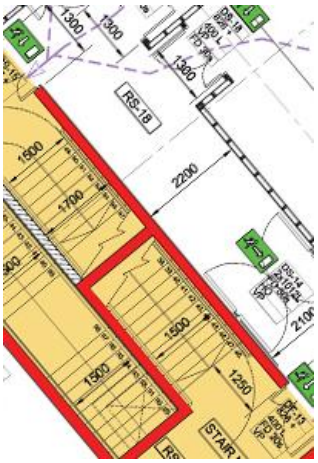
ADVANCES IN

FIRE & SAFETY ENGINEERING

2013

II. international scientific conference

CONFERENCE PROCEEDINGS



3. – 4. October 2014
Žilina

Advances in Fire & Safety Engineering

II. medzinárodná vedecká konferencia

3. – 4. októbra 2013
Žilina

PARTNERI KONFERENCIE

Advances in Fire & Safety Engineering 2013







Konferencia sa koná pod záštitou
prof. Ing. Ladislava Šimáka, PhD.
dekana Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline

The conference is held under the auspices of
prof. Ing. Ladislav Šimák, PhD.
Dean of the Faculty of Special Engineering, University of Zilina

VEDECKÝ GARANTI KONFERENCIE

Anton OSVALD	Katedra požiarneho inžinierstva FŠI ŽU v Žiline, SR
Vladimír MÓZER	Katedra požiarneho inžinierstva FŠI ŽU v Žiline, SR

VEDECKÁ RADA KONFERENCIE

Karol BALOG	MTF – STU Bratislava, Slovenská republika
Ján BUZALKA	KVSKM – Akadémia PZ, Slovenská republika
Anna DANIHELOVÁ	KPO – TU Zvolen, Slovenská republika
Bogdan DLUGOGORSKI	University of Newcastle, Australia
Ladislav HALADA	Ústav informatiky – SAV, Slovenská republika
Lászlo KOMJATHY	Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Maďarská republika
Pavel KUKLÍK	Fakulta stavební ČVUT, Praha, Česká Republika
Miloš KVARČÁK	FBI VŠB - TU Ostrava, Česká republika
Martin LOPUŠNIAK	Ústav pozemného staviteľstva – TU Košice
Jozef MARTINKA	MTF – STU Bratislava, Slovenská republika
Verica MILANKO	Higher Technical School of Professional Studies, Serbia
Andrzej MIZERSKI	Main School of Fire Service, Poland
Konstantin NEMCHENKO	V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine
Bozo NIKOLIC	Higher Technical School of Professional Studies, Serbia
Pavel POLEDŇÁK	FBI VŠB - TU Ostrava, Česká republika
Marek RYBAKOWSKI	University of Zielona Gora, Poland
Juraj SINAY	KBKP – TU Košice, Slovenská republika
Peter WILKINSON	University of Leicester, United Kingdom
Martin ZACHAR	KPO – TU Zvolen, Slovenská republika

ORGANIZAČNÝ VÝBOR KONFERENCIE

Iveta CONEVA	FŠI ŽU v Žiline, Slovenská republika
Adelaida FANFAROVÁ	FŠI ŽU v Žiline, Slovenská republika
Miroslava VANDLIČKOVÁ	FŠI ŽU v Žiline, Slovenská republika
Ľubica VRÁBLOVÁ	FŠI ŽU v Žiline, Slovenská republika

Každý z príspevkov publikovaných vo vedeckej časti zborníku ku II. medzinárodnej vedeckej konferencii Advances in Fire & Safety Engineering 2013 bol recenzovaný dvoma oponentami.

Each paper published in the Scientific papers section of the Advances in Fire & Safety Engineering 2013 conference proceedings has been reviewed by two reviewers.

© Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline

ISBN 978-80-88829-80-5

Obsah/Contents

Vedecké príspevky/Scientific papers

RETARDAČNÁ ÚPRAVA KONOPNÝCH TEPELNÝCH IZOLÁCIÍ **12**
ADELAIDA FANFAROVÁ, ANTON OSVALD

POČÍTAČOVÉ MODELOVANIE VPLYVU VODNÝCH STABILNÝCH HASIACICH ZARIADENÍ NA PRIEBEH TEPELNÉHO TOKU A VEĽKOSŤ POŽIARNE NEBEZPEČNÉHO PRIESTORU **16**
MICHAELA JURÍČKOVÁ

UMELÁ INTELIGENCIA V SLUŽBÁCH HASIČOV **21**
LÁSZLÓ KOMJÁTHY , ZSOLT NOSKÓ

EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠENÍ DŘEVOSTAVEB Z LEHKÉHO DŘEVĚNÉHO SKELETU V ČR **25**
PETR KUKLÍK, MAGDALÉNA DUFKOVÁ

AUDIOVIZUÁLNÍ DOKUMENTACE ZE ZÁSAHOVÉ ČINNOSTI **29**
MILOŠ KVARČÁK, KAMILA KEMPNÁ

ZÁSADY CHOVÁNÍ OSOB V ZAKOUŘENÉM PROSTORU **34**
MILOŠ KVARČÁK , JAN SMOLKA

ANALÝZA EVAKUAČNÉHO TESTU A POROVNANIE POZNATKOV S NORMOVÝMIPOŽIADAVKAMI **41**
MARTIN LOPUŠNIAK

VÝSLEDKY ANALÝZY POVODŇOVÝCH RIZÍK V POVODÍ RIEKY BODVA **49**
ANDREA MAJLINGOVÁ,MAROŠ SEDLIAK, LÁSZLÓ KOMJÁTHY

NOVÉ TRENDY POSUDZOVANIA POŽIARNEHO RIZIKA LIGNOCELULÓZOVÝCHMATERIÁLOV KÓNICKÝM KALORIMETROM **57**
JOZEF MARTINKA, KAROL BALOG, TOMÁŠ CHREBET

POROVNANIE SPRÁVANIA SA POLYOLEFÍNOV A BENZÍNU POČAS SKÚŠKY NA KÓNICKOM KALORIMETRI **65**
JOZEF MARTINKA, TOMÁŠ CHREBET, IVAN HRUŠOVSKÝ, KAROL BALOG

INICIAČNÉ ZDROJE POŽIAROV Z POHĽADU ZISŤOVANIA PRÍČIN VZNIKUPOŽIAROV **71**
VIKTOR MORAVEC, PETER IVAN, ŠTEFAN GALLA

RENTGENOVÁ A AKUSTICKÁ DIAGNOSTIKA DŘEVOKAZNÉHO HMYZU V NEHOMOGENNÍM MATERIÁLU **85**
ANDREA NASSWETTROVÁ, PAVEL ŠMÍRA, PAVEL FIALA, PETR KOŇAS, MARTIN FRIEDL, JAN ŠTĚPÁNEK, JANA PAŘÍLKOVÁ

EXPERIMENTÁLNE OVERENIE ÚČINKOV NEBEZPEČNÝCH LÁTOK NA NECHRÁNENÚ KOŽU **91**
MICHAL ORINČÁK

POŽÁRNÍ INŽENÝRSTVÍ Z POHLEDU HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY **100**
JIŘÍ POKORNÝ, PETR KUČERA,TOMÁŠ PAVLÍK

VPLYV TEPLOTY OKOLIA NA VYPAROVANIE VODY Z HASIACICH GÉLOV **107**
PETER RANTUCH, TOMÁŠ CHREBET, KAROL BALOG

COST EFFECTIVE SOLUTION OF AERIAL MEANS FOR SUPPORTING LARGE SCALE FIREFIGHTER'S INCIDENTS **113**
AGOSTON RESTAS, JANOS BLESZITY

VÝSLEDKY PRIEBEŽNÉHO ZISŤOVANIA CHARAKTERISTÍK LESNÉHO PALIVANA ÚZEMÍ NP SLOVENSKÝ RAJ PRE ÚČELY MODELOVANIA ROZVOJA LESNÉHO POŽIARU **119**
MAROŠ SEDLIAK, ANDREA MAJLINGOVÁ

OCHRANA DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ PŮSOBENÍM TEPLA **125**
PAVEL ŠMÍRA, ANDREA NASSWETTROVÁ, JAN ŠTĚPÁNEK, JANA PAŘÍLKOVÁ

CHYTRÉ OBLEKY PRO ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY **131**
JIŘÍ ŠVUB, FILIP BENEŠ, VLADIMÍR KEBO, MILOŠ KVARČÁK, PAVEL STAŠA, JAKUB UNUCKA, MIROSLAV BOHÁČ

ONLINE FSE KNOWLEDGE BASE WITH INTERACTIVE HAZARD ANALYSIS **135**
PIOTR TOFILO, MAREK KONECKI, JERZY GALAJ, MARCIN CISEK

PRODUKTY TERMICKEJ DEGRADÁCIE POLYURETÁNOVÝCH PIEN **143**
VERONIKA VEĽKOVÁ, BORIS BINEK

KONŠTRUKCIA SIMULÁTORA NA MODELOVANIE POŽIARU V UZATVORENOM PRIESTORE **147**
ĽUBICA VRÁBLOVÁ, JANA MÜLLEROVÁ

FIRE ENGINEERING AND ITS USE IN PROPERTY PROTECTION AND BUSINESS CONTINUITY **150**
PETER WILKINSON

STANOVENIE URÝCHĽOVAČA HORENIA VO VZORKÁCH PÔDY **155**
MARTIN ZACHAR,VERONIKA VEĽKOVÁ,ANDREA ANTALOVÁ

Odborné príspevky/Technical papers

MOŽNOSTI VZNIKU RIZÍK VYPLÝVAJÚCICH Z NESPRÁVNEHO PREVÁDZKOVANIA KOTLOV **164**
BARBORA BALCOVÁ

MODERNIZÁCIA TECHNICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY VÝSKUMNÉHO PRACOVISKA POŽIARNO-CHEMICKÉHO LABORATÓRIA **170**
IVETA CONEVA

POŽIAR VÝROBNEJ HALY NA VÝROBU BALIACEJ TECHNIKY **174**
PETER IVAN, ŠTEFAN GALLA, JOZEF NEMEC

POŽIAR VO FIRME NA VÝROBU AUTOKÁBLOVANIA **179**
PETER IVAN, ŠTEFAN GALLA, JOZEF NEMEC

TAKTIKA A BEZPEČNOSŤ PRI POUŽÍVANÍ HYDRAULICKEJ VYSLOBODZOVACEJ TECHNIKY **181**
MILAN MARCINEK

ŠPECIÁLNE TECHNOLÓGIE ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU V RUSKEJ FEDERÁCII **185**
ROMAN MICHALOVIČ

MERATEĽNOSŤ EFEKTIVITY SYSTÉMU KRÍZOVÉHO MANAŽMENTU **188**
ROMAN MICHALOVIČ

ROZBOR VPLYVU RÔZNYCH ČINITEĽOV NA VEĽKOSŤ POŽIARNYCH ÚSEKOV VO VÝROBNÝCH STAVBÁCH **191**
PATRIK MITRENGA

ZÁSAHOVÁ ČINNOSŤ PRI DOPRAVNÝCH NEHODÁCH AUTOMOBILOV S NOVÝMI DRUHMI POHONOV **195**
MIKULÁŠ MONOŠI

SUBJECTIVE ASSESSMENT OF WORK SAFETY OF FIRE-FIGHTERS IN RESCUE – EXTINGUISHING ACTIONS **199**
MAREK RYBAKOWSKI, ANDRZEJ KOCHAŃSKI, GRZEGORZ DUDARSKI

PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ ZMIEN STAVIEB **203**
MARIAN SUJA

VÝBUŠNOSŤ HORĽAVÝCH PRACHOV **209**
MIROSLAVA VANDLÍČKOVÁ

MODELOVANIE POŽIARU POMOCOU PROGRAMOV PRE POŽIARNY NÁVRH **213**
ĽUBICA VRÁBLOVÁ, JANA MÜLLEROVÁ

POŽIARNA OCHRANA MAĎARSKA – POŽIARNA OCHRANA POHRANIČNÝCH OBLASTÍ **216**
ZSOLT NOSKÓ, LÁSZLÓ KOMJÁTHY

Vedecké príspevky

Scientific papers

RETARDAČNÁ ÚPRAVA KONOPNÝCH TEPELNÝCH IZOLÁCIÍ

ADELAIDA FANFAROVÁ[1], *ANTON OSVALD*[2]

Abstract — *The main aim of this paper is to inform the general public about the possibilities of modifications of thermal insulations based on natural materials by fire retardants. The first chapter contains elementary information about fire retardants, principles of their operation, possibilities of application and application areas. The second chapter includes information about thermal insulations made of hemp, their characteristics and advantages in practical usage. The third chapter presents an experiment in which the authors tested the test samples of thermal insulation made of hemp by means of experimental scientific method of test for limited flame spread in the test bench under laboratory conditions. The results of the experiment, expressed in the fourth chapter, represent fire-technical characteristics that describe the behaviour of thermal insulating materials during the initiation and development of the process of combustion. Based on the measured data is the importance placed on the effectiveness of the fire retardants modifications and to make the necessary adjustments.*

Keywords — *fire retardants; combustion, hemp; ohňostop; thermal insulation*

Abstrakt — *Cieľom príspevku je informovať širokú verejnosť o možnostiach úpravy tepelných izolácií na báze prírodného materiálu prostredníctvom retardérov horenia. Prvá kapitola obsahuje základné informácie o retardéroch horenia, princípoch ich fungovania, možnostiach aplikácie a oblastiach použitia. Druhá kapitola zahŕňa informácie o tepelných izoláciách z konope siatej, ich vlastnostiach a výhodách použitia v praxi. Tretia kapitola prezentuje experiment, v ktorom autori príspevku testovali skúšobné vzorky konopnej izolácie prostredníctvom vedeckej metódy testu ohraničeným šírením plameňa v skúšobnom zariadení v laboratórnych podmienkach. Výsledky experimentu, vyjadrené v štvrtej kapitole, predstavujú požiarno-technické charakteristiky, ktoré vystihujú správanie sa tepelno-izolačných materiálov pri vzniku a priebehu procesu horenia. Na základe nameraných údajov je význam kladený na efektivitu retardérov horenia a protipožiarnu účinnosť nevyhnutných retardačných úprav.*

Kľúčové slová — *retardéry horenia ;horenie, konope; ohňostop, tepelná izolácia;*

ÚVOD

Význam protipožiarnej ochrany obyvateľstva pred nežiaducim horením vyplýva zo štatistických údajov požiarovosti vedenej Prezídiom Hasičského a záchranného zboru. V roku 2012 vzniklo na území Slovenskej republiky 14 413 požiarov, v porovnaní s predchádzajúcim rokom je to nárast o viac ako 5 %. V dôsledku týchto požiarov zomrelo 44 osôb, 232 osôb bolo zranených a priama materiálna škoda bola vyčíslená na 41 394 490 €. Príslušníci Hasičského a záchranného zboru vykonali spolu 56 952 výjazdov, z toho výjazdy k požiarom predstavovali 44,29 % [1]. Každý jeden požiar prispel svojim podielom k hľadaniu a zdokonaľovaniu nových efektívnych protipožiarnych úprav tak, aby sa zabránilo vzniku požiaru, jeho rozvoju a následne škodám na ľudských životoch, majetku a prírode. V oblasti protipožiarnej vedy predstavuje nehorľavá úprava horľavých materiálov zložitý a náročný cieľ. Jedna z rozsiahleho spektra možností protipožiarnych opatrení pred nežiaducim horením je správna aplikácia retardérov horenia.

1. RETARDÉRY HORENIA

Retardéry horenia - chemické impregnačné látky, ktoré svojim chemickým, fyzikálnym alebo kombinovaným spôsobom zabraňujú zapáleniu, spomaľujú proces horenia a eliminujú vznik požiaru. Podstata retardácie predstavuje naviazanie retardačnej skupiny na povrch a štruktúru horľavého materiálu, čím dokáže znemožniť prístup oxidačného činidla, nevyhnutného pre rozvoj horenia. Retardéry horenia tiež dokážu zlepšiť požiarno-technické charakteristiky impregnovaného materiálu, jeho požiarnu odolnosť a chránia materiály pred priamym kontaktom plameňa, samovoľným horením, bezplamenným horením (tlením) a pred zvýšenými teplotami [2].

[1] Adelaida Fanfarová, Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, adelaida.fanfarova@fsi.uniza.sk, +421415136754 Autor 1

[2] Anton Osvald, prof. Ing. CSc., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, anton.osvald@fsi.uniza.sk, +421415136750 Autor 2

Retardéry horenia môžeme rozdeliť podľa princípu retardácie nasledovne [3]:

- uvoľňujú nehorľavé plyny v takom tepelnom rozsahu, kedy sa počas procesu horenia zároveň tvoria aj horľavé plyny, tak dochádza k riedeniu horľavých plynov, znižuje sa ich koncentrácia a sťažuje sa ich zapálenie,
- kumulujú teplo z tepelného zdroja, tak dochádza k ochladzovaniu zdroja tepla,
- vytvárajú na povrchu impregnovaného materiálu niekoľkocentimetrovú ochrannú vrstvu (penu), ktorá oddiali horľavý materiál od zdroja tepla, a zároveň svojou chemickou podstatou výrazne spomalí proces horenia,
- ochraňujú na mechanickom princípe (napr. rôzne obklady a fólie z nehorľavých materiálov).

Rozdelenie retardérov horenia podľa spôsobu aplikácie nasledovne:

- aplikácia náterom (stavebné konštrukcie, kovy),
- aplikácia máčaním (tepelné izolácie, plasty),
- aplikácia impregnáciou (drevo).

