvi a športového odevu, aby cvičiaci nekonali ľahkomyselne a aby nedochádzalo k zraneniam. Súťaže hasičskom športe sú významné pre výmenu skúseností záchranárskych tímov a pre laickú verejnosť je to príležitosť na zoznámenie sa s fyzickým potenciálom záchranárov, s postupmi pri vyslobodzovaní osôb z havarovaných vozidiel, hasičskou technikou a špeciálnym náradím.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Rozkaz prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 15/2014 o vydaní Pravidiel hasičského športu.
- [2] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 611/2006 o hasičských jednotkách.
- [3] Zákon č. 315/2001 Z. z. o Hasičskom a záchrannom zbore v znení neskorších predpisov.
- [4] Zákon č. 314/2001 Z. z. o ochrane pred požiarmi.
- [5] ENDRIZALOVÁ, Renáta, : Osobitosti bezpečnosti a ochrany zdravia pri hasičskom športe, Bezpečnosť práce. Roč. 8, č. 11 (2008), s. 21-25. - ISSN 1335-4078
- [6] FERENC, J.: Osobné a ochranné pracovné prostriedky a ich vplyv na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci vo vybranej profesii, Bakalárska práca, TU v Košiciach, SjF, KBaKP, 2015.



**Adresa autora**

doc. Ing. Marianna Tomašková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, KBaKP, Letná 9, 042 00 Košice

marianna.tomaskova@tuke.sk

*Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV - 0337 - 11 Výskum nových a novo vznikajúcich rizík priemyselných technológií v rámci integrovanej bezpečnosti ako predpoklad pre riadenie trvalého rozvoja.*



Tabuľka 1 Príklad posúdenia rizika pre jeden z hasičských športov  
Table 1 Example risk assessment for one of the fire sports

Hasičský šport : **POŽIARNY ÚTOK**

	<b>NEBEZPEČENSTVO</b>	<b>OHROZENIE</b>	<b>RIZIKO</b>	<b>Výsledné riziko pomocou matice rizika [6]</b>
<b>Stav terénu (tráva, asfalt, antuka ...)</b>	Premočený terén / Klzký terén	Pošmyknutie, Zaborenie do zeme, ...	Úraz (pomliaždeniny, odreniny, zlomeniny, ...)	11 mierne
	Nerovnosť povrchu	Nesprávny dopad dolných končatín na povrch terénu	Úraz (pomliaždeniny, odreniny, zlomeniny, ...)	11 mierne
	Prekážky na povrchu (kamene, vysoká tráva, zemina, ...)	Zakopnutie, zaborenie do zeminy, ...	Úraz (pomliaždeniny, odreniny, zlomeniny, ...)	11 mierne



<b>Náradie na požiarny útok</b>	Poškodené náradie	Napr. Spojka hadice - poškodené „zuby,, na spojke hadice	Pri spájaní jednej spojky hadice a druhej spojky hadice dôjde k neúplnému uchyteniu oboch spojok k sebe čo môže viest' k následnému rozpojeniu hadíc počas vysokého tlaku vody pri útoku.	Úraz (vybitie zuba, odreniny, pomliaždeniny, škrabance, ...)	15 nežiadúce
	Opotrebované náradie	Napr. Hadica – opotrebovane vlákno hadice	Pri vysokom tlaku vody môže dôjsť k roztrhnutiu hadice alebo vytrhnutiu spojky hadice od vlákna	Úraz (vybitie zub, odreniny, pomliaždeniny)	15 nežiadúce
	Nesprávna príprava náradia	Nesprávne uloženie náradia na základni, premotanie hadíc medzi sebou, ...	Počas požiarného útoku a výbehu od základne môže dôjsť k zaseknutiu / zauzleniu hadíc, k obmotaniu súťažiacého o horné a dolné končatiny ako aj trupu ...	Úraz súťažiacého, ...	17 neprijateľné



<b>Súťažiaci požiarneho útoku</b>	Nedostatočná príprava	Nedostatočné oboznámenie sa s náradím	Nedostatočné schopnosti s používaním a obsluhou motorovej striekačky, Nesprávna manipulácia so športovým náradím (nasávací kôš, nasávacie hadice, hadice, rozdeľovač, prúdnice)	Poškodenie náradia, úraz súťažiacich ako aj divákov	15 nežiadúce
		Preceňovanie svojich schopností	Nedostatočný tréning a nedostatočná príprava	Môže dôjsť k úrazu súťažiaceho, (natiehnutie svalov, pretrhnutie šlachy, presilenie, vyčerpanie, ...)	17 neprijateľné
	Nepozornosť	Nesústredenie, rozptyľovanie	Neúplne sústredenie sa požiarnemu útoku a neobozretnosť vedie k nesledovaniu situácie a priebehu útoku	Napr. strojník športovej striekačky nesleduje situáciu a priebeh útoku, kde pri nesprávnej manipulácii so	15 nežiadúce



				striekačkou ohrozuje všetkých súťažiacich a ako aj divákov	
		Použitie alkoholických nápojov, omamných látok ...	Znížená schopnosť metabolizmu, sebaovládania, znížená schopnosť reagovania na podnety ...	Môže dôjsť k ohrozeniu a k úrazu súťažiacich ako aj divákov	10 mierne



## BEZPEČNOSŤ A PREPRAVA NEBEZPEČNÝCH LÁTOK SECURITY AND TRANSPORT OF DANGEROUS MATERIALS

LÁSZLÓ KOMJÁTHY, ALEXANDRA KISS, ENIKŐ KUK

### Abstrakt

Pohľad na vozidlá prepravujúce nebezpečné látky sa stal obvyklou súčasťou nášho každodenného života, nakoľko sa v Európe aj z dôvodu úspory nákladov rozšírila v prvom rade cestná preprava. Deň čo deň vidáme v našich mestách cisternové vozidlá alebo vozidlá označené oranžovými tabuľkami ADR prepravujúce nebezpečné látky, pritom väčšina obyvateľstva ani netuší načo tieto tabuľky slúžia. Rozšírenie dopravy a priemyselnej činnosti, preprava nebezpečných materiálov ktorých vlastnosti majú škodlivé účinky na život človeka, na jeho zdravie, materiálne statky, zastavané plochy a prírodné hodnoty, môžu byť príčinou aj katastrof. Za takýchto okolností na zmiernenie škôd spôsobených prírodnými živlami, ohňom a zdravie či život ohrozujúcou činnosťou človeka musíme dosiahnuť zomknutie všetkých spoločenských vrstiev štátu. Medzi príčinami úrazov popredné miesto zaujímajú nebezpečné látky. Aj pri preprave nebezpečných látok môže dôjsť k ťažkým prípadom. K zabráneniu ťažkých úrazov následkom nebezpečných látok sú potrebné preventívne opatrenia. Napríklad poznať nebezpečné látky, osvojiť si bezpečnostný systém chemických látok, poznať bezpečnostné predpisy na prepravu nebezpečných látok. Predchádzajúcim výskumom sme dokázali, že práve civilné obyvateľstvo môžeme považovať za zasahujúcich v prvom rade, nakoľko ako účastníci cestnej premávky sú na mieste nehody pred príchodom hasičských jednotiek, a sú „odkázaní“ poskytnúť prvú pomoc a zasiahnuť bez ochranných prostriedkov a potrebných odborných znalostí. Terajší výskum je vykonaný za účelom sledovania plánovaného vývoja softvéru UN-KÓD pre mobilné telefóny oficiálne uvedeného v roku 2009 na platforme JAVA, ktorý slúži ako pomôcka na vykonávanie bezpečných činností za prítomnosti nebezpečných látok pre civilné obyvateľstvo ako aj profesionálnych hasičských jednotiek a civilnej ochrany, a tak sa vyhnúť ďalším nehodám.

**Kľúčové slová:** *podpora rozhodovania, civilná ochrana, hasiči, UN-Kód, ADR, mobil, android.*



## Abstract

Vehicles carrying dangerous goods are part of our everyday lives, because transportation by road has become the most common method in Europe due to its cost-efficiency and other reasons. Repeatedly, we can see tanker trucks or lorries marked with ADR orange plates. However, the majority of the population is not even aware of what these plates indicate. The expansion of transport and industrial activities as well as the transport of dangerous goods may pose a threat to human life and health, material goods, the built environment and natural values or even may lead to disasters. The mitigation of the consequences of accidents caused by various forces of nature, fire and human activities requires the cooperation of all social classes of the country. Accidents involving dangerous goods rank high among the causes of disasters. Serious situations might occur during the transportation of dangerous goods as well. To prevent severe accidents involving dangerous goods it is needed to be knowledgeable in dangerous goods, chemical safety, the rules concerning the transportation of dangerous goods and the operations following serious accidents involving dangerous goods. Our previous researches proved that civilian population tend to carry out primary intervention in road accidents, as they take part in road traffic as well. They are on the spot even before the arrival of the fire fighters and they need to give help and intervene without any protective equipment or special skills. This research is about the development of the mobile Java software, UN-Number, introduced in 2009 to keep up with technological progress. This software assists civilian population as well as professional firefighters and disaster managers to carry out interventions involving dangerous goods and to prevent further accidents.

**Keywords:** *decision support, disaster management, fire brigade, UN-number, ADR, mobile phone, Android*

## ÚVOD

Preprava nebezpečných látok znamená vážne problémy pre obyvateľov i prostredie a v prípade nehôd aj pre účastníkov likvidácie nie len u nás v Maďarsku, ale na celom svete. Na cestách prevrátený cisternový kamión, alebo vozidlo, z ktorého sa sype prepravovaný nebezpečný odpad, havarovaný automobil naložený balónmi



kyseliny. Takéto obrazy často vidíme v televízie, alebo na stránkach denníkov. Opakujúcim elementom vzniku katastrofy sú nebezpečné chemické látky a ich preprava. Bezpečná preprava nebezpečných tovarov je jedným z hlavných bodov verejnej dopravy.

Dnes už viac ako 2500 nebezpečných látok treba označiť UN kódom na základe Európskeho rozhodnutia, a toto označenie treba umiestniť na danom dopravnom prostriedku na dobre viditeľnom mieste. Toto označenie je jediná aktívna pomoc pri zaradení dodávky, ale jej veľkosť – napriek nápadnému farebnému označeniu – neľahčuje prečítanie kódu z veľkých vzdialeností, nehovoriac o tom prípade, ak počas nehody sa toto označenie poškodí, alebo sa zakryje. Poznanie UN čísel je nevyhnutné hlavne pre zasahujúcich odborníkov pri likvidácii nehôd s nebezpečnými látkami, aby vedeli priniesť vhodné rozhodnutia. Po zaradení látky sú k dispozícii evidencie nebezpečných látok, katalógy, odborné literatúry s dopredu vypracovanými návrhmi.

Čítanie katalógov a lexikónov, zbieranie jednotlivých informácií je časovo náročná a ťažká úloha, preto v poslednom desaťročí sa vyvinuli viaceré informatické softvéry na rýchle skončenie úlohy. Je smutná skutočnosť, že skupiny prvého zásahu nevlastnia žiadne alebo vlastnia len veľmi staré databázy, a vo väčšine prípadoch aj tlačené dokumentácie sú nedostatočné alebo staré. Síce v dôsledku technických obnôv prenosné alebo vreckové počítače sú k dispozícii za dosiahnuteľnú cenu, ale kým sa systematizujú prejde veľa rokov. Pritom nemôžeme zabudnúť ani na tie informatické prostriedky, ktoré každodenne používa skoro každý človek.

### **Technický vývoj aplikácie**

Približne sedem mesačnou vývojovou prácou sme sa vyhotovili podporovací systém na princípe každodenných mobilných telefónov, ktorý dnes už používa u nás v Maďarsku viac ako 4000 hasičov. Program obsahuje skoro 2200 základných materiálov. Tento program v závislosti od typu telefónu za 5-10 sekúnd zobrazí graficky aj textovo potrebné informácie pre veliteľa. Obsahuje fyzické a chemické vlastnosti, mernú hmotnosť látky v porovnaní s vodou a vzduchom, ďalej rozpustnosť a samozrejme parametre horľavosti. Program je použiteľný ako rozhodovací systém pri všetkých dopravných nehodách s nebezpečnými látkami, čo odskúšali testujúci užívatelia aj na cvičeniach aj ostrých zásahoch. Keďže program pracuje s vlastnou databázou, nie je

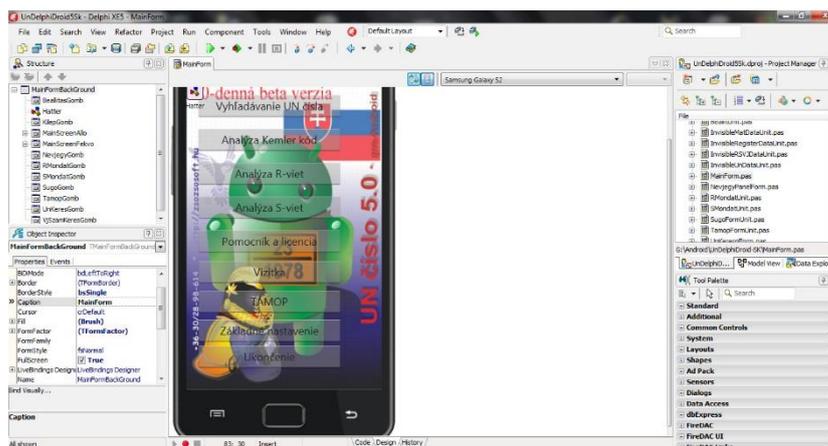


potrebné prepojenie s operátorom, tým pádom je použiteľný aj na tých miestach kde je porucha v rádio komunikácii alebo nie je signál.

Mobilná aplikácia UN-KÓD napomáhajúca pri likvidácii nehôd vozidiel prepravujúcich nebezpečné látky vyvíjaná od roku 2007 zožala veľký úspech v Maďarsku ako aj na konferenciách okolitých štátov, tak aj v roku 2009 mala v Nitre pozitívny ohlas z radov hasičov[1]. Aplikácia bežala na zariadeniach s podporou vtedy najrozšírenejšieho rozhrania Java so štandardom MIDP-2 [2]. Technický vývoj sa tu však nezastavil, a za necelú polovicu desaťročia sa spomínané mobilné zariadenia javili ako zastarané. V dôsledku technologického vývoja sa na popredné miesta dostali smartfóny a tablety vytlačujúce klasické notebooky, a stali sa obľúbenými v kruhoch všetkých vekových skupín vrátane prvého stupňa základných škôl. Tieto prostriedky už bez problémov ovládajú aj deti v predškolskom veku, aplikácie sú na úrovni programov z osobných počítačov, bez problémov na nich pobežia hry, a bez obmedzení umožňujú prístup na internet. Tieto zariadenia fungujú s operačným systémom Android [3], ich ceny sú mimoriadne nízke, ovládanie veľmi jednoduché.

### **System Android**

Už spomínaná aplikácia UN-KÓD pre rozhranie Java môže byť síce spustená na zariadeniach so systémom Android za špeciálnych podmienok ale väčšina emulátorov [4] dokáže spúšťať aplikáciu s obmedzeniami alebo s množstvom chýb. Sledujúc teda technologický vývin je nevyhnutná adaptácia softvéru na systém Android. Z vývojových prostriedkov sme teda chceli vybrať taký, ktorý nám umožňuje súčasný vývoj programu na rozličné platformy. (2. obrázok) Počas predošlého vývoja bol objem databázy optimalizovaný a minimalizovaný, ktorá takto zaberá menej úložného priestoru, napriek tomu, že väčšina Android zariadení má možnosť rozšírenia za pomoci Micro SD pamäťových kariet. Dôležitým kritériom bolo, aby bol program dostupný aj v iných jazykoch, preto sme preložili databázu, ktorá tvorí výkonné jadro programu do slovenského aj anglického jazyka.



Obr. 1 Vývojové prostredie pre Android  
Fig. 1 Development environment of Android

Aplikáciu do dnešného dňa nainštalovalo približne 4000 maďarských a maďarsky hovoriacich hasičov, a používa ho mnoho ďalších civilných zamestnancov prepravných spoločností. Rozšírenie smartfónov so systémom Android podľa našich odhadov – len v Maďarsku – umožní nainštalovanie softvéru pre poldruha až dvojnásobne väčší počet používateľov, ako doposiaľ, a pomocou jazykových verzií umožní ďalším tisíciam používateľom pracovať s programom [5].

Síce bol program vyrobený pre potreby profesionálneho zboru hasičov, policajtov a civilnú ochranu, pre jej jednoduché ovládanie a prehľadnosť je však predpoklad užitočného využitia aj v civilnom sektore. Vodiči vozidiel, odborníci zaoberajúci sa s nakládkou a kontrolou prepravy rovnako považovali program za užitočný, prejavili svoj názor, pripomienkami a kritikami pomohli pri vyvíjaní programu.



**Obr. 2 Dopravná nehoda s nebezpečným látkami**  
**Fig. 2 Car accident with dangerous materials**

Čo sa týka použitia programu, nie sú žiadne obmedzenia, nakoľko nevyžaduje žiadne on-line pripojenie alebo pokrytie signálom. Databázy sú uložené v prístroji, takže funkčnosť je zaručená v uzavretých priestoroch, pivniciach, tuneloch, alebo v priestoroch tienených od rádiového spojenia MATRA alebo signálu mobilných telefónov a k potrebným informáciám sa môžeme bez problémov dostať. Na hasenie požiarov v uzatvorených priestoroch sú hasiči pripravovaní organizovaním pravidelných výcvikov, ktoré sú nevyhnutné pre rozvoj rýchleho rozhodovania a pohotového zasahovania.

Počas týchto výcvikov sú zasahujúce jednotky pravidelne vystavované nepredvídateľným okolnostiam, ako napríklad „nelegálne skladovanie“ nebezpečných materiálov, odpadov. Na identifikáciu nebezpečnej látky slúži obvykle UN kód uvedený na obale, ktorý je vyznačený aj v reálnom živote. Tieto cvičenia sú dôležité aj pre veliteľov na rôznych stupňoch riadenia za účelom osvojenia mechanizmov na úrovni inštinktívnej reakcie nad- aj podriadených, ktoré sa dajú ľahko overiť pomocou programu. Používanie programu na cvičeniach, vo voľnom čase a jeho overovanie na úrovni hobby- záujmu môže rozvíjať osobné kompetencie, ktoré pri ostrom zásahu zrýchlia mechanizmy rozhodovania.

Časť nebezpečných látok síce vylučujú bezpečné používanie bežných informatických prostriedkov, ako mobilné telefóny ako aj klasické rádiá MATRA, svojou



výbušnosťou pri zmiešaní so vzduchom, ale samozrejme existujú aj zariadenia s ochranným krytím do výbušného prostredia. Tieto boli vyvinuté práve pre prácu v prostredí s výskytom nebezpečných látok alebo v extrémnych podmienkach.

Preprava nebezpečných látok je sama o sebe nebezpečná činnosť. Charakter nebezpečnosti spočíva vo vlastnostiach nebezpečnej látky a v okolnostiach prepravy. Odhliadnuc teda od toho, že by mohlo ísť o nehodu ilegálnej alebo neoznačenej nebezpečnej látky, aj predpisovo označená a zdokumentovaná preprava môže navodiť nepredvídateľné okolnosti. Ako je všeobecne známe, na svete je najnebezpečnejšia cestná doprava, kde je najviac úmrtí, a obrovský potenciál predstavuje práve preprava materiálov. Pri preprave nebezpečných látok sú tri možnosti havárie. Prvá, kedy sa stala obyčajná dopravná nehoda. Drhá, takzvaná chemická havária, pri ktorej sa nebezpečná látka uvoľní bez dopravnej nehody s následným poškodením dopravného prostriedku alebo okolia. Nakoniec kombináciou dvoch predošlých prípadov. Nebezpečná látka sa uvoľní následkom dopravnej nehody a zapríčini škodlivé následky na živote či zdraví človeka, na živých či neživých predmetoch, prírodných či umelo postavených objektoch. Samozrejme, všetkým trom možnostiam musíme preventívne zabrániť, respektíve ich výskyt musíme minimalizovať. Čo môže byť príčinou týchto nehôd?

Stav verejných komunikácií, nedostatok infraštruktúry, porušenie dopravných predpisov a nerešpektovanie pravidiel dopravných predpisov. Veliteľ zasahujúcich hasičov pri takýchto nehodách je osobne zodpovedný za vykonanie potrebných úloh a uskutočnenie činností. Riadiaci zásahu teda musí dosť rýchlo rozpoznať jedinečné okolnosti, ktoré podstatne ovplyvňujú mieru ohrozenia. Počas prieskumu musí jeho pozornosť upútať každá okolnosť, ktorá môže mať vplyv na správne rozhodovanie a úspešnú likvidáciu udalosti. Situácia v tomto prípade zahŕňa všetky okolnosti, ktoré treba brať do úvahy aby bola hrozba odvrátená a zdolaná počas zásahu. Niektoré nebezpečné látky môžu spôsobiť rozličné problémy na mieste zásahu. O hlavných nebezpečenstvách si môžeme utvoriť obraz na základe odbornej literatúry ktorú máme k dispozícii na podporu veliteľa zásahu v prvom rade zo značenia (Identifikačná tabuľa, kódy, bezpečnostné značky). Nami vyvíjaný softvér napomáha pri zvládaní týchto úloh, a zníženia času spracovania údajov, ktoré máme k dispozícii, a tak uľahčuje prácu rozhodujúcej osoby.



## ZÁVER

Jedným zo zistení hasičov vykonávajúcich prvotné testy bolo, že pri niekoľkých nehodách nevidno, alebo iba čiastočne vidno informačnú tabulu, a taktiež aj UN číslo. Pre vyriešenie problému bolo v programe vytvorených niekoľko nových funkcií, z ktorých je najdôležitejšou čiastkové vyhľadávanie. V tomto bode je v menu možné vyhľadávať aj čiastky UN čísla a v zozname uvedené možné látky naďalej skúmať.

V prípade, ak UN číslo vôbec nevidno máme možnosť filtrácie na základe charakteristiky ako je rozpustnosť, skupenstvo a niektoré nebezpečenstvá. Teda, ak nájdeme horľavú kvapalnú látku, ktorá prudko reaguje s vodou dostaneme dokonca možnosť na presné určenie presnej látky. Produkt výsledku vývoja programu nie je len adaptácia pôvodnej aplikácie, ale vylepšená, zrýchlená verzia s obsiahlejšou databázou, ktorá sa dá spúšťať na takmer všetkých smartfónoch a tabletových zariadeniach s operačným systémom Android.

Aj keď vývojové prostredie Embarcadero Delphi XE5 umožňuje „multilanguage“ t.j. aplikácie s viacjazyčným užívateľským rozhraním, z dôvodu jednoduchšieho ovládania a veľkosti súboru aplikácie sa jednotlivé jazyky dajú stiahnuť jednotlivo. Takže hotová plná verzia 5.0 sa dá stiahnuť okrem maďarčiny teda aj v anglickom aj slovenskom jazyku.

## Zoznam bibliografických odkazov

[1] Zsolt Noskó -Alexandra Kiss-László Komjáthy

Android-based decision support in accidents involving the transportation of dangerous goods ADVANCES IN FIRE & SAFETY ENGINEERING 2014. P.143-147. ISBN: 978-86-6211-095-4

[2] Noskó Zsolt: Zsebből támogatott döntés veszélyes anyagok baleseteinél

Katasztrófavédelem, (2009) LI. évf. 7. szám 20-21. old. HU ISSN 1586-2305.

[3] Pintér Róbert: iPhone vs. Android Információs Társadalom, (2010) 61-65. old. ISSN 1587-8694

[http://www.infonia.hu/digitalis\\_folyoirat/2010/informacios\\_tarsadalom\\_2010\\_3\\_4.pdf](http://www.infonia.hu/digitalis_folyoirat/2010/informacios_tarsadalom_2010_3_4.pdf)



[4] Akram Alkouz, A. Y. Al-Zoubi, Mohammed Otair: J2ME-Based Mobile Virtual Laboratory for Engineering Education 2014. 03. 22. International Journal of Interactive Mobile Technologies. ISSN: 1865-7923

*<http://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/252>*

[5 ] Noskó Zsolt-Komjáthy László: Android alapú döntéstámogatás a veszélyes áruk szállításával kapcsolatos baleseteknél. 2014/03) BÓLYAI SZEMLE ([pdf](#)) XXIII. évfolyam, 2014/03. szám. 230-235. old. ISSN 1416-1443



# EXPLOSION RISK AT SUGAR STORAGE AND TRANSPORT FACILITY

GRZEGORZ DUDARSKI

## Abstract

Dust explosion risk in the food industry is common. The article outlines a typical sugar unloading and storage. Dust emission sources and effective ignition sources for explosive dust atmosphere have been analysed with reference to the physical and chemical properties of the transported dust and applied technologies. The analysis yielded a proposal for obligatory technical solutions to minimise explosion risk.

**Keywords:** *dust explosion, pneumatic transport, storage, explosive zone*

## INTRODUCTION

Risk explosion at food processing plants is primarily associated with the presence of bulk materials such sugar, flour, powdered milk, maltodextrin and other powdered ingredients added to dough when baking cakes, bread, waffles and the like. Explosive dust risk explosion zones are determined for the unloading, transport, storage and dispensing processes. On account of its physical and chemical properties, sugar presents a particularly serious explosion risk for the food industry. The article determines risk explosion zones at a typical sugar storage facility and identifies ignition sources characteristic for explosive dust atmospheres in given sections of the facility.

### **Dust explosion risk analysis methodology.**

The dust explosion risk analysis and assessment methodology comprises the following: 1) Testing of physical and chemical dust properties; 2) Identification of risk explosion zones both during standard facility operation as well as when faults occur; 3) Identification of effective ignition sources in given areas; 4) Risk explosion analysis; 5) Elimination of irregularities identified during the risk analysis.

If an unacceptable risk is identified, additional safety measures should be put in place pursuant to defined priorities:

1. Elimination of explosive atmosphere (or reduction of probability of its occurrence)



2. Elimination of ignition sources (or reduction of probability of its occurrence)
  - 2.1 Elimination of effective ignition sources
  - 2.2 Reduction of ignition sources energy
  - 2.3 Cut-off of explosive atmosphere ignition sources
3. Mitigation of potential dust explosion results.

After additional safety measures are put in place, the risk should be assessed once again to make sure an acceptable level has been reached.

## PRODUCT SPECIFICATION

Product specification in terms of its physical and chemical properties is shown in table 2.

**Table 1. Definitions of data specifying the physical and chemical properties of bulk materials**

Typical data required are:		
	Definition.	Relevant for.
Combustibility Index (CI)	Qualitative description of the burning behaviour of dust deposits. (at 25 °C).	the assessment of the formation of smouldering lumps (possible if $CI > 3$ ).
Minimum Ignition Energy (MIE)	Lowest electrical energy stored in a capacitor which upon discharge is sufficient to effect ignition of the most ignitable atmosphere of the considered material under specified test conditions. (Median < 63 microns, MIKE 3, 25 °C).	the evaluation whether or not an electrical, an electrostatic or a mechanical spark could ignite an explosive atmosphere.
Minimum Ignition Temperature (MIT)	Minimum temperature of a surface which is sufficient to ignite dust cloud.	the determination of the maximum permitted surface temperature in Ex-Zones ( $T_{max} \leq 2/3 \times MIT(^{\circ}C)$ ).
Electrical Resistivity	Specific electrical resistance of the substance.	the evaluation whether static charge can accumulate on the substance
Self-ignition temperature of a 5mm dust deposit SIT(5mm)	Minimum temperature at which, a dust deposit of 5mm will start smouldering or self-ignite within 2h.	to define the maximum permitted surface temperature in Ex-Zones ( $T_{max} \leq SIT(5mm) - 75^{\circ}C$ ).
$P_{max}$ – value	Maximum explosion pressure of an explosion initiated at normal conditions (1 bar).	the design of constructive explosion protection measures.
$K_{max}$ – value	Normalized pressure increase rate of an explosion: $K_{max} = (\Delta p / \Delta t)_{max} \times Volume^{1/3}$ .	the design of constructive explosion protection measures.
Limiting Oxygen Concentration (LOC)	Maximum oxygen concentration in a mixture of a combustible and air and an inert gas, in which an explosion will not occur, determined under specified test conditions.	the determination of the maximum permitted oxygen concentration, if <u>inerting</u> is applied as a safety concept.

Table 2. Physical and chemical properties of bulk materials [1]

	<i>Particle size (average)</i>	<i>Lower explosion limit</i>	<i>Max. explosion overpress.</i>	<i>Max. pressure increase velocity</i>	<i>Minimum Ignition Energy</i>	<i>Self-ignition temperature</i>	<i>Minimum Ignition Temperature (MIT)</i>
<i>Product name</i>	<b>D50</b>	<b>LEL</b>	<b>Pmax</b>	<b>Kst</b>	<b>MIE</b>	<b>SIT</b>	<b>MIT</b>
	$\mu\text{m}$	$\text{g/m}^3$	<i>bar</i>	<i>bar.m/s</i>	<i>mJ</i>	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
White crustal sugar	730	60	9.5	138	30	460	370

### Sugar storage, transport and dispensing processes

Sugar is delivered to the facility using road tankers designed to carry bulk materials. At the facility, road tankers are unloaded at an unloading bay by the sugar silo (photo 1).



Photo 1. Unloading bay for road tankers with sugar



Photo 2. Cabinet with connection stub and ground monitoring system

Unloading takes place via a pipeline terminating with a connection stub in an external control cabinet (photo 2). Unloading is monitored from the operator's terminal, who continuously watches the road tanker unloading process, and in particular the pressure in the tanker, sugar weight, sugar level in the tanker, min/max sugar level gauge in the buffer tanker (photo 3).

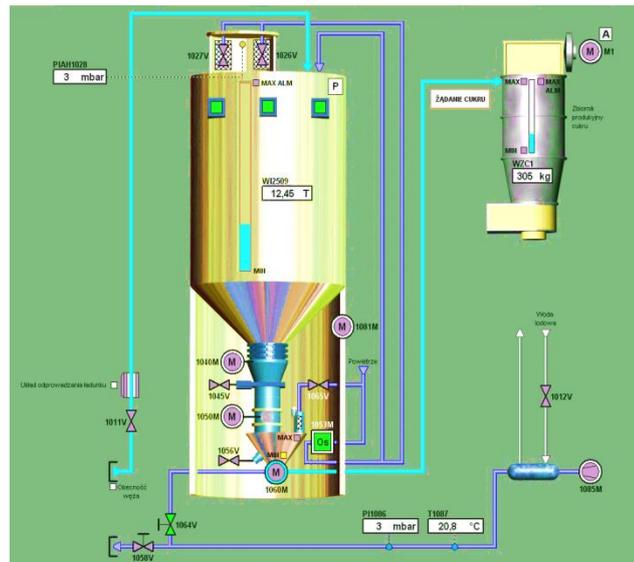


Photo 3. Monitoring of sugar unloading

Air pressure required for unloading (1.0 bar max) is fed from the road tanker. Sugar is unloaded via a steel pipeline with a magnetic separator installed to capture ferromagnetic contaminants and a solenoid valve to cut off sugar loading if the tank is overfilled or the road tanker is not grounded.

There is a fill level sensor [ $L^{\max}$ ] and strain gauges inside the silo, used to measure sugar mass. The silo has a vibrating bottom, with a knife gate and a finisher, or a lump pulveriser as well as a finisher hatch closure sensor. From the finisher, sugar is discharged to a buffer tank, which is equipped with a filter as well as min/max level gauge. A chamber feeder is located in the bottom section of the tank, designed to uptake sugar from the tank and discharge it into the transport pipeline. A compressed air dryer is also located under the silo, which aims to create an dry air cushion under the sugar in order to prevent lumping due to moisture ingress. Air humidity is maintained at a level below 10%. Sugar is transported from the silos to the sugar weighing tank within the production hall via a pipeline using compressed air supplied by a blower.

Sugar mass and levels as well as the tank maximum and minimum levels are monitored. If the tank overfills, sugar transport from the silo to the tank is automatically interrupted. From the weighing tank, sugar is dispensed to an  $0.8 \text{ m}^3$  trolley. Sugar will only be dispensed if there is a trolley at the dispensing station. Trolley presence at the dispensing station is detected by a proximity sensor. The terminal is connected to the earthing system by an operator. A chamber feeder is used to dispense into the tank/trolley. Then, the



remaining liquid components are added, and after mixing there is no explosion risk in the subsequent parts of the process.

### EXPLOSION HAZARD AREA IDENTIFICATION

Explosive atmospheres containing combustible dust have been classified taking into account the probability and the period during which an explosive atmosphere occurs. Risk explosion zone classification was carried out for given process areas, which were divided into sections taking into account the production process continuity and storage of processes bulk materials.

Table 3. Identification of risk explosion zones

Process: Sugar unloading, storage and dispensing production line			
1. Unloading road tankers carrying sugar to the silo			
Area code	Area	Ex Zone	Comments
A1	Inside of the pneumatic transport conduit	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A2	De-duster chambers on the sugar silo tank - the clean side	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.
A3	De-duster chambers on the sugar silo tank - the crude side	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A4	Inside the sugar silo tank	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A5 (external)	Sugar silo tank relief valve	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
2. Transporting sugar from the silo tank to the weighing tank			
Area code	Area	Ex Zone	Comments
A6	Inside the sugar buffer tank hopper	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
A7	Inside the sugar buffer tank	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
A8	Buffer tank de-duster - crude area	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
A9	Buffer tank de-duster - clean area together with the ventilation shaft	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.
A10	Transport pipeline from the buffer tank to the weighing tank	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A11	Inside the sugar weighing tank	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A12	De-duster chambers on the sugar weighing tank - the crude area	20	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
A13	De-duster chambers on the sugar weighing tank - the clean area	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.



<b>A14</b>	Inside the decompression channel	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.
<b>3. Dispensing sugar from the weighing tank into the trolley</b>			
<b>A15</b>	Area inside the sugar tank/trolley feeding hopper	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
<b>A16</b>	Area inside the sugar tank/trolley	21	During normal operation a combustible mixture of dust and air within explosive concentrations range might occur
<b>A17 (external)</b>	Area around the dosage and dispensing station for a tank / trolley	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.
<b>A18</b>	Area inside the de-duster together with inlet channels	21	During normal operation an explosive atmosphere occurs frequently for long periods.
<b>A19</b>	Area inside the de-duster channel - clean side	22	During normal operation an explosive atmosphere does not occur, if it does then for a short period.

### IDENTIFICATION OF IGNITION SOURCES - SAFETY MEASURES

Here, potential ignition sources are analysed taking into consideration their effectiveness in relation to explosive properties of bulk mixtures characterised during stage one. Potential sources of ignition were identified with reference to the production process taking into account day-to-day operation, maintenance and inspections.

For explosive atmospheres containing combustible dust, the following types of ignition were taken into account [3]:

- open flames,
- electrical equipment,
- mechanical sparks,
- electrostatic discharges,
- hot surfaces,
- Self-ignition of layers and bulk material

A collective list of ignition sources at the facility under analysis is presented as well as the necessity to apply safety measures.

No.	Source of ignition	Device constituting a risk	Required safety measures
1	Open flames	None identified during the process	Marked explosion risk areas. No entry with open flames. Permits to carry out works constituting a fire risk (welding) requires permission.
2	Electrical equipment	Other electrical equipment adapted for operation in Ex zones	Marked explosion risk areas. No entry to external areas with electrical equipment without an



			approval for operation in such Ex areas
3	Mechanical sparks	Magnetic separator on the road tanker discharge pipeline (metal elements, contaminants in the sugar)	Sugar unloading speed limited to 1m/s. Other equipment - knife gate, pulveriser, chamber feeder - rotational speed less than 1 m/s
4	Electrostatic discharges	<ul style="list-style-type: none"><li>- propagating brush discharges</li><li>(Pneumatic transport)</li><li>- cone discharges (silo)</li><li>- spark discharges</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- road tanker and facility grounding,</li><li>- road tanker grounding monitoring system,</li><li>- application of equalising connections on insulated, flange connections,</li><li>- silo grounding,</li><li>- maximum silo diameter not to exceed 1.93 meters,</li><li>- facility earthing</li><li>- use of antistatic clothing and footwear with conductive soles by workers,</li></ul>
5	Hot surfaces	- all equipment in T3-T6 temperature class,	- surface temperature cannot exceed 247°C (for a dust cloud)
6	Self-ignition of layers and bulk material	- all equipment in T3-T6 temperature class,	<ul style="list-style-type: none"><li>- 5 mm dust cloud surface temperature cannot exceed 385°C</li><li>- period cleaning of dust emission locations.</li></ul>

## CONCLUSION

Explosion risk within bulk material transport and storage facilities is particularly high in a situation where the facility is not made in anti-explosion technology. Risk explosion should be considered as acceptable, only if all anti-explosion conditions in the entire facility are satisfied. Only then the catastrophic consequences may be avoided, which might otherwise occur resulting from propagation of the energy of the primary explosion and the subsequent chain reaction explosions.

The sugar storage facility under analysis is equipped with the following explosion safety technical solutions. The silo is equipped with lightning protection in accordance with the restricted regulations. A de-duster is mounted on the silo to minimise dust concentration levels inside the silo, then a relief valve, which equalises the pressure inside the silo during loading and weather changes. 3 explosion relief membranes are installed



in the upper section of the silo. The de-duster is equipped with a pressure sensor, which is used to monitor the pollution levels of the filters.

During road tanker unloading, static electricity is dissipated using the grounding monitoring system. Unloading is possible once the grounding system is connected correctly and charges are equalised on the road tanker. Lack or failure of grounding during unloading causes an alarm and automatically interrupts the unloading process. Due to electrostatic phenomena, all pipelines and facility elements which are connected by non-conductive elastic elements made from rubber or plastics (gaskets, vibration dampers, membranes) have been bridged in order to ensure free flow of electrostatic charge [2].

Compressed sugar transport air is cooled to a temperature not exceeding 40°C using a cooler on the pipeline.

A second 1.5 m<sup>3</sup> sugar (weighing) tank is located in the production hall. The tank is equipped with explosion protection measures. An EPD-305x610-REMBE protection membrane has been used with 0.1 bar relief pressure and a decompression chamber discharging the effects of the explosion above the hall roof. From the weighing tank the sugar is poured via a chamber feeder to the process tank (trolley - a metal tank on plastic wheels). The dust from the sugar in the trolley is taken up by the de-dusting system. The de-dusting system is equipped with an active fire fighting system comprising a 5 litre cartridge with a dampening agent (photo. 4). The system is equipped with infra red sensors (photo. 5) and a control cabinet (photo. 6), which automatically opens the cartridge valve upon detection of a flame in the pipeline.



**Photo 4. Fire fighting system on the de-dusting channel**



**Photo 5. Flame photosensor in the de-dusting channel**



**Photo 6. Fire fighting system control cabinet**

The dust is discharged into the de-duster which is equipped with an explosion relief system. An EPD-305x610-REMBE protection membrane has been used with 0.1



bar relief pressure and a decompression chamber discharging the stream of air and flame in a safe direction. The de-duster is equipped with cartridge filters, which are purged automatically using compressed air impulses..

According to ATEX Directives and the Resolution introducing it into the Polish legislation, an employer is under an obligation to conduct an explosion risk analysis and draw up a Document for protection of workstations against explosion. The guidelines in the Document should be applied at the company and all workers should be familiar with it. Safe operation is only possible if the facility is correctly protected against explosions. An employer, without taking unnecessary risk, is able to declare that the work stations made available to workers are safe.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] Dokumentacja pracy badawczo-usługowej; „Oznaczenie parametrów wybuchowości i zapalności pyłu cukru” wykonana przez Zakład Zwalczania Zagrożeń Pyłowych Kopalni Doświadczalnej „Barbara”. [*Research and service works documentation: “Determining sugar dust explosive and combustibility parameters” conducted by the Dust Risk Mitigation Facility at “Barbara” Test Mine*].
- [2] Kowalski J., M.: Ochrona przed elektrycznością statyczną – zasady prognozowania, oceny i likwidacji zagrożeń. Wyd. ASE, Gdańsk 2014. [*Kowalski J., M.: Electrostatic protection - principles of forecasting assessing and eliminating risks. Published by ASE, Gdańsk 2014*].
- [3] PN-EN 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka
- [4] PN-EN 60079-10-2:2015-06 Explosive atmospheres – part 10-2: Classification of areas – Combustible dust atmospheres.
- [5] PN-E-05204:1994 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń.

## Contact address

Dr Grzegorz Dudarski

University of Zielona Góra, Poland, Faculty of Mechanical Engineering,

Institute of Safety Engineering and Work Sciences.

Prof. Z. Szafrana str. 4, 65-516 Zielona Góra, Poland

g.dudarski@iibnp.uz.zgora.pl



**HODNOTENIE HORĽAVOSTI PUR PIEN METÓDOU  
KYSLÍKOVÉHO ČÍSLA  
FLAMMABILITY ASSESSMENT OF FLEXIBLE PUR  
FOAMS BY LIMITING OXYGEN INDEX METHOD AND  
LINEAR BURNING RATE**

BARBARA FALATOVÁ – DANICA KAČÍKOVÁ – EMÍLIA OREMUSOVÁ

**Abstrakt**

Príspevok sa zaoberá hodnotením horľavosti vybraných druhov polyuretánových pien používaných v skladbe čalúnenia použitím normovanej metódy STN EN ISO 4589-2 pri teplote okolia a na základe lineárnej rýchlosti odhorievania. Predmetom testovania boli tri druhy polyuretánových pien v rozpätí hustôt  $45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  -  $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Testovala sa PUR pena s retardačnou úpravou, s výťažkom z ricínového oleja a viskoelastická PUR pena. V rámci vyhodnotenia výsledkov kyslíkového čísla dosiahla najvyššie hodnoty PUR pena s retardačnou úpravou KF 4545 (26 % obj.) a najnižšie LOI PUR pena s obsahom ricínového oleja N. Wellness (17 % obj.). Najvyššiu hodnotu lineárnej rýchlosti odhorievania dosiahla pamäťová polyuretánová pena V 5020 ( $2,78 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a najnižšiu Nawapur Wellness  $0,47 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ich rozdiel predstavoval  $2,31 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Kľúčové slová:** *polyuretánové peny, kyslíkové číslo, lineárna rýchlosť odhorievania, horľavosť.*

**Abstract**

The article is focused on flammability assessment of selected flexible polyurethane foam samples by using standard method STN EN ISO 4589-2 and by linear burning rate. The object of a testing were three types of polyurethane foam samples with the range of density  $45 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  -  $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Results come from experiments with a polyurethane foam with fire retardancy, a foam with an extract of castor oil and a viskoelastic foam. According to Limiting oxygen index results, fire retarded flexible PUR foam KF 4545 had the highest Limiting oxygen index value (26 % obj.) and flexible polyurethane foam with the extract of castor oil N.Wellness had the lowest value of LOI (17 % obj.).



Viskoelastic foam V 5020 achieved the highest value ( $2,78 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) of linear burning rate and Nawapur Wellness foam had the lowest  $0,47 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . The difference is  $2,31 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Key words:** *flexible polyurethane foams, oxygen index, linear burning rate, flammability.*

## ÚVOD

Relevantný problém v rozsiahlom využívaní polyuretánových pien spočíva v ich vysokej horľavosti spôsobenej nízkou hustotou, pórovitosťou, otvorenou bunkovou štruktúrou a ďalšími vlastnosťami materiálu. Čalúnený nábytok patrí k jedným z najčastejších prvotných predmetov zapálenia pri vnútorných požiaroch. Vzhľadom na rôznorodosť a konečnú aplikáciu PUR pien práve v čalúnnickom odvetví, nastáva potreba štúdií ich požiaro-technických vlastností, horľavosti a správania pri požiaroch.

Výplňový materiál pohoviek, kresiel a iných častí nábytku je tvorený horľavými PUR penami, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu pri vnútorných požiaroch – prispievajú k jeho rozvoju, škode na majetku, úmrtiam a zraneniam. Na základe štatistík Národnej asociácie protipožiarnej ochrany (NFPA) sa považuje čalúnený nábytok za počiatočný predmet horenia, významne prispieva k rozvoju požiaru a zúčastňuje sa najmenej na štvrtine všetkých úmrtí pri vnútorných požiaroch za posledné roky [1].

V prípade vnútorného požiaru dochádza k spotrebe kyslíka a tým k zníženiu jeho koncentrácie v priestore. Mäkké polyuretánové peny s nižším kyslíkovým číslom sú schopné naďalej horieť a predpokladáme, že aj prispievať k tvorbe toxických splodín horenia, keďže pri horení a rozklade polyuretánových pien dochádza k uvoľňovaniu plynného kyanovodíka, ktorý je pre ľudský organizmus jedovatý a nebezpečná koncentrácia vzniká už pri horení malého množstva materiálu obsahujúceho kyanovodík [2].

Cieľom je hodnotenie horľavosti vybraných druhov mäkkých polyuretánových pien používaných v skladbe čalúnenia na základe použitia normovanej metódy pre stanovenie limitného kyslíkového čísla STN EN ISO 4589-2 [3] a určenie lineárnej rýchlosti odhorievania.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### Materiál

Predmetom testovania boli tri druhy mäkkých polyuretánových pien príbuznej hustoty a rozdielnej tvrdosti pri pomernom stlačení. Vzorky sa diferencujú najmä na základe rozdielnej štruktúry a nehorľavej úpravy (tab. 1).

**Tab. 1 Charakteristika testovaných polyuretánových pien**  
**Tab. 1 Characterization of tested PUR foam samples**

Typ polyuretánovej peny	Označenie vzorky	Hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]	Tvrdosť pri 40% stlačení [kPa]	Poznámky
Komfort	Deflammo KF 4545	45	4,5	s nehorľavou úpravou
-	Nawapur Wellness 4835	48	3,5	s výťažkom z ricínového oleja
Viskoelastická	V 5020	50	2,0	pamäťová

DEFLAMMO KF 4545 – mäkká polyuretánová pena so špeciálnymi vlastnosťami, spĺňa požiadavky rakúskej normy ÖNORM A3800 B1 (retardačná úprava) a Q1 (znížená tvorba dymu) a samovoľné uhasenie materiálu a nehorľavosť podľa viacerých medzinárodných noriem – európskych (britských, nemeckých, rakúskych) alebo amerických noriem [4, 5].

NAWAPUR – špeciálna studená polyuretánová pena využívaná ako materiál pre matrace, vyrába sa z prírodnej rastliny Verenda a obsahuje výťažok z ricínového oleja, vyrába sa v troch variantoch tvrdosti – mäkká, stredná a tuhá [4, 6].

VISKOELASTICKÁ PUR – tzv. lenivá pamäťová, nekladie odpor pôsobiacemu tlaku (prispôbuje sa proporciám človeka), využitie najmä v zdravotníctve vo forme matracov a anatomických vankúšov [4,7]

Z každého typu PUR peny sa pripravilo 15 číselne označených vzoriek, nastrihaných o rozmere 140 mm x 12 mm x 12 mm. Na každej vzorke bol dvomi vodorovnými čiarami (2 cm od vrchu vzorky a 4 cm od spodného okraja) naznačený sledovaný rozsah horenia, ktorý podľa normy predstavoval 80 mm (obr. 1).

Vzorky boli pred testovaním v znení normy kondicionované, minimálne 88 hodín v laboratórnych podmienkach pri teplote okolia ( $21 \pm 5$ ) °C a ( $55 \pm 5$ ) % relatívnej vlhkosti vzduchu.



**Obr. 1 Vzorky PUR pien KF 4545, Nawapur Wellness 4835 a V 5020 pred testovaním**  
**Fig. 1 Samples of PUR foams KF 4545, Nawapur Wellness 4835 a V 5020 before testing**

### **Metóda testovania**

Pre stanovanie horľavosti polyuretánových pien na základe minimálnej koncentrácie kyslíka v zmesi s dusíkom pri teplote okolia, sa postupuje podľa normy STN EN ISO 4589-2 a podľa návodu na použitie pre LOI Komoru limitného indexu kyslíka [8].

Vzorky s určenými rozmermi podľa príslušnej normy boli stabilne upevnené v testovacom priestore meracieho prístroja. Rozsah horenia pre mäkké polyuretánové peny sa stanovil na 80 mm a maximálny čas prehorenia na 180 sekúnd.

Testovaný materiál sa vertikálne upevnil. Do testovacieho priestoru sa privádzala zmes kyslíka a dusíka pre simuláciu kyslíkovej koncentrácie (nastavenie regulátorom prietoku podľa návodu na použitie meracieho prístroja). Vrchná časť testovaného materiálu sa zapálila a sledoval sa čas prehorenia sledovaného rozsahu horenia (80 mm). Za rovnakých podmienok sa postupovalo pri meraní rôznych koncentrácií kyslíka. Výsledkom sa stala koncentrácia kyslíka, pri ktorej bol materiál schopný horieť a splnil podmienky merania, pričom je potrebné, aby sa najmenej dve vzorky (pri rovnakej – nižšej koncentrácii kyslíka) nezapálili, prípadne počas testovania samovoľne zhasli, alebo do 180 sekúnd neprehoreli v stanovenom rozsahu. Počiatočná, resp. východzia koncentrácia kyslíka sa určila odhadom na základe vopred vykonaného jednoduchého testu zapálenia, kedy sa vizuálne sledoval priebeh a rýchlosť horenia vzorky.

Popri stanovaní limitného kyslíkového čísla bola nad rámec normy vyhodnotená lineárna rýchlosť odhorievania. Na výpočty a vyhodnotenie lineárnej rýchlosti odhorievania polyuretánových pien sa použil matematický vzťah (1), ako pomer rozsahu horenia (80 mm) a nameraného času prehorenia pri rozdielnych kyslíkových koncentráciách. Výsledná lineárna rýchlosť odhorievania jednotlivkej polyuretánovej peny sa stanovila ako aritmetický priemer lineárnych rýchlostí pri výslednom kyslíkovom čísle.

$$v_{od} = \frac{l}{t} \quad (1)$$

kde:

$v_{od}$  – lineárna rýchlosť odhorievania [ $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$l$  – dĺžka horenia [mm],

$t$  – čas prehorenia dĺžky 80 mm [s].

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počas testovania PUR peny KF 4545 (obr. 2) pri východiskovej koncentrácii kyslíka 25 % obj. sa vzorka veľmi ťažko zapalovala, následne samovoľne zhasla čím bolo testovanie ukončené. Limitná koncentrácia kyslíka pre PUR penu Deflammo KF 4545 bola potvrdená opakovaným testovaním pri 26 % obj. kyslíka, z dôvodu neúspešného opätovného zapálenia vzorky pri nižšej koncentrácii.



**Obr. 2 Testovanie Deflammo KF 4545 pri LOI 25 % obj, 26 % obj.  
Fig. 2 Testing Deflammo KF 4545 at LOI 25 % obj, 26 % obj.**

Testovania PUR peny Nawapur Wellness 4835 (obr. 3) pri počiatkovej odhadovanej koncentrácii kyslíka (18 % obj.) prebehlo veľmi rýchlo, preto nastala potreba znížiť kyslíkovú koncentráciu. Pri výslednej koncentrácii kyslíka (17 % obj.) prebehlo rovnomerné horenie a boli splnené podmienky merania. Pri 16 % obj. kyslíka došlo k samovoľnému uhaseniu vzorky, čím bolo meranie prerušené a za výslednú koncentráciu sa preto považuje 17 % obj.



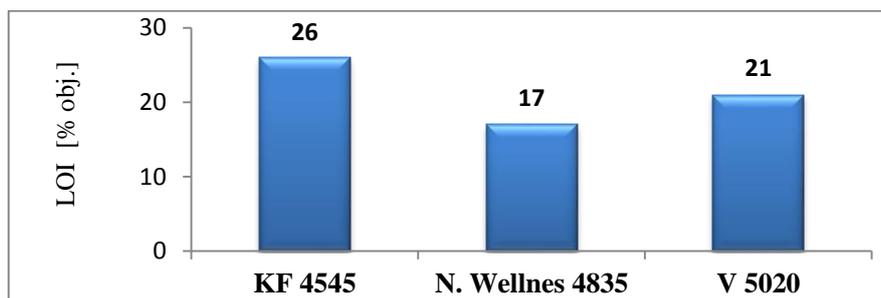
**Obr. 3 Testovanie Nawapur Wellness 4835 pri LOI 18 % obj, 17 % obj., 16 % obj**  
**Fig. 3 Testing Nawapur Wellness 4835 at LOI 18 % obj, 17 % obj., 16 % obj**

V prípade viskoelastickej PUR peny V 5020 (obr. 4) sa za výslednú limitnú hodnotu kyslíka považuje 21 % obj., pri ktorých vzorka pomerne rýchlo celá prehorela. Nastalo výrazné odkvapkávanie prehorených častí materiálu. Počas horenia nebol viditeľný dym. Výsledná koncentrácia bola potvrdená trojnásobným testovaním pri nižšej koncentrácii, v ktorých došlo k predčasnému ukončeniu testovania z dôvodu samovoľného prerušenia horenia pre nedostatok kyslíka.



Obr. 4 Testovanie Nawapur Wellnes 4835 pri LOI 18 % obj, 17 % obj., 16 % obj  
Fig. 4 Testing Nawapur Wellnes 4835 at LOI 18 % obj, 17 % obj., 16 % obj

Na základe výsledkov testovania troch rôznych druhov polyuretánových pien (obr. 5), môžeme konštatovať, že limitná koncentrácie kyslíka – 17 % obj. bola dosiahnutá v prípade PUR peny Nawapur Wellnes 4835 s výťažkom z ricínového oleja.



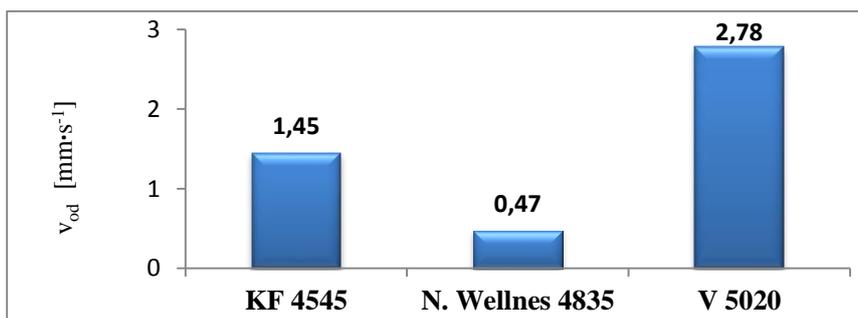
Obr. 5 Vyhodnotenie LOI  
Fig. 5 Results of LOI

Hodnota LOI 21 % obj. bola dosiahnutá v prípade pamäťovej viskoelastickej polyuretánovej peny V 5020 a najvyššie kyslíkové číslo spomedzi testovaných mäkkých polyuretánových pien dosiahla PUR pena Deflammo KF 4545 s retardačnou úpravou (26 % obj.).

Na základe vizuálneho porovnania tvorby dymu pri určenej výslednej limitnej koncentrácii kyslíka sa prejavila PUR pena Nawapur Wellnes 4835 ako najviac znečisťujúca s viditeľnými poletujúcimi tuhými časticami. Kontrastom bola viskoelastická pena V 5020 a Deflammo KF 4545, pri ktorých počas horenia dym nebol viditeľný, prípadne sa objavil veľmi zriedkavo v minimálnom množstve.

Počas horenia vzorky polyuretánových pien kompletne degradovali, čo sa prejavilo v zmene ich konzistencie na lepkavú mazľavú tekutinu, pri ktorej boli vidieť farebné odlišnosti. Predpokladáme, že rozdiely boli spôsobené najmä zložením jednotlivých druhov PUR pien. Stredne hnedá farba bola charakteristická pre pamäťovú penu V 5020, Deflammo KF 4545 PUR pena horením degradovala na mazľavú tekutinu svetlohnedej farby a PUR pena Nawapur Wellness 4835 zmenila formu na čiernu lepivú tekutinu podobnú fermeži.

Na základe výpočtov lineárnej rýchlosti odhorievania (obr. 6) podľa vzorca (1) deklaruje, že priemerná lineárna rýchlosť odhorievania polyuretánovej peny Nawapur Wellness dosiahla hodnotu  $0,47 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . PUR pena KF 4545 s nehorľavou úpravou má priemernú rýchlosť odhorievania (pri limitnej koncentrácii kyslíka 26% obj.)  $1,45 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  a priemerná lineárna rýchlosť odhorievania PUR peny V 5020 predstavuje hodnotu  $2,78 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .



**Obr. 6** Vyhodnotenie lineárnej rýchlosti odhorievania  
**Fig. 6** Results of linear burning rate

Bursíková a Dvořák [9] testovali polyuretánové peny na základe noriem STN ISO 4589-2 a STN ISO 4589-3 pri teplote okolia a pri zvýšenej teplote. Testovali recyklované PUR peny (vyrábané z polyuretánovej drte) bez retardačnej úpravy (MOLITAN RE 100) a s retardačnou úpravou (MOLITAN RE 100 SA), s 4,2 % obsahom retardéru – chlór alkyfosfát a chlór alkyfosfonát. Pri teplote okolia dosiahli vzorky 23,3 % obj., čo sa najviac približovala k hodnote LOI viskoelastickej peny V 5020 (21 % obj.).

Horrocks, Price a Edwards [10] podľa normalizovanej metódy ASTM D2863-77 testovali retardačne upravené, vysoko odolné polyuretánové peny, ktoré boli na základe hustoty rozdelené do kategórií a následne vyhodnocované. Testovacia metóda vyžadovala rozdielne rozmery vzoriek a rozsah horenia. Pri porovnaní vysoko požiaru



odolnej PUR peny o hustote  $40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (26,9 % obj.) a nami testovanej retardačne upravenej PUR peny KF 4545 (26 % obj.) môžeme deklarovať, že boli dosiahnuté približne rovnaké hodnoty LOI. Rozdiel predstavoval 0,9 % obj.

## ZÁVER

Na základe testovania polyuretánových pien môžeme konštatovať, že najvyššiu hodnotu LOI dosiahla polyuretánová pena KF 4545 s retardačnou úpravou a najnižšie kyslíkové číslo PUR pena Nawapur Wellness 4835. Najnižšiu hodnotu lineárnej rýchlosti dosiahla polyuretánová pena Nawapur Wellness 4835 a najvyššiu pamäťová pena V 5020. Rozdiel hodnôt predstavoval  $2,31 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Domnievame sa, že štruktúra, charakter pien a obsah retardéra horenia boli aspekty, ktoré mali vplyv na hodnoty LOI a lineárnu rýchlosť odhorievania.

Z hľadiska testovacej metódy, priaznivejšie výsledky v testovaní dosiahli PUR peny, ktorých limitná kyslíková koncentrácia dosahovala hodnoty totožné s bežným množstvom kyslíka v ovzduší a vyššie. Predpokladáme, že práve táto vlastnosť materiálu môže v prípade vzniku požiaru zvýšiť čas potrebný na evakuáciu osôb a likvidáciu vzniknutého požiaru. Vzhľadom na aplikáciu PUR pien ako výplňového materiálu v čalúnnictve nastáva potreba ďalších štúdií so zreteľom na ich konečné použitie.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ÚDAJOV

- [1] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION JOURNAL. 2013. *A new look at the problem of furniture flammability and home fire losses*. [online]. [cit 2015-03-20]. Dostupné na internete: <[http://www.nfpa.org/newsandpublications/nfpa-journal/2013/september-october-2013/features/old-problem-fresh-look?order\\_src=C246](http://www.nfpa.org/newsandpublications/nfpa-journal/2013/september-october-2013/features/old-problem-fresh-look?order_src=C246)>
- [2] ZÁCHRANÁRI. *Toxické plyny vznikajúce pri horení*. [online]. [cit 2015-03-09]. Dostupné na internete: <<http://www.zachranari.sk/Default.aspx?CatID=311>>
- [3] STN EN ISO 4589-2 Plasty – Stanovenie horľavosti metódou kyslíkového čísla Časť 2: Skúška pri teplote okolia
- [4] BPP. *Typy pěn*. [online]. [cit 2015-03-12]. Dostupné na internete: <<http://www.bpp-brno.cz/text/cs/typy-pen.aspx>>
- [5] EUROFOAM. *Deflammo ff*. [online]. [cit 2015-03-12]. Dostupné na internete: <<http://www.eurofoam.at/en/products/brands/deflammo-ff/>>



- [6] EUROFOAM. *Nawapur*. [online]. [cit 2015-03-12]. Dostupné na internete: <<http://www.eurofoam.at/en/products/brands/nawapur/>>
- [7] POLY SRO. *Komfortné peny*. [online]. [cit 2015-03-12]. Dostupné na internete: <<http://www.polysro.sk/html/komfortpeny01.html>>
- [8] Návod na použitie pre LOI Komoru limitního indexu kyslíku
- [9] BURSÍKOVÁ, P – DVOŘÁK, O. 2006. Využití kyslíkového čísla za normální a zvýšené teploty pro hodnocení účinnosti retardačních systémů ke snížení hořlavosti materiálů In *Sborník přednášek: Požární ochrana*. Ostrava : VŠB, 2006. 631 s. ISBN 80-86634-88-4
- [10] HORROCKS, A.R. – PRICE, D. – EDWARDS, N. L. S. 1992. The Burning Behaviour of Combustion Modified High Resilience Polyurethane Foams In *Journal of Fire science*. [online]. [cit 2015-04-14]. Dostupné na internete: <<http://science.fire.ustc.edu.cn/download/download1/journal/journal%20of%20fire%20sciences/1992/28.pdf>>

### Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0057-12.

### Adresa autorov:

Ing. Barbara Falatová

prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD.

Ing. Emília Orémusová, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

Ul. T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen

[xfalatova@is.tuzvo.sk](mailto:xfalatova@is.tuzvo.sk)

[kacikova@tuzvo.sk](mailto:kacikova@tuzvo.sk)

[oremusova@is.tuzvo.sk](mailto:oremusova@is.tuzvo.sk)



## HLASOVÁ SIGNALIZÁCIA POŽIARU –ANALÝZA LEGISLATÍVNYCH PREDPISOV

### VOICE ALARM SYSTEMS –ANALYSIS OF THE LEGISLATIVE DIRECTIVES

VERONIKA BRETZOVÁ, IMRICH MIKOLAI

#### Abstrakt

Tento článok sa zaoberá základnou problematikou navrhovania hlasovej signalizácie požiaru s prehľadom súčasných legislatívnych predpisov súvisiacich s jej návrhom, skúšaním a uvádzaním do prevádzky. Sumarizuje triedenie zhromažďovacích priestorov a priestorov, pre ktoré je správny návrh hlasovej signalizácie nevyhnutný. Vysvetľuje zameranie problematiky na zrozumiteľnosť hlasových správ ako faktoru, ktorý je zásadný pre správne a efektívne fungovanie systému evakuácie užívateľov budovy prostredníctvom hlasovej signalizácie požiaru. Článok obsahuje prehľad metód, ktorými je možné zrozumiteľnosť určovať, ich vzájomné porovnanie a prevod do spoločného meradla zrozumiteľnosti. Popisuje princíp metódy merania indexu prenosu reči ako najvhodnejšej a najpoužívanejšej metódy pre stanovenie zrozumiteľnosti hlasovej signalizácie požiaru v praxi.

**Kľúčové slová:** *hlasová signalizácia, index prenosu reči, zrozumiteľnosť, zhromažďovací priestor.*

#### Abstract

This article is concerned with basic problem of design the voice alarm systems and review of actual legislative directives related to the design, commissioning and its instalation to the service. There is a summary of classification meeting halls and the area where is necessary to design the voice alarm system properly. It explains the focus on the speech intelligibility of voice alarm system as the most significant factor for effective functioning of voice alarm system in the case of evacuation building occupants. There is a list of methods measuring the speech intelligibility their comparison and conversion to common



intelligibility scale. It is describing the most suitable method of routine measuring the speech intelligibility of voice alarm system.

**Keywords:** *voice alarm, speech transmission index, intelligibility, meeting hall.*

## ÚVOD

Nutnosť správneho navrhovania hlasovej signalizácie požiaru (pôvodne domáceho rozhlasu) v prípade vypuknutia požiaru, nebezpečenstva alebo iného ohrozenia užívateľov budovy vyplýva z potreby zabezpečenia rýchleho a efektívneho spôsobu evakuácie. V súčasnosti dochádza k realizácii čoraz náročnejších a pre náhodných užívateľov, na orientáciu komplikovanejších budov, ako sú nákupné centrá (mesto v meste?), letiská, rozsiahle a výškové administratívne budovy a pod. Preto je v prípade nebezpečenstva, alebo akejkoľvek mimoriadnej situácie (bombový útok, etnické problémy, ...), náročné riadiť bezpečnú evakuáciu iba pomocou zvukového alebo svetelného signálu, ktorý dokáže sprostredkovať informáciu pre osadenstvo budovy väčšinou iba o stave ohrozenia, ale nie správne usmerniť užívateľov budovy na únikovej ceste. Túto funkciu preberá hlasová signalizácia požiaru, ktorá dokáže pomocou jednoduchých a zrozumiteľných príkazov inštruovať ľudí a usmerniť ich postup pri riadenej evakuácii. Jej efektivita závisí od zrozumiteľne podanej potrebnej informácie.

## ZHROMAŽĎOVACIE PRIESTORY

Potreba vybavenia budov, hlavne so zhromažďovacími priestormi hlasovou signalizáciou požiaru (pôvodne domácim rozhlasom) vyplýva z vyhlášky MV SR 94/2004 Z. z. v znení vyhlášky MVSR č.225/2012 Z. z., ktorá ustanovuje požiadavky na protipožiaru bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb, § 90 ods. (1) "Domáci rozhlas" vymedzuje budovy, ktoré musia byť vybavené hlasovou signalizáciou požiaru (pôvodne domácim rozhlasom):

- a) so zhromažďovacími priestormi
- b) v ktorých sa predpokladá postupná evakuácia osôb
- c) v ktorých je viac ako 200 osôb, okrem stavieb určených na bývanie

Zároveň musia byť hlasovou signalizáciou požiaru (domácim rozhlasom) vybavené aj budovy, ktoré musia byť vybavené elektrickou požiarou signalizáciou podľa §88 ods.(1), MV SR 94/2004 Z. z. v znení vyhlášky MVSR č. 225/2012 Z. z..

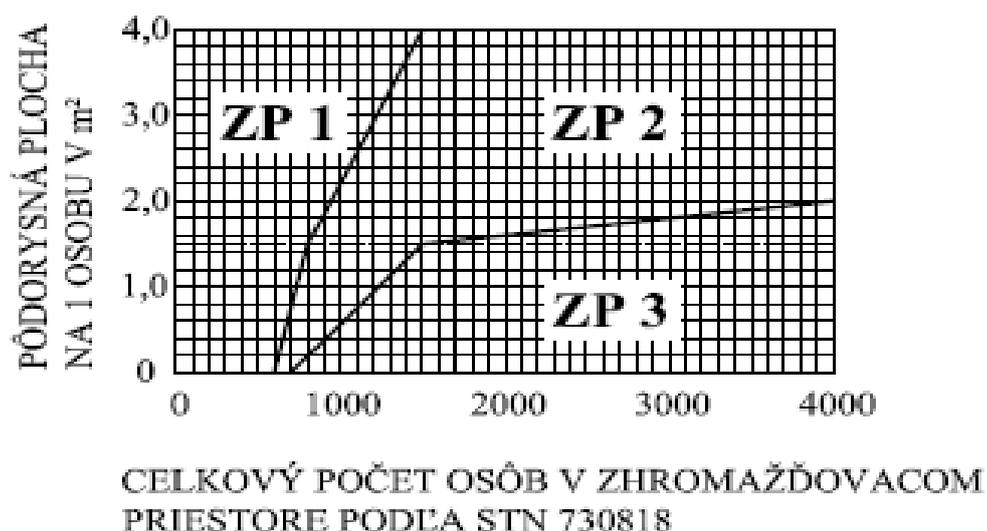
## ZHROMAŽĎOVACIE PRIESTORY A ICH TRIEDENIE

Rozoznávajú sa:

- vnútorné zhromažďovacie priestory
- vonkajšie zhromažďovacie priestory

Zhromažďovacie priestory sa triedia podľa veľkosti pôdorysnej plochy na jednu osobu a podľa celkového počtu osôb v týchto priestoroch na zhromažďovacie priestory ZP1, ZP2 a ZP3, podľa:

- dovoleného počtu osôb uvedeného v prílohe E, STN EN 920201-2
- priestorov funkčne a prevádzkovo podobných v prípadoch, keď v prílohe E, STN EN 920201-2, nie je uvedený príslušný druh zhromažďovacieho priestoru.
- podľa diagramu, ak nie je možné zhromažďovací priestor zatriediť [4]



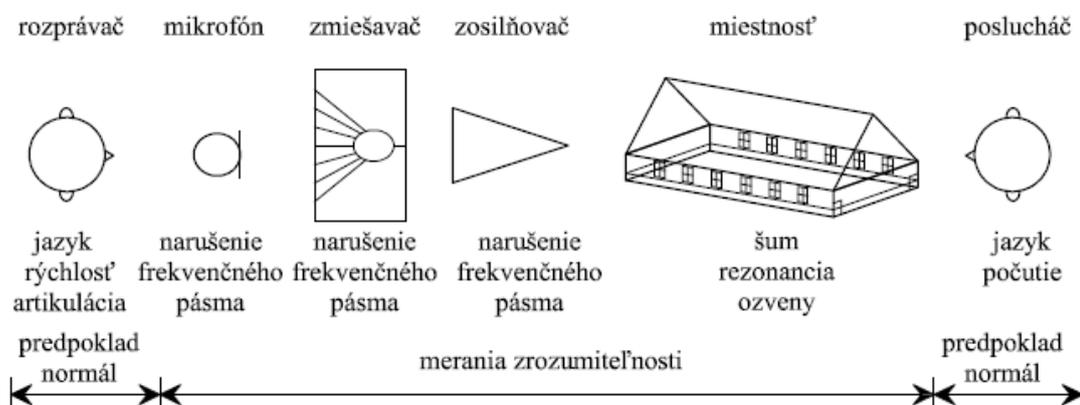
Obr. 1 Diagram triedenia zhromažďovacích priestorov

Fig. 1 Diagram of classification meetings hall

## ZROZUMITEĽNOSŤ HLASOVÝCH SPRÁV

Hlavným účelom hlasovej signalizácie je sprostredkovať zrozumiteľný pokyn na evakuáciu osôb z priestorov vo forme naživo vysielanej správy alebo prehraním vopred nahratej správy. Zrozumiteľnosť hlasovej správy je pre hlasovú signalizáciu požiaru nevyhnutná. Je to miera akou človek rozumie hovorovej reči, teda je to komplexný

fenomén, ktorý ovplyvňujú viaceré premenné. Pre ich lepšie pochopenie je potrebné si uvedomiť cestu prenosu správy od rečníka ku poslucháčovi.



**Obr. 2 Cesta prenosu zvuku od rozprávača k poslucháčovi**  
**Fig. 2 Talker to listener transmission path**

Štandardizované merania sa sústredia na faktory, ktoré môžu ovplyvniť zrozumiteľnosť odovzdávania informácie v rozmedzí medzi rozprávačom a poslucháčom. Predpokladá sa, že rozprávač rozpráva bez akcentu a bez iných závad a naopak poslucháč netrpí žiadnou poruchou sluchu. V prípade, ak sa vylúči chyba elektroakustických vlastností systému hlasovej signalizácie, faktory ovplyvňujúce zrozumiteľnosť signálu sú viazané na akustické vlastnosti priestoru, jeho geometriu a povrchovú úpravu.

Na určenie týchto faktorov sa dajú použiť viaceré metódy. Prvá skupina je založená na subjektívnom posúdení vybranej skupiny ľudí, druhá na objektívnom meraní fyzikálnych veličín.

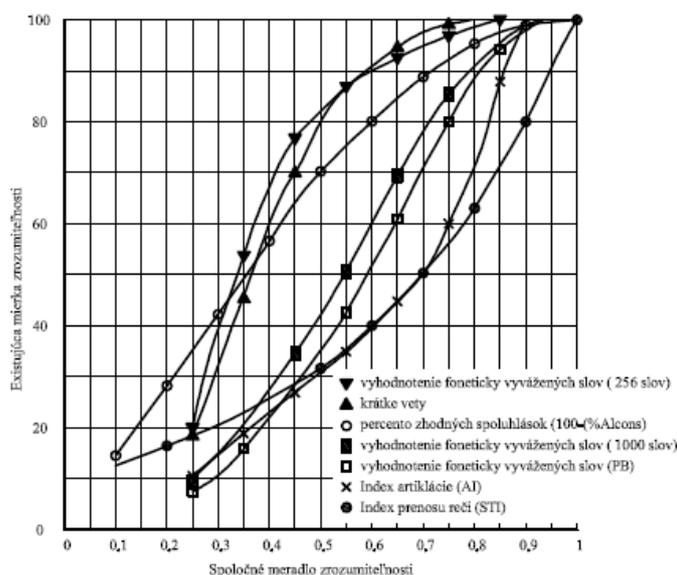
Vzhľadom na rozdielnu náročnosť vyhotovenia jednotlivých metód je vhodné obozretne voliť metódu podľa typu priestoru, počtu užívateľov a miery ich ohrozenia. Jednoduchšie metódy sa dajú použiť pre jednoduchšie priestory s menším požiarным rizikom ohrozenia užívateľov, zložitejšie pre priestory s vyšším ohrozením užívateľov a náročnejšou evakuáciou [2].

V súčasnosti najznámejšie používané metódy sú:

- metóda vyhodnotenia foneticky vyvážených slov (PB)
- metóda vyhodnotenia percenta zhodných spoluhlások (ALCONS)
- metóda rýchlych indexov akustického prenosu reči (RASTI)
- metóda indexu prenosu reči (STI)

- metóda indexu artikulácie (AI)
- metóda indexu prenosu reči pre verejné rozhlas (STIPA)

Na porovnanie výsledkov získaných z rôznych metód bola zavedená stupnica Spoločného meradla zrozumiteľnosti (CIS). Pre dostatočnú zrozumiteľnosť hlasovej správy je nutné, aby hodnota získaná nameraním bola po prevode na Spoločné meradlo zrozumiteľnosti minimálne 0,7.