Správny výber a voľba retardéru horenia, jeho aplikácia a odborné ohodnotenie podmienok prostredia, ktoré budú pôsobiť na horľavý materiál ktorý chceme chrániť, predstavuje v technickej praxi funkčný a kvalitný systém retardácie. Retardéry horenia je možné aplikovať na rozličné materiály, napr. drevo, nábytok, plasty, kovy, textil, hračky, prestupy káblov, na stavebné a konštrukčné prvky, obklady stien a stropov, podlahové krytiny, či tepelné izolácie.

2. TEPELNÉ IZOLÁCIE

V súčasnej praxi sa najčastejšie z ekologického hľadiska využíva tepelná konopná izolácia rastlinného charakteru. Existujú 2 základné druhy - konope indické s obsahom omamných látok a konope siate (bez obsahu omamných látok) využiteľné v mnohých priemyselných odvetviach. Ako stavebná izolácia je konope prírodná alternatíva tepelnej a zvukovej izolácie.

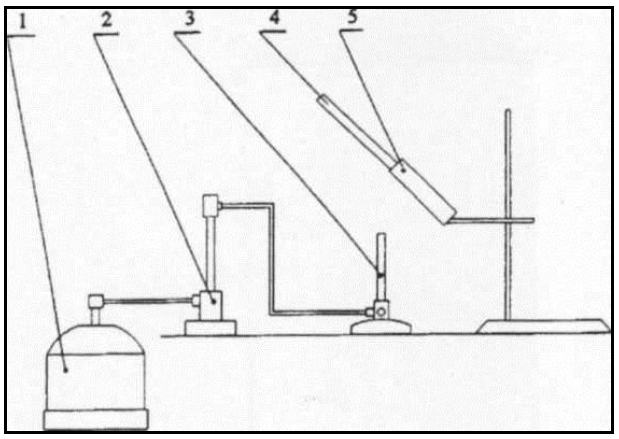
Konope má v Európe už tisícročnú tradíciu. Konopné izolácie majú dobré tepelno-zvukové vlastnosti, vďaka húževnatosti konopného vlákna sú dostatočne pružné a po krátkodobom stlačení sa dokážu vrátiť do pôvodného tvaru. Zároveň si dlhodobo udržiavajú svoj tvar, takže nedochádza k sadaniu materiálu a nevznikajú nežiaduce dutiny v miestach, kde mala byť izolácia zachovaná. Konopná izolácia sa vyznačuje charakteristickými vlastnosťami ako napr. odolnosť voči vlhkosti, schopnosť rýchlo schnúť, súčiniteľ tepelnej vodivosti je rovnaký ako pri minerálnej vate, vďaka obsahu vlastných horkých látok odolnosť voči škodcom. Ďalšou výhodou je krátke vegetačné obdobie (zber až 2krát ročne) a z produkčného hľadiska rýchla obnova (za 3 mesiace nárast až o 3 m). Vďaka spomenutým jedinečným vlastnostiam a parametrom konopné izolácie dosahujú kvalitatívne vyššiu úroveň ako napr. polystyrén, minerálna, či sklená vata [4].

V neposlednom rade treba zdôrazniť, že konope je ekologické, zdravotne neškodné, znovu použiteľné, kompostovateľné a dokonca obsahuje všetkých 20 známych aminokyselín (vrátane 9 esenciálnych), ktoré si ľudské telo nevie syntetizovať.

3. EXPERIMENT

V experimente sme testovali skúšobné vzorky tepelných konopných izolácií s retardačnou povrchovou úpravou skúšobnou metódou testom ohraničeným šírením plameňa v skúšobnom zariadení v laboratórnych podmienkach. Pre porovnanie výsledkov účinnosti retardéru boli testované aj neupravené skúšobné vzorky. Experimentálne sme hodnotili vybraný retardér horenia - Ohňostop špeciál, ochranný prostriedok proti ohňu a požiaru, ktorý je určený k zníženiu horľavosti a k zvýšeniu požiarnej odolnosti stavebných konštrukčných prvkov v interiéri. Vďaka svojmu zloženiu zaisťuje triedu reakcie na oheň podľa normy EN 13501-1 + A1:2010 : B-s1, d0. Ohňostop špeciál je bezfarebný vodný roztok anorganických solí, je 100% ekologický, v prírode plne degradovateľný, ekologicky aj zdravotne nezávadný [5].

Skúšobné zariadenie pre experiment pozostáva: z držiaka skúšobnej vzorky, plynového horáka, prietokomeru a plynovej bomby s technickým propán-bután (obr. 1).



Obr. 1 : Schéma skúšobného zariadenia :
1-plynová bomba, 2-prietokomer, 3-plynový horák,
4-skúšobná vzorka, 5-držiak skúšobnej vzorky

Skúšobné vzorky pozostávali zo súboru vzoriek z materiálu konopnej tepelnej izolácie s rozmermi 200 x 100 x 40 mm (± 1 mm). Na jeden súbor skúšobných vzoriek v počte 6 ks bol máčaním aplikovaný retardér horenia Ohňostop špeciál. Na druhý súbor skúšobných vzoriek, rovnako v počte 6 ks, bol rovnako máčaním aplikovaný retardér horenia Ohňostop špeciál (s pridaním ďalšej účinnej chemikálie). Tretí súbor skúšobných vzoriek nebol impregnovaný ani žiadnym spôsobom upravovaný.

Každá skúšobná vzorka sa umiestnila do držiaka skúšobného zariadenia pod uhlom 45° a bola vystavená účinkom plameňa v čase 5 minút. Pri každom jednotlivom meraní bola presne definovaná vzdialenosť stredu skúšobnej vzorky od ústia horáka a výška plameňa. Rovnako bol pri každom testovaní dodržaný jednotný skúšobný postup.

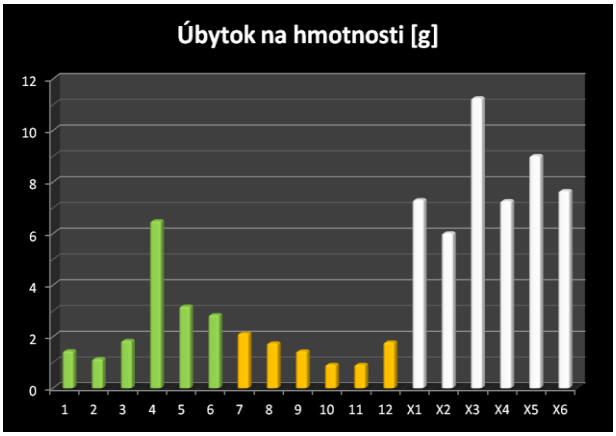
Skúšobný postup pozostával z namiešania roztokov retardéru horenia Ohňostop špeciál podľa chemického zloženia výrobku a podľa pokynov výrobcu. Vzorky konope sa retardovali aplikáciou máčaním v čase 5 minút, na 2 vzorky pripadal objem roztoku 350 ml. A následne sa vzorky vážili až do úplného uschnutia, čo predstavovalo vyparenie naviazanej vody. Všetky vzorky boli vedeckou metódou testované a hodnotené charakteristickými časmi procesu horenia: čas zapálenia, čas samovoľného horenia a čas tlenia. Všetky charakteristické časy procesu horenia boli merané v sekundách. Ďalšie hodnotiace kritérium predstavoval úbytok na hmotnosti skúšobných vzoriek.

4. VÝSLEDKY EXPERIMENTU

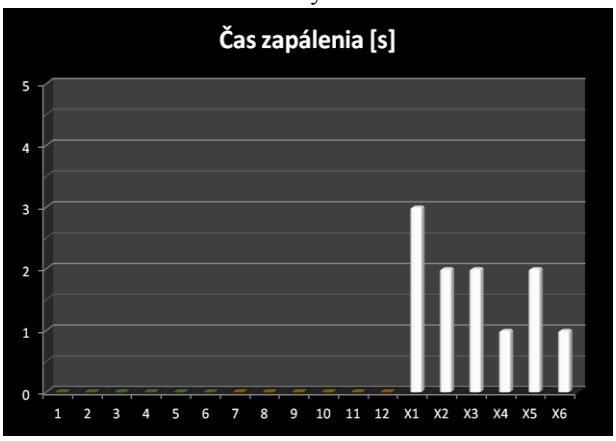
Výsledky experimentu v podobe nameraných hodnôt uvádzame v tabuľke (tab. 1), kde sú v jednotlivých stĺpcoch uvedené údaje pre každé hodnotiace kritérium pri každej skúšobnej vzorke. Namerané údaje sú spracované aj individuálne a vizuálne pre lepšiu prehľadnosť na grafoch (obr. 2-5).

Tab. 1.: Výsledky experimentu Ohňostop špeciál

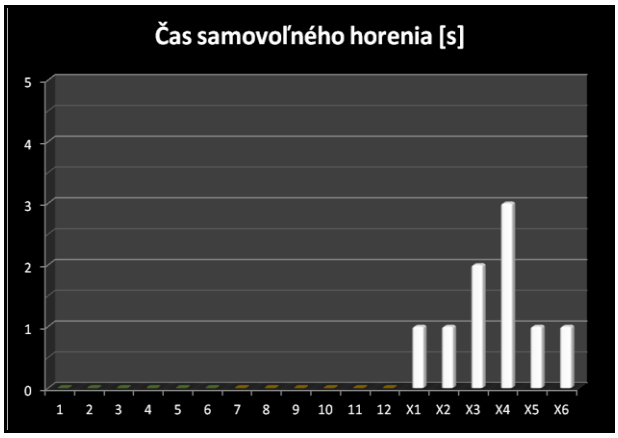
Číslo vzorky	Úbytok na hmotnosti [g]	Čas zapálenia [s]	Čas samovoľného horenia [s]	Čas tlenia [s]
1	1,45	0	0	0
2	1,14	0	0	0
3	1,85	0	0	0
4	6,49	0	0	1
5	3,18	0	0	1
6	2,85	0	0	0
7	2,13	0	0	0
8	1,75	0	0	0
9	1,44	0	0	0
10	0,92	0	0	0
11	0,92	0	0	0
12	1,79	0	0	0
X1	7,31	3	1	781
X2	6,02	2	1	762
X3	11,26	2	2	1174
X4	7,27	1	3	867
X5	9,02	2	1	918
X6	7,66	1	1	833



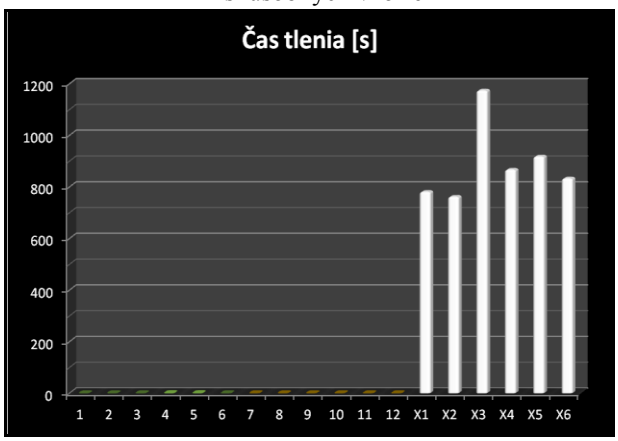
Obr. 2 : Graf hodnôt úbytku na hmotnosti skúšobných vzoriek



Obr. 3 : Graf hodnôt času zapálenia skúšobných vzoriek



Obr. 4 : Graf hodnôt času samovoľného horenia skúšobných vzoriek



Obr. 5 : Graf hodnôt času tlenia skúšobných vzoriek

ZÁVER

Získané výsledky z vykonaného experimentu dokazujú význam a dôležitosť nehorľavej úpravy tepelno-izolačných materiálov prostredníctvom retardérov horenia - konkrétne Ohňostopom špeciál, ktorý dokázal po dobu 5 minút zabrániť zapáleniu, samovoľnému horeniu a následne po expozícii plameňa aj obmedziť tlenie skúšobných vzoriek (obr. 6).

POĎAKOVANIE

Autori príspevku ďakujú za aktívnu spoluprácu pánovi Arpádovi Krauszovi, konateľovi spoločnosti BAKRA s.r.o., ktorá je výrobcom a distribútorom retardéru Ohňostop špeciál.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Prezídium hasičského a záchranného zboru, Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Štatistická ročenka 2012. [online]. 2013. [cit. 2013-09-13]. Dostupné na internete: <http://www.minv.sk/swift_data/source/hasici_a_zachranari/farkasova_foto/rok_2013/uputavky_2013/Statisticka%20rocenka%202012%20HaZZ.pdf>

[2] DRYSDALE, D. An Introduction to Fire Dynamics. England : University of Edinburgh, West Sussex, John Wiley & Sons Ltd, second edition, 1999. ISBN 0 471 97290 8

[3] 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

[4] Spoločnosť E-domy, ekologické bývanie, prirodzená harmónia. [online]. 2010 [cit. 2013-09-13]. Dostupné na internete: < http://www.edomy.sk/produkty/konopne-izolacie/>

[5] BAKRA, s.r.o. Informácie o produkte Ohňostop špeciál. [online]. 2013 [cit. 2013-09-13]. Dostupné na internete: <http://www.ohnostop.com/ohnostop-special.html>



Obr. 6 : Fotky z experimentu - neupravená vzorka, vzorka upravená Ohňostopom špeciál a vzorka upravená Ohňostopom špeciál s prídavkom (zľava doprava)

POČÍTAČOVÉ MODELOVANIE VPLYVU VODNÝCH STABILNÝCH HASIACICH ZARIADENÍ NA PRIEBEH TEPELNÉHO TOKU A VEĽKOSŤ POŽIARNE NEBEZPEČNÉHO PRIESTORU

MICHAELA JURÍČKOVÁ [1]

Abstract *— Fire simulation model in a fire dynamic simulation program Pyrosim has been show than the temperature near fire after start water sprinkler system is very low. Fire dangerous area in the term of radiation heat flow is arises.*

Keywords *— fire 1; fire protection 2; sprinkler 3; separation distance 4; fire zone 5*

Abstrakt *— Simulačným modelom v počítačovom dynamickom programe Pyrosim bolo preukázané, že teplota fluida v okolí ohniska požiaru po aktivácii vodného stabilného hasiaceho zariadenie nepresahuje zápalnú teplotu vzplanutia materiálov. Požiarne nebezpečný priestor z hľadiska sálania tepelného toku za požiarne otvorenou plochou nevzniká.*

Kľúčové slová *— požiar 1; protipožiarna ochrana 2; sprinkler 3; odstupová vzdialenosť 4; požiarny úsek 5*

ÚVOD

V dobe výstavby zložitých komplexov budov patrí dynamické simulovanie vnútorného prostredia týchto budov k neoddeliteľným súčastiam ich správneho návrhu. V oblasti protipožiarnej ochrany je tvorba dynamických simulačných modelov najčastejším a najlacnejším spôsobom, ako reálne simulovať nielen predpokladaný priebeh požiaru v budove, ale aj samotnú činnosť aktívnych a pasívnych požiarno-technických zariadení pri požiari.

1. AKTÍVNA PROTIPOŽIARNA OCHRANA

1.1 Voda ako hasiaca látka

Voda patrí k najrozšírenejších hasiacim látkam. Vďaka svojim výborným vlastnostiam ako je ochladzovacia schopnosť, dusivý efekt či efekt zriedenia sa s obľubou používa, ako základné hasiace médium, aj v aktívnej protipožiarnej ochrane, ako hasiaca látka do vodných stabilných hasiacich zariadení.

Teplo, ktoré odoberie 1l vody so započítaným koeficientom účinnosti 50% sa matematicky dá vyjadriť ako [1]:

$$Q_{VODA} = [l_v + l_t] \cdot \qquad \text{(W)} \qquad (1)$$

l_v=2,257 MJ/kg teplo odobraté na premenu 1kg vody na vodnú paru

l_t=0,3324 MJ/kg teplo potrebné na roztopenie 1kg ľadu na vodu

Potreba vody pre aktívnu vodnú clonu, ktorá bráni šíreniu požiaru mimo požiarny úsek sa stanoví ako [1]:

$$q_x = \frac{Q_{cl}}{Q_V} \qquad \text{(l/s)} \qquad (2)$$

1.2 Účinnosť vodného stabilného hasiaceho zariadenia

Priemerná úspešnosť vodných stabilných hasiacich zariadení pri lokalizácii a hasení požiaru v jeho počiatočnej fáze je viac ako 90%. Jeho úspešnosť je závislá nielen od typu prevádzky ale aj od samotnej geometrie priestoru, v ktorom je vodné stabilné hasiace zariadenie umiestnené.

Vodné stabilné hasiace zariadenia sa navrhujú v priestoroch so zvýšeným rizikom požiaru a všade tam, kde je potrebné lokalizovať požiar už v jeho počiatočnej fáze. Prioritne sa vodné stabilné hasiace zariadenia navrhujú a inštalujú na lokalizáciu požiaru. Ich sekundárnou funkciou je, že v niektorých prípadoch sú schopné požiar v jeho počiatočnej fáze aj uhasiť.



[1] Michaela Juríčková Ing., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná Fakulta- Katedra konštrukcií pozemných stavieb, email: michaela.jurickova@stuba.sk

Obr. 1: Ukážka možných, v súčasnosti používaných typov, sprinklerových hlavíc [2]

2. DYNAMICKÉ SIMULÁCIE

V súčasnosti viac ako kedykoľvek predtým, je veľkým trendom posudzovať požiarne úseky pomocou simulačných programov. Tieto programy dokážu s vysokou presnosťou simulovať nielen priebeh požiaru v otvorenom alebo uzavretom priestore, ale aj účinnosť stabilných hasiacich zariadení, zariadení na odvod splodín horenia a tepla, tvorbu dymu a jeho rozptýlenie v požiarnom úseku, ako aj funkčnosť evakuačných výťahov a pod.

Dynamické simulačné modelovanie pomocou počítačových programov predstavuje súčasne najlacnejší a najefektívnejší spôsob, ako reálne sledovať predpokladaný priebeh požiaru v posudzovanom objekte ako aj jeho vplyv na nosné prvky budovy, či vzájomnú súčinnosť požiarno-technických zariadení.

Najčastejšie využívaným dynamickým simulačným programom je FDS prípadne PYROSIM.

2.1 Modelovanie priebehu požiaru v časti obchodného centra

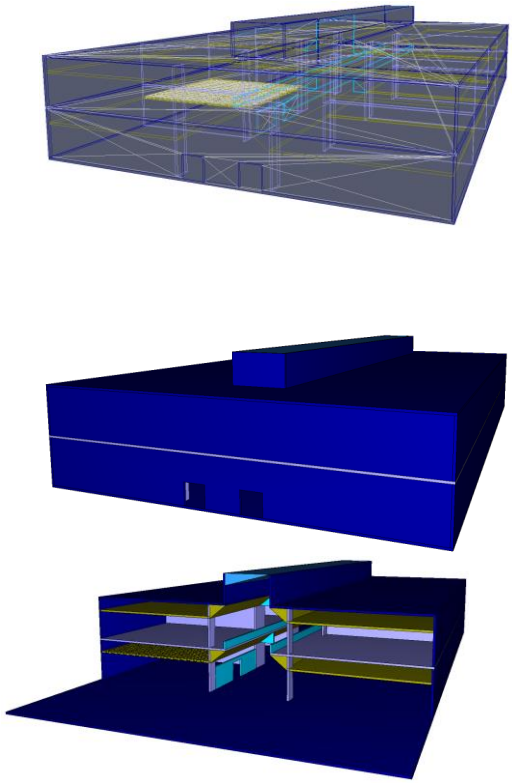
Pre preukázanie priebehu toku fluida ako aj teplôt v požiarnom úseku zasiahnutom požiarom bol vyhotovený počítačový dynamický model časti obchodné centra. Rozmery modelu sú definované v násobkoch výpočtovej siete 0,25m.

Predmetom dynamického modelovania bolo:

- stanovenie priebehu teplôt v okolí ohniska požiaru pre aktiváciou vodného stabilného hasiaceho zariadenia a po je aktivácií;
- stanovenie vplyvu ostatných aktívnych požiarno technických zariadení (ZODT, EPS a pod) na priebeh požiaru a včasnú detekciu požiaru;
- sledovanie viditeľnosti v posudzovanom požiarnom úseku počas požiaru;
- sledovanie koncentrácie toxických, život ohrozujúcich plynov v požiarnom úseku ako aj mimo požiarny úsek.

Cieľom dynamického modelovania bolo:

- sledovať vplyv aktívnych požiarno-technických zariadení na priebeh požiaru;
- vzájomná interakcia medzi požiarno technickými zariadeniami ako aj ich vzájomné ovplyvňovanie a vplyv na bezproblémovú činnosť v čase;
- optimalizovanie času spustenia požiarneho vetrania v koordinácií s ostatnými požiarno-technickými zariadeniami;
- sledovanie priebehu teplôt v stanovených vzdialenostiach od ohniska požiaru pred aktiváciou vodných stabilných hasiacich zariadení a po aktivácii.



Obrázok 2 3D model simulovaného obchodného centra [2]

V presne definovaných vzdialenostiach od zadefinovaného ohniska požiaru sa sledovali vybrané parametre ako viditeľnosť, koncentrácia CO, CO_2, O_2, teplota splodín horenia či výška nezadymenej vrstvy v mieste meraného bodu.

2.2 Geometria modelu

Geometria modelu vychádzala hlavne z typologických požiadaviek na obchodné a prevádzkové priestory nákupného centra. Rozmery pre simulovaný model vychádza z reálnej projektovej dokumentácie a aplikované boli v mierke 1:1 v násobku výpočtovej siete po 0,25m. Pôdorysy simulovaného priestoru viď. obrázok 3 a obrázok 4.

2.3 Okrajové podmienky [3]

- Preddefinované sprinklerové hlavice SHZ 68 - Spúšťacia teplota, T = 68° C
- Preddefinované sprinklerové hlavice SHZ 93 Spúšťacia teplota, T = 93° C, osadené v hornej časti átria pod svetlíkom
- Preddefinované tepelné EPS hlásiče HD Aktivačná teplota , T = 74° C

- Preddefinované ionizačné EPS hlásiče SDc Spustenie po prekročení limitných hodnôt preddefinovaných v programe
- ZOTSH, Ventilátor Colt Liberator 22000 Odsávanie 22000 $m^3.h^{-1}$, Nábeh s oneskorením 60 s po aktivácii automatického EPS hlásiča, plný výkon po 60 s od spustenia ZOTSH,
- Ventilátor Systemair RVS 50000 Odsávanie 50000 $m^3.h^{-1}$, Nábeh s oneskorením 60 s po aktivácii automatického EPS hlásiča,

2.4 Scenár požiaru v simulovanom priestore

1. V miestnosti predajne vznikne požiar, pričom splodiny horenia sa budú šíriť cez vstupné dvere do predajne o rozmeroch 2,5 x 2,5 m a cez vetraciu mriežku nad celou predajňou o rozmeroch 12,0 x 0,75 m. Prívod vzduchu do átria nie je – prívodné otvory sú zatvorené [3].

2. Pri dosiahnutí kritickej teploty 68 °C sa porušia sprinklerové hlavice SHZ a požiar sa začne lokalizovať [2].

3. Spustenie zariadenia ZOTSH sa neuvažuje [2].

2.5 Scenár požiaru v simulovanom priestore

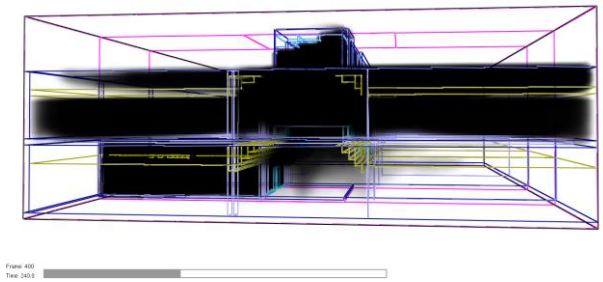
Počas požiaru dochádza k hustému zadymeniu predajne a nárastu teplôt. V čase 94s dochádza k otvoreniu prvej sprinklerovej hlavice a požiar sa začne lokalizovať. Postupne dochádza k otvoreniu aj ďalších sprinklerových hlavíc.

Dochádza k nárastu hraničných hodnôt koncentrácie plynov v priestore, kde požiar vznikol. Dym sa ďalej začína šíriť do átria – hlavná komunikácia pre unikajúce osoby. Prenikajúci dym do átria spôsobí nepoužiteľnosť tejto únikovej cesty.

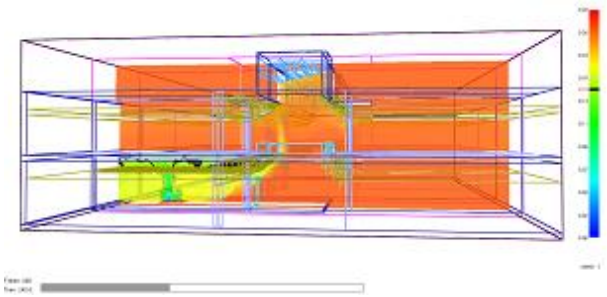
Podrobné výsledky simulácie sú zobrazené nižšie v tabuľke [3].

Referenčné body 1-5 boli umiestnené vo vzdialenostiach 5,0 m od seba viď. obrázok 2. Referenčné body 6-7 boli umiestnené na 2.NP v pasáži galérie viď. obrázok 3.

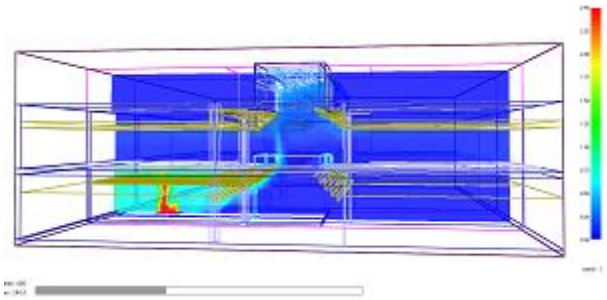
2.6 Grafické vyhodnotenie simulácie v 240s priebehu požiaru



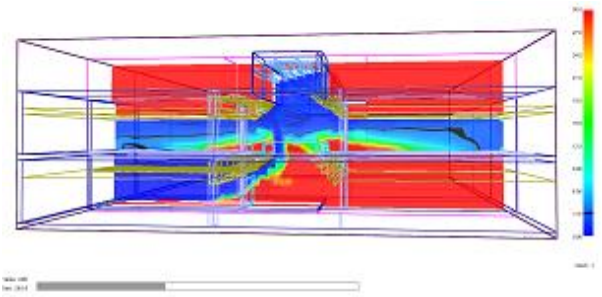
Obr. 3: Zadymenie priestoru pasáže obchodného centra v čase 240s [3]



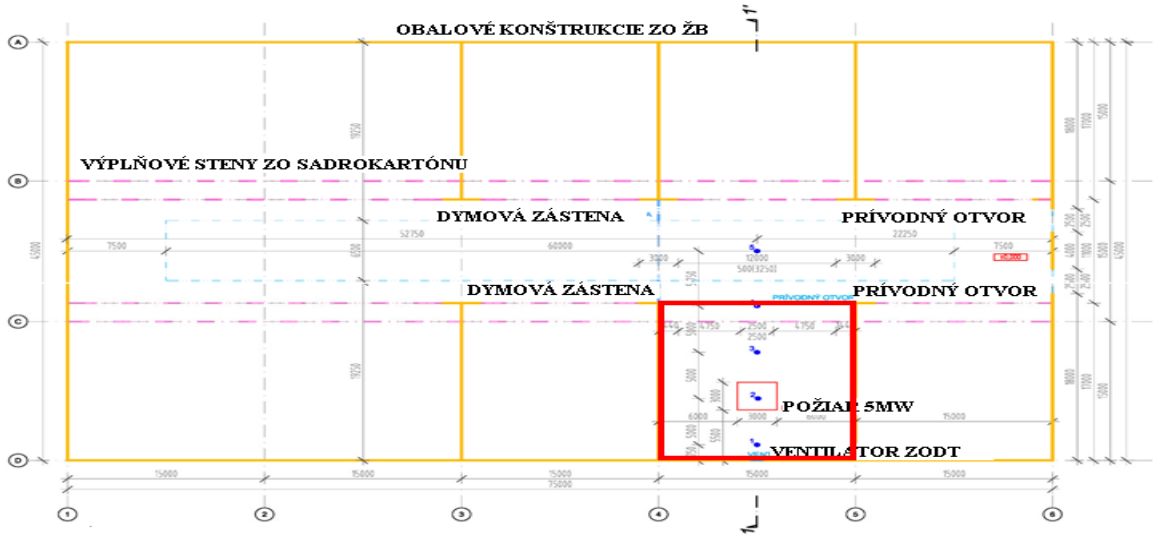
Obr. 4: Koncentrácia O_2 v čase 240s [3]



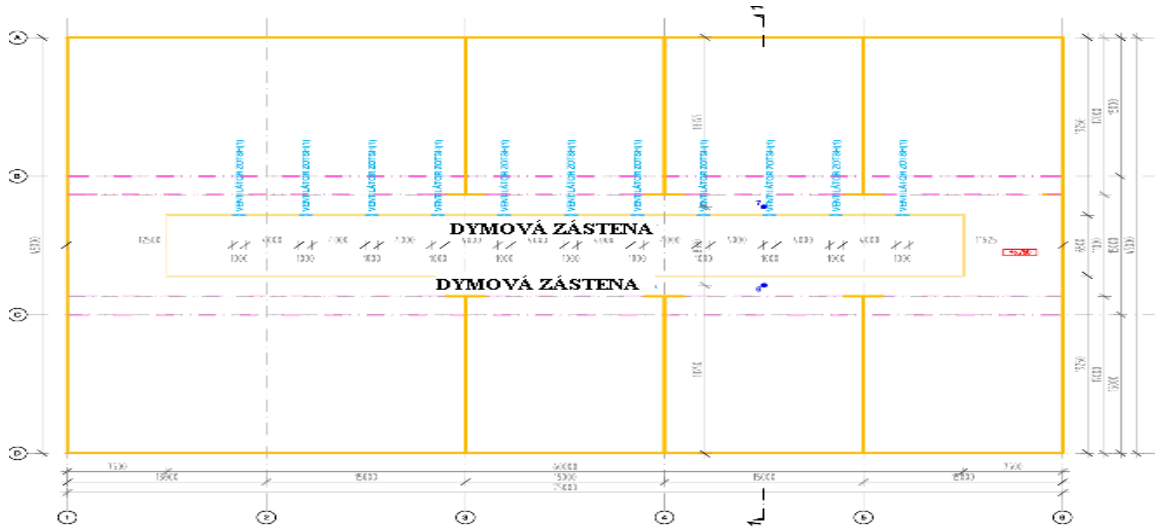
Obr. 5: Koncentrácia CO v čase 240s [3]



Obr. 6: Viditeľnosť v čase 240s [3]



Obr. 7: Pôdorys 1.NP modelu obchodného centra [3]



Obr. 8: Pôdorys 2.NP modelu obchodného centra [3]

2.7 Vyhodnotenie simulácie

Tab.: 1 Vyhodnotenie simulácie – 240s [3]

Prívodné otvory zatvorené, bez ZOTSH										
Hraničná hodnota sledovanej veličiny			Prekročenie hraničnej hodnoty v čase (s)	Hodnoty v čase t_{max1}=240s						
				1	2	3	4	5	6	7
layh	≥3	[m]	57	3,741	0,912	2,055	2,068	5,000	2,538	1,900
CO_2	≤0,05	[mol/mol]	-	0,0147	0,0285	0,0103	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002
CO	<0,0016	[mol/mol]	523	0,0007	0,0013	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
O_2	≥0,15	[mol/mol]	122	0,1629	0,1449	0,1767	0,2082	0,2074	0,2067	0,2071
tmp	≤149	[° C]	-	48,146	255,07	45,28	20,15	20,28	21,51	21,34
vis	≥3	[m]	108	0,235	0,207	0,330	30,000	30,000	9,937	3,175
vis=viditeľnosť tmp=teplota layh= výška nezadymenej vrstvy prekročenie hraničnej hodnoty v čase sa nezohľadňuje nad miestom požiaru – bod č.2										

Tab. 2: Vyhodnotenie simulácie – 330s [3]

Prívodné otvory zatvorené, bez ZOTSH										
Hraničná hodnota sledovanej veličiny			Prekročenie hraničnej hodnoty v čase (s)	Hodnoty v čase t_{max1}=240s						
				1	2	3	4	5	6	7
layh	≥3	[m]	57	3,500	0,859	2,898	2,817	5,000	2,593	2,373
CO_2	≤0,05	[mol/mol]	-	0,0229	0,0244	0,0197	0,0111	0,0001	0,0015	0,0014
CO	<0,0016	[mol/mol]	523	0,0011	0,0010	0,0009	0,0005	0,0000	0,0001	0,0001
O_2	≥0,15	[mol/mol]	122	0,1460	0,1497	0,1560	0,1784	0,2072	0,2042	0,2042
tmp	≤149	[° C]	-	49,49	223,30	39,64	28,93	20,47	24,67	24,62
2vis	≥3	[m]	108	0,158	0,189	0,178	0,298	30,00	2,106	2,264
vis=viditeľnosť tmp=teplota layh= výška nezadymenej vrstvy prekročenie hraničnej hodnoty v čase sa nezohľadňuje nad miestom požiaru – bod č.2										

ZÁVER

Posúdením vybraného priestoru obchodnej prevádzky v nákupnom stredisku a simuláciou predpokladaného priebehu požiaru bolo preukázaných viacero skutočností.

Teplota prostredia v okolí ohniska po aktivácií vodného stabilného hasiaceho zariadenia významne klesá a už v čase 146s po spustení prvej hlavice je teplota 5,0m od ohniska požiaru v rozpätí 45-48 °C, čo nepredstavuje zápalnú teplotu použitých materiálov v daných prevádzkach.

Koncentrácia nebezpečných plynov v átriu v čase 240s a 330s nepredstavuje pre evakuované osoby zvýšené riziko.