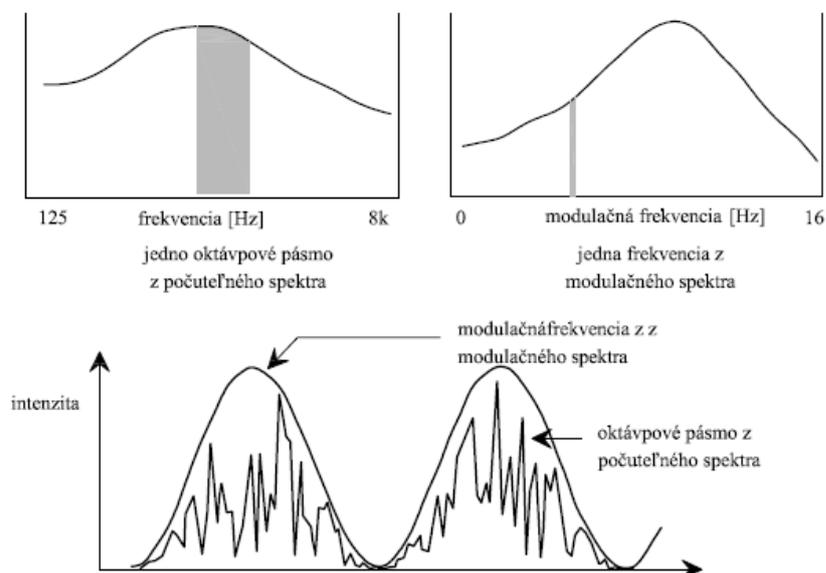
**Obr. 3 Spoločné meradlo zrozumiteľnosti**  
**Fig. 3 Common intelligibility scale**

Vzhľadom na rozdielnu náročnosť vyhotovenia jednotlivých metód je vhodné obozretne voliť metódu podľa typu priestoru, počtu užívateľov a miery ich ohrozenia. Jednoduchšie metódy sa dajú použiť pre priestory s menším rizikom ohrozenia užívateľov, zložitejšie pre priestory s vyšším ohrozením užívateľov a náročnejšou evakuáciou [2]

## INDEX PRENOSU REČI

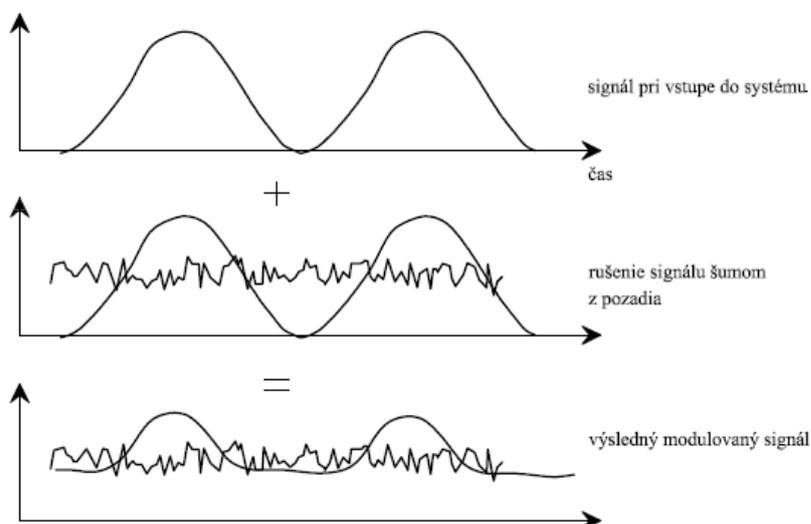
Metóda merania indexu prenosu reči je založená na princípe modulačnej prenosovej funkcie (MTF). Pri meraní sa používa umelý signál, ktorý je vytvorený kombináciou frekvenčných pásiem z počuteľného spektra a modulačného spektra a nahrádza tak skutočnú reč. Počuteľné spektrum je obsiahnuté v 7 oktávových intervaloch vo frekvenčnom rozsahu od 125 Hz- 8kHz. Modulačné spektrum, korešpondujúce

s vyslovovaním foném, je vytvorené zo 14 pásiem v tretino-oktávových intervaloch v rozsahu 0,63-16 Hz. [1]



**Obr. 4** Vytváranie testovacieho signálu  
**Fig. 4** Creating the testing signal

Modulovaním každého frekvenčného pásma z počutelného spektra pomocou modulačného spektra vznikne 98 rôznych kombinácií. Takto vytvorený signál sa používa na meranie indexu prenosu reči. Metóda vychádza z predpokladu, že ak zrozumiteľnosť skutočnej reči je narušená akýmkoľvek skreslením, rovnako aj umelý signál bude ním skreslený. Príkladom môže byť šum pozadia, ktorý vyplní medzery v umelom signáli. [1]



**Obr. 5** Signál skreslený šumom  
**Fig. 5** Tested signal affected by noise



Modulačná prenosová funkcia kvantifikuje rozsah redukcie signálu. Hodnota sa prevádza do číselného rozmedzia 0-1 s výbornou zrozumiteľnosťou pri hodnote 1. Pre postačujúcu zrozumiteľnosť je potrebné dosiahnuť minimálne 0,5 STI, čo zodpovedá hodnote 0,7 na spoločnom meradle zrozumiteľnosti.

Podrobnejší popis metódy merania „indexu prenosu reči“, rovnako aj popis „Modulačnej prenosovej funkcie“ sa nachádza v STN EN 60268, časť 16.

Na meranie zrozumiteľnosti sa používa aj zjednodušená metóda – „Index prenosu reči pre verejné rozhlas“ (STIPA). Používa modulovaný umelý signál v skrátenej forme „Modulačnej prenosovej funkcie“. Metóda merania „Indexu prenosu reči“ (STI) a „Indexu prenosu reči“ pre verejné rozhlas (STIPA) sú najvhodnejšie pre použitie v praxi [6].

## ZÁVER

Téma problematiky hlasovej signalizácie je komplexný problém. Pre správnu funkčnosť a efektívnosť systému je nevyhnutné zhodnotiť zrozumiteľnosť vysielaných správ, na ktorú vplyva geometria a dispozícia ozvučovaného priestoru. Aj samotné stavebne-ohraničujúce konštrukcie - ich povrchová úprava a materiál (použitie odrazivých alebo pohltivých materiálov), či reklamné pútače umiestnené v priestore, majú zásadný vplyv na zrozumiteľnosť hlasovej signalizácie požiaru, preto je potrebné klásť vysoký dôraz na správny návrh a zavádzanie do prevádzky.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Kenneth J., Understanding Speech Intelligibility and the Fire Alarm Code, Chief Engineer, Bose® Professional Systems, National Fire Protection Association Congress, Anaheim, May 14, 2001.
- [2] Böhmer M., Použitie systémov hlasovej signalizácie požiaru v stavbách so zhromažďovacími priestormi, Trenčín, Máj 4.-5. 2011.
- [3] Vyhláška MV SR 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiaru bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení vyhlášky 225/2012 Z.z.
- [4] STN EN 920201, Časť 3 Požiarne bezpečnosť stavieb, Spoločné ustanovenia, Časť 3: únikové cesty a evakuácia osôb.



- [5] STN EN 60268, Časť 16 Elektroakustické zariadenia. Časť 16: Objektívne hodnotenie zrozumiteľnosti reči indexom prenosu reči.
- [6] CEN/TS 54-32: 2015 Fire detection and fire alarm systems. Part 32: Planing, desing, installation, commissioning, use and maintenance of voice alarm systems.

**Adresy autorov**

Ing. Veronika Bretzová

Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava  
009421948071292, veronika.bretzova@stuba.sk

doc. Ing. Imrich Mikolai, PhD.

Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava  
004210905606322, imrich.mikolai11@gmail.com



## CHANGED PHYSIOGNOMY OF HUMAN IN RELATION TO ESCAPE ROUTE TYPOLOGY

IMRICH MIKOLAI, JÁN TKÁČ

### Abstract

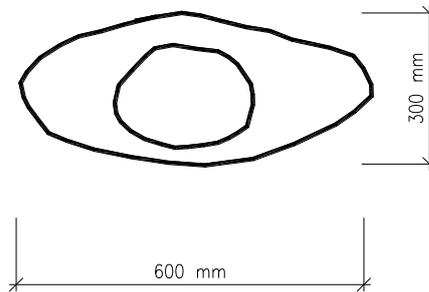
Correct realization of escape route in the building is the fundamental prerequisite of safe escape in the part of building, or in the whole building. All the persons (well-seen and non-well-seen persons) escape using the escape routes of different quality. The start point of escape is usually on unprotected escape routes that ideally flow directly to exterior. If it is not possible to eventuate the unprotected escape route directly to free exterior, it must open up into higher quality escape route. That shows the various safety level but adequate quality of escape route. It also means that the persons go to partly-protected escape route or to protected escape route. The dimensions of escape route must verify at least required base typological demands, outgoing from real dimensions of the human body and must also make provision for barriers on them. Considering the changed physiognomy of human body (growing height and width) many cases resort to problem mainly on very old realized escape routes, primarily on stairs or ramps.

**Keywords:** *fire safety of building, evacuation, escape routes*

### Basic typological requirements

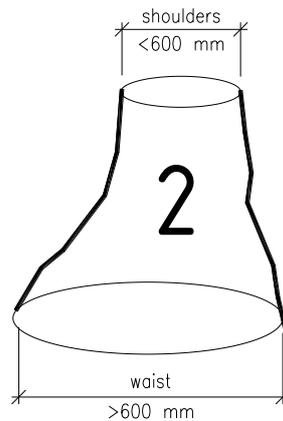
Geometric characteristic of escape route should take care not only on the demands of the body count, but of course also to the geometric demands which consequent from the human dimensions and its accomplishment to go independently or in the small group or at big horde. The human geometry changed very rapidly primarily at physiognomic dimensions till now was considered average value 1750 mm and changed to actually 1850 mm. The base ground plan changed from the ellipse 600 / 300 mm up to 750/350 mm – see Figure: person1; person2; Person 5.

From the change of human body results also the change of escape routes dimensions (extension of average step – originally 630 mm). In the escape routes are situated also the obstacles - such as gulfs or alcoves for phone automata or waste bin etc.



**Fig. 1 Base physiological proportions of human (author) – person 1**

Whereby the escape route is narrow, thereby are the more barriers installed in it – the optimization of evacuation width is needed in relation to the obstacles. On the other hand, too wide escape route is not safe for movement because the big group of human can sally out and moves from left side to right side of the route (it is recommended to install the splitting construction every 2200 mm what is the width of 4 escape strips).

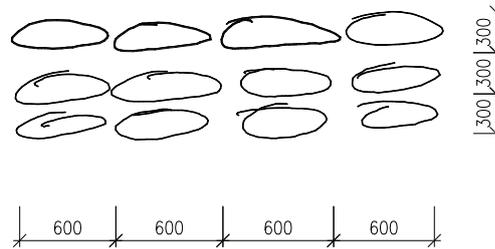


**Fig. 2 Adjusted physiological proportions of human (author) – person 2**



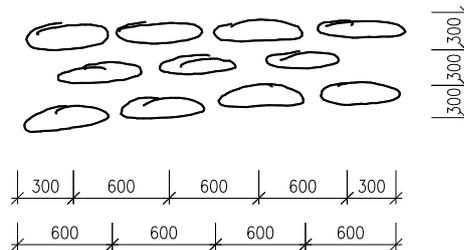
**Fig. 3 The ideal physiological proportions of human (author) – person 3**

Also the width (thickness) of human body in relation to age is changing – this is substantive phenomenon for motions persons in the crowd or in the small groups.



**Fig. 4 Persons going in the crowd on after another – person 7**

The movement of persons can be in the crowd that is moving in the identical wide stripes – 600 mm on after another (see Figure person 7) or in the crowd in the latitude biased rows on after another (Figure – person 8). The escape route capacity cannot be same be the different motion manners.



**Fig. 5 Persons going in the crowd with the drift – person 8**

### Resource for person motion appraisal

Concurrently computing evacuation models (simulating the assumed evacuation course) are derived from the experimental observation of people’s movement, which would be coming out of eventual manners of creating the crowd or horde (see Figure person 7, person 8, person 3).

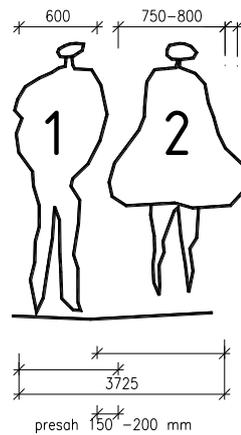


Fig. 6 Area overlapping / non-overlapping of human (author) - person 3

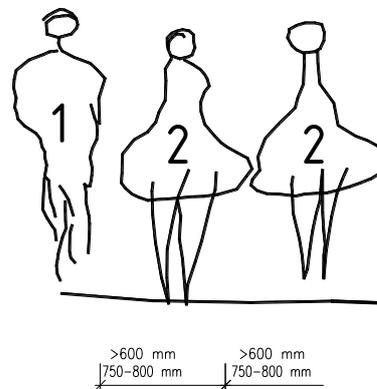


Fig. 7 Non-standard propositions of human (author) - person 6

From this mentioned reason it is needed to deal by the movement density in vinculins on the movement speed in the given flow of persons. At this situation it is not making the provision for e.g. age or movement possibilities of persons, or their physiognomic facilities (see Figure – person 3; person 4). Individual human bodies are defined as a unique (individual height, width, thickness, area measurement etc.)

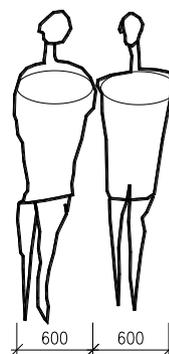


Fig. 8 Ideal proportions of human area (author) – person 4



Municipal dependency between movement characteristics (PROULX, G. 2008):

$$\text{Person flow} = \text{speed} \times \text{density} \times \text{width} \quad (1)$$

The equation (1) expresses formal relationship between the chosen basic characteristics of person movement. Really its correlation is essentially more complicated (such as e.g. the speed is function that depends on density; or the speed affects the flow according to area density and ability of persons).

There are two basic principles of establishing the necessary escape route width – *Flow and Capacity methods* (NFPA 101. 2006). *The Flow method* uses progress of evacuation from the building regulated by the maximum time interval (permissible evacuation time). It divides the escape route to width units and it is used by the evacuation of lidless human and human with good movement ability. *The Capacity method* is founded on sufficient number of escape routes (depending on area tape and quality of building – form unprotected escape routes up-to protected escape routes which permit successful evacuation of personnel. This method is used by the evacuation from high/level building eventually from building in which are situated persons with restrictions of movement ability. In Slovak regulations it is possible to identify some connections with aforementioned methods – e.g. coefficient „s“ which express the evacuation conditions on the individual type of escape routes in relationship to evacuation manner (STN 92 0201-3, 2002)

Tab. 1 Value of evacuation condition coefficient *s* (STN 92 0201-3:2002)

Item	Evacuated person with	Evacuation process	Value of evacuation condition coefficient <i>s</i>					
			Escape route					
			<i>unPER</i>	<i>pPER</i> according to 4.1		<i>PER</i> type		
				a, b)	c)	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1	independent ability motion	all at once	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		in sequence	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	0,9	0,8	0,7	0,6
2	delimited ability motion	all at once	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8
		in sequence	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	2,6	2,4	2,2	2,0
3	inability motion	all at once	4,0	4,0	3,8	3,6	3,6	3,6
		in sequence	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	3,2	2,8	2,6	2,4

<sup>1)</sup>disallowed

*unPER*– unprotected escape route, *pPER*– partly protected escape route, *PER*– protected escape route



As it was remarked above, the constraints manipulate for the density too and crowdedness degree of escape route by person. The density introduces shining capacity restriction of escape routes. If the body count on escape route is low - the persons are enough diffused and then the calculation is realizable in suitable time moment, whereby in the every time moment is the density on escape route designed like body count of persons entering the escape route minus body count of persons that leaving the escape route.

The density can be solved just how:

- **the density of persons**  $D$  (person.m<sup>-2</sup>) or (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) – with the accruing the density of persons usually increases complication of evacuation – the speed or specific flow of persons decreases; each person has independent speed motion;
- **the density flow of persons**  $D_p$  (-) or (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) – come into existence in the moment when the accumulate persons start to move as a one unit – the flow of persons. The persons have approximately equal speed motion, whereby the individuals have not enough space for independent movement. The size of person flow and its density depends not only from the body count (generating this flow) but also from its individual ability fo move and from the dimension of this flow too.

The ability of independent person move is due to veering on its speed, what means the distance repression during the time unit (m.s<sup>-1</sup>). That speed depends not only from the age, sex, physical or psychical condition of evacuated persons, but also from the density of persons in escape route. In ordinary conditions, one person is moving average speed 60 (m.min<sup>-1</sup>). In the beginning of evacuation, single person moves independently of the others and the density is lower as 0.54 person.m<sup>-2</sup> (that means 1.85 m<sup>2</sup>.person). Gradually gives out to thickening / to raising the people's concentration on escape route till the moment, when the density of person reaches the value of 3.8 person.m<sup>2</sup> (that means 0.26 m<sup>2</sup>.person and less). At this moment the movement of persons on escape rote stops.

The people's density, eventually flow density are primary quantities that influence the speed motion of persons in general, not only on escape route. Generally can be estate:

$$v = f(D_p) \quad \text{or} \quad v = f(D) \quad (2)$$

where  $v$  is the speed motion of person (m.min<sup>-1</sup>)

Many prominent specialist deal with the dependency of person speed from person density. In the fire safety sphere still pay several attributes that did not changed in approximately



half a century. In example the speed motion of person for the person density  $2.4 \text{ person.m}^{-2}$  is following:

- on flat ground is the value  $v = 30 \text{ m.min}^{-1}$ ,
- down the stairs is the value  $v = 25 \text{ m.min}^{-1}$ ,
- up the stairs is the value  $v = 20 \text{ m.min}^{-1}$ .

The change of these values depend mainly on the change of person density value on one  $\text{m}^{-2}$ . That value is on the side of security and safeguards that the crowd of people on escape route would not stop.

Changed human physiognomy is clear fact, and improved human motion performance should be changed too -at least concerning the human speed motion – the average speed ( $v$ ) for individual ways of motion (e.g. on the plain or up-and-down stairs) should be changed. It will be very interesting to analyze the mixed group of persons (normal persons and persons with restrictions of movement ability). That group exists very often nowadays in big shopping parks and causes that from certain moment the group is moving by the speed of slowest man. So it would be interesting to solve this situation in relation to age and moving ability. Limited ability motion involves not only physical faults but also the various kinds of limits (e.g. age of person). Not only the protracted life (and growing senility too) is the new today's phenomenon, but also the life style fairly manipulate the possible structure of evacuated group. The small shops are not the problem, the problem is in the big assembly rooms with various structure of personnel (not only the children, aged people, but also the handicapped people).

## CONCLUSION

Let us assert, that assurance the safe evacuation of people from the building is influenced not only by the construction or technical features, but also by the physiognomic parameters of human body and currently physical and psychic state of person. The demands on architectural design of escape routes have to pass by some corrections in relation to real changes of physiognomic parameters of human body. Capital demand is to ensure the safe leaving of person from building in specified and permissible time also for persons with nonstandard measurements. To change aforesaid boundary criterion require to perform many studies for changed physiognomic parameters of human body and extension step of person. Obesity is also the expressive phenomenon by the evacuation and strongly influence human speed motion. It influences not only on human



density or human flow density, but also to whole evacuation in relation to total evacuation time.

### **BIBLIOGRAPHY**

PROULX, G. (2008) Evacuation Time. DiNENNO, P. J. (Editor). The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy: National Fire Protection Association, Chapter 3 – 12, 2008, ISBN 978-0-87765-821-4

NFPA 101 (2006) Life Safety Code, Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 2006

STN 92 0201-3 Fire protection of building. General regulation. Part 3: Escape routes and evacuation of occupants

### **Author**

Ass. Prof. Ing. I. MIKOLAI, PhD.,

Faculty of Civil Engineering STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava 1, Slovak republic

imrich.mikolai11@gmail.com

Ing. J. TKÁČ, PhD.,

P.A.T. s.r.o., Fabiniho 10, 052 01 Spišská Nová Ves, Slovak republic

tkac@patsro.sk



## METODIKA VYŠETROVANIA PRÍČIN VZNIKU POŽIAROV AUTOMOBILOV

### THE METHODOLOGY FOR INVESTIGATION OF CARS FIRES

MARTIN ZACHAR, IVETA MITTEROVÁ, JÁN ONDRUŠKO

#### **Abstrakt**

Slovenská republika sa radí na popredné priečky v oblasti výroby osobných automobilov, predovšetkým prítomnosťou automobiliek Volkswagen Slovakia, PSA - Peugeot Citroën Slovakia a Kia Motors Slovakia a pravdepodobne v najbližšej dobe Jaguar Land Rover. Rozmach automobilov vo všeobecnosti predstavuje v praxi samozrejme aj nárast rizika vzniku požiaru automobilov, o čom svedčia aj štatistiky požiarovosti ľahkých automobilov a ich podiel na požiarovosti v SR, ktorý má za posledných 10 rokov stúpajúci charakter. Predložený príspevok pojednáva o zisťovaní príčin vzniku požiarov automobilov. Vo všeobecnosti hlavnou príčinou vzniku požiarov automobilov za posledných desať rokov je úmyselné podpálenie pomocou urýchľovačov horenia. Na základe spracovaného návrhu metodiky zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov, je popísaný celý proces a jednotlivé úkony, potrebné k stanoveniu príčiny vzniku a samotného vyvodenia záverov pri vyšetrowaní požiarov automobilov.

**Kľúčové slová:** *automobil, požiar, vyšetrowanie požiarov, metodika*

#### **Abstract**

Slovak Republic ranks high on the walls in the production of passenger automobiles, mainly with the presence automotive companies, Volkswagen Slovakia, PSA - Peugeot Citroën and Kia Motors Slovakia and next future Jaguar Land Rover. Boom of cars generally represents, in practice, of course, increased risk of automobile fires, as it is recorded in the statistics of light automobiles fires and their share of total fires in the Slovak Republic, which has had an increasing character for the last 10 years. The presented paper deals with investigating the fires of automobiles. In general, the main causes of fires of automobiles, in the last decade, were the intentional fires using the fire accelerators. Based on the developed proposal of methodology for investigation of the cause of automobile fires, there is described the entire process and the individual steps



necessary to identify the causes of fire initiation and the drawing conclusions itself in the investigation of car fires.

**Key words:** *automobile, fire, fire investigation, methodology*

## ÚVOD

V súčasnosti je úmyselne založený požiar automobilu z celosvetového hľadiska jednou z hlavných príčin vzniku požiarov automobilov. Dané požiare je obzvlášť ťažké vyšetriť a určiť so stopercentnou istotou príčinu ich vzniku. V oblasti zisťovania príčin vzniku požiarov je neustále potrebné zdokonaľovať jednotlivé metodické postupy stanovenia príčin, ktoré sú uplatňované na rôznych stupňoch vyšetrovania. Obzvlášť metodické postupy zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov, sú zložité z dôvodu častého totálneho vyhorenia celého automobilu, hlavne pri úmyselne založených požiaroch.

Metodika vyšetrovania príčin vzniku požiarov automobilov je zložitý systém, ktorý je uplatňovaný v závislosti od typu automobilu, paliva a hlavne materiálov použitých pri výrobe daného automobilu. Materiály používané pri výrobe starších automobilov jednoznačne vykazujú oveľa rýchlejší priebeh iniciovaného požiaru automobilu. V súčasnosti sa pri výrobe automobilov čoraz častejšie uplatňujú materiály s retardačnou úpravou proti horeniu, z tohto dôvodu je rýchlosť rozvoja požiaru novších automobilov nižšia. Mnoho odborníkov zaoberajúcich sa úmyselne založenými požiarimi sa stotožňuje s názorom, že väčšina úmyselne založených požiarov motorových vozidiel vznikla iniciáciou horľavej kvapaliny. Podľa Moravca et al. (2011) sa s benzínom, ako urýchľovačom horenia, stretávame najčastejšie. Pri úmyselne založených požiaroch páchatelia využívajú bežne dostupné kvapalné horľaviny. Okrem benzínu je to acetón, syntetické riedidlo, Molotovov koktail, petrolej, technický benzín, metanol, toluén a ich vzájomné zmesi. Vo svojich prácach množstvo autorov pojednáva o požiaroch automobilov, Moravec et al. (2011) o použití urýchľovačov horenia, Šimonová et al. (2010) o meraní teplôt pri plne rozvinutom požiaru automobilu, Mózer (2013) o ich následnom modelovaní pomocou softwaru, Martinka (2012) o posúdení skratu ako novej príčiny vzniku požiaru a Pántya (2013) o neustálej potrebe vzdelávania v tejto oblasti.

Cieľom príspevku je popísať a navrhnúť metodiku vyšetovania príčin vzniku požiarov osobných automobilov a ľahkých dodávkových automobilov uplatniteľnú v praxi pri zisťovaní príčin vzniku požiarov.

## **ROZBOR PROBLEMATIKY**

Vozidlá obsahujú rozsiahlu škálu horľavých materiálov a zdrojov vznietenia. S nárastom závažnosti poškodenia je niekedy ťažké rozlíšiť medzi zdrojom vznietenia (iniciačným zdrojom) s prvým zapáleným materiálom (príčinou), tepelnými zdrojmi, ktoré neboli príčinou požiaru a sekundárne zapálenými materiálmi (následok). Moderné vozidlá obsahujú mnoho elektrických zdrojov, a to v prístrojovej doske, dverách, sedadlách, stropnej časti kabíny a v podlahe. Motorový priestor a kabína pre cestujúcich je oddelená zvislým plechovým panelom. Panel je perforovaný otvormi na prechod káblov a iných komponentov, a tým v priestore pre cestujúcich vzniká viac zdrojov vznietenia, prípadne možnosť lepšieho šírenia požiaru. Podľa Juga (2009) pri plne rozvinutom požiari vozidla je ťažké povedať, či sa požiar rozšíril z motora do kabíny, alebo naopak.

V procesoch vyšetovania požiarov sa najskôr určuje miesto požiaru, až potom sa určí jeho príčina. Často sa miesto vzniku stanoví s určitou presnosťou, ale príčina zostáva neznáma. Podľa názoru Štepeka (1984), majú na presné stanovenie príčin vzniku požiarov vplyv mnohé negatívne fakty, napr. vysoké teploty (pri požiari automobilu dosahujú viac ako 1000 °C), ktoré ničia a deformujú dôkazové materiály a stopy. Priebeh teplôt pri požiari automobilu vo svojich prácach opisujú Svetlík (2012), a taktiež Dvořák et al. (2015), kde pojednávajú o teplotách nad 1000 °C, ktoré dosiahli pri experimentálnych meraniach (obr. 1).



**Obr. 1 Požiarna skúška osobného automobilu na otvorenom priestranstve (Dvořák a Wald 2015)**  
**Fig. 1 Fire test car in the open (Dvořák a Wald 2015)**



Rybakowski et al. (2013) vo svojej práci pojednáva o tepelnom rozklade pneumatík, kde uvažuje s teplotu do 550 °C. Samozrejme množstvo dôkazov býva zničených nielen pôsobením vysokých teplôt, ale aj v priebehu hasebných prác prúdom vody.

Tak ako sa uvádza v NFPA 921 (2008), pri lokalizácii miesta vzniku požiaru a pri určení príčiny sa často využívajú vzory stôp po požiaru alebo poškodení, ktoré zostali na častiach karosérií, alebo na rámoch vozidiel a tiež v interiéri vozidla. Pri vozidlách sa používajú rovnaké všeobecné postupy ako pri požiaroch stavebných konštrukcií. Keď je to len možné, vozidlo je potrebné preskúmať na mieste činu. Preskúmanie vozidla po požiaru je komplexná a mnohostranná činnosť. Rovnako ako v prípade požiarov stavebných konštrukcií je prvým krokom určiť miesto vzniku požiaru. Väčšina motorových vozidiel sa dá rozdeliť na tri väčšie priestory: priestor motora, priestor pre cestujúcich alebo interiér vozidla a nákladný priestor, resp. kufor. Preskúmanie exteriéru môže odhaliť významné stopy po požiaru. Poloha (presné miesto) požiaru a spôsob, reakcie napr. čelného skla, môžu napomôcť pri určovaní priestoru vzniku požiaru. Požiar v priestore pre cestujúcich zvyčajne vyvolá poškodenie v hornej časti čelného skla a zanecháva radiálne stopy horenia na stropnej časti kabíny vozidla.

### **Metodika**

Návrh metodiky zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov bol navrhnutý na základe legislatívnych predpisov a praktických skúseností zisťovateľov príčin vzniku požiarov, pôsobiacich na rôznych úrovniach zisťovania príčin vzniku požiarov. Na základe stanovenia jednotlivých úkonov a popísania základných postupov pri zisťovaní, ako komplexu vykonaných činností, nutných k ucelenému záveru a stanoveniu príčiny vzniku požiaru automobilu.

### **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

Návrh metodiky zisťovania príčin vzniku automobilov môžeme najjednoduchšie popísať na základe získaných dostupných informácií, pretože proces zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov je príliš zložitý, z tohto dôvodu je popis metodiky nutné rozdeliť do jednotlivých, dielčích častí, ktoré na seba bezprostredne nadväzujú, t.j..

- **Materiálno-technické vybavenie**
- **Prípravná fáza a presun na požiarisko**



- **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri procese zisťovania**
- **Zisk a záznam informácií**
- **Zdokumentovanie miesta požiaru**
- **Výsluch svedkov udalosti**
- **Odber vzoriek**
- **Stanovenie príčiny**
- **Záver (zo zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov)**

### **Materiálno-technické vybavenie**

Zisťovanie príčin požiarov si okrem vedomostí v danej oblasti vyžaduje aj prostriedky, pomocou ktorých sa vykonávajú jednotlivé činnosti. Medzi takéto prostriedky radíme materiálno-technické vybavenie zisťovateľa. Pre správne určenie príčiny vzniku požiaru, je nevyhnutné mať k dispozícii nasledovné materiálno-technické vybavenie: (profesionálny fotoaparát so statívom, kamera, laptop s pripojením na internet, diktafón, náradie na prácu a odber vzoriek, OOPP).

### **Prípravná fáza a presun na požiarisko**

Príprava zisťovateľa by mala spočívať v realizácii opatrení, ktoré slúžia k akcie-schopnosti prostriedkov a materiálno-technického vybavenia, ktoré využíva pri procese objasňovania. Tu radíme prípravu materiálno-technického vybavenia.

Po ohlásení požiaru automobilu na koordinačné stredisko IZS, je veľmi dôležité rýchle odovzdanie základných informácií o požiaru zisťovateľovi, z dôvodu čo najrýchlejšieho dostavenia sa na požiarisko, aby mu neunikli podstatné fakty. Na presun na požiarisko využíva pridelený služobný automobil, v ojedinelých prípadoch by mohol použiť súkromné motorové vozidlo.

Po príchode na miesto je potrebné si všímať priebeh horenia, dôležité fakty a správanie sa svedkov udalosti. Je nevyhnutné vykonávať potrebné úkony v dobe, keď jednotka lokalizuje a likviduje požiar. Po skončení zásahu, zisťovateľ zisťuje kriminalistické ohnisko požiaru, resp. kde požiar vznikol, rôznymi metódami, pričom je dôležité všetky kroky dôkladne zdokumentovať.



### **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri procese zisťovania**

Zisťovateľ musí predovšetkým dbať na svoje zdravie a bezpečnosť pri práci. Výkon komplexného skúmania vozidla zahŕňa rôzne bezpečnostné riziká. Dôležitými faktormi pri ochrane života a zdravia zisťovateľa, sú osobné ochranné pracovné prostriedky a bezpečný pracovný postup. Keďže sa zisťovateľ môže nachádzať na požiarisku súčasne s jednotkou vykonávajúcou zásah, musí byť vybavený OOPP ako príslušník, ktorý vykonáva zásahovú činnosť. V zmysle pokynu P HaZZ č. 64/2002, by zisťovateľ mal byť vybavený základnými OOPP (zásahový odev, zásahová obuv, ochranná prilba, ochranné rukavice, gumené rukavice odolné voči chemikáliám, ochranná pracovná obuv, chránič sluchu - slúchadlá, plášť proti vlhkosti, vesta – s reflexnou farbou, ochranné okuliare, tvárový štít, antivibračné rukavice, čižmy gumové).

Čo sa týka bezpečných pracovných postupov pri zisťovaní príčin vzniku požiarov automobilov, je veľmi dôležité dodržiavať základné zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Skôr ako zisťovateľ začne skúmať vozidlo odspodu, musí si overiť, či je dostatočne zabezpečené proti pohybu, aby ho nemohlo zraniť. Je potrebné skombinovať použitie hydraulických plošín, zdvihákov alebo iných zariadení slúžiacich na udržanie hmotnosti vozidla so zablokovaním pomocou príslušných zariadení, aby sa zabránilo náhlemu pohybu vozidla alebo jeho pádu na zisťovateľa. Závažné potenciálne riziko pre bezpečnosť zisťovateľov predstavujú neaktivované airbagy (doplňkové zadržiavacie systémy). Taktiež azid sodný, hnací plyn pre airbagy u starších vozidiel, je nebezpečný a kontakt, s ním alebo jeho inhalácia môže predstavovať pre zisťovateľa potenciálne zdravotné ohrozenie. Zisťovateľ musí vedieť identifikovať prítomné systémy, poznať prevádzkový stav týchto systémov a v prípade potreby vedieť tieto systémy vyradiť z činnosti pred skúmaním vozidla, aby zabránil ich náhodnému spusteniu. Obhliadka obhoreného vozidla môže predstavovať mnohé ďalšie situácie, ktoré môžu ohroziť zisťovateľa. Patrí sem napr. únik pohonných hmôt, alebo zvyšného paliva v nádrži (čo predstavuje riziko požiaru), vytečené mazivo (na ktorom sa môže zisťovateľ pošmyknúť), riziko úrazu elektrickým prúdom (napr. z akumulátora, resp. vysokonapäťovej sústavy pri automobiloch s hybridným pohonom), rozbité sklo (môže spôsobiť bodné alebo rezné rany) NFPA 921 (2008).



## Získ a záznam informácií

Pre získanie a záznam informácií už priamo na požiarisku je nevyhnutné, aby zisťovateľ zhromaždil a zaevidoval informácie potrebné pre účely ďalšieho skúmania a vyvodenia príčiny požiaru automobilu. Môžeme ich rozdeliť do troch skupín: základné informácie, informácie o vozidle a informácie o požiari.

- **Základné informácie**

- Mesto kde vznikol požiar (obec):
- Adresa (miesto) vzniku požiaru, napr. (diaľnica, cesta, vedľajšia cesta, lesná cesta, garáž, dielňa, dvor, parkovisko a iné):
- Dátum spozorovania požiaru:
- Dátum ohlásenia požiaru:
- Čas spozorovania požiaru:
- Čas ohlásenia požiaru:
- Vlastníctvo (súkromné, služobné, nezistené):
- Majiteľ (meno a priezvisko, dátum narodenia, bydlisko):
- Priama škoda:
- Uchránené hodnoty:
- Zranení:
- Usmrtený:
- Počet požiarom poškodených (iných) automobilov:
- Cestujúci uzatvorený v kabíne:
- Technický zásah jednotiek HaZZ:
- Vybavenie vozidla prenosnými hasiacimi prístrojmi:
- Použitie hasiaceho prístroja:
- Poistenie automobilu (zákonné, havarijné):
- Poisťovňa:
- V prípade dopravnej nehody, údaje o ostatných účastníkoch dopravnej nehody:

- **Informácie o vozidle**

- Značka:
- Model, typ:
- EČV:
- Rok výroby:



- e) Platnosť STK a EK:
- f) Vyhotovenie (sedan, kombi, pickup, kabriolet, kupé, iné...):
- g) Počet dverí:
- h) Farba:
- i) Evidentné poškodenie automobilu – nespôsobené požiarom (rozbité okno, vypáčené súčasti karosérie, omotaná handra na kolese vozidla, atď...):
- j) Pohonné hmoty (benzín, nafta, LPG, CNG, el. energia, iná.....):
- k) Palivový systém (karburátor, vstrekovanie, turbo-dúchadlo, kompresor, iné....):
- l) Spínač zapalovania v čase požiaru (zapnutý, vypnutý):
- m) Palivová nádrž (kovová, plastová, iné...):
- n) Palivové potrubie (kov, plast, guma, iné...):
- o) Prevážané materiály – náklad:
- p) Dodatočne montovaná výbava:

Pre získanie informácií o vozidle, by pomohlo, mať k dispozícii databázu motorových vozidiel s podrobným technickým popisom priamo od jednotlivých výrobcov. Dôvod je jednoduchý. Pri požiaroch automobilu mnohokrát nie je možné identifikovať súčasti automobilu. Daná databáza by pomohla pri určení a uložení zariadení, ktoré môžu spôsobiť požiar (alternátor, autobatéria, štartér, poistná skriňa, cigaretový zapalovač, atď...). Taktiež by databáza mala obsahovať podrobný opis vozidla a výbavy, ktorú má automobil (vyhrievanie sedadiel, elektricky nastaviteľné sedadlá, elektrické otváranie okien, svetlá, elektrické nastavenie bočných zrkadiel, typ spínača zapalovania, atď...) a čo môže zlyhať, aj keď vozidlo nie je naštartované.

- **Informácie o požiaroch**

- a) Priestor, ktorý začal horieť ako prvý (motorový, palubná doska, priestor pre cestujúcich, batožinový priestor, brzdy, kolesá, nezistený, iné).
- b) Časť, ktorá začala horieť ako prvá (štartér, alternátor, karburátor, rozvody paliva, palivové čerpadlo, kúrenie, klimatizácia, elektroinštalácia automobilu, spínač zapalovania, spotrebiče, prístroje, atď...).
- c) Typ požiaru (činnosti), pri ktorých vznikol (havária, zrážka, údržba, oprava, úmysel, počas jazdy, pri štartovaní, zaparkované v garáži, zaparkované na parkovisku).



- d) Zdroj zapálenia – iniciátor (el. skrat, zvýšený prechodový odpor, preťaženie elektroinštalácie, teplo z časti automobilu, teplota z nástrojov, zapalovač cigariet, nezahasná cigareta, iné vozidlo, nezistené, iné).
- e) Látka (materiál), ktorá určovala rozvoj požiaru (pohonné hmoty, čalúnenie, batožina, nezistená, iné).

### **Zdokumentovanie miesta požiaru**

Súčasťou statickej obhliadky požiariska je jeho dokumentácia. Správne zdokumentovanie, nafotenie a obrazové vyhotovenie záznamu je kľúčový prvok pri procese zisťovania. Zisťovateľ v situačnom nákrese miesta požiaru musí vyznačiť referenčné body a ich vzdialenosť k vozidlu. Nákras má byť dostatočne podrobný, aby bolo možné presne vyznačiť polohu vozidla pred jeho odsunom. Je potrebné odfotografovať celé miesto činu tak, aby na záberoch boli viditeľné okolité budovy, diaľničné stavby, vegetácia, prípadne iné vozidlá a odtlačky pneumatík, alebo stopy obuvi. Taktiež sa musia zdokumentovať akékoľvek škody spôsobené požiarom na každom z uvedených objektov, prípadne rozliate palivo a iné skutočnosti, ktoré sú zjavné pri obhliadke miesta činu a môžu poslúžiť pri ďalšej analýze šírenia požiaru. Vozidlo je potrebné vyfotografovať riadnym a konzistentným spôsobom. Fotografie majú byť zo všetkých strán, vrátane hornej a spodnej časti. Je potrebné nasnímať poškodené aj nepoškodené miesta, vrátane škôd v interiéri a exteriéri vozidla, všetky dôkazy o smere šírenia požiaru, či už z nejakého priestoru alebo do neho (priestor motora, cestujúcich, kufor, priestor pre náklad, atď.). Taktiež je potrebné vyfotografovať úložné priestory pre náklad a prevážané materiály. Miesto činu je nutné zdokumentovať aj po odsune vozidla, pričom sa zameriavame hlavne na spálené miesta na zemi alebo na ceste, ako aj polohu skla a iných úlomkov. Fotografie treba doplniť nákrismi a poznámkami NFPA 921 (2008).

### **Výsluch svedkov udalosti**

Za kľúčový prvok pri procese zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov patria výpovede svedkov. Výsluch svedkov by mal viesť zisťovateľ za pomoci príslušníkov policajného zboru. Práve výpovede svedkov napomôžu potvrdiť, alebo vyvrátiť možné (preverované) príčiny vzniku požiaru. Najdôležitejšia otázka pri výsluchu by mala znietť, kde svedok spozoroval požiar, respektíve v ktorej časti automobilu zbadal oheň. Podľa



výpovede svedkov a zistených stôp, vie zisťovateľ vylučovacou metódou určiť príčinu vzniku požiaru. Rozhovory s osobami, ktoré boli svedkami prvých fáz rozvoja požiaru, môžu pomôcť zisťovateľovi príčin vzniku požiaru zúžiť priestor, kde požiar vznikol a ten následne podrobiť podrobnejšiemu skúmaniu.

### **Odber vzoriek**

V prípade, ak nie je možné priamo určiť príčinu vzniku požiaru, nasleduje odber vzoriek. Ak existuje podozrenie z použitia horľavých kvapalín, postupuje sa nasledovne. Privolá sa policajný pes vycvičený na vyhľadávanie urýchľovačov horenia na požiarisku. Ak bol použitý akcelerátor horenia, pes s vysokou pravdepodobnosťou označí miesto jeho použitia. Takto identifikované miesto zisťovateľ zaistí a odoberie vzorku pre laboratórne skúmanie. Pred odberom vzorky je dôležité fotograficky zdokumentovať skutočný stav a miesto odkiaľ sa odoberá časť na expertízne skúmanie. Horľavé kvapaliny sa odoberajú do nepriedušných obalov, pretože zväčša sú prchavé. Za adekvátne obaly považujeme sklené fľaše so závitom, alebo vzduchotesné vrecká. Vysoké teploty požiaru spôsobujú odparenie a vyhorenie horľavých kvapalín, z tohto dôvodu je obtiažne ich odobrať v kvapalnej forme. Následne je potrebné odobrať taký pórovitý materiál (drevo, textil, zemina, sutiny a pod.), do ktorých pravdepodobne vsiakla horľavá kvapalina. Dané materiály sa odoberú a hermeticky uzavrujú do polyamidových vriec na vzorky.

Pri zaistovaní vzoriek na laboratórne skúmanie je dôležité, aby sa neodborným zásahom druhotne nepoškodili. Musí byť zachovaný ich pôvodný stav a materiálové zloženie. Taktiež je veľmi dôležité z požiariska odobrať aj porovnávacie vzorky, ktoré neboli kontaminované urýchľovačom horenia. Odoberaté vzorky je potrebné zaslať, alebo osobne doručiť do akreditovaného laboratória na podrobné preskúmanie.

### **Stanovenie príčiny**

Určenie kriminalistického ohniska a stanovenie príčiny, čo požiar spôsobilo, je hlavnou úlohou oblasti zisťovania príčin vzniku požiarov. Za kriminalistické ohnisko požiaru považujeme časť, ktorá úplne vyhorela, respektíve ktorá je najviac poškodená požiarom.

Pri stanovení príčiny vzniku požiaru sa vychádza z poznatkov získaných v priebehu obhliadky požiariska a podkladov obdržaných v čase spracovania správy (posudku)



o príčine vzniku požiaru. A to z informácií o prítomnosti osôb a vykonávaných činnostiach bezprostredne pred vznikom požiaru v mieste, resp. v blízkosti miesta jeho vzniku. Pre správne určenie príčiny vzniku požiaru je nutné od začiatku pracovať s viacerými možnými verziami o príčine vzniku požiaru automobilu.

Z právneho pohľadu, pri záverečnom zhodnotení a stanovení príčiny vzniku požiaru automobilu je potrebné uvádzať, že príčina je stanovená ako najpravdepodobnejšia.

### **Záver (zo zisťovania príčin vzniku požiarov automobilov)**

Zisťovateľ príčin vzniku požiarov má za úlohu, podľa možnosti čo najpresnejšie určiť príčinu vzniku požiaru. V prípade ak bolo zistené, že motorové vozidlo bolo úmyselne zapálené, tak vec preberá policajný zbor a rieši ho ako trestný čin.

Bez rozdielu či sa jedná o technickú závalu, alebo úmyselné zapálenie automobilu, informácie o požari zisťovateľ zaznamená do počítačového programu STATZPP za účelom archivácie a štatistického vyhodnotenia.

## **ZÁVER**

Zisťovanie príčin vzniku požiarov vo všeobecnosti, je veľmi zložitý proces. Nehovoriac o vyšetrowaní príčin vzniku požiarov automobilov, kde na veľmi malom priestore existuje množstvo iniciačných zdrojov a množstvo materiálov s rôznymi požiarotechnickými vlastnosťami, ktoré ovplyvňujú celý proces horenia automobilu. Na základe spracovaného komplexného návrhu metodiky vyšetrowania príčin vzniku požiarov automobilov, od základných údajov, cez jednotlivé úkony potrebné vykonať na požiarisku, až po odber vzoriek a stanovenie najpravdepodobnejšej príčiny vzniku až po uzavretie riešeného požiaru. A práve preto, je veľmi dôležité venovať zvýšenú pozornosť neustálemu vzdelávaniu zisťovateľov príčin vzniku požiarov, napr. odbornometodickými zamestnaniami.

## **ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ÚDAJOV**

- [1] DVOŘÁK, O., WALD, F. 2015. Požární zkouška osobního automobilu na otevřeném prostranství. Univerzité centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze.  
<http://www.tzb-info.cz/pozarni-ochrana/13221-pozarni-zkouska-osobniho-automobilu-na-otevrenem-prostranstvi>



- [2] JUG, A. 2009. Vyhodnotenie opatrení na navrhovanie evakuácie z podzemných garáží. In Spravodajca 2 protipožiarna ochrana a záchranná služba. ISSN 1335-9975, 2009, XXXIX, 2/2009, s. 10-12.
- [3] MARTINKA, J. 2012. Analýza vybraných problémov pri posúdení skratu ako príčiny vzniku požiaru. In Delta : vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarna ochrany. Roč. 6, č. 11 (2012), s. 19-23. ISSN 1337-0863.
- [4] MORAVEC, V. – GALLA. Š. - NEJEDLÝ. A. 2011. Odber kvapalných vzoriek z požiariska určených na analýzu. In Sborník přednášek mezinárodní konference Požární ochrana. Ostrava, 2011. s. 212-216. ISBN 978-80-7385-102-6.
- [5] MÓZER, V. 2013. Modelling fire severity and evacuation in tunnels. In: Communications: scientific letters of the University of Žilina. - ISSN 1335-4205. - Vol. 15, no. 4 (2013), s. 85-90.
- [6] NFPA 921. 2008. Sprievodca pri zisťovaní príčin požiarov a výbuchov. Technický výbor pre vyšetovanie požiarov, 2008.
- [7] PÁNTYA, P. 2013. Új kiképzési lehetőségek tűzoltók számára. In: Pokorádi László (szrek.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban. 2013. Pp. 417-424. ISBN 978-963-7064-30-2.
- [8] RYBAKOWSKI, M., DUDARSKI, G., OČKAJOVÁ, A., STEBILA, J. 2013. Assessment of the fire risk and thermal resistance of tyres. Advanced Materials Research Vols. 805-806 (2013) pp 1771-1774. Trans Tech Publications, Switzerland. 2013. doi:10.4028/[www.scientific.net/AMR.805-806.1771](http://www.scientific.net/AMR.805-806.1771)
- [9] SVETLÍK, J. 2012. Fázy požiaru osobného motorového vozidla. In Advances in Fire & Safety Engineering, medzinárodná vedecká konferencia. Technická univerzita vo Zvolene, 2012. ISBN 978-80-228-2374-6, s. 257 -267
- [10] ŠIMONOVÁ, M. – POLEDŇÁK, P. 2010. Poznatky z experimentálneho overovania požiarov osobných automobilových vozidiel v skúšobnej štôlni. In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava Řada bezpečnostní inženýrství. Ostrava, 2010. ISBN 978-808248-2317-1, s. 95-100
- [11] ŠOVČÍKOVÁ, L. 2008. Zisťovanie príčin požiarov. Žilina, 2008. 92 s. ISBN 978-80-8070-817-7.
- [12] ŠTEPEK, J. 1984. Zjišťování příčin požáru. Frídek-Místek: Střední odborná škola požární ochrany, Ministerstvo vnitra ČSR, 1984. 189 s.



[13] Pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 33/ 2003 ktorým sa mení a dopĺňa pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 64/2002 o postupe pri posudzovaní a vypracúvaní hodnotenia nebezpečenstiev vyplývajúcich z jednotlivých druhov činností v Hasičskom a záchrannom zbore a zoznam vybraných osobných ochranných pracovných prostriedkov, pracovných odevov a obuvi, umývacích a čistiacich prostriedkov na ochranu bezpečnosti a zdravia príslušníkov Hasičského a záchranného zboru a zamestnancov.

### **PodĎakovanie**

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpory grantovej agentúry MŠVVŠ SR, KEGA 002STU-4/2013.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

### **Adresa autorov**

Ing. Martin Zachar, PhD.,  
Technická Univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen,  
e-mail: zachar@tuzvo.sk

Ing. Iveta Mitterová, PhD.,  
Technická Univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24,  
960 53 Zvolen,  
e-mail: mitterova@tuzvo.sk

Ing. Ján Ondruško,  
Prezídium Hasičského a záchranného zboru,  
Drieňová 22,  
826 86 Bratislava,  
e-mail: jan.ondrusko@minv.sk



**NUMERICKÉ STANOVENIE A VZÁJOMNÉ  
POROVNANIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI PRVKOV NA  
BÁZE DREVA A ŽELEZOBETÓNU**

**NUMERICAL DETERMINATION AND MUTUAL  
COMPARISON OF STRUCTURAL FIRE RESISTANCE  
ON TIMBER AND REINFORCED CONCRETE BASE**

RÓBERT LEŠKO, MARTIN LOPUŠNIAK

**Abstrakt**

Požiarne odolnosť stavebnej konštrukcie je jedným z parametrov, od ktorého je závislá celková požiarne bezpečnosť stavebného objektu. V súčasnosti je požiarne odolnosť možné deklarovať buď prostredníctvom požiarnej skúšky, alebo numerickým výpočtom. Napriek dosiahnutiu požadovaných hodnôt požiarnej odolnosti je uplatnenie stavebných materiálov s rôznym charakterom horľavosti značne odlišná. Železobetón reprezentujúci nehorľavý stavebný materiál je na Slovensku aplikovateľný prakticky bez obmedzenia. Drevo a výrobky na jeho báze predstavujúce ekologickú, obnoviteľnú a trvalo udržateľnú alternatívu sú napriek dosiahnutej požiarnej odolnosti použiteľné vzhľadom k ich horľavosti v obmedzenej miere. Numerické stanovenie a vzájomné porovnanie požiarnej odolnosti stavebných konštrukcií na báze dreva a železobetónu preukázalo, že aj stavebné prvky horľavého charakteru sú schopné bezpečne odolávať účinkom v prípade plne rozvinutého požiaru.

**Kľúčové slová:** *Požiarne bezpečnosť, požiarne odolnosť, drevené konštrukcie, železobetónové konštrukcie.*

**Abstract**

Fire resistance of building structures is one of the parameters from which depends total structural fire safety. Currently could fire resistance characterized by large scale fire tests, or by numerical calculation. Despite achieving the required levels of fire resistance is the application of building materials with variant combustibility significantly different.



Reinforced concrete represents noncombustible building material is in Slovakia applicable practically without any restrictions. Timber and components on its base represent ecological, renewable alternative are despite on achieved fire resistance applicable due to its combustibility in restricting form. Determination and mutual comparison of fire resistance on timber and reinforced concrete base demonstrates that also building components with combustible character could safely withstand effects of fire in the case of fully developed fire.

**Keywords:** *Fire safety, fire resistance, timber structures, reinforced-concrete structures.*

## ÚVOD

Slovenská republika sa svojou lesnatosťou (40,6%) zaraďuje medzi krajiny s najvyšším podielom lesov voči rozlohe štátu v Európe. Napriek tomu má drevo ako stavebný materiál voči ostatným tradičným stavebným materiálom ako sú tehla, betón a oceľ v stavebníctve odlišný charakter využitia. Zatiaľ čo tehlové, betónové, či oceľové stavby sú na Slovensku aplikovateľné prakticky bez výškových, či plošných obmedzení, drevo má napriek svojim dobrým požiarno-technickým vlastnostiam limity z hľadiska požiarnej bezpečnosti (obmedzenie počtu podlaží, plošných rozmerov a pod.). Zvyšujúce sa nároky na energetické, ale najmä environmentálne a ekologické prevedenie stavby predurčujú drevo a výrobkom na jeho báze v blízkej budúcnosti širšiu uplatniteľnosť.

Jednou z hlavných súčastí požiarnej bezpečnosti stavby je zhodnotenie navrhnutých stavebných konštrukcií z hľadiska požiadaviek na ich požiaru odolnosť. Požiaru odolnosť stavebnej konštrukcie je v súčasnosti možné preukázať buď výpočtovými metódami, alebo veľkorozmerovým skúšaním. Vzhľadom k tomu, že skúšky veľkého rozmeru sú ekonomicky, ale aj časovo náročné, stalo sa použitie výpočtových metód v inžinierskej praxi čoraz viac využívaným. O tomto trende svedčí aj publikácie, ktoré sa venujú preukazovaniu požiarnej odolnosti stavebných prvkov a konštrukcií prostredníctvom výpočtových metód [1]-[8]. Na Slovensku, ale aj v ostatných krajinách európskej únie sa na preukázanie požiarnej odolnosti výpočtovými metódami používajú európske normové predpisy radu EN 199X-1-2, v závislosti od typu stavebného materiálu.

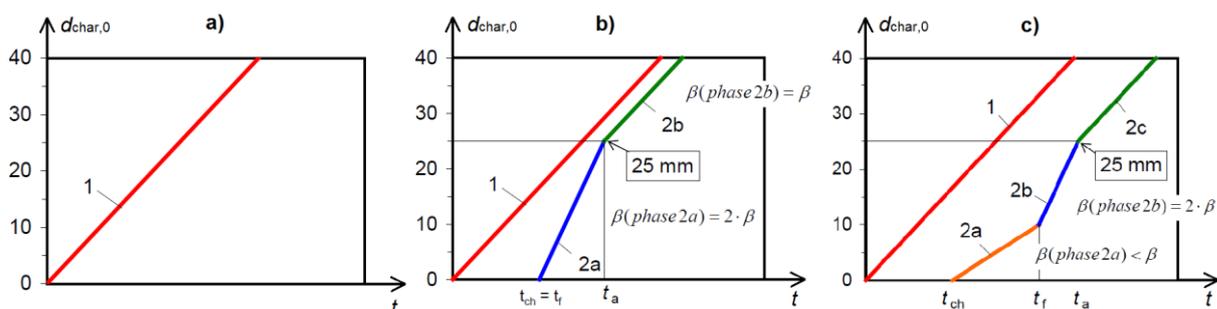
Cieľom príspevku je vzájomné numerické porovnanie požiarnej odolnosti nosných prvkov na báze dreva ako horľavého a železobetónu ako nehorľavého stavebného

materiálu, s cieľom preukázať, že prvky na báze dreva dokážu pri totožných zaťažovacích a okrajových podmienkach v požadovanom čase požiarnej odolnosti odolávať účinkom plne rozvinutého požiaru minimálne rovnako efektívne, ako prvky na báze železobetónu.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

### Metodika overenia požiarnej odolnosti drevených prvkov a konštrukcií

Všeobecná predstava o správaní sa drevenej konštrukcie pri požiari býva často skreslená [1], [2]. Drevo je možné zapáliť, môže ním byť podporovaná intenzita a rozvoj požiaru, avšak sprvoti uhoľnatie a odhorieva najmä na jeho povrchu. Vo vnútri materiálu zostávajú jeho mechanické vlastnosti po určitú dobu vystavenia požiaru bez mechanických zmien [1], [2].



Obr. 6 Zmena hĺbky zuhoľnatia dreveného prvku v závislosti od času [9]  
Fig. 6 Change in charring depth of timber component depending on time [9]

Správanie sa dreva a výrobkov na jeho báze pri požiari nie je možné jednoducho popísať. Výrazne ho totiž ovplyvňujú najmä jeho tvar, povrch, obvod a rozmery. Odolnosť drevených prvkov voči účinkom požiaru charakterizuje predovšetkým hĺbka zuhoľnatia, ktorá je daná rýchlosťou uhoľnatia. Tá sa odlišuje v prípadoch, keď je drevený prvok nechránený (Obr. 2a), počiatočne chránený pred zlyhaním ochrany (Obr. 2b), alebo chránený voči účinkom požiaru po zlyhaní ochrany (Obr. 2c).

Pre výpočet požiarnej odolnosti prierezu sa môže predpokladať stála rýchlosť uhoľnatia, na základe ktorej sa hĺbka zuhoľnatia určí ako:

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t \quad (1)$$

kde  $d_{char,0}$  je návrhová hĺbka zuhoľnatia pre jednosmerné uhoľnatie,  $\beta_0$  je rýchlosť uhoľnatia a  $t$  je čas vystavenia účinkom požiaru (min).



Pri navrhovaní drevených prvkov a konštrukcií na účinky požiaru sa vo všeobecnosti používajú obdobné postupy, ako pri návrhoch za bežnej teploty. Odporúčaným postupom pre určenie mechanickej odolnosti je metóda účinného redukovaného prierezu [12]. Účinný redukovaný prierez sa má vyjadriť redukciou o účinnú hĺbku zuhoľnatenia nasledovne:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (2)$$

kde  $d_{ef}$  je efektívna hrúbka zuhoľnatenia (mm),  $d_{char,n}$  je teoretická hĺbka zuhoľnatenia (mm),  $k_0$  je koeficient nechráneného povrchu vystaveného požiaru (-),  $d_0$  je hrúbka vrstvy s predpokladanou nulovou pevnosťou a tuhosťou (konštanta 7 mm) [1], [2], [9]. S takto zmenšeným účinným prierezom je prvok na báze dreva podrobený výpočtu na stanovenie jeho mechanickej odolnosti v požadovanom čase požiarnej odolnosti.

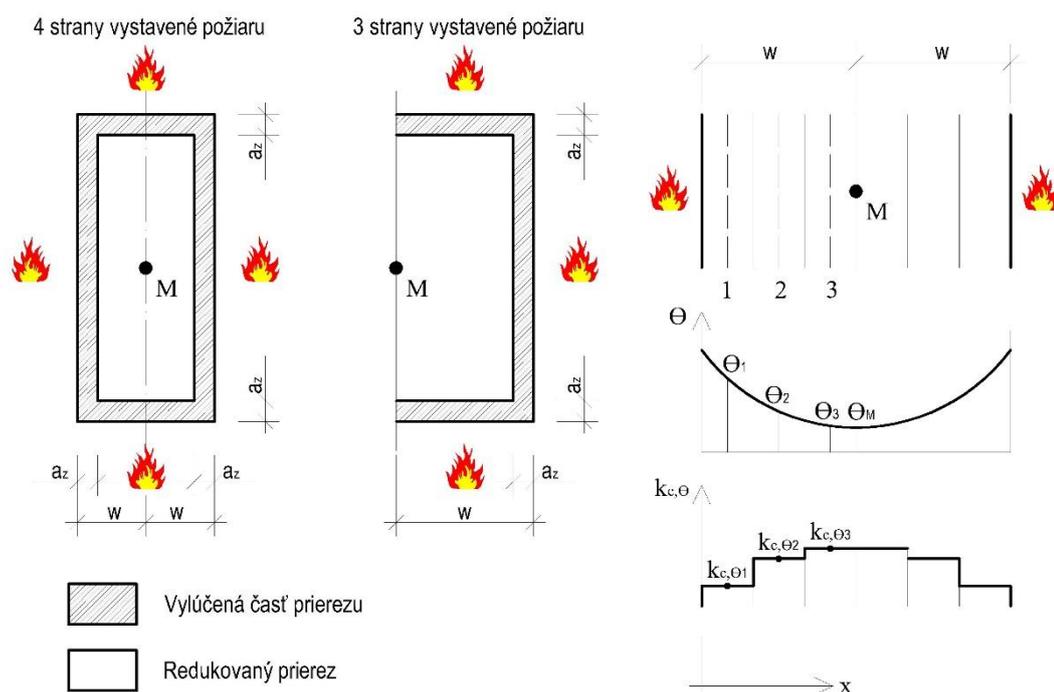
#### **Metodika overenia požiarnej odolnosti železobetónových prvkov a konštrukcií**

Betón je stavebným materiálom, ktorý disponuje dobrými vlastnosťami najmä čo sa týka pevnosti v tlaku. Nižšie hodnoty (rádovo 10 a viacnásobne nižšie) dosahuje v pevnosti v ťahu. Z tohto dôvodu sa v mieste ťahových napätí používa betonárska výstuž. V prípade požiaru je z hľadiska požiarnej odolnosti rozhodujúce spolupôsobenie betónového prierezu a výstuže, čo sa zabezpečuje krycou vrstvou výstuže. Tá chráni oceľovú výstuž pred vplyvmi okolitého prostredia, ale zároveň aj pred vplyvom vysokých teplôt pri požiari. Postupným nárastom teploty vnútorného prostredia pri požiari dochádza v železobetónovom priereze k negatívnym sprievodným javom ovplyvňujúcim jeho výslednú požiaru odolnosť. Pri zvýšených teplotách (cca nad 300 °C) začína dochádzať k porušeniu ohrievaného povrchu prostredníctvom mikrotrhlín, prípadne môže dochádzať aj k odpadávaniu krycej vrstvy výstuže. Oceľ je na účinky vysokých teplôt náchylnejšia ako betón. Zatiaľ čo bežný betón sa začína roztápať pri teplote na úrovni 1200 °C, kritická teplota betonárskej výstuže je na úrovni 500 °C. Vplyvom týchto charakteristík dochádza rozpínaniu oceľovej výstuže v betónovom priereze, čo spôsobuje vznik napätí a pozvoľné znižovanie súdržnosti oceľovej výstuže a betónu [1], [4].

Pri návrhu betónových a železobetónových konštrukcií na účinky požiaru je podľa [10] možné využiť jeden z troch základných návrhových prístupov. Prvým je návrh podľa osvedčených návrhových riešení (využitie tabuľkových hodnôt, alebo výsledkov skúšok).

Druhým je návrh prostredníctvom zjednodušených výpočtových metód pre určité typy prvkov. Tretím je návrh pomocou spresnených výpočtových metód umožňujúcich vystihnúť správanie sa nosných prvkov a konštrukcií alebo ich častí.

Pre výpočet požiarnej odolnosti prvkov a konštrukcií zaťažených ohybovým momentom a/alebo normálovou silou je podľa [10] vhodným výpočtovým postupom **zónová metóda**.



Obr. 7 Redukcia prierezu pri použití zónovej metódy [4]  
Fig. 7 Reduction of the cross section using the zone method [4]

Podstatou metódy je stanovenie hrúbky vylúčenej vrstvy betónu a redukcia rozmerov prierezu, pevnosti výstuže a taktiež pevnosti betónu v redukovanom priereze. Pre výpočet hrúbky vylúčenej vrstvy betónu je potrebné prvotne stanoviť hrúbku  $w$  a polohu bodu  $M$ . Pre obdĺžnikový prierez vystavený požiaru z troch strán (prievlak) je hrúbka  $w$  rovná menšej z hodnôt: a) vzdialenosti medzi stranou prierezu vystavenej požiaru a protíľahlou stranou nevystavenej požiaru; b)  $\frac{1}{2}$  vzdialenosti medzi protíľahlými stranami prierezu vystavených požiaru (Obr. 3). Poloha bodu  $M$  je znázornená na Obr. 3. Hrúbka  $w$  sa rozdelí na  $n$  rovnobežných zón s rovnakou šírkou, pričom  $n \geq 3$ . Určí sa teplota  $\Theta_i$  v strede každej zóny a teplota v bode  $M$ . Súčinitele pre redukciu charakteristických hodnôt pevnosti v tlaku  $k_{c,\Theta_M}$  a  $k_{c,\Theta_i}$  sa určia v závislosti od teploty

$\Theta_M$ , resp.  $\Theta_i$ . Pomocou vzťahu (3) sa stanoví stredný súčiniteľ redukcie  $k_{c,m}$  pre daný prierez:

$$k_{c,m} = \frac{1 - \frac{0,2}{n}}{n} \cdot \sum k_{c,\theta_i} \quad (3)$$

kde  $n$  je počet zón,  $i$  je číslo zóny a  $k_{c,\theta_i}$  je hodnota súčiniteľa pre redukciu charakteristickej hodnoty pevnosti v tlaku pre  $i$ -tú zónu. Hrúbka vylúčenej vrstvy  $a_z$ , ktorá definuje rozmery redukovaného prierezu sa pre nosníky (4) a stĺpy (5) určí:

$$a_z = w \cdot \left( 1 - \frac{k_{c,m}}{k_{c,\theta_M}} \right) \quad (4)$$

$$a_z = w \cdot \left[ \left( 1 - \frac{k_{c,m}}{k_{c,\theta_M}} \right)^{1,3} \right] \quad (5)$$

Pre redukciu pevnosti betónu v redukovanom priereze v závislosti na teplote  $\Theta_M$  platí (6) – táto únosnosť platí pre celý redukovaný prierez:

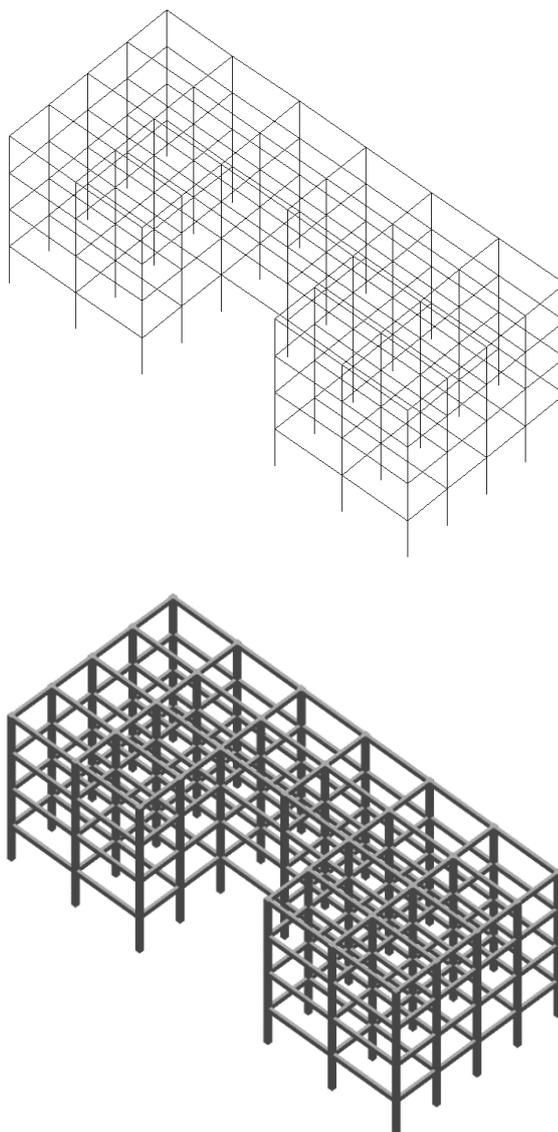
$$f_{cd,fi} = k_{c,\theta_M} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_{C,fi}} \quad (6)$$

kde  $k_{c,\theta_M}$  je súčiniteľ pre redukciu charakteristickej hodnoty pevnosti betónu v tlaku odpovedajúci teplote  $\Theta_M$ ,  $f_{ck}$  je charakteristická hodnota pevnosti betónu v tlaku pri bežnej teplote a  $\gamma_{C,fi}$  je dielčí súčiniteľ spoľahlivosti betónu pri požiarnej situácii [4], [10].

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### Prípadová štúdia 4 podlažný objekt

Predmetom výpočtu a následného posúdenia požiarnej odolnosti nosných prvkov a konštrukcií je štvorpodlažná stavba, s požiarou výškou nadzemnej časti 10,5 metra. Stavba má charakter skeletovej sústavy (stĺp + prievlak) a pre účely tohto posúdenia je jej prvá polovica vyhotovená z drevených a druhá zo železobetónových prvkov (Obr. 4).



**Obr. 8** Statická schéma a axonometria nosnej konštrukcie modelovanej stavby  
**Fig. 8** Static scheme and axonometry of loadbearing structure of modelled building

Vertikálne nosné drevené prvky prvej polovice stavby (stĺpy) sú navrhnuté o rozmeroch (š x v) 320 x 320 mm (lepené lamelové drevo). Horizontálne drevené nosné prvky (prievlaky) majú rozmery 270 x 350 mm. Vertikálne nosné železobetónové prvky druhej polovice stavby (stĺpy) sú navrhnuté prierezu 320 x 320 mm, horizontálne oceľové nosné prvky (prievlaky) sú navrhnuté prierezu 300 x 550 mm (Obr. 4). Rozmery prvkov sú stanovené na základe statického predpokladu využitia na úrovni minimálne 70% (presné využitie prierezov vid'. Tab. 2). Keďže na Slovensku nie je možné pre stavby s horľavým nosným konštrukčným systémom stanoviť požiadavku požiarnej odolnosti,



je táto požiadavka stanovená na základe prehľadu požiadaviek vo vybraných krajinách Európy (Tab. 2) na 60 minút.

Tab. 1 Požiadavky požiarnej odolnosti vo vybraných krajinách Európy  
Tab. 1 Fire resistance requirements in selected European countries

Požiadavka požiarnej odolnosti	Slovenská republika	Česká republika	Fínsko	Veľká Británia	Rakúsko
Betónové konštrukcie	R 45 <sup>+</sup>	R 45 <sup>+</sup>	R 60 <sup>+</sup>	R 60	R 60
Drevené konštrukcie	N/A	R 90 <sup>a</sup>	R 60 <sup>*</sup>	R 60	R 60

Poznámky:

\* Ak sú nosné konštrukcie stavby vyhotovené zo stavebných materiálov triedy reakcie na oheň inej ako A1, resp. A2-s1,d0, tak tepelnoizolačné materiály stavby musia byť vyhotovené zo stavebných materiálov triedy reakcie na oheň najviac A1, resp. A2-s1,d0.

+ Nosné prvky stavby musia byť vyhotovené zo stavebných materiálov triedy reakcie na oheň najviac A2-s1,d0.

<sup>a</sup> Nosný prvok musí byť vyhotovený ako konštrukčná časť DP2 (viď. ČSN 73 0810)

N/A Nie je možné použiť

Posudzované nosné prvky sú z hľadiska prenosu zaťaženia a účinkov požiaru vystavené najnepriaznivejšiemu zaťažovaciemu stavu, ale aj účinkom požiaru. Z tohto dôvodu je preto možné predpokladať, že ak zvolené prvky vyhovejú overeniu požiarnej odolnosti na požadovanej úrovni 60 minút, ostatné prvky stavby tejto požiadavke rovnako vyhovejú. V tomto kontexte je však ešte dôležité poznamenať, že všetky posudzované nosné prvky sa pri výpočte uvažujú ako nechránené a vystavené voči účinkom požiaru zo všetkých štyroch strán.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základným predpokladom pri návrhu nosných prvkov stavby na akejkol'vek báze je dosiahnutie čo najvyššej miery využitia prierezu. Za efektívne navrhnutý sa pritom považuje prierez s využitím na úrovni minimálne 70%. Z dôvodu vzájomnej konfrontácie výsledkov sú prvky vystavené totožným zaťažovacím podmienkam a úroveň využitia prierezov sa vo všetkých prípadoch pohybuje v rozmedzí 70 - 80% (vždy mierne v neprospech dreva). Z porovnania dosiahnutých hodnôt jednoznačne vyplýva, že za stanovených podmienok sú prvky na báze dreva na rozdiel od železobetónových prvkov



schopné bezpečne prenášať účinky pôsobiaceho zaťaženia po dobu viac ako 60 minút a to bez použitia požiarne ochranných materiálov. Pri tomto výpočte síce nebola do úvahy braná požiarne odolnosť spojovacích komponentov, napriek tomu je možné konštatovať, že pri stanovených podmienkach vychádzajú drevené prvky v porovnaní so železobetónovými priaznivejšie.

**Tab. 2 Parametre vyjadrujúce skutočnú požiarne odolnosť prievlakov**  
**Tab. 2 Parameters reflecting the actual beam fire resistance**

Parameter	Drevený prievlak – lepené drevo	Železobetónový prievlak
Pôvodné rozmery prvku (b x h)	270 x 350 mm	300 x 550 mm
Efektívny prierez pri požiari ( $b_{fi}$ x $h_{fi}$ )	188 x 258 mm	161 x 411 mm
Návrhová pevnosť ( $f_{mk}$ ; $f_{ck}$ )	24,00 N.mm <sup>-2</sup>	25,00 N.mm <sup>-2</sup>
Pevnostná trieda dreva a betónu	GL 24	C 25/30
Statické využitie prierezu pri 20 °C	74,43 %	74,02 %
<b>Požadovaná požiarne odolnosť (<math>t_{req}</math>)</b>	<b>60 minút (R 60)</b>	
Maximálna ohybový účinok pri požiari ( $M_{fi,sd}$ )	53,18 kN.m <sup>-1</sup>	74,48 kN.m <sup>-1</sup>
Momentová únosnosť pri požiari ( $M_{R,d,fi}$ )	-	137,08 kN.m <sup>-1</sup>
Normálové napätia za ohybu ( $\sigma_{m,fi,d}$ )	26,93 N.mm <sup>-2</sup>	-
Odolnosť dreva pri požiari ( $f_{m,fi,d}$ )	27,60 N.mm <sup>-2</sup>	-
<b>Skutočná požiarne odolnosť (<math>t_{skut}</math>)</b>	<b>61 minút (R 60)</b>	<b>60 minút (R 60)</b>

**Tab. 3 Parametre vyjadrujúce skutočnú požiarne odolnosť stĺpov**  
**Tab. 3 Parameters reflecting the actual column fire resistance**

Parameter	Drevený stĺp– lepené drevo	Železobetónový stĺp
Pôvodné rozmery prvku (b x h)	320 x 320 mm	320 x 320 mm
Efektívny prierez pri požiari ( $b_{fi}$ x $h_{fi}$ )	228 x 228 mm	210 x 210 mm
Návrhová pevnosť ( $f_{c,0,k}$ ; $f_{ck}$ )	24,00 N.mm <sup>-2</sup>	25,00 N.mm <sup>-2</sup>
Pevnostná trieda dreva a betónu	GL 24	C 25/30
Statické využitie prierezu pri 20 °C	78,14 %	77,34 %
<b>Požadovaná požiarne odolnosť (<math>t_{req}</math>)</b>	<b>60 minút (R 60)</b>	
Maximálna vzperný účinok pri požiari ( $N_{fi,sd}$ )	1025,55 kN	1111,67 kN
Momentová únosnosť pri požiari ( $M_{b,fi,\Theta,Rd}$ )	1331,56 kN	1102,09 kN
<b>Skutočná požiarne odolnosť (<math>t_{skut}</math>)</b>	<b>81 minút (R 60)</b>	<b>45 minút (R 45)</b>

Pri tomto výpočte síce nebola do úvahy braná požiarne odolnosť spojovacích komponentov, avšak aj napriek tomu je možné konštatovať, že pri uvažovaných



zaťažovacích podmienkach vychádzajú drevené prvky v porovnaní so železobetónovými z hľadiska požiarnej odolnosti priaznivejšie.