Výška nezadymenej vrstvy átria v čase 240s a 330s nie je postačujúca pre bezpečnú evakuáciu osôb touto nechránenou únikovou cestou a tento spôsob evakuácie je možné vyhodnotiť ako nevhodný

Viditeľnosť na nechránenej únikovej ceste sa s priebehom požiaru v čase zhoršuje. Zatiaľ, čo v čase 240s je možné viditeľnosť v átriu vyhodnotiť ako postačujúcu už v čase 330s je úniková cesta z hľadiska viditeľnosti nepoužiteľná.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Dostupné na internete [online] 2013, prevzaté 22.08.2013, 13:10, : http://www.timko.cz/prodej/

[2] Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky. Kompetencie a postup pri posudzovaní projektových dokumentácií automatických požiarnotechnických zariadení (vodných clôn) – usmernenie. [online]. 2010. 8s. [cit. 28.12.2012, 13:41]. Dostupné na internete:

[3] <http://www.minv.sk/swift_data/source/hasici_a_zachranari/malatinec/usmernenia/vodne%20clony.pdf>

[4] Kašuba Milan, Dizertačná práca - Modelovanie požiarneho vetrania v obchodných pasážach nákupných centier pomocou počítačovej simulácie, 2013, 99-110s , Evidenčné číslo: SvF-13421-24213

UMELÁ INTELIGENCIA V SLUŽBÁCH HASIČOV

DR. LÁSZLÓ KOMJÁTHY[1], *ZSOLT NOSKÓ*[2],

Abstract *— In order to guarantee the safety of life and possessions of the Hungarian population, in 2013-2014 disaster management is planning to improve the distribution of fire departments and to ensure the fire protection of communities by establishing Disaster Management Posts and Professional Fire Brigade Headquarters. The aims of the development are the elimination of the so-called white spots, which are the communities that can be reached in over 30 minutes and the reduction of the travel time by alerting a fire station closer to the spot. Communities were selected where the establishment of fire stations in the vicinity is required. The selection was based on the travel time needed to cover the distance between the fire station and communities to be protected calculating with an average speed of 60km/h. Obviously, the development plan is more detailed and complicated than this, since rearrangements or category changes have been conducted in the case of adjacent fire brigade HQs, but for the time being, they can be left out of consideration.*

Keywords *— decision support, civil protection, fire department, alarm white spot, dislocation, trail ridin, route planning*

Abstrakt *- V záujme ochrany majetku a života obyvateľstva Maďarska plánuje civilná ochrana v roku 2013-2014 upraviť rozmiestnenie hasičských staníc, zriadenie stredísk civilnej ochrany a hasičských veliteľstiev zabezpečujúcich požiarnu ochranu obcí. Cieľom inovácie je vylúčenie takzvaných bielych škvŕn - oblastí s dobou jazdy nad 30 minút a zabezpečiť kratší čas dojazdu z bližšej hasičskej „stanice“[1]. V podstate teda ide o určenie času dojazdu pri zohľadnení priemernej rýchlosti jazdy hasičských jednotiek 60 km/hod od základní hasičských jednotiek ako základné východiskové body k obciam kde je opodstatnené zriadenie ďalšej hasičskej stanice. Samozrejme koncepcia dislokačného rozvoja je zložitejšia a podrobnejšia, nakoľko v prípade niekoľkých hasičských veliteľstiev došlo k zmene v kategorizácii alebo k reorganizácii, ale v danej problematike to môžeme nechať bez povšimnutia.*

Kľúčové slová- *podpora rozhodovania, civilná ochrana, hasičský zbor, poplach biela škvrna, dislokácia, trasa jazdy, plánovanie trasy*

ÚVOD

Nedá sa zovšeobecňovať, no dá sa konštatovať, že v skutočnosti hasičské jednotky v mnohých prípadoch nevykonávajú výjazd k udalostiam z hasičskej stanice, ale napríklad od rozličných denných zamestnaní ako - športové zamestnanie, výcvik, cvičenie alebo IMZ v priemyselných alebo iných objektoch, nehovoriac o výjazde od iných udalostí. Musíme si pritom priznať aj fakt, že výsledok výpočtu doby dojazdu hasičskej techniky podľa priemernej rýchlosti jazdy vozidiel môže mať nereálnu odchýlku vzhľadom ku skutočnosti. Ak totiž hasičská jednotka prejde určitú vzdialenosť po diaľnici, nedá sa to prirovnať a stotožňovať s kľukatou cestou v horskom stúpaní alebo rovnakou trasou prejdenou hasičskou technikou vo veľkomestskej zápche. Ak teda chceme modelovať dosah hasičských jednotiek na obce pod jej pôsobnosťou a ochranou v záujme vylúčenia „bielych škvŕn“, tak musíme miesto pôvodného výpočtu na základe priemernej rýchlosti 60 km/hod použiť reálnejší, ku skutočnosti prispôsobený výpočet.

1. HYPOTÉZA

Použitie informatických metód výpočtu optimálnej trasy – takisto ako v prípade navigačných systémov – dokážu s vysokou presnosťou vypočítať rýchlosť určeného vozidla, a tak aj čas potrebný na prekonanie danej vzdialenosti. Tieto premenné dokážu vykalkulovať z informácií o prostredí a služby TMC (Traffic Mass Controll) – ak je dostupná pre dané územie – vykonaním korekcie na základe skutočných údajov s presnosťou na minúty. Môžeme teda predpokladať, že použitím systému uľahčujúceho rozhodovanie na základe umelej inteligencie sa skôr vypočítané a aplikované biele škvrny podstatne posunú, prípadne sa môže stať, že vznikne nová biela škvrna alebo územie ktoré sa javilo nechránené neexistuje.

[1] Dr. László Komjáthy University docent, National Public Service University, Disaster Prevention Institute, Budapest, Hungária krt. 9-11. Hungary Email. komjathy.laszlo@uni-nke.hu
[2] Zsolt Noskó doctorand, National Public Service University, Budapest, Hungária krt. 9-11. Hungary, Email: zsozsosoft.hu@gmail.com

Vychádzajúc teda z tohto predpokladu preskúmam, či sa dá aplikovať na výpočet a určenie hasičskej jednotky s najkratším časom dojazdu systém uľahčujúci rozhodovanie na základe navigačného softvéru a geoinformatiky.

2. MEDZI DVOMA BODMI...

Faktom je, že táto veta ešte nie je dokončená a v našom prípade môže byť doplnená dvomi spôsobmi: najkratšia vzdialenosť, najkratší čas dojazdu. V prípade určovania zásahových obvodov – ako aj pri vylučovaní bielych škvŕn – je v prvom rade smerodajný čas. Pri určovaní zásahových obvodov dvoch susedných hasičských staníc pomocou výpočtu na základe priemernej rýchlosti jazdy môžeme dostať takisto absurdný výsledok, nakoľko priesečník kriviek lineárnych časov jazdy sa nachádza v polovici, no v skutočnosti to nikdy nebude polcesta vzdialenosti. Predsa môže nastať značná odchýlka v optimálnej trase jazdy dvoch blízkych hasičských jednotiek k jednotlivým udalostiam. Možné tvary k analýze odchýlky som zaradil do troch možných skupín:

1. Prvý prípad – znak skupiny „I“ – keď sa vzniknutá udalosť nachádza na najkratšej ceste medzi dvomi hasičskými stanicami, v tomto prípade musíme skúmať len vzťah umiestnenia udalosti k skutočnému bodu stretu hasičskej techniky na určenie dominancie jednotky.
2. Druhý prípad – znak skupiny „Y“ – je trošku podobný predchádzajúcemu prípadu, sem som zaradil udalosti, ku ktorým jednotky prichádzajú po trase, kde sa v jednom bode stretnú, a potom pokračujú po totožnej ceste. Takto musíme zohľadniť čas jazdy jednotiek k miestu stretu trás aby sme určili dominantnú jednotku, predsa sa dá predpokladať, že zostávajúcu totožnú časť cesty prejdú relatívne za rovnaký čas.
3. Tretí prípad som nazval vychádzajúc z predošlých označení skupín znakom skupiny „V“. Sem som zaradil udalosti, keď hasičské jednotky prichádzajú k miestu udalosti po celkom odlišných trasách, tak bodom ich stretnutia je samotné miesto udalosti. V tomto prípade musíme zohľadniť skutočný čas jázd techniky.

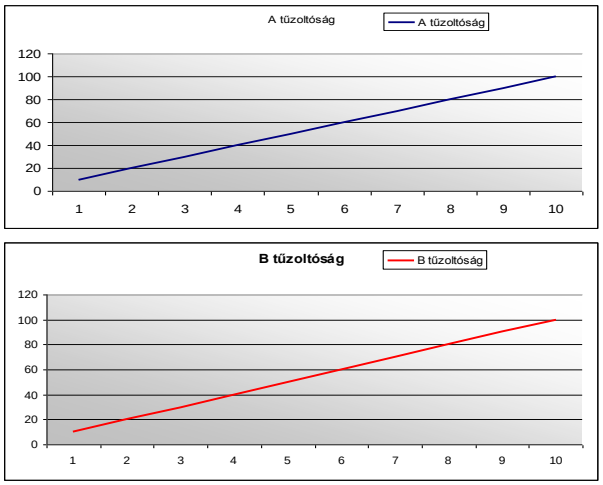
3. GEOINFORMATIKA

Zosilňovanie pozície geoinformatiky je nespochybniteľné, dôvodom je nespočetné množstvo skrytých možností využitia. Programy, ktoré využívajú prvky geoinformatiky sa stali súčasťou nášho každodenného bytia a uľahčujú nám život. Tisíce databáz sa spájajú cez internetové stránky, sociálne siete, a aj naše smartfóny zdieľajú geoinformatické údaje o nás, ak túto službu nezakážeme. Mapy sú s premenlivým obsahom dostupné pre každého z nás. Pomocou služby Google Earth a Google.API sa môže hocikto dostať k ľubovoľným informáciám a môže ich zdieľať s inými osobami odkiaľkoľvek vo „svete“ hoci aj zo svojej izby, kancelárie alebo odkiaľkoľvek pomocou mobilného internetového nástroja[2]. Dnes je už samozrejmosťou, že môžeme sledovať let nášho známeho cez internet, alebo si naplánujeme trasu cesty viac tisíc kilometrov vzdialenej dovolenky do zahraničia vrátane stravovania, tankovania a odpočívadiel. Pomocou týchto služieb môžeme aj my otestovať čas dojazdu najbližšej hasičskej jednotky do nášho bydliska. Samozrejme musíme byť obozretný so správnymi nastaveniami. Nakoľko hasičská technika síce spadá do kategórie nákladných vozidiel, ale za použitia výstražných svetelných a zvukových zariadení (modré majáky a siréna) majú právo vjazdu aj na také komunikácie, na ktoré za normálnych okolností platia obmedzenia pre nákladné vozidlá. Popri tom sa však jednotlivé obmedzenia môžu vzťahovať na nosnosť komunikácie - váhu alebo rozmerovú prekážku – výšku alebo šírku vozidla. Nie je ďalej zanedbateľné, že vozidlá s právom prednostnej jazdy s primeranou obozretnosťou a ohľaduplnosťou môžu v rámci svojich možností prekročiť platnú maximálnu povolenú rýchlosť premávky. Práve preto veľa navigačných programov má možnosť výberu vozidla s právom prednostnej jazdy. V súvislosti s nastaveniami máme možnosť výberu najkratšej, najrýchlejšej trasy, a za pomoci nejakého vopred definovaného algoritmu možnosť určenia optimálnej trasy k zadanému cieľu. V prípade hasičov musíme skúmať možnosti najrýchlejšieho dojazdu k udalosti, čo nemusí znamenať najkratšiu vzdialenosť. Počítajúc s rovnakými nastaveniami sa teda hoci aj manuálne dá rozhodnúť, že ktorá z dvoch alebo viacerých hasičských jednotiek môže byť na mieste udalosti ako prvá v skupine prípadov znaku „V“, respektíve kto môže byť prvý v mieste stretnutia trás pred spoločným úsekom v skupine prípadov znaku „Y“. V tomto prípade je však nevyhnutné aby sme poznali bod (miesto), kde sa trasy spájajú, k tomu sa dá zostaviť jednoduchý algoritmus.

4. VÝBER NAJRÝCHLEJŠIEHO

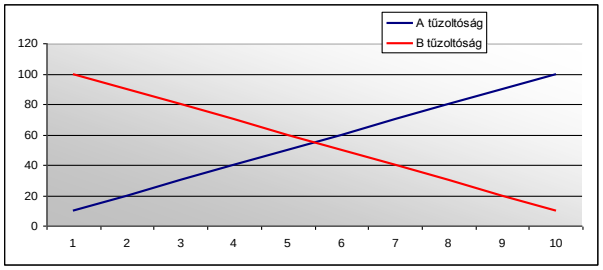
Či sa jedná o hasenie požiaru, alebo likvidáciu škodovej udalosti, ale obzvlášť z hľadiska záchrany života je odôvodnené v prvom rade vyslať jednotku ktorá sa na miesto udalosti vie dostaviť za najkratší čas s potrebnými silami a technikou, ktorá je schopná zasiahnuť podľa povahy udalosti[3]. Rozhodovanie však

nesmie spôsobiť ďalšie časové omeškanie, preto na úrovni dnešnej informatickej vyspelosti je neodmysliteľné použitie vhodného softvéru na splnenie danej úlohy. Prvým krokom k dokázaniu použiteľnosti softvéru uľahčujúceho rozhodovanie je skúmanie dvoch hasičských jednotiek nachádzajúcich sa na vlastnej stanici, kde budeme sledovať ich dojazd na predpokladanú udalosť zo skupiny znaku „I“ , ktorá sa stala na najkratšej ceste medzi danými hasičskými stanicami. Ak si zvolíme za východiskové body hasičské stanice uvedené v príklade v momente poplachu, budeme vedieť jednoducho modelovať detaily výpočtov vedúcich k vyriešeniu. Prekonanú trasu budeme modelovať na osi Y, uplynulý čas na osi X, vzorkovaním 10 jednotiek trasy za jednotku času (V=10/1). Ak sa teda dve vozidlá pohybujú oproti sebe rovnomernou a zhodujúcou rýchlosťou, jednoznačne budú mať lineárne stúpajúci graf. Teda v tomto prípade za predpokladu rovnakých parametrov dvoch oproti pohybujúcich sa hasičských jednotiek budú ich krivky rovnaké.



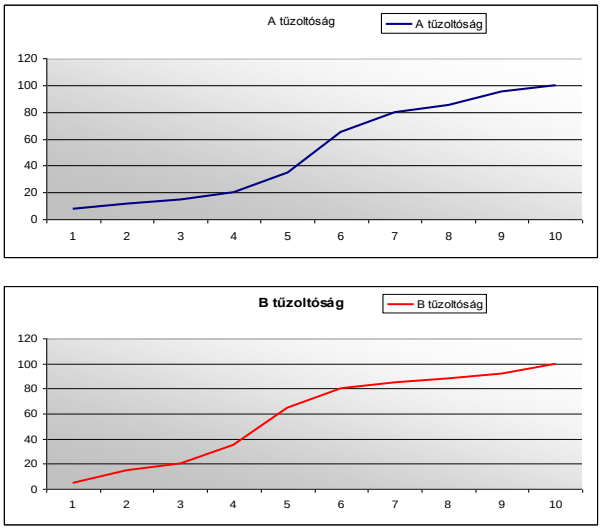
Obr.1: Rovnaké krivky

Ak budeme skúmať dve vozidlá pohybujúce sa k vzájomným východiskovým bodom, priesečník dvoch kriviek otočených oproti sebe, t.j. miesto stretnutia bude na polceste a uplynie polovica z času potrebného na prekonanie celej trasy.



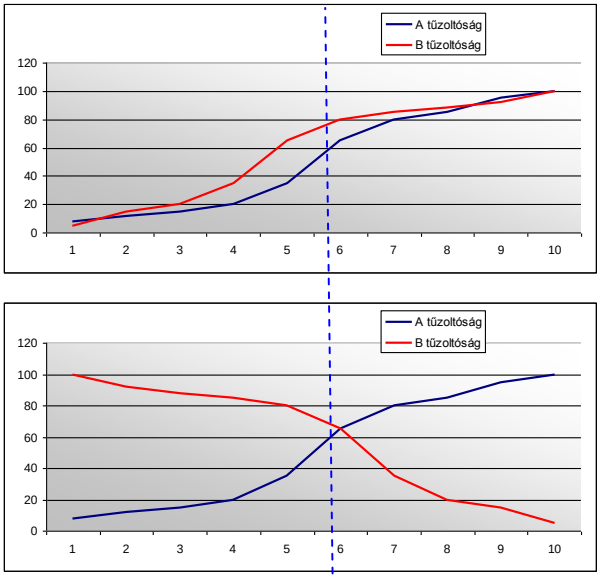
Obr.2: Stretnutia na polceste

Prvý modelovaný prípad sa však v skutočnosti nikdy nemôže nastať, nakoľko rovnomerná rýchlosť vozidla je možná len v teoretickej rovine, no v skutočnej premávke nie. Ak zoberieme do úvahy dopravné predpisy na jednotlivých úsekoch, musíme rátať s aktuálne platnými rýchlostnými obmedzeniami, a to aj vtedy, že vozidlá s právom prednostnej jazdy – za určitých okolností – ich nemusia rešpektovať. Odhliadnuc od zrýchlenia a brzdenia, s predpokladom že vozidlá na rovnakých úsekoch môžu jazdiť rovnakou rýchlosťou, krivky jazdy vozidiel vykazujú podstatný rozdiel.



Obr. 3: Rýchlosť vozidla

Ako je možné vidieť na obrázku v zlúčených grafoch, jednotka B prekonala v prvej a poslednej fáze jazdy menšiu vzdialenosť, a z dôvodu väčšej rýchlosti v strednom „významnom“ intervale času väčšiu vzdialenosť, čím sa miesto stretnutia posunulo smerom k hasičskej stanici A.



Obr. 4: Plánovaná priemerná rýchlosť

Samozrejme sa bude meniť aj čas potrebný k prekonaniu úseku medzi východiskovým bodom a miestom stretnutia, predsa sa rýchlosť jazdy vozidiel bude meniť v súvislosti so zmenami v obmedzení rýchlosti na daných úsekoch. K modelovaniu reality by sme museli brať do úvahy viacero faktorov ako napríklad dopravná situácia, reliéf terénu, ako aj parametre hasičskej techniky alebo osobitné schopnosti vodičov – strojníkov. Priznajme si, že je to skoro nesplniteľná úloha kvôli nedostatku primeraných parametrov a údajov, súčasne však môžeme dúfať, že značenie obmedzujúce rýchlosť odzrkadľuje bezpečnú hornú hranicu dopravy, ďalej je pravdepodobné, že sa ostatné vozidlá budú pohybovať touto stanovenou rýchlosťou, a tak môžeme dostať celkom presné informácie vzhľadom k plánovanej priemernej rýchlosti.

Môžeme konštatovať, že touto metódou sa dá nakresliť hranica medzi dvomi hasičskými stanicami na základe výpočtu možných trás dojazdu jednotky, ktorá ukáže skutočné časy dojazdu a rozlohu území ktoré dokážu hasičské stanice pokryť.

ZÁVER

V práci hasičov je dôležitá každá minúta, veď stratou jednej minúty môže dôjsť k vážnej ujme, alebo k smrti, či sa jedná o požiar alebo technický zásah[4]. Výber najbližšej hasičskej stanice k udalosti, stanovenie času dojazdu, je možný len na základe získaných presných súradníc v momente ohlásenia udalosti, v ktorom nám môžu pomôcť inteligentné počítačové systémy podporujúce rozhodovanie. Systém s medzinárodnou databázou používaný v praxi by mohol rátať s hasičskými jednotkami susediacich štátov, kde by mohlo dôjsť na základe spolupráce k reálnemu níženiu počtu obcí z časom dojazdu nad 15 minút z hľadiska ochrany. Náš súčasný výskum zameriavame na skúmanie základov k uskutočneniu takéhoto systému na podporu rozhodovania. Výsledky tohto výskumu predstavíme v našej prednáške.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vdaka podpore projektu TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] 43/2012 Főigazgatói Intézkedés 1. számú melléklete.
[2] Saját gyűjtés a Térkép24.hu és a 43/2012 Főigazgatói Intézkedés 1. számú melléklete alapján.
[3] www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/tuzvedelem/eloadas/2/fulep_zoltan_eloadas.pdf
[4] Zdroj: http://www.katasztrofavedelem.hu/statisztika/2010.06/

EXPERIMENTÁLNÍ ZKOUŠENÍ DŘEVOSTAVEB Z LEHKÉHO DŘEVĚNÉHO SKELETU V ČR

PETR KUKLÍK [1], *MAGDALÉNA DUFKOVÁ*[2]

Abstract *— This paper is focused on two experimental fire tests. The first experimental fire test was performed on 2009 in Dubňany and the second experimental test was carried out on June of this year in the area of the fire test laboratory PAVUS, a.s. in Veselí nad Lužnicí. The aim of these experiments was to demonstrate the real behavior of timber framed houses made of combustible system as a whole, including individual details.*

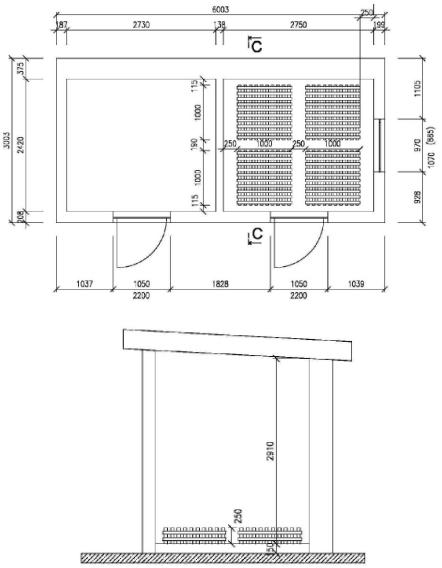
Keywords *— timber construction, fire, thermocouples, fire load*

Abstrakt *— Tento článek je zaměřen na dvě experimentální požární zkoušky. První se konala v r. 2009 v Dubňanech a druhá se konala v červnu letošního roku v areálu požární zkušebny PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí. Cílem těchto experimentů bylo prokázat skutečné chování domů s dřevěným rámem z hořlavého systému jako celku, včetně jednotlivých detailů.*

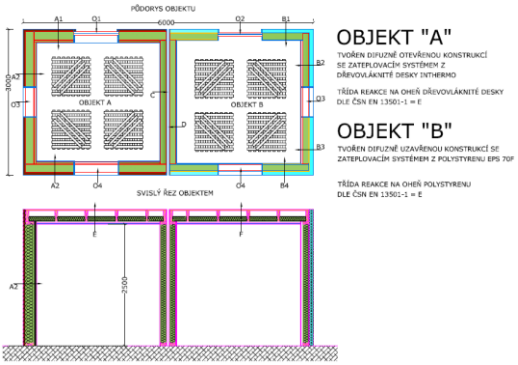
Kľúčové slová *— dřevěné konstrukce, požár, termočlánky, požární zatížení*

ÚVOD

V obou případech se jednalo o velmi podobné experimentální požární zkoušky. Zkoušely se jednopodlažní objekty, přičemž u experimentální zkoušky konané v r. 2009 byl objekt rozdělen příčkou na dvě místnosti a požár byl simulován pouze v jedné místnosti. Letos byly zkoušeny 2 objekty, kde stěny oddělující objekty měly simulovat stěnu běžně užívanou u řadových domů. Rozměry všech zkoušených objektů, kde byl simulován požár, byly odpovídající konstrukčním, tj. cca 3 x 3 m a s jednotnou výškou 3 m. Skladby jednotlivých stěn se lišily včetně užitých výplní otvorů. Půdorys a řez dřevostaveb je na obr. 1 a 2.



Obr. 1.: Půdorys a řez experimentální jednopodlažní dřevostavbou v Dubňanech



Obr. 2.: Půdorys a řez experimentálních jednopodlažních dřevostaveb ve Veselí nad Lužnicí

U prvního experimentu byl samotný požár naplánován na místnost se dvěma otvory ve stěnách. Jeden otvor byl osazen dvoukřídlovým oknem, druhý jednokřídlovými dveřmi. Dveřmi byla též přístupná druhá, sousedící místnost. Výplně otvorů měly dřevěné rámy. Zasklení bylo provedeno izolačním sklem. Skleněná okenní tabule ze strany interiéru byla z bezpečnostního skla.

[1] Petr Kuklík, doc. Ing. CSc., ČVUT v Praze, FSv, katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, kuklik@fsv.cvut.cz

[2] Magdaléna Dufková, Ing., ČVUT v Praze, FSv, katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, magdalena.dufkova@fsv.cvut.cz

U druhého experimentu došlo k současnému zapálení obou objektů, přičemž v obou objektech se nacházely dva stavební otvory kvůli dostatečnému přísunu vzduchu a jeden otvor s oknem (v objektu A: hliníkové požární okno, v objektu B: okno PVC).

Veškeré konstrukce byly tvořeny lehkými dřevěnými skelety, tzn. dřevěné sloupky vyplněné minerální izolací a kryté z obou stran různými druhy obalových konstrukcí (sádrokartonové, sádrovláknité, dřevovláknité a OSB desky).

1. POŽÁRNÍ A MECHANICKÉ ZATÍŽENÍ

Simulování skutečného požáru na konstrukce s dřevěným nosným skeletem bylo připraveno pro zatížené nosné konstrukce a to užitným zatížením a dále nárůstem teploty podle parametrického požáru.

Mechanické zatížení bylo navrženo tak, aby odpovídalo běžnému rodinnému domu, kde je proměnné (užitné) zatížení 1,5 kN/m^2. Při požární situaci je statisticky ověřeno, že mechanické zatížení nedosahuje největších hodnot, proto bylo při výpočtu mimořádné návrhové situace za požáru počítáno s kvazistálou hodnotou proměnného zatížení ($\psi_{2,1}$ = 0,3). Proměnné zatížení bylo vytvořeno pomocí pytlů se štěrkem, které byly umístěny rovnoměrně na střeše objektu (obr. 3), o velikosti zatížení 0,45 kN/m^2. Stálé zatížení tvořila nosná konstrukce střechy.

Požární zatížení bylo vytvořeno pomocí dřevěných latí o velikosti 50 x 50 x 1 000 mm v případě prvního experimentu a 50 x 50 x 800 mm v případě druhého experimentu, s průměrnou vlhkostí dřeva 12 %, obr. 4. Požární zatížení běžného rodinného domu je dáno průměrnou hodnotou $q_{f,k}$ = 780 MJ/m^2, která zde byla též použita. Dřevěné hranice byly podloženy tenkostěnnými ocelovými C profily, vyplněnými minerální vatou, která byla napuštěna petrolejem, pro snadný způsob iniciování požáru.





Obr. 3.: Mechanické zatížení Obr. 4.: Požární zatížení

2. MĚŘENÍ

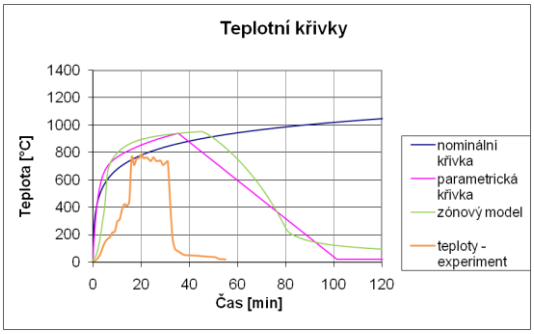
Měření průběhu teplot při požárních experimentech zajistila svým technickým vybavením a personálem akreditovaná Požární zkušebna PAVUS a.s. Měření bylo provedeno pomocí termoelektrických článků. Teplotními čidly byly osazeny u prvního experimentu 4 stěny a strop v místnosti s požárem a v případě druhého experimentu u objektu A - 2 stěny a strop, u objektu B - 4 stěny a strop. Pro každou ze sledovaných konstrukcí byla zvolena jiná skladba vrstev. Průběh teplot byl zaznamenán měřicí ústřednou. Jednotlivé stěny a strop byly osazeny termočlánky již při montáži. Při experimentech byly použity dva typy termočlánků:

- povrchové (nalepené na konstrukci) – termočlánky s terčem – termočlánkové vedení "K" typ GLGL 2x0,5 mm;
- prostorové (měření teploty prostředí) – plášťové termočlánky průměr 2 mm, typ "K", izolovaný měřicí spoj.

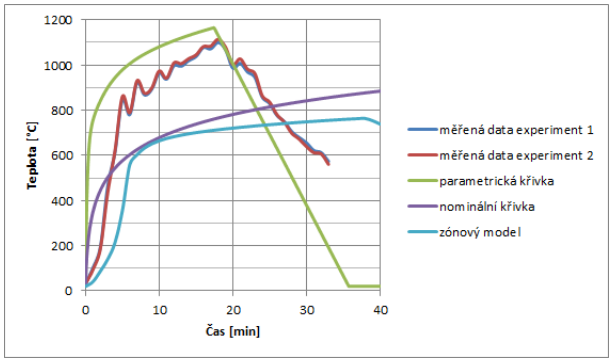
Dále se teplota detailně měřila i způsobem, který není při běžném pokusu ve zkušebně používán – měření pomocí termokamery.

3. VÝPOČET TEPLOTY PLYNŮ

Výpočet byl proveden pomocí nominální a parametrické teplotní křivky a pomocí zónového modelu. Normová křivka je v porovnání s přirozeným průběhem požáru většinou na straně bezpečné. Tento předpoklad byl u druhého experimentu vyvrácen a bylo dokázáno, že při dostatečném přísunu vzduchu, vysoké počáteční teplotě (cca 35 °C) a dalších faktorech příznivě ovlivňujících hoření, může v některých případech teplota dosáhnout vyšších teplot, než teplota podle normové nominální teplotní křivky. Pro přesnější výsledky je vhodné použít parametrickou křivku nebo zónové modely, ty vyžadují přesnější informace o požárním úseku. Zónový model vychází z předpokladu hromadění produktů hoření ve vrstvě pod stropem, s vodorovným rozhraním. Jsou definovány rozdílné vrstvy: horní vrstva, dolní vrstva, oheň a jeho oblak hořících plynů, venkovní plyn a stěny. Porovnání teplot získaných měřením z experimentů a vypočtených je na následujících grafech, obr. 5 a 6.

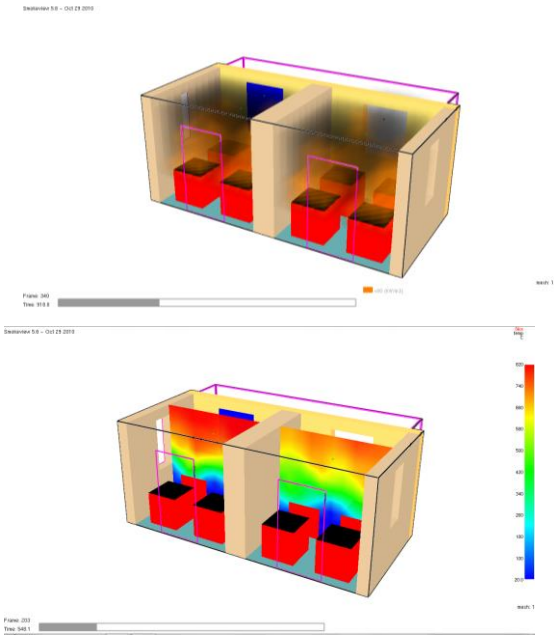


Obr. 5.: Porovnání teplot při požárním experimentu v Dubňanech



Obr. 6.: Porovnání teplot při požárním experimentu ve Veselí nad Lužnicí

Zpřesněné modely požáru jsou založeny na vlastnostech plynů, hmotnostní a energetické výměně. Na obr. 7 je příklad vizualizace požáru pomocí Fire Dynamics Simulator (FDS) experimentálních objektů ve Veselí nad Lužnicí.



Obr. 7.: Vizualizace požáru pomocí Fire Dynamics Simulator (FDS)

4. PRŮBĚH EXPERIMENTŮ

4.1 Požární experiment – Dubňany

Po zapálení hranic byl ponechán pouze jeden větrací otvor (okno). Ke vchodovým dveřím však byla připevněna lať pro možnou regulaci přísunu vzduchu. Po sedmi minutách byl vchod do místnosti s palivem pootevřen pro zvýšení teplot v místnosti. Ve 14. minutě zkoušky byl již požár rozšířen rovnoměrně po všech dřevěných hranicích. Začalo praskat bezpečnostní sklo v otvorových výplních. Požár se plně rozvinul. Vedlejší místnost se ani při rozvinutém požáru neohřívala, neprojevila se žádná netěsnost. V místnosti mohla být bezpečně sledována dělicí stěna termokamerou. Ve 25. minutě byly patrné praskliny na sádrokartonovém opláštění uvnitř místnosti s palivem. Ve 22. až 26. minutě začaly ze stropního podhledu odpadávat kusy sádrokartonových desek. Kusy pocházely pouze z vrchní vrstvy opláštění. Po 30 minutách bylo započato hašení požáru pěnou. Po dohašení požáru bylo shledáno uvnitř místnosti poškození vrchních vrstev opláštění. Sádrokartonové desky byly popraskané, místy opadaly části opláštění. Z vnější části objektu byla zničena vrstva kontaktní izolace z polystyrenu. Izolace vysublimovala až do míst, kam zasahovaly plameny požáru. V místech otvorových výplní došlo k poškození opláštění nosné sloupkové konstrukce i z exteriérové strany. Požár pronikl dutinou po odpařeném polystyrenu k OSB deskám a ty začaly hořet. Požár byl uhašen ve 30 minutě. Na obrázek č. 8 je patrný stav objektu těsně před uhašením.



Obr. 8.: Stav objektu před zásahem hasičů

4.2 Požární experiment – Veselí nad Lužnicí

Po zapálení dřevěných hranic došlo k postupnému rozšíření požáru po celé místnosti. Pro přísun vzduchu sloužily v objektu A 2 otvory, okno zde bylo protipožární. V objektu B byly stejné otvory jako u předchozího, osazeno klasické okno. S ohledem na přísun vzduchu došlo k rozvoji požáru vzápětí po zapálení, téměř odpadla fáze rozhořívání. K vysypání skla u klasického okna došlo již ve 4. minutě (obr. 9), v 5. minutě teploty dosahovali cca 850 °C. Požár se rozšířil velmi rychle. V 15. minutě začaly praskat a postupně odpadávat první vrstvy SDK desek (obr. 9).

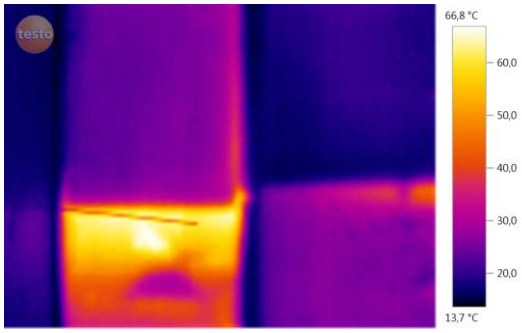
Objet B byl požárem poškozen mnohem významněji, kvůli rozdílnému konstrukčnímu řešení a většímu množství otvorů, kterými byl zajištěn přísun vzduchu. Protipožární okno po celou dobu požáru plnilo svou funkci. U objektu B docházelo k odpadávání fasádního systému s omítkou v posledních 10 minutách požáru. Požár byl uhašen ve 32. minutě.



Obr. 9.: Stav objektu před zásahem hasičů

ZÁVĚR

Velmi důležitou roli v protipožární ochraně lehkých dřevěných skeletů hrají obkladové materiály, které významně přispívají k požární odolnosti celé konstrukce. Jedná se o různé sádrokartonové, sádrovláknité desky případně desky na bázi dřeva. Další věc, kterou nesmíme u dřevostaveb opomenout, je dodržení technologického postupu při práci, především správné řešení detailů. Například při špatném lepení mohou desky dříve odpadávat a neplnit tak zcela svou funkci. Ze snímku pořízeného pomocí termokamery (obr. 10) je patrné, že pokud nejsou spáry řádně dotěsněny, nebo rohože z minerální vlny mezi sloupky jsou poškozeny při dopravě či montáži, dochází zde k významným nárůstům teploty.



Obr. 10.: Vizualizace záznamu z termokamery

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory Evropské unie, projektu OP VaVpI č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov.