Napriek dosiahnutej požiarnej odolnosti drevených prvkov a ďalším možnostiam jej zvyšovania (obložení, náterom a pod.), je ale uplatnenie drevených nosných prvkov na Slovensku limitované znením platných predpisov v oblasti ochrany pred požiarom. Tie pripúšťajú realizáciu stavieb s nosným systémom na báze dreva len do úrovne dvoch nadzemných podlaží, prípadne požiarnej výšky 9 m.

## ZÁVER

Súčasnú európsku normu umožňujú pomerne presne stanoviť rýchlosť, správanie sa a stupeň poškodenia stavebných konštrukcií účinkami požiaru. Vykonanou numerickou analýzou požiarnej odolnosti nosných prvkov na báze dreva a železobetónu je možné konštatovať, že za daných podmienok disponujú požiarou odolnosťou 60 minút v rámci oboch hodnotených prvkov len nosné prvky na báze dreva. Železobetónové prvky majú požiaru odolnosť 60 (prievlak) a 30 minút (stĺp), čím spĺňajú stanovené kritérium R 60 len v prípade horizontálneho nosného prvku. Drevené prvky na báze lepeného dreva majú požiaru odolnosť 61 a 81 minút, čím spĺňajú stanovené kritérium R 60 v oboch hodnotených prípadoch.

Posudzovaná stavba je bez dodatočných úprav, resp. s určitými opatreniami realizovateľná vo všetkých krajinách (v rámci Českej republiky s navýšením požiadavky požiarnej odolnosti na 90 minút), v rámci ktorých bola vykonaná analýza požiadaviek na požiaru odolnosť nosných prvkov a konštrukcií, s výnimkou Slovenskej republiky. Napriek tomu že stanovenie požiarnej odolnosti stavebnej konštrukcie je v súčasnosti založené prevažne na veľkorozmerovom skúšaní, môže numerický výpočet požiarnej odolnosti použitím európskych noriem (ako finančne menej nákladnej alternatívy) predstavovať jeden z možných spôsobov k dosiahnutiu širšieho uplatnenia nosných prvkov a konštrukcií na báze dreva na Slovensku.

## POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol s podporou grantového projektu 1/0835/14 „*Experimentálny výskum fyzikálnych vlastností fragmentov a konštrukčných detailov obvodových plášťov budov v nestacionárnych tepelno-vlhkostných podmienkach*“.



## ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] WALD, F., et al.: *Výpočet požiarnej odolnosti stavebných konštrukcií*. ČVUT, Praha 2005. 336 s. ISBN 80-01-03157-8.
- [2] KUČERA, P., et al.: *Požárni odolnosť stavebných konštrukcií*. SPBI Spektrum, Ostrava. 2010. 176 s. ISBN 978-80-7385-094-4.
- [3] OLBŘÍMEK, J., et al.: *Požiarňa odolnosť stavebných konštrukcií podľa eurokódov v tabuľkách*. SUTN, Bratislava. 2010. 107 s. ISBN 978-80-88971-91-7.
- [4] PROCHÁZKA, J., et al.: *Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*. ČVUT, Praha. 2010. 189 s. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [5] BUCHANAN, A. H., *Structural design for fire safety*. Wiley, New York. 2001. 421 s. ISBN 978-0-471-89060-7.
- [6] WALD, F., et al.: *Prokazování požární odolnosti statickým výpočtem*. ČVUT, Praha. 2010. 206 s. ISBN 978-80-01-04509-1.
- [7] BRADÁČ, J.: *Požárni odolnost konstrukce podle Eurokódu 2*. Zborník seminára Eurocodes 2, Praha/Brno. 1993. s. 221-254.
- [8] KARPAŠ, J., et al.: *Požárni odolnost ocelových a železobetónových konstrukcií*. ČSP Zabraňujeme škodám, Praha. 1989.
- [9] STN EN 1995-1-2: 2008. *Navrhovanie drevených konštrukcií*. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá – Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.
- [10] STN EN 1992-1-2: 2007. *Navrhovanie betónových konštrukcií*. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá – Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.
- [11] ÖSTMAN, B., et al.: *European Classes for the Reaction to Fire Performance of Wood Products*. European Journal of Wood and Wood Products. 2006. roč. 64, č. 4, s. 327 – 337. ISSN 0018-3768.

### Adresa autorov

Ing. Róbert LEŠKO,

Doc. Ing. Martin LOPUŠNIAK, PhD.

Technická univerzita Košice

Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4



Ústav pozemného staviteľstva

Slovenská republika

robert.lesko@tuke.sk

martin.lopusniak@tuke.sk



## ODOLNOSŤ A ÚČINNOSŤ POŽIARNODELIACICH KONŠTRUKCIÍ

### DURABLE AND EFFICIENT FIRE INVOLVED STRUCTURE

STANISLAVA GAŠPERCOVÁ, LINDA MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ

#### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá problematikou požiarndeliacich konštrukcií a hodnotením ich účinnosti pri požiari. Text príspevku je členený na dve hlavné kapitoly a niekoľko podkapitol. V prvej kapitole sa zameriava pozornosť na presné vymedzenie kritérií a požiadaviek pre jednotlivé požiarndeliace konštrukcie, ktoré sú na ne kladené. Druhá kapitola sa zaoberá porovnávaním účinnosti jednotlivých druhov požiarndeliacich konštrukcií. Za základné hodnotiace kritérium bolo vybrané hodnotenie podľa ich materiálového zloženia. Hodnotenie je vykonávané podľa viacerých štúdií vypracovaných vo Veľkej Británii, Austrálii a na Novom Zélande. Pre názornosť je časť príspevku venovaná aj porovnaniu účinnosti jednotlivých typov ochrany pred požiarmi, ktoré môžu byť v stavbách inštalované.

**Kľúčové slová:** *požiar, požiarndeliaca konštrukcia, odolnosť požiarndeliacich konštrukcií, účinnosť požiarndeliacich konštrukcií.*

#### Abstract

The paper deals with the issue of fire-resistant structures and assess their effectiveness in the fire. Text of the paper is divided into two main chapters and several subchapters. The first chapter focuses attention on the details of the criteria and requirements for individual fire-resistant structures that are placed on them. The second chapter deals with comparing the effectiveness of different types of fire-resistant structures. The basic evaluation criterion is selected by evaluation of their material composition. Evaluation is carried out according to several studies conducted in the UK, Australia and New Zealand. For illustration of the contribution is paid to the comparison of the effectiveness of different types of fire protection that can be installed in buildings.



**Key words:** *fire, fire-resistant construction, resistance of fire-resistant structures, force of fire-resistant structures.*

## ÚVOD

Požiarodeliace stavebné konštrukcie sú konštrukcie, ktoré ohraničujú požiarne úseky a ich účelom je zabrániť šíreniu požiaru mimo požiarom napadnutého požiarneho úseku vo vodorovnom alebo zvislom smere. Z toho vyplýva, že požiarne deliace konštrukcie musia úplne oddeliť susediace požiarne úseky a medzi sebou sa musia stýkať tak, aby úplne uzavreli požiarne úsek.

Medzi požiarodeliace konštrukcie patria:

- požiarne steny,
- požiarne stropy,
- obvodové steny.

## ODOLNOSŤ POŽIARNODELIACICH KONŠTRUKCIÍ

Požiarne odolnosť konštrukcie stavby, požiarneho uzáveru alebo zaveseného pohľadu (ďalej konštrukcia) je schopnosť konštrukcie odolávať účinkom požiaru určitý čas tak, aby sa neporušila jej funkcia. Podľa STN EN ISO 13 943 je definovaná ako schopnosť predmetu spĺňať daný čas požadovanú stabilitu, celistvosť, tepelnú izoláciu alebo iné očakávané požiadavky určené normovou skúškou požiarnej odolnosti [1].

U požiarne deliacich konštrukcií musia byť dodržané nasledujúce zásady, aby nedošlo k zníženiu požiarnej odolnosti pod požadovanú požiarne odolnosť:

- požiarne odolnosť nesmie byť znížená zoslabením (nikou, škárou, stykmi),
- alebo požiarne neuzavierateľnými otvormi s prestupmi technických alebo technologických zariadení,
- otvory v požiarne stenách a v požiarne stropoch musia byť požiarne uzatvárateľné,
- bez požiarne uzáverov môžu prestupovať týmito konštrukciami vzduchotechnické potrubia s prierezovou plochou najviac 0,04 m<sup>2</sup>,
- ich vzájomná vzdialenosť musí byť najmenej 0,5 m,



- celková plocha požiarne neuzavretých prestupov vzduchotechnických potrubí môže byť najviac 1/200 plochy požiarnej deliacej konštrukcie, ktorou vzduchotechnické potrubia prestupujú.

### Požiarne stena

Požiarne stena je konštrukcia, ktorá bráni šíreniu požiaru vo vodorovnom smere, oddeľuje susedné požiarne úseky alebo stavby (štítová stena). U požiarne stien určujeme požadovanú požiarne odolnosť a druhy konštrukčných prvkov požiarne steny podľa stavby, alebo vyšších požiadaviek dvoch susedných požiarne úsekov.

Požiarne stena musí spĺňať aspoň tieto kritériá:

REI – nosné požiarne steny,

EI – nenosné požiarne steny,

REI-M – požiarne steny medzi stavbami,

REW – nosné obvodové požiarne steny hodnotené z hľadiska požiarne odolnosti z vonkajšej strany posledného nadzemného požiarneho podlažia vstavaného do povalového priestoru.

### Požiarne strop

Konštrukciu, ktorá bráni šíreniu požiaru vo zvislom smere, nazývame požiarne stropom. Najnižšia požadovaná odolnosť a najnižší druh konštrukčných prvkov požiarneho stropu sa určuje podľa požiadaviek požiarneho úseku pod požiarne stropom.

Požiarne stropy musia spĺňať kritériá:

- REI, ak ide o nosné požiarne stropy,
- EI, ak ide o nenosné požiarne stropy.

Ďalej musí požiarne strop spĺňať najmenej kritériá REI vtedy, ak je nad požiarne stropom stále alebo náhodné požiarne zaťaženie, alebo sa nachádza nad chránenou únikovou cestou. Ak nad požiarne stropom v poslednom nadzemnom požiarne podlaží nie je náhodné požiarne zaťaženie, musí tento strop spĺňať najmenej kritériá RE.

### Obvodové stena

Obvodové steny bránia šíreniu požiaru:

- mimo požiarneho úseku na inú stavbu, alebo



- na iný požiarny úsek tej istej stavby,
- prípadne zabezpečujú stabilitu stavby.

Súčasťou obvodových stien sú aj požiarné pásy. Požiarna odolnosť obvodových stien sa stanovuje z vnútornej strany (sú vystavené účinkom požiaru v požiarnom úseku, ktorý ohraničujú) a z vonkajšej strany (od susedných alebo protiľahlých požiarnych úsekov).

Obvodová stena musí z vnútornej strany spĺňať aspoň tieto kritériá:

REW - ak zabezpečuje stabilitu stavby;

EW - ak nezabezpečuje stabilitu stavby.

Z vonkajšej strany musí obvodová stena spĺňať aspoň tieto kritériá:

REI - ak zabezpečuje stabilitu stavby,

EI - ak nezabezpečuje stabilitu stavby.

Obvodová stena v podzemných podlažiach zabezpečujúca stabilitu stavby, za ktorou je z vonkajšej strany zemina, musí spĺňať aspoň kritérium R.

### **Požiarny uzáver**

Požiarny uzáver je konštrukčný prvok zabudovaný v požiarnnej deliacej konštrukcii alebo v inej konštrukcii, ktorý bráni šíreniu požiaru.

Požiarny uzáver typu EW možno nahradiť požiarnym uzáverom typu EI. Vybavenie požiarného uzáveru automatickým uzatváracím mechanizmom sa vyjadruje v type požiarného uzáveru symbolom C. Požiarné uzávěry medzi požiarnymi úsekmi musia spĺňať kritériá EW.

Najnižšia požadovaná požiarna odolnosť a druh konštrukčného prvku požiarného uzáveru sa určujú pre požiarny uzáver umiestnený v požiarnnej stene podľa vyšších požiadaviek jedného z dvoch príľahlých požiarnych úsekov, medzi ktorými je požiarna stena umiestnená, v požiarnom strope podľa požiadaviek požiarného úseku pod požiarnym stropom.

Požiarné uzávěry ústiace do chránených únikových ciest musia spĺňať kritériá EI okrem požiarnych uzáverov ústiacich do chránených únikových ciest z požiarnych úsekov (alebo priestorov) bez požiarného rizika, z voľného priestoru alebo z požiarnych úsekov vybavených stabilným hasiacim zariadením, ktoré môžu spĺňať kritériá EW. Požiarné uzávěry oddeľujúce požiarnu predsieň chránenej únikovej cesty od ostatných priestorov chránenej únikovej cesty musia spĺňať kritérium S.



Požiarny uzáver, ktorý je umiestnený v požiarne nebezpečnom priestore iného požiarneho úseku, musí byť typu EI, vyhotovený z konštrukčných prvkov druhu D1 s požiarou odolnosťou rovnajúcou sa najmenej polovičnej hodnote požadovanej požiarnej odolnosti konštrukcie obvodovej steny, kde je umiestnený; požiarny uzáver môže byť z konštrukčných prvkov druhu D3, ak je umiestnený vo vzdialenosti najmenej 30 % odstupovej vzdialenosti od požiarne otvorenej plochy iného požiarneho úseku.

Požiarny uzáver sa musí automaticky uzatvárať po každom otvorení alebo pri vzniku požiaru; nevzťahuje sa to na požiarny uzáver v strope, ktorý je trvalo uzatvorený a priechodný len pri oprave a kontrole technického alebo technologického zariadenia, na vstupné dvere do bytu, a na požiarny uzáver uvedený v platnom právnom predpise.

## ÚČINNOSŤ POŽIARNODELIACICH KONŠTRUKCIÍ

Účinnosť požiarnodeľiacich konštrukcií môžeme vyjadriť ako pravdepodobnosť s akou konštrukcia odolá účinkom požiaru do takej miery, že počas stanovenej doby neprenesie požiar mimo svojho chráneného priestoru. Pravdepodobnosť je možné vyjadriť v percentách kde sa pohybuje v rozpätí 0-100% alebo číselne a môže nadobúdať hodnotu 0-1. Pravdepodobnosť s hodnotou 0 (0%) znamená, že daný jav nikdy nenastane (jav nemožný), pri pravdepodobnosti 1 (100%) naopak môžeme s istotou povedať, že daný jav určite nestane (jav istý). V prieskume odborníkov v roku 1980 ako súčasť Warrington delphi study vypracovanej v Austrálii, sa celková spoľahlivosť požiarnodeľiacich konštrukcií sa odhaduje na 70% (v porovnaní s 95% spoľahlivosťou pre sprinklerové hasiace zariadenia a 75% pre dymové hlásiče) [2]. Rosenbaum vykonal analýzu dát z amerických požiarov, ktoré vznikli v rokoch 1989 až 1994 a porovnával rozsah tepelného poškodenia ohňom, kde boli inštalované rôzne požiarnebezpečnostné systémy. Výsledky analýzy Rosenbauma sú zhrnuté v tabuľke 1. Vo svojej štúdii, rozdelil poškodenia objektov do troch kategórií: požiare, ktoré boli obmedzené na miestnosť, kde požiar vznikol, požiare, ktoré boli obmedzené na podlažie, kde požiar vznikol, alebo na požiare rozšírené na viacero podlaží [3].



**Tab. 1 Účinnosť jednotlivých spôsobov ochrany stavieb pred účinkami požiarov**  
**Tab. 1 The effectiveness of different ways of protecting buildings from the effects of fires**

Spôsob ochrany stavieb pred účinkami požiaru	miestnosť	podlažie	viac podlaží
Bez ochrany	59%	4%	37%
EPS (dymové hlásiče)	85%	4%	11%
Sprinklerové hasiace systémy (SHS)	89%	3%	8%
Požiarodeliace konštrukcie (PDK)	77%	4%	19%
EPS (dymové hlásiče) + SHS	92%	2%	6%
EPS (dymové hlásiče) + PDK	92%	3%	5%
SHS + PDK	91%	3%	7%
Použité všetky spôsoby ochrany	95%	2%	3%

Ako je uvedené v tabuľke 1, požiare sú obmedzené na miestnosť alebo podlažie, v ktorom požiar vznikol v 63 % všetkých prípadoch, kde sa nenachádzala žiadna ochrana stavby pred účinkami požiaru. V porovnaní, požiare v budovách s požiarodeliacimi konštrukciami sú obmedzené na miestnosť alebo podlažie kde požiar vznikol v 81 % všetkých požiarov, čo je rozdiel 18 % oproti základnému prípadu pozostávajúcich z budov bez akýchkoľvek ochranných systémov. Na rozdiel od toho podiel požiarov obmedzených na miestnosť alebo podlažie, je 89%, ak je inštalovaná len elektrická požiarová signalizácia a 92%, keď je inštalované len sprinklerové stabilné hasiace zariadenie.

Z pohľadu materiálového zloženia je podľa rôznych štúdií účinnosť požiarodeliacich konštrukcií vyjadrená v tabuľke 2.

**Tab. 2 Účinnosť požiarodeliacich konštrukcií podľa druhu materiálu [4], [5]**  
**Tab. 2 Efficiency fire resistant structures according to the type of material [4], [5]**

Druh konštrukcie	Warrington Delphi study (UK)	Fire engineering Guidelines (Australia)	BS DD 240 (UK)	New Zealand fire service commission
Murované konštrukcie	81 % (ak nie sú v nej prítomné otvory)	95 % (ak nie sú v nej prítomné otvory)	N	N



	29 % (ak sú v nej prítomné otvory)	90 % (ak sú v nej prítomné otvory)		
Sadrokartónové konštrukcie	69 % (ak nie sú v nej prítomné otvory)	95 % (ak nie sú v nej prítomné otvory)	N	95 %
	29 % (ak sú v nej prítomné otvory)	90 % (ak sú v nej prítomné otvory)		
Železobetónové konštrukcie	95 %	N	N	N
Požiarne dvere	N	N	70 %	90 %

N – v danej štúdií nehodnotené

Ako je uvedené v tabuľke 2 murované a sadrokartónové konštrukcie boli pri jednotlivých štúdiách rozdelené na konštrukcie obsahujúce otvory a neobsahujúce otvory. V prípade murovaných konštrukcií bez otvorov je účinnosť vyjadrená na 81 až 95 % všetkých prípadov požiarov budov. Z hľadiska murovaných konštrukcií, v ktorých sa nachádzajú otvory klesla účinnosť len na hodnotu 29 až 90 %. Pri sadrokartónových konštrukciách boli výsledky takmer identické ako pri murovaných konštrukciách. Veľký rozptyl hodnôt pri konštrukciách s otvormi bol podľa nás spôsobený rôznymi druhmi požiarnych uzáverov, ktorými bol otvor v požiarnodeliacej konštrukcií uzatvorený. Železobetónové konštrukcie boli hodnotené len v prípade Warrington Delphi Study, kde bola účinnosť týchto konštrukcií stanovená na 95 %. V prípade požiarnych dverí boli tieto z hľadiska účinnosti hodnotené ako vhodne navrhnuté v 70 až 90 % prípadov požiarov.

### Pod'akovanie

„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0727-12“

„This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0727-12“



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN EN ISO 13 943: 2000: Požiarna bezpečnosť. Slovník, 2000.
- [2] MILKE, J.A.: Effectiveness and reliability of fire protection systems, Dostupné na: <http://magazine.sfpe.org/content/effectiveness-and-reliability-fire-protection-systems>.
- [3] ROSENBAUM, E.: 1996. Evaluation of Fire Safety Design Alternatives. In: MS Thesis, Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, College Park, MD. 1996.
- [4] BUKOWSKI, R.W., BUDNICK, E.K., SCHEMEL C.F.: 1999. Estimates of the operational reliability of fire protection systems. In: International conference on fire research and engineering, Society of fire protection engineers, Boston, MA. 1999.
- [5] New Zealand fire service commission: Fire system effectiveness in major buildings, ISBN 978-1-877539-71-8.

### Adresy autorov

Ing. Stanislava Gašpercová, PhD.

Ing. Linda Makovická Osvaldová, PhD.

Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1. Mája 32, 010 01 Žilina, Slovenská republika

+421 41 513 6796, stanislava.gaspercova@fbi.uniza.sk, linda.osvaldova@fbi.uniza.sk



## OCHRANA DREVENÝCH KONŠTRUKCIÍ HASIACOU LÁTKOU FIRESORB

### PROTECTION OF WOOD CONSTRUCTION WITH THE EXTINGUISHED AGENT FIRESORB

BRANISLAV ŠTEFANICKÝ, JOZEF HARANGOZÓ,  
PETER RANTÚCH, KAROL BALOG

#### Abstrakt

V predloženom článku je popísaný postup posúdenia ochranej vrstvy gélovej hasiacej látky Firesorb s koncentraciami 1 %, 2% a 3% pri ochrane vzoriek dreva pri pôsobení tepelného toku. Cieľom skúšok bolo posúdiť vplyv tepelného toku na čas zapálenia, stanovenie rýchlosti a množstva uvoľneného tepla pri tepelnom namáhaní vzoriek, špecifickú rýchlosť úbytku hmotnosti vzoriek nechráneného a chráneného dreva a celkové množstvo uvoľneného dymu.

**Kľúčové slová:** *elektrický radiačný panel, kónický kalorimeter, firesorb, skúšobná vzorka.*

#### Abstract

In the article, a procedure for assessing a protective layer of fire protection/blocking gel Firesorb with concentrations of 1%, 2% and 3% in protection of wood specimens exposed to heat fluxes is described. The purpose of testing was to assess the influence of heat flux on ignition time, the determination of both heat release rate and heat release in the course of exposure of the specimens to heat, specific mass loss rates of unprotected and protected wood specimens and total smoke release.

**Keywords:** *electric radiating pane, cone calorimeter, firesorb, specimen.*



## ÚVOD

Požiaru bezpečnosť materiálov možno výrazne zvýšiť zvýšenou odolnosťou proti zapáleniu, znížením rýchlosti šírenia plameňa, znížením rýchlosti uvoľňovania tepla a znížením množstva uvoľňovania toxických spodín a dymu, pokiaľ možno súčasne. Najbežnejším prístupom pre zlepšenie požiarnej bezpečnosti materiálov je používanie prísad (retardérov horenia), ktoré spomaľujú horenie materiálov. Niektoré retardéry tiež obmedzujú tvorbu toxických spodín a dymu. Tieto prísady musia mať minimálny vplyv na fyzikálne vlastnosti ochraňovaných materiálov [1].

V roku 2008 sa na slovenský trh dostal nový polymérny prípravok FIRESORB<sup>®</sup>, ktorý sa používa ako hasiaca látka a tiež ako retardér horenia najmä pri lesných požiaroch. Hoci sa táto hasiaca látka hojne používa v mnohých štátoch Európy (Nemecko, Francúzsko, Španielsko, Portugalsko, Grécko, Turecko, Chorvátsko, Rusko a pod.), v Slovenskej republike a Českej republike je prakticky neznáma.

## FIRESORB MO

Firesorb koncentrát sa skladá zo superabsorbčného polyméru, ktorý zväčšuje svoj objem pri styku s vodou a vytvára tepelne odolný gél, ktorý je výbornou bariérou proti ohňu [2, 3]. Na horiaci materiál pôsobí Firesorb gél vďaka vysokej hustote rovnomerným chladiacim efektom, znižujúcim rýchlosť odparovania. Tento chladiaci efekt je rozhodujúci pri požiaroch s vývinom veľmi vysokých teplôt, pri ktorých by nasadenie vodných prúdov bolo neefektívne z dôvodu takmer okamžitého odparenia vody. Gél zabraňuje prístupu kyslíka k horiacemu materiálu a pôsobí naň aj dusivým efektom [2, 4, 5].

Protipožiarne gél získaný miešaním Firesorb aditíva a vody je intenzívne študovaný najmä pre využitie pri likvidácii požiarov pevných horľavých materiálov a tiež ako retardér horenia pri lesných požiaroch a ochrane konštrukcií [6, 7, 8, 9].

## METODIKA EXPERIMENTÁLNYCH SKÚŠOK

Pri experimentálnych skúškach bol použitý Firesorb MO, číslo šarže 4500275632. Vzorky boli pripravené so smreka obyčajného (*Picea abies* L.); vzorky boli sušené prirodzene a ich absolútna vlhkosť bola 6,7 %.

### **Skúška odolnosti izolačnej vrstvy hasiacej látky Firesorb aplikovanej na povrch vzoriek dreva pri pôsobení tepelného toku**

Elektrický radiačný panel (obr. 1) slúži na stanovenie iniciácie materiálu v závislosti od veľkosti tepelného toku. Prístroj sa skladá z keramickej sekcie o rozmere 305 x 505 mm, kde sa nachádza 15 kusov odporových špirál o výkone 15 kW. Elektrický radiačný panel je napájaný zo siete 400 V, elektrický výkon žiariča sa dá regulovať pomocou troch ochranných ističov, kde každý jeden istič spína jednu fázu. Na každú jednu fázu je napojená jedna sekcia, v ktorej sa nachádza 5 kusov špirál. Pomocou týchto ističov sa postupne zapínajú odporové elektrické špirály po 5 kusov a tým sa reguluje výkon žiariča na 5 kW, 10 kW a 15 kW [10].



**Obr. 1 Elektrický radiačný panel**  
**Fig. 1 Electric radiating panel**

Vzorky boli napílené so smrekového dreva na rozmery 150 x 150 x 20 mm ( $\pm 2$  mm každý rozmer). Pred začatím experimentálnych skúšok bola stanovená hustota jednotlivých vzoriek. Stanovenie hustoty dreva sa uskutočnilo podľa normy STN EN 323 (490142): 1996. Protipožiarny gél bol pripravený v koncentráciách 1%, 2% a 3% podľa pokynov výrobcu. Pripravený protipožiarny gél bol na skúšobné vzorky smrekového dreva aplikovaný jednoduchým máčaním po dobu 1 minúty.

Pred samotnými experimentálnymi meraniami boli stanovené podmienky meraní:

- experimentálne merania na nechránených vzorkách sa uskutočnia pri hustote tepelného toku  $33 \text{ kW.m}^{-2}$  (5 špirál s výkonom 5 kW),  $44 \text{ kW.m}^{-2}$  (10 špirál s výkonom 10 kW) a  $53 \text{ kW.m}^{-2}$  (15 špirál s výkonom 15 kW),

- ak skúšobná vzorka nezačne horieť do 15 min., skúška bude ukončená,
- experimentálne merania na chránených vzorkách sa uskutočnia pri tepelných tokoch podľa výsledkov meraní nechránených vzoriek,
- vzdialenosť skúšobných vzoriek od elektrického radiačného panela bude pri všetkých meraniach rovnaká – 50 mm,
- každé experimentálne meranie bude vykonané na piatich skúšobných vzorkách.

### **Posúdenie účinnosti ochrany drevených konštrukcií hasiacou látkou Firesorb na kónickom kalorimetri**

Hasiaca látka Firesorb bola pripravená (namiešaná) v objemových koncentráciách 1%, 2% a 3% v 1000 ml laboratórnych bankách jednu hodinu pred experimentálnymi meraniami, vzorky mali rozmery 100 x 100 x 20 mm, priemerná hustota vzoriek bola  $460,26 \pm 4,15 \text{ kg.m}^{-3}$ , absolútna vlhkosť vzoriek bola 6,7 %.

Skúšobné vzorky boli máčané v pripravenom géle po dobu 1 minúty.

Čas do zapálenia, rýchlosť uvoľňovania tepla, špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti a celkové množstvo uvoľneného dymu boli stanovené na kónickom kalorimetri, skúšobným postupom podľa ISO 5660-1:2002 [11] (obr. 2), pri hustote tepelného toku  $50 \text{ kW.m}^{-2}$ . Z každej koncentrácie bolo vykonaných po šesť meraní a ako výsledné sú uvedené priemerné hodnoty.



**Obr. 2 Kónický kalorimeter**  
**Fig. 2 Cone calorimeter**



## VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ

Podstatou experimentálnych meraní na elektrickom radiačnom panely bolo skúšanie zápalnosti povrchov vzoriek chránených protipožiarnym gélom s koncentraciami 1 %, 2 % a 3 % vystavených sálavému teplu s hustotou tepelného toku  $53 \text{ kW.m}^{-2}$ . Skúška bola uskutočnená v laboratórnom prostredí bez prúdenia vzduchu. Skúšaných bolo päť vzoriek pri každej zvolenej koncentrácii gélu. Pomocou stopiek bol meraný čas od doby umiestnenia vzorky pred žiarič po dobu, kým nenastalo trvalé povrchové zapálenie vzorky. V tabuľkách 1, 2 a 3 sú zaznamenané časy do zapálenia vzoriek a hmotnosť aplikovaného protipožiarného gélu na skúšobnú vzorku v príslušnej koncentrácii.

**Tab. 1 Namerané hodnoty časov do zapálenia pri hustote tepelného toku  $53 \text{ kW.m}^{-2}$**   
**Tab 1 The measured values in times of ignition at a density of heat flux  $53 \text{ kW.m}^{-2}$**

FIRESORB <sup>®</sup> s koncentráciou 1 %			
Č. v.	Hmotnosť aplikovaného gélu [g]	Čas do zapálenia [s]	Spôsob horenia
1.	10,919	65,00	plameňové
2.	9,221	56,81	plameňové
3.	8,570	54,38	plameňové
4.	8,232	56,46	plameňové
5.	8,414	61,32	plameňové
Priemer	9,0712	$58,80 \pm 0,2$	



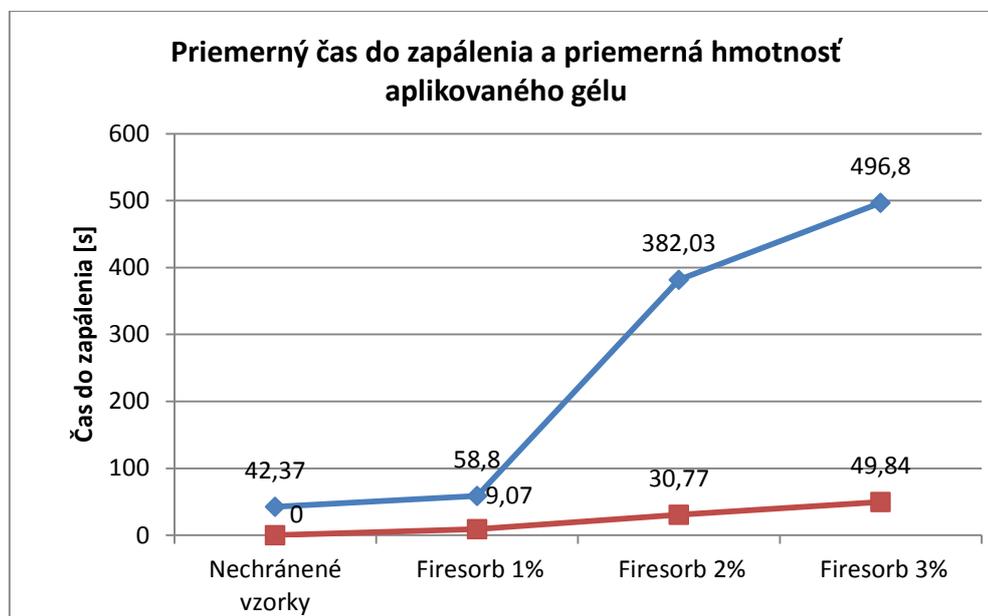
**Tab. 2** Namerané hodnoty časov do zapálenia pri hustote tepelného toku  $53 \text{ kW.m}^{-2}$   
**Tab 2** The measured values in times of ignition at a density of heat flux  $53 \text{ kW.m}^{-2}$

FIRESORB® s koncentráciou 2 %			
Č. v.	Hmotnosť aplikovaného gélu [g]	Čas do zapálenia [s]	Spôsob horenia
1.	35,369	285,01	plameňové
2.	26,004	293,31	plameňové
3.	30,067	380,94	plameňové
4.	29,095	399,31	plameňové
5.	33,309	551,59	plameňové
Priemer	30,769	$382,03 \pm 0,2$	

**Tab. 3** Namerané hodnoty časov do zapálenia pri hustote tepelného toku  $53 \text{ kW.m}^{-2}$   
**Tab. 3** The measured values in times of ignition at a density of heat flux  $53 \text{ kW.m}^{-2}$

FIRESORB® s koncentráciou 3 %			
Č. v.	Hmotnosť aplikovaného gélu [g]	Čas do zapálenia [s]	Spôsob horenia
1.	57,273	486,72	plameňové
2.	49,666	534,15	plameňové
3.	48,856	455,64	plameňové
4.	45,664	404,41	plameňové
5.	47,754	603,04	plameňové
Priemer	49,845	$496,80 \pm 0,2$	

Na obr. 3 je znázornený priemerný čas do zapálenia a priemerná hmotnosť aplikovaného gélu pre skúšané vzorky podľa koncentrácií protipožiarneho gélu použitého pri experimentálnych skúškach.



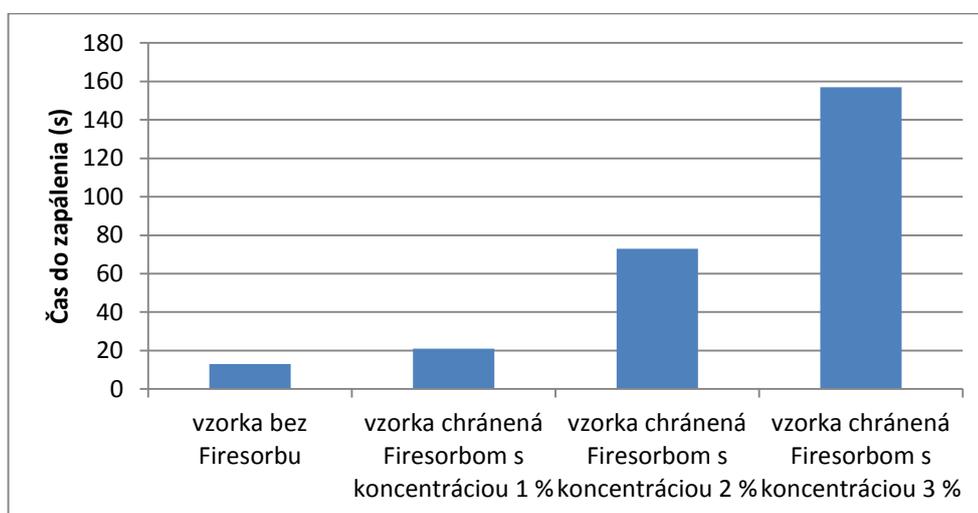
**Obr. 3** Priemerný čas do zapálenia vzoriek a priemerná hmotnosť aplikovaného gélu podľa koncentrácií

**Fig. 3** Average time to ignition of the samples and the average weight of the applied gel by concentration

Priemerný čas do zapálenia čistých, nechránených vzoriek je 42,37 s a priemerný čas do zapálenia vzoriek chránených protipožiarnym gélom Firesorb s koncentráciou 1 % je 58,8 sekundy. Priemerný čas ochrany gélom s koncentráciou 1 % oproti nechráneným vzorkám je takmer 16,5 s, čo predstavuje zvýšenie času ochrany o viac ako jednu tretinu oproti nechráneným vzorkám. Značný nárast priemerného času ochrany pozorujeme pri použití gélu v koncentrácii 2 %. Oproti nechráneným vzorkám je tento čas vyšší o 339,66 s a 323,23 s oproti vzorkám chráneným 1 % gélom, čo predstavuje nárast času ochrany proti nechráneným vzorkám o viac ako 9 násobok a takmer 6,5 násobok proti času ochrany 1 % gélom. Najdlhšie odolávali zapáleniu vzorky pri aplikácii Firesorbu s koncentráciou 3 %. Priemerný čas sa voči nechráneným vzorkám predĺžil o 454,43 s, oproti chráneným vzorkám 1 % gélom je dlhší o 438 s a chránených 2 % gélom o 114,77 s. Protipožiarny gél Firesorb s 3 % koncentráciou má takmer 12 násobne vyšší ochranný účinok oproti nechráneným vzorkám a takmer 8,5 násobne vyšší ochranný účinok oproti

gélú s koncentráciou 1 %. Oproti gélú s koncentráciou 2 % má gél s koncentráciou 3 % takmer o 30 % vyššiu účinnosť.

Čas do zapálenia skúšaných vzoriek na kónickom kalorimerti je znázornený na obrázku 4. Čas do zapálenia vzorky nechráneneho dreva bol 13 s, vzorky chránenej Firesorbom s koncentráciou 1 % bol 21 s, vzorky chránenej 2 % koncentráciou Firesorbu 78 s a vzorka chránená Firesorbom s koncentráciou 3 % vzplanula (a ďalej horela) 157 sekúnd od začiatku skúšky.

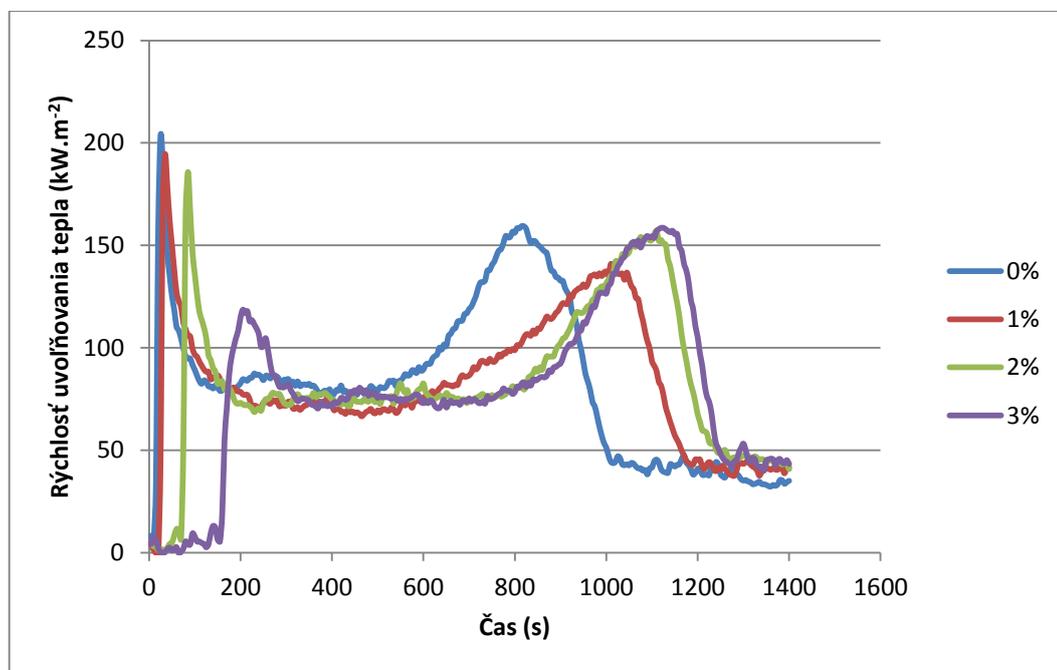


**Ob. 4 Čas do zapálenia skúšaných vzoriek**  
**Fig. 4 Time to ignition samples tested**

Protipožiarny gél s koncentráciou 3 % poskytol viac ako 11-násobnú ochranu oproti vzorke nechránenej. Pri porovnaní vzoriek chránených gélom s koncentráciou 1 % a 3 % je čas ochrany (čas do vzplanutia) viac ako šesťnásobný; pri porovnaní vzoriek chránených gélom s koncentráciou 2 % a 3 % je čas ochrany viac ako dvojnásobný. Túto skutočnosť je možné vysvetliť hustotou gélu pri jednotlivých koncentráciách a hrúbkou aplikovanej ochrannnej vrstvy (gél s vyššou koncentráciou má väčšiu hustotu a jednoduchšie sa aplikuje v hrubšej vrstve).

Rýchlosť uvoľňovania tepla so skúšaných vzoriek je znázornená na obr. 5. Rýchlosť uvoľňovania tepla so vzorky nechránenej gélom a chránenej gélom s koncentráciou 1 % vykazuje malý rozdiel. Maximálne množstvo uvoľneného tepla (prvý peak) zodpovedá času krátko po zapálení vzorky, kedy horí celý povrch skúšanej

vzorky. Výraznejší časový posun nárastu rýchlosti uvoľňovania tepla je badateľný pri vzorke chránenej gélom s koncentráciou 2 % (oproti vzorke nechránenej gélom časový posun predstavuje 45 s).

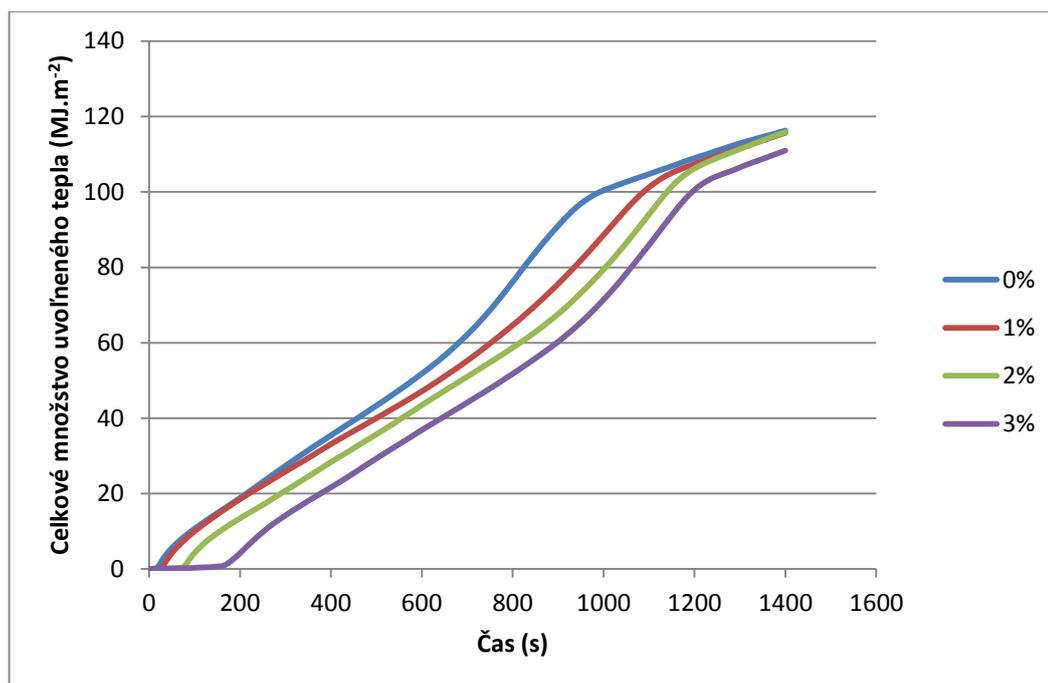


Obr. 5 Rýchlosť uvoľňovania tepla skúšaných vzoriek  
Fig. 5 Heat release rate samples tested

Prvý peak časovej závislosti HRR pri vzorke chránenej gélom koncentrácie 3 % je oproti ostatným vzorkám značne posunutý (max. HRR v čase 205 s, max. rýchlosť uvoľňovania tepla  $119 \text{ kW.m}^{-2}$ ). Tu sa naplno prejavuje chladiaci efekt gélovej hasiacej látky pri ochrane vzorky. Pri horení skúšaných vzoriek dochádza k postupnému vytváraniu zuhoľnatej vrstvy na ich povrchu, ktorá spomaľuje ďalšie prehrievanie a termický rozklad vzorky. Problematika tvorby zuhoľnatej vrstvy na povrchu dreva a drevných materiálov počas požiaru a jej vplyv na ďalší termický rozklad je podrobne popísaná vo vedeckej práci [12]. Druhý peak predstavuje najväčšiu rýchlosť uvoľňovania tepla so skúšaných vzoriek po úplnej degradácii gélu a po porušení vrchnej zuhoľnatej vrstvy (žeravenie vzorky). Z porovnania jednotlivých vzoriek vyplýva, že použitie hasiacej látky Firesorb s koncentráciou 1 % má len minimálny vplyv na čas do zapálenia a rýchlosť uvoľňovania tepla. S narastajúcou koncentráciou aplikovaného gélu sa jednak badateľne zvyšuje čas do zapálenia a tiež rýchlosť uvoľňovania tepla so skúšaných vzoriek. Tento fakt je možné pripísať chladiacemu efektu gélu s vyššou koncentráciou

a hrúbke aplikovanej vrstvy gélu. Pri porovnaní maximálnej rýchlosti uvoľňovania tepla vo fáze bezplameňového horenia uhlikového zvyšku (zuhlňatej vrstvy na povrchu vzorky) po úplnej degradácii gélu vyplýva, že rýchlosť uvoľneného tepla pri tomto bezplameňovom horení (druhý peak) vykazuje minimálne rozdiely medzi jednotlivými vzorkami (okrem vzorky chránenej gélom s koncentráciou 1 %, čo môžeme vysvetliť tým, že 1% roztok poskytol nižšiu ochranu, došlo v rýchlejšej degradácii ochrannnej vrstvy, skôr nastal druhý peak. Nižšiu maximálnu rýchlosť uvoľňovania tepla potom môžeme vysvetliť kratším časom ochrany 1 % gélu a tým aj kratším časom pôsobenia tepelného žiarenia a kratším časom prehrievania vzorky). Rozdiel je v čase dosiahnutia maximálnej rýchlosti. Narastajúca koncentrácia Firesorbu mala významný vplyv na narastajúci čas maximálnej rýchlosti uvoľňovania tepla.

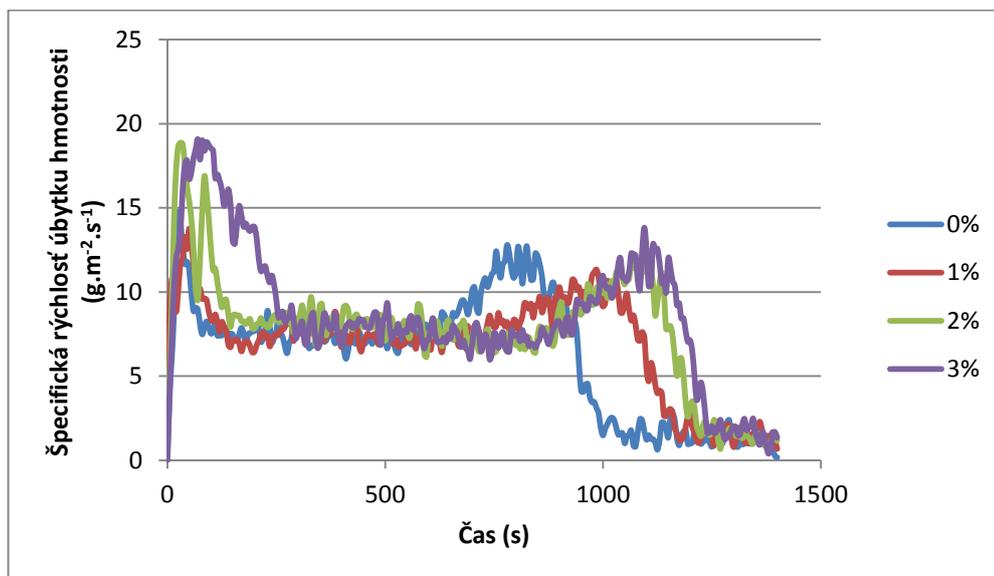
Celkové množstvo uvoľneného tepla v priebehu experimentu z jednotlivých vzoriek je znázornené na obrázku 6.



**Obr. 6 Celkové množstvo uvoľneného tepla z jednotlivých vzoriek**  
**Fig. 6 Total heat release samples tested**

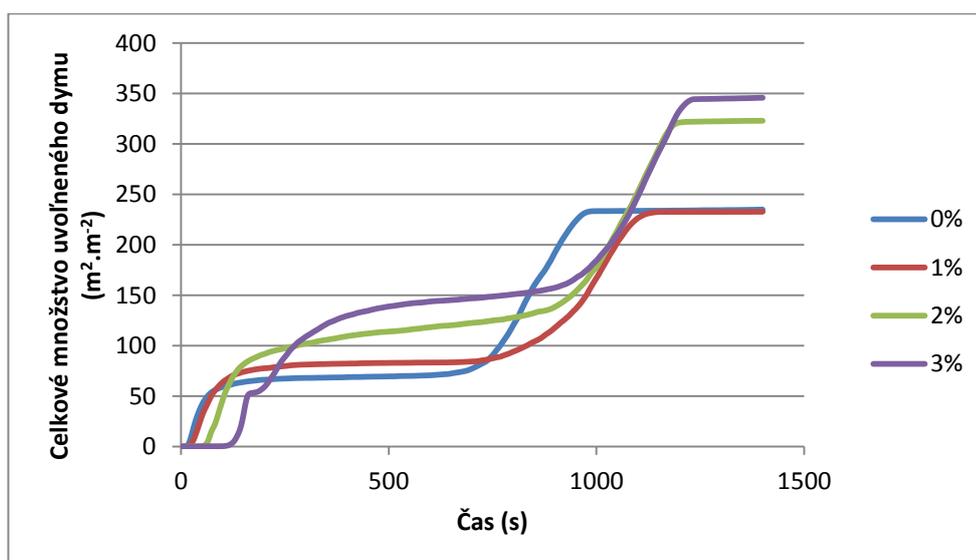
Pri porovnaní špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti (SMLR – specific mass loss rate) vzoriek, ktorá je znázornená na obrázku 7 môžeme konštatovať, že s narastajúcou koncentráciou hasiacej látky aplikovanej na vzorky narastá aj rýchlosť úbytku hmotnosti. Túto skutočnosť je možné vysvetliť mechanizmom pôsobenia chladiaceho efektu gélu, kde dochádza vplyvom tepelného ožarovania k postupnému uvoľňovaniu vody. Po

degradácii gélu je priebeh úbytku hmotnosti vzoriek približne rovnaký. Porovnanie hodnôt špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti vo fáze bezplameňového horenia uhlíkového zvyšku (žeravenie) tiež vykazuje len malé rozdiely. Časový rozdiel maximálnych rýchlostí úbytku hmotnosti vzoriek môžeme pripísať koncentrácii aplikovaného gélu (hustota a hrúbka).



Obr. 7 Špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti skúšaných vzoriek  
Fig. 7 Specific mass loss rate samples tested

Na obr. 8 je znázornené celkové množstvo uvoľneného dymu v závislosti od času.



Obr. 8 Celkové množstvo uvoľneného dymu  
Fig. 8 Total smoke release samples tested



Ako už bolo uvedené, s rastúcou koncentráciou gélu rastie jeho hustota a hrúbka aplikovanej vrstvy. Pri pôsobení tepelného toku sa z aplikovaného gélu uvoľňuje voda až do času degradácie gélu a iniciácie horenia vzorky. Uvoľnená vodná para je zachytávaná meračom dymu v systéme odťahu a vykazovaná ako uvoľnený dym. Tejto skutočnosti zodpovedá značný rozdiel množstva uvoľneného dymu z jednotlivých vzoriek v počiatočnej fáze experimentu a môžeme ju považovať za pôsobenie dusivého efektu gélu. Pri horení vzoriek dochádza k postupnému vytváraniu zuhoľnatej vrstvy na ich povrchu, ktorá spomaľuje ďalšie prehrievanie a termický rozklad vzorky. V tejto fáze má množstvo uvoľňovaného dymu z jednotlivých vzoriek len mierne stúpajúci charakter. Značný nárast množstva uvoľňovaného dymu nastáva vo fáze bezplameňového horenia po porušení vrchnej zuhoľnatej vrstvy (žeravenie vzorky).

## ZÁVER

Podľa údajov výrobcu [13] je hlavné využitie protipožiarneho gélu pri likvidácii požiarov pevných horľavých látok, najmä lesných požiarov (samotné hasenie a vytváranie protipožiarnych pásov) a pri ochrane konštrukcií pri pôsobení tepelného žiarenia.

Experimentálne skúšky na elektrickom radiačnom paneli preukázali výborné ochranné účinky izolačnej vrstvy Firesorbu. Kým gél s koncentráciou 1 % preukázal v priemere o 16,5 s dlhší čas ochrany oproti nechráneným vzorkám (koncentrácia do 1,5 % je primárne určená na likvidáciu požiarov), gél s koncentráciou 2 % zabezpečí viac ako 9 násobnú ochranu (priemerný čas 382,03 s) a gél s koncentráciou 3 % zabezpečí takmer 12 násobnú ochranu (priemerný čas 496,8 s) oproti nechráneným vzorkám.

Z výsledkov experimentálnych meraní vykonaných na kónickom kalorimetri vyplýva, že použitie Firesorbu koncentrácie 1 % nemá zásadný vplyv na čas ochrany konštrukcií. Hasiaca látka s koncentráciou 2 % značne predlžuje čas do zapálenia a chladiaci a dusivý efekt sa zvyšuje. Hasiaca látka Firesorb s koncentráciou 3 % preukázala pri skúške výborné ochranné vlastnosti s veľmi dobrým chladiacim a dusivým účinkom.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KASHIWAGI, T. – GILMAN, J.W. – NYDEN, M.R.: *New Flame Retardant Additives*. 6<sup>TH</sup> EUROPEAN MEETING ON FIRE RETARDANCY OF



- POLYMERIC MATERIALS F.R.P.M. 97. 24. – 26. septembra 1997. Lille. s. 4 – 8.
- [2] *FIRESORB*<sup>®</sup> - reklamné CD [CD-ROM]. Krefeld (SRN): Evonik Industries, 2010- . [citované 2015-02-06].
- [3] CHROMEK, I. – BENEDIK, V. – ŠMIGURA, M. – HLAVÁČ, P.: Ochrana materiálov na báze dreva pred ohňom gélovými prípravkami. In: *ACTA FACULTATIS XYLOLOGIAE ZVOLEN 52(2)*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2010. s. 81 – 90. ISSN 1336–3824.
- [4] *Firesorb*<sup>®</sup> *Bluswater besparend, Gel-vormend Brandblusadditief*. [online]. URL:<http://www.nater.nl/index.php?p=27> [citované 2013-03-08].
- [5] *Firesorb*<sup>®</sup> *More extinguishing power for water*. [online]. URL:[http://www.fireretardant101.info/uploads/5/4/4/9/5449109/firesorb\\_mo\\_info.pdf](http://www.fireretardant101.info/uploads/5/4/4/9/5449109/firesorb_mo_info.pdf) [citované 2013-03-08].
- [6] GIMÉNEZ, A. et al. Long-term forest fire retardants: a review of quality, effectiveness, applications and environmental considerations. In: *International Journal of Wildland Fire*. 2004. č.13. s. 1 – 15. URL:<http://www.publish.csiir.au/journals/ijwf> [citované 2013-04-12].
- [7] GRAND, A.F.: *An Investigation of the Effectiveness of Fire Resistant Durable Agents on Residential Siding Using an ICAL-Based Testing Protocol (NIST GCR-00-792)*. 2000. 152p. [online]. URL:<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire00/art027.html> [citované 2013-06-23].
- [8] BURKE, K.: *EVALUATING THE NEED TO ADD A WATER BASED FIRE RETARDANT POLYMER GEL TO ORANGE COUNTY FIRE RESCUE DEPARTMENTS ARSENAL FOR FIRE PROTECTION*. 2002. 32p. [online]. URL:<http://www.usfa.fema.gov/pdf/efop/efo35307.pdf> [citované 2013-07-13].
- [9] *FPInnovations, Home*. [online]. URL:<http://www.fpinnovations.ca/Pages/home.aspx#.UoDJLGVxzIE> [citované 2013-08-25].
- [10] HARANGOZÓ, J. Sledovanie vplyvu retardérov horenia na proces iniciácie plameňového a bezplameňového horenia tuhých materiálov. Trnava, 2011. 121 s. Dizertačná práca.
- [11] ISO 5660-1:2002: Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).



- [12] KAČÍKOVÁ, D., MAKOVICKÁ-OSVALDOVÁ, L. Rýchlosť odhorievania dreva z rôznych častí stromu vybraných ihličnatých drevín. In *Acta Facultatis Xylogologiae*. 2009, vol. 51(1). s. 27 – 32.
- [13] FIRESORB® - firemný materiál CD [CD-ROM].

**Adresa autorov**

pplk. Ing. Branislav Štefanický

Okresné riaditeľstvo Hasičského a záchranného zboru v Leviciach

Požiarnická 7, 934 01 Levice

Branislav.stefanicky@minv.sk

Ing. Jozef Harangozó, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Katedra požiarneho inžinierstva

Paulínska 16, 917 24 Trnava

jozef.harangozo@stuba.sk

Ing. Peter Rantúch, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Katedra požiarneho inžinierstva

Paulínska 16, 917 24 Trnava

peter.rantuch@stuba.sk

prof. Ing. Karol Balog, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Katedra požiarneho inžinierstva

Paulínska 16, 917 24 Trnava

karol.balog@stuba.sk



**POPIS HORENIA ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL AKO  
VÝCHODISKOVÝ PRÍSTUP PRE HODNOTENIE  
HORĽAVOSTI ZLOŽITEJŠÍCH SYSTÉMOV**  
**DESCRIPTION OF BURNING ORGANIC SOLVENTS AS  
STARTING ACCESS FOR THE REVIEW FLAMMABILITY  
OF COMPLEX SYSTEM**

MARTINA HUDÁKOVÁ

**Abstrakt**

Polyméry nachádzajú široké uplatnenie v praxi pre svoje dobré úžitkové vlastnosti a relatívne nízke finančné náklady na ich výrobu. Horeniu polymérov predchádza a sprevádza ho viac alebo menej zložitý proces rozkladu v kondenzovanej fáze a na povrchu za vzniku horľavých nízkomolekulových látok. Je preto pochopiteľné, že opis ich horenia v kónickom kalorimetri by nebol úplný bez paralelnej štúdie horenia nízkomolekulových modelových látok, ktoré sa do plameňa dostávajú jednoduchým vyparovaním, a ktoré môžu byť komponentmi rozkladu polyméru. V tejto prezentácii opisujeme horenie bežných organických rozpúšťadiel ako jednoduchý model horenia polyolefínov.

**Kľúčové slová:** *kónický kalorimeter, organické rozpúšťadlá, rýchlosť uvoľňovania tepla.*

**Abstract**

Polymers are widely used for their good performance characteristics and the relatively low production costs. The burning of polymers is preceded and accompanied by a more or less complex process of decomposition in condensed phase and on the surface with the production of flammable low molecular substances. It is obvious that the description of their burning in a cone calorimeter would not be complete without a parallel study of combustion of low molecular model substances that get to the flame by a simple evaporation, which can be polymer degradation components. In this presentation we describe the combustion of common organic solvents as a simple model of the combustion of polyolefins.

**Key words:** *a cone calorimeter, organic solvents, the heat release rate.*



**POROVNANIE HODNÔT TVORBY LAKTÁTU  
U HASIČOV ZÁCHRANÁROV, PRI SIMULOVANEJ  
ČINNOSTI ODSUNU ZRANENÝCH OSÔB PRI POŽIARI  
Z VIACPODLAŽNEJ BUDOVY SO ZÁŤAŽOU A BEZ NEJ.**

**COMPARISON OF THE VALUES OF LACTATE  
PRODUCTION FROM THE FIREFIGHTER - RESCUE  
WORKERS IN A SIMULATED ACTIVITIES OF  
REMOVAL CASUALTIES IN FIRES MULTI-STOREY  
BUILDINGS WITH LOAD AND WITHOUT LOAD**

JANA ORAVCOVÁ, PETER POLAKOVIČ

**Abstrakt**

Meranie hladiny laktátu v krvi patrí medzi zaužívané praktiky nepriameho posudzovania intenzity pohybovej činnosti, miery regenerácie a druhu energetického metabolizmu. Podľa Bielika (2005) laktát nepredstavuje len odpadový produkt anaeróbnej glykózy, ktorý spôsobuje únavu. Tento medziprodukt látkovej premeny je významným komponentom energetického metabolizmu celého organizmu. V prekladanom príspevku rozoberáme a porovnávame meranie hodnôt laktátu v krvi u študentov Technickej univerzity vo Zvolene študijného programu TBOM (Technická ochrana osôb a majetku), pri simulovanom odsune zranenej osoby z viacpodlažnej budovy so záťažou a bez nej. Hodnoty laktátu sme zisťovali prenosným prístrojom Accutrend Lactate z kapilárnej krvi z bruška prsta. Pri hodnotení výsledkov sme dospeli k záveru, že u osôb so záťažou boli hodnoty laktátu v porovnaní s hodnotami laktátu bez záťaže väčšie a aj štatisticky významné. Vysoké hodnoty laktátu v krvi hasičov záchranárov majú najpodstatnejší vplyv na zlepšovanie pracovného výkonu pri intenzívnej záchranej činnosti.

**Kľúčové slová:** *laktát, hasiči – záchranári, záchrana osôb, anaeróbny prah.*



## Abstract

Measuring lactate levels in the blood belongs to the customary practices of indirect assessment of intensity of physical activity, rate of recovery and the type of energy metabolism. According Bielik (2005) lactate isn't only a waste product of anaerobic glucose, which causes fatigue. This intermediate product of metabolites, is a major component of the energy metabolism of the whole organism. In the present contribution we analyze and compare the measured values of lactate in the blood of the students of the Technical University in Zvolen curriculum TPPP (technical protection of persons and property), simulated removal of injured people from multi-storey buildings with load and without it. Lactate values we investigated with the portable device Accutrend Lactate of capillary blood from the finger pad. In evaluating the results, we concluded that individuals with a load of lactate values were compared with values of lactate without load and a higher statistically significant. High values of lactate in the blood firefighter - rescuers have the most essential influence on improving the operational performance of intense rescue operations.

**Key words:** *lactate, firefighters – rescuers, rescue of persons, anaerobic threshold.*

## ÚVOD

Súčasnú záchrannú situáciu sú charakteristické tým, že vyžadujú od hasičov záchranárov vysokú pohybovú výkonnosť a vysokú úroveň hasičských zručností. Iba dobre fyzicky pripravení hasiči, ktorí sú adaptovaní na vysoké zaťaženie organizmu sú schopní zvládnuť nadmernú intenzitu záchranných činností. Nebezpečenstvo fyzického vyčerpania hasičov pri zásahu hrozí pri jednorazovom výkone vysokej intenzity alebo pri dlhodobom zaťažení. Záchranná činnosť, pri ktorej je metabolický proces sprevádzaný nedostatkom kyslíka –  $O_2$  je charakteristická tým, že sa pri nej tvorí katabolit (laktát – soľ kyseliny mliečnej).

## ROZBOR PROBLEMATIKY

V jednoduchosti môžeme povedať podľa Janssena (2001) že kyselina mliečna je vedľajší produkt metabolizmu a je vytvorená v niekoľkých tkanivách v tele, vrátane svalov, čriev, pečene a srdca. Produkuje sa neustále v pokoji aj pri záťaži. Akonáhle sa kyselina mliečna vylúči zo svalov a objaví sa v krvi ako laktát.



Brooks - Gladden (2003) uvádzajú že tvorba laktátu vo svaloch a jeho následná distribúcia po tele je hlavný mechanizmus, pomocou ktorého môže byť uskutočnená koordinácia tohto medziproduktového metabolizmu v rozličných tkanivách a bunkách. Už v pokoji svaly pomaly tvoria a uvoľňujú laktát, ktorý sa v základnom množstve udržiava v krvi. Na druhej strane ho svaly aj spätne v malom množstve spotrebúvajú.

Pokojoyé hodnoty laktátu v krvi sú podľa Kučeru a Truksu (2000) v rozmedzí od 1,3 - 2 mmol.l-1, čo je v podstate v súlade s Janssenom (2001), ktorý uvádza pokojoyé hodnoty laktátu od 1- 2 mmol.l-1. Počas zaťaženia miernou a vysokou intenzitou produkujú rýchle glykolytické svalové vlákna laktát, ktorý ďalej prechádza do krvného riečiska, alebo môže difundovať do susedných pomalých a rýchlych oxidatívnych svalových vlákien. Počas zaťaženia, obzvlášť krátkodobého vysoko intenzívneho, produkujú svaly laktát rapídne, pričom uvoľňovanie laktátu do krvi je spomalené. Toto vedie k zvýšeniu koncentrácie vnútro svalového laktátu. A následne k laktátovej acidóze.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Náš experiment spočíval v tom, že do simulovanej činnosti záchrany osôb z viacpodlažnej budovy, sme v jednej časti experimentálneho súboru zaradili experimentálny činiteľ v podobe záťaže, ktorú predstavovala výstroj (tab.1).

**Tab. 1: Hmotnostná záťaž v podobe osobnej výstroje**  
**Tabuľka 2: Weight load in the form personal equipments**

<b>Osobná výstroj</b>	<b>hmotnosť (variant 1)</b>	<b>hmotnosť (variant 2)</b>
Zásahová prilba	1,64 kg	1,64 kg
Zásahový kabát - Patrol	1,50 kg	1,50 kg
Zásahové nohavice	0,90 kg	0,90 kg
Ochranné rukavice	0,30 kg	0,30 kg
Zásahová obuv	2,56 kg	2,86 kg
Autonómny dýchací prístroj	15,40 kg	12,50 kg
Hasičský opasok so sekerou	-----	2,56 kg
<b>SPOLU:</b>	<b>22,30 kg</b>	<b>22,26 kg</b>



Okrem záťaže museli znášať študenti nosidlá s hmotnosťou 6,5 kg a figurantov, ktorých hmotnosť bola v priemere 82,5 kg a priemerná výška bola 191,5 cm.

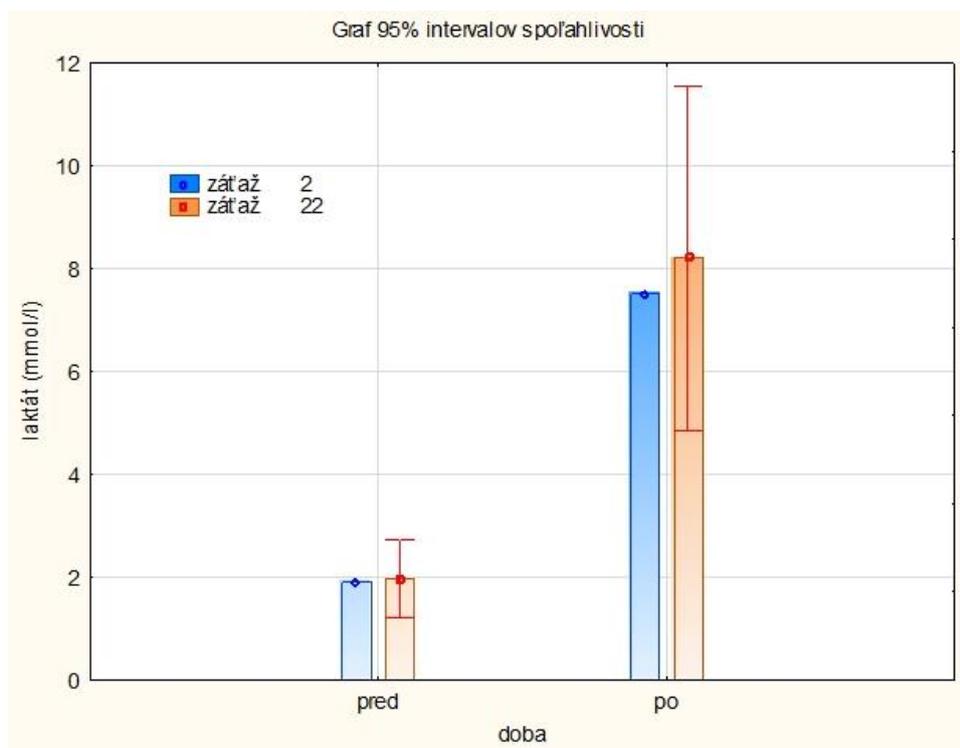
V našej práci sme výskum vykonávali v priestoroch internátu Bariny z prízemia na piate poschodie. Výskum sa odohrával v mesiaci máj 2015 v popoludňajších hodinách. Meranie laktátu v krvi sme vykonávali pomocou ručného analyzátora laktátu – Accutrend Lactate. Meranie srdcovej frekvencie sme vykonávali pomocou športtesteru. Na experimente sa zúčastnilo šesť študentov, u ktorých sme zisťovali laktát a dvaja študenti figurovali ako zranené osoby. U testovaných študentov bola priemerná výška 179,2 cm, ich priemerná hmotnosť bola 84,5 kg a priemer srdcovej frekvencie bol 95,3 úderov za minútu.

Všetkým študentom sme dali bezpečnostné pokyny, ktoré museli dodržať, aby sme predišli úrazom a zraneniam. Pred výkonom sme všetkým študentom odmerali pokojové hodnoty laktátu odobratím kapilárnej krvi z bruška prsta. Následne vykonali pohybovú činnosť, kde museli vybehnúť po schodoch na piate poschodie, naložiť „zranenú“ osobu na nosidlá a znieť po schodišti na prízemie pred vrátnicu. Potom sa hneď museli vrátiť takisto na piate poschodie pre druhú „zranenú“ osobu, ktorú tiež zniesli na nosidlách na prízemie. Po vykonaní „záchranu“ sme laktát a srdcovú frekvenciu otestovali u všetkých študentov. Výstupné merania boli vykonané takisto u všetkých šiestich študentov po troch minútach po výkone.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerná hodnota laktátu pred výkonom, ktorú sme namerali u všetkých šiestich študentov bola  $1,9 \text{ mmol.l}^{-1}$ , čo je podľa Janssen (2001), Kučeru a Truksu (2000) v rozhraní pokojovej hodnoty laktátu. Študentom so záťažou sme namerali po výkone v krvi laktát v priemere  $8,2 \text{ mmol.l}^{-1}$ , tento nárast hodnôt bol spôsobený vysokou záťažou, ktorú mali študenti v podobe výstroja (tab.1), vysokou telesnou aktivitou a vysokými hodnotami srdcovej frekvencie. Títo študenti vykonávali podľa Handza (1988) činnosť už za hranicami anaeróbného prahu (cca. 160 úderov srdca/minútu) kde organizmus prestáva výkon hradíť tukom a začína ho hradíť cukrom, respektíve glykogénom bez prístupu kyslíka – zmena neurologickej a hormonálnej kontroly. Anaeróbný prah (ANP) je všeobecne určovaný pri hodnote  $4 \text{ mmol/l}$ . Táto hranica je individuálna a možno k nej priradiť rýchlosť, výkon, telesnú hmotnosť športovcov.

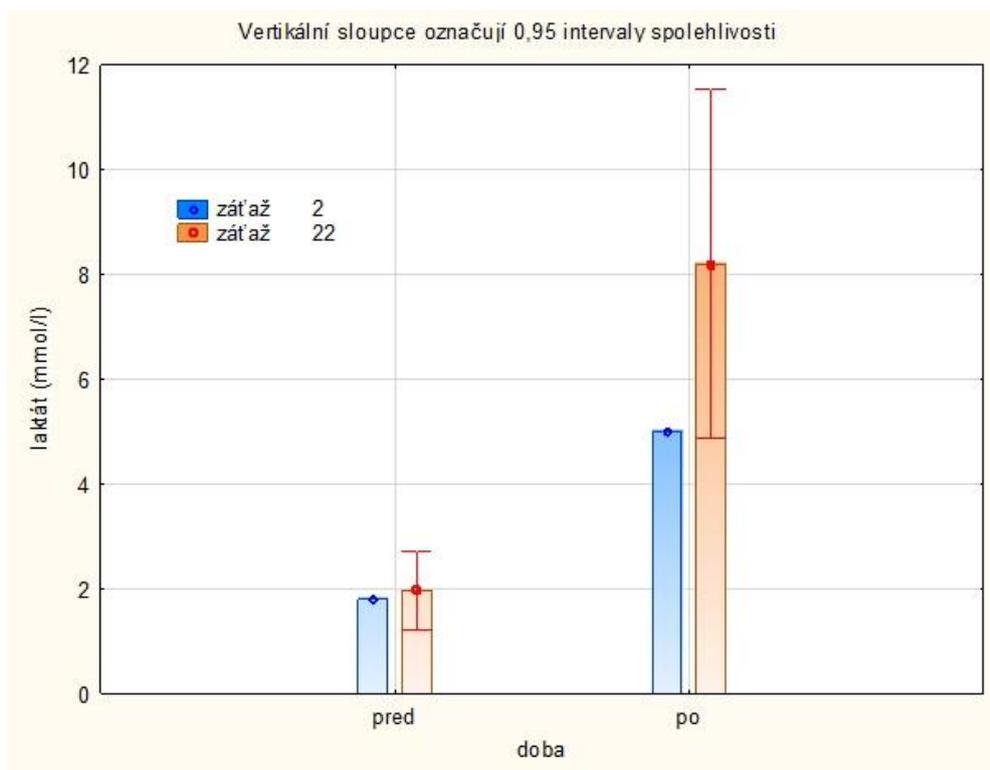
Študenti, ktorí činnosť vykonávali za rovnakých okolností ale bez záťaže mali v priemere  $7,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ , táto priemerná hodnota je nižšia ako u študentov so záťažou, no stále nám vykazuje relatívne vysokú tvorbu laktátu, čo bolo spôsobené nečakanou udalosťou, ktorá bola spôsobená priamymi vplyvmi na jedného zo študentov, u ktorého sme namerali neobvykle vysokú hladinu laktátu ( $12,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ). Študent potvrdil, že večer pred tým požil alkoholické nápoje a išiel spať v neskorú rannú hodinu. Na tomto prípade môžeme vidieť ako vplyvajú priame činitele (alkohol a neúplný odpočinok) na tvorbu laktátu, ktorý sa rapídne zvyšuje. V štatistickom vyhodnocovaní sme výsledky tohto študenta vyhodnocovali spoločne s ostatnými a následne sme jeho namerané hodnoty ráтали ako chybu. Bez tejto chyby bola priemerná hodnota u študentov bez záťaže  $5 \text{ mmol.l}^{-1}$ .



Obr. 9: Vplyv výkonu na produkciu laktátu v krvi. Graf 95% intervalov spoľahlivosti u študentov. (Testovaní študenti so záťažou (22,2 kg) - červení, študenti bez záťaže (1,15 kg) - modrí).

Fig. 9: The performance impact of the production of lactate in the blood. Graph 95 % confidence interval to students. (Testing students with a load (22.2 kg) - Red, students no load (1.15 kg) - blue).