SEZNAM LITERATURY

[1] ČSN EN 1991–1-2, Zatížení konstrukcí, část 1–2: Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. ČNI Praha, 2006
[2] prEN 13381 – 7, Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 7: Applied protection to timber members. CEN, 2008
[3] Hejduk, P. Požární odolnost stěn lehkých dřevěných skeletů. Disertační práce, ČVUT v Praze, 2009
[4] Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. ČVUT, Praha 2005, ISBN 80–01-03310–4
[5] Přeček, L.: Podpora pro navrhování vícepodlažních dřevostaveb, disertační práce, ČVUT v Praze, Fakulta architektury, ústav stavitelství I., 2005
[6] Sheridan, L., Visscher, H.J., Meijer, F.M.: Building regulations in Europe Part II A comparison of technical requirements in eight European countries, DUP Science, ISBN 90-407-2449-0, 2003
[7] Bénichou, N., Sultan, M.A.: Fire resistance of lightweight wood-framed assemblies: State of the art report, NRC-CRN, IRC-IR-776, 1999
[8] White, R.H.: „Analytical methods for determining fire resistance of timber members," Society of fire protection engineers, section 4, charter 13, p.4-347 – 4-346, ISBN 978-0-87765-821-4, 2008
[9] Buchanan, A.H.: „Fire performance of timber construction," Progress in Structural Engineering and Materials, 2000, 2, p. 278-289
[10] Young, S.A., Clancy, B.: „Structural modelling of light-timber framed walls in fire," Firee safety journal 36, 2001, p. 241-268
[11] Frangi, A., Fontana, M.: „Fire performance of timber structures under natural fire conditions," Fire safety science 8, 2005, p.279-290
[12] ČSN EN 13501–1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. ČNI Praha, 2003

AUDIOVIZUÁLNÍ DOKUMENTACE ZE ZÁSAHOVÉ ČINNOSTI

MILOŠ KVARČÁK[1] *KAMILA KEMPNÁ*[2]

Abstract *— The issue of documentary work is inherently also one of the activities of fire brigades. Due to the decreasing number of fire fighters and evolving of technical and technological possibilities, the selection a device to provide sufficient quality is necessary as well as easy and fast service, and especially resistant to adverse effects on the place of action cannot be avoided. Based on a survey of the situation in the Czech Republic, in the form of a questionnaire survey and consultation, deficiencies were identified related to the lack of trained persons in connection with the movies, which are often combined with inadequate technical equipment causes uninterpretable results. A possible solution would be a better choice of equipment and training of potential photographers or cameramen. In terms of current practice is also to develop the use of infrared cameras to detect outbreaks of fire, thermal states to better and more quickly locate people in smoke-filled rooms, the matter could be inspired by colleagues such as the Scandinavian countries where this technique are used to a much greater extent .*

Keywords *— photographing; video; audiovisual documentation; wireless transfer; archiving*

Abstrakt *— Problematika dokumentární činnosti neodmyslitelně patří také do činností jednotek požární ochrany. Vzhledem ke klesající tendenci počtu příslušníků a rychle se rozvíjejících možností technickým a technologickým je nutné při hledání nového vybavení záchranných složek vybírat takové zařízení, aby poskytlo dostatečně kvalitní výsledek, bylo jednoduše a rychle obslužné a hlavně aby bylo odolné nepříznivým vlivům, kterým se na místě zásahu nelze vyhnout. Na základě průzkumu situace v České republice, formou dotazníkového šetření a konzultací, byly zjištěny nedostatky související s nedostatečně školenými osobami v souvislosti s fotografováním a pořizováním videí, což mnohdy v kombinaci s neadekvátním technickým vybavením zapříčiňuje neinterpretovatelné výsledky. Možným řešením by byl lepší výběr techniky a školení potencionálních fotografů či kameramanů. Z hlediska současné praxe dochází také k rozvoji používání infračervených kamer ke zjištění ohnisek požáru, teplotním stavům i k lepšímu a rychlejšímu nalezení osob v zakouřených prostorech, v této věci by se dalo inspirovat od kolegů například ze skandinávských států, kde tuto techniku používají v mnohem větší míře.*

Klíčová slova *— dokumentace zásahu; video; audiovizuální dokumentace; bezdrátový přenos; archivace*

ÚVOD

Hlavním posláním hasičských sborů je vytvářet účinnou a společensky prospěšnou ochranu před vznikem požáru a jeho šířením. Důležitou roli při této činnosti sehrává i dokumentaristická činnost, a to pro následné využití při dokumentaci zásahu, při vyšetřování příčin požáru, při hodnocení zásahu. Dále je pořizovaná dokumentace ve formě videí či fotografií důležitá jako důkazní materiál, v pojišťovnictví, je pomůckou při školení zaměstnanců o požární ochraně, v preventivně výchovné činnosti, ve výuce a v neposlední řadě zajišťuje informovanost o činnosti hasičů také široké veřejnosti.

Kromě toho se v současnosti ve výbavě hasičů objevují také infračervené kamery, které lze využít např. pro rychlejší nalezení hledaných osob.

1. ORGANIZAČNÍ MOŽNOSTI POŘIZOVÁNÍ DOKUMENTACE

V jednotlivých úsecích zásahu je možné provádět dokumentaci různými způsoby, v závislosti na podmínkách, jako jsou závažnost situace, vybavenost záznamovou technikou, znalostmi, dovednostmi a v neposlední řadě také časovou flexibilitou příslušníků.

[1] Miloš Kvarčák, doc. Dr. Ing., Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava

[2] Kamila Kempná, Bc., Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava

Již při dopravě na místo lze opodstatněně využívat video dokumentaci zásahu. Během cesty se jednotky mohou dostat do komplikovaných situací, které mohou kontinuálně snímat integrované kamery na hasičských automobilech, viz [1]. Běžně se využívá nahrávky např. dopravní nehody jako důkazního materiálu.

1.1. Pořizování dokumentace

V dnešní době je situace v oblasti pořizování obrazové a zvukové dokumentace rozmanitá. Nejen fotografie, ale i videa na místě zásahu během akce i po ní pořizují tyto osoby:

[1] vyšetřovatel příčin požáru,

[2] tiskový mluvčí,

[3] velitel zásahu, velitel stanice, nebo jím pověřený hasič,

[4] interní dokumentaristé (jen některé oblasti ČR).

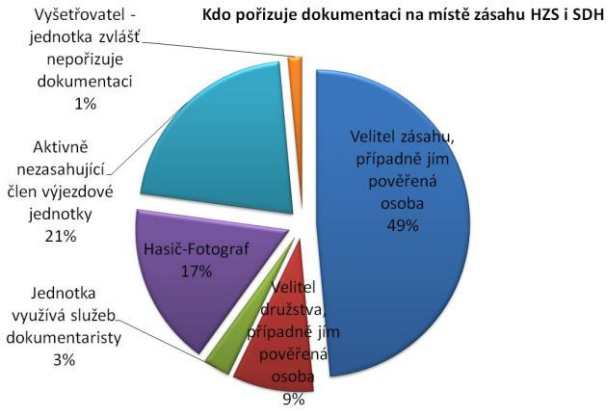
Vyšetřovatelé příčin požáru v rámci státního požárního dozoru, mají povinnost v rámci své práce dokumentovat zjištěné skutečnosti, přičemž ve většině případů (kromě hl. m. Praha) platí, že vyšetřovatel si požadovanou dokumentaci z místa požáru pořizuje sám.

Kromě nich má oprávnění dokumentovat také velitel zásahu. Ten dokumentuje především z hlediska následného použití záznamů pro výcvik a pro ukázku použití sil, prostředků a metod zásahu pro školící účely, ale poskytuje i podklady pro vyšetřovatele či tiskové mluvčí.

V mnoha krajích ČR si také tiskoví mluvčí pořizují vlastní obrazovou či audiovizuální dokumentaci, kterou následně doplňují do tiskových zpráv pro veřejnost a kterou na různých portálech prezentují HZS svých krajů.

Samostatné dokumentaristické oddělení

Zajímavostí v Česku je HZS hlavního města Prahy, kde mají dokonce vlastní odbor fotodokumentace, jehož zaměstnanci pořizují fotografie a videa primárně pro potřeby vyšetřovatelů, ale i pro dokumentární a jiné účely. Tento model funguje již od roku 1924. Oddělení má určitý počet členů, kteří vyjíždějí většinou společně s jednotkou k mimořádným událostem. Primárně jsou předurčeni k dokumentaci pro odbor vyšetřování příčin požárů. Na místě zásahu zaznamenávají pokud možno celý průběh zásahu a dále tento materiál poskytují členům HZS hl. m. Praha pro další účely. Tyto materiály poskytují velitelům zásahů při přiložení do Zprávy o zásahu, tiskovým mluvčím pro medializaci anebo dle potřeb dalším subjektům. Vybrané snímky a videa archivují pro další použití. Další dokumentaci pořizují velitelé, protože dokumentaristé nebývají u všech zásahů.



Obr. 1.: Osoby pořizující dokumentaci místa zásahu [1]

1.2. Vyhodnocení stavu pořizování dokumentace v ČR

Z dotazníkového šetření (Obr. 1) vyplynulo, že dokumentaci na místě zásahu pořizuje 91 % jednotek, zbytek nechává dokumentaci na vyšetřovateli příčin požárů, tiskovým mluvčí, popřípadě dokumentaristovi (hl. m. Praha; MSK). V necelé polovině jednotek PO pořizuje fotografickou či audiovizuální dokumentaci velitel zásahu či jím pověřená osoba. Ve zbytku případů se jedná o využití aktivně nezasahujícího člena výjezdové jednotky. Z toho pouze dvě jednotky přiznaly, že mezi sebou mají nadšeného video amatéra.

Vzhledem k velkému typovému zastoupení fotoaparátů ve vozech a s přihlédnutím nutnosti pořizování záběrů a k tomu, že pouze minimum respondentů má mezi sebou poučeného fotografa, je důležité se touto problematikou dále zabývat.

2. TECHNICKÉ MOŽNOSTI DOKUMENTARISTIKY ZÁSAHŮ

Z dotazníkového šetření plyne a zkušenosti autora to jen potvrzují, že většina (86 %) je se svým přístrojem a výsledky spokojena (Obr. 2). Na používané technice hodnotí kladně především možnost použití videa na fotoaparátech (30 %), odolnost aparátů vůči nepříznivým vlivům má pouze 19 % fotoaparátů či kamer. Dotazovaní dále ocenili dostatečné přiblížení objektivu, ale je jich pouze 13 %.



Obr. 2.: Špatné světelné podmínky

Problém nastává při focení ve špatných světelných podmínkách (Obr. 2), kdy se 22 % dotazovaných nevypořádá se světelnou dynamikou obrazu, další souhlasili s tím, že dokonce nedokáží fotit či pořizovat video v noci, jedná se o 43% skupinu. Toto není zapříčiněno pouze nevhodným přístrojem k dokumentaci, ale svou roli hraje také zdatnost fotografa, přičemž by mnohdy stačilo správné nastavení přístroje. Dalším problémem, který vyvstal z dotazování (Obr. 3), byla nedostatečná výdrž baterie, která souvisí se stářím přístrojů a také dobou uplynulou od posledního nabíjení.

Zajímavé rozdíly jsou v době, za kterou se dotyční naučí pracovat s přístrojem. Jsou tací, kteří se s ním sžijí za dobu kratší než jeden den – 65 %, ovšem 10% to trvá déle než měsíc. [1]

Jako nedostatky dotazovaní hodnotili nedostatečné rozlišení, malý úhel záběru, špatnou světelnost objektivu a nefunkční stabilizaci obrazu. Toto je zapříčiněno nedostatečnou obnovou záznamové techniky nebo špatným výběrem při koupi.

2.1 Vhodné vlastnosti

Vhodný přístroj pro pořizování dokumentace ze zásahové činnosti pro účely hasičských sborů znamená kompromis mezi kvalitou přístroje, odolností vůči nepříznivým vlivům a jeho ceny.

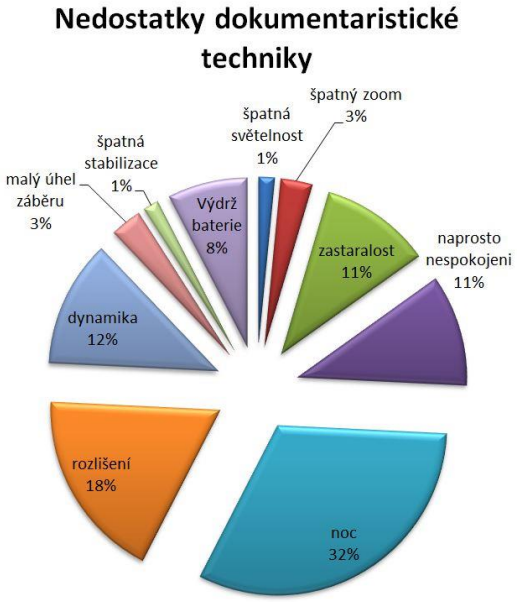
Existuje řada možností jak pořizovat audiovizuální dokumentaci. Vedle klasických kamer a fotoaparátů se posledních deset let se rozměry komponent natolik zmenšily a možnosti zvětšily, že lze využívat vhodné odolné a malé přístroje.

Teprve v obtížných světelných podmínkách při zásahu se projeví kvalita přístroje. Parametry, vhodné pro zvážení při koupi, jsou například dlouhá výdrž baterie, odolnost vůči nárazům a vlhku a velikost a tvar.

2.2 Negativní vlivy působené charakterem zásahu

Při pořizování fotografické či audiovizuální dokumentaci je podobně jako při ostatních činnostech na prvním místě ochrana zdraví a života člověka.

Je-li v zájmu pořizovat dokumentaci zásahů několikanásobně, následuje ochrana techniky dokumentaristy formou použití zodolněných přístrojů, anebo dodatečného speciálního obalu.



Obr. 3.: Graf nespokojenosti dokumentaristů [1]

2.3 Možná řešení

Nejen v Moravskoslezském kraji jsou vyzkoušenými modely kamer menších rozměrů pro potřeby hasiče například výrobky značek GoPro, FireCam Mini HD, či Evolve, dále také digitální zrcadlovky DSLR s funkcí videa, které se v současné době stále rozšiřují.

Gopro [4]

V současnosti nejkvalitnější odolná kamera. Je určena pro sportovní využití, takže kromě kvalitního rozlišení, širokého záběru a odolného pouzdra je stavěna na odolávání pádům. Jako klad lze hodnotit také přenos wifi, ovšem její cena, hmotnost a rozměry nepřipadají pro potřeby hasičů v úvahu. Navíc přenos přes vestavěný systém wifi je nedostačující, nemá dostatečný dosah a z překážek překoná pouze jednu zeď.

FireCam Mini HD [3]

Nejmenší kamera určena přímo na helmy hasičů na světě. S rozlišením 1280 x 720 pixelů, dokáže odolávat teplotám až 480 °C, snímací úhel má 170°, ovšem nevyhovující je z hlediska nemožnosti přenosu obrazu a ceny. Jinak pro účely záznamu na kartu je ideální.

Evolve

V Česku používaná náhražka ostatních konkurenčních přístrojů. Stejně jako FireCam odolává vyšším teplotám, má srovnatelnou kvalitu videa i pořizování fotografií. Obrovskou výhodou je oproti FireCam cena kamery Evolve, která je poloviční, a tak při zničení lze jednodušeji nahradit.

V rámci výcviku HZS MSK byla otestována v podobných teplotách kamera Evolve (Obr. 4 - vlevo), která byla přichycená k helmě a oproti ní důstojně obstála – natáčí pro HZS MSK dokumentaci dodnes.



Obr. 4.: Kamera Evolve [2]

Miniaturní kamery

Dalo by se říci, že minikamery jsou aktuálně v agresivním vývoji. Neustále se tlačí na zvýšení kvality při co největší minimalizaci rozměrů. Doba spěje do časů, kdy si člověk nebude jistý, zda a kde jsou kamery umístěny. Dle přibližných parametrů: rozlišení 720 x 480 pixelů, 30 snímků za sekundu, ve většině případů dobíjení přes USB kabel, vyplývá, že z těchto kamer nelze pro profesionální využití vybírat. A to i přes jejich hmotnost, jež se pohybuje okolo 15 gramů.

3. ALTERNATIVNÍ VYUŽITÍ KAMER

Dle způsobu využití by se měl zvolit správný typ kamery, popřípadě digitálního fotoaparátu.

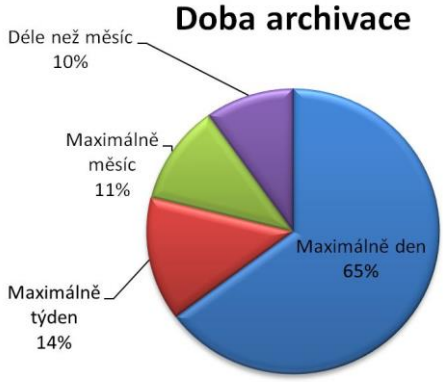
Kromě výše zmíněných se dnes ve výbavě hasičů objevují také infračervené kamery, které lze využít např. pro rychlejší nalezení hledaných osob. Ve Švédsku či Norsku se začíná vyskytovat tendence používání infračervených kamer v objektech kritické infrastruktury také s dálkovým přenosem. Jedná se například o narvickou elektrárnu.

4. OTÁZKA SDÍLENÍ A ARCHIVACE

Dokumentace ze zásahů se smí zveřejňovat pouze v mezích zákona a musí respektovat požadavky dané legislativou a dobrými mravy. Z dotazníku vyplynulo, že 22 % jednotek PO pořizuje dokumentaci pouze pro vlastní potřeby. Na to se nedá nic namítat, jelikož jde především o dokumentaci k prezentaci pro vedoucí pracovníky a v případě nutnosti mohou tyto materiály sloužit pro případnou právní ochranu hasičů.

Profesionální jednotky zveřejňují záběry ze zásahů pouze přes krajské tiskové mluvčí.

Situace je však rozdílná u dobrovolných složek, neboť 31 % z dotazovaných dobrovolných jednotek přiznalo, že poskytují záběry médiím. Tento fakt je pravděpodobně zapříčiněn tím, že média poskytují hasičům finanční odměnu, a také tím, že dobrovolné složky v této záležitosti nejsou dostatečně školeny. Problém nastává v momentě, kdy dojde ke zveřejnění neakceptovatelných záběrů. V odpovědích na otázku, kterým subjektům poskytují jednotky PO video dokumentaci, zaznělo mimo jiné, že vlastní webové stránky provozuje pouze 16 % jednotek a to většinou dobrovolných. Vzhledem ke snaze nejen dobrovolných jednotek se zviditelnit, je to překvapivě nízké procento. [1]



Obr. 5.: Doba, po kterou jednotky PO archivují video dokumentaci [1]

4.1 Archiv

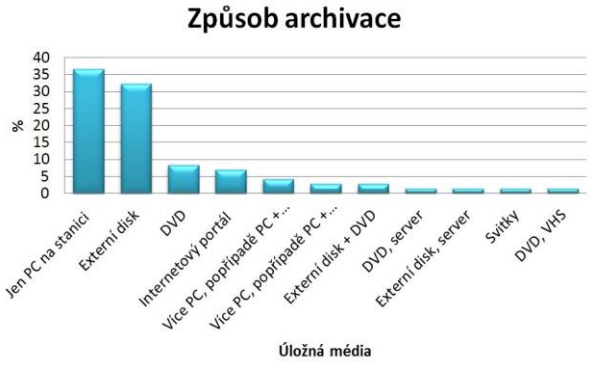
Doba se převinula z fotografických svitků do digitálních karet a nastává otázka, zda a jak se daří pořízený materiál ukládat pro další potřeby. Otázky v tomto bloku byly směřovány na kvalitu archivovaného materiálu – tedy jestli jednotky při archivaci třídí záznamy, jak dlouho (Obr. 5) a na jaké médium (Obr. 6) je ukládají. Byl naplněn předpoklad, že se uchovávají veškeré záběry v originálním rozlišení, a to co nejdéle – s tímto se ztotožnilo 75 % dotazovaných. Druhou početnější skupinou byli ti, kteří ukládají pouze vybrané fotografie, a to stále, tato skupina tvoří 11 %. Zbytek se shodl v tom, že buď neuchovávají dokumentaci vůbec,

anebo rok až pět let. Také z tohoto průzkumu vzešlo, že se začalo využívat externích úložišť až po nenadálých situacích – např. stalo se, že povodeň zničila veškeré záznamy. Proto jednotka od té doby používá externí disk. [1]

Po příjezdu ze zásahu na stanici dochází k obnově akceschopnosti jednotky, do čehož by se dalo zahrnout i obnovení úložného místa na kartě fotoaparátu či kamery přesunutím pořízeného materiálu do počítače. Toto je ze 36 % jediným úložištěm. Výhodnější je používání dalšího úložného média pro zálohu, pro 31 % dotazovaných je touto zálohou externí disk. Zbylá skupina uvedla, že buď vypalují na DVD, minimum ukládá na server, což je škoda, neboť se jedná o trvanlivější medium než DVD, které dle zkušeností vydrží přibližně 5 - 7 let. [1]

ZÁVĚR

Je samozřejmé, že při tempu dnešního vývoje techniky dnešní typy kamer v následné době zastarají, nicméně mnohé parametry, kterých dosahují, jsou již dnes schopny vytvářet velmi kvalitní záznamy. Tyto záznamy jsou však jimi schopny ve ztížených světelných podmínkách vytvářet pouze osoby blíže seznámené s technikou dokumentování. Proto je nejvýš potřebné tyto osoby průběžně proškolovat a tuto problematiku řídit z centra jako nedílnou součást celého systému.



Obr. 6.: Používaná média pro dokumentaci [1]

SEZNAM LITERATURY

[1] KEMPNÁ, Kamila. Zpracování obrazové a zvukové dokumentace: bakalářská práce. Ostrava: VŠB-TUO, 2013,41 s.

[2] Hasičský záchranný sbor moravskoslezského kraje

[3] Fire Cam [online]. [2011] [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: http://www.firevideo.net/

[4] GoPro [online]. [2013] [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: http://www.gohd.cz/

ZÁSADY CHOVÁNÍ OSOB V ZAKOUŘENÉM PROSTORU

MILOŠ KVARČÁK [1], *JAN SMOLKA* [2]

Abstract *— The fire and smoke kill or injure most of people at home. In field of this reason it is necessary education of population with focus on behaviour in smoke-filled area and in during of fire, minimize the possibilities of fire ignition, job description of firemen, they time during from station to their home. Also they should be informed about right behaviour in smoke-filled area, when they should stay at home and when they should be evacuated themselves and how to do. The most effective tool for educate population are media. It is mainly television, newspaper, or internet as news server or social media sites. Those media are used minimal. In next it is necessary practice fire drills, when people can try use extinguisher or safe moving in smoke-filled area. This practice can make them more self-confidence and minimize possibilities of panic ignition in crisis situations.*

Keywords *— behavior of people; smoke; fire drill; education; fire*

Abstrakt *— Dle statistik každoročně nejvíce umírá nebo je zraněno v domácnosti následky požáru a intoxikace zplodinami hoření. Právě z tohoto důvodu by měla být vedena neustálá osvěta jak se správně chovat, aby bylo možné minimalizovat možnost vzniku požáru v domácnosti a dále jak se chovat v případě požáru, kdy by občané měli být informování o činnosti požárních jednotek, jejich dojezdových časech, ale také by měli být informováni o tom jak se správně zachovat v případě výskytu v zakouřeném prostředí. Nejefektivnější formou osvěty jsou média, ať už formou televize, tiskovin, či internetu v podobě sociálních sítí či zpravodajských serverů. Tato média jsou však v tomto směru využívána jen minimálně. V další řadě by měla být vedena praktická cvičení, kde lidé mohou získat sebevědomí a zkušenosti bezpečnou formou, které může v případě mimořádné události předejít vzniku paniky. V rámci těchto cvičení by měli lidé zjistit praktické zkušenosti s hasicími přístroji, či pohyb v zakouřeném prostředí.*

Kľúčové slová *— chování osob; kouř; výcvik; vzdělávání; požár*

ÚVOD

Každým rokem v domácnostech nejvíce umírá nebo je zraněno následky požáru a intoxikace zplodinami hoření. Z tohoto důvodu je nezbytné vést vzdělávání dětí i dospělých se zaměřením na tuto problematiku a provádět osvětu pomocí médií a poukazovat na nezbytnost použití hlásičů požáru, správné chování při požáru a o činnosti požárních jednotek, včetně doby dojezdu ze stanic k jejich domovům. V další řadě jsou důležitá praktická cvičení, kdy mohou bezpečně poznat reálné podmínky požáru a naučit se základům bezpečného chování v případě takové mimořádné události. Pro názornost počtu požáru v domácnostech z celkového počtu požárů bylo využito dále statistiky a kauzuistiky.

1. STATISTIKA A KAUZUISTIKA

Pro názornost míry nebezpečí a nutnosti neustálé osvěty obyvatelstva v problematice chování při požáru a postupu sebezáchrany je využito statistiky k znázornění počtu požárů, jejich výskytu a v důsledku toho počet zranění a úmrtí. Vzhledem k tomu, že v rámci statistiky nelze určit příčinu zranění, či úmrtí, bylo využito pro názornost kauzuistiky, kde jsou popsány některé tragické případy požárů.

1.1 Statistika

Dle statistik Hasičského záchranného sboru České republiky za posledních pět let vzniklo právě nejvíce požárů v domácnostech, při kterých bylo také nejvíce usmrceno a zraněno osob.

Jen za rok 2012 celkem vzniklo 20 492 požárů, z toho nejvíce požárů vzniklo v domácnostech v počtu 2 684 a to s nejčastějším místem vzniku byly obývací pokoje, ložnice a kuchyně. Při těchto mimořádných událostech bylo usmrceno 71 osob z celkového počtu 125 za rok a zraněno 643 z celkového počtu 1 268 osob za rok. Z těchto faktů lze usoudit, že největší riziko vzniku požárů a usmrcení je právě v domácnostech, dále dle Statistické ročenky to jsou veřejné a osobní služby a doprava. (1)

[1] Miloš Kvarčák, doc. Dr. Ing., Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě

[2] Jan Smolka, Bc., Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě

1.2 Kauzuistika

Vzhledem k tomu, že ve statistice se ovšem nenachází příčiny zranění nebo úmrtí, je vybráno několik tragických případů, při kterých došlo následkem zaplnění prostoru zplodinami hoření k usmrcení a zranění osob.

Dne 5. Března 2013 si vyžádal požár bytu v panelovém domě život jedné starší ženy a dalších 7 lidí bylo zraněno ve Frýdku-Místku. „Záchranáři ošetřovali osm pacientů, tři dospělé ve věku dvacet až sedmačtyřicet let a pět dětí v rozpětí šesti měsíců až jedenácti let. Všichni byli při vědomí a s posádkami komunikovali. Nikdo ze zasažených neutrpěl popáleniny, u sedmi osob došlo k intoxikaci zplodinami hoření," sdělil mluvčí Zdravotnické záchranné služby Moravskoslezského kraje Lukáš Hump. (2.)

Dne 26.5.1995 vznikl požár v pražském hotelu Olympik, kde následně zemřelo na následky udušení zplodinami hoření 8 lidí. Dále bylo následky požáru zraněno 36 osob. Situaci komplikovala složitost objektu a neznalost prostředí návštěvníků hotelu, kteří byli převážně cizí národnosti. (3.)

30.ledna 1996 došlo v Křejpského ulici v Praze 4, k úmrtí 4 osob, z nichž jedna byla usmrcena pádem z okna a zbylé tři zemřely na následky požáru bytu v 11.nadzemního podlaží. Dále bylo 8 osob zraněno. "Zdravotníci ošetřili osm lidí, kteří se nadýchali kouře. Tři byli převezeni na internu do Vinohradské nemocnice a pět dalších, včetně třináctiletého chlapce, do Thomayerovy nemocnice," uvedla mluvčí záchranky Simona Cigánková. (4.)

2. CHARAKTERISTIKY ZPLODIN HOŘENÍ

Z výše zmíněných tragických požárů lze usoudit, že největší nebezpečí při požáru v podmínkách domácností pro osoby představuje nedostatek kyslíku a přítomnost zplodin hoření. Je třeba tedy charakterizovat tyto zplodiny a definovat jejich chování v uzavřeném prostoru.

Při požáru jsou hlavními produkty hoření teplo, světlo, kouř, hořlavé nespálené plyny a nespálený tuhý zbytek. Samotný kouř je zastoupen ve všech třech skupenstvích, tedy plynném, kapalném a dokonce i pevném.

2.1 Složení kouře vznikajícího při požáru

Složky plynného skupenství obsažené v kouři jsou tvořeny jednak látkami obsaženými ve vzduchu, tedy O_2, N_2, atd. a jednak produkty rozkladu jako např. CO, CO_2, NH_3, HCl, H_2O.

Kapalnou složku tvoří především drobné kapičky zkondenzovaných par produktů hoření, které vznikly při tepelném rozkladu hořlavých látek. V horkém kouři je podíl kapalné složky téměř nulový.

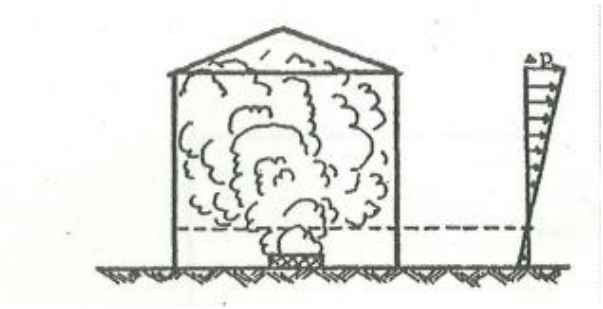
Pevné částice, které jsou obsaženy v kouři, jsou především dvojího druhu. Jednak jsou to látky, které neprošly žádnou fázovou přeměnou tedy popel, prach, a částice tuhých hořlavých látek. V druhé řadě jsou to saze, částice, které jsou tvořeny především uhlíkem vznikající tepelným rozkladem plynných produktů pyrolýzy tuhých, popř. kapalných hořlavin při nedostatku kyslíku. (5)

2.2 Proudění zplodin hoření v uzavřeném prostoru

Pro bližší pochopení chování kouře v prostoru by mělo být vysvětleno několik základních pojmů a jevů, které se při požáru vyskytují a mohou znamenat pro zasahující hasiče i obyvatele domu ohrožení na životě, či zdraví.

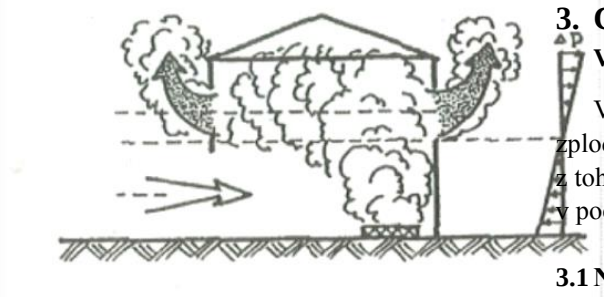
Neutrální rovina

Neutrální rovina se z počátku nachází na úrovni stropu. Při požáru dochází k zaplňování horkými zplodinami prostoru u stropu a tím způsoben pokles neutrální roviny směrem dolů k podlaze. Při požáru dochází k růstu teploty v místnosti a v důsledku zaplňování prostoru zplodinami hoření se zvyšuje tlak plynů v místnosti. Tento tlak nemá ve všech úrovních místnosti stejnou intenzitu, ale mění se s úrovní nad zemí. Na základě rozdílu tlaků mezi vnějším prostředím a místností, kde probíhá požár, dochází k proudění plynů netěsnostmi v místnosti i otvory ve stěnách a stropech.



Obr. 1.: Popis vzniku neutrální roviny (5)

U stropu je tlak vyšší než tlak venkovního prostředí a tím dochází k úniku kouře ven z místnosti. U podlahy je naopak tlak nižší než ve vnějším prostředí a dochází k přisávání vzduchu, jak je zobrazeno na Obr. 2.



Obr. 2.: Vrstvení kouře v uzavřeném prostoru (5)

Při požáru vzniká proudění produktů hoření resp. kouře, při kterém dochází k několika jevům, jež mají zásadní vliv na postup hasebního zásahu jednotkami PO, ale i na ohrožení obyvatel budovy postižené požárem. Jedná se tedy o tři základní jevy:

a) zvrstvení kouře,

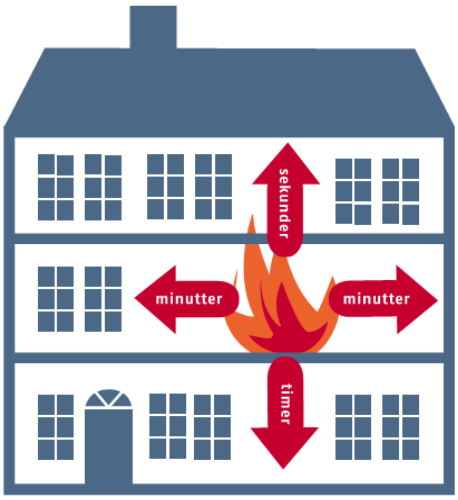
b) kladný komínový efekt,

c) záporný komínový efekt.

2.3 Tepelný spád zplodin hoření v uzavřeném prostoru

Při požáru dochází ke vzniku horkých plynů - zplodin hoření, které se šíří směrem vzhůru. V uzavřeném prostoru se tyto plyny při pohybu vzhůru zastaví o strop a začínají se šířit v horizontálním směru. Zároveň se začínají ochlazovat a klesat směrem dolů.

Jak je znázorněno na Obr. 3, k nejrychlejšímu šíření požáru dochází směrem vzhůru a do stran. Směrem dolů je toto šíření požáru relativně malé. V případě tedy, že chceme zamezit šíření požáru, je vhodné vytvořit bariéry šíření kouře a tepla a to nejlépe formou uzavření dveří a oken. (9)



Obr. 3.: Popis rychlosti šíření požáru v závislosti na čase – vzhůru řádově v sekundách, do stran v minutách (7)

3. CHARAKTERISTIKA NEBEZPEČÍ V ZAKOUŘENÉM PROSTORU

V návaznosti na definovaném chování požáru a zplodin hoření, je možné identifikovat nebezpečí, která z toho vyplývají pro osoby vyskytující se v prostoru v počáteční fázi a pokročilé fázi požáru.

3.1 Nebezpečí intoxikace zplodinami hoření

Mezi hlavní nebezpečí při požáru v důsledku zaplnění prostoru zplodinami hoření je intoxikace. V dnešní době, kdy se v domácnostech vyskytuje velké množství plastů a syntetických materiálů vzniká při hoření velké množství toxických látek. Mezi nejčastější toxické produkty hoření patří oxid uhelnatý, chlorovodík a kyanovodík, a dále se v závislosti na hořlavém materiálu vyskytujícím se v místě probíhajícího hoření mohou vyskytovat fosgen, či různé ultrajedy.