Po vylúčení chyby (obr. 2), môžeme vidieť, že študenti so záťažou mali nárast laktátu výrazne vyšší ako študenti bez záťaže. Potvrdilo sa nám, že záťaž štatisticky významne vplyva na výkon a zvýšenú tvorbu laktátu v krvi. Taktiež sme zistili, že priamym vplyvom (alkohol) sa tvorba laktátu výrazne zvyšuje.



**Obrázok 10: Vplyv výkonu na produkciu laktátu v krvi. Graf 95% intervalov spoľahlivosti u študentov (DHZ) (Testovaní študenti so záťažou (22,2 kg) - červení, študenti bez záťaže (1,15 kg) – modrí) - po vylúčení chyby**

**Figure 10: The performance impact of the production of lactate in the blood. Graph 95 % confidence interval to students (DHZ) (Testing students with a load (22.2 kg) - Red, students no load (1.15 kg) - blue) - after eliminating errors**

## ZÁVER

Z experimentálnych výsledkov meraní koncentrácie laktátu v krvi sme preukázali, že záťaž má štatisticky významný vplyv na fyzický výkon, čo nám potvrdila zvýšená hodnota laktátu u študentov, ktorí mali počas experimentu na sebe záťaž. Naše výsledky taktiež dokazujú, že nedostatok spánku a alkohol má priamy vplyv na tvorbu laktátu v krvi pri fyzickej záťaži, a z toho vyplýva že je nežiadúca konzumácia alkoholu pred nástupom a počas výkonu služby. Odhaľovanie tvorby laktátu v krvi nielen u športovcov, ale aj v záchranných činnostiach vedie k odpovediam na otázky správnej fyzickej prípravy u hasičov záchranárov a k predchádzaniu vysokej tvorby laktátu a



lepšej pripravenosti hasičov, väčšej fyzickej výdrže, lepšieho výkonu pri zásahu a dosiahnutí efektívnejšej pomoci pri zachraňovaní ľudských životov.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ÚDAJOV

BENDÍKOVÁ — GAŽÁKOVÁ, S. 2009 : *Empirické metódy poznávania*, (on-line),  
www.ddp.fmph.uniba.sk/~bendikova/metodika/metody.htm , 29.12.2014

BIELIK V. 2005 , *Účinok vybraných prostriedkov regenerácie na elimináciu laktátu v krvi po anaeróbnom zaťažení*. Súbor referátu z medzinárodnej študentskej konferencie.  
Brno

BROOKS G., GLADDEN L. 2003, *The metabolic system: anaerobic metabolism (glycolytic and phosphagen)*. New York: Oxford University Press,

DOVALIL J. a kol. 2002, *Výkon a tréning ve sportu* - Nakladatelství Olympia, a.s.,  
ISBN: 80-7033-760-5

FONTANA J. a kol., *Multimediální skriptá*, dostupné online na [www.fblt.cz](http://www.fblt.cz), 12.2.2015

HANDZO P. a kol. 1988, *Telovýchovné lékařstvo* (Učebnica pre lekárske fakulty).  
Vydavateľstvo Osveta, Číslo š. 8000/1987 – 30

JANSSEN P. 2001, *Lactate threshold training. Leeds: Human Kinetics*,

KUČERA V., TRUKSA Z. 2000, *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha, Olympia,

KUČERA, V. 2006. *Laktátová křivka*. In : *Atletika 2/2006*, Praha: ČAS,

MEŠKO D., KOMANDEL L. a kol. 2005, *Telovýchovnělékařské vademekum*, 3.vyd.  
Bratislava: Slovenská spol. telovýchovného lékařstva 2005, s, ISBN 809694- 464-9

### Adresa autorov

Ing. Jana Oravcová

Doc. PaedDr. Peter Polakovič, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

T.G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

xoravcovaj@is.tuzvo.sk, polakovic@is.tuzvo.sk



**POSTAVENIE KOORDINÁTORA BOZP VO  
VÝSTAVBOVOM PROCESSE**

**STATUS OF THE COORDINATOR OCCUPATIONAL  
SAFETY AND HEALTH IN SITE MANAGEMENT**

KATARÍNA FIRMENTOVÁ, HANA PAČAIOVÁ

**Abstrakt**

Príspevok pojednáva o možnosti znižovania bezpečnostných rizík vo výstavbovom procese s ohľadom na zložitý stavebný proces, a to predovšetkým pri bližšie neurčenom počte dodávateľov a subdodávateľov stavebných prác pri samotnej realizácii výstavby stavebného objektu. Cieľom práce je posúdenie integrovaných bezpečnostných rizík a optimálne riadenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci na stavenisku koordinátorom bezpečnosti na stavenisku v zmysle zákonom stanovených požiadaviek.

**Kľúčové slová:** *bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, riziko, koordinátor BOZP, dôsledky.*

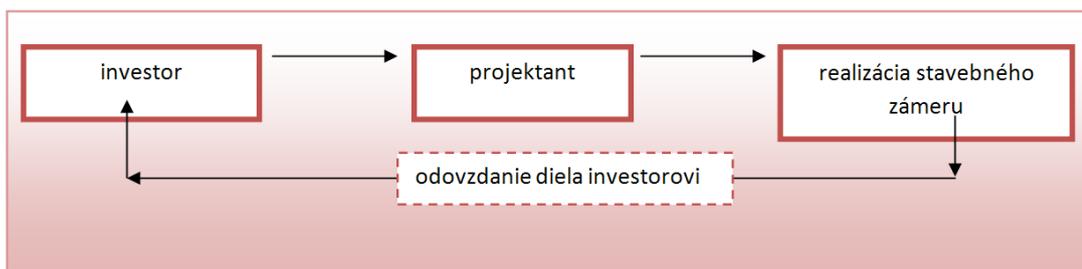
**Abstract**

The paper deals with the possibilities to reduce security risks in the construction process with a view to building a complex process, especially with an indeterminate number of contractors and subcontractors construction works at the phases of construction of the structure. The aim of this paper is integrated assessment of security risks and optimal management of health and safety at work on construction site safety coordinator on site in terms of statutory requirements

**Keywords:** *occupational safety and health, risk, OHS coordinator, consequences.*

## ÚVOD

Stavebný proces je výrobný proces - príprava, výroba, dodávka, kontrola, ktorým výsledkom je stavebná konštrukcia, časť konštrukcie, príp. stavebný objekt. Stavebný proces predstavuje zložitý súbor jednotlivých drobných procesov, za účelom prevedenia projektu do reality. Od investora teda, zadávateľa stavebného objektu cez zabezpečenie projektovej dokumentácie projektantmi, podľa jednotlivých profesií, až po samotnú realizáciu stavebnou firmou a následné odovzdanie hotového diela investorovi.



Obr. 1 Zjednodušená schéma výstavbového procesu  
Fig. 1 A simplified diagram of the construction process

Pri samotnej realizácii stavebných prác je nevyhnuté je postupovať v zmysle platných predpisov:

- Zákon č. 50/1976 Z.z.o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon).
- Vyhláška MPSVaR č. 147/2013 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri stavebných prácach a prácach s nimi súvisiacich a podrobnosti o odbornej spôsobilosti na výkon niektorých pracovných činností.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 396/2006 Z.z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách na stavenisko.

Plynulý priebeh stavebných prác v zmysle zaistenia bezpečnosti práce na stavenisku zabezpečuje **koordinátor bezpečnosti**, ktorého hlavnou úlohou je koordinácia plnenia úloh pri realizácii prác na stavenisku z hľadiska zaistenia bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Koordinátorom môže byť fyzická osoba oprávnená na výkon činnosti stavbyvedúceho, fyzická osoba oprávnená na výkon stavebného dozoru, alebo autorizovaný bezpečnostný technik [5].



Koordinátor bezpečnosti uplatňuje zásady, prevencie a požiadavky na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia práci v dvoch fázach stavebného procesu, a to:

1. vo fáze **prípravy projektu**, kde:

- vypracováva plán BOZP v zmysle NV SR č. 396/2006 Z.z.,
- stanovuje minimálne požiadavky na bezpečnosť práce na stavenisku,
- posudzuje kvalitu systému BOZP pri výbere dodávateľov stavebných prác,
- spolupodieľa sa pri tvorbe a zároveň schvaľuje technologické postupy,
- spolupracuje s prípravným tímom pri zabezpečovaní administratívnych a technických prostriedkov legislatívne vyžadovaných pre zahájenie stavby.

2. vo fáze **realizácie stavebného diela**, kde:

- pravidelne aktualizuje plán BOZP,
- zabezpečuje koordináciu jednotlivých zhotoviteľov,
- identifikuje a minimalizuje prípadné interakcie aktivít jednotlivých dodávateľov vzájomne ohrozujúce ich bezpečnosť a v spolupráci s manažérom stavby resp. projektu konzultuje a koordinuje ich výkon,
- zabezpečuje spoluprácu medzi zamestnávateľmi na stavenisku, najmä ak ich činnosť na pracovisku na seba priamo nadväzuje,
- usmerňuje stavebné práce so zreteľom na ochranu zamestnancov, na prevenciu vzniku úrazov a iného ohrozenia zdravia,
- zabezpečuje kontrolu plnenia a aktuálnosti legislatívnych požiadaviek dodávateľov na výkon činností vyžadujúcich osobitné oprávnenie,
- vykonáva pravidelne obhliadky pracoviska za účelom zisťovania dodržiavania stanovených požiadaviek na zaistenie bezpečnosti práce na stavenisku.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

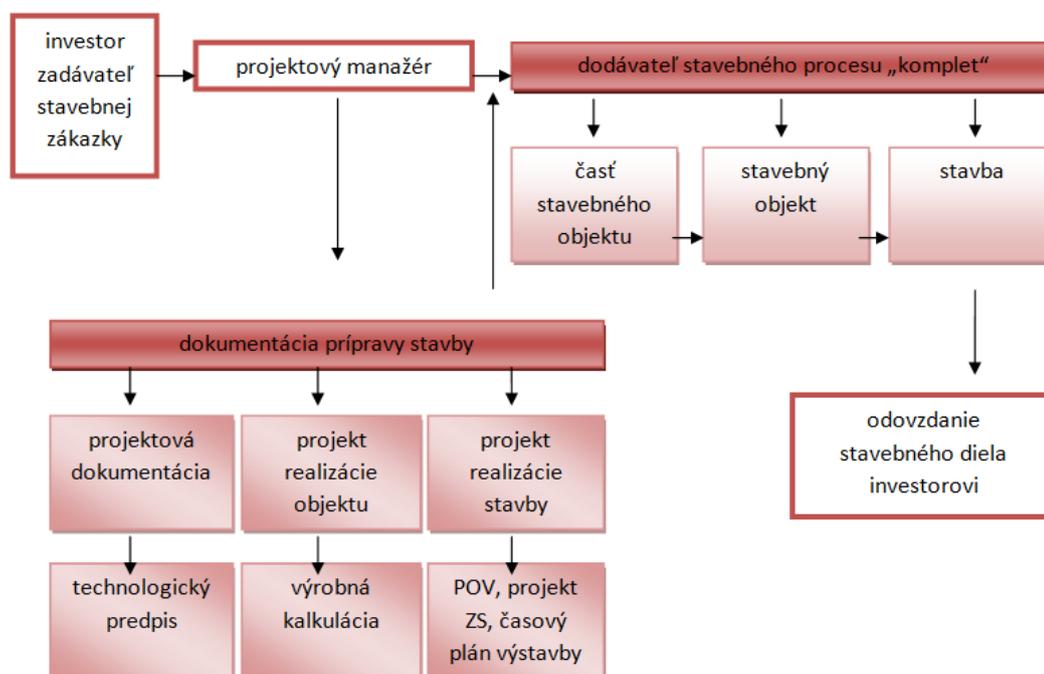
Hlavným problémom pri koordinácii bezpečnosti a stanovenia minimálnych bezpečnostných požiadaviek pri realizácii konkrétneho stavebného diela je v súčasnej dobe množstvo subdodávateľov jednotlivých etáp výstavbového procesu. Je nevyhnutné posilniť úlohu koordinátora bezpečnosti na stavenisku, a to už v samotnej prípravnej fáze projektu a nastoliť pevné podmienky vstupu jednotlivých účastníkov do priameho

procesu výstavby. Pre porovnanie zložitosti spracovania potrebnej dokumentácie a samotného riadenia poslúžia dve modelové situácie možnosti výstavby objektu.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### Modelová situácia č. 1: „optimálne podmienky výstavbového procesu“

V tomto prípade sú nastavené podmienky na realizáciu stavebného diela tak, aby čo v najmenšej miere dochádzalo ku vzniku nepredvídateľným udalostiam a závažným nehodám pri výstavbe. Všetci účastníci výstavby, ako aj ich zodpovednosti sú stanovené v prípravnej fáze projektového riešenia stavby. Pred samotným zahájením výstavby sú spracované všetky potrebné dokumenty potrebné na zaistenie bezpečnosti a plynulosti realizácie výstavby.



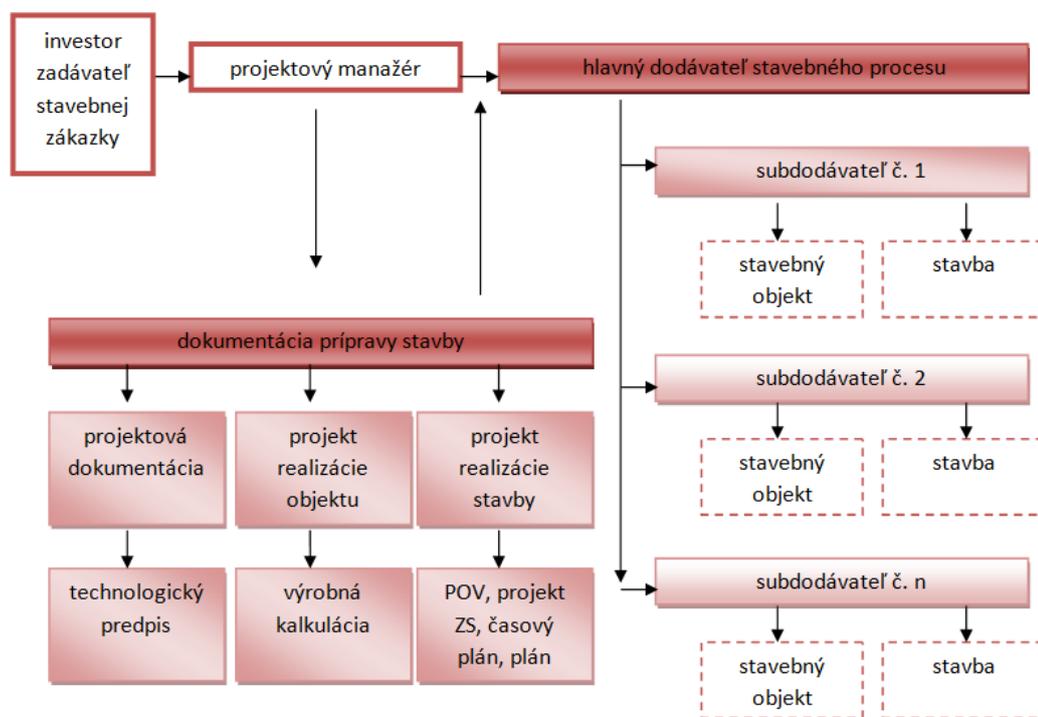
Obr. 2 Modelová situácia č. 1: optimálne podmienky výstavbového procesu

Fig. 2 Model situation 1: optimal conditions of construction process

### Modelová situácia č. 2: „výstavbový proces riadený priebežne“

V tomto prípade nie sú známe všetky zúčastnené strany pri spracovaní projektovej dokumentácie vo fáze prípravy stavby a teda nie je možné dostatočne nastaviť podmienky na realizáciu stavebného diela tak, aby čo v najmenšej miere dochádzalo ku vzniku nepredvídateľným udalostiam a rizikám pri výstavbe. Účastníci výstavby pribúdajú

postupne, čím dochádza k zvyšovaniu rizika na zaistenie bezpečnosti a plynulosti realizácie projektu.



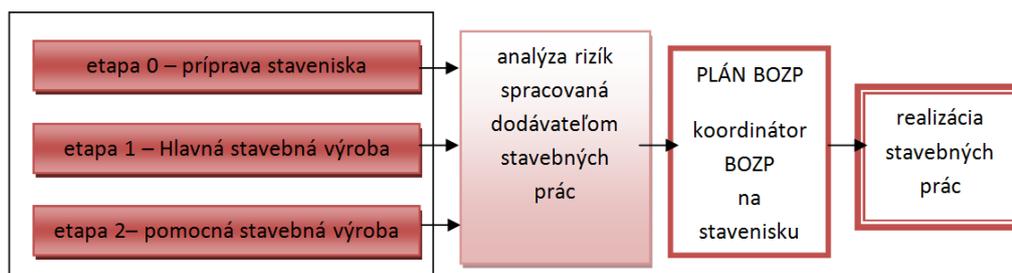
**Obr. 3 Modelová situácia č. 2 – neurčené množstvo subdodávateľov v rámci etapovej výstavby objektu**

Fig. 2 Model situation 2 – unspecified amount of sub-caterers in development of object

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

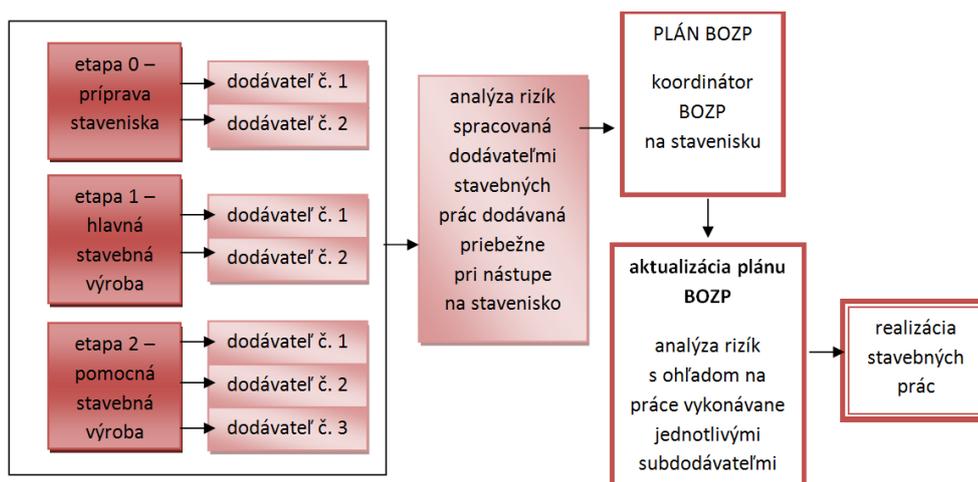
Úlohou koordinátora BOZP nie je zasahovať do projektových, technologických riešení, ani technologických postupov, ale navrhovať organizačné a technické riešenia na základe výsledkov posúdenia rizík a koordinovať práce na stavenisku, tak aby bola zabezpečená požadovaná úroveň bezpečnosti pri stavebnej činnosti prebiehajúcej nezávisle od seba, alebo súčasne.

V modelovom prípade č. 1 na základe doloženia analýzy rizík pri pracovných činnostiach dodávateľa stavebných procesov nie je problém spracovania plánu BOZP v zmysle nariadenia vlády SR č. 396/2006 Z.z., nakoľko od hlavného dodávateľa sú doložené všetky dokumenty vrátane technologických postupov stavebných prác stavenisku. Je potom možné vypracovať plán BOZP v dostatočnom predstihu a predložiť všetkým zúčastneným stranám na pripomienkovanie za účelom podrobného upresneného spracovania podľa jednotlivých etáp procesu s ohľadom na všetky možné riziká.



**Obr. 4 Modelová situácia č. 1 – schéma spravovania plánu BOZP**  
**Fig. 4 Model situation 1 – scheme of administering of OSH plans**

V modelovom prípade č. 2, kde v rámci etapy výstavby dochádza k súčinnosti viacerých subdodávateľov stavebných prác, rovnako ako aj k zvýšeným bezpečnostným rizikám, vzhľadom na počet subdodávateľov na spoločnom pracovisku, je spracovanie a koordinácia náročná predovšetkým z dôvodu nepredvídaných okolností a navzájom ohrozujúcich sa subdodávateľov na spoločnom pracovisku.



**Obr. 5 Modelová situácia č. 2 – schéma spravovania plánu BOZP**  
**Fig. 4 Model situation 2 – scheme of administering of OSH plans**

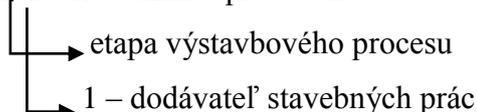
Pri modelovej situácii č. 2 nastáva náročná úloha pre koordinátora z dôvodu množstva subdodávateľov, ktorí nie sú stanovení na začiatku výstavbového procesu. Pri tomto modeli je potrebné zohľadniť nielen riziká jednotlivých dodávateľov, ale aj riziká navzájom ovplyvňujúce sa, a to:

- pohyb zamestnancov jednotlivých subdodávateľov po stavenisku,
- možnosti využitia dopravných komunikácií,
- nadväznosť jednotlivých prác a technologických postupov,
- spôsob uloženia materiálu jednotlivých subdodávateľov,
- časový harmonogram prác.

etapa výstavbového procesu	dodávateľa stavebných prác	riziká	multikriteriálna analýza rizík	predpokladaný Čas výstavby (týždeň)	stavebné stroje (áno / nie)
<b>Etapa 0</b>	Dodávateľ 1	R <sup>01</sup>	R <sup>02</sup>	6	Áno
	Dodávateľ 2	R <sup>02</sup>	R <sup>01</sup>	5	Nie
<b>Etapa 1</b>	Dodávateľ 1	R <sup>13</sup>	R <sup>21</sup>	12	Nie
	Dodávateľ 2	R <sup>12</sup>	R <sup>13</sup>	15	Nie
<b>Etapa 2</b>	Dodávateľ 1	R <sup>21</sup>	R <sup>12</sup>	10	Áno
	Dodávateľ 2	R <sup>22</sup>	R <sup>23</sup>	3	Áno
	Dodávateľ 3	R <sup>23</sup>	R <sup>22</sup> , R <sup>01</sup>	9	Áno

Obr. 6 Modelová situácia č. 2 – rizikové faktory na spoločnom pracovisku  
Fig. 6 Model situation 2 – risk factor in the common workplace

R<sup>01</sup> - R<sup>n</sup> – riziká spracované dodávateľom výstavbovej etapy



Multikriteriálna analýza rizík – riziká spracované koordinátorom bezpečnosti, vzťahy medzi rizikami jednotlivých dodávateľov.

Je nevyhnutné, aby jednotliví subdodávateľia v dostatočnom časovom predstihu pred samotným zahájením stavebných prác odovzdali koordinátorovi BOZP analýzu rizík a technologické postupy prác z dôvodu zapracovania a aktualizovania do plánu BOZP a predloženia tohto aktualizovaného plánu ostatným účastníkom výstavby.

## ZÁVER

Dôležitým faktorom je potreba si uvedomiť postavenie jednotlivých členov organizačného tímu pri realizácii stavebného objektu, ako v samotnej prípravnej fáze tak rovnako vo fáze realizačnej. Z vopred stanovenej matice zodpovednosti výstavbového procesu, ktorá zohľadňuje priradenie činností jednotlivým zúčastneným stranám, určenie zodpovednej osoby za zabezpečenie činnosti, vyplývajú nielen povinnosti jednotlivých organizačných zložiek podieľajúcich sa na procese, ale predovšetkým zodpovednosti za vopred stanovené ciele.

**Tab. Vzor návrhu matice zodpovednosti**  
**Tab. Pattern design of responsibility matrix**

p.č.	definovanie činnosti	investor	projektový manažér	projektant	zhotoviteľ	BOZP	dodávateľ prác
1	Úloha č. 1	x	X			x	
2	Úloha č. 2	x		x			
3	Úloha č. 3		X			x	x

Na základe vopred definovaného reťazca spôsobu komunikácie - investor, stavbyvedúci, stavebný dozor, koordinátor bezpečnosti, dodávatelia stavebných prác a ďalších osôb vstupujúcich do stavebného procesu, je možné okamžite riešiť vznikajúce problémy a pravidelne aktualizovať aj požiadavky jednotlivých strán v stavebnom procese, čím dochádza k efektívnosti pri riadení stavby a k rýchlemu riešeniu nepredvídateľných udalostí v priebehu výstavbového procesu, a tým k skvalitneniu celého výstavbového procesu.

Vzhľadom na to, že koordinátor bezpečnosti riadi bezpečnosť nielen osôb priamo vstupujúcich do stavebného procesu, ale do istej miery je zodpovedný aj za aj osoby, ktoré sa nezúčastňujú stavebného procesu priamo, a to „náhodných okoloidúcich“, ktorých nehody spôsobené na stavenisku môžu priamo ohroziť, je nevyhnutné zdôrazniť jeho úlohy a postavenie v stavebnom procese.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [12] JURÍČEK, V. 2001, Technológia pozemných stavieb hrubá stavba, Bratislava Jaga group, v.o.s., Bratislava 2001, ISBN 80-88905-29-X.
- [13] BAŠKOVÁ R., 2008 Realizácia betónových konštrukcií, Stavebný trh, ISBN 978-80-969877-4-0.



- [14] Gašparík J.: Manažérstvo kvality v stavebníctve. Jaga group, s.s.r, Bratislava 1999, ISBN 80-88905-13-3.
- [15] KOZLOVSKÁ, M., HYBEN, I., 2008. Stavbyvedúci manažér stavebného procesu.  
Bratislava: EUROSTAV spol. s.r.o. 2008. ISBN 978-80-89228-14-0.
- [16] Nariadenie vlády SR č. 396/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách na stavenisko.
- [17] Vyhláška MPSVaR č. 147/2013 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri stavebných prácach a prácach s nimi súvisiacich a podrobnosti o odbornej spôsobilosti na výkon niektorých pracovných činností.
- [18] Zákon č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [19] G. CESARINI, G. HALL, Building a proactive safety culture in the construction industry – 12 step to a safer job site, ACE Group, 2013.

**Adresy autorov:**

prof. Ing. Hana Pačaiiová, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Ústav bezpečnostného a biomedicínskeho inžinierstva, Katedra bezpečnosti a kvality produkcie. Letná 9, 042 00 Košice Tel: +421 55 602 22 90, E-mail: hana.pacaiiova@tuke.sk

Ing. Katarína Firmentová, Sudop Košice, a.s., Žriedlová 1, Košice, Tel.: +421 904 375 980, E-mail: firmentovakatarina@gmail.com



## POŽIARNA BEZPEČNOSŤ OBCHODNÝCH CENTIER FIRE SAFETY OF BUSINESS CENTRES

MIROSLAV ŽITŇÁK, JANA LENDELOVÁ, ZUZANA ŠINKOROVÁ, MARTINA  
PRÍSTAVKOVÁ

### Abstrakt

Cieľom práce je skúmanie a overovanie dodržiavania súčasne platnej legislatívy v oblasti protipožiarna bezpečnosti obchodných centier a aktuálneho súladu a ústretovosti zákonov, vyhlášok a noriem k požiadavkám vyplývajúcim z praxe. V práci sme porovnávali štyri obchodné centrá z oblasti protitipožiarného riešenia takýchto stavieb. Sledovali sme najmä delenie na požiarne úseky, funkčnosť- obchody, služby, zábava, kiná, vybavenie objektov požiarotechnickými zariadeniami, zhromažďovací priestor v jednotlivých objektoch, možnosti úniku v jednotlivých objektoch, celkové prevádzkové podmienky, veľkosť plochy v jednotlivých objektoch a obsadenie objektov osobami.

**Kľúčové slová:** *protipožiarna bezpečnosť, požiarotechnické zariadenia, objekt, prevádzkové podmienky*

### Abstract

The aim of the work is to review and verification of compliance of current legislation in the field of fire safety of business centers and current compliance and friendliness of the laws, regulations and standards for the requirements arising from the practice. In this work we compared four shopping centers in the area of antifire solutions such structures. We watched particularly the compartmentalisation utility – shops services, entertainment, cinemas, furnishing by fire-fighting equipment, muster areas in individual buildings, the possibilities of escaping in individual buildings, total operating conditions, the surface area of individual objects, and building occupation.

**Keywords:** *antifire safety, fire resistance equipments, building, operating conditions*



## ÚVOD

V posledných 10 až 15 rokoch sa aj u nás klasifikujú stavby s tzv. „zhromažďovacím priestorom“. Sú to hlavne veľké nákupno-zábavné centrá, športoviská, multifunkčné objekty a podobne. Pri ich realizácii sú uplatňované a používané najnovšie technologické postupy. Investori sa snažia tieto stavby architektonicky odlíšiť a hlavne funkčne čo najviac využiť. Tieto stavby však zároveň predstavujú jedno z najväčších potenciálnych rizík ohrozenia veľkého počtu osôb, ktoré sa v daných priestoroch nachádzajú. „Moderné nákupné centrá majú jeden spoločný znak – obchodné átrium prepájajúce niekoľko podlaží, ktoré prepája obchody s pasážami – komunikačnými priestormi. Pasáže slúžia ako hlavný komunikačný priestor pre veľký počet osôb, ktoré musia mať zabezpečený bezpečný únik v prípade požiaru z daných priestorov.“ (Komár, 2011)

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Práca je venovaná porovnaniu a hodnoteniu aktuálneho technického a organizačného riešenia štyroch obchodno-zábavných centier z hľadiska technického riešenia v rámci protipožiarnej bezpečnosti pri navrhovaní a výstavbe. Pozornosť je venovaná vyskytujúcim sa technickým a organizačným nedostatkom, ktoré navonok nemajú charakter porušovania platných legislatívnych predpisov ochrany pred požiarmi avšak nie sú najlepším riešením z hľadiska bezpečnosti osôb.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Po preskúmaní organizačného zabezpečenia z vlastnej kontrolnej činnosti bolo potrebné porovnávať jednotlivé vybrané oblasti z požiarnej bezpečnosti stavieb a tiež zabezpečenie požiarnej bezpečnosti pri samotnej prevádzke jednotlivých objektov, ktorými sú:

- Protipožiarne riešenie z hľadiska konštrukcie
- Delenie na požiarne úseky
- Funkčnosť, obchody, služby, zábava, kiná
- Vybavenie objektov požiarnotechnickými zariadeniami
- Zhromažďovací priestor v jednotlivých objektoch
- Možnosti úniku v jednotlivých objektoch
- Prevádzkové podmienky



- Plocha jednotlivých objektov a obsadenie objektov osobami

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Objekt č. 1

Ide o dvojpodlažný halový objekt s vybudovaným veľkoplošným parkoviskom na streche stavby na úrovni druhého NP. Na prvom NP je umiestnená veľkopredajňa so zázemím, technické, obchodné, skladové a administratívne priestory, priestory jednotlivých koncesíí, stravovacie a sociálne priestory, technické a technologické priestory, pasáž otvorená s chodbami s travelátorom, výťahmi a schodiskami k ďalšiemu podlažiu. V druhom NP sú z oboch strán stredového schodiska dvojramenného umiestnené priestory koncesíí. Po pravej strane ďalších dvoch schodísk sa nachádzajú priestory správy a prevádzky budovy a hygienické priestory. Hlavnou časťou druhého NP je parkovisko s komunikáciou súčasne pre vjazd a výjazd a technologické priestory. K parkovacím miestam je prístup pomocou vytvorenej komunikácie a únikových schodísk po celom obvode stavby. Stavba bola budovaná a kolaudovaná v dvoch etapách.

### Objekt č. 2

Jednopodlažný haslový montovaný objekt sčasti dvojpodlažný. Na prvom NP sa nachádza priestor veľkopredajne potravín a rozličného tovaru a skladovacie priestory. Druhé NP tvoria administratívne priestory, šatne, jedáleň a hygienické priestory. Druhú časť tvorí dostavba obchodnej zóny k jestvujúcim priestorom. Táto prístavba je napojená na jednu stranu jestvujúceho objektu. Je staticky nezávislá avšak s jestvujúcim objektom je dispozične prepojená. Taktiež ide o jednopodlažný, sčasti dvojpodlažný objekt. Na prvom NP sa nachádza predajňa nábytku s vystaveným sortimentom v prednej časti priestoru. Stavebne odelené sú skladovacie priestory. Druhé NP sa nachádza v predajnej aj skladovacej časti objektu. V predajnej časti sa na druhom NP taktiež nachádza vystavený sortiment predajne. Treťou časťou je dostavba obchodnej zóny k jestvujúcim objektom. Je staticky nezávislá napojená na čelnú stranu jestvujúceho objektu s veľkopredajnou plochou 34 potravín a dispozične je spojená aj s predajňou nábytku. Prístavba je jednopodlažný objekt sčasti dvojpodlažný. Na prvom NP sa nachádzajú priestory jednotlivých koncesíí a komunikačný priestor. Druhé NP tvoria administratívne priestory, šatne a hygienické priestory. Objekt bol stavaný a kolaudovaný v 3 etapách. Každá časť funguje ako samostatne stojaci objekt.

### Objekt č. 3

Trojpodlažný objekt so suterénom, nepravidelného pôdorysu. Prvá časť je tvorená plochami koncesíí vo všetkých troch podlažiach. Druhá časť, ktorú tvoria garáže je doplnená o medzipodlažia, čím vzniká šesť podlažný objekt so suterénom. Na streche objektu sú taktiež parkovacie miesta. Objekt bol realizovaný v jednej etape a taktiež bol aj skolaudovaný.

### Objekt č. 4

Je dvojpodlažný. Na prvom NP sa nachádzajú priestory koncesíí, administratívne priestory, hygienické a 4 kinosály, ktoré prechádzajú aj druhým NP. Na druhom NP sa nachádzajú priestory koncesíí. V objekte je výťah, schodište a eskalátory. 4 bočné schodišťa slúžia ako únikové cesty z druhého NP.

V tabuľke 1 sú porovnané možnosti unikajúcich osôb z jednotlivých priestorov. V objekte č. 1 sú použité všetky možnosti avšak dvere na únikových cestách do CHÚC A sú všetky. Návštevník, ktorý nevie čo sa presne stalo nemá dôveru v takúto možnosť úniku a bude sa snažiť vrátiť cestou, ktorou prišiel. Ďalej je tu možnosť úniku cez koncesie. Tu sa často stáva že dvere sú založené alebo vedú cez obchodné zázemie, nie sú dobre viditeľné unikajúci stráca dôveru v značenie únikových východov.

**Tab. 1 Možnosti úniku**  
**Tab. 1 Possibilities of escape**

	Objekt 1	Objekt 2	Objekt 3	Objekt 4
ČCHUC	áno	áno	áno	Áno
NUC	áno	áno	áno	Áno
CHUC A	áno	áno	áno	Áno
Na voľné priestranstvo	áno	áno	áno	Áno
Do CHUC A	áno	áno	áno	Áno
Únik cez manipulačný priestor, sklad	áno	áno	nie	Nie
Únik smerom späť cestou ktorou sme prišli	áno	nie	áno	Áno
Únikové východy po obvode budovy cez koncesie	áno	áno	nie	Nie
Dvere na únikových cestách plné, presklené	plné	plné, presklené	presklené	Plné



Prevádzkové podmienky v sledovaných objektoch V porovnávaných objektoch sú všetky sledované oblasti v súlade s platnou legislatívou. Avšak prenesenie zodpovednosti za požiaru ochranu pri dobudovávaní koncesií býva často problematické z hľadiska dodržania funkčnosti požiarotechnických zariadení EPS, SHZ a ZODT. Nájomcovia často z neznalosti neakceptujú podmienky projektovej dokumentácie týkajúce sa zaistenia funkčnosti požiarotechnických zariadení dobudovaním priečok a neprietočných podhládov. Ďalším problémom je skutočnosť, že každá koncesia má vlastného požiarneho technika. Tento sa stará výhradne o priestor koncesie. Školí zamestnancov a určuje im povinnosti, možnosti úniku zriaduje hliadku právnickej osoby, oboznamuje zamestnancov s podmienkami evakuácie a tiež s požiarotechnickými zariadeniami, ktoré sa v jednotlivých koncesiách nachádzajú. Často sa stretávame s tým, že požiarne techniky vôbec predmetný priestor nepoznajú a školenie je iba rutinné, alebo je tak zložitá pre bežných zamestnancov, že vôbec nerozumejú čo im chce povedať. Podpisujú prezenčnú listinu a to je všetko čo si zo školenia pamätajú. Po naštudovaní si projektovej dokumentácie požiarnej bezpečnosti predmetnej koncesie rozmiestnia techniky požiarnej ochrany pre danú koncesiu prenosné hasiace prístroje a označia únikové východy pozri. Ak pri požiari príde k výpadku elektrickej energie a zadymeniu, dezorientovaný návštevník by mohol začať unikať podľa značenia únikových ciest označenie vedie cez koncesiu, tu sa nepočíta s únikom návštevníkov Značenie únikových ciest v koncesii. Strážna služba je ďalším článkom protipožiarnej ochrany pri prevádzkovaní objektov so zhromažďovacím priestorom. Títo ľudia obsluhujú EPS, sú školení ako protipožiarne hliadky a vo väčšine prípadov majú na starosti priebeh evakuácie. Školenia a všetky potrebné doklady sú v poriadku a prenajímateľ objektu má tieto služby zabezpečené profesionálne. Nedokážu však ovplyvniť fluktuáciu vo firmách a striedanie sa zamestnancov po objektoch, ktoré konkrétna strážna služba zabezpečuje. Potom sa môže stať že budú mať službu práve takí zamestnanci, ktorí daný priestor nepoznajú.

Tab. 2 Prevádzkové podmienky  
Tab. 2 Operating conditions

	Objekt 1	Objekt 2	Objekt 3	Objekt 4
Zodpovednosť prenajímateľa Za PO zodpovedá v spoločných priestoroch	áno	nie	áno	áno
Školenie vlastných zamestnancov	áno	áno	áno	áno
Pri stavebnej realizácii koncesie zodpovedá za PO nájomca	áno	áno	áno	áno
Za školenia PO pre zamestnancov koncesie nájomca	áno	áno	áno	áno
Revízie a rozmiestnenie PHP v rámci koncesie nájomca	áno	áno	áno	áno
Požiarna technická zariadenia EPS, SHZ, ZODT za prevádzku a revízie prenajímateľ	áno	áno	áno	áno
Strážna služba	áno	áno	áno	áno
Správa budovy vlastný zamestnanci	áno	áno	áno	áno

Z tabuľky 2 je vidieť že vo všetkých porovnávaných objektoch je požiarne bezpečnosť riešená takmer identicky s malými odchýlkami.

## ZÁVER

V práci sme poukázali na stav riešenej problematiky protipožiarnnej bezpečnosti obchodných centier. Obchodné centrá sú riešené v súlade s platnou legislatívou. Prax však ukazuje potrebu zmeny niektorých riešení, ktoré síce nie sú v rozpore s platnou legislatívou, ale ich použitie môže spôsobiť škody na ľudských životoch. Za pozornosť určite stojí prehodnotiť vyhlášku MV SR č. 94/2004, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb. Bolo by žiaduce, aby dvere do chránenej únikovej cesty zo zhromažďovacieho priestoru boli aspoň do 1/3 presklené. Ďalej by bolo potrebné prehodnotiť počty osôb v priestoroch obchodných centier posudzovaných podľa starej normy, v ktorej bolo prípustné 1,5 m<sup>2</sup> na



osobu v 1 NP a 2,5 m<sup>2</sup> v ostatných NP podľa druhu prevádzky, najviac však 4 m<sup>2</sup> na osobu. Tým bol počet osôb značne nadhodnotený a potreba únikových východov a ciest predimenzovaná. Preto sa v praxi stretávame s tým, že značeniu únikových ciest sa nevenuje taká pozornosť, akú by si vyžadovali. V súčasnosti je už platná nová norma na Obsadenie objektov osobami. Pri výpočtoch osôb v objekte pomocou novej normy sa dostaneme na reálnejšie číslo a aj množstvo únikových východov bude reálnejšie. Za pozornosť určite stojí smerovanie únikových ciest cez skladovacie priestory a cez prenajaté priestory koncesíí. Takéto riešenie nie je veľmi výhodné z hľadiska zabezpečenia ich trvalej voľnosti. Navrhujeme do vyhlášky MV SR č. 94/2004, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, zakotviť aby únikové cesty pre návštevníkov zo zhromažďovacích priestorov nevedli cez skladovacie priestory ani cez priestory obchodného zázemia prenajatých priestorov koncesíí. A ďalej odporúčame zvážiť vhodnosť riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavby pri delení na požiarne úseky takým spôsobom, pri ktorom toto riešenie znemožní únik návštevníkov cestou, ktorou sa do objektu dostali. Psychologické štúdie ale aj skúsenosti pri mimoriadnych udalostiach poukazujú na to že človek sa v takýchto situáciách správa inak ako predpokladajú výpočty pri projektovom riešení protipožiarnej bezpečnosti stavieb, v ktorých sú obchodné zábavné centrá. Je potrebné tieto poznatky zvážiť a prispôbiť jednotlivé riešenia pri samotnom projektovaní ale tiež pri zmenách legislatívy. V Českej republike v niektorých obchodných centrách zabezpečuje kompletný servis budov v rámci požiarnej bezpečnosti jedna firma, to znamená prevádzku, opravu, pravidelné kontroly požiarne technických zariadení a tiež zabezpečovanie služieb požiarneho technika alebo špecialistom požiarnej ochrany pri zmenách nájomníkov v jednotlivých koncesiách. Legislatíva v Českej republike je veľmi podobná legislatíve u nás, preto aj problémy sú veľmi podobné. V jednom z takýchto centier po dohode s majiteľom objektu to vyriešili tak, že majiteľ nájomcom ponúka v rámci nájmu aj služby požiarneho technika a ak to príjmu, sú im poskytnuté dohodnuté úľavy. Samozrejme, že zmluvu s požiarnym technikom má každý nájomca vlastnú. Takto sa im podarilo v rámci jedného objektu zabezpečiť komplexné plnenie povinností na úseku požiarnej ochrany. Je to zaujímavé riešenie v rámci platnej legislatívy. Takýto prístup zo strany vlastníkov by aj u nás vyriešil niektoré problémy, napr. chaotické značenie únikových ciest.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] DOBROVODSKÝ, M., Protipožiarna zabezpečenie stavby Obchodno zábavné centrum objekt č. 3 10/2006 8. GIERTLOVÁ, Z.; 2009 Požiarna ochrana v obchodných centrách podľa predpisov v SRN.
- [2] HLOUŠKOVÁ, H.; 2001 Návrh únikových cest z hľadiska pravdepodobnosti neprůchodnosti únikového východu. In: Požární ochrana 2001. - ISBN 80-86111-87-3. - Roč. 10, s. 158, 2 obr., 1 tab
- [3] JANUŠKA, L. Evakuácia osôb zo zhromažďovacích priestorov veľkých nákupných centier - problematika riešenia v štádiu projekčných prác a v štádiu prevádzky týchto centier. Poznatky a postrehy
- [4] KAŠUBA, M – MIKOLAI, I.; 2011 Počítačové modelovanie a experimentálne overenie požiarneho vetrania v nákupných centrách v priamej nadväznosti na bezpečnú evakuáciu osôb (SHOPPING MALL) FIRECO 2011
- [5] KOMÁR, P. 4.-5. mája 2011 IX. medzinárodná konferencia FIRECO 2011 262 Trenčín
- [6] KRAFT, Markus., 4/2007 Betriebliche Massnahmen zur Panikprevention bei kleineren Versammlungsstätten VFDH (171-176)
- [7] KUCBEL, J., 2004: Protipožiarna bezpečnosť stavieb, Bratislava, 2004
- [8] KUPLÍK, V.; 2006 Stavební konstrukce z požárního hlediska ISBN 80-247-1329-2, 2006
- [9] LOPUŠNIAK, M., SMUTNÝ, M., Konštrukcie pozemných stavieb, 2006, Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach ISBN 80-8073-705-3
- [10] MURPHY, C., 2002 Únik z oblastí hromadné koncentrace osob : Je lidské chování adekvátně vybaveno do prostředí moderního designu? In: Pyrometing. 2002 : 7 evropské setkání hasičů. ISBN 80-86607-00-3, 2002, s. 7-12.
- [11] ŠKODA, I., Protipožiarna zabezpečenie stavby Obchodno zábavné centrum objekt č. 1 9/2005.
- [12] VYHLÁŠKA č. 94/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb.
- [13] VYHLÁŠKA MV SR č. 121/2002 Z.z. o požiarnej prevencii. V znení neskorších predpisov.



[14] VYHLÁŠKA MV SR č. 719/2002 Z.z., ktorou sa ustanovujú vlastnosti prenosných hasiacich prístrojov a podmienky ich prevádzkovania a zabezpečovania pravidelnej kontroly.

[15] VYHLÁŠKA MV SR č. 478/2008 Z.z. o vlastnostiach, konkrétnych podmienkach prevádzkovania a zabezpečenia pravidelnej kontroly požiarneho uzáveru.

[16] VYHLÁŠKA MV SR č. 699/2004 Z.z. o zabezpečení stavieb vodou na hasenie požiarov.

**Adresa autora**

*doc. Ing. Miroslav Žitňák, PhD.*

*SPU v Nitre, Technická fakulta, Katedra stavieb*

*Tr. A. Hlinku 2, 94901 Nitra*



## POŽIARNE RIZIKO KLASICKÝCH ŽIAROVIEK FIRE RISK OF INCANDESCENT LIGHT BULBS

JOZEF MARTINKA, KAROL BALOG, VLADIMÍR ADAMEC

### Abstrakt

Predložený príspevok sa zaoberá výskumom požiarneho rizika klasických žiaroviek. Požiarne riziko žiaroviek bolo posúdené na základe ich povrchovej teploty po 15 a 60 minútach prevádzky. Výskumu bolo podrobených 6 žiaroviek s príkonom 25, 40, 60, 75, 150 a 200 W. Žiarovky boli inštalované v objímke svietidla umiestneného pod stropom v miestnosti s rozmermi (4 x 4 x 2,7) m. Teplota v miestnosti bola  $20 \pm 3$  °C a relatívna vlhkosť vzduchu  $50 \pm 5$  %. Získané údaje dokazujú, že všetky skúmané žiarovky vykazujú významný rozdiel medzi teplotou na povrchu banky žiarovky a v blízkosti päťice. Na povrchu banky dosiahla najnižšiu teplotu (65,5 °C) žiarovka s príkonom 25 W (po 15 minútach prevádzky) a najvyššiu teplotu (107 °C) žiarovka s príkonom 75 W (po 60 minútach prevádzky). V blízkosti päťice dosiahla najnižšiu teplotu (124 °C) žiarovka s príkonom 25 W (po 15 minútach prevádzky) a najvyššiu teplotu (203 °C) žiarovka s príkonom 75 W (po 60 minútach prevádzky). Získané údaje ďalej dokazujú, že medzi teplotami na povrchu žiarovky po 15 a 60 minútach prevádzky sú len minimálne rozdiely. Získané údaje ďalej dokázali, že povrchová teplota žiarovky nezávisí len od jej príkonu, ale aj od geometrie.

**Kľúčové slová:** *Klasická žiarovka, iniciácia materiálov, požiarne riziko, zisťovanie príčin vzniku požiarov.*

### Abstract

This manuscript deals with the investigation of fire risk of incandescent light bulbs. The fire risk of incandescent light bulb has been determined on the base of its surface temperature after 15 and 60 minutes of lightning. Six incandescent light bulbs with input power of 25, 40, 60, 75, 150 and 200 W have been investigated. The incandescent light bulbs have been installed in the lamp socket of lighting device located under the ceiling of room with dimensions of (4 x 4 x 2.7) m. The room temperature has been of  $20 \pm 3$  °C and the relatively humidity of air has been of  $50 \pm 5$  %. Obtained results proved that



investigated incandescent light bulbs show significant difference between temperatures at the bulb of incandescent light bulb and temperatures near the incandescent light bulb socket. The lowest measured temperature (66.5 °C) on the surface of incandescent light bulb has been reached at incandescent light bulb with input power of 25 W after 15 minutes of lightning. The highest measured temperature (107 °C) has been measured on the surface of incandescent light bulb and has been reached at incandescent light bulb with input power of 75 W after 60 minutes of lightning. Furthermore obtained results proved that differences between temperatures on the incandescent light bulb surface after 15 and 60 minutes of lightning are negligible. Moreover the obtained results proved that surface temperature of incandescent light bulb is dependent not only on the input power but also on its geometry.

**Keywords:** *Incandescent light bulb, Materials ignition, Fire risk, Fire investigation.*

## ÚVOD

Pri prevádzke klasických žiaroviek sa premení na svetlo len približne 8 až 10 % spotrebovanej elektrickej energie. Zvyšná časť elektrickej energie (90 až 92 %) sa premení na teplo. Z hľadiska ochrany pred požiarimi je teda klasické žiarovky korektnejšie považovať za elektrotepelný spotrebič, ako za zdroj svetla.

Nariadením komisie (ES) č. 244/2009 a č. 245/2009 bola výroba a predaj klasických žiaroviek v Európskej únii (pre použitie ako zdrojov osvetlenia v domácnostiach) prakticky zakázaný. Klasické žiarovky však v porovnaní s novými zdrojmi svetla používanými v domácnosti (predovšetkým kompaktné žiarivky a LED žiarivky) vykazujú podstatne vyššie hodnoty indexu podania farieb. Index podania farieb (svetelného zdroja) je v EN 12665:2011 definovaný ako hodnota určená pre špecifikáciu miery priblíženia farby predmetu osvetleného svetelným zdrojom jeho farbe pri osvetlení referenčným svetelným zdrojom. Zatiaľ čo klasické žiarovky vykazujú index podania farieb rovný 100 (podanie farieb rovnaké, ako pri osvetlení referenčným zdrojom), kompaktné žiarivky a LED žiarivky len málokedy dosahujú hodnoty indexu podania svetla vyššie ako 80. Nezanedbateľnou výhodou klasických žiaroviek je aj ich relatívne nízka nákupná cena (v porovnaní s kompaktnými a LED žiarivkami).



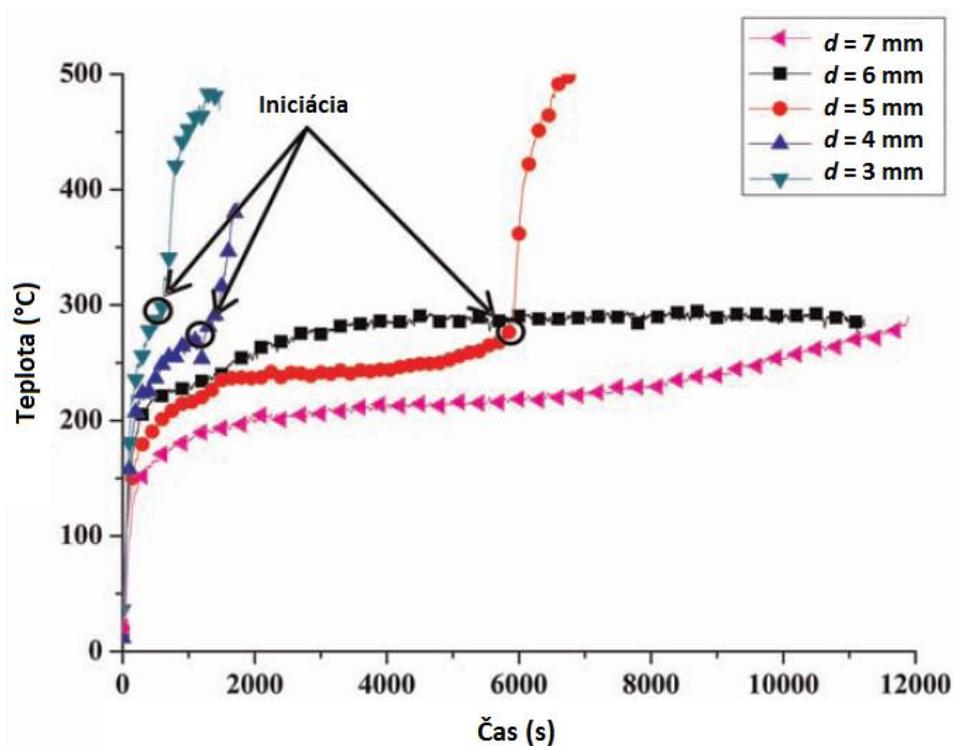
Následkom uvedených výhod klasických žiaroviek sa tieto predávajú v Európskej únii naďalej, pričom je predpoklad zachovania ich predaja aj do budúcnosti. Klasické žiarivky sa však následkom požiadaviek citovaných nariadení komisie (ES) nepredávajú ako svetelné zdroje pre domácnosti, ale ako elektrotepelné spotrebiče alebo ako špeciálne zdroje osvetlenia do priemyselných podmienok, ktoré nie sú vhodné pre domácnosti. Napriek uvedenej skutočnosti sa takéto klasické žiarovky konštrukčne vôbec nelíšia od žiaroviek používaných v minulosti a ich používanie v domácnostiach je dnes bežné. Na tomto mieste je však potrebné upozorniť, že ak sa používa klasická žiarovka ako elektrotepelný spotrebič, musia byť dodržané minimálne vzdialenosti od materiálov s triedou reakcie na oheň inou ako A1 a A2 vyžadované prílohou č. 1 k vyhl. MV SR č. 401/2007 Z. z.

Cieľom predloženého príspevku je stanoviť teplotu na povrchu klasických žiaroviek s príkonom 25, 40, 60, 75, 150 a 200 W po 15 a 60 minútach svietenia a na základe získaných údajov vyhodnotiť ich potenciál iniciácie bežných materiálov nachádzajúcich sa v domácnosti.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Z pomeru elektrickej energie premenenej v klasickej žiarovke na teplo a na svetlo vyplýva, že klasická žiarovka je elektrotepelný spotrebič. Účinnosť klasickej žiarovky ako iniciačného zdroja posúdili An a kol. (2012). Na výskum použili vzorku dreva Paulownie (*Paulownia tomentosa*) s rozmermi 0,2 x 0,2 x 0,02 m, absolútnou vlhkosťou 1 % a hustotou 300 kg.m<sup>-3</sup>. Vzorka bola zaťažená tepelným tokom z klasickej žiarovky s príkonom 200 W. Citovaný autori skúmali tri vzájomné orientácie vzorky voči žiarovke (horizontálna nad žiarovkou vo vzdialenostiach 0, 3, 4, 5, 6 a 7 mm, vertikálna vo vzdialenostiach 0 a 3 mm a horizontálna pod žiarovkou vo vzdialenosti 3 mm). Pri umiestnení vzorky v horizontálnej polohe nad žiarovkou bolo pozorované zapálenie vzorky do vzdialenosti 5 mm od žiarovky (pri väčšej vzdialenosti zapálenie vzorky nenastalo). Pri vertikálnej orientácii nebolo zapálenie vzorky pozorované pri žiadnej zo skúmaných vzdialeností od žiarovky. Pri horizontálnej orientácii vzorky pod žiarovkou vo vzdialenosti 3 mm bolo pozorované vznietenie v čase približne rovnakom ako pri horizontálnej orientácii vzorky nad žiarovkou (1623 s pri vzorke nad žiarovkou a 1600 s pri vzorke pod žiarovkou) (An a kol. 2012 a Balog a kol. 2015).

Teploty zmerané na povrchu vzorky pri jej horizontálnej orientácii nad žiarovkou vo vzdialenosti od 3 do 7 mm ilustruje obr. 1.



Obr. 1 Teplota na povrchu horizontálne orientovanej vzorky dreva Paulownie zaťaženej zo spodnej strany žiarovkou s príkonom 200 W (An a kol. 2012)

Fig. 1 Temperature on the surface of the horizontally oriented sample of Paulownia wood loaded from lower side by the incandescent light bulb with input power of 200 W (An et al. 2012)

Čas do zapálenia vzorky dreva Paulownie pri jej zaťažení žiarovkou je možné odhadnúť z rovnice (1), ktorú odvodili An a kol. (2012).

$$t_{\text{ign}} = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot c}{\pi} \cdot \frac{(T_{\text{ign}} - T_a)^2}{(q'' - q''_{\text{cr}})^2} \quad (\text{s}) \quad (1)$$

$t_{\text{ign}}$ : čas do iniciácie vzorky (s)

$\lambda$ : koeficient tepelnej vodivosti vzorky ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

$\rho$ : hustota vzorky ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$c$ : merná tepelná kapacita vzorky ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

$T_{\text{ign}}$ : teplota na povrchu vzorky v okamihu iniciácie (K)

$T_a$ : teplota okolia (K)

$q''$ : hustota tepelného toku vyžarovaného z povrchu žiarovky ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )



$q''_{cr}$ : kritická hustota tepelného toku vzorky ( $W \cdot m^{-2}$ )

Hustota tepelného toku vyžarovaného z povrchu žiarovky sa počíta podľa rovnice (2), ktorú odvodili An a kol. (2012).

$$q'' = \frac{\eta \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot D^2} \quad (W \cdot m^{-2}) \quad (2)$$

$\eta$ : podiel energie vyžiarenej radiáciou k elektrickému príkonu žiarovky (-)

$P$ : elektrický príkon žiarovky (W)

$D$ : vzdialenosť povrchu exponovaného vzorky od stredu vlákna žiarovky (m)

Kritickú hustotou tepelného toku Paulownie pri jej zaťažení tepelným tokom (tepelnou radiáciou a tepelnou konvekciou) zo žiarovky s príkonom 200 W stanovili Wang a kol. (2014). Citovaný autorský kolektív stanovil kritickú hustotou tepelného toku na približne  $10 \text{ kW m}^{-2}$  (táto hodnota sa mierne mení v závislosti od orientácie vzorky). Uvedená hodnota je nižšia, ako bežne akceptovaná kritická hustota tepelného toku dreva materiálov na báze dreva, nakoľko z výsledkov vedeckých prác, napr. Parkera (2009) a Shi a Chew (2013), vyplýva, že kritická hustota tepelného toku meraná na kónickom kalorimetri (podľa ISO 5660-1:2002) alebo metódou radiačného panela (podľa ISO 5657:1997) dosahuje vyššie hodnoty ako  $10 \text{ kW m}^{-2}$  (typicky 15 až  $20 \text{ kW m}^{-2}$ ). Príčinou je pravdepodobne iná konfigurácia vzorky na kónickom kalorimetri a radiačnom paneli, ako aj iné parametre pomocného iniciačného zdroja na uvedených skúšobných zariadeniach (v porovnaní s aparátúrou použitou citovaným autorským kolektívom, v ktorej mala žiarovka funkciu tepelného žiariča aj iniciátora rozkladných plyných produktov).

### Popis experimentu

Výskumu boli podrobené klasické žiarovky s príkonom 25, 40, 60, 75, 150 a 200 W. Skúmané žiarovky boli zaskrutkované do objímky svietidla umiestneného pod stropom v miestnosti s rozmermi (4 x 4 x 2,7) m, s teplotou  $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  a relatívnou vlhkosťou vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Skúmané žiarovky boli zapnuté a ponechané v činnosti počas 60 minút. Počas doby svietenia bola meraná teplota na povrchu banky skúmaných žiaroviek termokamerou FLIR i3 po 15 a 60 minútach prevádzky. Emisivita povrchu bola na použitej termokamere nastavená na hodnotu 0,95.

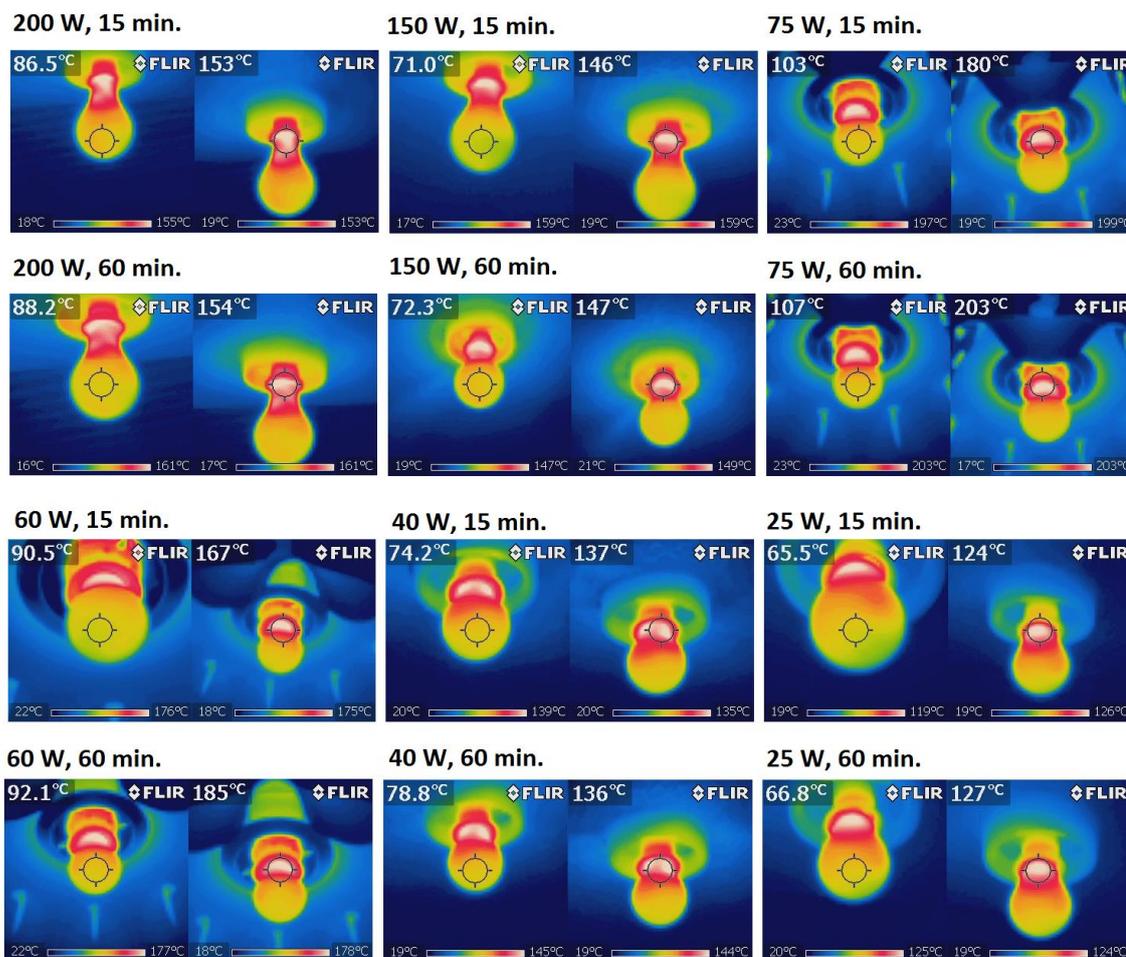


## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Teploty na povrchu banky a tesne pod päticou skúmaných žiaroviek po 15 a 60 minútach kontinuálneho svietenia ilustruje obr. 2.

Údaje na obr. 2 dokazujú, že teplota na povrchu žiarovky (na povrchu banky aj v blízkosti päty) nezávisí len od elektrického príkonu, ale aj od jej geometrie (žiarovky s príkonom od 25 do 75 W mali menší rozmer, ako žiarovky s príkonom 150 a 200 W). Pri žiarovkách s rovnakou geometriou (prvú skupinu tvorili žiarovky s príkonom 25, 40, 60 a 75 W a druhú skupinu tvorili žiarovky s príkonom 150 a 200 W) narastala ich povrchová teplota s narastajúcim elektrickým príkonom.

Z porovnania teplôt dosahovaných na povrchoch skúmaných žiaroviek (obr. 2) s teplotami vznietenia a vzplanutia (prípadne teplotami začiatku termického rozkladu) materiálov bežne používaných v domácnostiach, publikovanými vo vedeckých prácach Babrauskasa (2003), Kačíkovej a kol. (2006), Kačíkovej a Makovickej Osvaldovej (2009), Zachara (2010), Zachara a kol. (2012) a Tereňovej (2012), vyplýva, že krátkodobý kontakt povrchu žiarovky s týmito materiálmi nepredstavuje významne zvýšené riziko vzniku požiaru. Tento záver však platí len pre krátkodobý kontakt (a za predpokladu inštalácie žiarovky za podmienok zhodných alebo podobných s podmienkami vykonania experimentu). Pri dlhodobejšom kontakte (rádovo desiatky minút, dni až roky) s materiálmi na báze organických polymérov, nie je možné vylúčiť ich iniciáciu. Príčinou je možnosť kumulácie tepla, napr. následkom bezprostredného kontaktu alebo veľmi krátkej vzdialenosti medzi materiálom a žiarovkou (rádovo jednotky mm), ako aj skutočnosť, že prakticky všetky materiály je možné pri dlhodobom zahrievaní zapáliť pri teplote nižšej, ako je ich teplota vznietenia alebo vzplanutia.



Obr. 2 Tepoty na povrchu klasických žiaroviek s príkonom 25 až 200 W po 15 a 60 minútach svietenia

Fig. 2 Temperatures on the surface of the incandescent light bulb with power input from 25 to 200 W after 15 and 60 minutes of lighting

Údaje na obr. 2 ďalej dokazujú významne nehomogénne rozloženie teplôt po povrchu skúmaných žiaroviek. Príčinou je jednak Joulov stratový výkon v mieste kontaktu objímky svietidla s päticou žiarovky, ako aj zhoršený odvod tepla smerom k svietidlu (v porovnaní s voľným priestorom pod žiarovkou).

Z údajov na obr. 2 ďalej vyplýva, že čas svietenia žiarovky (po 15 minútach) má len zanedbateľný vplyv na ďalší nárast povrchovej teploty skúmaných žiaroviek. Toto konštatovanie platí len pre skúmané podmienky inštalácie žiaroviek.



## ZÁVER

V predloženom príspevku bolo posúdené požiarne riziko klasických žiaroviek. Zo získaných údajov vyplýva, že pri inštalácii žiarovky (s príkonom od 25 do 200 W) spôsobom, ktorý umožňuje jej ochladzovanie do okolia (tepelnou radiáciou aj tepelnou konvekciou) sa jej povrch neprehreje na teplotu, ktorá je kritická z hľadiska iniciácie väčšiny bežne používaných materiálov. V prípade inštalácie žiarovky spôsobom, ktorý umožňuje dlhodobý bezprostredný kontakt s materiálmi na báze organických polymérov (alebo sa vzájomná vzdialenosť medzi žiarovkou a organickým materiálom pohybuje v hodnotách rádovo jednotky mm) nie je možné vylúčiť iniciáciu a následný požiar takýchto materiálov.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH UDAJOV

- [1] AN, K., HE, Y., LI, Z., MI, W., W, J. 2012. *A study of ignition of timber by incandescent lamp*. In: Journal of Fire Sciences. ISSN 0734-9041, 2012, roč. 30, č. 6, s. 552-565.
- [2] BABRAUSKAS, V. 2003. *Ignition Handbook*. Issaquah: Fire Science Publishers, 2003. 1116 s. ISBN 0-9728111-3-3.
- [2] BALOG, K., KAČÍKOVÁ, D., MARTINKA, J. 2015. *Zisťovanie príčin vzniku požiarov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2015. V tlači.
- [3] EN 12665:2011 : Light and lighting: basic terms and criteria for specifying lighting requirements.
- [4] KAČÍKOVÁ, MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L. 2009. Rýchlosť odhorievania dreva z rôznych častí stromu vybraných ihličnatých drevín. In: *Acta Facultatis Xylologiae*. ISSN 1336-3824, 2009, roč. 51, č. 1, s. 27-32.
- [5] KAČÍKOVÁ, D., VELKOVÁ, V., HEINC, P. 2006. Analysis of the thermal degradation products from solid wood and wooden composites. In: *Fire engineering: proceedings of the 2nd international scientific conference*. Zvolen: Bratia Sabovci, 2006. S. 101-105. ISBN 80-89241-03-4.
- [6] ISO 5657:1997: Reaction to fire tests: Ignitability of building products using a radiant heat source.
- [7] ISO 5660-1:2002: Reaction to fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).



- [8] NARIADENIAMI KOMISIE (ES) Č. 244/2009 z 18. marca 2009, ktorým sa vykonáva smernica Európskeho parlamentu a Rady 2005/32/ES v súvislosti s požiadavkami na ekodizajn nesmerových svetelných zdrojov pre domácnosť.
- [9] NARIADENIAMI KOMISIE (ES) č. 245/2009 z 18. marca 2009, ktorým sa vykonáva smernica Európskeho parlamentu a Rady 2005/32/ES v súvislosti s požiadavkami na ekodizajn žiaroviek bez zabudovaného predradníka, výbojok s vysokou svietivosťou a predradníkov a svietidiel, ktoré sú schopné ovládať takéto svetelné zdroje a ktorým sa ruší smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/55/ES.
- [10] PARKER, W. J. 2009. Prediction of the heat release rate from basic measurements. In: *Heat Release in Fires*. London: Interscience Communications, s. 331 – 356. ISBN 978-0-9556548-4-8.
- [11] SHI, L., CHEW, M., I., L. 2013. Experimental study of woods under external heat flux by autoignition. In: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. ISSN 1388-6150, roč. 111, č. 2, s. 357-372.
- [12] TEREŇOVÁ, L. 2012. Impact of moisture on the ignition temperature of spruce wood. In: *Wood and fire safety: 7th international scientific conference: proceedings*. Ostrava: Šmíra - Print, 2012. S. 315-318. ISBN 978-80-87427-23-1.
- [13] 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.
- [14] WANG, F., HE, Y., LI, P., CHEN, X., ZHOU, D., WANG, J. 2014. *Experimental and theoretical study of the ignition of timber by an incandescent lamp*. In: *Journal of Fire Sciences*. ISSN 0734-9041, 2014, roč. 32, č. 2, s. 165-178.
- [15] ZACHAR, M. 2010. Selected deciduous wood species flash ignition and ignition temperature determination. In: *Fire engineering: proceedings of the 3rd international scientific conference*. Zvolen: Bratia Sabovci, 2010. s. 431-438. ISBN 978-80-89241-38-5.



- [16] ZACHAR, M., MITTEROVA, I., XU, Q., MAJLINGOVA, A., CONG, J. 2012. Determination of fire and burning properties of spruce wood. In: *Drvna Industrija*. ISSN 0012-6772, 2012, roč. 63, č. 3, s. 217-223.

### Pod'akovanie

*Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore agentúry KEGA MŠVVaŠ SR, pre projekt č. 002STU-4/2013: „Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke“.*

### Adresa autorov

Ing. Jozef Martinka, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Paulínska 16, 917 24 Trnava

+421 910 147 949, jozef.martinka@stuba.sk

Prof. Ing. Karol Balog, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Paulínska 16, 917 24 Trnava

+421 918 646 041, karol.balog@stuba.sk

doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.

Vysoké učení technické v Brně

Ústav soudního inženýrství

Purkyňova 464/118, 612 00 Brno

+420 541 148 953, vladimir.adamec@usi.vutbr.cz



## PROBLEMATIKA HYDRAULICKÝCH STRÁT V HADICOVOM VEDENÍ

### THE ISSUE OF LOSSES IN HYDRAULIC HOSE LINES

JOZEF SVETLÍK

#### Abstrakt

Príspevok sa zaoberá charakterom hydraulickými stratami v hadicovom vedení a prináša nové poznatky pre hasičskú prax v oblasti používania niektorých vybraných parametrov pre ich výpočet.

**Kľúčové slová:** *doprava vody, straty, hadicové vedenie, zásah.*

#### Abstract

The paper deals with the nature of hydraulic losses in the hose lines and brings new insights for fire practice in the use of some selected parameters for the calculation.

**Keywords:** *transport water loss, hose lines, fire intervention.*

#### ÚVOD

Prúdenie kvapalín v priestore so sebou prináša premenu kinetickej energie kvapaliny na formy, na pre dopravu nežiaduce formy. Jedná sa najmä o hluk, trenie, teplo a iné. Pre energetickú rovnováhu v sústave, v ktorej dopravujeme vodu za reálnych podmienok platí bernouliho rovnica prúdiacej kvapaliny:

$$\frac{\alpha \cdot u^2}{2g} + z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \sum Z_i = \text{konšt} \quad (1)$$

Kde:

$\alpha$  - coriolisovo číslo (-)

$u$  – stredná prierezová rýchlosť kvapaliny ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$g$  – gravitačné zrýchlenie ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )

$\rho$  – hustota kvapaliny ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$p$  – tlak kvapaliny (Pa)



$Z_i$  – stratová výška (m)

V praxi sa stretáme s problémom určenia tlakových strát pri doprave vody hadicovým vedením. Pri pohybe reálnych kvapalín rozoznávame tri základné druhy hydraulických strát:

- straty výškové – prekonanie geodetickej výtlačnej výšky,
- straty trením – vplyvom trenia jednotlivých vrstiev kvapaliny,
- straty miestne – dochádza ku zmene rýchlostného poľa prúdiacej kvapaliny.

### VÝŠKOVÁ TLAKOVÁ STRATA V HADICIACH

Výšková strata nastáva pri doprave kvapalín do výšok. Sú to straty spojené s prekonávaním výškových rozdielov či už terénnych alebo v budovách. Táto strata je ako jediná závislá od hostoty kvapaliny a ne od rýchlosti prúdenia. Ide prakticky o hydrostatický tlak kvapaliny vodného stĺpca, ktorý musí kvapalina prekonať. Pre vodu je zjednodušený vzťah [4]:

$$P_{vg} = 0,01 * z_{vg} \quad (2)$$

kde:

$z_{vg}$  – je geodetická výtlačná výška [m],

$P_{vg}$  - strata tlaku z prevýšenia (MPa)

### STRATA TRENÍM

Stratu trením predstavuje v hasičskej praxi trenie čiastočiek kvapaliny (vody) o steny hadíc, armatúr a samých seba navzájom, pričom nedochádza k zmene smeru rýchlostného poľa kvapaliny. Teoreticky je možné túto stratu vyjadriť znova bernouliho rovnicou, pričom je potrebné ju modifikovať a zjednodušiť pre potreby hasičov. Takáto rovnica má potom tvar [4]:

$$P_{zl} = \frac{L}{A} Q^2 \quad (3)$$

Kde:

L – dĺžka použitých hadíc v stovkách metrov,

Q – množstvo dopravovanej vody za 1 minútu v tisíckach litrov,

A – konštanta vyjadrujúca druh používaných hadíc.

V tomto vzťahu úlohu zjednodušenia na seba preberá konštanta A závislá od typu hadíc, pričom odzrkadľuje najmä priemer hadice a parameter  $\lambda$ , čo je súčiniteľ straty trením závislý od typu prúdenia kvapaliny.

V minulosti boli v praxi merané straty trením v 70 a 80 rokoch minulého storočia (Ing. Palúch a kolektív). Avšak hodnoty, ktoré boli namerané a stanovené pre výpočet boli správne pre vtedy používané hadice [4,5]. Materiály terajších zásahových hadíc sa ani zďaleka nepodobajú vtedajším. Preto sme, okrem iných autorov, na katedra požiarneho inžinierstva iniciovali meranie dĺžkových strát trením v nových typoch hadíc a odvodili konštantu A. pre zásahové hadice typu D s vnútorným priemerom 25 mm to bola úplne nová konštanta. Dovtedy sa tieto hadice nepoužívali. Namerané hodnoty je možné vidieť v tabuľke 1.

**Tab. 1 Hodnoty parametra „A“ [1]**

**Tab. 1 The value of "A" [1]**

<b>Druh hadíc</b>	<b>Konštanta dĺžkových strát A súčasných hadíc (Experimentálna)</b>	<b>Konštanta dĺžkových strát A súčasných hadíc (Pre použitie v praxi)</b>	<b>Konštanta dĺžkových strát A pôvodných hadíc</b>
<b>B 75</b>	<b>6,386 ± 0,585</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>C 52</b>	<b>0,965 ± 0,044</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>
<b>D 25</b>	<b>0,020 ± 0,001</b>	<b>0,02</b>	<b>nemerané</b>

### **MIESTNE STRATY**

Miestne straty vznikajú pri prúdení kvapaliny cez armatúry, pričom dochádza k zmene rýchlostného poľa prúdnic. K takejto zmene dochádza spravidla ak dôjde k náhlemu rozšíreniu alebo zúženiu potrubia. Tieto straty je možné všeobecne vyjadriť [3]:

$$h_z = \xi_m \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

kde:

$\xi_m$  - súčiniteľ miestnej straty,

$v$  - stredná prierezová rýchlosť kvapaliny ( $\text{m.s}^{-1}$ )

$h_z$  – stratová výška kvapaliny (m stĺpca kvapaliny)

Jedným z hlavných prvkov v hadicovom vedení hasičských jednotiek je rozdeľovač, slúži na rozdelenie dopravného prúdu na útočné, prípadne dopravné, alebo kombinované. Aj pri týchto stratách a hodnotách strát sa odzrkadľuje vedecký pokrok. Staršie typy vretenových rozdeľovačov, rozšírených vo vtedajšom Československu, predstavujú v prípade použitia armatúry z väčšími priamymi stratami tlaku na hadicovom vedení, ako novšie typy s guľovými uzávermi. V tabuľke 2 a 3 je možné vidieť rozdiel strát medzi guľovým a vretenovým rozdeľovačom pri prietoku vody priamym smerom a bočným výtokom rozdeľovača.

**Tab. 2 Strata tlaku vody pri výtoku cez bočné hrdlo rozdeľovača[3]**  
**Tab. 2 Loss of water pressure at the outlet through the side neck distributor[3]**

Typ rozdeľovača	Prietok (l.min <sup>-1</sup> )	Miestna strata (MPa)
vretenový	200	0,09
guľový		0,06
vretenový	410	0,28
guľový		0,18
vretenový	585	-
guľový		0,26
vretenový	820	1,19
guľový		0,7
vretenový	1000	1,74
guľový		1,1

**Tab. 3 Strata tlaku vody pri výtoku priame hrdlo rozdeľovača [3]**  
**Tab. 3 Loss of water pressure at the outlet socket direct distributor[3]**

Typ rozdeľovača	Prietok (l.min <sup>-1</sup> )	Miestna strata (MPa)
vretenový	820 l.min <sup>-1</sup>	0,18
guľový		0,08
vretenový	1000 l.min <sup>-1</sup>	0,29
guľový		0,12



## ZHRNUTIE A ZÁVER

Určenie veľkosti straty tlaku hadicového vedenia sú jedným zo základov, ktorý musia ovládať velitelia zásahu, prípadne pomocníci v štábe veliteľa. K tomu využívajú teoretické poznatky a praktické skúsenosti s podporou rôznych pomôcok pre rýchly odhad taktických parametrov. V súčasnosti sa do popredia dostáva otázka možného využitia výpočtovej techniky pre optimalizáciu trás dopravného hasičského vedenia pri zdolávaní požiarov. Celý proces dopravy vody pozostáva z dvoch základných fáz teoretickej prípravy a realizačnej fázy. V prípade, že stanovenie jednotlivých parametrov je nesprávne, dochádza k neadekvátnemu zásahu na mieste požiaru a čiastočne aj k neúspechu.

Údaje uvedené v článku sú hodnoty namerané v rámci riešenia ročníkových, bakalárskych a diplomových prác. Je možné povedať, že vykazujú určitú mieru nepresnosti, vzhľadom na metodiku merania, avšak na druhej strane je potrebné povedať, že presnosť 1/10 baru je v hasičskej praxi postačujúca. V tomto smere sú hasiči odkázaní priamo na hasičskú techniku a jej meracie zariadenia, ktoré neumožňujú presnejšie meranie.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] FARKAŠ, D.: *Prietokové parametre používaných hasičských hadíc*. Diplomová práca. Vedúci DP: Ing. Jozef Svetlík, PhD.; Fakulta špeciálneho inžinierstva; Odbor 8.3.6 Záchranné služby; 2010
- [2] KOVÁŘÍK, K., SITÁNYIOVÁ, D., DRUSA, M. 2003. *Hydraulika a hydrológia*. Žilina: EDIS, 2003. 260 s. ISBN: 80-8070-037-0
- [3] MRAVÍK, J. 2013: *Miestne straty tlaku pri doprave vody na požiarisko*. Diplomová práca. Vedúci DP: Ing. Jozef Svetlík, PhD.; Fakulta špeciálneho inžinierstva; Odbor 8.3.6 Záchranné služby; 2013
- [4] PALÚCH, I. 1976. *Hydraulika – teória a prax pre zdolávanie požiarov*. 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1976. 428 s.
- [5] PALÚCH, I. 1981. *Technické prostriedky požiarnej ochrany*. 1. vyd. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1981. 444 s.



**Adresa autora**

Ing. Jozef Svetlík, PhD.

Katedra požiarneho inžinierstva,

Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline

1. Mája 32; 010 27 Žilina

Tel.: +421-41-513 6798; Email: Jozef.Svetlik@fbi.uniza.sk



**PROBLEMATIKA SPOL' AHLIVOSTI  
SPRINKLEROVÝCH HASIACICH ZARIADENÍ  
PROBLEMS OF RELIABILITY OF SPRINKLERS FIRE  
EXTINGUISHING SYSTEMS**

IVETA CONEVA

**Abstrakt**

Pre plánovanie a realizáciu každého stavebného projektu je dominantný rozpočet, ktorý sa odvíja hlavne od veľkosti, účelu stavby a jej požadovaného vybavenia. Ekonomická efektívnosť vynakladaných finančných prostriedkov na realizáciu stavebných projektov, v sebe zahŕňa aj optimálnu úroveň protipožiarna ochrany daných stavieb na základe platnej legislatívy. Príspevok sa zaoberá problematikou spoľahlivosti stabilných hasiacich zariadení, konkrétne sprinklerových hasiacich zariadení, ktorá patria medzi najspoľahlivejšie aktívne prvky požiarotechnických zariadení v systéme ochrany pred požiarom budov rôznej kategórie.

**Kľúčové slová:** *ochrana pred požiarom, protipožiarna ochrana stavieb, požiarotechnické zariadenia, sprinklerové hasiace zariadenia, spoľahlivosť.*

**Abstract**

For planning and execution of each construction project is the dominant budget, which depends mainly on the size, type of building and the required equipment. The economic efficiency of utilization of financial resources for the implementation of construction projects, implies the optimal level of fire protection given of buildings under existing legislation. The paper deals with the issue of the reliability of fixed fire extinguishing equipment, namely, sprinklers fire extinguishing systems, which are among the most reliable active elements of fire-fighting equipment in the system of fire protection of buildings of various categories.

**Keywords:** *fire protection, fire protection buildings, fire-fighting equipments, sprinklers fire extinguishing equipments, reliability.*



## ÚVOD

Na pôde Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline prebieha výskum formou riešenia projektu číslo APVV-0727-12 s názvom: „Model na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti protipožiarneho opatrení“ [1]. Hlavným cieľom projektu je skvalitniť a zjednodušiť hodnotenie ekonomickej efektívnosti protipožiarneho opatrení v rôznych kategóriách stavebných objektoch, prostredníctvom prakticky aplikovateľného modelu. Rozhodnutia vychádzajúce z jeho výsledkov povedú k zvýšeniu úrovne protipožiarnej bezpečnosti stavieb a k zlepšeniu využívania finančných prostriedkov potrebných na jej dosiahnutie. Prvky a systémy protipožiarnej bezpečnosti musia byť realizované prakticky v každej stavbe, sú vyžadované platnou legislatívou a ich primárnym cieľom je ochrana zdravia a životov ľudí pred požiarmi, ale súčasne zabezpečujú aj ochranu majetku a materiálnych hodnôt a v neposlednej rade aj ochranu životného prostredia [1].

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Optimálna úroveň protipožiarnej ochrany rôznych stavebných objektoch je ovplyvnená typom a určením stavby (jej kategóriou), charakteristikami jej používateľov, rozsahom chránených hodnôt a ich kritickosťou z hľadiska prevádzky. Rovnako je potrebné kvantifikovať riziko vzniku požiaru a rozsah potenciálnych následkov, účinnosť a ekonomickú náročnosť protipožiarneho systémov a zariadení, súčasťou ktorých sú aj stabilné hasiace zariadenia, konkrétne sprinklerové hasiace zariadenia. Pre komplexné riešenie zadefinovanej problematiky je nutné prepojiť jej bezpečnostný a ekonomický aspekt. Jednak je potrebné zhodnotiť aká úroveň protipožiarnej bezpečnosti sa dosiahne implementáciou vybraných protipožiarneho systémov a zariadení, inými slovami ako sa zníži pravdepodobnosť vzniku požiaru, jeho rozsah a následky. Na druhej strane je zase potrebné zadefinovať spôsoby finančného ohodnotenia jednotlivých prostriedkov a zariadení, týkajúceho sa ich obstarania a údržby, ako aj kvantifikácie priamych a nepriamych škôd, respektíve ušetrovaných hodnôt [1]. Požiarnotechnické zariadenia (PTZ) sú systémy, technické zariadenia a výrobky určené pre stavebné objekty, medzi ktoré patria: hasiace prístroje (HP), stabilné a polostabilné hasiace zariadenia (SHZ, PHZ), zariadenia na odvod tepla a splodín horenia, elektrická požiarne signalizácia (EPS), zariadenie na hasenie iskier v pneumatických dopravníkoch a požiarne uzávery [2], [3]. Požiarnotechnické zariadenia sa delia na aktívne a pasívne. K pasívnej ochrane



sa priradujú najmä: rozdelenie stavby na požiarne úseky a zabezpečenie požiarnej odolnosti stavebných konštrukcií. K aktívnej ochrane stavieb patria najmä nasledovné požiarnotechnické zariadenia: SHZ, EPS a zariadenia na odvod tepla a splodín horenia, ktoré sa samostatne aktivujú do činnosti na základe zadaných parametrov, automaticky vykonajú určité úkony, čím vytvárajú podmienky na spomalenie a zastavenie rozvoja požiaru, znižujú tepelne zaťaženie stavebných konštrukcií, zabezpečujú bezpečnosť osôb a ochranu majetku, lokalizáciu požiaru, vhodnejšie podmienky pre jednotky HaZZ pri likvidácii požiarov atď [2], [3]. Stabilné hasiace zariadenia (SHZ) patria k aktívnym prvkom protipožiarnej bezpečnosti v rôznych kategóriách stavebných objektov. SHZ je hasiace zariadenie, ktoré obsahuje najmä stabilný zdroj hasiacej látky, rozvodné potrubie, vypúšťaciu armatúru, spúšťací mechanizmus a signalizačné zariadenie [2],[4]. Sprinklerové hasiace zariadenia patria medzi SHZ, sú najspoľahlivejšie, najrozšírenejšie a najbezpečnejšie medzi hasiacimi zariadeniami, kde hasiacou látkou je najmä voda, poprípade pena a ktoré sa ovládajú najmä automaticky, ale môžu sa aj ručne. Ich hlavnou funkciou je včasne identifikovať a dostať pod kontrolu požiar v jeho začiatočnom štádiu [2], [3], [4], [5]. Sprinklerové hasiace zariadenia sa využívajú na zvýšenie ochrany pred požiarom rôznych budov, prevádzkarní a priestorov, najmä na ochranu technológií, skladov, ubytovacích, ale aj iných zariadení. Vo forme sprchovacieho prúdu sa na hasenie požiarov používa hasiaca látka voda (alebo pena), ktorá sa aplikuje vypúšťacími koncovkami – hubicami, ktoré sa nazývajú „sprinklery“. Sprinklery sa uvádzajú do činnosti autonómne, selektívne, vždy len tie, ktoré sú zohriate na tzv. „otváračiu teplotu“ [2], [3], [4], [5].

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

S nárastom celkovej výstavby budov rôznej kategórie, najmä s vybudovaním nových, veľkorozmerných obchodných, priemyselných ale aj logistických centier vznikla potreba ich ochrany pred požiarom, s využitím sprinklerových hasiacich zariadení. Stabilné hasiace zariadenie ako je sprinklerové hasiace zariadenie slúži ako aktívny prvok protipožiarnej bezpečnosti na ochranu pred požiarom v stavebných objektoch. Sprinklerové hasiace zariadenia zabezpečujú [2]:

- Skrátenie času detekcie požiaru (SHZ nenahradzuje systém EPS. Skrátenie doby detekcie požiaru otvorením hasiaceho zariadenia sa považuje iba za prostriedok na spustenie SHZ.).



Čas detekcie požiaru závisí od: vzdialenosti hasiaceho zariadenia (napr.: sprinklera) od miesta vzniku požiaru, nastavenia „otváracej teploty“ tepelnej poistky (sklenenej alebo tavnej), nastavenia teplotnej odozvy pomocou indexu reakčnej doby (RTI).

- Ochranu evakuovaným osobám (Ide o ich bezpečnú evakuáciu.)

Ochrana evakuovaných osôb závisí od: rozmiestnenia jednotlivých hasiacich zariadení a ich množstva, navrhovanej intenzity dodávky hasiacej látky, dodržania kritickej hustoty tepelného toku nižšieho ako  $10 \text{ kW.m}^2$  najmä na únikových cestách, udržania limitných (hraničných) hodnôt viditeľnosti.

- Lokalizáciu požiaru (Skrátenie doby pôsobenia požiaru.).

Lokalizácia požiaru závisí od: množstva horľavých látok a rýchlosti rozvoja požiaru, nastavenia „otváracej teploty“ tepelnej poistky (sklenenej alebo tavnej), veľkosti zasiahnutej plochy, navrhovanej intenzity dodávky hasiacej látky, ktorá zabráni ďalšiemu rozširovaniu požiaru, minimálnej doby činnosti zariadenia.

- Ochranu budov a majetku (Zníženie tepelného zaťaženia stavebných konštrukcií.).

Ochrana budov a majetku závisí od: množstva horľavých látok a rýchlosti rozvoja požiaru, nastavenia rýchlej tepelnej odozvy, vyšších prietokov a od veľkostí kvapiek hasiacej látky (napr.: skladové sprinklery), navrhovanej intenzity dodávky hasiacej látky, minimálnej doby činnosti zariadenia.

- Zlepšenie podmienok zásahu jednotiek HaZZ MV SR.

Zlepšenie zásahu závisí od: veľkosti zasiahnutej plochy, navrhovanej intenzity dodávky hasiacej látky, minimálnej doby činnosti zariadenia.

Adekvátny návrh sprinklerového hasiaceho zariadenia v projektovej praxi aj pri realizácii napomáha znižovať požiarne riziko, zväčšovať hraničné rozmery požiarneho úseku alebo hraničné dĺžky nechránených únikových ciest. Výhody sprinklerových zariadení sú nasledovné [5]: predstavujú najrozšírenejší a najúčinnější spôsob aktívnej ochrany majetku a osôb; spúšťajú sa samočinne, a to len tie sprinklery, ktoré sú umiestnené nad ohniskom alebo v blízkosti ohniska požiaru; majú funkciu detekčného zariadenia; hasia požiar v prvej fáze rozvoja požiaru (pre porovnanie s ručným-fyzickým zásahom jednotiek HaZZ) za optimálnych podmienok, keď je možnosť ho rýchlo lokalizovať a likvidovať; využívajú vodu ako hasiacu látku, ktorá je relatívne lacná, dostupná a ekologická; znižujú sa environmentálne následky, napr.: znižuje sa tvorba  $\text{CO}_2$



a toxických splodín horenia; účinne ochladzujú ocelové konštrukcie; účinne zasiahnu aj pri podpaľáčstve; vytvárajú podmienky pre bezpečný zásah jednotiek HaZZ; majú vysoký stupeň spoľahlivosti a účinnosti; navrhované a skúšobné požiadavky sú vysoko unifikované (je možnosť ich využiť pri tvorbe a realizácii rôznych projektov). Sprinklerové zariadenia majú nasledovné nedostatky [5]: majú len funkciu dostať požiaru pod kontrolu, z čoho vyplýva, že je nutná súčinnosť s jednotkami HaZZ; nie sú vhodné na hasenie požiarov pod napätím (je nutné dodržiavať osobitné opatrenia); zaobstarávanie cena sprinklerovej ochrany je relatívne vysoká, pri ochrane skladov a najmä ľudských životov je naopak relatívne nízka; majú vyššie nároky na zásobovanie vodou v porovnaní s hmlovým zariadením; nie je možné úplne eliminovať škody spôsobené únikom vody, napr. pri tlakových skúškach, úmyselným poškodením sprinklerov alebo pri zakladaní materiálov do regálov; pri hasení dochádza k znečisteniu hasiacej vody splodinami horenia, čo môže mať dopad na ekologické škody znečistenia spodnej vody (ak nie sú prijaté adekvátne opatrenia). Sprinklerové hasiace zariadenia sa nesmú používať na hasenie: síl alebo zásobníkov, ktoré obsahujú látky a materiály, ktoré pri kontakte s vodou zväčšujú svoj objem; priemyselných pecí alebo sušiarň, solných a kyselinových kúpeľov; vysokých pecí, taviacich a iných zariadení, kde sa zvyšuje požiarne riziko použitím vody na hasenie požiarov (aj v blízkosti daných zariadení); priestorov, miestností a miesta, kde by voda, ktorá vyteká zo sprinklerov mohla predstavovať požiarne riziko; v iných aplikáciách, podľa pôvodnej dokumentácie od výrobcu.

## SPOLĀHLIVOSŤ SPRINKLEROVÝCH HASIACICH ZARIADENÍ

Sprinklerové hasiace zariadenia sa v praxi v EÚ a v USA osvedčili ako najspoľahlivejšie aktívne požiarotechnické zariadenia zabezpečujúce nielen ochranu životov ľudí, ale aj ochranu majetkov a životného prostredia v rôznych kategóriách stavebných objektov. Podľa PD 7974-7:2003 sa spoľahlivosť SHZ pohybuje v intervale cca 60 – 95 %, zatiaľ čo spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení sa uvádza na viac ako 99 % [5], [6]. Možno predpokladať po konzultácii s odborníkmi z praxe, že spoľahlivosť viac ako 99 % nie je veľmi pravdepodobná. Uvedené hodnoty spoľahlivosti sprinklerov potvrdzujú, že majú dominantný význam pri riešení protipožiarnej bezpečnosti stavieb. V praxi sa však vyskytli aj prípady, keď bola ich spoľahlivosť vyhodnotená na menej ako 70 % [5], [6]. Na základe rôznych zahraničných štúdií v Japonsku, v Austrálii, v USA a vo Veľkej Británii uvedených v príspevku Bukowski,

R. a kolektív sa uvádza spoľahlivosť sprinklerových systémov pri požari od 95-99 %, pri tlení 50 % [7]. Spoľahlivosť sa definuje ako pravdepodobnosť, že systém funguje v požadovanom čase, že je 100 %-ne spoľahlivý v prípade, že sa aktivuje vždy, keď sa to vyžaduje a 0 %-nespoľahlivý vtedy, ak sa neaktivuje nikdy, keď sa to vyžaduje. Podľa tejto definície spoľahlivosť nie je zvyčajne ovplyvnená cieľom, a preto je rovnaká bez ohľadu na cieľ. V tabuľke 1 sú uvedené dostupné údaje o spoľahlivosti formou číselných percentuálnych hodnôt sprinklerových hasiacich zariadení v EÚ (zo štatistík za obdobie 1985 – 2002) a USA (zo štatistík za obdobie 2004 – 2008) [5], [6], [8], [9], [10]. Tabuľka 1 uvádza dostupné číselné percentuálne hodnoty celkovej redukcie na stratách vďaka sprinklerom a taktiež najčastejšie dôvody nedostatočnej spoľahlivosti sprinklerov v EÚ a v USA za sledované obdobie [5], [6], [8], [9], [10].

**Tab.1 Spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení v EÚ a USA [5], [6], [8], [9], [10]**  
**Tab. 1 Reliability of sprinklers fire extinguishing systems in EÚ and USA [5], [6], [8], [9], [10]**

<b>Stabilné hasiace zariadenie – Sprinklery</b>				
<b>Sprinklery všeobecne</b>			<b>Sprinklery s mokrou sústavou</b>	<b>Sprinklery so suchou sústavou</b>
Spoľahlivosť sprinklerov v EÚ	Všeobecná hodnota :	90 %	N	N
	Ochrana majetku:	90 %	N	N
	Záchrana životov:	80 %	N	N
	Sklady :	82 %	N	N
	Hromadné garáže: Obchodné domy:	>90 % >90 %	N N	N N
Spoľahlivosť sprinklerov Nemecko, Fínsko a Švajčiarsko	Všeobecná hodnota :	95 - 98%	N	N
Celková redukcia na stratách vďaka sprinklerom v EÚ	Všeobecná hodnota :	50 %	N	N
Najčastejšie dôvody nedostatočnej spoľahlivosti sprinklerov v EÚ	Zariadenie bolo odstavené:	26, 27 %	N N	N N
	Chyba v návrhu (projekte):	13, 56 %	N	N
	Predčastne uzatvorená hlavná armatúra:	7,63 %	N	N



	Nedostatočné požiarne delenie: Porucha na poplachovom riadiacom ventile:	6,78 % 4,24 %	N	N
Spoľahlivosť sprinklerov v USA	Všeobecná hodnota : Ochrana majetku: Záchrana životov: Zhromažďovacie priestory: Nemocnice: Budovy na bývanie a ubytovanie: Výroba:	87 % N N N N N N	92 % 34 – 77 % 83 % 74 % 52 % 54 % 34 %	80 % N N N N N N
Celková redukcia na stratách vďaka sprinklerom v USA	Všeobecná hodnota :	50 – 65 %		
Najčastejšie dôvody nedostatočnej spoľahlivosti sprinklerov v USA	Uzatvorená hlavná armatúra: Voda nezasiahla ohnisko požiaru: Malá intenzita dodávky hasiacej látky: Manuály zásah do systému: Nedostatočná údržba: Chyby (poruchy) komponentov: Neadekvátna sprinklerová ochrana :	64 % 44 % 27 % 7 – 17 % 8 % 5 – 8 % 6 %	N N N N N N N	N N N N N N N

N - nie sú uvedené údaje

Spoľahlivosť sprinklerov je rôzna, závisí napr. od: kategórie stavby, druhu prevádzkarne a priestoru, požiarneho nebezpečenstva, požiarneho rizika (napr.: množstva a druhu horľavého materiálu, ktoré sa v stavbe nachádzajú) a mnohých ďalších parametrov.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výbor európskej asociácie poisťovní (CEA) v roku 2004 opublikoval štatistiku „Spoľahlivosti“ sprinklerových hasiacich systémov za sledované obdobie 1985 – 2002 na základe údajov z 13 krajín EÚ (SR a ČR sa nezúčastnili). Spoľahlivosť bola vyhodnotená



na základe zvolenej metodiky v % a závisí od množstva prípadov, kedy hasiace zariadenie nehasilo (nebolo úspešné, efektívne alebo zlyhalo) a súčasne aj od množstva nahlásených škôd. Podľa danej metodiky je všeobecne priemerná spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení v krajinách EÚ cca 90 %, pri ochrane majetku dosahuje cca 90 % a pri ochrane životov ľudí cca 80 % (tab.1), [5], [6], [10]. Najlepšie výsledky zaznamenali Nemecko, Fínsko a Švajčiarsko, kde spoľahlivosť sprinklerovej ochrany dosahuje cca 95 – 98 % (tab.1). V dôsledku využitia sprinklerovej ochrany v krajinách EÚ došlo v sledovanom období k redukcii materiálnych škôd všeobecne o cca 50 % (tab.1), [5], [6], [10]. Spoľahlivosť sprinklerovej ochrany závisí najmä od druhu požiarneho nebezpečenstva, ktoré sa vyskytuje v danom chránenom priestore. Najväčšie nebezpečenstvo sa vyskytuje v skladových priestoroch (vyskytuje sa tu množstvo horľavého materiálu a látok), kde je najnižšia spoľahlivosť cca 82 %, ale napríklad hromadné garáže a obchodné domy vykazujú najvyššiu spoľahlivosť cca viac ako > 90 % (tab.1), [5], [6], [10]. Zo štatistických údajov v EÚ v sledovanom období 1985 - 2002 vyplýva, že sprinklerové systémy sú nespoľahlivé najmä z nasledovných dôvodov (tab.1) [5], [6], [10]: sprinklerové zariadenie bolo odstavené, chyba v návrhu projektu sprinklerového hasiaceho zariadenia, predčasne uzatvorená hlavná potrubná sústava (armatúra), nedostatočné delenie na požiarne úseky chráneného priestoru porucha na poplachovom riadiacom ventile. Všeobecne sa spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení v EÚ v rokoch 1985 - 2002 pohybuje v intervale cca od 82 do 98 % (tab.1), [5], [6], [10]. Metodiky vyjadrenia úspešnosti sprinklerových hasiacich zariadení na základe spracovania štatistických údajov v EÚ a v USA sa odlišujú. Štatistika z USA “NFPA“ sa považuje za najprepracovanejšiu, na základe ktorej sa spoľahlivosť sprinklerovej ochrany vyjadruje ako súčin funkčnosti a účinnosti nasadenia sprinklerového hasiaceho zariadenia pri požiari. V USA za sledované obdobie 2004 – 2008 bola priemerná funkčnosť sprinklerov cca 91 % a ich účinnosť cca 96 % (tz.: schopnosť dostať požiar pod kontrolu - efektívne zhasiť požiar) (tab.1) [5], [8], [9]. Podľa danej metodiky je všeobecne priemerná spoľahlivosť (na základe kombinovaného faktora) v USA cca 87 %, pri mokrej sústave je cca 92 % a pri suchej sústave je cca 80 %, všeobecne priemerná úspešnosť pri ochrane majetku dosahuje cca 34 - 77 % (pri mokrej sústave) a pri ochrane životov ľudí cca 83 % (pri mokrej sústave) (tab.1) [5], [8], [9]. V dôsledku využitia sprinklerovej ochrany v USA došlo v sledovanom období k redukcii materiálnych škôd všeobecne o cca 50 - 65 % (tab.1) [5], [8], [9]. Najväčšie nebezpečenstvo sa vyskytuje



v priestoroch, kde prebieha výroba, kde je najnižšia spoľahlivosť cca 34 %, nasledujú nemocnice, kde je cca 52 %, budovy na bývanie a ubytovanie, kde je cca 54 %, ale napríklad zhromažďovacie priestory majú spoľahlivosť cca 74 % (všetko pre mokrú sústavu) (tab.1) [5], [8], [9]. Zo štatistických údajov v USA v sledovanom období 2004 - 2008 vyplýva, že sprinklerové systémy sú nespoľahlivé najmä z nasledujúcich dôvodov (tab.1) [5], [8], [9]: uzatvorená hlavná potrubná sústava (armatúra), neodborný manuálny zásah do systému, nedostatočná údržba sprinklerových systémov, neadekvátny návrh projektu sprinklerového hasiaceho zariadenia (neadekvátna sprinklerová ochrana), poruchy a poškodenie komponentov sprinklerových systémov, voda nezasiahla ohnisko požiaru, malá intenzita dodávky hasiacej látky. Všeobecne sa spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení v USA v rokoch 2004 - 2008 pohybuje v intervale cca od 34 do 92 % (tab.1) [5], [8], [9] v závislosti najmä na kategórii stavby a na požiarnej nebezpečnosti.

## ZÁVER

Sprinklerové hasiace zariadenia sa považujú za najspoľahlivejšie a sú najrozšírenejšie SHZ, ktoré zabezpečujú najmä ochranu životov ľudí, ochranu majetku a materiálnych hodnôt. Spoľahlivosť sprinklerových hasiacich zariadení v EÚ sa pohybuje v intervale cca od 82 do 98 %, všeobecná priemerná hodnota je cca 90 % za sledované obdobie (tab.1), [5], [6], [10]. V USA sa spoľahlivosť sprinklerov pohybuje cca v intervale od 34 do 92 %, všeobecná priemerná hodnota je cca 87 % za sledované obdobie (tab.1), [5], [8], [9]. Na základe štatistických údajov z EÚ a z USA možno konštatovať, že použitie sprinklerovej ochrany výrazne minimalizuje pravdepodobnosť vzniku požiarov, znižuje finančné a materiálne straty, zvyšuje ochranu majetkov, ale aj zdravia a životov ľudí a v neposlednej rade zlepšuje ochranu životného prostredia.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] PROJEKT číslo APVV-0000-12 s názvom (2013-2016): „Model na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení“
- [2] KUČERA, P., POKORNÝ, J., PAVLÍK, T., 2013: Požární inženýrství – aktivní prvky požární ochrany. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 2013, ISBN 978-80-7385-136-1
- [3] BEBČÁK, P., 1998: Požárně bezpečnostní zařízení. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 1998, ISBN 80-86111-35-0



- [4] Vyhláška č. 169/2006 Z.z. MV SR o konkrétnych vlastnostiach stabilného hasiaceho zariadenia a polostabilného hasiaceho zariadenia a o podmienkach ich prevádzkovania a zabezpečenia ich pravidelnej kontroly
- [5] RYBÁŘ, P., 2011: Sprinklerová zařízení. Edícia SPBI, VŠB-TU Ostrava, 2011, ISBN 978-80-7385-106-4
- [6] Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Probabilistic risk assessment. British Standards. PD 7974-7:2003. ISBN 0580 415155, r. 2003
- [7] BUKOWSKI, R. et al., 2002: Estimates of the Operational Reliability of Fire Protection Systems. Fire Protection Strategies for 21st Century Building and Fire Codes Symposium. Society of Fire Protection Engineers and American Institute of Architects. September 17-18, 2002, Baltimore, MD, s. 111-124
- [8] <http://www.nfpa.org/codes-and-standards>
- [9] <http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fire-safety-equipment/us-experience-with-sprinklers>
- [10] Design of buildings for fire situation, Leonardo da Vinci pilot project CZ/02/b/F/PP-134000, Luxemburg 2005

#### **Adresa autora**

Ing. Iveta Coneva, Ph.D. – odborný asistent

Katedra požiarneho inžinierstva (KPI)

Fakulta bezpečnostného inžinierstva (FBI)

Žilinská univerzita (ŽU) v Žiline

ul. 1 mája 32

026 01 Žilina

e-mail: [iveta.coneva@fbi.uniza.sk](mailto:iveta.coneva@fbi.uniza.sk)

**„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0727-12.“**

**„This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0727-12.“**



**ROZKLADNÉ PRODUKTY EXTRUDOVANÉHO  
POLYSTYRÉNU STYRODUR 2800 C A ICH MOŽNÉ  
ÚČINKY NA ČLOVEKA**

**DECOMPOSITION PRODUCTS OF EXTRUDED  
POLYSTYRENE STYRODUR 2800 C AND THEIR  
POSSIBLE EFFECTS ON HUMAN**

VERONIKA KAMENSKÁ, DANICA KAČÍKOVÁ, VERONIKA VEĽKOVÁ

**Abstrakt**

Izolačné materiály predstavujú vážne riziko požiaru vzhľadom k ich horľavosti a nízkej tepelnej stabilite. Toxický dym vznikajúci pri horení polystyrénu má negatívny vplyv nielen na ľudské zdravie ale aj na životné prostredie. V práci analyzujeme produkty vznikajúce pri rozklade extrudovaného polystyrénu Styrodur 2800 C, pričom sa zameriavame na ich možné účinky na človeka. Jedná sa predovšetkým o styrén a polycyklické aromatické uhľovodíky, ktoré sú toxické a s podozrením na karcinogénne účinky.

**Kľúčové slová:** *extrudovaný polystyrén, rozkladné produkty styrén, toxicita.*

**Abstract**

Insulation materials represent a serious fire risk due to their flammability and their low thermal stability. Toxic smoke formed by the polystyrene burning has a negative effect not only to the human health but also to the environment. In this paper we analyze thermal degradation products of extruded polystyrene Styrodur 2800 C, with the intention of their possible effects on the human. Primary on the styrene and polycyclic aromatic hydrocarbons, which are toxic with the suspicion of carcinogenic effects.

**Keywords:** *extruded polystyrene, decomposition products, styrene, toxicity.*



## ÚVOD

V súčasnosti sa polystyrén vyskytuje takmer všade a je neoddeliteľnou súčasťou sveta okolo nás. Ide o typický polymérny materiál využívaný v každodennom živote (Jiao, Sun 2014) (napr. výroba obalov na potraviny, domácich zariadení, elektroniky, hračiek, domácich potrieb a nábytku) (Klump 2012; Lynwood 2014). Polystyrén ako izolačný materiál zaujal v modernej spoločnosti veľmi rýchlo svoje uplatnenie (Šubrt 1999).

Spotreba PS každoročne vzrastá a tým narastá aj nebezpečenstvo vzniku požiaru. Požiare spôsobujú kontamináciu životného prostredia emisiami dymu a toxických spodín horenia (Dudáček 2000). Preto je nevyhnutné poznať ako sa materiál správa pri tepelnom zaťažení, aké produkty vznikajú pri jeho termickej degradácii, aby nedochádzalo jednak k ohrozovaniu zdravia ľudí, ale aj k nadmernému zaťažovaniu životného prostredia. V zahraničí prebehlo mnoho výskumov a uskutočnilo sa mnoho testov so zameraním predovšetkým na produkty horenia EPS. Extrudovanému polystyrénu bola zatiaľ venovaná len malá pozornosť no bolo dokázané, že pri termickom rozklade XPS sú dominantnými prchavými produktmi styrén, metylbenzén, či  $\alpha$ -metylstyrén. Detekovaný bol aj toluén, diméry styrénu a niekoľko oligomérov styrénu (Jiao, Sun 2014), benzén, etylbenzén, benzaldehyd (Kamenská, Kačíková, Veľková 2015).

Cieľom práce je porovnať vývoj množstva produktov vznikajúcich pri horení XPS v závislosti na teplote a popísať ich účinky na človeka. Nakoľko je dôležité mať predstavu o látkach vznikajúcich pri horení polymérnych materiálov, o ich možných negatívnych účinkoch na človeka, či životné prostredie.

## Vlastnosti XPS

Extrudovaný polystyrén, resp. vytlačovaný polystyrén má oproti známejšiemu typu – expandovanému PS celý rad výhod: jedná sa o prakticky nenasiakavý materiál (Šubrt 1999), vďaka čomu sa používa na izoláciu miest zaťažovaných vlhkosťou: sokle budov, okenné ostenie, sokle terás, lodžií a balkónov (Šála 2000). Používa sa ako izolačný materiál pri zateplovaní budov (Al-Homoud 2005), oproti EPS sa aplikuje v menších hrúbkach nakoľko má ešte lepšie tepelnoizolačné vlastnosti (Šála, Machatka 2002). Medzi negatívne vlastnosti XPS patrí nebezpečenstvo vzniku požiaru, nakoľko sa jedná o horľavý materiál s nízkou tepelnou stabilitou (Jiao, Sun 2014). Napriek veľkej snahe



výrobcom vyrobiť najrôznejšie retardované druhy, je známe, že pri požiaroch, kde sa vyskytujú plastické hmoty, dochádza k veľkému vývinu tepla a splodín horenia (Bebčák 2004).

### **Výroba XPS**

XPS sa vyrába postupom, známym ako extrúzia – ide o proces, v ktorom sa vytlačí tavenina kryštálového polystyrénu za súčasného sýtenia speňovadlom. Uvoľnením tlaku na konci vytlačacej trubice dochádza k naplneniu materiálu, z ktorého potom vznikajú spomínané izolačné dosky. Technologický postup pri výrobe extrudovaného polystyrénu má teda hlavný vplyv na jeho pomerne odlišné vlastnosti od iných druhov polystyrénu (Weby group 2015).

### **Styrodur C**

Styrodur C je najznámejším typom extrudovaného polystyrénu. Vďaka vynikajúcim tepelnoizolačným vlastnostiam, rozličnej pevnosti v tlaku, rozmanitosti typov je Styrodur C nenahraditeľný v dopravnom, pozemnom či podzemnom stavebníctve. Aplikuje sa pri izolácii obvodových stien, obrátených plochých striech, šikmých striech, podláh, tepelných mostov, stropov. V železničnom ale aj cestnom staviteľstve zabezpečuje ochranu voči mrazu. Ide o mimoriadne tvrdý materiál, zelenej farby, vyrábaný z polystyrénového granulátu fyzikálnou zmenou formy, t. j. extrudovaním. Má vysokú pevnosť v tlaku (do 700 kPa pri 10 % stlačení) (Prespor).

### **Produkty horenia XPS**

Pri zaťažení extrudovaného polystyrénu Styrodur 2800 C teplotou 300 °C, 250 °C a 200 °C a následnou analýzou zachytených plynných produktov prostredníctvom GC-MS bol dokázaný vznik produktov (viď tab. 1), ktoré môžeme na základe ich chemickej štruktúry rozdeliť do 4 skupín:

- deriváty benzénu: benzén, toluén, etylbenzén, metyletylbenzén,
- xylén,
- benzaldehyd,
- deriváty styrénu: styrén,  $\alpha$ -metylstyrén, diméry styrénu (Kamenská, Kačíková, Veľková 2015).



**Benzén** je základný aromatický uhľovodík (Tureková 2009), jeho hlavnými zdrojmi sú ropa a ropné výrobky (Snyder, Witz, Goldstein 1993). Pri dlhšom vystavení spôsobuje závraty, vracanie, únavu, pocit opitosti, prejavuje sa nezrozumiteľnou rečou, poruchami vedomia, dezorientáciou, depresiou a stratou vedomia. Dráždivý účinok na dýchacie cesty sa prejavuje kašľom a bolesťami hrdla. Benzén je z toxikologického hľadiska závažný pre účinky na pečeň, obličky a najmä na kostnú dreň (úbytok bielych krviniek) (Tureková 2009). Epidemiologické štúdie ukazujú, že benzén je pre človeka leukemogén. Nakoľko ide o toxickú látku u jedincov vystavených významným množstvom tejto látky bola preukázaná fatálna aplastická anémia a pancitopénia (Snyder, Witz, Goldstein 1993).

**Toluén** je z toxikologického hľadiska menej nebezpečný ako benzén, lebo nemá škodlivý vplyv na kostnú dreň. Akútna otrava sa prejavuje ako otrava alkoholom. Vzniká excitácia až opilosť, nauzea, bezvedomie, prípadne smrteľná kóma. Chronické otravy sa prejavujú necharakteristicky až bolesťami hlavy, únavou, neurotickými príznakmi. Toluén pôsobí dráždivo na pokožku, u jednotlivcov vzniká často alergická spojiviek, keratitídu, či neuropatiu vedúcu k strate zraku (Luttrell 2012a).

**Xylén** je zvyčajne zmesou troch izomérov dimetylbenzénu. Je menej nebezpečný ako toluén. Najčastejšie otravy sú spôsobené vdychovaním pár. K akútnym otravam dochádza výnimočne, a to pri práci v malom nevetranom priestore. Chronická expozícia sa prejavuje ospalosťou, malátnosťou a poruchami spánku (Tureková 2009, Luttrell 2012b, PubChem 2015).

**Styrén** sa ľahko absorbuje inhaláciou a kontaktom s pokožkou. Po inhalácii sa najvyššia koncentrácia styrénu nachádza v obličkách, pečeni a pankrease. Styrén je rozpustný v krvi, ktorá ho transportuje do celého tela (Luttrell 2011). Táto látka spôsobuje podráždenie horných dýchacích ciest, medzi hlavné príznaky vdýchnutia styrénu patrí periférna neuropatia a poškodenie CNS (Klaassen 2008). Dlhšia inhalácia spôsobuje smrť. Kontakt s pokožkou vyvoláva popraskanie kože, vyrážky a dermatitídu. Spôsobuje podráždenie a intenzívne svrbenie očí (Luttrell 2011). Styrén je klasifikovaný ako možný karcinogén. U žien dlhodobo vystavených styrenom sa zvýšila miera spontánnych potratov (Luttrell 2011). Styrén má aj mutagénne účinky, u človeka spôsobuje chromozómové aberácie (Tureková 2009).



**Etylbenzén** je látka dráždiaca pokožku, dlhodobé vystavenie spôsobuje jej vysušenie, tvorbu pľuzgierov, dermatitídu. Inhalácia spôsobuje podráždenie respiračného systému, sliznice. Dlhodobé vystavenie spôsobuje závraty, stratu vedomia, poškodenie pečene, ťažkosti s dýchaním a dokonca aj smrť. Pri styku s očami spôsobuje slzenie. Ide o možný karcinogén pre človeka (Luttrell 2011b).

**Benzaldehyd** sa absorbuje prostredníctvom gastrointestinálneho traktu, kože a pľúc. Hlavné účinky pri expozícii benzaldehydu sú podráždenie kože, očí a sliznice dýchacích ciest (MAK Value Documentation 2012).

**$\alpha$ -Metylstyrén** dráždi oči a respiračný systém. Pri požití spôsobuje podráždenie slizníc v ústach, krku a zažívacom trakte. Pri vdychovaní spôsobuje kašeľ, dýchavičnosť, podráždenie slizníc, poškodenie dýchacích ciest. Látka nie je klasifikovaná ako toxická (MerckMillipore 2010).

**Metyletylbenzén** pri vdychovaní spôsobuje bolesti hlavy, závraty, ospalosť, mierne poruchy koordinácie a bezvedomie ľudí. Nepriaznivo vplyva na CNS, dráždi kožu a oči. Nie sú dostupné informácie o reprodukčných, vývojových alebo karcinogénnych účinkoch na človeka (NCBI 2015), a preto v súčasnosti nie je považovaný za karcinogén pre človeka, avšak pôsobí ako karcinogénna látka u zvierat. Dostupné epidemiologické štúdie nemôžu potvrdiť zvýšené riziko rakoviny u postihnutých osôb (MSDS 2013).

Je podozrenie, že **diméry styrénu** ako produkty rozkladu PS, sú endokrinné disruptory (Nagao et al. 2000). Ide o chemické látky, ktoré spôsobujú nežiaduce zdravotné účinky (vývojové, reprodukčné, nervové a imunitné) v organizme narušením endokrinného systému (Unuvar, Buyukgebiz 2012).

Tab. 1 Identifikované plynné produkty termickej degradácie XPS  
(Kamenská, Kačíková, Veľková 2015)

Tab. 1 Identified gaseous products of thermal degradation of XPS  
(Kamenská, Kačíková, Veľková 2015)

Názov látky	Množstvo		
	Vzorka A	Vzorka B	Vzorka C
	200 °C	250 °C	300 °C
	%	%	%

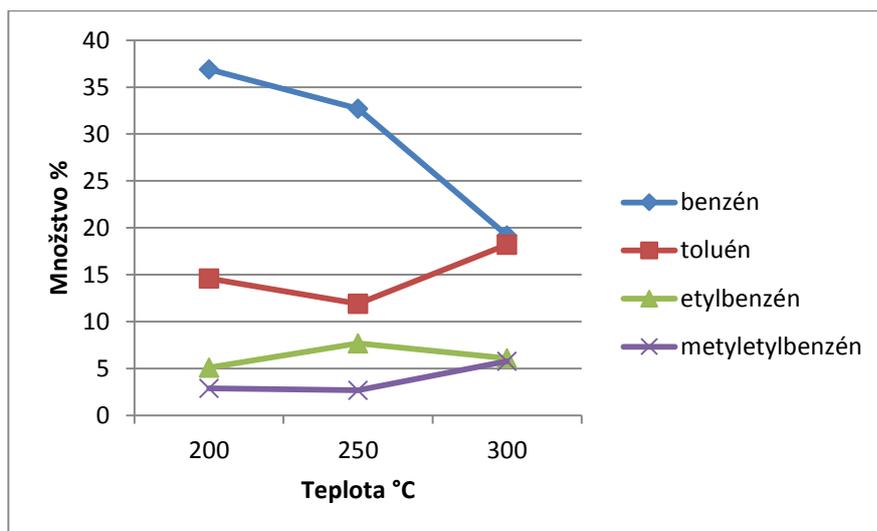


<b>benzén</b>	36,9	32,7	19,2
<b>toluén</b>	14,6	11,9	18,2
<b>etylbenzén</b>	5,1	7,7	6,1
<b>metyletylbenzén</b>	2,9	2,7	5,8
<b>xylén</b>	2,4	2,2	1,1
<b>benzaldehyd</b>	12,7	11,9	7,5
<b>styrén</b>	17,0	23,1	37,4
<b><math>\alpha</math>-metylstyrén</b>	1,3	0,6	1,1
<b>dimér styrénu</b>	0,1	0,4	1,6
<b>dimér styrénu</b>	0,2	1,0	0,2
<b>neidentifikované</b>	6,8	5,7	1,8
<b>celkové množstvo</b>	100,0	100,0	100,0

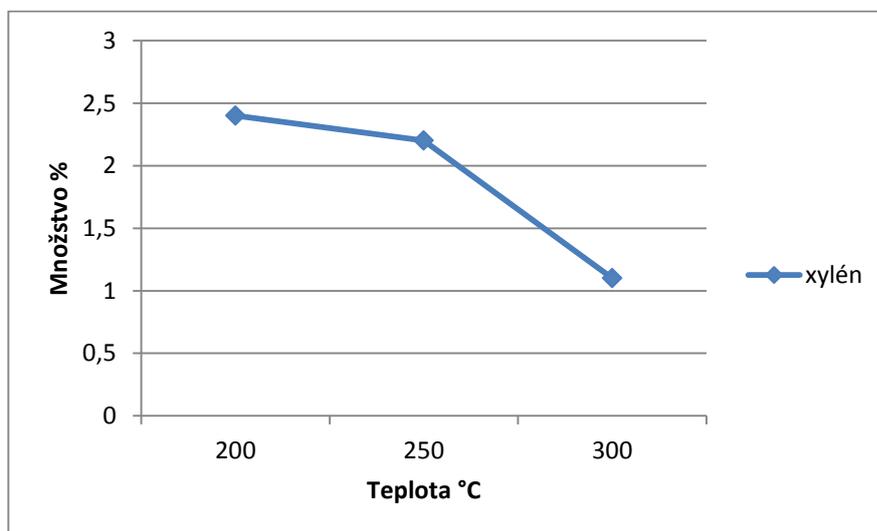
Pozn.: Množstvá jednotlivých látok predstavujú priemerné hodnoty získané analýzou paralelných vzoriek.

V ďalšej časti sa zameriame na zmeny v množstvách vzniknutých 4 skupín produktov v závislosti od teploty (viď obr. 1 – 4).

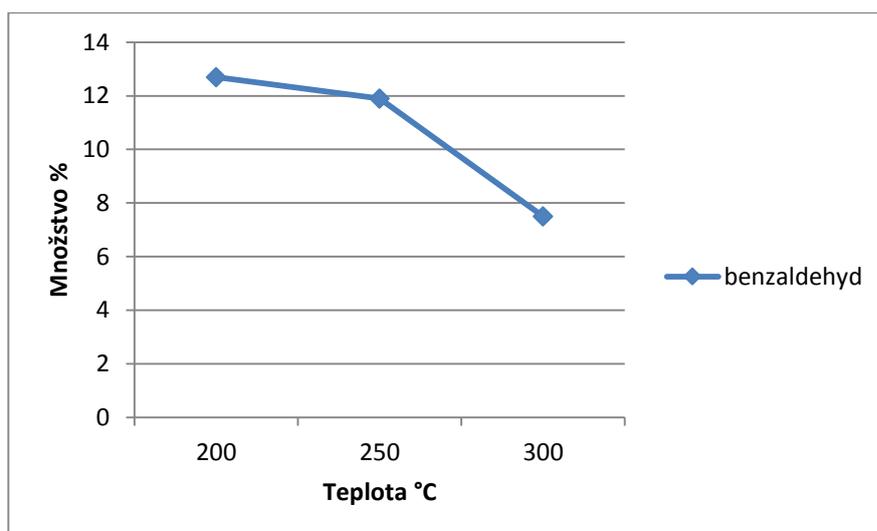
Množstvo benzénu a benzaldehydu s teplotou klesá, naopak množstvo styrénu so zvyšujúcou sa teplotou výrazne narastá. Je to z dôvodu, že benzén a benzaldehyd sú v porovnaní so styrénom jednoduchšie zlúčeniny, t.j. na ich vznik postačuje, aby bol XPS tepelne zaťažený nižšími teplotami, kedy vznikajú najväčšie množstvá týchto látok. Zatiaľ čo styrén je naopak látka so zložitejšou štruktúrou a na jej vznik pri termickom rozklade XPS sú potrebné väčšie teploty, t.j. pri nižších teplotách sa uvoľňuje menšie množstvo tohto produktu v porovnaní s vyššími teplotami (Kamenská, Kačíková, Veľková 2015). Tieto poznatky sú v súlade s prácou Jiao a Suna, ktorí zistili, že styrén je dominantným prchavým produktom v teplotnom rozsahu 350 – 500 °C. Musíme však poznamenať, že termická degradácia XPS je značne komplikovaná nakoľko vznikajúce prchavé produkty začínajú reagovať aj vzájomne medzi sebou (Jiao, Sun 2014). Ostatné produkty rozkladu XPS vznikli v nižších množstvách a ich množstvá sa so zmenou teploty menia len minimálne (Kamenská, Kačíková, Veľková 2015).



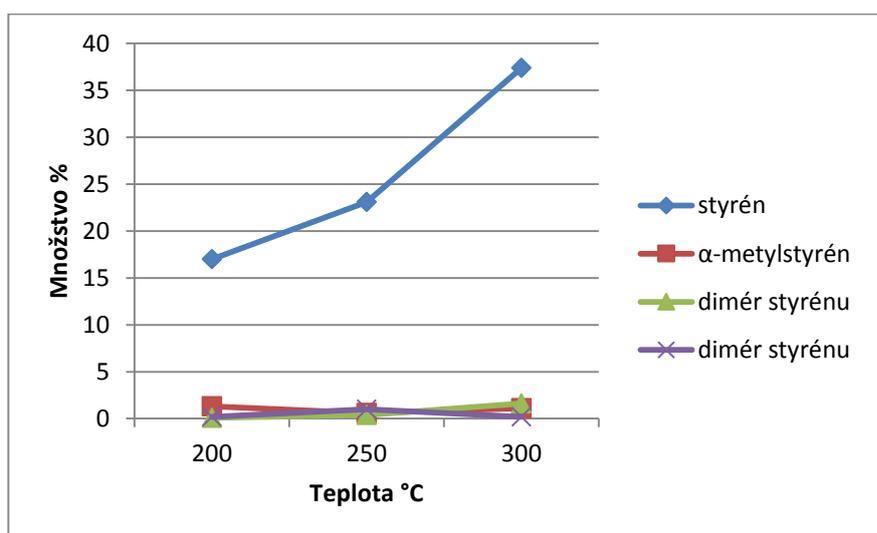
Obr. 1 Vývoj množstva 1. skupiny produktov v závislosti od teploty  
Fig. 1 Development of the amount of the 1<sup>st</sup> group of products depending on the temperature



Obr. 2 Vývoj množstva 2. skupiny produktov v závislosti od teploty  
Fig. 2 Development of the amount of the 2<sup>nd</sup> group of products depending on the temperature



Obr. 3 Vývoj množstva 3. skupiny produktov v závislosti od teploty  
Fig. 3 Development of the amount of the 3<sup>rd</sup> group of products depending on the temperature



Obr. 4 Vývoj množstva 4. skupiny produktov v závislosti od teploty  
Fig. 4 Development of the amount of the 4<sup>th</sup> group of products depending on the temperature

## ZÁVER

Dym, definovaný ako aerosól, skladajúci sa z tuhých a kvapalných častíc v plynných produktoch horenia je považovaný za hlavnú hrozbu požiarov a hrá pri požiari významnú rolu. Veľmi hustý dym je závažnou prekážkou pri hľadaní únikového východu, čím narastá riziko pre obyvateľov. Nepriaznivo vplyvať môže aj na zasahujúcich hasičov. Dym môže byť toxický, pričom čiastočky sadzí sú schopné blokovať a nepriaznivo ovplyvňovať dýchacie orgány. Preto je dôležité poznať zloženie dymu vznikajúceho pri



horení materiálov, v našom prípade zloženie splodín horenia extrudovaného polystyrénu, nakoľko PS je najviac využívaným polymérnym materiálom súčasnosti.

Cieľom práce bolo porovnať vývoj množstva produktov vznikajúcich pri horení XPS v závislosti na teplote a popísať ich účinky na človeka, nakoľko je dôležité mať predstavu o látkach vznikajúcich pri horení polymérnych materiálov, o ich možných negatívnych účinkoch na človeka, či životné prostredie. Pri horení vzniká v najväčšom množstve styrén, ďalej sú to produkty ako benzén, toluén, benzaldehyd a mnohé ďalšie. Vo väčšine prípadov sa jedná o polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU), ktoré sú toxické s podozrením na karcinogénne účinky. Z toxikologického hľadiska ide o závažnú skupinu látok, ktorá poškodzuje rad životne dôležitých funkcií v organizme (Tureková 2009).

#### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Al-HOMOUD, M. S., 2005. *Performance Characteristics and Practical Applications of Common Building Thermal Insulation Materials*. In *Building and Environment*. 2005, vol. 4, issue 3, 40, p. 351-354.

BEBČÁK, P. 2004. *Požárně bezpečnostní zařízení*. 2. vyd. Ostrava : SPBI, 2004. 112 s. ISBN 978-80-86634-34-0.

DUDÁČEK, A. 2000. *Automatická detekce požáru*. Ostrava : SPBI, 2000. 94 s. ISBN 80-86111-62-8.

JIAO L.-L. – SUN J.-H. 2014. *A thermal degradation study of insulation materials extruded polystyrene*. In *Procedia Engineering*. ISSN 1877-7058, 2014, vol. 71, p. 622-628.

KAMENSKÁ, V. – KAČÍKOVÁ, D. – VELKOVÁ, V. 2015. Analýza produktov termického rozkladu vybraného druhu extrudovaného polystyrénu prostredníctvom GC-MS. In 56<sup>th</sup> Student's scientific international conference [CD-ROM]. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2015. ISBN 978-80-228-2726-3.

KLAASSEN, C. D. 2008. *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. (7<sup>th</sup> ed.). McGraw Hill Medical: New York, NY, 2008.

KLUMP, M. 2012. *Polystyrene*. In *ISIC Chemical Business*. ISSN 1937-5786, 2012, vol. 282, issue 8, p. 34.

LUTTRELL, W. E. 2011a. *Toxic tips: Styrene*. In *Journal of Chemical Health & Safety*. 2011, p. 27-28.



- LUTTRELL, W. E. 2011b. Ethylbenzene. In *Journal of Chemical Health&Safety*. 2011b, p. 41-42.
- LUTTRELL, W. E. 2012a. *Toxic tips: Toluene*. In *Journal of Chemical Health&Safety*. 2012, p. 34-35.
- LUTTRELL, W. E. 2012b. *Toxic tips: Xylene*. In *Journal of Chemical Health&Safety*. 2012, p. 34-35.
- LYNWOOD, C. 2014. *Polystyrene : Synthesis, Characteristics and Applications*. Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers, Inc. ISBN 9781633213715, 2014, p. 320.
- MAK VALUE DOCUMENTATION. 2012. *Benzaldehyde*. In The MAK Collection for Occupational Health and Safety. 2012. p. 14-36.
- MERCK MILLIPORE. 2010. *Safety data sheet*. [online].[cit. 2015-09-14]. Dostupné na internete: <[http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-GB-Site/en\\_US/-/GBP/ProcessMSDS-Start?PlainSKU=MDA\\_CHEM-806086&Origin=PDP](http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-GB-Site/en_US/-/GBP/ProcessMSDS-Start?PlainSKU=MDA_CHEM-806086&Origin=PDP)>.
- MSDS. 2013. *Material Safety Data Sheet: Isopropylbenzene [Cumene]*. [online]. [cit. 2015-09-19]. Dostupné na internete: <<http://www.axiall.com/pdf/Cumene%202013.pdf>>.
- NAGAO, T. et al. 2000. *Effects of prenatal and postnatal exposure to styrene dimers and trimers on reproductive function in rats*. In *Reproductive Toxicology*. 2000, vol. 14, p. 403-415.
- PubChem. 2015. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=7406, <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cumene> (accessed Sept. 19, 2015).
- PRESPOR. *Styrodur C - extrudovaný polystyrén*. [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné na internete: <<http://www.prespor.sk/content/view/id/55/tepelne-izolacie-xps-a-eps.html>>.
- SNYDER, R. – WITZ, G. – GOLDSTEIN, B. D. 1993. *The Toxicology of Benzene*. In *Environmental Health Perspectives*. 1993, vol. 100, p. 293-306.
- ŠÁLA, J. 2000. *Zateplování budov*. Praha : Grada Publishing, 2000. 163 s. ISBN 80-7169-833-4.



ŠÁLA, J. – MACHATKA, M. 2002. *Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2002. 108 s. ISBN 80-247-0224-X.

ŠUBRT, R. 1999. *Teplné izolace domů a bytů*. 2. rozš. vyd. Praha : Grada Publishing, 1999. 98 s. ISBN 80-7169-851-2.

TUREKOVA, I. 2009. *Priemyselná toxikológia v praxi*. Žilina : STRIX, 2009. 154 s. ISBN 978-80-89281-49-7.

UNUVAR, T., BUYUKGEBIZ, A. 2012. *Fetal and Neonatal Endocrine Disruptors*. In *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*. 2012, vol. 4(2), p.51-60.

WEBY GROUP. 2015. *Polystyrén a fasádny polystyrén*. [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné na internete: <<http://www.polystyren.eu/extrudovany-polystyren.xhtml>>.

### **Pod'akovanie**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0057-12.

### **Adresy autorov**

Ing. Veronika Kamenská

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany

T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

e-mail: [xkamenskav@tuzvo.sk](mailto:xkamenskav@tuzvo.sk)

prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany

T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

e-mail: [kacikova@tuzvo.sk](mailto:kacikova@tuzvo.sk)

Ing. Veronika Veľková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany

T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

e-mail: [veronika.velkova@tuzvo.sk](mailto:veronika.velkova@tuzvo.sk)



# SPOTREBA KYSLÍKA PRI TERMICKOM ZAŤAŽENÍ OSB EXTERNÝM TEPELNÝM TOKOM

## OXYGEN CONSUMPTION DURING THERMAL LOADING OF OSB BY EXTERNAL HEAT FLUX

PETER RANTUCH, JOZEF MARTINKA

### Abstrakt

Tento príspevok je zameraný na spotrebu kyslíka v priebehu termického rozkladu dosiek z orientovaných triesok (OSB). Testované vzorky boli zaťažované tepelnými tokmi s hustotami  $20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Ako testovacie zariadenie bol použitý kónický kalorimeter zaznamenávajúci koncentráciu kyslíka v spalinách. S rastúcou hustotou tepelného toku sa zvyšovala rýchlosť spotreby kyslíka a, naopak, klesal čas do začiatku plamenného horenia. Boli tiež vyhodnotené závislosti celkového množstva spotrebovaného kyslíka v časoch 100 s, 200 s, 300 s, 400 s, 500 s a 600 s na hustote tepelného toku, ktoré sa na základe nameraných údajov zdajú byť logaritmické. Korelácia týchto závislostí bola v skorších fázach pôsobenia tepelného toku na vzorky vyššia.

**Kľúčové slová:** *horenie, kónický kalorimeter, OSB, spotreba kyslíka.*

### Abstract

This paper is focused to oxygen consumption during thermal decomposition of oriented strand boards (OSB). Tested samples were loaded by heat flux with density of  $20 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $60 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . As the testing apparatus was used cone calorimeter recorded oxygen concentration in combustion gases. As density of heat flux was rising, oxygen consumption rate was increasing, but the time to ignition was decreasing. There were evaluated the dependences of total oxygen consumption in 100 s, 200 s, 300 s, 400 s, 500 s a 600 s on heat flux density, that seem to be logarithmical according to measured data. The correlations of these dependences were higher in earlier phases of heat flux influence.

**Keywords:** *burning, cone calorimeter, OSB, oxygen consumption.*



## ÚVOD

Materiály na báze dreva patria v rôznych priemyselných oblastiach z dlhodobého hľadiska medzi veľmi populárne. Za možné dôvody jeho obľúbenosti je možné považovať skutočnosť, že sa jedná o prírodný materiál, ktorý pôsobí esteticky a je možné ho zaradiť medzi tzv. obnoviteľné zdroje.

Výmera lesných pozemkov v Slovenskej republike v roku 2013 bola 2 013 419 ha, pričom zásoba dreva bola stanovená na 475,45 mil. m<sup>3</sup> hrubiny bez kôry. Ťažba dreva tesne presiahla 7,8 mil m<sup>3</sup>. [1] Táto drevná hmota bola využitá na rozličné účely ako napr. energetická surovina, surovina na výrobu nábytku, materiál využívaný v stavebnom priemysle a podobne.

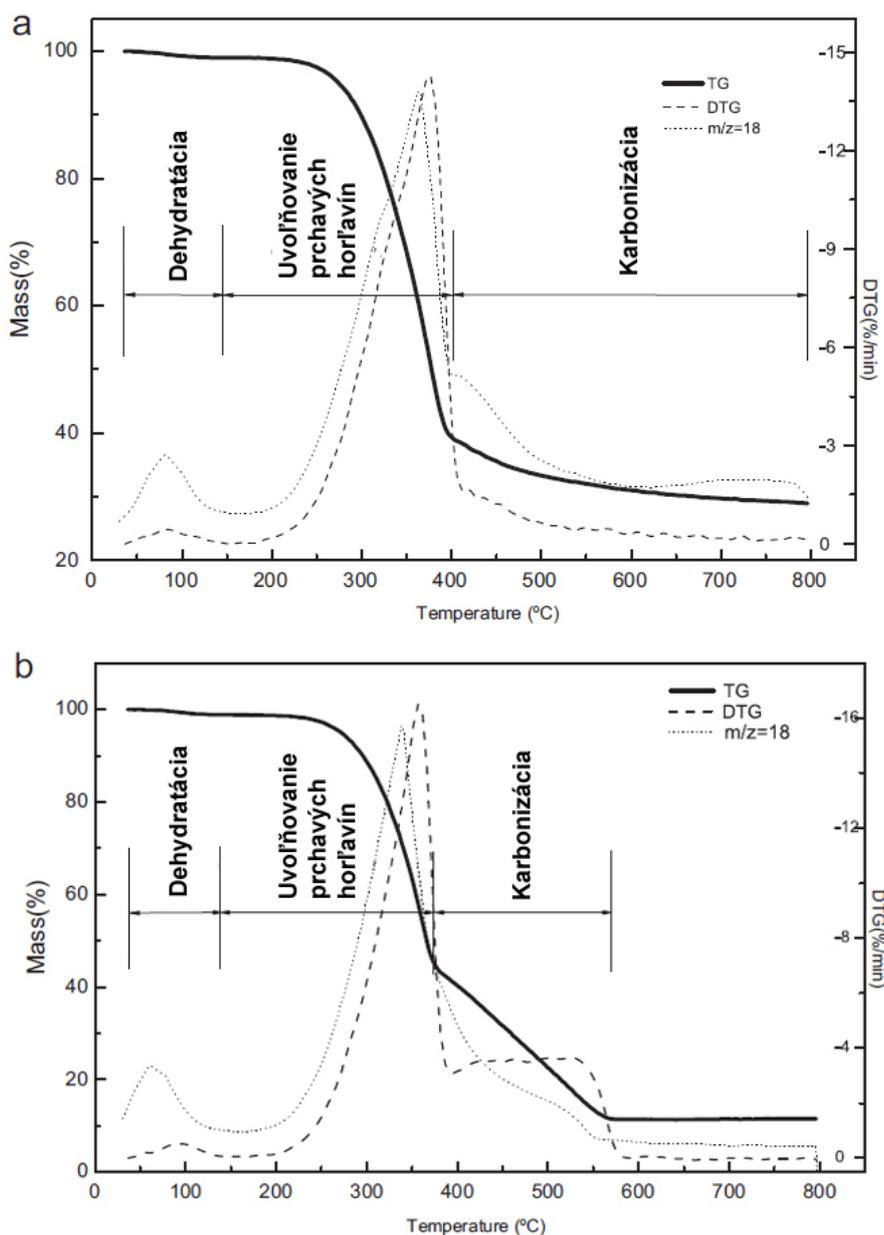
Pri termickom zaťažení dreva teplotou 150 °C sa z neho uvoľňuje voda, oxid uhličitý, oxid uhoľnatý a alifatické uhľovodíky. Pri vyššej koncentrácii kyslíka bola nameraná tiež vyššia koncentrácia oxidu uhoľnatého a metánu, pričom koncentrácia oxidu uhličitého bola nižšia. V porovnaní s uhlím uvoľňovalo drevo asi jednu tretinu množstva oxidu uhličitého a polovičné množstvo metánu. [2]

Z troch hlavných zložiek dreva dochádza najskôr k rozkladu hemicelulóz pred celulózu, ktorá sa pri vyšších teplotách rýchlo rozkladá za vzniku levoglukozánu. Ten môže byť následne rozložený na prchavé horľavé látky. Naopak lignín sa rozkladá nižšou rýchlosťou v širokom rozsahu teplôt. [3]

Termická degradácia dreva je závislá na jeho zložení a kryštalickosti. Vyššie množstvo extraktívnych látok urýchľuje proces degradácie a podporuje nárast stupňa konverzie pri nižších teplotách. Vyššia reaktivita hemicelulóz a lignínu môže zrýchliť degradačnú reakciu a spôsobiť degradáciu celulózy pri nižších teplotách. Usporiadané celulózne oblasti môžu zabrániť degradácii dreva. [4]

Testovanie smrekového dreva preukázalo, že teploty vznietenia a samovznietenia rovnako ako aj čas do zapálenia dreva závisia od časti stromu z ktorej drevo pochádza. [5]

Vplyv koncentrácie kyslíka na produkciu vybraných spalín pri horení dreva popísali vo svojej práci Martinka et al. [6]



Obr. 1 Fázy rozkladu dreva v inertnej (a) a kyslíkatej (b) atmosfére [7]  
Fig. 1 Phases of wood decomposition in inert (a) and oxygen (b) atmosphere [7]

Z obrázku 1 je zrejmé, že kyslík výrazne vplýva na rozklad dreva. Zatiaľ čo pri inertnej atmosfére dochádza k dehydratácii, vyparovaniu a karbonizácii; v prostredí obsahujúcom kyslík nastávajú fázy pri iných teplotách a namiesto karbonizácie dochádza k oxidácii uhlíkatého zvyšku. [7]

Rychlý a kol. uvádza, že v prípade vzoriek nemajúcich štandardnú veľkosť je celkový spotrebovaný kyslík, alebo rýchlosť spotreby kyslíka spoľahlivejším parametrom horľavosti ako celkové uvoľnené teplo a rýchlosť uvoľňovania tepla. [8]



### Použité vzorky

Testované boli OSB s hrúbkou 1,4 cm, charakterizované výrobcom ako typ 3 - konštrukčné dosky určené na použitie v prostredí s miernou vlhkosťou na vonkajšie aj vnútorné použitie. Základnú surovinu na ich výrobu tvorila zmes ihličnatej drevnej hmoty (93,6 %), polyuretánovej (MDI) živice (4,7 %) a parafinu (1,7 %). Tvar vzoriek bol štvorcový s dĺžkou strany 10 cm a ich hmotnosť bola v rozmedzí od 73,72 g po 81,43 g. Ich vlhkosť, určená podľa STN 49 0103 [9], bola 5 %. Vzorky boli na kónickom kalorimetri termicky zaťažené tepelnými tokmi od 20 kW/m<sup>2</sup> do 60 kW/m<sup>2</sup>. Pri týchto hodnotách bolo možné predpokladať plamenné horenie vzoriek, nakoľko sú vyššie ako predpokladaný hraničný tepelný tok uvádzaný pre OSB v rozmedzí od 16,72 kW.m<sup>-2</sup> do 17,03 kW.m<sup>-2</sup>. [10] Spracovaných bolo prvých 600 sekúnd od počiatku skúšky, ktoré poskytujú aj v prípade najnižšej použitej externej hustoty tepelného toku dostatok údajov na základnú charakterizáciu počiatkových fáz horenia. Sledovaný bol nárast celkovej spotreby kyslíka potrebného na termooxidačné reakcie.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Grafická závislosť spotrebovaného kyslíka na čase od počiatku cestovania je znázornená na obrázku 2. Ako je zrejmé grafy je možné rozdeliť na viacero oblastí:

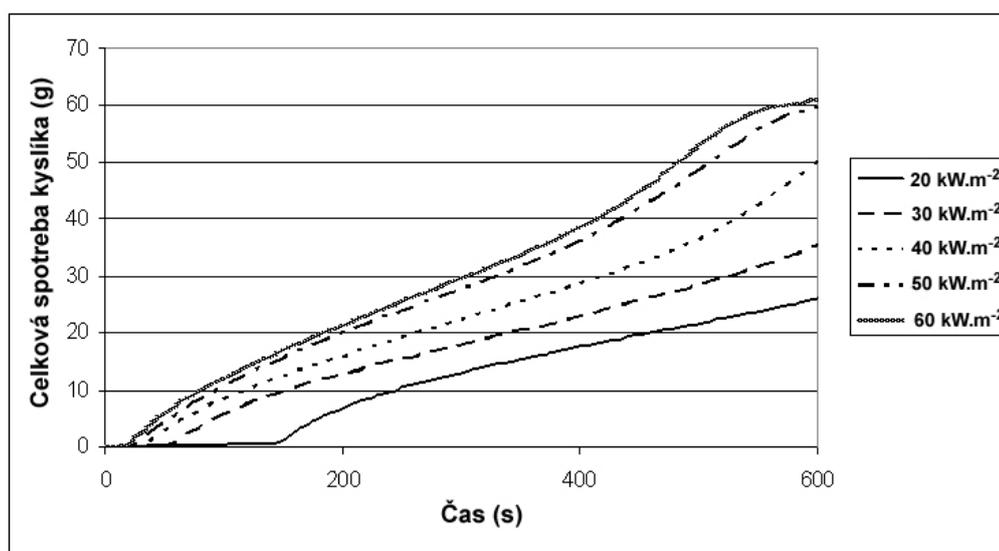
- 1) oblasť do zapálenia vzorky
- 2) oblasť rýchleho nárastu krivky
- 3) oblasť rovnomerného nárastu
- 4) oblasť druhého rýchleho nárastu krivky

Prvá oblasť je charakteristická prakticky nulovou spotrebou kyslíka. Časovo je ohraničená počiatkom testovania a zapálením vzorky. Keďže vzorka v tejto fáze nehorí, dochádza len k zanedbateľnej oxidácii povrchu vzorky a koncentrácia kyslíka v odťahovom potrubí nad vzorkou je prakticky totožná s jeho koncentráciou v okolitom prostredí.

Po iniciácii vzorky začína spotreba kyslíka prudko narastať. Táto skutočnosť je zrejme spôsobená pomerne vysokou rýchlosťou horenia v jeho počiatku. Povrch vzorky ešte nie je pokrytý zuhoľnatenou vrstvou, ktorá by zabraňovala unikaniu prchavých horľavých látok. Vysoká koncentrácia prchavých horľavín následne v plameni reaguje s väčším množstvom vzdušného kyslíka, čím výrazne znižuje jeho koncentráciu v spalinách.

Počas tretej fázy dochádza k rovnomernému horeniu vzorky. Zuholnatená vrstva je vytvorená a zabraňuje uvoľňovaniu prchavej horľaviny porovnateľnou rýchlosťou ako počas druhej fázy. Keďže je pri homogénnom horení spotrebovávaný kyslík rýchlejšie ako pri horení heterogénnom, množstvo spotrebovaného kyslíka narastá v tejto fáze pomalšie ako v prípade fázy nasledujúcej okamžite po zapálení vzorky.

Vo štvrtej fáze je kyslík spotrebovávaný výrazne rýchlejšie. Táto fáza nebola počas 600 s dosiahnutá pri každej hustote tepelného toku. Jasne je viditeľná pri vzorkách zaťažovaných tepelnými tokmi s hustotou  $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a vyššou. Vyššia spotreba kyslíka naznačuje, podobne ako v prípade prvej fázy, vyššiu rýchlosť horenia. Dôvodom je zrejme skutočnosť, že je celá hrúbka vzorky prehriata na vysokú teplotu, čoho dôsledkom dochádza k výraznejšiemu uvoľňovaniu prchavých horľavých látok.



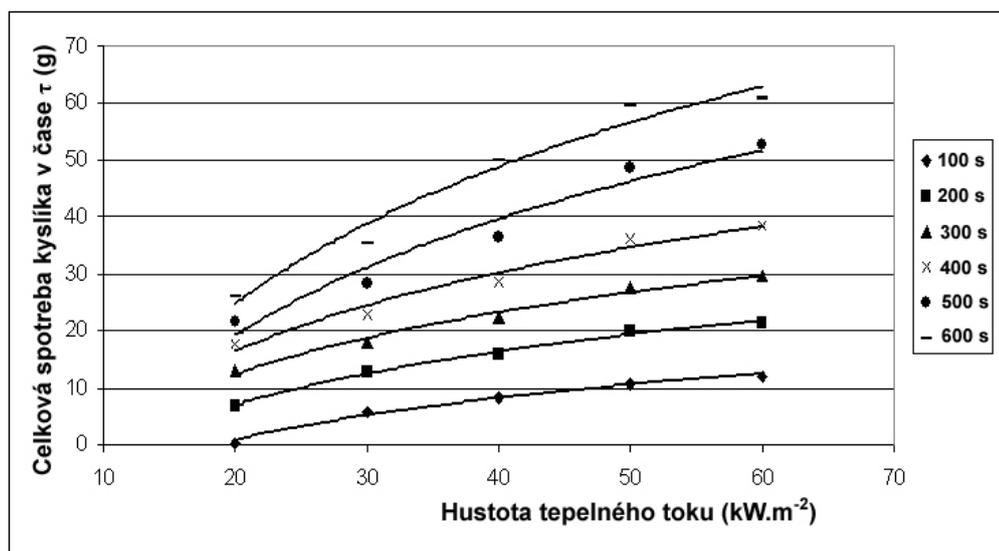
Obr. 2 Závislosť celkovej spotreby kyslíka na čase  
Fig. 2 Influence of total oxygen consumption on time

Z grafického znázornenia je zrejmé, že pri rôznej hustote externého tepelného toku pôsobiaceho na vzorky je priebeh krivky spotreby kyslíka podobný. Vyššie hodnoty tepelného toku spôsobujú posunutie krivky smerom vľavo, zároveň sa zvyšuje sklon krivky. Z dôvodu lepšieho určenia vplyvu tepelného toku na krivku celkovej spotreby kyslíka, boli zostrojené grafy závislosti celkového spotrebovaného kyslíka v časoch 100 s, 200 s, 300 s, 400 s, 500 s a 600 s, ktoré sú znázornené na obrázku 3. Zdá sa, že je uvedené body možné preložiť trendovou čiarou s logaritmickým priebehom. Rovnica

popisujúca priebeh závislosti celkového množstva spotrebovaného kyslíka v čase  $\tau$  na hustote tepelného toku má preto všeobecný tvar (1):

$$m_{\tau} = A_{\tau} \cdot \ln(q) + B_{\tau} \quad (1)$$

kde  $m_{\tau}$  je hmotnosť spotrebovaného kyslíka na horenie vzorky v čase  $\tau$  udávaný v g,  $q$  je hustota externého tepelného toku v  $\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $A_{\tau}$  a  $B_{\tau}$  sú konštanty platné pre čas  $\tau$ .



Obr. 3 Závislosť celkovej spotreby kyslíka v čase  $\tau$  na hustote tepelného toku  
Fig. 2 Influence of total oxygen consumption in time  $\tau$  on heat flux density

Rovnice ako aj štvorce korelačného koeficientu týchto trendových čiar sú uvedené v tabuľke 1. Ako je zrejmé, logaritmická závislosť je v korelácii s nameranými výsledkami predovšetkým na počiatku testovania a v neskorších fázach horenia sa  $R^2$  zvyšuje. Zároveň s narastajúcim časom konštanta  $A_{\tau}$  narastá a konštanta  $B_{\tau}$ , ktorá nadobúda záporné hodnoty klesá.

Tabuľka 1 Rovnice závislostí celkovej spotreby kyslíka v čase  $\tau$  na hustote tepelného toku  
Table 1 Equation of influences of total oxygen consumption in time  $\tau$  on heat flux density

Čas (s)	Rovnica závislosti	$R^2$
100	$m = 10,59 \cdot \ln(q) - 30,893$	0,9907
200	$m = 13,461 \cdot \ln(q) - 33,343$	0,9923
300	$m = 15,62 \cdot \ln(q) - 34,383$	0,9861
400	$m = 19,901 \cdot \ln(q) - 43,23$	0,9731
500	$m = 29,554 \cdot \ln(q) - 69,36$	0,9570
600	$m = 34,75 \cdot \ln(q) - 79,356$	0,9713



## ZÁVER

Z nameraných výsledkov vyplýva, že pri termickom zaťažení OSB je možné graf spotreba kyslíka rozdeliť na 4 časti, ktoré zodpovedajú fáze pred zapálením vzorky, fáze od zapálenia po vytvorenie zuhoľnatej vrstvy, fáze rovnomerného horenia a fáze úplného prehriatia vzorky. Nárast hustoty tepelného toku spôsobuje posun času zapálenie vzorky smerom k nižším hodnotám a zároveň zvyšuje rýchlosť spotreby kyslíka na jej horenie. Závislosť celkového množstva spotrebovaného kyslíka v čase  $\tau$  na hustote tepelného toku sa zdá byť logaritmická, pričom dosahuje vyšší štvorec korelačného koeficientu pre počiatkové fázy merania.

## Pod'akovanie

Tento príspevok bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore agentúry KEGA MŠVVaŠ SR, pre projekt č. 002STU-4/2013: „Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke“.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] MINISTERSTVO PÔDOHOSPODÁRSTVA A ROZVOJA VIDIEKA SLOVENSKEJ REPUBLIKY: 2014. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2013: Zelená správa. 2014
- [2] PERDOCHOVA, M. et al.: 2015. The influence of oxygen concentration on the composition of gaseous products occurring during the self-heating of coal and wood sawdust. In: Process Safety and Environmental Protection. 2015, vol. 94, s. 463-470, ISSN 0957-5820
- [3] GAO, M. et al.: 2005. Flame retardance of wood treated with guanidine compounds characterized by thermal behavior. In: Journal of Analytical and Applied pyrolysis. 2005, vol. 73, s. 151-156, ISSN 0165-2370
- [4] POLETTI, M., ZATTERA, A. J., SANTANA, R. M. C.: 2012. Thermal decomposition of wood: Kinetics and degradation mechanisms. In: Bioresource Technology. 2012, vol. 126, s. 7-12, ISSN 0960-8524
- [5] ZACHAR, M. et al.: 2012. Determination of fire and burning properties of spruce wood. In: Drvna Industria. 2012, vol. 63, s. 217-223, ISSN 0012-6772



- [6] MARTINKA, J. et al.: 2012. Experimental determination of the effect of temperature and oxygen concentration on the production of birch wood main fire emissions. In: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2012, vol 110, s. 193-198, ISSN 1588-2926
- [7] SU, Y. et al.: 2012. Characteristics of pine wood oxidative pyrolysis: Degradation behavior, carbon oxide production and heat properties. In: Journal of Analytical and Applied pyrolysis. 2012, vol. 98, s. 137-143, ISSN 0165-2370
- [8] RYCHLÝ, J. et al.: 2014. The rate of oxygen consumption from a cone calorimeter as an original criterion of evaluation of the risk for the Resin Kit polymers. In: European Journal of Environmental and Safety Sciences. 2014, vol. 2, s. 23-27, ISSN 1339-472X
- [9] STN 49 0103:1979: Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach
- [10] RANTUCH, P. et al.: 2015. Vplyv hustoty tepelného toku na termický rozklad OSB. In: Acta Facultatis Xylogiae Zvolen. 2012, vol. 57, s. 125-134, ISSN 1336-3824

#### **Adresa autorov**

Ing. Peter Rantuch, PhD.

Slovenská Technická univerzita v Bratislave

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Pavilón TL

Botanická 49,917 24 Trnava

peter.rantuch@stuba.sk

Ing. Jozef Martinka, PhD.

Slovenská Technická univerzita v Bratislave

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Pavilón TL

Botanická 49,917 24 Trnava

jozef.martinka@stuba.sk



**STANOVENIE PLYNNÝCH PRODUKTOV  
TERMICKÉHO ZAŤAŽENIA POLYSTYRÉNOV PRI  
TEPLOTE 250 °C**

**THE DETERMINATION OF GASEOUS PRODUCTS OF  
THE THERMAL LOADING OF POLYSTYRENES AT THE  
TEMPERATURE 250 °C**

VERONIKA VEĽKOVÁ – TATIANA BUBENÍKOVÁ – JOZEF MURÁŇ

**Abstrakt**

Príspevok sa venuje problematike stanovenia plynných produktov termického zaťaženia rôznych druhov polystyrénov. Pri teplote 250 °C boli zaťažené tri druhy vzoriek – stavebný polystyrén EPS 70F, priemyselný obalový polystyrén a potravinársky obalový polystyrén. Vznikajúce plynné produkty boli zachytávané v sorpčných odberových rúrkach ORBO a následne analyzované metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou. Najväčší podiel stanovených produktov predstavoval styrén, a to najviac v spalinách zaťaženého EPS 70F. Tiež boli stanovené rôzne deriváty benzénu a styrénu.

**Kľúčové slová:** *polystyrén (PS), expandovaný polystyrén (EPS), styrén, plynová chromatografia – hmotnostná spektrometria (GC-MS)*

**Abstract**

The contribution deals with the thema of determination of gaseous products of thermal loading of polystyrene samples. Three kinds of polystyrene were thermal loaded at the temperature of 250 °C – building polystyrene EPS 70F, technical covering polystyrene and food-covering polystyrene. The rising gaseous products were obtained by ORBO sorbents and analyzed by gas chromatography with mass spectrometry. The most amount of determined compounds was styrene in the smoke products of EPS 70F. There were determined several derivates of benzene and styrene too.

**Key words:** *polystyrene (PS), expanded polystyrene (EPS), styrene, gas chromatography – mass spectrometry (GC – MS)*



## ÚVOD

Horenie polymérov je zložitý proces, pri ktorom prebieha množstvo rôznych typov chemických a fyzikálnych procesov, ktoré prebiehajú na fázovom rozhraní medzi kondenzovanou a plynnou fázou a plynnou fázou obklopujúcou polymér a vzniká široká škála rôznych produktov.

Horenie plastov prechádza niekoľkými štádiami. Najprv sa plast pôsobením tepla deformuje. Ďalej nastáva roztavenie, zapálenie a následne jeho horenie. Horenie plastov sprevádzajú aj druhotné javy a to: odkvapkávanie taveniny, tlenie, tvorba dymu a vznik toxických splodín (Masařík, 2003)

Polystyrén horí po zapálení sám žltým svietiacim plameňom a uvoľňuje sa veľké množstvo sadzí a tepla. Jeho vlastnosti sú stále do teploty 65 až 90°C

Styrénové polyméry majú veľmi nepriaznivé požiarotechnické charakteristiky. Sú ľahko zapáliteľné, rýchlo horia za veľkého vývinu tepla a keďže obsahujú v bočnom reťazci fenylovú skupinu pri horení sa uvoľňuje aj veľké množstvo sadzí

Zahrievaním polystyrénu dochádza najprv k jeho degradácii, ktorá je sprevádzaná zmenou vlastností. Pri vyšších teplotách prebieha štiepenie u tak veľkého počtu väzieb, že začína rozklad polystyrénu za vzniku plynných produktov. Táto fáza je označovaná ako tepelný rozklad polystyrénu. V prípade, že je prítomný kyslík, ide o termooxidačný rozklad polystyrénu.

Druh a množstvo produktov termického rozkladu závisí od rôznych faktorov, hlavne chemického zloženia, typu horenia a podmienkach prístupu vzduchu a teploty. V prípade, že ide o plameňové horenie polystyrénov, splodiny obsahujú hlavne oxid uhličitý, oxid uhoľnatý, vodnú paru, kyslík a tiež sú obvykle prítomné uhľovodíky a kyslíkaté látky (Binek, Kačík, Veľková, 2014)

Podstatný vplyv na tvorbu produktov má prístup vzduchu do zóny horenia. Keď je množstvo kyslíka pri horení dostatočné, ide o dokonalé horenie a vtedy sú hlavnými produktmi oxid uhličitý, oxid uhoľnatý a vodná para. Pomer koncentrácií oxidu uhličitého a uhoľnatého  $CO_2/CO$  je vysoký pretože vznik oxidu uhoľnatého je potlačený. V praxi ale nikdy nejde pri horení polystyrénu o dokonalé horenie takže splodiny obsahujú pestrú zmes rôznych zlúčenín. Istá časť produktu prechádza až na  $CO_2$  a  $H_2O$  a časť sa zastaví na nižších oxidačných stupňoch ako CO alebo elementárny uhlík vo forme sadzí a k spáleniu istého podielu produktu nemusí dôjsť vôbec.



Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim zloženie zmesi produktov je teplota. V prípade štandardného a húževnatého polystyrénu termooxidačný rozklad nastáva okolo 250°C. Pri teplote v rozmedzí od 250°C do 400°C sa však objavuje málo produktov. V strednom rozsahu teplôt od 400°C do 700°C vznikajú veľmi bohaté zmesi produktov s vysokou koncentráciou. Pri teplote nad 700°C má počet a množstvo produktov klesajúci charakter, zvyšuje sa však obsah látok, v takýchto podmienkach nepodliehajú tepelnému rozkladu (Faravelli et al, 2001)

U väčšiny polymérov prebieha tepelná degradácia typickým radikálovým reťazovým mechanizmom. Reťazec polystyrénu sa vplyvom teploty štiepi radikálovo na menšie radikálové častice (diméry a triméry styrénu), ktoré sa vplyvom teploty postupne ďalej štiepia na menšie produkty.

Cieľom práce je analýza odobratých prchavých produktov termického zaťaženia vzoriek izolačného EPS 70F, priemyselného a potravinárskeho obalového polystyrénu uvoľnených pri teplote 250°C metódou GC-MS.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentom sa 3 rôzne druhy expandovaného polystyrénu tepelne zaťažili pri teplote 250 °C a odoberali sa vzorky vznikajúceho dymu. Konkrétne izolačný polystyrén EPS 70F POLYFORM s hrúbkou 50 mm, ktorý je najpoužívanejší zatepľovací polystyrén, priemyselný obalový polystyrén používaný najmä pri ochrane zariadení počas prevozu a manipulácii a potravinársky obal, konkrétne menu box HUHTAMAKY používaný na prevoz teplého jedla.

Pri zahrievaní vzoriek sa odoberali vznikajúce plynné degradačné produkty, ktoré boli zachytávané v sorbente XAD2 odberovej rúrky ORBO. Po odbere boli vzorky spracované laboratórne, kde sa extrakciou do rozpúšťadla desorbovali zachytené plynné produkty. Tie sa následne analyzovali metódou plynovej chromatografie v spojení s hmotnostnou detekciou (podľa STN EN 14662-2: 2005).

Jednotlivé stanovené látky vo vzorkách boli identifikované porovnávaním retenčných časov a hmotnostných spektier z knižnice spektier NIST. Charakteristické ióny uvádzame v tabuľke 1.

Tab. 1: Charakteristické ióny, ktoré boli použité pre identifikáciu jednotlivých zlúčenín.  
Tab. 1: Characteristic ions used for the compound identification.

Látka	Primárny ión	Sekundárny ión
Benzaldehyd	106	77, 105, 51, 78, 50
Toluén	91	92, 65, 39, 63, 51, 93
Styrén	104	103, 78, 77, 51, 105, 50
Metylstyrén	118	117, 103, 78, 77, 91, 115, 51
Etylbenzén	91	106, 51, 65, 77, 78, 92
dimér styrénu	92	105, 65, 196, 77, 79, 91, 39

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou spektrometriou boli stanovené v jednotlivých vzorkách predovšetkým benzén, styrén a ich deriváty. Výsledky sú uvedené v tab. 2.

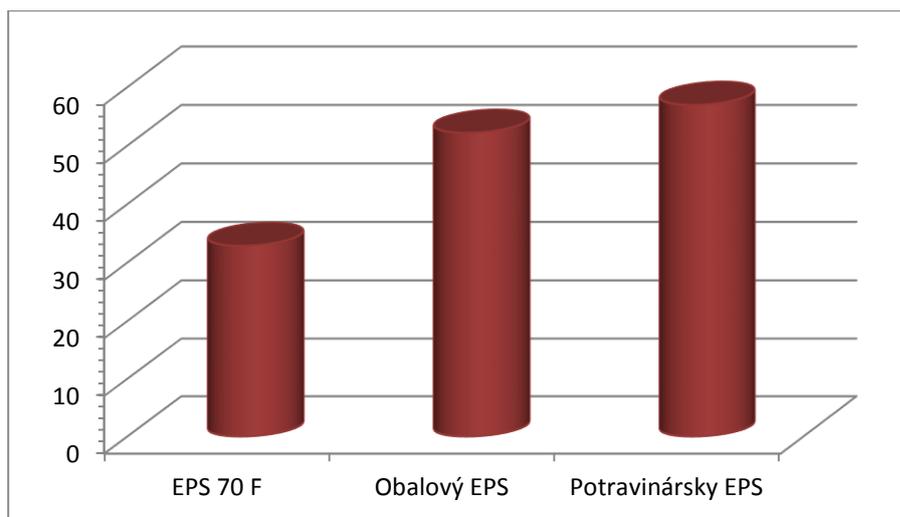
Tab. 2: Množstvo stanovených látok v spalinách jednotlivých vzoriek polystyrénov.  
Tab. 2: The amount of determined compounds in the smoke of the polystyrenes samples.

Látka	EPS 70 F		Obalový EPS		Potravinársky EPS	
	hmot %	st odch.	hmot %	st odch.	hmot %	st odch.
Toluén	14,41	6,09	3,38	1,19	2,16	0,61
Xylén	4,21	0,06	5,44	0,32	1,59	0,34
Styrén	32,86	5,52	52,19	5,59	56,97	5,1
Etylbenzén	-	-	1,79	0,19	0,46	0,18
Benzaldehyd	16,64	6,28	25,67	3,6	30,3	6,02
$\alpha$ -metylstyrén	-	-	0,82	0,35	0,45	0,06
Dimér styrénu	3,27	3,46	0,4	0,43	0,27	0,09

Pri teplote 250°C prebiehalo bezplameňové horenie a k zapáleniu vzoriek ani v jednom prípade nedošlo. Postupne prebehlo skvapalnenie vzorky, ktorá sa pomaly vyparovala okrem vzorky potravinárskeho obalového EPS, ktorého reakcia na zmenu teploty bola pomalšia a po 10 minútach trvania experimentu ostala väčšia časť vzorky neroztopená. Počas termickej degradácie troch druhov vzoriek sa uvoľňovali značné množstvá styrénu, benzaldehydu a toluénu ako je zrejmé z tab.2. Ďalšími zachytenými látkami s menším podielom sú xylén a dimér styrénu. Etylbenzén a  $\alpha$ -metylstyrén boli

zistené v malom množstve len u vzoriek obalového a potravinárskeho polystyrénu. Tým sme potvrdili tvrdenie Gurmana, Baierovej a Levinovej (1987) a Jiao a Suna (2014), podľa ktorých je možné zachytiť tieto produkty pri termickej degradácii polystyrénu.

Najväčší podiel v produktoch termickej degradácie má styren, čím sa potvrdilo tvrdenie Rossiho, Camina a Luda (2001), podľa ktorých prevažnú časť prchavých produktov pri termickom zaťažení polystyrénu tvorí práve styren.



**Obr. 1: Grafické znázornenie množstva (podiel v %) stanoveného styrenu v jednotlivých vzorkách.  
Fig. 1: The graph of the styrene amount in the samples.**

Podľa grafického porovnania na obrázku 1 je zrejmé, že podiel styrenu v produktoch termickej degradácie má stúpajúci charakter od izolačného polystyrénu EPS 70F s podielom 32,86 % až po 56,97 % pri potravinárskom polystyréne. Fakt, že priemyselný a potravinársky obalový polystyrén majú v produktoch termickej degradácie väčší podiel styrenu ako izolačný polystyrén EPS 70F, je pravdepodobne spôsobený tým, že neobsahujú prímеси v podobe retardérov horenia a degradácia polystyrénu na monomérny styren prebieha jednoduchšie.

## **ZÁVER**

Cieľom príspevku bolo poukázať na tvorbu nebezpečných látok pri termickom zaťažení rôznych druhov polystyrénu pri teplote, keď PS ešte nehorí, no k rozkladu polymérneho reťazca dochádza a vzniká veľké množstvo produktov. Polystyrénové plasty tvoria veľký podiel výrobkov a materiálov používaných v bežnom živote. Ich zahrievanie nutne nastáva, či už pri mimoriadnych situáciách ako je požiar alebo aj pri



používaní v každodennej praxi. Poznanie správania sa materiálov je predpokladom zabránenie vzniku bezpečnostných rizík vhodnými úpravami a samozrejme aj vhodnými spôsobmi použitia.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

BINEK, B. - KAČÍK, F. - VELKOVÁ, V., 2014. *Posúdenie polystyrénu z hľadiska požiarnej bezpečnosti*. In Delta : vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. ISSN1337-0863, 2014, roč. 8, č. 15 s. 3-6.

FARAVELLI, T. - PINCIROLI, M. – PISANO, F. – BOZZANO, G. – DENTE, M. – RANZI, E., 2001. *Thermal degradation of polystyrene*. Journal of analytical and applied pyrolysis, pp. 103-121 [online]. [cit. 2015-04-15] Dostupné na internete: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237000001595>>.

GURMAN, J. L. – BAIER, L. – LEVIN, B. C., 1987. *Polystyrenes: a review of the literature on the products of thermal decomposition and toxicity*. Fire and materials vol. 72 11, pp 109 – 130 [online]. [cit. 2015-04-20] Dostupné na internete: <<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire87/PDF/f87014.pdf>>

JIAO L.-L. – SUN J.-H.. *A thermal degradation study of insulation materials extruded polystyrene*. In *Procedia Engineering*. ISSN 1877-7058, 2014, vol. 71, p. 622-628.

MASAŘÍK, I., 2003. *Plasty a jejich požární nebezpečí*. Ostrava : SPBI Spektrum, 2003. 174 s. ISBN 80-86634-16-7.

ROSSI, M. – CAMINO, G. – LUDA, M. P. 2001. *Characterisation of smoke in expanded polystyrene combustion*. In *Polymer Degradation Stability*. ISSN 0141 – 3910, 2001, pp.512 [online]. [cit. 2015-04-15] Dostupné na internete: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391001001689>>.

STN EN 14662-2: 2005, *Ochrana ovzdušia. Vonkajšie ovzdušie. Štandardná metóda na meranie koncentrácií benzénu. Časť 2: Odber vzoriek pomocou čerpadla s následnou desorpciou rozpúšťadlom plynovou chromatografiou*.

### Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0057-12.



**Adresa autorov:**

Ing. Veronika Veľková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

[veronika.velkova@tuzvo.sk](mailto:veronika.velkova@tuzvo.sk)

[Ing. Tatiana Bubeníková, PhD.](#)

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra chémie a chemických  
technológií

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

[bubenikova@tuzvo.sk](mailto:bubenikova@tuzvo.sk)



# STRECHA, ČASŤ KONŠTRUKCIE BUDOVY, KTORÁ PRI POŽIARI DOPADNE VŽDY NAJHORŠIE

## ROOF, THE PART OF THE BUILDING CONSTRUCTION, WHICH TURN OUT WORST IN THE FIRE

ANTON OSVALD

### Abstrakt

Článok sa zaoberá možnými rizikami, ktoré ohrozujú strechy požiarom a návrhom nových technológií na protipožiarnu ochranu striech.

**Kľúčové slová:** *protipožiarna ochrana, strechy.*

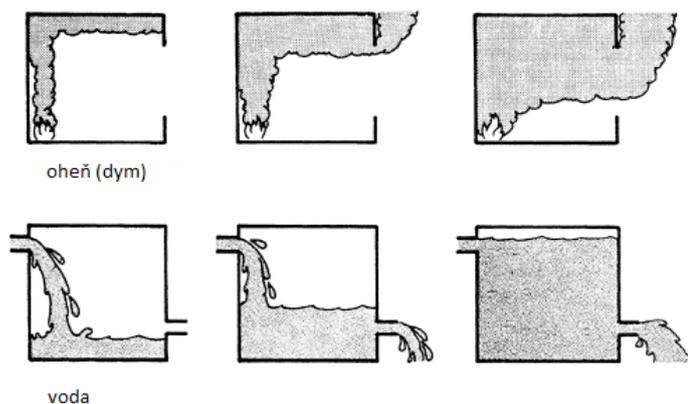
### Abstract

The article deals with the risks threatening roof fires and design of new technology for fire protection roofs.

**Keywords:** *fire protection, roofs.*

### ÚVOD

O funkčnosti striech diskutovať nie je potrebné. Ich hlavnou úlohou je odvieť dažďovú vodu. Tomu odpovedá ich konštrukcia. Historicky sa vyvinula šikmá strecha, ktorá túto úlohu dokáže splniť najjednoduchšie. Konštrukcia strechy už taká jednoduchá nie je. Musí odolávať vetru, hmotnosti snehu a iným nepriaznivým okolnostiam. Mnohokrát strechy tvoria nie len funkčnú ale aj esteticky hodnotnú časť budovy, hlavne pri historicky cenných budovách. Strecha je časťou budovy, ktorá je najčastejšie ohrozovaná požiarom. Toto tvrdenie je platné pre všetky typy budov a pre všetky typy striech. Zaujímavú schému spracoval Babrauskas vo svojej práci [1], kde porovnáva prietok vody „dole kopcom“ a stúpanie ohňa (dymu) „hore kopcom.“ Tak ako voda steká po streche dole oheň pri požiari stúpa hore, pritom sklon strechy zohráva významnú úlohu. Šírenie požiaru nemožno vylúčiť ani pri plochých strechách.



Obr. 1 Analógia medzi tvorbou dymu a plnením vody do nádoby [1]  
Fig. 1 The analogy between the formation of smoke and filling water into the tank [1]

## POŽIARE STRIECH

V tejto kapitole uvedieme len niekoľko prípadov väčších požiarov. Nejde o štatistické vyčíslenie požiarov, strecha je zasiahnutá takmer pri každom požari, ktorý trvá dlhšie ako 15 - 20 min., (podľa jeho vývoja a druhu prevládajúceho materiálu, ktorý tam horí). Dňa 15.6.2015 o 10:30 zachvátil požiar katedrálu v Nantes a celá strecha zhorela. Súbor striech zhorel aj pri požari hradu Krásna Hôrka (pozri obr. 2 a 3).



Obr. 2 Požiar katedrály v Nantes  
Fig. 2 Fire Cathedral in Nantes



**Obr. 3 Požiar hradu Krásna Hôrka**  
**Fig. 3 Fire of the castle Krasna Horka**

Zložitosť hasenia požiarov takýchto striech je daná hlavne ich výškou (obr. 2), ako aj plochou a rozlohou celkového požiaru (obr. 3). Nebudem komentovať ostatné potreby zasahujúcich zložiek, dostatok vody, prístupnosť k budove, pohyb v rámci budovy, podmienky, za ktorých sa vykonáva zásah a pod. To všetko ovplyvňuje čas trvania požiaru, jeho veľkosť ako aj spôsobené škody. Samozrejme aj škody spôsobené zásahom. Jednoduchšie nie sú ani zásahy pri hasení požiarov moderných striech, resp. strešných nadstavieb. Jedným z takýchto požiarov bol požiar strechy obytného domu Kadaň, ul. Kpt. Jaroša, ktorý bol ohlásený 26. 10. 2013 o 15:46. Zábery z tohto požiaru sú na obr. 4 [9].



**Obr. 4 Požiar obytného domu Kadaň, ul. Kpt. Jaroša**  
**Fig. 4 Fire dwelling house Kadan, street Cpt. Jaroša**



Vyšetrovaním príčin vzniku požiaru bolo zistené a potvrdené, že vznik požiaru bol cca 1 hod. pred samotným ohlásením. Za použitia známych metodík pre výpočet rýchlosti šírení požiaru bolo zistené, že v čase príchodu prvých jednotiek bol už požiar odvetranou medzerou rozšírený nad ostatné bytové jednotky, kde bol utlmený pre nedostatočnú výmenu plynov na požiarovisku. Pri rozberaní konštrukcií jednotkami PO dochádzalo k opätovnému nárastu intenzity požiaru. Zjavne sa jednalo o požiar riadený vetraním pri rozberaní strešných konštrukcií [9].

### **NAJČASTEJŠIE PRÍČINY VZNIKU POŽIAROV V STREŠNOM PROSTREDÍ**

Tak ako pri požiaroch v iných priestoroch aj v strešných priestoroch je možné hovoriť o nedodržaní protipožiarnej disciplíny. Vo väčšine prípadov sa jedná o dominoefekt príčin. Ak si zoberieme prípad Krásna Hôrka, jednalo sa o nedodržanie protipožiarnej disciplíny, ale pri konštantnej úprave okolia by k udalosti takého rozsahu nedošlo.

K mnohým požiarom v strešnom prostredí dochádza pri rekonštrukčných prácach. Nedokonale odprášené prostredie vie veľmi prekvapiť aj pri malom zdroji zapálenia.

Drevo v strešných konštrukciách, býva na povrchu, alebo aj v čiastočnom či celom objeme, poškodené drevokaznými hubami alebo drevokazným hmyzom. Drevokazné huby vykonávajú biodeštrukciu dreva, ktorá pri niektorých druhoch húb pomáha k jeho ľahšiemu zapáleniu. Rovnako ak je prítomný drevokazný hmyz, ktorý produkuje požerky vo forme prachu ako napr. Fúzač krovový, riziko vzniku požiaru pri rekonštrukčných prácach sa zvyšuje.

Odvolávajú sa na obr. 1, dym stúpa hore nie len pri požiaroch ale aj pri cielenom spaľovaní. Preto častou príčinou požiarov v strešnom priestore sú hlavne poruchy dymovodov a komínov. Na tie poukazuje aj štatistika, ktorá je uvedená v ta-buľke 1. Konštrukcia, ale hlavne údržba vykurovacích telies, dymovodov a komínov zohráva významnú úlohu pro vzniku požiaru v strešnom prostredí. Druhým negatívnym prípadom je nevhodné skladovanie hlavne horľavých materiálov v strešnom prostredí. Ak tieto dva faktory vytvoria domino efekt, požiar môže mať nedozerané následky a ohroziť aj susedné budovy [3, 5].

Tab. 1 Príčiny vzniku požiarov v strešnom prostredí, ich počet a spôsobené škody v roku 2012 na Slovensku

Tab. 1 Causes of fires in the roof area, their number and the damage caused in 2012 in Slovakia

Príčina vzniku požiaru	Počet požiarov	Priame škody (€)
technická porucha vykurovacieho telesa	25	518 090
opotrebenie vykurovacieho telesa	8	43 470
opotrebenie dymovodu	52	81 665
zamurovaná hrada v komíne	35	134 040
špára v komíne	31	149 595
netesné komínové dvierka	7	7 190
netesný (neuzatvorený) sopúch	3	9 040
úlet iskier z komína	32	43 955
vyhorenie sadzí	443	95 870
iná porucha vykurovacích telies, dymovodov a komínov	72	471 250
<b>Spolu</b>	<b>708</b>	<b>1 554 165</b>

K ďalšej, pomerne častej príčine vzniku požiaru patrí zlé konštrukčné riešenie prestupu dymovodov cez konštrukciu strechy. Jeden z takých „príkladov“ je na fotografiách na obr. 5 z reálneho požiaru vo februári tohto roku.



Obr. 5 Zlé konštrukčné riešenie prestupu dymovodu konštrukciou strechy  
Fig. 5 Bad design smoke flues passage through roof structure

Z protipožiarného hľadiska je problémom aj architektonické riešenie niektorých budov. Tvar strešnej konštrukcie mal aj hotel v Jasnej (obr. 6 horná fotografia), kde vypukol požiar 6.10.2015 o 3.30 ráno [11]. Požiar vypukol v kuchyni tohto sedemposchodového hotela. Ako zo záberov je vidieť požiar sa veľmi rýchlo rozšíril na celú budovu. Evakuácia ubytovaných bola zložitá a boli zaznamenaní aj zranení ľudia a aj jedno úmrtie. Aj keď podľa svedkov je známe miesto vzniku požiaru také rozsiahle požiaru sú náročné aj pre zisťovateľov príčin vzniku požiaru [10].

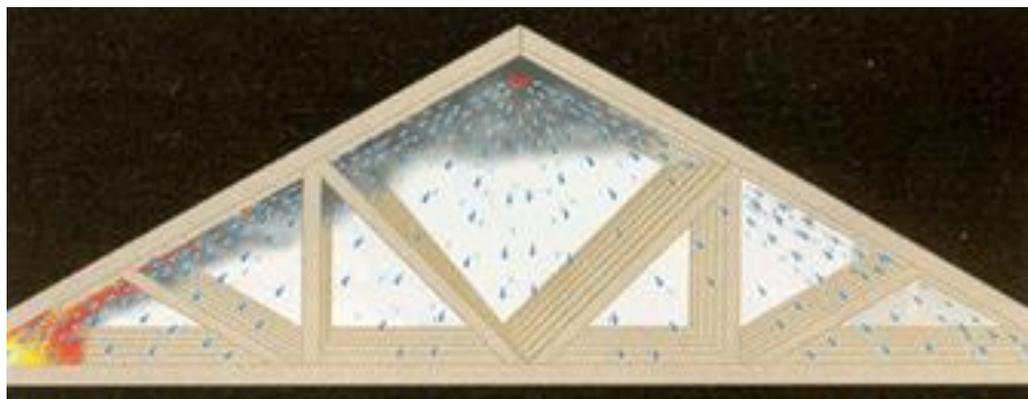


Obr. 6 Hotel Junior v Jasnej  
Fig. 6 Hotel Junior in Jasná

## RIEŠENIE PROTIPOŽIARNEJ BEZPEČNOSTI

Najjednoduchším riešením je dodržiavanie protipožiarnych opatrení pri správnom konštrukčnom riešení strechy, hlavne prestupov komínov a dymovodov. Sú strešné priestory, ktoré vyžadujú zvýšené protipožiarne opatrenia. Historické budovy, divadlá a iné zhromažďovacie priestory. V súčasnosti existujú technické zariadenia elektrických požiarnych signalizácií (EPS), ktoré esteticky nenarušujú priestory. Osadenie EPS aj v strešných priestoroch pomôže rýchlejšie identifikovať prípadný vznik požiaru, skôr ako sa začne zo strechy dymiť. Čas je v tomto prípade rozhodujúci fyzikálny faktor, ktorý limituje požiar.

Existujú aj ďalšie technológie protipožiarinej ochrany, ktoré síce nezabránia vzniku, ale hlavne zabránia šíreniu požiaru. Tak ako sme konštatovali v úvodnej kapitole tohto článku, práve strešný systém je ideálny na veľmi rýchle šírenie požiaru. Obr. 7 znázorňuje jednu z možných technológií. Sprchové systémy (v súčasnosti aj hmlové sprchové systémy), najúčinnnejšie dokážu likvidovať požiar v počiatočnom štádiu.

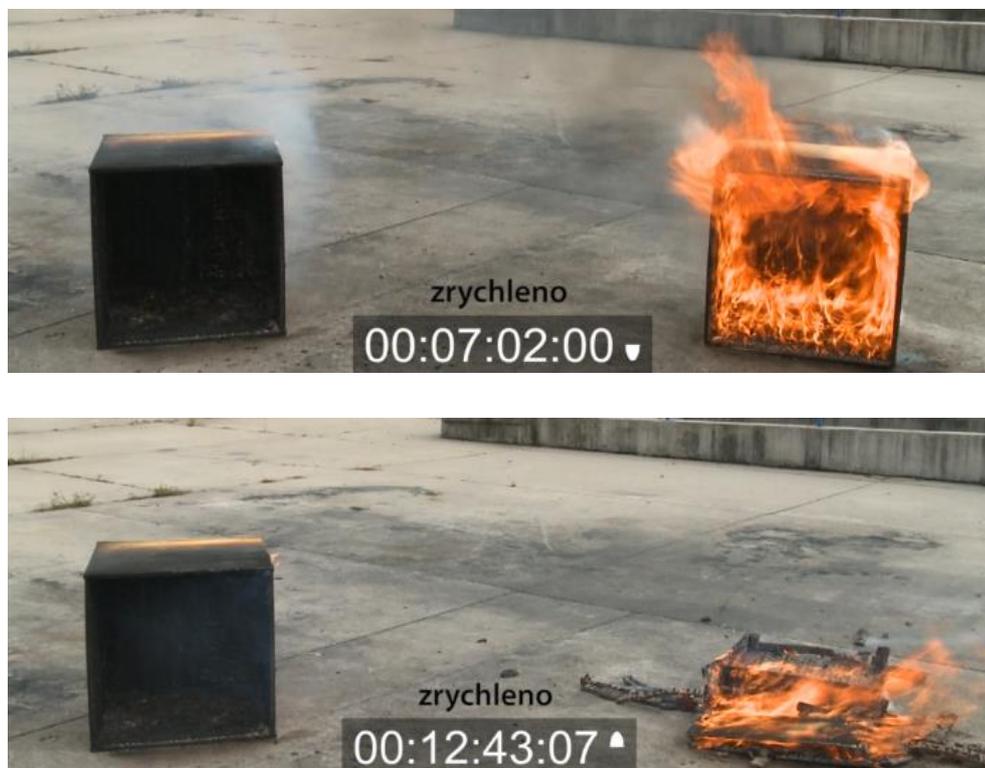


**Obr. 7 Schéma sprchového hasiaceho systému v strešnom priestore  
Fig. 7 Schematic sprinkler system in the roof space**

Ak by bolo nainštalované takéto zariadenie v hoteli v Jasnej, požiar by určite nebol taký devastačný. Otázkou je výška prípadných škôd, ktoré sú spôsobené poruchovým spustením sprchového systému [3].

Zabrániť šíreniu požiaru môžu aj protipožiariarne roletové systémy, ktoré rozdelia strešný priestor na fiktívne požiariarne úseky a tak nie je celá strecha zasiahnutá požiarom iba jej časť. To eliminuje vzniknuté škody a uľahčí zásah záchranných zložiek. Nesmieme zabudnúť ani na účinnú aplikáciu retrarédrom horenia. Účinnosť retardéru dokumentuje

na výbere z videozáznamu. V mnohých prípadoch je vhodné voliť kombináciu konštrukčnej a chemickej ochrany, to znamená aplikovať retardér horenia len na miesta, kde je zvýšené riziko vzniku požiaru a nie na celú konštrukciu [2, 4, 7, 8].



**Obr. 7 Účinnosť retardéru horenia pri debničkovom teste [3]  
Fig. 7 The effectiveness of flame retardant at the box-test [3]**

## **ZÁVER**

Požiar je neželanou udalosťou v každej časti budovy. Pomerne v krátkom čase ničí hodnoty, ohrozuje zdravie a životy ľudí. Zabrániť vzniku požiaru nie je a nebude nikdy úplne (100 %) možné. Požiar sprevádza ľudstvo všetkými obdobiami. Dôležité je, aby moderné materiály, technológie a protipožiarne zariadenia, architektonické riešenie a urbanistické začlenenie budovy dokázali zabrániť ľahkému a častému vzniku požiaru, zabránili jeho šíreniu a zabezpečili možnosť evakuácie ľudí z ohrozeného priestoru a rýchlu lokalizáciu a likvidáciu požiaru.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ÚDAJOV

- [1] BABRAUSKAS V. Fire endurance in buildings. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, 1976.
- [2] MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L., OSVALD, A.: Flame Retardation od Wood. Advaced Materials Research Vols. 690-693 (2013) pp 1331-1334 Trans tech Publikations, Switzerland. ISSN 1662-8985 (podiel 30%) (ADM).
- [3] OSVALD, A.: Drevostavba ≠ požiar. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011, 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.
- [4] OSVALD, A., MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L., MITRENGA, P. DUŠKOVÁ SMRČKOVÁ, M., CHMELÍKOVÁ, D.: Nenormalizované postupy hodnotenia retardačných účinkov retardérov horenia dreva. In: 11. medzinárodné sympóziu „Vybrané procesy pri spracovaní dreva“, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2015, s. 256 – 261. ISBN: 978-80-228-2779-9.
- [5] OSVALD, A.: Požiar odhaľuje slabé miesta drevostavieb. In. Manažment rizík požiarov v prírodnom prostredí. (zborník vedeckých prác). Bratislava : Požiarno-technický a expertízny ústav MV SR, 2015, s. 62 – 73. ISBN 978-80-89051-18-2, EAN 9788089051182.
- [6] OSVALD, A.: Hodnotenie požiarnej bezpečnosti materiálov a výrobkov z dreva a na báze dreva. Skriptá. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 104 s. ISBN 80-228-0595-5.
- [7] OSVALD, A., OSVALDOVÁ, L.: Retardácia horenia smrekového dreva. Vedecké štúdie. Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2003. 61 s.
- [8] OSVALDOVÁ, L., KOPYLOVÁ, E.: Fire retardation of spruces wood. IN: Wood & Fire Safety. Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2004. 211 – 217 s. ISBN 80-228-1319-2.
- [9] SVOBODA, P.: Požár strechy obytného domu Kadaň, ul. Kpt. Jaroše. In. Červený kohout 2015, České Budějovice : Dům techniky České Budějovice, 2015, nestránkované. ISBN 978-80-02-02580-1.
- [10] ZACHAR, M. et al.: 2012. Zisťovanie príčin požiarov v spojitosti s forenznými vedami. In: Delta, vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany. 2012, roč. 6, č. 11, s. 33-37, ISSN 1337-0863.



[11] [http://www.aktuality.sk/clanok/305521/v-jasnej-hori-hotel-zomrel-jedenclovek/?utm\\_source=azet.sk&utm\\_medium=box-magaziny\\_aktuality&utm\\_content=clanok1 &utm\\_campaign=HP-new2#](http://www.aktuality.sk/clanok/305521/v-jasnej-hori-hotel-zomrel-jedenclovek/?utm_source=azet.sk&utm_medium=box-magaziny_aktuality&utm_content=clanok1&utm_campaign=HP-new2#) dostupné 6.10.2015.

**Adresa autora**

prof. Ing. Anton Osvald, CSc.  
Žilinská univerzita v Žiline  
Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Katedra požiarneho inžinierstva  
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina  
041/5136767  
anton.osvald@fbi.uniza.sk



## THE USE OF COMPUTER APPLICATION IN THE ANALYSIS OF SAFETY CULTURE FIREFIGHTERS – INITIAL TESTS

EDWARD KOWAL, PATRYK KRUPA, IZABELA GABRYELEWICZ

### **Abstract**

It is assumed that one of the most essential determinants of the level of occupational safety is the level of safety culture at a workplace. It is said that there is a correlation between the number and severity of accidents and the safety culture level.

This work presents the possibilities offered by an original computer application for analysing the level of safety climate. The operation of the application is presented on the basis of pilot studies of the level of safety climate. The studies were conducted at one of Polish fire fighting units.

**Keywords:** *computer application, safety culture, occupational accident.*

### INTRODUCTION

Taking care over the employees' safety is an obligation of an employer and results from the provisions of law [6]. In economical practice, the usefulness of surveying employees' opinions concerning occupational safety is often questioned. Current trends in the field of occupational safety reveal that one of the most efficient ways of determining directions of improving the safety is surveying employees regarding their preferences concerning performed work. Underestimation of surveying workers as an effective method of the evaluation of operation of the whole facility is based mainly in shortages of the organisational culture but also from a reluctance of some of researchers to acquire information in the form of surveys. Activities in the field of improving organisational cultures require time consuming and stable operations. These can not be nonrecurring informational actions. Such activities should be planned and continuous. What is more, results are not as spectacular as in case of technical actions, e.g. introduction of new means of personal protection, new technological lines or protection systems. Conducting studies, we should be aware that the most effective ones are those which are realised systematically, what allows us to compare data collected within particular years. Economical practice proves that surveys in Poland are most often realised on demand, at



particular situations (e.g. the necessity of improving management, an increasing competition on the market, a disadvantageous image of the organisation). Only widely performed studies and their multi-layered analysis enable a reliable evaluation of the functioning of a person at work. This is why, an efficient analysis of acquired data requires proper computer applications, which enable fast and profound analysis, which shall include numerous variables and criteria.

### Author's survey questionnaire

For the aims of surveying the level of safety culture, there was developed an original questionnaire, developed by Izabela Gabryelewicz, Ph.D, Engr. and Prof. Edward Kowal from the Faculty of Mechanics of the University of Zielona Góra. The questionnaire was developed basing on numerous questionnaires for surveying the level of safety culture. It included nine subject groups. Each group, contained five detailed questions, concerning a particular issue. Currently, the survey includes 45 questions and covers all determinants of a high safety culture. Five-grade Likert scale was used for evaluation of the survey. Answers are graded from 0 to 4 points, depending on the question form. A variable scoring in particular subject groups or even within the same group, was aimed at elimination of a mechanical (thoughtless) completing of the survey, thus a probable elimination of completely unreliable surveys. Particular subject scopes and, as a result, particular questions, correspond to specific referents of the high safety culture [1, 2, 3]. Table 1 presents referents characterising high safety culture with questions included in the survey questionnaire.

**Tab. 1 Relationship between referents of high safety culture and the subject scope of the survey questionnaire concerning the safety climate [1, 2, 3]**

Subject areas of the survey questionnaire	Referents of high security culture
Knowledge about occupational safety	Education and training of employees
Views and believes	Fast responses to problems concerning safety A belief that safety is a value connected with every aim of an organisation



Communication in the field of occupational safety and health	Communication based on common trust
Attitude towards OHS services	Stimulation of engagement of employees in OHS aims, stating their importance and necessity of realisation and team work
My influence on occupational safety	Developing the care over my and co-workers safety
Attitude of super-ordinates towards safety	Engagement of the top management in OHS problems and leadership Setting declarations of OHS policy and proper procedures and norms
Attitude to OHS training	Education and training of employees
Resistance to stress	Stimulation of engagement of employees in OHS aims, stating their importance and necessity of realisation and team work
Motivation towards safe behaviour	Expressing appreciation to group and individual achievements

QUESTIONNAIRE OF TO SAFETY CLIMATE ASSESSMENT

The aim of the survey is to learn from your views on safety in your workplace. Your answers are completely anonymous and confidential.

**Metrics**

Numer wprowadzanej ankiety  Branches / [Add a branch](#)

Company / [Add a company or department](#)

1. Age \*

2. Sex \*  Women  Men

3. Workplace \*  Manual worker  Office worker  Other

4. Education \*  Primary  Vocational  Secondary  Higher

5. Seniority \*  to 2 years  from 3 to 5 years  from 6 to 10 years  from 11 to 15 years  from 16 to 20 years  over 20 years

6. Seniority in the current enterprise \*  to 2 years  from 3 to 5 years  from 6 to 10 years  from 11 to 15 years  from 16 to 20 years  over 20 years

7. Seniority at the current position \*  to 2 years  from 3 to 5 years  from 6 to 10 years  from 11 to 15 years  from 16 to 20 years  over 20 years

8. The level of safety in my workplace is  very high  high  average  low  very low

Fig. 1 Basic information concerning the survey questionnaire to measure the level of safety climate (own elaboration)



V. My impact on safety		Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree
Lp.						
1.	I have influence on work safety	<input type="radio"/>				
2.	I feel responsible for the accidents at work	<input type="radio"/>				
3.	Employees should warn each other if they notice any dangerous behaviour of their colleagues	<input type="radio"/>				
4.	I am willing to warn all my colleagues if they notice their behaviour is dangerous	<input type="radio"/>				
5.	I warn my colleagues if I see their dangerous behaviour	<input type="radio"/>				

VI. Attitude of the superiors towards safety		Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree
Lp.						
1.	Safe behaviours are rewarded	<input type="radio"/>				
2.	I take risky actions under my superiors' pressure	<input type="radio"/>				
3.	My superior does not care about safety	<input type="radio"/>				
4.	Accomplishing the work norm is more important than safety	<input type="radio"/>				
5.	Employee taking risky actions is found more valuable than those who work safely	<input type="radio"/>				

Fig. 2 A fragment of the survey questionnaire to study the level of safety climate (own elaboration)

## Characteristics of the research subject - National Emergency and Fire System in Poland

Working as a fire-fighter (professional or voluntary) is related with numerous threats during performing such profession. Hazards occur during rescuing, trainings, coaching and other activities resulting from the obligations of the profession [7]. The scope of these obligations is constantly subject to expanding. Fire-fighters, apart from their traditionally perceived activities, i.e. fire fighting, participate also during natural disasters (flood, earthquake), communication accidents, epidemiological threats etc. In accordance to legal regulations, one of the fundamental obligations of an employer is a protection of health and life of employees by providing safe work conditions using the best scientific and technological means [4, 8].

In Poland, since 1995, there functions the national emergency and fire system organised by the National Fire Service, the basic aim of which is protection of life, health, property or environment through: fire fighting and fighting other natural disasters, technical and chemical emergency and, since 1997, ecological and medical emergency. The National Emergency and Fire System is an integral part of the state's internal safety, including prognoses, detecting and fighting fires, national disasters or other local hazards in order to rescue life, health, property or environment [4, 8].

As of December 31, 2013, within the National Emergency and Fire System in Poland, there function [8]:



National Fire Service Headquarters,  
16 State Fire Service, Voivodeship HQs,  
335 province and municipal HQs of State Fire Service,  
500 (including 5 school) emergency and fire units of State Fire Service,  
3.993 units of voluntary fire service,  
4 corporate fire units.

On the basis of concluded agreements, the system is supported by services, inspections and guards, including:

Police, Border Guard, Environment Protection Service, Institute of Meteorology and Water Management, National Atomic Energy Agency, Mines Rescue Stations, Maritime Search and Rescue System, Polish Medical Air Rescue as well as non-governmental organisations: Mountain Volunteer Search and Rescue, Volunteer Water Rescue Service, Tatra Volunteer Search and Rescue, Polish Aero Club, the Polish Scouting and Guiding Association, Polish Red Cross, Polish Mountaineering Association [4.8].

Such wide scope of activities is related with an increasing number of activities and interventions. The chart 1 presents the number of interventions of fire protection units in Poland in the years 2000 - 2010. According to statistical data (chart 1), fire fighting actions constitute only a small part of fire fighting units activity. Most cases include tasks related with local threats to people's health and life.

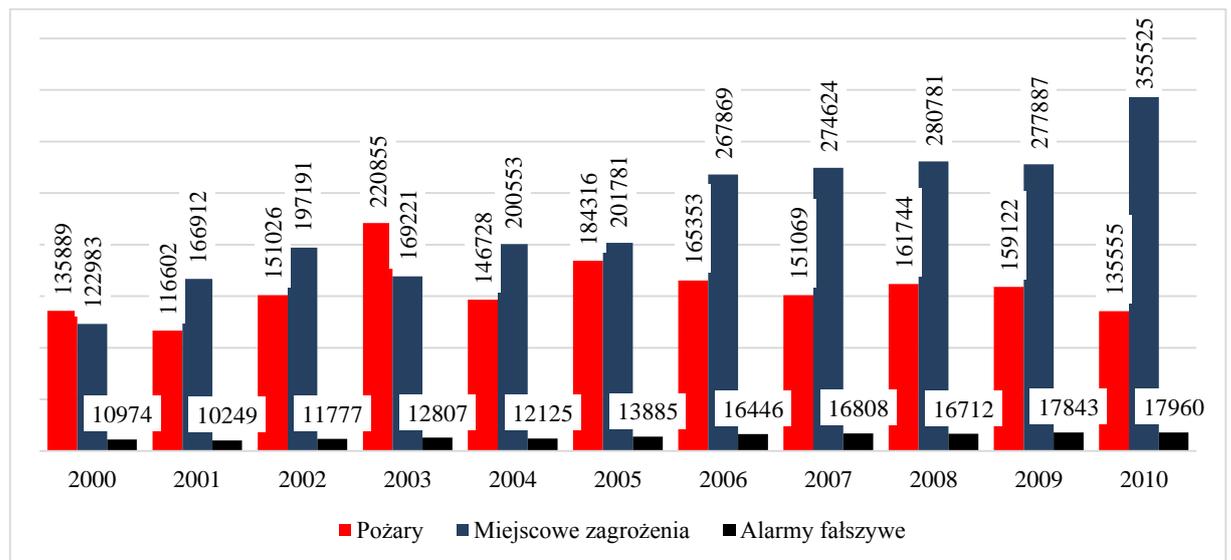


Chart 1 Number of interventions of fire protection units in Poland in the years 2000-2010 [4]



Despite an increasing number of fire protection interventions, the number of individual and collective accidents in the years 2004 - 2008 is not increased - it regularly decreases (Table 2).

**Tab. 2 Number of individual and collective accidents during service and work at fire fighting service (professional and voluntary) in the years 2004 - 2008 [4]**

	2004	2005	2006	2007	2008
Total	1844	1684	1376	1545	1512
Individual	1828	1670	1362	1530	1501
Collective	16	14	14	15	11

Table 3 presents reasons of accidents and their amount. Grey marked are the factors which can be referred to as so called human factor. According to calculations, a half of accidents at work is caused by so called human factor. This is why, surveying the level of safety culture in an organisation is so essential as the human behaviour has the largest influence on occupational safety.

**Tab. 3 Values of causes of accidents in the years 2004 - 2008 [4]**

	2004	2005	2006	2007	2008
Wady konstrukcyjne, materiałowe, niewłaściwe wykonywanie lub lokalizacja czynnika materialnego	20	19	13	5	7
Utrata wytrzymałości, awaria, naruszenie konstrukcji lub czynnika materialnego	65	61	44	44	54
Niewłaściwa eksploatacja czynnika materialnego	34	23	7	11	5
Trudne, nierówne, śliskie przejście, przestrzenie, podłoże	325	276	247	258	313
Brak, nieużywanie, niewłaściwy dobór lub nieprawność środków ochronnych	39	25	10	24	16



Niewłaściwa organizacja pracy	5	9	6	4	7
Nieprzestrzeganie przepisów i zasad bhp, niewłaściwe wykonywanie pracy	36	24	22	12	8
Niewłaściwy stan psychofizyczne	6	38	11	8	9
Nieprawidłowe zachowanie się, nieostrożność	1029	933	637	842	720
Brak lub niewłaściwe przeszkolenie w zakresie bhp albo niedostateczne przygotowanie zawodowe	5	5	3	2	28
Nagle przypadki medyczne i inne przyczyny	206	187	191	180	182

#### **Operation of computer application - results of initial studies**

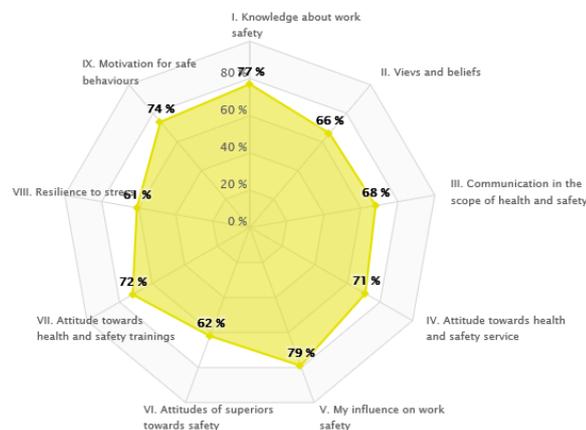
Results are obtained from the pilot research of the level of safety climate at one of Polish fire fighting units. 30 randomly selected employees took part in the study. They were of various age, job seniority, education, etc. Pilot studies allowed introducing modifications into the survey and a verification of the correctness of the operation of the computer application.

The application was developed for persons who conduct studies over the level of safety climate. Basing on these data, there were developed radar charts (Safety Culture Grid), which visualise the level of safety climate, depending on a particular group of employees and present this level in nine categories. A radar chart constitutes a visual representation of obtained results.

The idea of a computer application arose during studies over the level of safety climate at various companies. Initially, having a low number of surveys, the analysis did not cause significant difficulties. Along with an increasing number of surveyed persons, a manual input of results was very time- and work-consuming. An analysis of acquired data, at broadening that analysis by various aspects, resulted in larger difficulties. At that time, there was an idea to "automatise" those activities using digital survey and an analyser [1, 2, 3].

The application precisely images the questionnaire to a measurement of the level of safety climate. What is more, it extends the scope of functions and enables their completion, without a necessity to modify the basic survey. The main advantages of implementing surveys using the developed application [1, 2, 3] include: collection of all study results, dynamic generation of results analysis, graphical presentation of analyses using charts, creating accounts for researchers, conducting simultaneous surveys (using several computers), mobility in the case of working on a computer, a laptop, a tablet, a smartphone, the possibility to introduce prompt amendments in the application, further expansion of the application.

Most of all, the application enables a complete image of the level of the safety climate of a studied enterprise (chart 2).



**Chart 2 Total level of safety climate in an enterprise (own elaboration)**

The greatest advantage of the application is fast filtering of collected data in accordance to a set criterion. Chart 4 presents the safety climate level depending on the employee's age. Chapter 5 presents a change of the value of the safety climate level indicator depending on the employee's age.

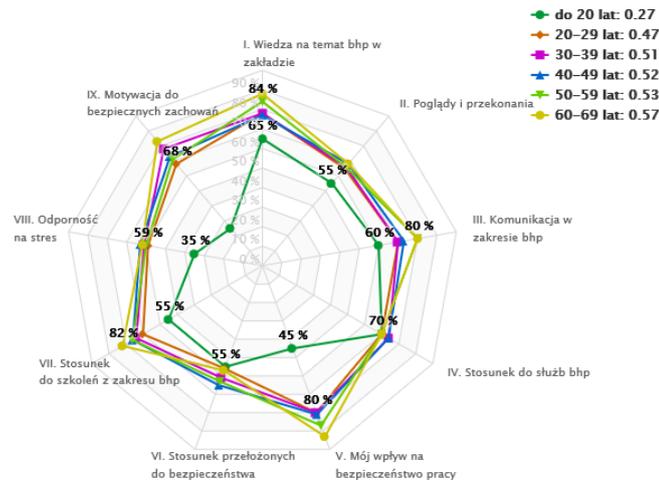


Chart 3 Safety climate level depending on the employee's age (own elaboration)

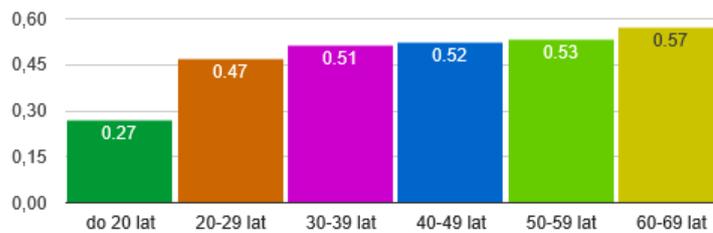


Chart 4 Safety climate level ratio depending on the employee's age.

Collected data can be filtered in accordance to employee's gender, job seniority, education, etc.

The application presents also a graphical form of data collected from basic information of the questionnaire concerning the level of safety climate. Chart 5 presents data concerning participation or knowledge of a person who was a victim of an accident.

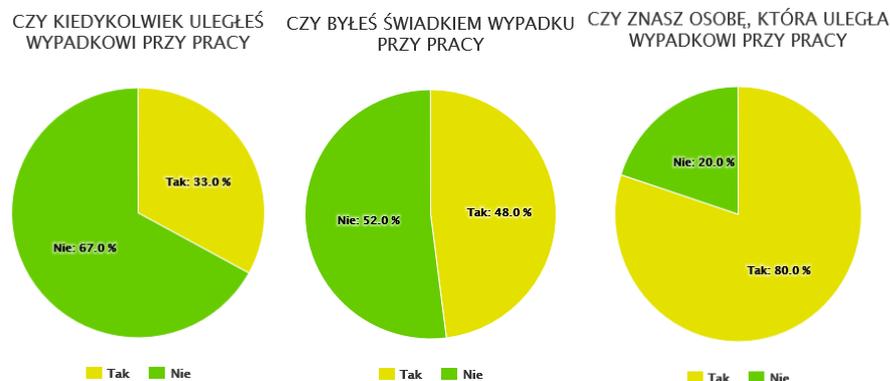


Chart 5 Cumulative statement of collected data concerning participation or knowledge of a person who was a victim of an occupational accident (own elaboration)



## SUMMARY

The application for evaluation of the level of safety culture enables a fast and easy way of analysing data acquired from surveys. A traditional analysis is often regarded time- and work-consuming. In order to facilitate that process and make it more precise in order to achieve all possible solutions between particular data, an IT tool is indispensable. It is wholesome software, fully flexible, which can be modified as well as it is possible to create new functions (modules). The presented tool can function as a mobile survey, which can be used at every place with an Internet access and it can be completed using any device (computer, laptop, smartphone) having a web browser.

The study tool in the form of a computer application would meet expectations and could be used in practice for analysing the level of safety culture in an enterprise. The conclusion was drawn on the basis of other studies conducted by the research team.

Activities related with an improvement of safety can not be single actions, they have to constitute an integral part of a company's philosophy. They should never be completed what is one of the Deming rules.

On the basis of an analysis of study results using the original computer application, we can draw the following conclusions:

- there is a great differentiation of the safety culture level, depending on personal traits of employees;
- cumulative sheets of study results enable a general orientation which of the safety climate parameters require special care in the preventive actions;
- prepared research tool (survey questionnaire) reflects the most essential parameters of safety climate of an organisation and (according to respondents) does not cause problems in its practical use;
- the safety culture level at an enterprise is related with an organisational and social culture and employee's personal culture and his/her behaviour in everyday life.

## REFERENCES

Gabryelewicz I., Krupa P., Sadłowska – Wrzesińska J., Koncepcja aplikacji wspomagającej ocenę poziomu kultury bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie. Część 1. Zastosowanie narzędzia i technologie, Logistyka 5/2015, s.919.



Gabryelewicz I., Krupa P., Sadłowska – Wrzesińska J., Koncepcja aplikacji wspomagającej ocenę poziomu kultury bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie. Część 2. Interfejs użytkownika, *Logistyka* 5/2015, s.923.

Gabryelewicz I., Krupa P., Sadłowska-Wrzesińska J., IT tool for aiding assessment of safety culture level in an organization, *Applied Mechanics and Materials – 2015, Vol. 795*, s. 77-83.

Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w państwowej straży pożarnej w roku 2008, Warszawa, luty 2009 r. [http://www.straz.krakow.pl/dokumenty/analiza\\_2008.pdf](http://www.straz.krakow.pl/dokumenty/analiza_2008.pdf), (dostęp z dnia 20.09.2015, godz. 7.30).

Rakowski A. *Kultura bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie. Modele, diagnoza i kształtowanie*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2013, s.

Rozporządzenie MPiPS z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. Dz. U z 2003 r., Nr 169, poz. 1650 z póź.zm).

Rozporządzenie MSWiA z dnia 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. Nr 180, poz. 1115).

Wielkopolski Program Zapobiegania wypadkom w Państwowej Straży Pożarnej, Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu, Poznań 2010, [www.psp.wlkp.pl/files/file/bonder/Strategia/Program\\_Zapobiegania\\_Wypadkom.pdf](http://www.psp.wlkp.pl/files/file/bonder/Strategia/Program_Zapobiegania_Wypadkom.pdf) (dostęp z dnia 15.09.2015, godz. 23.10).



# VPLYV PRÚDENIA VZDUCHU NA ROZVOJ POŽIARU V MOTOROVOM PRIESTORE

## THE AIRFLOW IMPACT TO INTENSIFY FIRE IN THE ENGINE COMPARTMENT

JOZEF SVETLÍK

### Abstrakt

Poveternostné podmienky a najmä prúdenie vzduchu v okolí motorového vozidla a v motorovom priestore majú priamy vplyv na rozvoj požiaru. Jednotlivé fázy horenia predstavujú pomyselnú rovnicu rovnováhy síl a energie v priestore. Príspevok sa zaoberá prúdením vzduchu v motorovom priestore a okolo vozidla pri jeho jazde a vplyvu na rozvoj požiaru.

**Kľúčové slová:** *požiar, automobil, vietor, prúdenie vzduchu, experiment.*

### Abstract

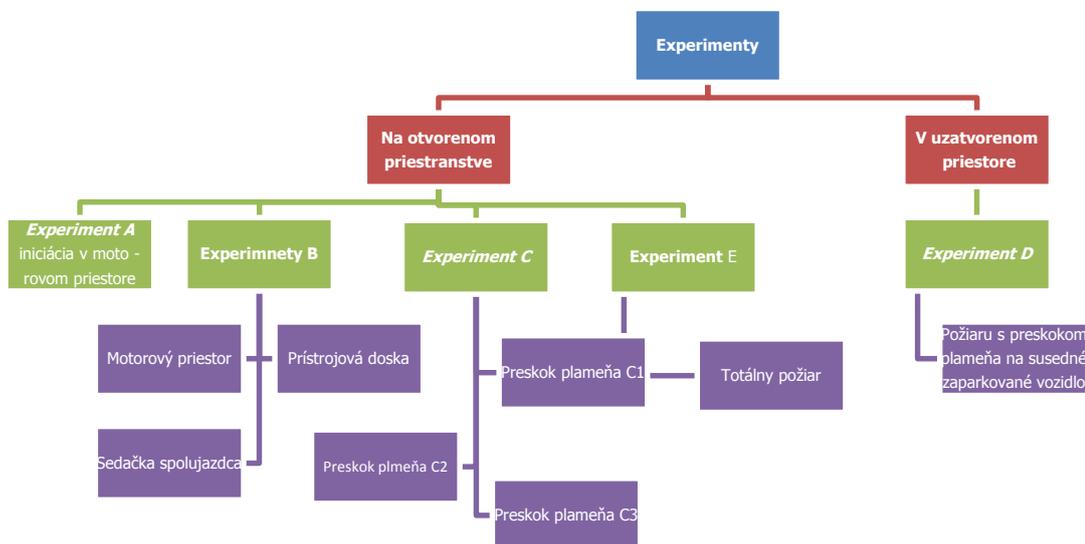
Weather conditions and in particular airflow in motor vehicle and engine compartment have a direct impact on the development of a fire. The different phases of burning are imaginary equation of balance of power and energy in space. The paper deals with the airflow in the engine compartment and around the vehicle when his driving and development impact fire.

**Keywords** fire, car, *wind*, air flow, experiment.

### ÚVOD

Rozvoj požiaru je charakteristický fázami požiaru. Je zrejmé, že za reálnych podmienok požiaru je možné presnejšie popísať rozvoj požiaru z nameraných veličín hlavne u látok a materiálov pevného skupenstva. V rámci už publikovaných experimentov [2,3,5] sme sa zaoberali aj otázkou rozvoja požiaru v motorovom priestore, v prípade, že sa vozidlo pohybuje. Experimenty boli vykonané v rámci riešenia

výskumnej úlohy v spolupráci s SAV a Strednou školou požiarnej ochrany v Žiline. Celkovú koncepciu testov vykresľuje obrázok 1.



**Obr. 1 Základné experimenty horenia automobilov vykonaných KPI ŽU**  
Fig. 1 Basic experiments carried out burning cars KPI ŽU

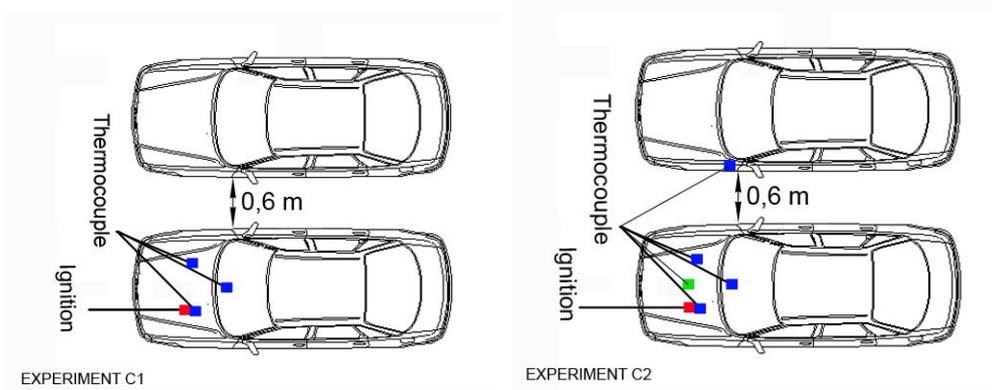
## PODMIENKY EXPERIMENTU

Experiment bol zameraný na simuláciu požiaru idúceho osobného automobilu na voľnom priestranstve, jeho následného odstavenia a preskoku plameňa na vedľajší automobil. Nápor vzduchu (simulácia jazdy) bola vykonaná pomocou pretlakového ventilátora. Horenie bolo realizované v troch samostatných pokusoch, avšak iba v dvoch prípadoch iniciácia prebehla v motorovom priestore. Umiestnenie ventilátora je možné vidieť na obrázku 2.



Obr. 2 Umiestnenie pretlakového ventilátora pri simulácii jazdy vozidla  
Fig. 2 Location overpressure fans in the simulation driving the vehicle

Na experiment bol použitý pretlakový ventilátor Papin 750, ktorým sa vytvorilo prúdenie o rýchlosti  $23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tento pokus je vo výsledkoch označovaný ako C1. Pokus C2 je identický s C1 bez použitia pretlakového ventilátora.



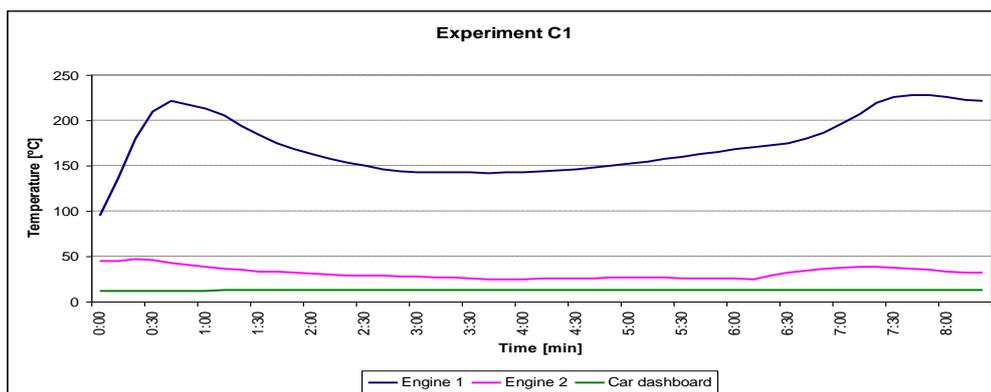
Obr. 3 Umiestnenie termočlánkov a miesto iniciácie  
Fig. 3 Location of thermocouples and initiation site

Simulovaný požiar bol iniciovaný v motorovom priestore vozidla KIA, po zahriatí motora. Motor bol zahriaty na prevádzkovú teplotu, čím bola imitovaná činnosť vozidla počas jazdy. Po zahriatí bol motor vypnutý a iniciovaný požiar. Bola použitá tkanina štvorcového tvaru s rozmermi  $5 \times 5 \text{ cm}$  impregnovaná  $5 \text{ ml}$  benzínu UNI 95. Na iniciáciu horenia bol použitý plameň facke, ktorým bol filc zapálený. Veko motorového priestoru počas zapálenia (iniciácie horenia) bolo otvorené a po zapálení sa uzavrelo. S uzatvorením kapoty bol spustený pretlakový ventilátor, ktorý vykonával nápor vzduchu.

Pokus (Experiment C2) bol identický bez použitia ventilátora.

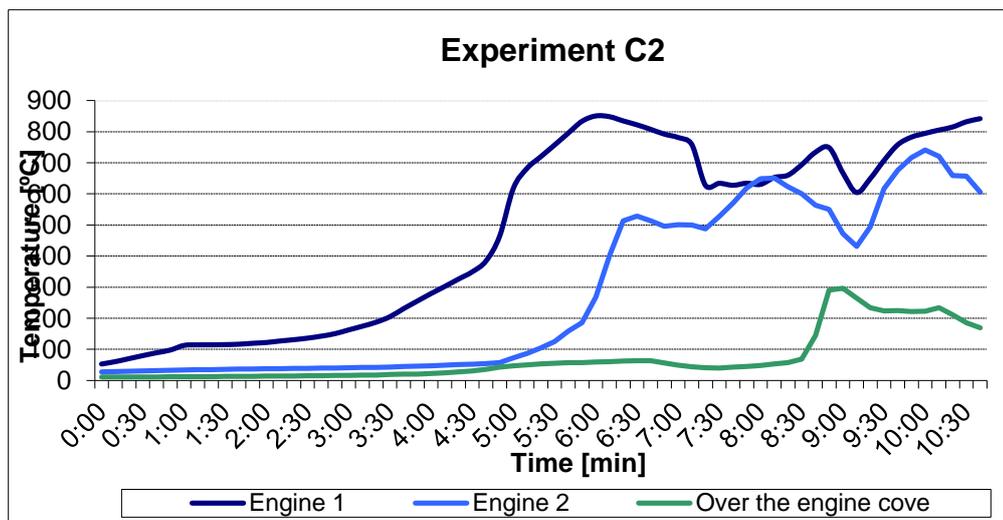
## VÝSLEDKY A ZÁVERY

Teploty v meracích bodoch boli merané K-termočlankami. Výber miest na meranie bol prispôsobený miestu iniciácie. V pokuse C1 je vidieť (obrázok 4), že počiatkový nábeh teplôt je závislý priamo od horenia benzínu v tkanine. Po vyhorení paliva postupne teploty na termočlanku klesajú a len veľmi pomaly dochádza k rozhorievaniu pričom maximálna teplota je dosiahnutá v 7 minúte 30 sekunde po iniciácii.



Obr. 4 Namerané výsledky v experimente C1  
Fig. 4 The measured results of the experiment C1

Experiment C2 je charakteristický dlhším nábehom teplôt (Obrázok 5) nameraných v meracích bodoch v motorovom priestore, avšak cca po 4 minútach je prechod do druhej fázy ožiaru nezvratný a teploty stúpajú až na 850 °C. Fázový posun v meranom bode 1 a 2 predstavuje asi 1,5 minúty. Pokus bol ukončený v jedenástej minúte.



Obr. 5 Namerané výsledky v experimente C2  
Fig. 5 The measured results of the experiment C2



Na rozvoj požiaru v motorovom priestore majú zásadný vplyv viaceré faktory. Je potrebné spomenúť najmä:

- 1 množstvo a druh horľavého materiálu v priestore,
- 2 prísun vzduchu do priestoru horenia,
- 3 možnosť odvodu splodín horenia z priestoru,
- 4 režim vozidla – jazda, voľnobeh, odstavené vozidlo,
- 5 poveternostné podmienky,
- 6 miesto a zdroj iniciácie – brzdy, palivová sústava, mechanická porucha a pod.

Aj z tohto dôvodu nie je možné zovšeobecniť výsledky meraní v plnom rozsahu. Na druhej strane ale konkrétne prípady z cestnej premávky potvrdzujú fakt, že idúce vozidlo so sebe menšími známkami začínajúceho požiaru dokáže prejsť ešte aj niekoľko kilometrov, kým ho posádka neodstaví v bezpečnom (čo najlepšom možnom) priestore pre prípadný zásah, alebo evakuáciu cestujúcich. Teploty dosiahnuté v motorovom priestore v spomínaných prípadoch korešpondujú aj z inými meraniami, či už robenými v rámci SR alebo aj vo svete.

## ZÁVER

Výsledky experimentov vykonaných na Katedre požiarneho inžinierstva boli ďalej spracované SAV na simuláciu požiarov počítačovými metódami. Výhodou týchto metód je odhad správania sa požiaru v uzatvorenom prípadne otvorenom priestore a odhad jednotlivých parametrov už pri dimenzovaní priestoru [1,4], ako sú podzemné cestné stavby a parkovacie plochy. Predĺženie „životnosti“ týchto konštrukcií pri prípadnom požiari môže zachrániť nielen majetok, ale aj ľudský život.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BURSÍKOVÁ, P. – ANGELIS, J. – DVOŘÁK, O.: *Simulace požárního osobního automobilu v tunelu pomocí SW SMARTFIRE*. In: Spektrum, č. 2/2008, ročník 8, 2008, s. 8 – 9, ISSN: 1211-6920
- [2] SVETLÍK, J.: *Metodika realizácie experimentov horenia osobného motorového automobilu; APVV „POMOV“; 2009*
- [3] POLEDŇÁK, P.: *Experimentálne overenie požiarov osobných motorových vozidiel*. In: Zborník zo 4. medzinárodnej konferencie Ochrana pred požiarmi a záchranné služby. FŠI ŽU v Žiline. 2.-3.6.2010. ISBN 978-80-554-0208-6.



- [4] POKORNÝ, J.: Stanovení osové teploty Smoke Plume se zohledněním horké vrstvy plynu. In: Spektrum, č. 1/2010, ročník 10, 2010, s. 21 – 24, ISSN: 1211-6920
- [5] ŠIMONOVÁ, M.: Požiare osobných motorových vozidiel v uzavretých priestoroch. In: Zborník zo 4. medzinárodnej konferencie Ochrana pred požiarimi a záchranné služby. FŠI ŽU v Žiline. 2.-3.6.2010. ISBN 978-80-554-0208-6

**Adresa autora**

Ing. Jozef Svetlík, PhD.

Katedra požiarneho inžinierstva,

Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline

1. Mája 32; 010 27 Žilina

Tel.: +421-41-513 6798; Email: Jozef.Svetlik@fbi.uniza.sk



# VPLYV ZMENY TEPELNÉHO ZAŤAŽENIA NA PRIEBEH HORENIA OVOCNÉHO DREVA

## EFFECT OF THERMAL LOAD CHANGE ON THE FRUIT WOOD BURNING

MICHAELA HORVÁTHOVÁ, JANA MÜLLEROVÁ

### Abstrakt

Príspevok je zameraný na priebeh horenia vzorky ovocného dreva pri rôznom tepelnom zaťažení. Charakterizuje ovocné drevo a skúšobné zariadenie – kónický kalorimeter. Zahŕňa prípravu vzoriek a postup skúšky podľa normy ISO 5660. Spracováva výsledky z meraní a porovnáva vplyv zmeny tepelného zaťaženia na priebeh horenia ovocného dreva.

**Kľúčové slová:** *kónický kalorimeter, rýchlosť uvoľňovania tepla, ovocné drevo, tepelné zaťaženie.*

### Abstract

The article is focused on the progress of burning wood samples of fruit at different thermal loads. It characterized by fruit wood and testing equipment - cone calorimeter. It includes sample preparation and test procedure according to ISO 5660. It processes the results of the measurements and compares the impact of the thermal load on the combustion cycle of fruit wood.

**Keywords:** *cone calorimeter, heat release rate, fruit wood, heat load.*

### ÚVOD

Čerešňa ako ovocná drevina nepatrí na Slovensku medzi priemyselne významné dreviny. Je málo využívaná z dôvodu malého zastúpenia v lesoch. Drevo čerešne je mimoriadne využívané hlavne kvôli jeho dekoračným a estetickým vlastnostiam. Tieto vlastnosti ho priam predurčujú na výrobu nábytku. Najkvalitnejšie sortimenty sa využívajú na výrobu okrasných dýh alebo konštrukčné časti hudobných nástrojov (Hrázský, 2007). Je vítaným materiálom pre stolárstvo, rezbárstvo, sústružníctvo a



galantériu. Robia sa z neho interiérové doplnky ako schody, podlahy atď. (STU, 2014). Drevo je prírodný materiál organického pôvodu, patrí medzi horľavé materiály. Keďže spomínaný druh dreva je významný vo výrobe, chceli sme na základe experimentu simulovať horenie tohto dreva v prípade požiaru. Drevo sme vystavili rôznemu tepelnému zaťaženiu a sledovali správanie sa materiálu pri daných podmienkach.

### **MERACIE ZARIADENIE**

Kónický kalorimeter (obr.1) je zariadenie, pomocou ktorého môžeme stanoviť rýchlosť uvoľňovania tepla z modelových materiálov na základe pozorovania spotreby kyslíka a merania koncentrácií oxidu uhoľnatého a oxidu uhličitého počas namáhania pri malorozmerových testoch (Grexa, 2009). Názov kónického kalorimetra je odvodený od kužeľovitého tvaru výhrevnej platne, ktorá je zdrojom sálavého tepla. Kónický kalorimeter sleduje vznik tepla pri horení, rýchlosť úbytku hmotnosti a čas do zapálenia. Pomocou kalorimetra stanovujeme požiarotechnické charakteristiky (Krajčovičová, 2009).

Podľa normy ISO 5660-1-2002. Požiarne skúšky. Reakcia na oheň. 1. Časť: Rýchlosť uvoľňovania tepla zo stavebných výrobkov (metóda kónického kalorimetra) sa vykonávajú všetky merania na kónickom kalorimetri. Pomocou rýchlosti uvoľňovania tepla vieme určiť správanie sa materiálu pri požiari. Rýchlosť uvoľňovania tepla (angl. Heat release reate - HRR) je jeden zo základných parametrov, ktorý zohľadňujeme pri odhade požiarneho nebezpečenstva. Rýchlosť uvoľňovania tepla je tepelná energia, vyprodukovaná za jednotku času z daného materiálu v priebehu spaľovania za určených podmienok skúšky ISO 5660-1-2002. Určuje sa prostredníctvom merania spotreby kyslíka odvodenej z koncentrácie kyslíka a hmotnostného prietoku spalných produktov. Súčasťou testovania je aj meranie času do zapálenia (ustáleného plameňového horenia).



**Obr. 1 Kónický kalorimeter (Kačíková, 2006)**

**Fig.. 1 Cone calorimeter (Kačíková, 2006)**

## **CHARAKTERISTIKA POUŽITÉHO MATERIÁLU**

Na riešenie experimentu sme využili ovocné drevo zo stromu čerešne. Strom čerešne je listnatý strom. Drevo má červenkasto bielu, úzku bel' a červenkasto žltohnedé jadro. Drevo je jadrové, pozdĺžne (zeleno-žlté) pruhované s charakteristickou príjemnou vôňou. Má úzku bel' (1 až 3 cm), je žltobielej až svetloružovej farby. Jadro je žltohnedé až červenohnedé. Je viditeľná zreteľná hranica medzi ročnými kruhmi a aj zóna jarného a letného dreva. Drevo je veľmi lesklé a dekoratívne. Jadrové aj bel'ové drevo čerešne patria medzi menej trvanlivé (Irša, 2002).

Materiál je získaný z ovocného sadu zo severného Slovenska. Kmeň stromu, ako najvyzretejšiu časť stromu sme využili na narezanie vzoriek. Rozmer vzoriek je narezaný na 100 x 100 x 10 mm. Počet vzoriek bol 4. Pre Tepelný tok 40 kW/m<sup>2</sup> boli použité 2 kusy a pre tepelný tok 60 kW/m<sup>2</sup> boli použité 2 kusy vzoriek. Smer narezania vzorky je pozdĺžny (obr. 2). Každá jedna vzorka je špecifická hustotou, počtom letokruhov, hmotnosťou a minimálnymi odchýlkami pri rezaní. Povrch vzorky je rovný a hladký bez akýchkoľvek záhybov a poškodení. Pri meraní sa použili surové vzorky dreva bez akéhokoľvek sušenia.



**Obr. 2** Narezaná vzorka dreva – čerešňa  
**Fig. 2** Cut sample of wood - cherry

## **EXPERIMENTÁLNA ČASŤ**

Požiarnotechnický a expertízny ústav, Ministerstvo vnútra SR v Bratislave poskytol nám na svojom pracovisku kónický kalorimeter. Skúška sa vykonala v priebehu jedného dňa, pričom nešlo o náročné a zdĺhavé meranie, keďže počet vzoriek bol 4. Ešte pred samotným začiatkom merania sme stanovili dva tepelné toky. Meranie sme vykonávali pri nižšom tepelnom zaťažení  $40 \text{ kW/m}^2$ , ktorému zodpovedá teplota  $790^\circ\text{C}$  a pri vyššom tepelnom zaťažení  $60 \text{ kW/m}^2$ , ktorému zodpovedá teplota  $900^\circ\text{C}$ . Pre každé tepelné zaťaženie boli použité dve vzorky dreva. Vzorky pred meraním sa umiestnia do držiaka. Ďalším dôležitým krokom je nastavenie vzdialenosti sálania žiariča na vzorku. Stanovili sme si optimálnu vzdialenosť 6 cm. Váhové zariadenie sa vynulovalo a skontrolovala sa koncentrácia kyslíka. Experiment začne odkrytím žiariča a následne sa stlačí tlačidlo, ktoré spustí meranie. Všetky parametre sa zaznamenajú do počítača. Vzorka v meracom zariadení sa pozoruje voľným okom, v prípade iniciácie sa stlačí tlačidlo, ktorým zaznamenáme zapálenie vzorky. Opätovným stlačením tlačidla dáme signál pre ukončenie plamenného horenia. Od zaznamenania bezplamenného horenia čakáme ešte 180 sekúnd, čím ukončíme celkové meranie. Počítač zaznamenal všetky údaje do protokolu o skúške. Údaje sa uložia vo formáte MS Excel. Zo získaných údajov (Tab. 1) sme vychádzali pri porovnávaní vzoriek a vytvorení grafov, tabuliek.

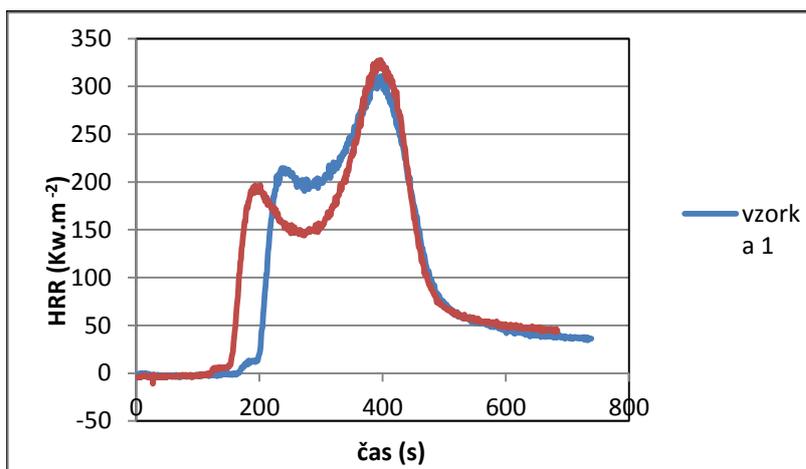
Tab. 1 Namerané parametre vzorky čerešne pri rôznom tepelnom zaťažení  
Tab. 1 The measured parameters of the samples of cherries at different thermal load

údaje o vzorke	parameter	jednotka	40 kW/m <sup>2</sup>		60 kW/m <sup>2</sup>	
	hrúbka	mm	10		10	
	počiatočná hmotnosť	g	60,822		62,165	
časy skúšky	čas zapálenia	s	150		42	
	čas plamenného horenia	s	660		387	
	koniec skúšky	s	716		597	
	70% strata hmotnosti	s	394		312	
maximálne hodnoty	parameter	jednotka	hodnota	v čase	hodnota	v čase
	rýchlosť uvoľňovania tepla	kW/m <sup>2</sup>	327,576	396	303,976	296
	spalné teplo	MJ/kg	60,583	194	67,106	64
	rýchlosť úbytku hmotnosti	g/s	0,763	370	0,855	155
Výsledky skúšky	parameter	jednotka	hodnota		hodnota	
	celkové uvoľnené teplo	MJ/m <sup>2</sup>	72,935		68,658	
	maximálna rýchlosť uvoľňovania tepla	kW/m <sup>2</sup>	327,576		303,976	
	priemerné spalné teplo	MJ/kg <sup>1</sup>	15,460		13,561	
	priemerná rýchlosť úbytku hmotnosti	[g/m <sup>2</sup> ]	4717,581		5062,779	
	priemerná špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti	[g/(m <sup>2</sup> /sec)]	9,250		14,675	

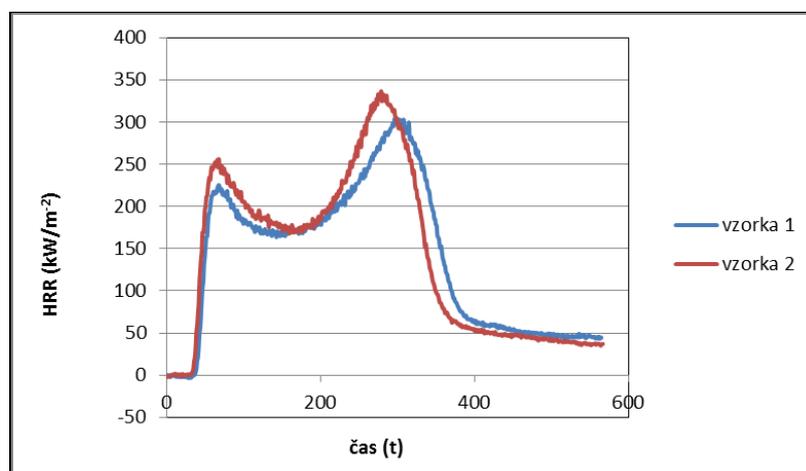
## VÝSLEDKY MERANIA

Rýchlosť uvoľňovania tepla skúmaného ovocného dreva pri tepelných tokoch (40, 60 kW/m<sup>2</sup>) je znázornená na obrázkoch 3, 4, 5. Obrázok 3 zobrazuje hodnoty nameraných dvoch vzoriek pri zaťažení 40 kW/m<sup>2</sup> a obrázok 4 zobrazuje hodnoty dvoch vzoriek pri 60 kW/m<sup>2</sup>. Z vizuálnej analýzy uvedených obrázkov vyplýva, že narastajúca hustota tepelného toku má významný vplyv na nárast rýchlosti termického rozkladu (úbytku hmotnosti) skúmaného materiálu. Celkové uvoľnené teplo pre hustotu tepelného toku 40 kW/m<sup>2</sup> bolo 72,935 MJ/m<sup>2</sup>, pre hustotu tepelného toku 60 kW/m<sup>2</sup> bolo 68,658 MJ/m<sup>2</sup>. Hodnota celkové uvoľneného tepla je pri 40 kW/m<sup>2</sup> vyššia ako pri tepelnom zaťažení 60 kW/m<sup>2</sup>. Vyššia hodnota celkového uvoľneného tepla u nižšieho tepelného toku je sprevádzaná dĺžkou horenia vzorky (Müllerová, 2015). Teda, z nášho pozorovania vyplýva, čím dlhšie horí vzorka, tým je hodnota celkového uvoľneného tepla vyššia.

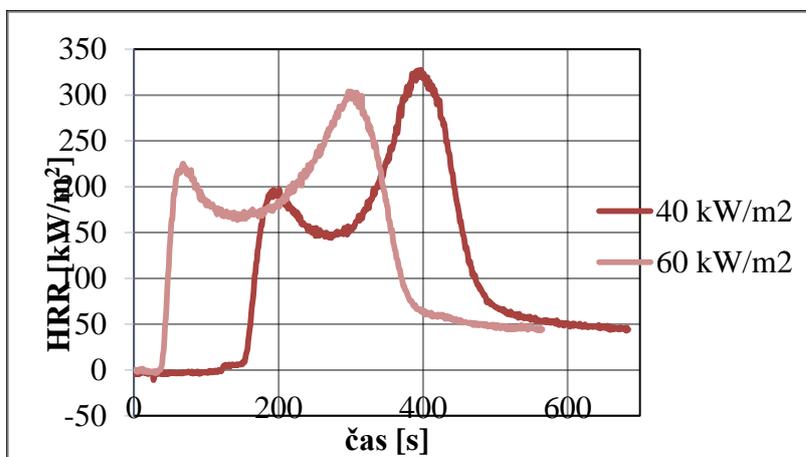
Pri posudzovaní vzoriek pri rôznom tepelnom zaťažení podľa zápalnosti, pri prvom pohľade na graf vidíme, že vzorky pri 60 kW/m<sup>2</sup> zahoreli podstatne skôr. Na grafe (obr. 5) vidíme u vzorky s tepelným tokom 40 kW/m<sup>2</sup> oneskorenie v zápalnosti vzoriek, čo konkrétne predstavuje rozdiel medzi nimi viac ako 100 sekúnd. Pri 60 kW/m<sup>2</sup> sa prúdením tepla rýchlejšie uvoľňujú horľave plyny a pary a tým sa vzorka rýchlejšie zapáli. Na grafe (obr. 3) s rýchlosťou 40 kW/m<sup>2</sup> môžeme pozorovať, ešte pred zapálením vzorky rýchlosť uvoľňovania tepla je záporných hodnotách. Teno jav si vysvetlíme tým, že vzorka potrebuje absorbovať teplo ešte pred zapálením. Absorbuje teplo z dôvodu obsahu vlhkosti. Dĺžka plamenného horenia vzorky u 40 kW/m<sup>2</sup> je skoro o necelu polovicu dlhšia ako pri 60 kW/m<sup>2</sup>, lebo pri vyššom zaťažení dochádza k rýchlejšiemu termickému rozkladu látky. Vzorku čerešne pri zaťažení 60 kW/m<sup>2</sup> a 40 kW/m<sup>2</sup> máme znázornenú na obrázku (obr. 5), na ktorom môžeme pozorovať rýchlosť uvoľňovania tepla v závislosti na čase.



Obr. 3 Rýchlosť uvoľňovania tepla (HRR) pri 40 kW/m<sup>2</sup>  
Fig. 3 Heat release rate (HRR) pri 40 kW/m<sup>2</sup>



Obr. 4 Rýchlosť uvoľňovania tepla (HRR) pri 60 kW/m<sup>2</sup>  
Fig. 3 Heat release rate (HRR) pri 60 kW/m<sup>2</sup>



Obr. 5 Rýchlosť uvoľňovania tepla 40 a 60 kW/m<sup>2</sup>  
Fig. 5 Heat release rate (HRR) pri 40 and 60 kW/m<sup>2</sup>



Krivky na prvý pohľad vykazujú tvarovú podobnosť. Avšak krivka s vyšším zaťažením má prípravnú fázu iba 42 sekúnd, zatiaľ čo krivka s nižším tepelným zaťažením vykazuje prípravnú fázu horenia až do 150 sekundy testu. V ďalšej fáze po vznietení vzoriek dochádza k rýchlemu lineárnemu stúpaniu rýchlosti uvoľňovania tepla, kde dosahujú prvý vrchol hodnoty HRR. Po dosiahnutí prvého vrcholu nastáva postupné klesanie rýchlosti uvoľňovania tepla do určitého bodu zmeny, po jeho dosiahnutí sa krivka mení a opäť vzrastá do maximálneho vrcholu. Druhý vrchol predstavuje maximálne množstvo uvoľneného tepla. Pri zaťažení  $60 \text{ kW/m}^2$  je hodnota HRR  $303,976 \text{ kW/m}^2$  v 296 sekunde, pri zaťažení  $40 \text{ kW/m}^2$  je to  $327,576 \text{ kW/m}^2$  v 396 sekunde. Ak si všimneme druhý vrchol, môžeme povedať, že sklon nárastu rýchlosti uvoľňovania tepla je rovnaký ako sklon poklesu krivky. Pri vzorke s väčším vrcholom pozorujeme dlhšie trvanie skúšky, čo je ovplyvnené hlavne pôsobením zaťaženia na vzorku. Môžeme konštatovať, že čím väčšie pôsobenie tepla, tým skôr vzorka dreva zhorí.

## ZÁVER

Veľkosť tepelného zaťaženia má významný vplyv na čas zapálenia vzorky, celkovú dĺžku horenia, dĺžku plamenného horenia, hmotnostný úbytok, maximálnu rýchlosť uvoľňovania tepla, časovú závislosť rýchlosti uvoľňovania tepla, celkové uvoľnené teplo. So zvyšujúcim sa tepelným tokom narastá spalné teplo, rýchlosť úbytku hmotnosti, priemerná rýchlosť úbytku hmotnosti a priemerná špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti. Na záver môžeme na základe uvedených meraní konštatovať, že u vzorky dreva čerešne má na horenie veľký vplyv zmena tepelného toku. Pre získanie podrobných a presných hodnôt by bolo dobré overiť opätovným pokusom pri zaťažení v rozmedzí  $70$  až  $100 \text{ kW/m}^2$  na viacerých vzorkách. Ďalšie laboratórne meranie na väčšom počte vzoriek čerešňového dreva je nevyhnutné na overenie alebo vyvrátenie uvedených záverov. Autori sú si vedomí, že nízky počet vzoriek nie je možné považovať za štatistický súbor. Namerané výsledky majú najmä orientačný a referenčný charakter.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ÚDAJOV

HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P. 2007. *Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část I.: Aglomerované materiály*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.



STU 2014. Laboratórium tepelných tokov [on line]. Bratislava. Slovenská technická univerzita v Bratislave. 2015. [cit. 2015-1-10]. Dostupné na: [http://www.stuba.sk/sk/vyskume/popredne-vyskumne-pracoviska-na-stu/laboratorium-tepelných-tokov.html?page\\_id=7842](http://www.stuba.sk/sk/vyskume/popredne-vyskumne-pracoviska-na-stu/laboratorium-tepelných-tokov.html?page_id=7842).

GREXA, O., KUČMA, M. 2001. Použitie kónického kalorimetra v novom systéme hodnotenia reakcie na oheň. In *Spravodajca požiarnej ochrany*. ISSN 1335-0080X. 2001, roč. XXXII, č. 4, s. 20 – 27.

KRAJČOVIČOVÁ, J. 2009. Kónický kalorimeter na stanovenie požiaro-technických vlastností stavebných výrobkov. In *Spravodajca - Protipožiarna ochrana a záchranná služba*. ISSN 1335-9975. 2009, roč. 39, č. 2, s. 18-19.

ISO 5660-1: 2002, Reaction to fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).

IRŠA, A. 2015. Stavba dreva. [on line]. Kátov. Rezbárstvo. 2015. [cit. 2015-2-12]. Dostupné na: [http://www.rezbarstvo.sk/images/stories/material/dutina\\_v.jpg](http://www.rezbarstvo.sk/images/stories/material/dutina_v.jpg).

MÜLLEROVÁ, J., VÁCVAL, J., Comparison of properties of the fiberboards on a cone calorimeter. IN *Požárni ochrana 2015*. ISBN 978-80-7385-163-7, ISSN 1803-1803, OSTRAVA, VŠB – TU, S.65-72.

KAČÍKOVÁ, D., NETOPILOVÁ, M., OSVALD, A. 2006. *Drevo a jeho termická degradácia*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. 79 s. ISBN 80-86634-78-7.



# VYHODNOTENIE NÁCHYLNOSTI ÚZEMIA OKRESU BANSKÁ BYSTRICA NA VÝSKYT POVODNÍ FLOODING SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT OF DISTRICT BANSKÁ BYSTRICA

ANDREA MAJLINGOVÁ, ŠTEFAN GALLA

## Abstrakt

V príspevku sú bližšie popísané postupy vedúce k posúdeniu náchylnosti prírodného prostredia na výskyt povodní. Experimentálnym územím je v tomto prípade okres Banská Bystrica. Výsledky analýz predstavujú veľmi cenné podklady pre podporu rozhodovania krízových manažérov nielen na lokálnej úrovni, ale aj regionálnej a národnej, ako aj pre zvýšenie úrovne ochrany osôb a majetku v najviac ohrozených lokalitách.

**Kľúčové slová:** *povodňové riziko, prírodné prostredie, ochrana osôb a majetku, záchranné služby, náchylnosť.*

## Abstract

The article describes in detail the procedures leading to the assessment of susceptibility of the natural environment to floods. Experimental area is, in this case, Banska Bystrica district. Results of analyses represent very valuable input for decision support of crisis managers not only at local level but also regional and national as well as for increasing the level of protection of persons and property in the most dangerous areas.

**Keywords:** *flood risk, natural environment, protection of persons and property, rescue services, susceptibility*

## ÚVOD

Vzhľadom na výskyt extrémov v počasí, ktoré sa vyskytujú v posledných rokoch najmä v dôsledku klimatickej zmeny sa zvyšuje aj počet povodní, ktoré každoročne postihujú územie Slovenska, pričom ohrozujú životy a zdravie ľudí, ich majetok a v neposlednom rade poškodzujú samotné životné prostredie. Dopady týchto povodní sú mnohokrát katastrofálne. V súvislosti s povodňami sa každoročne vyskytujú nielen obrovské škody na majetku ľudí, ale aj tie, spôsobené stratami na životoch ľudí.



Riešenie komplexu problémov a činností spojených so zvládaním povodňových situácií je úlohou povodňového manažmentu. Prax povodňového manažmentu je zameraná na poskytovanie udržateľnej kombinácie riešení pre zníženie rizika povodní. Dobrou praxou v oblasti manažmentu povodňových rizík je nájsť správnu rovnováhu opatrení zameraných na prevenciu, ochranu, pripravenosť, reakciu na mimoriadne udalosti a odstránenie následkov.

### **POVODEŇ, POVODŇOVÉ RIZIKO A OCHRANA PRED POVODŇAMI**

Povodeň je prírodný proces, počas ktorého voda dočasne zaplaví zvyčajne nezaplavené územie. Povodeň vzniká vtedy, keď voda zaplavuje zvyčajne nezaliate územie v dôsledku (Ministerstvo životného prostredia SR):

- zväčšenia prietoku vody vo vodnom toku,
- vzniku prekážok v koryte vodného toku alebo na objektoch križujúcich vodný tok, ktoré obmedzujú plynulé prúdenie vody, spôsobujú jej vzduť a vyliate z koryta,
- dlhotrvajúcich alebo intenzívnych zrážok alebo topenia snehu,
- povrchového odtoku vody zo zrážok alebo topiaceho sa snehu pritekajúceho na územie z priľahlých oblastí,
- vystúpenia hladiny podzemnej vody nad povrch terénu v dôsledku dlhotrvajúceho nadpriemerne vysokého vodného stavu vo vodnom toku.

Za určitých okolností možno za povodeň považovať aj dočasné zaplavenie územia v dôsledku poruchy alebo havárie na vodnej stavbe určenej na zadržiavanie, vzdúvanie, akumuláciu alebo využívanie hydroenergetického potenciálu vôd. Ak je pochybnosť o tom, či v určitom území a v určitom čase bola povodeň, rozhoduje orgán ochrany pred povodňami na žiadosť správcu vodohospodársky významných vodných tokov alebo správcu drobného vodného toku.

Povodne sú stálou súčasťou kolobehu vody v prírode, pričom sú extrémnym hydrologickým javom, ktorý sa vyskytoval v minulosti, vyskytuje sa v súčasnosti a bude sa vyskytovať aj v budúcnosti. Vzniku povodní sa nedá zabrániť, rovnako ako sa nedá zabrániť vzniku vetra alebo dažďa.

Povodňové riziko vzniká vtedy, keď povodeň vlna zasiahne územie, na ktorom žijú a pracujú ľudia a začne ich ohrozovať, čiže môže mať nepriaznivé dôsledky na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo alebo hospodársku činnosť. Povodeň niekde ďaleko v lesoch síce zaplaví zvyčajne nezaplavené územie, ale nespôsobuje



povodňové riziko. V tomto svetle je ochrana pred povodňami súborom opatrení na ochranu pred vznikom alebo na zmiernenie povodňových rizík.

Ochrana pred povodňami je permanentný proces, ktorý sa skladá:

- z prevencie spočívajúcej:

- a) v zohľadnení povodňových rizík v územnom plánovaní a vo výstavbe na bezpečných miestach,

- b) vo vhodnom využívaní krajiny, v racionálnom hospodárení v lesoch a na poľnohospodárskej pôde,

- z prípravy, realizácie, údržby a opráv preventívnych technických a netechnických opatrení na ochranu území pred záplavami v krajine, na urbanizovaných územiach a vodných tokoch,

- z organizačnej, metodickej, technickej a personálnej pripravenosti orgánov ochrany pred povodňami, správcov vodných tokov a zložiek integrovaného záchranného systému na efektívne vykonávanie zásahov v čase nebezpečenstva povodní,

- z účinnej reakcie na povodňovú situáciu:

- a) nepretržitým monitorovaním meteorologickej a hydrologickej situácie,

- b) vydávaním meteorologických a hydrologických predpovedí a včasného varovania pred nebezpečenstvom povodne,

- c) vykonávaním zásahov povodňových zabezpečovacích a povodňových záchranných prác a ďalších opatrení na ochranu ľudského zdravia, životného prostredia, kultúrneho dedičstva a hospodárskych činností pred povodňami,

- z odstraňovania následkov povodní a poučenia z ich priebehu:

- a) obnovením podmienok na normálny život v povodňami zasiahnutých územiach, zmiernením sociálnych a ekonomických dopadov záplav na postihnuté obyvateľstvo,

- b) analyzovaním príčin, priebehu a následkov povodní,

- c) rozborom účinnosti preventívnych opatrení a opatrení, ktoré sa vykonávali v čase povodní,

- d) aktualizáciou plánov manažmentu povodňových rizík a povodňových plánov.

Z hľadiska náchylnosti územia na vznik povodne musíme uvažovať nielen o druhu povodne (spôsobená prívalovou zrážkou, ľadochody...), ale aj o prostredí, pre ktoré analýzu vykonávame (lesné prostredie, obývané prostredie). Vzhľadom na druh a charakter prostredia sa líši aj použitá metodika posudzovania.



Pričom, náchylnosť (angl. susceptibility) - predstavuje „slabé“ stránky systémov, ktoré za určitých okolností (podmienok) môžu priamo podnietiť vznik negatívnej udalosti/javu alebo podnietiť jej priebeh. V procese analýzy náchylnosti územia je preto potrebné stanoviť hrozby, ktoré vyplývajú z charakteru územia či činností, ktoré sa na danom území realizujú (Majlingová 2010).

V zahraničí sa problematikou posudzovania náchylnosti územia na vznik povodní, záplav zaoberali a zaoberajú aj odborníci pracujúci v rámci pracovných skupín aktivity COST s názvom “Flood risks and prevention in the medium and small catchments” – “Riziká a prevencia povodní v stredných a malých povodiach”.

Cieľom tejto aktivity bolo z hľadiska posudzovania náchylnosti voči povodni pomenovať, stanoviť, popísať a kvantifikovať rozličné faktory, ktoré vzhľadom na ich vlastnosti majú priamy vplyv na náchylnosť územia na vznik povodne. Išlo najmä o ich priamy vzťah k retenčnej schopnosti, akumulácii a infiltrácii zrážok a schopnosti spomalenia toku vody a napomôcť jeho vyrovnanosti. V tomto prípade je posudzovanie náchylnosti založené na viackriteriálnom posudzovaní viacerých faktorov, na spracovaní a následnej syntéze údajov v prostredí geografických informačných systémov (David 2008). Ide však o postup vedúci skôr k posúdeniu náchylnosti voči povodni v prírodnom prostredí. Medzi posudzované skupiny faktorov boli zaradené: meteorologické podmienky (24-hodinové úhrny zrážok), pôdne podmienky (infiltračné parametre pôdy), morfológia terénu (sklon terénu), typ využitia krajiny.

Problematikou stanovenia náchylnosti územia obvodu Poprad (prírodné i obývané územie) sa vo svojom príspevku venujú aj Majlingová, Lubinszká (2011) a problematikou posúdenia náchylnosti územia malého horského povodia vodného toku Hučava v masíve pohoria Poľana Majlingová, Závacká, Kliment (2012). Obidva prístupy sú založené na spracovaní údajov v prostredí geografických informačných systémov.

V práci Majlingová, Lubinszká (2011) je uvedený prístup k posúdeniu náchylnosti územia z hľadiska hrozby povodne. zameraný skôr na posúdenie prírodného prostredia obvodu Poprad na základe modifikácie metodiky publikovanej Davidom (2008).

Podobne ako v práci Davida (2008) aj tu boli hodnotené 4 skupiny faktorov: meteorologické, pôdne, morfologické a typ využitia krajiny. Na základe vzájomného vyhodnotenia jednotlivých vrstiev faktorov bola stanovená celková kategória (stupeň) náchylnosti. Náchylnosť bola kategorizovaná do 5 tried, tak ako to stanovujú medzinárodné klasifikácie.

V príspevku predstavujeme prístup k posudzovaniu náchylnosti okresu Banská Bystrica na výskyt povodne. Náchylnosť územia na výskyt povodne bola hodnotená na základe spolupôsobenia viacerých faktorov v záujmovom území a to na základe geologického podložia, pôdných druhov, skupín lesných typov (slt), stupňa ekologickej stability (SES) lesných porastov, na základe sklonu svahov, potenciálu odtoku a na základe využívania nelesnej krajiny. Pre každý jeden z faktorov bola vytvorený 5 stupňová klasifikačná stupnica, pričom 1 znamená najlepšie vlastnosti, čiže najmenšiu = veľmi nízku náchylnosť faktora voči povodni a 5 znamená najhoršie vlastnosti faktora, teda najvyššiu = veľmi vysokú náchylnosť faktora. Kombináciou všetkých uvedených faktorov, ich fuzzy hodnôt, sme s ohľadom na ich významnosť vytvorili tabuľku kategórií celkovej náchylnosti územia voči povodni, ktorá má tiež 5 stupňov.

### **Metodika práce**

Metodika stanovenia náchylnosti povodia je založená na spracovaní údajov v prostredí systémov pre podporu rozhodovania a GIS.

### **Metodika posúdenia náchylnosti územia na výskyt povodne**

Odtok najvýznamnejšie ovplyvňujú horniny, ktoré sa v povodí vyskytujú. Od nich priamo závisí retencia a retardácia zrážkovej vody, prenikanie infiltrovanej vody do hlbších vrstiev a vytváranie podzemných vôd. Nepriamo ovplyvňujú výskyt druhov a typov pôd s ich infiltračnou a retenčnou charakteristikou.

Horniny sme zatriedili do 5 kategórií (tabuľka 1) na základe hodnoty koeficienta hydrickej účinnosti CH. Jedná sa o relatívne číslo, ktoré vyjadruje retenčnú a retardačnú charakteristiku geologického podložia (Valtýni 1995).

**Tab. 1 Kategórie hornín na základe hydrickej účinnosti**  
**Tab. 1 Categories of rocks based on their hydro efficiency**

Kategória	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
1	karbonátové horniny (vápence, dolomity)	0,00
2	vyvrelé hlbinné a premenené horniny (žuly, ruly a pod.)	0,25
3	neogén – neovulkanity, sopečné treťohorné (andezity a ich pyroklastiká, ryolity a pod.)	0,50
4	neogén – pliocén nedelený, nespevnené sedimenty kotlín	0,75

5	paleogén – magurský a centrálno-karpatský flyš a iné flyšové vývoje	1,00
---	---------------------------------------------------------------------	------

Pri hodnotení schopnosti pôd infiltrovať a zadržiavať atmosférické zrážky sme sa pri pôdnych pomeroch sústredili na pôdne druhy. Pôdne druhy boli na základe zrnitosti rozdelené do 5 kategórií s ohľadom na ich priepustnosť (tabuľka 2).

**Tab. 2 Kategórie pôdnych druhov na základe ich priepustnosti**  
**Tab. 2 Categories of forest soil types based on their permeability**

Kategória	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
1	piesočnatá pôda, piesok, štrk	0,00
2	hlinitopiesočnatá pôda, piesočnatohlinitá pôdy	0,25
3	ílovitohlinitá pôda, hlinitá pôda	0,50
4	ílovitá pôda, íl	0,75
5	skaly, zastavané plochy, spevnené komunikácie	1,00

Vytvorené kategórie pôdnych druhov vychádzajú z hodnôt súčiniteľa  $P$  - vyjadrujúceho priepustnosť pôd v povodí pri určovaní charakteru toku (Jakubis 1996, Valtýni, Jakubis 1998) a z hydrologických kategórií pôd pre „CN“ – metódu, ktorá sa používa pre výpočet povrchového odtoku (Chow 1964, Antal 1997, Jakubis 2002).

Množstvo vody odtečenej z lesa ale aj povodňový prietok sú ovplyvňované nielen lesnatosťou povodia, ale aj vekom, hustotou (zakmenením), zastúpením drevín, štruktúrou a inými charakteristikami lesných porastov. Charakteristiku lesa vyjadruje príslušnosť ku skupine lesných typov (slt). Reprezentujú skupinu typov geobiocenóz, podobných podľa zastúpenia hlavných druhov drevín a štruktúry rastlinných spoločenstiev ale aj klimatických, pôdnych a hydrických podmienok. Vzájomné vzťahy medzi jednotlivými komponentmi geobiocenózy založené na výmene látok a energie sú konštantné. Z uvedeného usudzujeme, že jednotlivé slt majú špecifický účinok na odtok.

Niektoré slt môžu ovplyvňovať odtok rovnakým spôsobom, iné úplne odlišne, ich hydrické protipovodňové potenciály sa teda odlišujú.

Hydrický potenciál lesov nadväzuje na príslušnosť slt do ekologického radu. Kategórie významnosti faktora slt (tabuľka 3) sme vytvorili na základe hydrického významu ekologického radu, do ktorého príslušné slt patrí, na základe výsledkov výskumu, ktoré vo svojich prácach uvádza Valtýni (1981, 2001).

**Tab. 3 Kategórie slt faktora**  
**Tab. 3 Categories of the group of forest types factor**

Kategória	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
1	rad C – nitrofilný rad A – kyslý	0,00
2	rad B/C - heminitrofilný	0,25
3	rad B – živný	0,50
4	rad A/B – hemioligotrofný	0,75
5	rad A - kyslý; súbor „a“; súbor „c“	1,00

Táto klasifikácia zodpovedá poznatkom o význame priaznivej humifikácie a nadložného humusu pre retenciu zrážkovej vody v lesnej pôde, aj o retenčnom účinku typov lesov prislúchajúcich do jednotlivých typologických radov.

Predpokladom priaznivého hydrického protipovodňového účinku lesných porastov je zastúpenie drevín zodpovedajúce pôvodnému, prirodzenému zastúpeniu drevín v jednotlivých slt, vyhovujúca štruktúra a zakmenenie aj rovnomerné zastúpenie jednotlivých vekových stupňov a dobrý zdravotný stav lesných porastov

Stupeň ekologickej stability lesa (SES), (tabuľka 4), definuje Kulla et al. (2006) ako komplexnú ekologickú charakteristiku vychádzajúcu zo stupňa ohrozenia a širších ekosystémových súvislostí, najmä stupňa prirodzenosti porastu a smerovania sukcesie. Zásadne sa určuje pre lesný ekosystém ako celok. Služi pre sledovanie ekologickej hodnoty lesa a dlhodobejšie prognózy.

Najvýznamnejší potenciál zdržiavať zrážky majú zdravé lesné porasty so stanovištne vhodným drevinovým zložením, vyhovujúcou štruktúrou, zakmenením a rovnomerným zastúpením jednotlivých vekových stupňov (Valtýni 2001). Tieto faktory

sú zohľadnené pri počítaní stupňa ekologickej stability (Kulla et al. 2006) a preto môžeme konštatovať, že čím je porast stabilnejší, tým lepšie plní hydrické funkcie.

**Tab. 4** Stupeň ekologickej stability lesa  
**Tab. 4** Forest ecological stability degree

Kategória	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
1	<b>vysoko stabilné ekosystémy</b> - stále (konštantné) a odolné, s vysokým stupňom prirodzenosti, spravidla s nízkym stupňom ohrozenia (0 – 1), prakticky bez potreby dodatkovej energie	0,00
2	<b>stabilné ekosystémy</b> - odolné a prispôsobivé, spravidla prirodzené, s nižším stupňom ohrozenia (1 – 2), dodatočná energia má charakter preventívnych opatrení najmä v oblasti výchovy	0,25
3	<b>ekosystémy so zníženou stabilitou</b> - so zníženou odolnosťou, spravidla s nízkym stupňom prirodzenosti, so stredným až vyšším stupňom ohrozenia (2 – 3), relatívne vysoká potreba dodatkovej energie, táto má však stále najmä charakter preventívnych opatrení	0,50
4	<b>nestabilné ekosystémy</b> - málo odolné a neprispôsobivé, s príznakmi rozpadu alebo zjavnej degradácie, s vysokým stupňom ohrozenia (3 – 4), vysoká potreba dodatkovej energie, táto už má charakter nápravných opatrení (rekonštrukcia, predčasná obnova, meliorácie)	0,75
5	<b>extrémne narušené ekosystémy</b> - degradačné štádiá v pokročilom stupni rozpadu s hrozbou zániku lesa ako spoločenstva so všetkými ekologickými dôsledkami, spravidla silne postihnuté antropogénnym vplyvom	1,00

Významnou vlastnosťou krajiny, ktorá výrazne ovplyvňuje odtokové pomery a schopnosť infiltrácie zrážkových vôd, sú jej geomorfologické pomery. Na intenzitu vsakovania a zadržanie atmosférických zrážok vplýva z geomorfologických faktorov

v najväčšej miere sklon. Všeobecne môžeme povedať, že so vzrastajúcim sklonom svahu pri inak rovnakých podmienkach klesá infiltrácia atmosférických zrážok na úkor povrchového odtoku.

Kategórie sklonu (tabuľka 5) boli prebraté z práce Lepeška (2010), ktorý ich určil na základe krivky závislosti povrchového odtoku od sklonu svahu podľa Midriaka (1988). Ako uvádza Lepeška (2010), z uvedenej krivky vyplýva, že približne do sklonu 7° nedochádza k povrchovému odtoku (zrážková voda vsakuje do pôdy), nad 7° približne do 18° pozvoľne narastá intenzita povrchového odtoku skoro lineárne, ďalší bod, pri ktorom je zreteľné zvýšenie povrchového odtoku, je približne sklon svahu 31°. Ako posledný inflexný bod určil sklon svahu 50°, pri ktorom zrážky vsakujú do pôdy len v malom množstve.

**Tab. 5 Kategórie sklonu svahu (Lepeška 2010)**  
**Tab. 5 Categories of terrain slope (Lepeška 2010)**

Kategória	Hodnota atribútu	Fuzzy interval
1	0°- 7,0°	0,00 – 0,20
2	7,1°- 18,0°	0,21 – 0,40
3	18,1°- 31,0°	0,41 – 0,60
4	31,1°- 50,0°	0,61 – 0,80
5	50,1°a viac	0,81 – 1,00

Najvýznamnejším zdrojom vody pre územie Slovenska sú atmosférické zrážky, najmä dážď a sneh, teda vertikálne zrážky. V polohách s častou tvorbou hmiel, prípadne vo vyšších nadmorských výškach v dosahu oblakov, vzniká kondenzácia pár ich mechanickým narážaním na povrch drevín, lístia a ihličia. Túto formu zrážok nazývame horizontálne zrážky. Nie všetky zrážky, ktoré spadnú na zemský povrch sú k dispozícii pre odtok. Aby sme zistili množstvo zrážok, ktoré sú k dispozícii pre potenciálny odtok vychádzali sme zo základnej rovnice hydrologickej bilancie územia, a teda od úhrnu priemerných ročných zrážok v skúmanom povodí sme odčítali úhrn priemernej ročnej potenciálnej evapotranspirácie:

$$O_p = \bar{Z} - \bar{E} \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

kde:  $O_p$  – potenciál odtoku,  $Z$  – priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok,  $E$  – priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie (mm).

Hodnoty pre jednotlivé kategórie faktora potenciál odtoku (tabuľka 6) sme prebrali z práce Lepešku (2010).

**Tab. 6 Kategórie a hodnoty pre potenciál odtoku**  
**Tab. 6 Categories and values for run-off potential**

Kategória	Hodnota atribútu	Fuzzy inteval
1	- 451 a menej	0,00 – 0,20
2	- 450 až 0	0,21 – 0,40
3	0 až 450	0,41 – 0,60
4	451 až 1100	0,61 – 0,80
5	1101 a viac	0,81 – 1,00

Pre výpočet dlhodobej priemernej hodnoty potenciálu odtoku boli použité údaje z Atlasu krajiny Slovenskej republiky (Kolektív 2002). Údaje pre naše záujmové povodie sme získali interpoláciou hodnôt dlhodobých priemerných ročných úhrnov atmosférických zrážok a dlhodobých priemerných ročných úhrnov potenciálnej evapotranspirácie regresnou analýzou.

Krajinná pokrývka predstavuje fyzický stav súčasnej krajiny, reprezentovaný prírodnými, ako aj človekom modifikovanými a vytvorenými objektmi. Zároveň je veľmi dobrým indikátorom súčasného využívania krajiny (Feranec, O'ahel 2001).

Schopnosť jednotlivých typov krajiny infiltrovať zrážkovú vodu závisí jednak od vlastností prírodného prostredia, ale aj od druhu a intenzity využívania tejto krajiny človekom.

Podľa schopnosti jednotlivých typov krajiny infiltrovať zrážky do pôdy a definícií jednotlivých tried krajiny pokrývky uvádzaných v práci Feranca a O'ahela (2001) sme vytvorili päť kategórií (tabuľka 7) nelesnej krajiny. Podobné členenie nelesnej krajiny uvádza vo svojej práci aj Lepeška (2010).

Tab. 7 Kategórie pre nelesnú krajinu a ich charakteristika  
Tab. 7 Categories for non-forest land and its description

Kategória	Názov atribútu	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
1	Poloprirodná krajina	<p>a. Trávne porasty: prirodzené lúky – areály nízkoпродуктивných prirodzených trávnatých porastov z rozptýlenými krami a často aj s roztrúsenými skalami; areály tráv využívaných poľnohospodársky na kosenie a pasenie dobytku (trvalé, dočasné a umelé pasienky);</p> <p>b. Prechodné leso-kroviny - areály krovitej alebo bylinnej vegetácie s rozptýlenými stromami.</p>	0,00
2	Poľnohospodárska krajina s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie	<p>a. Poľnohospodársky obrábaná pôda s roztrúsenými plochami prirodzenej vegetácie;</p> <p>b. Areály trvalých poľnohospodárskych kultúr – vinice, ovocné stromy, plantáže ovocných stromov a krov, ktoré môžu byť prerušované napr. trávnyimi porastmi;</p> <p>c. Mozaika polí, lúk a trvalých trávnych kultúr – areály vytvorené striedaním parciel s jedno- a viacročnými plodinami, patria sem napr. záhradkárské osady pri mestách a malé parcely polí a trvalých kultúr pri vidieckych sídlach;</p>	0,25

Kategória	Názov atribútu	Charakteristika atribútu	Fuzzy hodnota
3	Orná pôda	Areály poľnohospodárskej pôdy, na ktorej sa pestujú obilniny, strukoviny, priemyselné plodiny, okopaniny a krmoviny	0,50
4	Nespevnené lesné cesty	Lesné cesty s priepustným alebo čiastočne priepustným krytom vozovky	0,75
5	Umelá zástavba, bralá, cesty s nepriepustným krytom vozovky	Mestská a vidiecka zástavba, skaly, všetky štátne, miestne komunikácie a lesné cesty s nepriepustným krytom vozovky	1,00

Samotné hodnotenie celkovej náchylnosti územia okresu Banská Bystrica voči povodni je založené na multikriteriálnom hodnotení vyššie uvedených faktorov. Pre účely hodnotenia bol vytvorený model v prostredí NetWeaver, v ktorom sa vykonalo hodnotenie pomocou váženého aritmetického priemeru na základe vzťahu:

$$\text{náchylnosť} = \frac{\text{faktor geológia} * \text{váha} + \text{faktor pôda} * \text{váha} + \text{faktor sklon} * \text{váha} + \dots + \dots}{\sum \text{váh}} \quad (2)$$

Váhy jednotlivým faktorom sme priradili na základe významnosti ich pôsobenia na hydrický potenciál skúmaného územia.

Výsledné hodnoty vzťahu boli klasifikované do 5 kategórií – stupňov náchylnosti na vznik povodne (tabuľka 8). Nástrojmi mapovej algebry v prostredí ArcGIS boli takto klasifikované hodnoty spracované do podoby mapy náchylnosti územia okresu Banská Bystrica voči povodni.

**Tab. 8 Kategórie celkovej náchylnosti územia voči povodni**  
**Tab. 8 Categories of the total susceptibility of the area to flood**

Kategória	Názov	Charakteristika	Fuzzy interval
1	veľmi nízka	nepravdepodobný výskyt povodňových prietokov, územia s výnimočnou schopnosťou infiltrácie a retencie zrážok	0,00 – 0,20

Kategória	Názov	Charakteristika	Fuzzy interval
2	nízka	nízka pravdepodobnosť vzniku povodňových prietokov, s výbornými (veľmi dobrými) podmienkami pre infiltráciu a zadržanie zrážkovej vody	0,21 – 0,40
3	stredná	pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, územia s dobrými podmienkami pre vsakovanie a zadržiavanie zrážkovej vody	0,41 – 0,60
4	vysoká	veľmi pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, územia s obmedzenými podmienkami pre infiltráciu a retenciu zrážkovej vody	0,61 – 0,80
5	veľmi vysoká	vysoko pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, územia so značne obmedzenými infiltračnými a retenčnými schopnosťami krajiny	0,81 – 1,00

### Budovanie rozhodovacieho modelu

V rámci riešenia problematiky sme navrhli štruktúru a vybudovali rozhodovací model pre posúdenie náchylnosti územia na výskyt povodne, založený na viackriteriálnom hodnotení viacerých faktorov. Vstupné údaje do posudzovania boli spracované do formy poznatkových báz v prostredí EMDS.

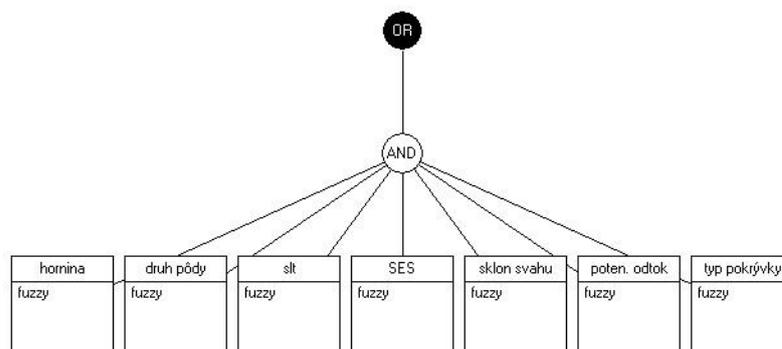
Prostriedkom pre tvorbu poznatkových báz pre účely hodnotenia objektov definovaných v poznatkových bázach EMDS je prostredie NetWeaver.

### VÝSLEDKY

Základnou priestorovou jednotkou, pre ktorú sa zisťovala kategória náchylnosti v zalesnenom území povodia bola zvolená jednotka priestorového rozdelenia lesa (JPRL) a to na úrovni dielca (DC), čiastkovej plochy (CP) a porastovej skupiny (PS). Pre zvyšné územie okresu, bez lesných porastov, sme vybrali ako základnú jednotku pre stanovenie

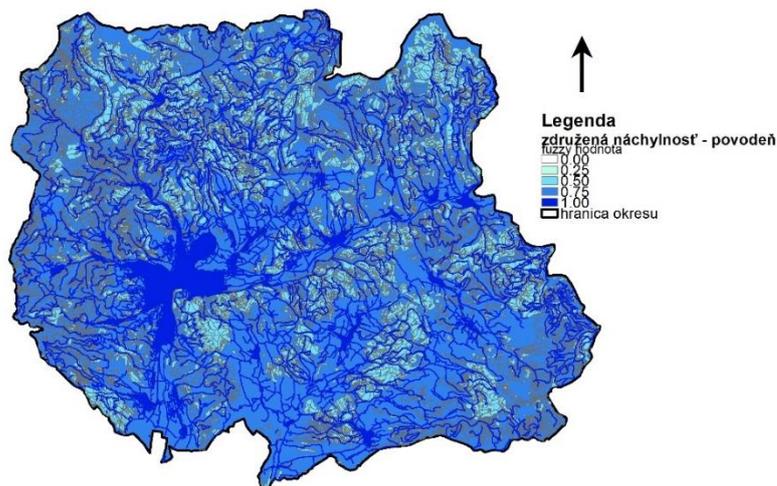
kategórie náchylnosti polygón určený typom krajinej pokrývky (prvkami nelesnej krajiny).

Analýza prebiehala automatizovane v zmysle pravidiel definovaných v rozhodovacom modeli (obrázok 1).



**Fig. 1 Decision model to assess the susceptibility to flood**  
**Obr. 1 Rozhodovací model pre posúdenie náchylnosti na výskyt povodne**

Pre územie okresu Banská Bystrica môžeme na základe získaných výsledkov konštatovať, že z piatich vyčlenených kategórií pre náchylnosť územia voči povodni sú v okrese zastúpené tri kategórie (tabuľka 9), kategória 2 – nízka náchylnosť územia voči povodni, kategória 3 – stredná náchylnosť územia voči povodni a kategória 4 – vysoká náchylnosť územia voči povodni. Priestorové a plošné rozloženie jednotlivých kategórií náchylnosti územia voči povodni je zrejmé z obrázku 2.



**Obr. 2 Výsledky posúdenia združenej náchylnosti územia okresu Banská Bystrica na výskyt povodne**

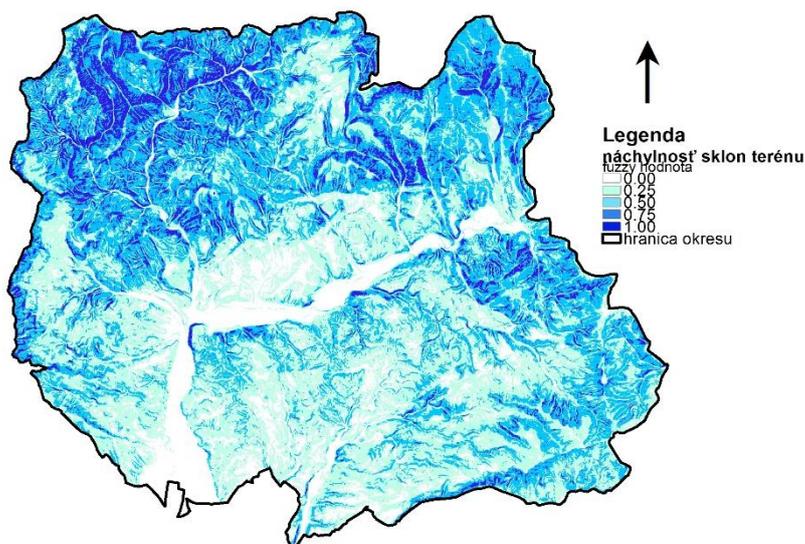
**Fig. 2 Results of the associated susceptibility assessment of the Banska Bystrica district area to flood**

**Tab. 9** Výsledné zhodnotenie celkovej náchylnosti územia okresu Banská Bystrica voči povodni podľa kategórií**Tab. 9** Final evaluation of the total susceptibility to flood of the Banska Bystrica district area in means of the categories

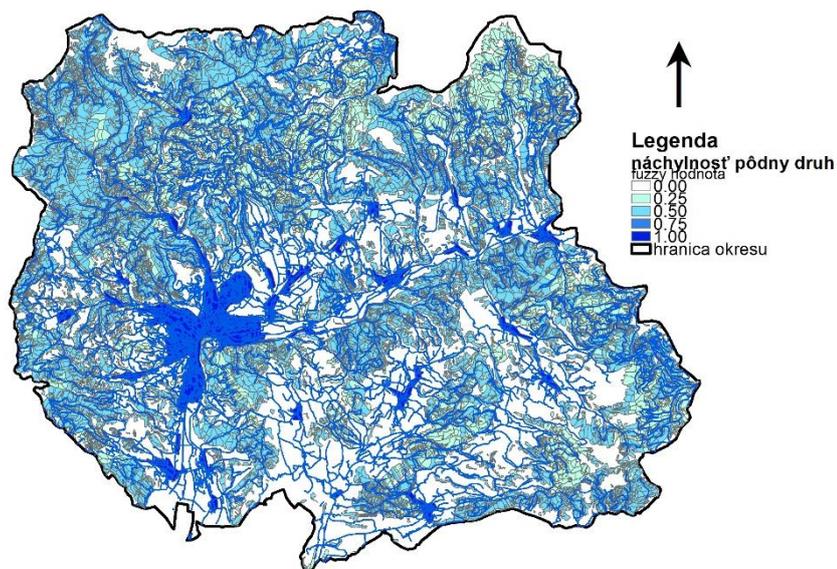
Kategória	Názov	Fuzzy interval	Výmera [ha]	Relat. podiel [%]
<b>1</b>	<b>veľmi nízka</b>	0,00 – 0,20	0,00	0,00
<b>2</b>	<b>nízka</b>	0,21 – 0,40	42,61	0,05
<b>3</b>	<b>stredná</b>	0,41 – 0,60	24 893,12	30,77
<b>4</b>	<b>vysoká</b>	0,61 – 0,80	55 958,50	69,18
<b>5</b>	<b>veľmi vysoká</b>	0,81 – 1,00	0,00	0,00

Územie patriace do kategórie 2 (nízka náchylnosť voči povodni) zaberá plochu o výmere 42,61 ha (0,05 %). Kategória 3 (stredná náchylnosť voči povodni) je povodí zastúpená na rozlohe 24 893,12 ha (30,77 %). Najviac zastúpenou kategóriou na území okresu, s rozlohou 55 958,50 ha (takmer 70 %), je kategória 4 – vysoká náchylnosť voči povodni. V tejto kategórii pripadá 55 % (19 479,91 ha) na lesné porasty a zvyšných 45 % (36 478,59ha) na územie s inou ako lesnou krajinnou pokrývkou.

Dominantné postavenie kategórie 4 je dané predovšetkým charakterom geomorfologických pomerov posudzovanej oblasti (prevláda kategória náchylnosti 4), ktoré sú charakterizované sklonom (obrázok 3), ktoré následne ovplyvňuje zastúpenie druhov pôd na území a zvyšuje tiež zastúpenie druhov pôd s vyššou kategóriou náchylnosti (obrázok 4). Významným faktorom sa v tomto prípade javí byť aj faktor reprezentujúci potenciál odtoku, ktorý je pre dané územie pomerne vysoký. Vyššie uvedené faktory patria, podľa nášho názoru, medzi dominantné a určujúce náchylnosť územia voči povodni, a žiaľ patria do skupiny faktorov, ktoré nemožno nijako ovplyvniť alebo zmeniť.

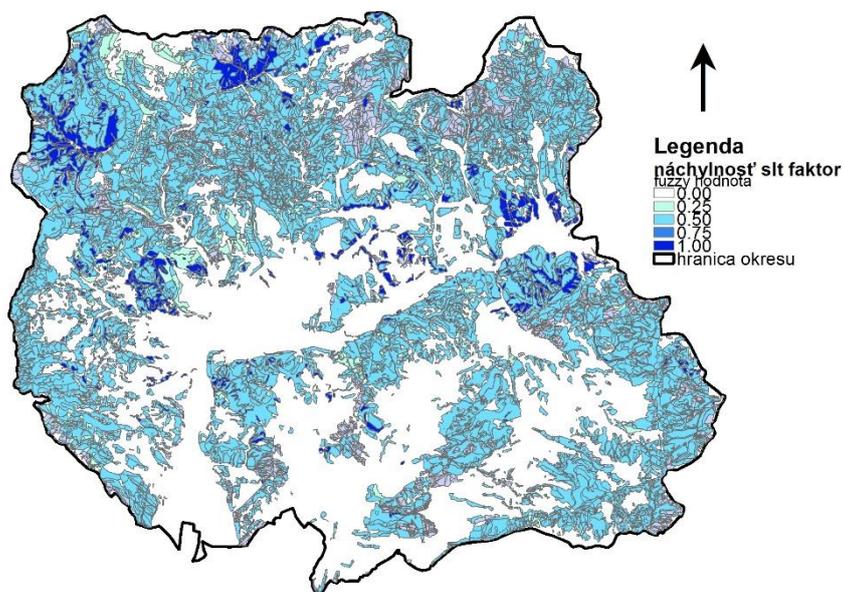


Obr. 3 Výsledky posúdenia náchylnosti územia na výskyt povodne vzhľadom na sklon terénu  
Fig. 3 Results of susceptibility to flood assessment in relation to terrain slope



Obr. 4 Výsledky posúdenia náchylnosti územia na výskyt povodne vzhľadom na pôdny druh  
Fig. 4 Results of susceptibility to flood assessment in relation to soil type

Druhú skupinu faktorov tvoria ostatné posudzované faktory (slt – obrázok 5, SES, nelesná krajinná pokrývka), ktoré by bolo možné vhodnými opatreniami v rámci integrovaného manažmentu povodí ovplyvniť a teda mohli by sme nimi, ale len do určitej miery, tlmiť negatívne pôsobenie „skupiny nemenných“ faktorov na celkové hodnotenie náchylnosti územia voči povodni.



Obr. 5 Výsledky posúdenia náchylnosti územia na výskyt povodne vzhľadom na skupinu lesných typov

Fig. 5 Results of susceptibility to flood assessment in relation to group of forest types

## ZÁVER

Vybudovanie vhodnej, aktuálnej a prístupnej informačnej základne je jednou z podmienok pre optimalizáciu krízového riadenia, ale aj riadenia a koordinácie záchranných zložiek v podmienkach, s akými sa môžu počas zdolávania a likvidácie mimoriadnej udalosti stretnúť či pre zlepšenie úrovne ochrany obyvateľstva, ich životov, zdravia a majetku..

Príkladom takýchto analýz sú aj analýzy náchylnosti územia na výskyt povodní či iných mimoriadnych udalostí, ktoré je možné vykonávať automatizovane, prostredníctvom rozhodovacích modelov alebo pomocou nástrojov mapovej algebry.

Pre účely posudzovania náchylnosti územia na výskyt povodne, v zmysle metodiky predstavenej v tomto príspevku, sa uvažuje s využitím existujúcich druhov geoúdajov a údajov o vývoji klímy z územia Slovenska, najmä z hodnoteného územia.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol ako súčasť výskumnej úlohy riešenej v rámci projektu vedecko-výskumnej úlohy Akadémie Policajného zboru v Bratislave s názvom „Model využitia údajov a nástrojov GIS, SDSS a dynamického modelovania v manažmente rizík vybraných druhov mimoriadnych udalostí“.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ANTAL, J. 1997. Aplikovaná agrohydrologia. Nitra: SPU, 154 s.
- [2] FERANEC, J., OŤAHEL, J. 2001. Krajinná pokrývka Slovenska. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 124 s.
- [3] DAVID, V. 2008. Metodika stanovení povodňového rizika v malých povodiach. Sympozium GIS Ostrava 2008. Sborník z mezinárodného sympozia konaného 27. - 30.1.2008 v Ostravě. VŠB Technická univerzita Ostrava.
- [4] CHOW, V.T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. New York: Mc. Graw-Hill Book Company, 1418 s.
- [5] JAKUBIS, M. 2002. Hydrologia. Návod y a príklady na cvičenia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 126 s.
- [6] KOLEKTÍV. 2002. Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, 342 s.
- [7] KULLA, L. et al. 2006. Terénna príručka pre ekologicky zamerané zisťovania v lese. NLC, Zvolen, 136 s.
- [8] LEPEŠKA, T. 2010. Integrovaný manažment povodí v horských a podhorských oblastiach. Monografia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 114 s.
- [9] LUBINSZKÁ, Z., MAJLINGOVÁ, A. 2011. An assessment of urban area flood susceptibility. In Sympozium GIS Ostrava 2011 [elektronický zdroj] : sborník / eds. Jan Růžička, Kateřina Pešková. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2366-9. 15 s.
- [10] MAJLINGOVÁ, A. 2010. Základné pojmy z oblasti manažmentu rizík prírodných pohrôm a katastrof. In Delta: vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarna j ochrany. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. ISSN 1337-0863. Roč. 4, č. 7 (2010), s. 18-22.
- [11] MAJLINGOVÁ, A., ZÁVACKÁ, M., KLIMENT, D. 2012.
- [12] MIDRIAK, R. 1988. Anti-erosion function of forest stands in Slovakia. Acta Instituti Forestalis, 7, Zvolen, s. 137-163.
- [13] VALTÝNI, J. 1981. Príspevok na určenie hydrického potenciálu lesa. Lesnícky časopis, 27(3), 227 – 241.
- [14] VALTÝNI, J. 1995. Základy hydrologie a lesnickej hydrologie. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 102 s.



- [15] VALTÝNI, J. 2001. Lesy a povodne. Vedecké štúdie 5/2001/A. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 46 s.
- [16] VALTÝNI, J., JAKUBIS, M. 1998. Lesnícke meliorácie a zahrádzanie bystrín. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 270 s.

**Adresa autorov**

Ing. Andrea Majlingová, PhD.

Požiarotechnický a expertízny ústav MV SR

Rožňavská 11, 834 01 Bratislava

e-mail: andrea.majlingova@minv.sk

Ing. Štefan Galla, PhD.

Požiarotechnický a expertízny ústav MV SR

Rožňavská 11, 834 01 Bratislava

e-mail: stefan.galla@gmail.com



## VZNIK A VÝVOJ LOŽÍSK BEZPLAMEŇOVÉHO HORENIA V PORÉZNYCH MATERIÁLOCH V DÔSLEDKU SAMOZHRIEVANIA VYSYCHAVÝCH OLEJOV

### FORMATION AND DEVELOPMENT OF SMOULDERING NESTS IN POROUS MATERIAL DUE TO SELF-HEATING OF DRYING OILS

IVAN HRUŠOVSKÝ, JOZEF MARTINKA, PETER RANTUCH,  
VLADIMÍR DUTKA

#### Abstract

Spontaneous combustion as source of fire initiation is long known problem in the field of fire prevention. Not much is known about this phenomenon and there exist a lot of different mechanisms with which the process of self-heating and consequent spontaneous ignition can be achieved. One of the causes of spontaneous ignition can be the oxidation of drying oils. This work deals with the initiation and development of smouldering nests in porous materials due to self-heating of drying oil. Sample of tung oil was injected in to polyurethane foam and the sample was subjected to isothermal heating at various temperatures. Temperature inside of the samples was monitored by the means of three thermocouples and the mass loss and visual changes were evaluated after the experiment. An attempt to photograph the nest by the means of thermal imaging camera was made.

**Keywords:** *Spontaneous Combustion, Drying oils, Porous material, Isothermal heating*

#### ÚVOD

Termín Samovznietenie býva často spájaný s termínom samozahrievanie a spontánne samozapálenie. V anglickej literatúre sa stretávame s termínmi ako self-heating, selfheating, spontaneous combustion alebo self-ignition, selfignition, auto-ignition a autoignition. Tento fenomén býva často spájaný aj so vznietením látok. Na rozdiel od definície vznietenia, je samovznietenie dej, pri ktorom príde k zapáleniu látky bez použitia vonkajšieho zdroja zapálenia ako je napríklad sálavé teplo pri vznietení. V praxi býva pritom teplota samozahrievania omnoho nižšia ako teplota vznietenia. Vo všeobecnosti môžeme teplotu samozahrievania definovať ako najnižšiu teplotu okolia, pri



ktorej prichádza v látke k samovoľnej reťazovej reakcii ktorá má exotermický charakter, v dôsledku ktorého sa v tele látky kumuluje teplota, ktorá môže viesť až k vznieteniu látky (Hrušovský, 2012).

Anglický termín autoignition je niekedy používaný ako synonymum k výrazu spontaneous ignition. Avšak, tu taktiež treba prihliadať na rozdielne významy týchto termínov. Výraz spontaneous ignition je používaný na opis zapálenia látky pomocou exotermickej reakcie bez pôsobenia externého zdroja tepla. Autoignition je samozapálenie látky v dôsledku zvýšenej teploty okolia, jedná sa o neriadené zapálenie bez vonkajšieho zdroja ako je napríklad plameň alebo iskra (DeHaan, 2002).

### **SAMOZAHRIEVANIE VYSYCHAVÝCH OLEJOV**

Lipidy sú zlúčeniny, ktoré môžu byť extrahované z rastlín alebo živočíchov za použitia organických rozpúšťadiel. Najznámejšie lipidy sú oleje a tuky zložené z triglyceridov formovaných alkoholmi glycerolu a dlhými masnými kyselinami ako kyselina stearová. Množstvo ďalších biologických zlúčenín, vrátane voskov, cholesterol a niektoré vitamíny a hormóny sú klasifikované ako lipidy. Bežné jedlá ako maslo a šalátové oleje sú lipidy (Manhan, 1994). Sú to estery a étery alkoholov a karboxylových kyselín (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**), vyskytujúce sa v živej hmote. Sú erozpustné vo vode, ale rozpustné v organických rozpúšťadlách. V niektorých sú nadviazané ešte iné skupiny alebo látky (Ferenčík M., 2000).

Karboxylové kyseliny lipidov (v literatúre sa nazývajú aj masné kyseliny, ak sa uvažujú ako zložky lipidov) majú obyčajne páry počet atómov uhlíka a nerozvetvený uhlíkový reťazec. Môžu byť nasýtené i nenasýtené. Počet nenasýtených väzieb a dĺžka uhlíkového reťazca určujú bod topenia lipidu. Čím je kratší uhlíkový reťazec a čím väčší je počet dvojitých väzieb v ňom, tým nižší je bod topenia lipidu (Ferenčík M., 2000).

Autooxidácia je radikálová reťazová reakcia, pri ktorej pôsobením iniciátora dochádza k štiepeniu molekúl masných kyselín alebo ich esterov resp. štiepením väzieb masných kyselín, pričom vytvára voľný radikál (Takácsová, 1996).

Autooxidácia vysychavých olejov bola prvý krát zaznamenaná a pozorovaná Švajčiarskym chemikom Nicholas-Théodore de Sausse. Za použitia jednoduchého ortuťového manometra zistil, že vrstva orechového oleja vystavená vzduchu, dokázala absorbovať približne 150 krát viac kyslíka ako bol jeho objem a to počas jedného roka.



Neskorší výskum ukázal, že proces oxidácie bol podporovaný prítomnosťou dvojitých uhlíkových väzieb (Hess & O'Hare, 1950). Čím viac bolo prítomných dvojitých väzieb, tým bolo pravdepodobnejšie, že daná látka podstúpi proces autooxidácie. Táto skutočnosť je daná faktom, že dvojité väzby oslabujú C-H väzby susedného uhlíka a tým uľahčujú odtrhnutie vodíka (Stauffer, 2005).

To, či nastane samovznietenie závisí na rýchlosti produkcie tepla, rýchlosti odvádzania tepla do okolia a dostupnosti kyslíka (Bowen, 1983). Tieto parametre sú ovplyvňované množstvom, veľkosťou, tvarom a povahou tuhej látky a jej okolia, ako aj iniciačnou teplotou (Stauffer, 2005).

Štúdium produktov vzniknutých oxidáciou rastlinných olejov je veľmi komplexná. Veľa vedcov strávilo roky štúdiom identifikáciou týchto produktov. Veľa z týchto produktov je nestabilných a preto sa dajú ťažko študovať. Ak by sme to mali zhrnúť, len pár typov reakcií ktoré vedú k degradácii olejov bolo identifikovaných. Degradácia môže zahŕňať aj prítomnosť enzýmov (Stauffer, 2005). Hess a O'Hare študovali tepelnú degradáciu ľanového oleja a navrhli niektoré chemické mechanizmy ako autooxidácia, reakcia s voľným kyslíkom, enzymatická oxidácia a hydroperoxidové reakcie (Hess & O'Hare, 1950).

Peroxidácia lipidov sa týka oxidačnej degradácii lipidov alebo zjednodušene oxidačného poškodenia olejov. Je to proces, v ktorom voľné radikály "kradnú" elektróny z lipidov v bunkových membránach, čo vedie k poškodeniu buniek. Tento proces prebieha pomocou voľných radikálov v reťazci reakčným mechanizmom. Najčastejšie postihuje polynenasýtené mastné kyseliny, pretože obsahujú viac dvojitých väzieb. Peroxidácia lipidov sa začína pôsobením akéhokoľvek faktora, ktorý má dostatočnú schopnosť odoberať vodíkový atóm. Rovnako ako u iných radikálnych reakcií, reakcia sa skladá z troch hlavných krokov: iniciácie, propagácie a terminácie (Vickers, 2001).

Oxidačná rýchlosť narastá úmerne k ploche, v akej sú oleje a tuky exponované prítomnosťou kyslíka. Ak však pomer plochy k objemu narastá, zníženie tlaku kyslíka sa stane menej výrazným na zníženie oxidačnej rýchlosti (Takácsová, 1996).

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Pre zabezpečenie vhodných podmienok pre samozahrievanie bolo potrebné zvoliť vhodnú konfiguráciu experimentu. K samozahrievaniu vysychavých olejov dochádza, ak sú nanosené na porézny nosič, ktorý svojou poréznu štruktúrou zabezpečuje dostatočne



veľký povrch, tepelnú izoláciu a prísun vzdušného kyslíka. Ďalším kritériom je obsah nenasýtených mastných kyselín v samotnom oleji.

### Charakterizácia vzorky

Ako porézny nosič bola vybraná polyuretánová pena s hustotou  $20 \text{ kg.m}^{-3}$ . Z prechádzajúcich skúseností sa ukázalo, že polyuretánová pena je vhodná najmä pre jej homogénny charakter, ktorý zabezpečí rovnomernú distribúciu oleja vo vzorke. Charakterizácia polyuretánovej peny sa nachádza v tabuľke (Tab. 1 Charakteristika polyuretánovej peny

Tab. 2).

Tab. 1 Charakteristika polyuretánovej peny	
Tab. 2 Characterization of polyurethane foam	
Teplota vzplanutia	270 – 280 °C
Teplota vznietenia	400 – 410 °C
Spalné teplo	26,9 MJ. Kg-1
Hmotnostná rýchlosť horenia	0,068 kg.m-2.s-1
Hustota materiálu	20 - 40 kg.m-3

Z olejov ktoré majú vysoký obsahom nenasýtených mastných kyselín bol vybraný Tungový olej. Tento olej je získavaný z tungových stromov dorastajúcich až 10 m a pôvodom z Číny. Olej sa získava z jadier ich plodov, ktoré obsahujú 40 – 70% rýchlo schnúceho oleja, v ktorom je obsiahnutých 64 – 81 % kyseliny  $\alpha$ -eleostearové, ktorá obsahuje 3 konjugované dvojité väzby (University of Florida, 2015). Bližšia charakterizácia vybraného tungového oleja sa nachádza v tabuľke (Tab.3).

Tab. 3 Charakteristika tungového oleja	
Tab. 4 Characterization of Tung oil	
Bod varu	148 – 200 °C
Bod vzplanutia	289 °C
Relatívna hustota	0,932 – 0,937 g/cm <sup>3</sup>
Jódové číslo	>220
Číslo kyslosti	<5 mg KOH/g
Číslo zmydlenia	189 – 195 mg KOH/g

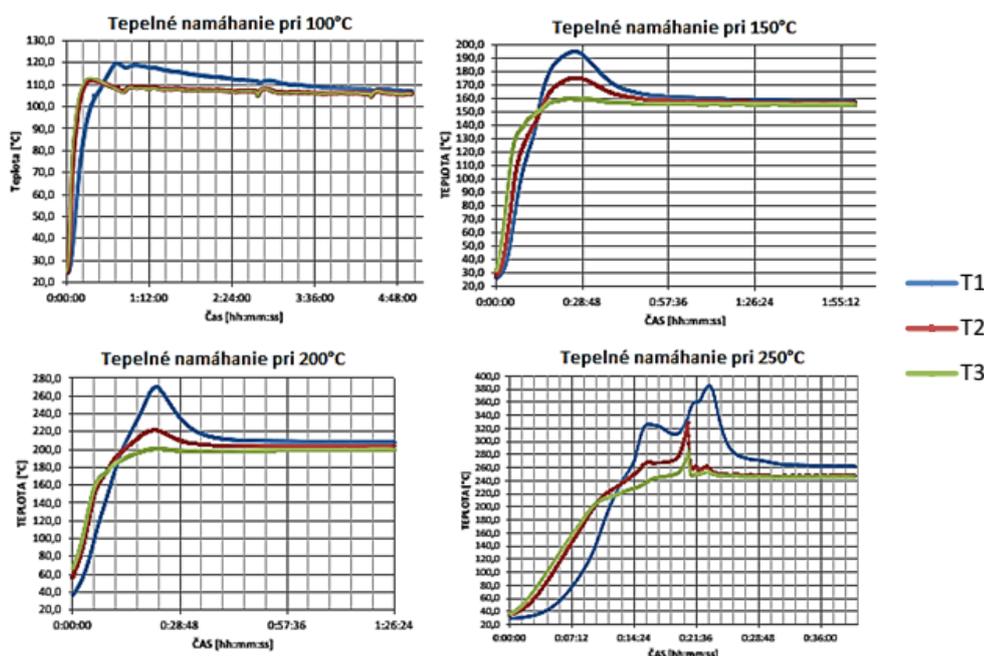
### Metóda a prístroje

Vzorka polyuretánovej peny bola odrezaná do tvaru pravidelného šesťstena s veľkosťou hrany 50 mm. Do stredu vzorky bol injekčnou striekačkou vstreknutý 1 ml

Tungového oleja. Takto pripravená vzorka bola zavesená na konštrukciu a vložená do muflovej pece tak, aby sa nedotýkala vnútorných stien pece. Vzorka bola následne izotermicky namáhaná pri teplotách 100, 150, 200 a 250°C. Zmena teploty vo vzorke bola monitorovaná pomocou troch termočlánkov typu K (NiCr-Ni). Termočlánky boli zavedené od stredu vzorky smerom k jej povrchu na spoločnej horizontálnej línii pričného rezu v rovnakých vzdialenostiach od seba, pričom termočlánok T1 sa nachádzal v strede vzorky, T3 na jej okraji a T2 medzi T1 a T3. Termické namáhanie bolo ukončené ak prišlo k poklesu teplôt vo vzorke na teplotu okolia. Po ukončení termického namáhania bol zaznamenaný hmotnostný úbytok a každá vzorka bola rozrezaná a vizuálne vyhodnotená. Izotermické namáhania boli pre každú teplotu zopakované aj bez prítomnosti termočlánkov a vzorky boli z pece vytiahnuté v časoch, kedy dosahovali maximálne teploty a bol vyhotovený termografický snímok.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

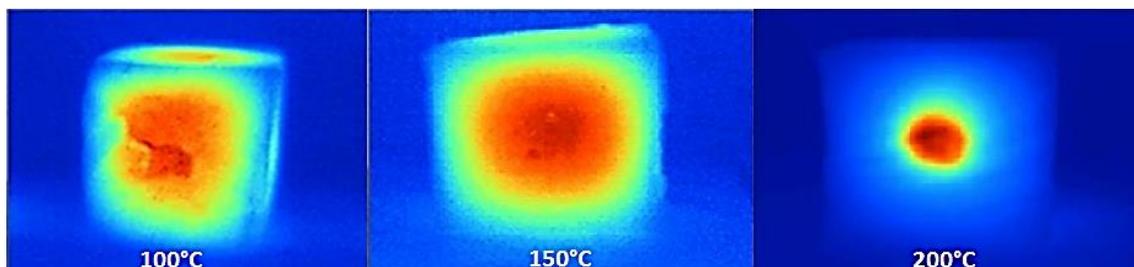
Priebehy samozahrievania pri jednotlivých teplotách namáhania sú znázornené na nasledujúcich grafoch (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**). Priebehy nárastov teplôt pri jednotlivých teplotách izotermického namáhania ukazujú, že čím bola teplota okolia väčšia, tým bol nárast teplôt počas samozahrievania prudší, dosahoval väčšie maximá a celková doba samozahrievania bola kratšia.



Obr. 11 Samozahrievanie vzoriek počas izotermického ohrievania

**Fig. 12 Selfheating of samples during isothermal heating**

Termografické snímky boli vyhotovené len pre tri vzorky, nakoľko pri teplote okolia 250°C prišlo k samovznieteniu a reakcia bola príliš prudká. Avšak pri teplote 200°C môžeme jasne pozorovať vytvorenie ložiska v centre vzorky.



**Obr. 13 Termografické snímky vzoriek**  
**Fig. 14 Thermographic images of samples**

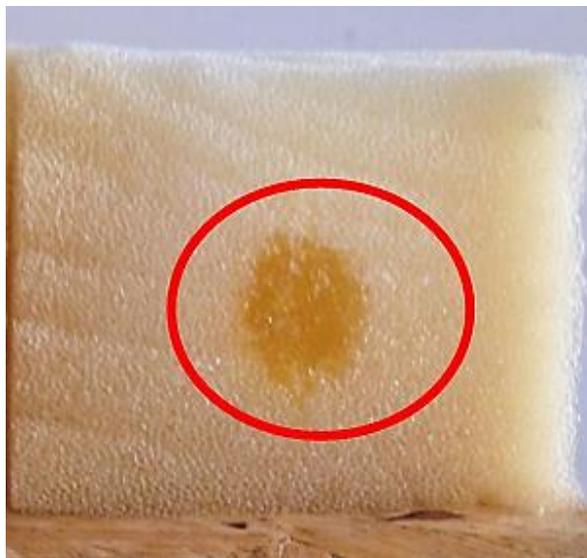
Údaje o maximálnych dosahovaných teplotách na jednotlivých termočlánoch a údaje o hmotnostných úbytkoch sú uvedené v tabuľke (Tab. 5).

**Tab. 5 Prehľad nameraných hodnôt**  
**Tab. 6 Overview of measured values**

Teplota izotermického namáhania [°C]	Termočlánok	Maximálna dosiahnutá teplota vo vzorke [°C]	Hmotnostný úbytok [%]
100	T1	119,7	0,16
	T2	112,1	
	T3	113,1	
150	T1	195,0	1,48
	T2	175,2	
	T3	160,0	
200	T1	270,6	4,39
	T2	221,6	
	T3	201,1	
250	T1	385,8	77,04
	T2	329,0	
	T3	286,6	

Pri teplote izotermického namáhania 100 °C nedošlo k žiadnym vizuálnym zmenám na tele vzorky ani v jej centre (Obr. 15). Teplota 100 °C nemala vplyv na vznik a rozvoj ložiska bezplameňového horenia, nakoľko neboli dosiahnuté dostatočne vysoké

teploty pre začiatok tohto procesu. Tomu nasvedčuje aj úbytok hmotnosti 0,009 g čo predstavuje 0,16%-nú stratu.



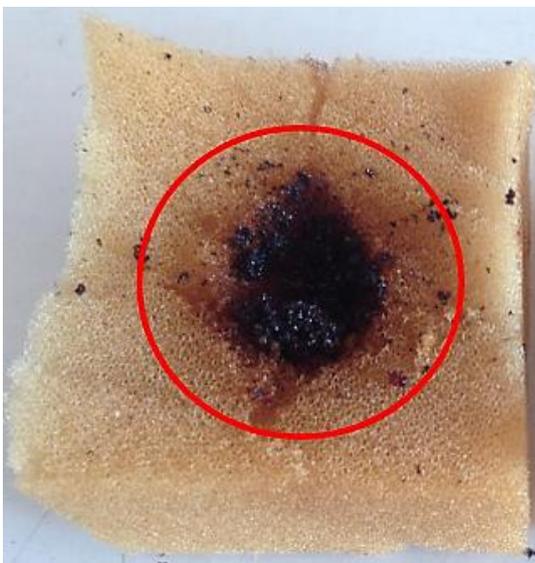
**Obr. 15** Rez vzorky po izotermickom namáhaní 100 °C  
**Fig. 16** Cut through sample after isothermal heating at 100 °C

Z výsledkov namáhania vzorky pri teplote 150 °C vyplýva, že dosiahnutá maximálna teplota v jadre (195°C) bola dostatočná pre iniciáciu vzniku termicky degradovaného ložiska (Obr. 17), ale nebola dostatočná pre jeho následný rozvoj. Taktiež vznik tohto ložiska má za následok úbytok hmotnosti vzorky o 0,1 g, čo je 1,48 %-ná strata hmotnosti.



**Obr. 17** Rez vzorky po izotermickom namáhaní 150 °C  
**Fig. 18** Cut through sample after isothermal heating at 150°C

Počas tepelného namáhania pri 200 °C vplyvom dosiahnutých teplôt v jadre (270,6 °C) prišlo k iniciácii a následnému čiastočnému rozvoju ložiska bezplameňového horenia (Obr. 19). Vplyvom vzniku a rozvoja tohto ložiska tlenia bola hmotnosť vzorky po skúške o 0,302 g nižšia, čo predstavuje hmotnostný úbytok 4,39 %.



**Obr. 19** Rez vzorky po izotermickom namáhaní 200 °C  
**Fig. 20** Cut through sample after isothermal heating at 200 °C

Pri teplote okolia 250 °C boli vo vzorke dosiahnuté teploty dostatočne vysoké pre vznik ložiska s následným procesom bezplameňového horenia, ktoré však prešlo k plameňovému horeniu vzorky a k jej následnému zhoreniu. Prišlo k najväčšiemu hmotnostnému úbytku 4,133 g čo predstavuje 77,04 %-ný úbytok hmotnosti.



**Obr. 21** Sample after isothermal heating at 250 °C  
**Fig. 22** Sample after isothermal heating at 250 °C



## ZÁVER

Proces samozahrievania vysychavých olejov ovplyvňuje veľké množstvo faktorov ako napríklad teplota okolia a termoizolačné vlastnosti materiálu na ktorom je daný olej nanesený. Výskum bol zameraný predovšetkým na mechanizmus vzniku a následného vývoja ložísk bezplameňového horenia pri rôznych teplotách okolia. Význam tohto výskumu spočíva v rozšírení vedomostí o požiarotechnických vlastnostiach olejov, určení vplyvu teploty okolia na proces samozahrievania tungového oleja.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

BOWEN, J., 1983. Phenomenon of spontaneous ignition is still misunderstood by some.. Fire and Arson Investigator, 34(2), pp. 23-24.

DEHAAN, J., 2002. Kirk's fire investigation. 5th ed.. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

FERENČÍK M., k., 2000. Biochémia. Bratislava: Slovak Academic Press.

HESS, P. & O'Hare, G., 1950. Oxidation of linseed oil - temperature effects.. Industrial and Engineering Chemistry, 7(42), pp. 1424-31.

HRUŠOVSKÝ, I., 2012. Štúdium Tepelných podmienok samovznietenia tuhých materiálov. Dizertačná Práca ed. Trnava: Materiálovotechnologická fakulta STU.

MANHAN, S. E., 1994. Environmental Chemistry - 6th ed.. Florida: CRC Press.

SOLOMONS, T. & Fryhle, C., 2009. Organic Chemistry 8.th ed.. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

STAUFFER, E., 2005. A Review of the Analysis of Vegetable Oil Residues from Fire Debris Samples: Spontaneous ignition, Vegetable Oils, and the Forensic Approach. Journal of forensic Science, 50(5), p. 2.

TAKÁCSOVÁ, M., 1996. Zastúpenie lipidov a ich zmeny pri spracovaní a skladovaní potravín - Habilitačná práca. Bratislava: Slovenská Technická Univerzita.

University of Florida, 2015. Center for Aquatic and Invasive Plant. [Online]

Available at: <http://plants.ifas.ufl.edu>

[Cit. 12 4 2015].

VICKERS, T., 2001. "Lipoprotein oxidation and atherosclerosis".. s.l.:Biochem Soc Trans



### **Pod'akovanie**

*Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore agentúry KEGA MŠVVaŠ SR, pre projekt č. 002STU-4/2013: „Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke“.*

### **Adresa autorov**

Ing. Ivan Hrušovský, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Paulínska 16, 917 24 Trnava

+421 905 677 244, ivan.hrusovsky@stuba.sk

Ing. Jozef Martinka, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Paulínska 16, 917 24 Trnava

+421 910 147 949, jozef.martinka@stuba.sk

Ing. Peter Rantuch, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave

Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality

Paulínska 16, 917 24 Trnava

+421 910 993 650, peter.rantuch@stuba.sk



## WHAT CAN HELP FOR THE FIREFIGHTERS?

PÉTER PÁNTYA

### Abstrakt

The circumstances and the tasks that await the firefighters cannot be predicted. Although there are regular trainings and drills, the annual statistics clearly show that accidents do occur during interventions despite their caution and protective equipment.

One of the aims of a research was increasing the safety of firefighters. The statistics about deployment and injuries of firefighters with a span of 11 years (between 2000 and 2010) were collected and analysed, then a conclusion was drawn. The currently available protective equipment and methods which are the most suitable and in accordance with the current potentials were identified. In Hannover this spring we could find a lot of innovative products at the Interschutz 2015. Based on one of the research findings, there are more ways to increase safety of both the firefighter and the rescuee, thus the safety of the intervention. These ways include finding new more modern alternatives of protective equipment, preparing firefighters for the real incidents by drilling in as life-like circumstances as possible and the use of devices which are at the markets now.

**Keywords:** *firefighter, research, safety, rescue, new, Hungarian*

### INTRODUCTION

The purpose of the article is to increase the safety of the intervention team and the quality of their activities. We can gain an overall view of the rescue activities of fire protection in Hungary with the help of a few figures. During technical rescues the primary intervention tasks of the fire service will be presented as well, which shows that the range of responsibilities is quite wide. The typical injuries of firefighters and their usual forms are described. Some of the new opportunities to make higher safety will be shown. This paper deals with such an area, namely the problems and potential solutions related to on-duty fire services in Hungary.

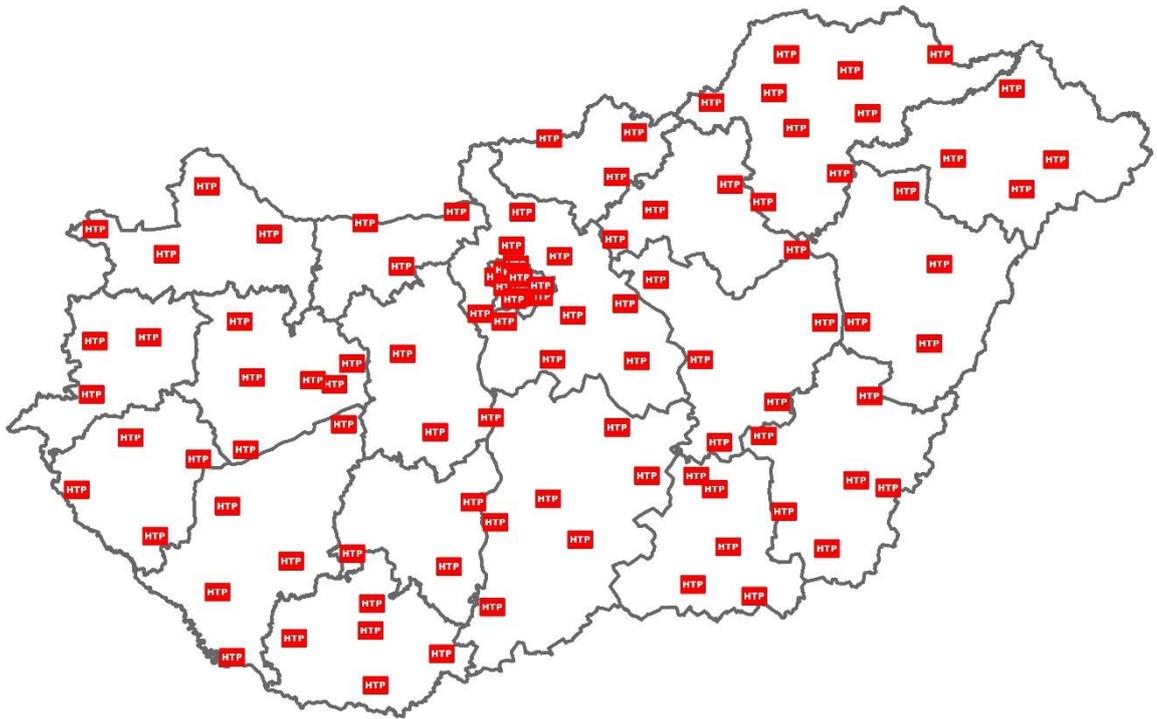
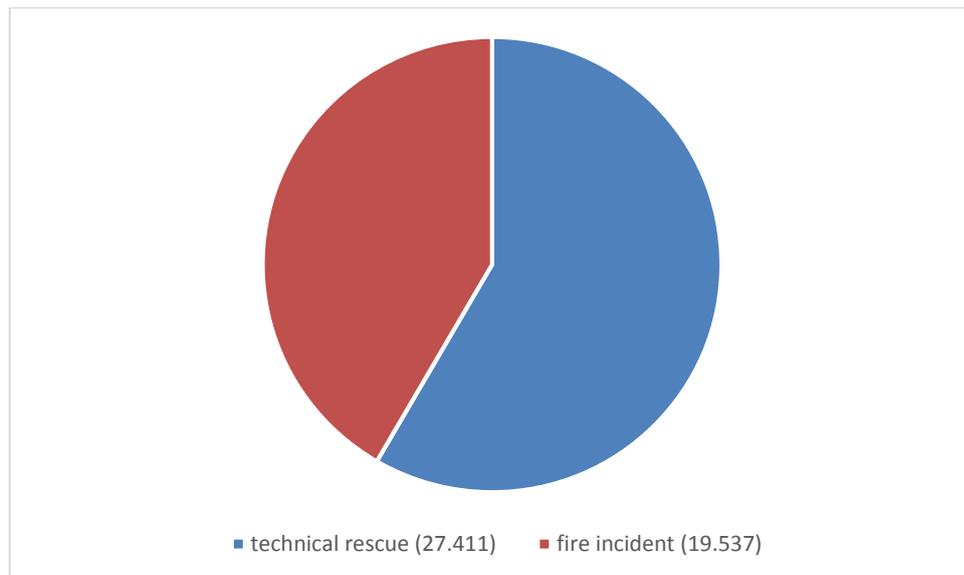


Fig. 1: Fire Departments in Hungary 2015, source of picture: NDGDM

## MAIN PART

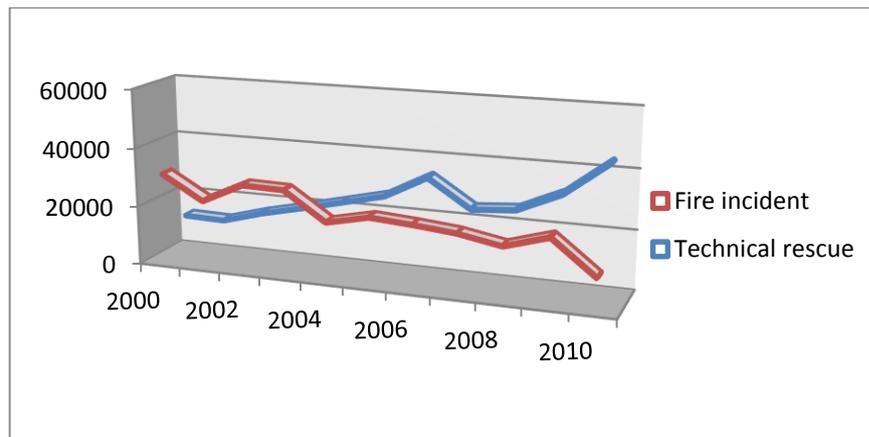
In Hungary almost two thousand fire fighters are on duty to carry out these activities at all hours to be able to leave for the fire or damage within 120 seconds after the alarm. The exact circumstances and the tasks waiting for them cannot be predicted. [1] The definitions of a flat fire, a road accident or a technical rescue are the same in a course material, but the actual interventions are almost totally different in each fire or damage. [2] There are no two cases alike. The settings are different, the sources of danger are diverse, the set of instruments available might be dissimilar, the number, age and health status of the people in danger may differ, etc. The data in the year 2014 interventions, alarms in Hungary:



**Fig. 1: the distribution of intervention in Hungary 2014 based on NDGDM statistics**

There are basic differences between the two main tasks of fire services, firefighting and technical rescue. During firefighting time is more limited, so there is more time pressure and it is essential to wear heat protective clothing as well as to extinguish fire, glowing as soon as possible by applying fire extinguisher. In the case of technical rescues, generally there is more time available to find the best solution possible. However, wearing protective clothing slightly hinders or makes it more difficult to carry out the tasks and strains the intervention crew. In addition, access to special protective and intervention equipment is constrained. As the chart and even recent statements illustrate, technical rescue activities of fire services remarkably outnumber firefighting duties.

Considering the economic performance of Hungary, it can maintain only a limited number of professional fire departments, rescue teams (e.g. subregional, county), the number of standby vehicles is limited, the special equipment loaded on them and, of course, the provision for trained fire fighters in the crew have budget constraints. [3]



**Fig. 2 The rate of fire incidents and technical rescues based on NDGDM statistics**

The authorised number and location of fire departments, the firefighting equipment allowed to be kept there and the various ranks of fire fighters working there are laid down in the relevant legislation. Given the above limitations, the vehicles used for firefighting and technical rescue are supposed to be as versatile as possible loaded with the widest range of special equipment in addition to the protective clothing offering the strongest protection against most forms of dangers. [4]

A list of difficulties that may arise for the fire fighter unit arriving first at the fire scene, who bear responsibility for the rescue:

- little preliminary information
- limited information gained at the scene
- unknown sources of danger
- time pressure during the intervention

Limited preliminary information is rooted in the situation itself. In a road accident or a dwelling fire, the person informing the fire brigade is likely to provide certain details such as the location, the number of people whose life is in danger and the main circumstances of the event. These details help to identify the appropriate level of alarm and the type and urgency of the incident. The actual circumstances are clarified based on the practical experience of the response team. Further information about the incident can be gathered before getting to the scene, which helps to make preliminary decisions, as at the scene the actual instructions has to be communicated and then carried out as quickly



as possible in parallel with ongoing reconnaissance for the injured and other sources of dangers. [5]

Generally, on-the-spot reconnaissance gathers more information at the scene, besides questioning potential witnesses or professionals. Meanwhile, further information might be collected from updates provided by the incident command, such as detailed regulations on hazardous materials, facilities and equipment nearby that can offer help. Depending on the time of the day and the day itself, some difficulties might emerge. A fire fighter unit arriving at an unknown scene (in fact, every case is different) can start reconnaissance at the scene of a fire or accident with the help of preliminary information and their experience. In a more complicated case, they have an opportunity to require a specialist to the scene, but due to the abovementioned reasons, significant delays can occur. In order to maintain and enhance the performance of the firefighters, there are regular trainings and drills. However, in spite of their caution and the use of protective equipment, accidents do happen during interventions. To sum up, the following harms may affect fire fighters besides the strain protective equipment causes: excessive heat, restricted visibility, breathing difficulty or shortness of breath, risk of explosion, increased stress. Several circumstances might increase the level of stress: the presence of hazardous materials, being aware of the shortness of breath, restricted escape routes, increased responsibility when saving lives and searching for survivors, exhaustion and excessive heat. Unfortunately, fire fighters have had serious accidents related to these sources of dangers in the last few years. [6]



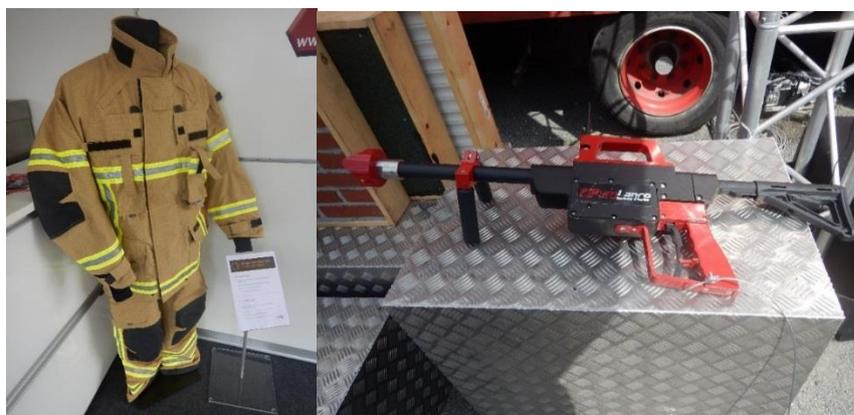
**Fig. 2 and 3, Rescue at „Rám-szakadék” and firefighter intervention at the red sludge flood, source of picture 2: Márton Kovács, the Hungarian Cave Rescue Service, picture 3: [kisalfold.hu](http://kisalfold.hu)**



A research has proven that life-like drills do provide practical knowledge, which can be utilised both in the short and long term. These interventions increase the safety of fire fighters and reduce the risk of injuries. In the United States fire fighters are regularly taught how to go through narrow passages and holes safely. The material of the training and skills that are developed: the fire fighters wearing all their protective clothing have to pass through such narrow passages that are just wide enough to fit through them with their breathing apparatus or sometimes they even need to take the cylinders off their back. Fears and stress that might be evoked by these situations can be reduced at drills. Becoming acquainted with and being used to life-like situations significantly decrease the risk of injuries. The research mentioned earlier also studied the feasibility of a low-budget smoke chamber exercise at any fire brigade, which could serve many purposes. It has been proved that various types of equipment can be tried in realistic environment and that both the efficiency and safety of the intervention can be considerably raised.

### **Injuries and accidents of fire fighters**

Quite a lot of accidents happen after the alarm before fire fighters get into the engine, and even more during deployment, which include fatal ones, too. It can be stated that the number of fire fighter accidents are related to the changing number of technical rescues or firefighting from year to year. There are noticeable changes in the tendencies as well, changes in the rate of firefighting/technical rescue are reflected in the types of related accidents. The most severe accidents - which involve death – happened mostly at the fireground or as a result of activities carried out there.



**Pic. 4 and 5, Products in the Interschutz 2015 to increase the safety of the firefighters, new kind of turnout gear, and an improvement for firefighting, source: own photos, 2015**



According to the statistics of Work Safety Centre of NDGDM, the six most common injuries are the following:

- Trips, falls, slips
- Hits, bruises
- Falls, jumps
- Stab wounds, cuts
- Falling objects
- Burns, scalds, explosion

Data on accidents reveal that the rate of injury types remained constant between 2000 and 2010. Injuries caused by trips, falls and slips are by far the most frequent, followed by hits and bruises, whose number is still remarkably significant. The annual frequency of more severe injuries is much lower (in decreasing order of frequency: stab wounds, cuts, falling objects, burns and explosion). To compare data, it is worth contrasting the annual number of accidents and the number of accidents which happened in the line of duty. They include accidents that happened after the alarm and before returning from the incident. It can be clearly seen that the high number of injuries are owing to the wide range of activities of the fire service within disaster management instead of the harmful effects of fire.

Dangers resulting from the use of protective equipment need to be addressed as well. Wearing protective clothing itself hinders the body's thermoregulation as radiation of heat is considerably reduced. Heat stress is the leading cause of death on the fire ground, which is justified by international researches. Protective clothing and its parts can easily get in contact with objects. Breathing apparatus means excessive weight and limits movement. Hearing is reduced, speaking is not articulate enough owing to the mask and visibility is limited. Wearing full gas clothing further increases the risks and limits movement.

Protective equipment and its disadvantages:

**turnout gear:** limits movement, additional weight, hinders thermoregulation

**helmet** (with face mask): reduced hearing, additional weight, may get stuck in narrow passages. In these cases it needs to be removed, thus the head is no longer protected.



**cowl (hood):** in case of poor quality, heat insulation is not satisfactory in extreme weather. In explosive environments, the material of the cowl needs to be considered.

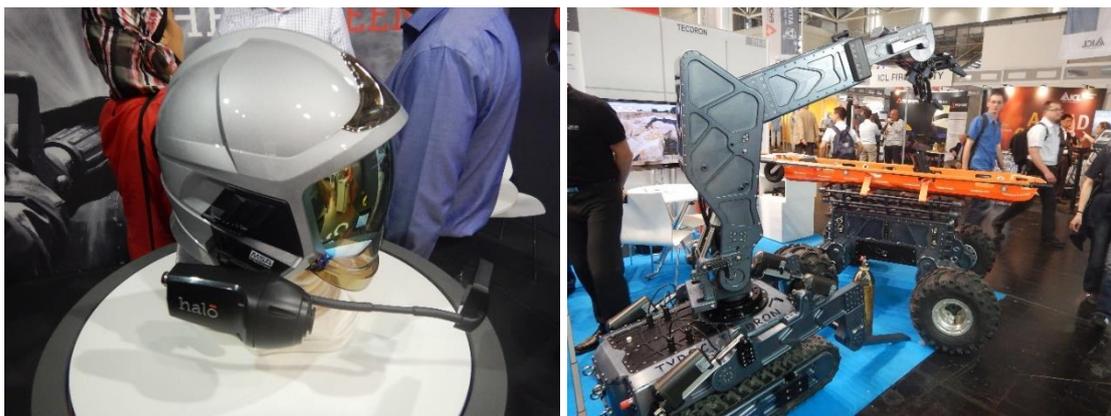
**protective boots:** heavy and relatively big, limits fine movements.

**gauntlet:** it hinders fine movements of fingers and hands. The hand loses sensitive tactile perception.

**climbing safety belt:** it can get stuck in objects. Not proper size or use may lead to danger of falling, just what it is meant to protect fire fighters from.

**breathing mask:** limits visibility because of distortion and decreased sight degree. Hearing and speech volume is greatly reduced. Combined with the breathing apparatus significantly increases weight and limits movement.

There are several ways to increase safety of both the fire fighter and the rescuee, thus the safety of the intervention. One of these ways is to find more modern alternatives of protective clothing and equipment, improving active and passive visibility, more modern respirators with more functions, remote sensing, remote reconnaissance, basic thermographic cameras, multifunctional respirators which allow longer intervention period and telemetry systems. Another way to prepare firefighters for the circumstances in confined space is drilling in as life-like circumstances as possible. The higher education has to be ready for these methods. At the local branches of disaster management, methods are available to conduct multi-purpose, varied drills with low financial, infrastructure and personnel costs. A third way is the use of devices which are currently not standard in firefighting, although they can either make circumstances safer or reduce the degree of personal intervention. According to another research: „*Considering that the countries select the participants of the mission based on standard methods and requirements we examined a homogenous, healthy population looking at age, work, working conditions, and general physical conditions.*” [7]



**Pic. 6 and 7, Products in the Interschutz 2015 to increase the safety of the firefighters, helmet with thermal camera and RC units, source: own photos, 2015**

It has been revealed that drills generate short- and long-term achievements and in the long term the skills of the participants significantly develop. Less time is needed and typical interventions under similar circumstances may become safer. Efficiency of problem-solving increases despite additional obstructions, such as their protective equipment, breathing apparatus and limited visibility. Results do not fade away, as the acquired skills can be taken advantage of several days - or probably even weeks - later as part of the learning process. It can be learnt how to carry out certain operations more effectively, the participants can learn the best practices and learn from their own and their peers' mistakes under safe conditions. The team members can be encouraged to compete against each other to carry out the operations better or more quickly. Although the rate of air consumption grows in race conditions, the time needed and the volume of air consumed reduce, so subtasks are carried out with more success. On the whole, positive results that have been achieved can be utilized in real situations as well. Success can be ensured with thorough planning and documentation.

## **CONCLUSION**

Disaster management activities, including firefighting and technical rescue conducted by the fire service are considered considerably dangerous. The main aim is to increase the safety of interventions as much as possible so that the rescuers do not need rescue. There are several ways and methods to increase safety, which have been presented, but they constantly need to be examined and introduced.



**REFERENCES:**

- [1] Ágoston RESTÁS, Everett A. Hinkley, Vincent G. Ambrosia: An approach for measuring the effectiveness of fire detection systems in different dimensions, *BOLYAI SZEMLE XXIII:(3)* pp. 283-296. (2014), ISSN 1416-1443
- [2] Mikulás MONOSI, Jozef SVETLÍK: Fires of Personal Cars in Underground Car Parks and Precautions for Loss Elimination, *Journal on law economy and management Volume II., Issue 2, December 2012*, ISSN 2048-4186
- [3] László KOMJÁTHY: Hungarian - Slovak Cross Border Disaster Management Cooperation at Tactical Level, In: *NISPAcee (szerk.) Government vs. Governance in Central and Eastern Europe: From Pre-Weberianism to Neo-Weberianism? Presented Papers from the 22nd NISPAcee Annual Conference. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.05.22-2014.05.24. Pozsony: NISPAcee, 2014. p. 43., ISBN:978-80-89013-72-2*
- [4] Anna DANIHELOVÁ, Martin ZACHAR, Grzegorz DUDARSKI, Marek RYBAKOWSKI: Noise and vibrations - important factors influencing the working performance and human health, *Material - Acoustics - Place 2014, 9th international conference, September 24-26, 2014, Zvolen - Slovakia*
- [5] Ivana TUREKOVÁ, Karol BALOG: The Environmental Impacts of Fire-Fighting Foams, *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology 01/2010; 18 (29):111-120., ISSN: 1338-0532*
- [6] Stefan GALLA, Alexander NEJEDLÝ, Andrea MAJLINGOVÁ, Veronika MIŠKOVIČOVÁ, Stanislav CELLENG: Fire occurrence mapping for providing the risk analyses and fire investigation purposes, *Security Dimensions – International & National Studies, No. 12., 2/2014, Cracow, Poland, ISSN 2353-7000*
- [7] FEJES Zsolt, KÓRÓDI Gyula: Analysis of upper respiratory tract infections in mission circumstances, *Academic and Applied Research in Public Management Science (AARMS), 2014. Volume 13, Issue 1.*



**ZDRAVOTNÍ A ENVIRONMENTÁLNÍ RIZIKA  
VYBRANÝCH ZPOMALOVAČŮ HOŘENÍ  
HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS OF SELECTED  
FLAME RETARDANTS**

VLADIMÍR ADAMEC, BARBORA SCHÜLLEROVÁ, LUCIE HOLÁ,  
KAROL BALOG, JOZEF MARTINKA

**Abstrakt**

S cílem zabránit nebo omezit hoření se do celé řady materiálů a výrobků přidávají zpomalovače hoření (retardéry) různých fyzikálních a chemických vlastností. Některé z nich mohou však mít negativní vliv na zdraví člověka a životní prostředí a to i přes skutečnost, že některé sloučeniny se již nepoužívají. Příspěvek uvádí přehled vybraných zpomalovačů hoření, jejich použití a zdravotní a environmentální rizika.

**KLíčové slová:** *hoření, zpomalovač, riziko, životní prostředí, zdraví*

**Abstract**

In order to prevent or limit the combustion, to a wide range of materials and products are added flame retardants of different physical and chemical properties. However, some of this retardants can have a negative impact on human health and the environment, despite the fact that some from these chemical compounds are no longer used. The paper is focused on the presentation of the overview of selected flame retardants, their use and health and environment risks.

**Keywords:** *combustion, retardant, risk, environment, health*

**ÚVOD**

Zpomalovače hoření zahrnují celou škálu chemických sloučenin založených především na bromu, chloru, fosforu, dusíku boru, křemíku a kovových oxidech a hydroxidech [1]. Celkově rozlišujeme více jak 175 různých typů těchto sloučenin. Jejich základním principem je při nadměrném zahřívání rozklad dříve než vlastní polymerní



matrice (přírodního i syntetického původu). Existují situace, kde může být při použití zpomalovače vyvinutý toxický plyn s nebezpečnými vlastnostmi pro živé organismy. Týká se to především těch, které obsahují halogeny (brom, chlor). Ty patří právě společně s anorganickými plnivy k nejvíce používaným [2,3,4,5]. Zpomalovače hoření se uvolňují z výrobků, které jsou chráněny proti vzplanutí, do životního prostředí a následně pak do živých organismů, tedy i člověka. Z hlediska toxických účinků je zásadní, že tyto látky přetrvávají v materiálech a uvolňují se z nich během celé jejich životnosti, a také v procesu jejich likvidace.

### Stručná charakteristika

Zpomalovače, jak vyplývá ze samotného názvu, jsou látky, které zpomalují nebo přímo zabraňují hoření. Používají se při výrobě různých materiálů, jako jsou např. elektrická zařízení, nábytek, textilie pro zvýšení jejich odolnosti vůči hoření. Zpomalovače hoření obecně snižují hořlavost materiálů, buď fyzikální cestou:

- **ochlazováním** (některé chemické reakce, např. endotermní, ochlazují materiál),
- **vytvářením ochranné vrstvy** (vrstva chrání zbývající materiál tím, že zabrání toku tepla, přísunu kyslíku a propagaci paliva do plynné fáze),
- **ředěním** (některé zpomalovače uvolňují při hoření vodu nebo oxid uhličitý, což může naředit radikály v plamenu natolik, že to zabrání hoření),

nebo chemickou reakcí:

- **reakce v plynné fázi** (chemické reakce v plameni, tj. v plynné fázi, mohou být zpomalovači hoření přerušeny),
- **reakce v pevné fázi** (tyto zpomalovače fungují tak, že dochází k rozkladu plastického polymeru, který taje a odtéká z plamene),
- **tvorba popela** (zpomalovače v pevné fázi způsobují tvorbu uhlíkového popela na povrchu polymeru, kdy tento uhlík je mnohem méně hořlavý a chrání proti dalšímu hoření),
- **bobtnání** (tento typ způsobuje nabobtnání pod ochrannou vrstvou popela, čímž zajišťuje lepší tepelnou izolaci) [1,2].

Příkladem často používaného zpomalovače hoření je hydroxid hlinitý, který se rozpadá, uvolňuje vodní páru je schopen pohltit velké množství tepla, čímž ochlazuje



materiál. Zbytkový oxid hlinitý následně vytváří ochrannou vrstvu. Tato látka tak působí třemi způsoby najednou [6].

Zpomalovače hoření lze rozdělit též na základě obsahu charakteristických prvků či skupin prvků. K dosažení lepšího retardačního účinku jsou zpomalovače hoření různého chemického složení kombinovány za vzniku synergických systémů. Zpomalovače hoření jsou využívány buď jako chemicky vázané na polymerní matrici nebo jako tzv. aditivní, které jsou do polymerů začleněny před nebo během polymerizace [7].

S vývojem nových technologií, jsou využívány nanomateriály buď samostatně, nebo s příměsí běžných zpomalovačů hoření. Využití nanomateriálů, jako zpomalovačů hoření je široce propagováno s ohledem na nízké riziko pro životní prostředí a zdraví člověka. Přesto zejména u nanotubic, jsou v současné době odhalovány i negativní dopady právě pro lidské zdraví a jejich vlastnosti jsou přirovnávány k problematice azbestu [8, 9, 10].

### **Zdravotní a environmentální rizika**

Některé zpomalovače hoření zejména na bázi halogenů, jako je brom nebo chlor, mohou představovat vážné riziko pro životní prostředí a zdraví člověka. Příkladem jsou polybromované difenyletery, které mají významný negativní vliv na reprodukční funkci, produkci hormonů, jsou nefrotoxické apod. K jejich dalším negativním vlastnostem patří jejich perzistence (odolnost vůči degradaci). Jak vyplývá z tabulky 1, je patrné, že použití těchto látek je velmi široké (čalounění, koberce, nábytek, podlahové krytiny, plasty apod.), ze kterých se tyto zpomalovače hoření uvolňují a dochází tak k expozici člověka zvláště ve vnitřním prostředí (např. domácnosti, kancelářské prostory, automobily). Z pohledu environmentálních rizik je velice významná jejich bioakumulace v živých organismech a ostatních složkách životního prostředí. Obecně jsou pro hašení požárů v přírodě (např. lesní požáry) využívány zpomalovače klasifikované jako netoxické. Ovšem i málo toxické sloučeniny nesou určité riziko, pokud se jedná o použití velkého množství. V těchto případech se mohou stát toxické pro vodní organismy a divokou zvěř, ale i osoby v blízkosti místa požáru [3, 11, 12, 13]. Následující tabulka uvádí zdravotní rizika u vybraných zpomalovačů hoření a jejich použití.



Tab. 1 Zpomalovače hoření, jejich zdravotní a environmentální rizika  
Tab. 1 Fire retardants and its health and environmental risks

Zpomalovače	Rizika	Použití	Zdroj
<b>Na bázi halogenů</b>			
tetrabrombisfenol a jeho deriváty	poruchy funkcí žláz s vnitřní sekrecí	textil, součástky dopravních prostředků, izolace, el. vodiče	2, 14, 15, 16
polybromované difenylethery	narušení produkce reprodukčních a růstových hormonů, neurotoxicita, poškození ledvin a jater, anorexie, ekzém		
hexabromcyklododekan	neurotoxický, endokrinní disrupce, karcinogenní		
polybromované ftaláty	endokrinní disrupce, zvýšené riziko vzniku alergií a astmatu, poruchy vývoje mozku a pohlavního dospívání, vliv na funkci jater a ledvin		
polybromované fenoly	dopady na endokrinní systém, toxické		
polychlorované parafíny	dráždí dýchací cesty, oči, kůži	polyuretanové pěny, kaučuk, pružné plasty, impregnace kabelů, drátů, kondenzátorů, transformátorů	17, 18
pentachlorbenzen	ovlivňuje centrální nervovou soustavu, poškození jater, ledvin		
polychlorované naftaleny	poškození endokrinního systému, porucha reprodukčního systému, poškození jater		
<b>Na bázi fosforu</b>			
červený fosfor	toxický pro dýchací ústrojí	polymery obsahující kyslík (polykarbonát, polyethylen tereftalát, polyamid)	19, 20
fosforečnan amonný	dráždí sliznice, dýchací cesty	materiály na bázi celulózy (dřevo, papír, bavlna) impregnace závěsů, kostýmů, kulis	
fosfáty		termoplastická směs, termosety	
halogenové fosfáty a fosfonáty		styren-butadienové a akrylové směsi	



fosfátové a fosfonátové dimery, oligomery, a cyklické sloučeniny		polyesterová vlákna	
fosfinové oxidy		polypropylen	
polyfosfáty		pryskyřice	
melamin fosforečnan amonný	nefrotoxický	zpěňovatelné nátěrové hmoty, polyuretanové hmoty, polyamid	21
<b>Na bázi anorganických plniv</b>			
hydroxid hlinitý	dráždivé účinky, nevolnost, kašel	elastomery, termoplasty, reaktoplasty, pryskyřice, EVA, PVC	22
hydroxid hořečnatý	dráždivost kůže, očí, případně dýchacích cest	polypropylen, termoplasty	
<b>Na bázi boru</b>			
borax	podráždění očí a dýchacích cest, toxický CNS, kardiovaskulární systém	materiály na bázi celulózy (dřevo, papír, bavlna), polymery, povrstvování	23
kyselina boritá	dráždí kůži, oči, dýchací cesty		1
boritan zinečnatý	toxický pro vodní organismy	plasty a pryže, flexibilní PVC, požárně ochranný tmel	24
pentaboritan amonný	podráždění očí a kůže, nebezpečný pro spodní vody	epoxidy, uretany, bavlna	25
melamin boritan	dráždí kůži, dýchací cesty, oči	technické plasty	1
oxid boritý			
bór fosfát	lehce dráždí oči		
<b>Na bázi křemíku</b>			
silikony a silany	riziko poškození ledvin a jater při vysokých dávkách	polyuretan	26, 27
silikáty		celulosa, polystyren, nylon, polypropylen, polyvinylalkohol, polymethylakrylát	
silsesquioxany		termoplasty	
oxid křemičitý		dráždí oči	



<i>Na bázi nanomateriálů</i>			
nanočástice (oxidy křemene, titanu, hliníku, POSS)	riziko snadného průniku do těla membránami buněk (plíce, kůže, gastrointestinální trakt)	polypropylen, stavební hmoty	9, 10, 28, 29
nanovlákná (uhlíková nanovláken a nanotrubičky CNT)		PVC-U, polyuretanové pěny	
nanovrstvy (vrstvené silikáty, dvojité hydroxidy, fosfáty, titaničitany)		polypropylen, papír, stavební hmoty, textil	
nanoaditiva (jíly)	nejdou ekotoxické	polypropylen, papír, stavební hmoty, textil	
<i>„Zelené zpomalovače“</i>			
paximer (sloučenina bez halogenů)	není ekotoxický	polypropylen, výrobky ze dřeva	30

## ZÁVĚR

Jak vyplývá z uvedeného, problematika zpomalovačů hoření je velmi aktuální, především z pohledu zdravotních a environmentálních rizik, a to i přes skutečnost, že řada jich byla legislativně zakázána. V současné době se výroba orientuje na jiné alternativní látky dříve méně vyráběné nebo zcela nové, o nichž je známo jen velmi málo. Jedná se například o nové bromované zpomalovače hoření tzv. nBFR (2,3,4,5,6-pentabromtoluen, 2,3,4,5,6-pentabrommethylbenzen, dekabromdifenylethan, dekabrombidenyl apod.), které mají nahradit zakázané bromované zpomalovače hoření a jejichž největší uplatnění je v elektronickém průmyslu. Dle současných dostupných informací, mají nBFR naměřeny zvláště ve vnitřních prostředích vysoké koncentrace. Vzhledem k tomu, že jsou tyto látky používány relativně krátce (nejenom nBFR), není objektivně možné ohodnotit jejich schopnost bioakumulace a chronické účinky na zdraví člověka a životní prostředí. Proto je zde nutné zaměřit pozornost na jejich negativní vlastnosti dříve, než se začnou používat v širokém měřítku [15, 31, 32].

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] POSNER, S.; ROOS, S.; OLSSON, E.: 2010. Exploration of Management options for HBCD. [online]. UNECE [cit. 2015-10-02]. Dostupné z WWW:



- [http://www.unece.org/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2010/Updated%20documentns\\_June2010/Exploration%20of%20management%20options%20for%20HBCD.pdf](http://www.unece.org/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2010/Updated%20documentns_June2010/Exploration%20of%20management%20options%20for%20HBCD.pdf).
- [2] Bulletin 2010, Ústřední kontrolní a zkušební úřad zemědělský, Národní referenční laboratoř, Ročník XIV, číslo 2, 2010. Dostupné z WWW: [http://eagri.cz/public/web/file/218907/Bulletin\\_NRL\\_22010.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/218907/Bulletin_NRL_22010.pdf)
- [3] World Health Organization, Concise International Chemical Assessment Document 55, Polychlorinated Biphenils: Human Health Aspects [online].2000 [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad55.htm>
- [4] WALTER M.D.,WAJER M.T.: 2015. Overview of Flame Retardants Including Magnesium Hydroxide. [online]. 2015. In: Martin Marietta, Magnesia Specialities. [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://magnesiaspecialities.com/wp-content/uploads/MagShield-Overview-ofFlame-Retardants-Including-MgOH2.pdf>
- [5] PRNewswire: 2015. European market for flame retardant chemicals segmented by application composition and geography [online]. 2015 [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://www.prnewswire.com/news-releases/european-market-for-flame-retardant-chemicals-segmented-by-application-composition-and-geography-2015-2019---reportlinker-review-300145357.html>
- [6] HULL, R. T.; STEC, A.: 2009. Fire Retardancy of Polymers: New Strategies and Mechanisms. Cambridge : RCS Publishing, 2009. Polymers and Fire, 456 s. ISBN 978-0-85404-149-7.
- [7] POUSTKA, J.; HAJŠLOVÁ, J.; KAZDA, R.: 2005. Bromované retardátory hoření: environmentální xenoestrogeny. In: Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí. VVF: PROJ/2004/3/deklas, 2005. s. 2 – 63.
- [8] WITT, C: 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment, In: Chemosphere 2002, č. 46 (5), s. 583 – 624, ISSN 0045-6535.
- [9] OUTER, W.: 2012. Nanomaterials for Environmentally Friendly Flame Retardants, [online], 2015, AZONANO, [cit. 2015 – 10 - 01]. Dostupné z WWW: <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3087>
- [10] POLÁŠKOVÁ, A.: 2013. Environmentální aspekty výzkumu a vývoje - Neviditelné nebezpečí: atmosféra [online], Univerzita Hradec Králové [cit. 2015 – 10 - 01]. Dostupné z WWW: <https://www.uhk.cz/cs-CZ/Download?DocumentId=16069>



- [11] BELL, T., TOLHURST, K., WOUTERS, M.: 2005. Effects of the fire retardant Phos-Chek on vegetation in eastern Australian heathlands. 2005. International Journal of Wildland Fire. 14(2) 199–211. Dostupné z WWW: <http://www.publish.csiro.au/paper/WF04024.htm>
- [12] Greensciencepolicy.org. 2005. Flame retardants. [online], 2005, [cit. 2015 – 10 - 01] . Dostupné na WWW: <http://greensciencepolicy.org/?s=flame+retardants>
- [13] LOGAN A., WEBB, N., WEBB, W. 1989. Effect of Fire Retardant on Water Quality. [online]. USDA Forest Service Gen. Tech. Resp. PSW – 109. s. 79 – 86. 1989. [cit. 2015 – 09-05]. Dostupné z WWW: [http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr109/psw\\_gtr109\\_79.pdf](http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr109/psw_gtr109_79.pdf)
- [14] ŠUTA M.: 2005. Bromované zpomalovače hoření a jejich rizika [online]. 2005 [cit. 2015-09-22]. Dostupné z WWW: <http://odpady-online.cz/bromovane-zpomalovace-horeni-a-jejich-rizika>
- [15] Ezechiáš M., Svobodová K., Cajthaml T., Hormonal activities of new brominated flame retardants, 2012, Chemosphere 87, str. 820-824. ISSN 0045 – 6535.
- [16] SÜHRING R., FREESE M., SCHNEIDER M., SCHUBERT S., POHLMANN J., ALAEE M., WOLSCHKE H., HANEL R., EBINGHAUS R., MAROHN L., Maternal transfer of emerging brominated and chlorinated flame retardants in Europeans, 2015. Science of the Total Environment 530-531, s. 209-218. ISSN 0048-9697
- [17] HOLOUBEK I., FALANDYSZ J., PŘIBYLOVÁ P., HAJŠLOVÁ J., KALLENBORN R.: 2015. Vybrané typy environmentálních polutantů, Chemie životního prostředí [online]. 2015 [cit. 2015-09-22]. Dostupné z WWW: [http://www.recetox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-III-008/CH%20C5%20BDP\\_III\\_10\\_PCNS,%20SCCPs,%20PBDEs,%20PFOS.pdf](http://www.recetox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-III-008/CH%20C5%20BDP_III_10_PCNS,%20SCCPs,%20PBDEs,%20PFOS.pdf)
- [18] The American chemistry council [online]. 2015 [cit. 2015-09-28] Dostupné z WWW: <http://www.americanchemistry.com>
- [19] National Research Council (US) Subcommittee on Flame-Retardant Chemicals, Toxicological Risks of Selected Flame-Retardant Chemicals [online]. 2000 [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225652>
- [20] The United States Environmental Protection Agency [online]. 2015 [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://www.epa.gov>



- [21] Specialchem [online]. 2000 [cit. 2015-09-19]. Melamine derivates - Flame Retardant Center - Melamine Compounds. Dostupné z WWW: <http://polymer-additives.specialchem.com/product/a-novista-melamine-polyphosphate-mpp>
- [22] Odborný portál pro plasty a gumu [online]. 2015 [cit. 2015-10-05]. Dostupné z WWW: <http://www.plasticportal.cz/image/firmy/238/pdf/6149.pdf>
- [23] Digital Fire reference database [online]. 2008 [cit. 2015-10-05]. Dostupné z WWW:  
<[http://digitalfire.com/4sight/hazards/ceramic\\_hazard\\_boron\\_compounds\\_and\\_their\\_toxicity\\_326.html](http://digitalfire.com/4sight/hazards/ceramic_hazard_boron_compounds_and_their_toxicity_326.html)>.
- [24] Bezpečnostní listy [online]. 2010 [cit. 2015-10-05]. Dostupný na WWW: <http://chemistry.ujep.cz>
- [25] Alfa Aesar: 2009. Pentaboritan amonný, [online], bezpečnostní list, 2015, [cit 2015-09-15]. Dostupné na
- [26] WWW: <http://www.alfa.com/content/msds/czech/12294.pdf>
- [27] EWG: 2012. Silsesquioxan, [online], In: Health Concerns of the Ingredient, 2015 [cit. 2015-09-20]. Dostupné z WWW: [http://www.ewg.org/skindeep/ingredient/702042/DIMETHICONE%3B%3B\\_SILSE\\_SQUIOXANE\\_COPOLYMER/](http://www.ewg.org/skindeep/ingredient/702042/DIMETHICONE%3B%3B_SILSE_SQUIOXANE_COPOLYMER/)
- [28] AWAD, Walid H. Fire Retardancy of Polymeric Materials. Second edition. Boca Raton, Fla : CRC Press, 2010. Recent Developments in Silicon-Based Flame Retardants, 853 s. ISBN 1420083996
- [29] Česká společnost pro využití jílu: Mechanická příprava anorganických oxidů a jílových minerálů pro kompozitní materiály, [online], In: Informátor č. 43, květen 2010. [cit. 2015-09-08]. Dostupné z WWW: <http://www.czechclaygroup.cz/informatory/informator43.pdf>
- [30] JIANG, David D. Fire Retardancy of Polymeric Materials. Second edition. Boca Raton, Fla : CRC Press, 2010. Polymer Nanocomposites, 853 s. ISBN 1420083996
- [31] Paxymer [online]. 2014 [cit. 2015-09-28]. Dostupné z WWW: <http://paxymer.se/introduction>.
- [32] WITT, C.: 2010. Emerging brominated flame retardants in the environment. The handbook of environmental chemistry, 2010, 16, s. 241-286.



- [33] EZECHIAŠ, M., VÁLEK, P.:2014. Nové bromované zpomalovače hoření (nBFR), [online]. 2014, Arnika [cit. 2015-10-01]. Dostupné z WWW: <http://arnika.org/nove-bromovane-zpomalovace-horeni-nbfr>

#### **Adresa autorů**

1) doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.

Ústav soudního inženýrství, VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno  
vladimir.adamec@usi.vutbr.cz

2) Ing. Barbora Schüllerová

Ústav soudního inženýrství, VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno  
barbora.schullerova@usi.vutbr.cz

3) Ing. Lucie Holá

Ústav soudního inženýrství, VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno  
lucie.hola@usi.vutbr.cz

4) prof. Ing. Karol Balog, Ph.D.

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnavě, STU v Bratislavě Botanická 49,  
91724 Trnava

karol.balog@stuba.sk

5) Ing. Jozef Martinka, Ph.D.

Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnavě, STU v Bratislavě Botanická 49,  
91724 Trnava

jozef.martinka@stuba.cz



**ZMENY STAVIEB Z HĽADISKA OCHRANY  
PRED POŽIARMÍ V SR  
CHANGES OF CONSTRUCTIONS IN TERMS OF FIRE  
PROTECTION IN SLOVAKIA**

MARIAN SUJA

**Abstrakt**

V článku je charakterizovaná stavba z hľadiska platných právnych predpisov, ako aj užívanie stavby, ale hlavne je analyzované spracovanie riešenia protipožiarnej bezpečnosti zmeny dokončenej stavby.

**Kľúčové slová:** *stavba; užívanie stavby; zmena stavby; protipožiarna bezpečnosť stavby.*

**Abstract**

The article characterizes the construction in terms of current legislation, also the term use of construction, but the article mainly analyses the processing of the fire safety for reconstruction of construction.

**Keywords:** *construction; use of a construction; change of construction; fire safety of construction.*

**ÚVOD**

Odborná verejnosť, ktorá sa zaoberá ochranou pred požiarmi nemá jednotný názor, podľa čoho sa majú riešiť zmeny dokončených stavieb (ďalej len zmeny stavieb“), keďže do dnešnej doby nie je spracovaný právny predpis ohľadne zmien stavieb. Začiatok článku sa zameriava na stavbu a jej užívanie - čo je to stavba, podľa akých kritérií sa delia a ako sa užívajú stavby. Ďalej je rozobratá protipožiarna bezpečnosť zmien stavieb - kedy nastávajú zmeny stavieb z hľadiska ochrany pred požiarmi, riešenie protipožiarnej bezpečnosti zmien stavieb a podľa čoho sa majú riešiť zmeny stavieb. Článku nie sú zahrnuté pamiatkovo chránené stavby a kultúrne pamiatky, ktoré sú špecifické pre svoju historickú hodnotu (duchovnú hodnotu dejín kultúry a umenia) a riešenie protipožiarnej



bezpečnosti týchto stavieb, by malo byť špecifické. Zmeny stavieb v pamiatkovo chránených stavbách a stavieb, ktoré boli kolaudované do 31.12.1981 alebo boli riešené podľa ČSN 73 0760 sú v súčasnosti riešené podľa slovenskej technickej normy pod názvom Požiarna bezpečnosť stavieb. Zmeny stavieb [1] (ďalej len „STN 73 0834“).

## UŽÍVANIE STAVIEB

Stavba musí byť ako celok a vo svojich častiach vhodné na zamýšľané použitie, a to najmä vzhľadom na zdravie a bezpečnosť ľudí počas ich celého životného cyklu. Stavba musí pri bežnej údržbe spĺňať nasledujúce základné požiadavky na stavby počas ekonomicky primeraného obdobia životnosti:

- mechanickú odolnosť a stabilitu,
- bezpečnosť v prípade požiaru (ďalej len „protipožiarna bezpečnosť stavby“),
- hygienu a ochranu zdravia a životného prostredia,
- bezpečnosť a prístupnosť pri používaní,
- ochranu proti hluku,
- energetickú hospodárnosť a udržiavanie tepla,
- trvalo udržateľné využívanie prírodných zdrojov.

Z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti stavby sa musí stavba navrhnúť a postaviť tak, aby pri požiari:

- sa zachovala nosnosť a stabilita nosnej konštrukcie stavby po určený čas,
- sa obmedzil vznik a šírenie ohňa a dymu z ohniska požiaru v stavbe,
- sa obmedzila možnosť rozšírenia požiaru z ohniska požiaru na susedné stavby,
- mohli ľudia včas opustiť stavbu alebo zachrániť sa iným spôsobom,
- sa zaistila bezpečnosť hasičských jednotiek. [2]

Stavby, ich zmeny a udržiavacie práce na nich sa môžu uskutočňovať iba podľa stavebného povolenia alebo na základe ohlásenia stavebnému úradu. Stavebné povolenie sa vyžaduje, pokiaľ stavebný zákon (50/1976 Zb.) a vykonávacie predpisy k nemu alebo osobitné predpisy neustanovujú inak, pri stavbách každého druhu bez zreteľa na ich stavebnotechnické vyhotovenie, účel a čas trvania; stavebné povolenie sa vyžaduje aj pri zmenách stavieb, najmä pri prístavbe, nadstavbe a pri stavebných úpravách. Dokončenú stavbu, prípadne jej časť spôsobilú na samostatné užívanie alebo tú časť stavby, na ktorej sa vykonala zmena alebo udržiavacie práce, pokiaľ tieto stavby vyžadovali stavebné



povolenie, možno užívať len na základe kolaudačného rozhodnutia, prípadne v stavebnom povolení. Zmeny účelu užívania stavby, ktoré spočívajú v zmene spôsobu užívania stavby, jej prevádzkového zariadenia, v zmene spôsobu a v podstatnom rozšírení výroby alebo činností, ktoré by mohli ohroziť život a zdravie ľudí alebo životné prostredie, vyžadujú rozhodnutie stavebného úradu o zmene v užívaní stavby. Zmenu v užívaní stavby, ktorá je spojená so zmenou stavby, prerokuje stavebný úrad pri stavebnom konaní a po jej dokončení vykoná kolaudáciu zmeny stavby. Zmenu v užívaní stavby, ktorá je spojená so zmenou stavby spočívajúcou v stavebných úpravách, ktorými sa podstatne nemení vzhľad stavby a nezasahuje sa do nosných konštrukcií stavby, môže prerokovať stavebný úrad v spojenom konaní o zmene v užívaní stavby. [3]

### **PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ ZMIEN STAVIEB**

Každý si musí zabezpečiť, aby sa pri vypracúvaní projektovej dokumentácie stavieb, pri uskutočňovaní stavieb a pri ich užívaní, ako aj pri zmene stavieb riešili a dodržiavali požiadavky protipožiarnej bezpečnosti stavieb.[4]

Pri zmene stavby alebo pri zmene užívania priestorov stavby sa nesmie znížiť protipožiarne bezpečnosť celej stavby alebo jej časti a bezpečnosť osôb alebo sťažiť zásah hasičskej jednotky. Zmeny stavieb sa z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti navrhujú podľa vyhlášky, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb [5] (ďalej len „vyhláška PBS“). V stavbách, v ktorých sa protipožiarne bezpečnosť navrhla a realizovala do 30. septembra 2000, sa zmeny stavieb z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti môžu navrhnúť podľa STN 73 0834 a STN radu 73 08..., ktoré sú ďalej uvádzané v texte v súlade s podmienkami na požiarne odolnosť a reakciu na oheň alebo stupeň horľavosti, index šírenia plameňa a schopnosť odkvapkávať.

Z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti stavieb, v zmysle STN 73 0834, je zmena užívania stavby alebo prevádzky iba zmena funkcie, ktorá vedie:

- k zvýšeniu náhodného požiarneho zaťaženia  $p_n$ , alebo
- k zvýšeniu hodnoty súčiniteľa horľavých látok  $a_n$ , alebo
- k zvýšeniu počtu osôb, osôb s obmedzenou schopnosťou pohybu alebo neschopných samostatného pohybu alebo
- k dodatočnému zatepleniu stavieb kontaktným zatepl'ovacím systémom alebo



- k zmene doterajšieho technologického súboru za technologický súbor vyššej generácie (napr. k zmene obsluhovanej prevádzky za prevádzku plne automatizovanú) alebo
- k zmene účelu stavby (vecne príslušnej normy podskupiny STN 73 08.. - stavby na bývanie a ubytovanie za stavby zdravotníckych zariadení a pod.).

Zmeny stavieb, v zmysle STN 73 0834, sa podľa rozsahu a závažnosti z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti triedia do troch skupín:

- I. skupinu „zmeny stavieb s uplatnením obmedzených požiadaviek protipožiarnej bezpečnosti stavieb“ tvoria zmeny stavieb, ktorými nedochádza k zmene užívania stavby a ktorých predmetom sú:
  - úpravy, opravy, výmeny alebo nahradenie jednotlivých prvkov stavebných konštrukcií;
  - výmena, zámena alebo nová inštalácia systémov, sústav, poprípade prvkov technického alebo netechnologického zariadenia stavieb, ktoré svojou funkciou podmieňujú prevádzku stavby, a ktoré nie sú súčasťou technologickej časti stavby (kotolňa, strojovňa vzduchotechniky, strojovňa výťah a pod.);
  - výmena, zámena alebo nová inštalácia technologického zariadenia, ktorá nevedie k zmene užívania stavby alebo prevádzky;
  - zmena vnútorného členenia priestoru, ktorou nevzniknú miestnosti väčšie ako 100 m<sup>2</sup>, priestor väčší ako 100 m<sup>2</sup> však môže vzniknúť rozdelením pôvodne väčšieho priestoru.

Zmeny stavieb skupiny I. nevyžadujú ďalšie opatrenia, pokiaľ spĺňajú nasledovné požiadavky:

- požiarne odolnosť menších prvkov stavebných konštrukcií sa neznížila pod pôvodnú hodnotu;
- šírky a výšky požiarne otvorených plôch v obvodových stavebných konštrukciách sa nezväčšili o viac ako 100 mm v prípadoch, ak sa nepreukáže, že odstupová vzdialenosť vyhovuje platným právnym predpisom;



- novozriadované prestupy vzduchotechnických a technologických zariadení cez požiarne deliace konštrukcie sú utesnené v súlade s platnými právnymi predpismi;
- pôvodné únikové a zásahové cesty nie sú zúžené ani predĺžené, alebo ich výsledné rozmery vyhovujú platným právnym predpisom;
- pri zmenách technických zariadení stavieb výmena, zámena alebo nová inštalácia systémov, sústav, poprípade prvkov technického alebo netechnologického zariadenia stavieb, ktoré svojou funkciou podmieňujú prevádzku stavby, a ktoré nie sú súčasťou technologickej časti stavby je vytvorený požiarne úsek z priestorov, u ktorých to platné právne predpisy taxatívne vyžadujú.
- II. skupinu „zmeny stavieb s uplatnením špecifických požiadaviek protipožiarnej bezpečnosti stavieb“ tvoria zmeny stavieb, ktoré presahujú rámec I. skupiny a nedosahujú rámec III. skupiny. Postupuje sa podľa zásad:
  - vnútorný priestor stavby dotknutý zmenou stavby sa posúdi z hľadiska nutnosti delenia na požiarne úseky;
  - posúdi sa horľavosť použitých stavebných materiálov (triedy reakcie na oheň) a požiarne odolnosť stavebných konštrukcií požiarne úsekov dotknutých zmenou stavby;
  - posúdia sa únikové cesty v častiach dotknutých zmenou stavby vrátane ich priechodu nedotknutými časťami stavby;
  - posúdia sa odstupové vzdialenosti v prípade, že sa zväčšuje obostavaný priestor stavby prístavbou, nadstavbou, alebo sa zväčšujú požiarne otvorené plochy, prípadne náhodné požiarne zaťaženie  $p_n > 50 \text{ kg.m}^{-2}$ ;
  - posúdia sa zariadenia pre protipožiarne zásah hasičských jednotiek a požiarnotechnické zariadenia v prípadoch, keď sa zmenou stavby zväčšuje úžitková plocha nadstavbou, prístavbou alebo vstavbou alebo keď dochádza k zmene účelu stavby alebo prevádzky.

Zmeny stavieb skupiny II. sa vždy dovoľuje riešiť ako zmeny stavieb skupiny III.

- III. skupinu „zmeny stavieb s plným uplatnením požiadaviek platného právneho predpisu, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb“ tvoria zmeny stavieb, kde predmetom zmeny stavieb je:



- stavba, v ktorej sa menia (zosilňujú, odstraňujú, nahrádzajú, rozširujú nadstavbou alebo vstavbou) nosné konštrukcie stropov v rozsahu vzhľadom k jej pôvodnej podlahovej ploche:
  - väčšom ako 50 %, pri najviac dvoch pôvodných podlažiach, alebo
  - väčšom ako 30 %, v ostatných prípadoch;
- požiarneho úseku, ktorý tvorí z viac ako 50 % celkovej podlahovej plochy prístavba.

### RIEŠENIE PROTIPOŽIARNEJ BEZPEČNOSTI ZMIEN STAVIEB

Vzhľadom na to, že slovenské technické normy nie sú záväzné, špecialista požiarnej ochrany nemusí v riešení protipožiarnej bezpečnosti pre zmeny uvedených stavieb rešpektovať v plnom rozsahu požiadavky technických noriem. V tomto prípade však musí zdôvodniť, že navrhovaným riešením sa dosiahne minimálne taká úroveň protipožiarnej bezpečnosti, ako riešením podľa slovenskej technickej normy. Ak je riešenie protipožiarnej bezpečnosti navrhnuté v súlade slovenských technických noriem, nemali by byť zo strany orgánu štátneho požiarneho dozoru žiadne pripomienky.

Riešenie protipožiarnej bezpečnosti stavieb, pokiaľ nejde o zmenu stavieb s plným uplatnením požiadaviek platného právneho predpisu, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb – vyhláška PBS, sa spracováva nasledovne:

- výrobné stavby a priestory výrobného charakteru, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 14.5.1991 podľa STN 73 0804 [6] s metodickým postupom podľa STN 73 0834,
  - po 14.5.1991 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0804,
- zhromažďovacie priestory, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,
  - po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0831 [7],
- stavby a priestory na bývanie a ubytovanie, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,



- po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0833 [8],
- stavby a priestory zdravotníckych zariadení, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,
  - po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0835 [9],
- stavby a priestory jednotlivých a radových garáží, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,
  - po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0837 [10],
- stavby a priestory hromadných garáží, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,
  - po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0838 [11],
- stavby a priestory servisov a opravovní motorových vozidiel, ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,
  - po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0839 [12],
- stavby a priestory pre živočíšnu a rastlinnú výrobu skolaudované:
  - ku dňu 1.11.1978 podľa STN 73 0834,
  - od 1.11.1978 do 30.9.2000 podľa STN 73 0842 [13],
- stavby a priestory spojov skolaudované:
  - ku dňu 1.10.1979 podľa STN 73 0834,
  - od 1.10.1979 do 30.9.2000 podľa STN 73 0843 [14],
- stavby a priestory skladov v jednopodlažných stavbách skolaudované:
  - ku dňu 30.9.2000 podľa STN 73 0844 [15],
- ostatné stavby a priestory (nevýrobné stavby), ktorých projekt stavby bol dokončený:
  - ku dňu 31.12.1981 podľa STN 73 0834,



- po 31.12.1981 a stavebné povolenie bolo vydané do 31.12.2001 podľa STN 73 0802 [16],
- stavby a priestory horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 96/2004 Z. z. [17],
- stavby a priestory, v ktorých sa vykonáva povrchová úprava výrobkov náterovými látkami podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 142/2004 Z. z. [18],
- stavby a priestory, v ktorých sa ustanovujú zásady požiarnej bezpečnosti pri činnostiach s horľavými plynmi a horenie podporujúcimi plynmi podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 124/2000 Z. z. [19],
- stavby a priestory uvädnutého krmu, sena, slamy a iných suchých rastlín, dreva a tuhého paliva podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 258/2007 Z. z. [20],

Riešenie protipožiarnej bezpečnosti stavieb, pokiaľ ide o zmenu stavieb s plným uplatnením požiadaviek protipožiarnej bezpečnosti stavieb, sa spracováva pre všetky stavby a priestory okrem stavieb a priestorov horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov, stavieb a priestorov, v ktorých sa vykonáva povrchová úprava výrobkov náterovými látkami a stavieb a priestorov uvädnutého krmu, sena, slamy a iných suchých rastlín, dreva a tuhého paliva podľa vyhlášky PBS, ktoré sú spracovávané podľa osobitných právnych predpisov.

## ZÁVER

Z článku vyplýva, že zmeny stavieb podľa STN 73 0834, je možné riešiť požiadavky protipožiarnej bezpečnosti len tých stavieb, ktoré boli skolaudované alebo projekt stavby bol dokončený podľa hore uvedených dátumov (najneskôr do 31.12.1981), ak projektová dokumentácia bola pred 1.4.1977 rozpracovaná podľa dovtedy platných technických noriem. STN 73 0834 nemožno uplatniť pre zmeny stavieb, v ktorých sa v hore uvedenom texte nenachádza III. skupina zmien stavieb; jednopodlažné sklady; stavby spracované podľa STN 73 0802 až STN 73 0843; stavby, na ktoré sa vzťahujú všeobecne právne predpisy a pod. Protipožiarnu bezpečnosť všetkých zmien stavieb možno vypracovať podľa vyhlášky PBS, ak iný všeobecne právny predpis neustanovuje inak.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] STN 73 0834 Požiarna bezpečnosť stavieb. Zmeny stavieb.
- [2] Príloha I nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS (Ú. v. EÚ L 88, 4. 4. 2011).
- [3] Zákon č. 50/1976 Zb. Zákon o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov.
- [4] Zákon č. 314/2001 Z. z. o ochrane pred požiarmi v znení neskorších predpisov.
- [5] 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.
- [6] STN 73 0804 Požiarna bezpečnosť stavieb. Výrobné objekty.
- [7] STN 73 0831 Požiarna bezpečnosť stavieb. Zhromažďovacie priestory.
- [8] STN 73 0833 Požiarna bezpečnosť stavieb. Budovy na bývanie a ubytovanie.
- [9] STN 73 0835 Požiarna bezpečnosť stavieb. Budovy zdravotníckych zariadení.
- [10] STN 73 0837 Požiarna bezpečnosť stavieb. Jednotlivé a radové garáže.
- [11] STN 73 0838 Požiarna bezpečnosť stavieb. Hromadné garáže.
- [12] STN 73 0839 Požiarna bezpečnosť stavieb. Servisy a opravovne motorových vozidiel, čerpace stanice pohonných hmôt.
- [13] STN 73 0842 Požiarna bezpečnosť stavieb. Objekty pre poľnohospodársku výrobu.
- [14] STN 73 0843 Požiarna bezpečnosť stavieb. Objekty spojov.
- [15] STN 73 0844 Požiarna bezpečnosť stavieb. Sklady.
- [16] STN 73 0802 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia.
- [17] Vyhláška MV SR č. 96/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú zásady protipožiarnej bezpečnosti pri manipulácii a skladovaní horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov.
- [18] Vyhláška MV SR č. 142/2004 Z. z., o protipožiarnnej bezpečnosti pri výstavbe a pri užívaní prevádzkarne a iných priestorov, v ktorých sa vykonáva povrchová úprava výrobkov náterovými látkami.
- [19] Vyhláška MV SR č. 124/2000 Z. z., ktorou sa ustanovujú zásady požiarnnej bezpečnosti pri činnostiach s horľavými plynmi a horenie podporujúcimi plynmi.



[20] Vyhláška MV SR č. 258/2007 Z. z., o požiadavkách na protipožiarne bezpečnosť pri skladovaní, ukladaní a pri manipulácii s tuhými horľavými látkami.

**Adresa autora**

mjr. Ing. Marian SUJA, PhD.,

Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra verejnej správy a krízového manažmentu, Sklabinská 1, 835 17 Bratislava,

+421961057069, marian.suja@minv.sk.



**SANAC S**



 **CLASIC**  
*Elektrické pece, měřicí a regulační technika*







**HERMES**  
L a b S y s t e m s



***tyco***  
*Fire Protection  
Products*



**KVANT**<sup>®</sup>  
  
**PRE VÁS**  
od roku 1995