3.2 Nebezpečí udušení

Při požáru dochází v uzavřeném prostoru ke spotřebovávání kyslíku ve vzduchu, dále k vytlačování dýchatelného vzduchu z prostoru jedovatými nebo dusivými zplodinami hoření jakými mohou být mj. oxid uhličitý či uhelnatý. Tím dochází ve spojení s toxickými zplodinami k synergickým účinkům na lidský organismus, kdy lidský organismus při nedostatku kyslíku reaguje zrychlenou dechovou frekvencí, čímž dochází k zvýšení intenzity intoxikace organismu jedovatými zplodinami hoření.

3.3 Nebezpečí popálení

Nebezpečí popálení při požáru spočívá především vystavení tepelným účinkům na nedostatečně chráněných částech těla a dýchacích cestách, v důsledku kontaktu s horkými předměty, sálavého tepla při expozici otevřených ploch požáru či horkými plyny.

Ke zranění horkými plyny může dojít především při vyšlehnutí horkých plynů při otevření dveří místnosti, kde probíhá požár, dále to může být při pohybu v uzavřeném prostoru nad neutrální rovinou.

Nebezpečí z popálení horkými předměty vyplývá především z kontaktu s předměty z dobře tepelně vodivých materiálů, jakými jsou kovy, v běžných podmínkách to může být klika od dveří, žebříky aj.

3.4 Nebezpečí ztráty orientace

Zakouření prostoru v členitých budovách může způsobit ztíženou orientaci v těchto prostorách. V takovém případě dochází ke ztížené evakuaci a možné panice. Mezi tyto objekty patří především hotely a jiné budovy sloužící pro ubytování většího počtu osob, kde díky neznalosti prostředí obyvatel v budově může

dojít k ztížení orientace. Zároveň při snížené viditelnosti a rychlém pohybu hrozí zranění o předměty vyskytujících se v únikových cestách či zablokování únikových cest. (5)

4. ZÁSADY CHOVÁNÍ V ZAKOUŘENÉM PROSTORU

Při požáru vznikají okolnosti, které postižené osoby v daném objektu mohou ohrozit na zdraví, či dokonce na životě. V případě včasného zpozorování požáru ještě v jeho počátcích je možnost rychlého bezpečného úniku osob z budov. V případě, kdy ještě situace není natolik vážná, a není ještě zakouření natolik intenzivní, aby hrozila ztráta orientace nebo otrava zplodinami, je vhodné okamžitě opustit budovu. Rozhodně by se obyvatelé neměli zdržovat hledáním a balením cenností a osobních věcí ani se případně pro ně vracet po opuštění budovy. Ovšem může přijít situace, kdy dojde k pozdnímu zpozorování požáru nebo okolnosti nedovolí postiženým osobám opustit místo požáru.

4.1 Opuštění místa požáru v počátku požáru

Na počátku požáru v místnosti, kdy jsou osoby schopny opustit sami objekt, je vhodné ještě před opuštěním uzavřít dveře a okna, pro omezení šíření kouře a požáru.

Další postup evakuace ze zasaženého prostoru požárem je popsán v následujících bodech:

1. *Ochrana dýchacích cest* – Důležitým úkolem v první řadě je omezení expozice dýchacích cest zplodinám hoření. Toho lze dosáhnout namočenou textilií ve vodě, čaji či jiné tekutině v blízkosti.
2. *Pohyb při zemi* - Vzhledem k již zmíněnému faktu, že studený a nejčistší vzduch se vyskytuje při zemi, kde se nachází také nejmenší teploty, je důležité se pohybovat při zemi pod neutrální rovinou.
3. *Zjištění požáru ve vedlejší místnosti* – mnohdy dochází ke zjištění požáru v nočních hodinách, kdy může být požár v již pokročilém stádiu. V takovém případě je nutné pří přesunu mezi místnosti brát tento fakt na vědomí a vždy mezi místnostmi zkusit, zda se zde požár nenachází. Příznaky požáru ve vedlejší místnosti je možné pomoci zvýšené teploty dveří či prouděním vzduchu pod dveřmi.
    a. *Proudění vzduchu pod dveřmi* – Při požáru v uzavřeném prostoru dochází ke spotřebovávání kyslíku a nasávání vzduchu přes spáry a netěsností v místnosti.
    b. *Zjištění teploty dveří a kliky – Působením tepla* dochází k zahřívání dveří. Zvýšenou teplotu u klik je vhodné zjistit nejdříve bez kontaktu, a to prostřednictvím sálavého tepla hřbetem ruky a poté rychlými doteky na dveře a kliku.
4. *Otevření dveří a následný úkryt* – Po otevření dveří je vhodné se na několik vteřin schovat na stranu, počkat zda nedojde k vyšlehnutí horkých plynů a zda nebude nutné zavřít zpět dveře a vyčkat na místě.
5. *Vstup do místnosti* - Po uskutečnění výše uvedených kroků lze bezpečné vstoupit do prostoru a postupovat k únikovým východům. (5)



Obr. 4.: Pohyb v zakouřeném prostředí (7)

4.2 Setrvání na místě

V případě, kdy jsme ohrožování požárem, a není možné využít únikové cesty, je nutné setrvat na místě. Je třeba provést opatření, která omezí šíření ohně a kouře do místnosti. Jak postupovat je popsáno v následujících bodech.

1. *Ochrana dýchacích cest* – Stejně jako v předchozím případě je v prvé řadě nutné chránit dýchací cesty.
2. *Omezení přístupu kouře do místnosti* – Pro zabránění průniku kouře do místnosti je třeba utěsnit netěsnosti kolem dveří. K tomu lze využít ručník, deky, či oblečení, které by mělo být pokud možno namočené ve vodě.
3. *Nalezení přístupu čerstvého vzduchu* – Pro omezení intoxikace organizmu zplodinami hoření je nezbytné nalézt přístup čerstvého vzduchu do místnosti. Těmito místy mohou být průduchy a netěsnosti ve stěnách, či oknech. Bezpečné je setrvat u těchto přístupů čerstvého vzduchu. (5)
4. *Upozornění na probíhající požár a přivolání pomoci* – K upozornění okolí na přítomnost mé osoby je možné využít několika způsobů.

a. *Akusticky* – Tímto způsobem lze na sebe upozornit především křikem, klepáním na topení a dále vytvořením hluku, křikem na kolemjdoucí.

b. *Vizuálně* – Při vizuálním upozornění lze využít prostěradla či jiné látky výrazné barvy z okna pro označení místa, kam mají záchranné jednotky zamířit záchranné práce.

c. *Mobilní přístroje* – V dnešní době, kdy mobilní přístroj se již stal součástí života prakticky každého člověka, může toto zařízení sloužit i k přivolání pomoci, ale i k upozornění polohy své vlastní osoby. V dnešní době již existují aplikace nebo se vyvíjejí nové, které využívají akustického i vizuálního zařízení přístroje, kterým je možné na vlastní osobu upozornit. Jedná se o světelné „blesky" fotoaparátů, nepřirozené zvuky aj. (5)

4.3 Hlásiče požáru

Mezi stále silně nedoceněnou pomůckou pro ochranu osob a získání potřebného času pro opuštění domácnosti v případě požáru patří bezesporu hlásič požáru. Toto zařízení je již ve světě samozřejmostí a nezbytností. Použití hlásičů se ověřuje pravidelnými kontrolami v domácnostech kontrolními orgány. (5)

5. VÝCVIK A VZDĚLÁVÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE

5.1 Vzdělávací projekty pro základní a střední školy

V rámci vzdělávání na základních a středních školách byl Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy vydán Pokyn MŠMT k začlenění tématiky ochrany člověka za mimořádných událostí do vzdělávacích programů.

Dále jsou v rámci preventivně výchovné činnosti zavedeny v České republice dva hlavní projekty se zaměřením na vzdělávání dětí a mládeže na základních a středních školách. Tyto projekty probíhají ve spolupráci s Hasičským záchranným sborem České republiky.

Hasík

Jedná se o dvoufázový způsob výuky, kdy se na základní školu dostaví ve dvou cyklech pár dobrovolných nebo profesionálních hasičů, případně civilních dobrovolníků, kteří prošli intenzivním kurzem vzdělávání a práce s dětmi pod dozorem dětských psychologů a pedagogů.

V první fázi jsou vzdělávány děti na prvním stupni, kdy jsou navštíveny lektory s osobní výstrojí a výzbrojí hasičů. V rámci tohoto cyklu jsou děti seznámeny se základní problematikou požární ochrany, jak si správně počínat v případě požáru, tísňové linky, únikový plán z domácnosti aj.

V druhé fázi jsou navštíveny děti druhého stupně, kde jsou seznámeny v rozšířenější formě s problematikou oproti první fázi a jsou schopny pochopit další principy a problematiku chování při mimořádné události.

Záchranný kruh

V rámci tohoto projektu jsou pořádány semináře pro pedagogy. Tyto semináře vedou pracovníci Hasičského záchranného sboru České republiky, kteří seznamují pedagogy s problematikou, pomáhají jim zpracovávat náplň výuky chování při mimořádných událostech a zpracovávat nezbytné dokumentace.

Základní náplní těchto kurzů je:

- Požár - základní informace.
- Požár - základní doporučení.
- Požár - jak se chovat?
- Evakuace budovy při požáru.
- Hasicí přístroje a hydranty.
- Prevence požárů.
- Nejčastější příčiny požárů.
- Základní motivy zakládání požárů.
- Zjišťování příčin požárů.

5.2 Interaktivní vzdělávání

Vzhledem k rozšířenosti informačních technologií, nelze opomenout jako pomůcku vzdělávání osob. Existuje celá řada interaktivních vzdělávacích kurzů, které jsou publikovány na stránkách organizací zaměřených na osvětu v požární ochraně, za zmínku stojí britská Fire Kills, norská Norsk Brannvernforeningen, či americká NFPA. Na webových stránkách jsou publikovány interaktivní kurzy pro děti formou her, či pro dospělé formou testů, e-learningových kurzů apod. (5)

V další řadě stojí za zmínku moderní počítačové hry, kde se děti i dospělí mohou naučit řídit záchranné jednotky, mohou se seznámit s činností hasičů, chování a následků mimořádných událostí či základní principy taktického i strategického řízení.

5.3 Dobrovolní hasiči

Již nedílnou součástí ve vzdělávání požární ochrany jsou dobrovolní hasiči, kteří již od minulosti nejvíce starali o osvětu v požární ochraně. Díky silnému

postavení zejména SH ČMS na vesnicích i ve městech, mají velkou možnost šířit osvětu. Tuto činnost vedou především zájmovými kroužky a tábory pro děti, sportovními oddíly v požárním sportu, či různými předváděcími akcemi.

5.4 Workshopy

Další doporučenou formou vzdělávání jsou workshopy ve formě praktických cvičení a přednášek se zaměřením na požární ochranu. V rámci těchto přednášek se mohou posluchači seznámit s praktickým cvičením pohybu v zakouřeném prostředí díky vyvíječům diskotékového kouře, mohou se seznámit se správným hašením hořlavých kapalin či správné použití hasicích přístrojů. (5)

6. VÝCVIK A VZDĚLÁVÁNÍ V ZAHRANIČÍ

Pro srovnání úrovně vzdělávání v rámci PVČ bylo hledáno a srovnáváno několik zahraničních vzdělávacích projektů s podobným zaměřením, především z Velké Británie. Konkrétně jsou to projekty London Fire Brigade, Fire Safety Education v Surrey Fire and Rescue Education System a mediální kampaně Fire Kills.

6.1 Surrey Fire and Rescue Education System

Systém vzdělávání v Surrey je koncipován formou návštěvy vzdělávacích týmů z místních hasičských stanic, které přednášejí dětem o požární bezpečnosti. Přednášky jsou zaměřeny na děti ve věku od 3 do 14 let a jsou vedeny ve třech fázích v délce 60 minut.

1. Fáze – tato fáze je zaměřena děti 2. ročníku, kdy je výuka zaměřena na témata: zapalovače a sirky, požární hlásiče, únikové plány, volání 999 a falešné oznamování požárů.

2. Fáze – tato část je určena pro žáky 5. ročníku. Plán zahrnuje projekci DVD, ve kterém je zmiňováno nebezpečí způsobené požárem a jak se před ním bránit. Dále je zde prostor k diskuzi a pokládání dotazů dětí a je i možnost si vyzkoušet zásahové vybavení hasičů.

3. Fáze – v této poslední části je přednášeno dětem 8. ročníku, kde je vedena diskuze na téma požární ochrany.

6.2 London Fire Brigade

London Fire Brigade (dále jen LFB) je Hasičský sbor Londýna, hlavního města Velké Británie a je obdobou Hasičského záchranného sboru hl. města Prahy. Tento sbor provádí přednášky dětem 2. a 5. ročníku. Délka každé přednášky je 60 minut. V Londýně jsou kontaktovány všechny základní školy s nabídkou těchto přednášek. V případě zájmu je tato přednáška realizována pracovníky LFB.

6.3 Fire Kills

Jedná se o koncept preventivě výchovné činnosti vedený formou mediální kampaně, která měla obdobu v České republice v podobě projektu Nemyslíš - Zaplatíš se zaměřením na prevenci v dopravě. Je zaměřen na rodinu, především na rodiče, kteří se starají o své děti a domácnost i její bezpečnost. Je veden formou výstražných videí, ve kterých vystupují děti, a která jsou promítána v televizi i na internetu. Dále je tato kampaň vedená formou letáků a reklam v tiskovinách či šířených sociálními sítěmi jako je Twitter nebo Facebook. V tomto projektu je především zmiňován počet usmrcených dětí při požáru a upozorňováno na používání požárních hlásičů. Dále je poukazováno na udržování bezpečnosti únikových cest pro únik z domu při požáru. Obecně je tento projekt silně emotivní a veden formou nátlaku na svědomí rodičů dětí. (5)

ZÁVĚR

K prostorům s nejvyšším nebezpečím požáru patří domácnosti, kde jsou evidovány nejvyšší počty usmrcení a zranění osob, především v důsledku intoxikace zplodinami hoření. Z tohoto důvodu je třeba šířit osvětu se zaměřením na chování lidí při požáru a pohyb v zakouřeném prostředí. Je třeba se také věnovat preventivním opatřením, jakými jsou cvičení zaměřená na evakuaci osob z budovy, stanovení shromažďovacích míst po požáru, udržování průchodnosti únikových cest či praktická cvičení zaměřená na použití hasicích přístrojů. Je žádoucí, aby lidé získali praktické zkušenosti a sebevědomí pro řešení těchto mimořádných situací a tak omezili vznik možné paniky mezi lidmi.

Vzdělávací projekty v České republice jsou obdobné s těmi zahraničními, ovšem je zde absence mediální osvěty dětí i dospělých. Tomu se vymyká pouze projekt Nemyslíš - Zaplatíš, kde bylo upozorňováno na nebezpečí vzniku dopravních nehod.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Statistická ročenka 2012. Praha: MV–generální ředitelství HZS ČR, roč. 2012. Dostupné z: http://www.hzscr.cz

[2] V paneláku uhořeli tři lidé, čtvrtý se zabil skokem. *Idnes.cz* [online]. 2006 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/v-panelaku-uhoreli-tri-lide-ctvrty-se-zabil-skokem-fss-/krimi.aspx?c=A060202_071518_krimi_cen

[3] Při požáru hotelu Olympik v Praze zahynulo osm lidí a dalších 34 bylo zraněno. ČTK. *Čt24* [online]. 2009 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://www.ceskatelevize.cz/ct24/kalendarium/55884-pri-

pozaru-hotelu-olympik-v-praze-zahynulo-osm-lidi-a-dalsich-34-bylo-zraneno/

[4] Požár si vyžádal smrt ženy a evakuaci paneláku. ŠRUBAŘ, Martin. *Denik.cz* [online]. 2013, 5.3.2013 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://fm.denik.cz/pozary/130305-pri-pozaru-ve-vezaku-zemrel-clovek-a-dalsich-osm-museli-osetrovat.html

[5] KVARČÁK, Miloš. Dynamika požáru. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999, 96 s. ISBN 80-861-1144-X.

[6] SMOLKA, Jan. Chování osob v zakouřeném prostoru. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB-TUO.

[7] Brannvern. Norsk brannvernforening [online]. 2010 [cit. 2013-09-16]. Dostupné z: http://www.brannvernforeningen.no/novus/upload/file/minihandbok-brannvern-okt2010.pdf

ANALÝZA EVAKUAČNÉHO TESTU A POROVNANIE POZNATKOV S NORMOVÝMI POŽIADAVKAMI

MARTIN LOPUŠNIAK [1]

Abstract *— Modelling of the evacuation of people is the only method leading to a proper design of emergency escape routes form buildings. The background details necessary for modelling can only be obtained from actual incidents or evacuation tests. The paper presents the results of an evacuation test carried out in a university environment with respect to an announced evacuation. The introduction of the paper describes the scope of the test, physiological characteristics of the participants, the geometry and the environment. The analysis of the evacuation test focuses on the movement of people and the flow. The analysis of the results showed that the values recorded in the test are identical to those used in evacuation models; nevertheless, they differ from the calculation model and values used in the national prescriptive code.*

Keywords *— evacuation test; movement; flow; fire safety;*

Abstrakt *— Modelovanie evakuácie v budovách je prakticky jediný možný spôsob správneho návrhu únikových ciest z budov. Vstupné údaje, ktoré sú nevyhnutné pre vytváranie modelov sa najčastejšie získavajú z reálnych udalostí alebo cvičných evakuácií.. Článok prezentuje výsledky ohláseného evakuačného testu vykonaného v univerzitnom prostredí. V úvode sú popísané ciele testu, účastníci testu, charakteristika prostredia, v ktorom sa test vykonal. Analýza výsledkov je sústredená na pohyb a tok osôb počas testu a ich porovnanie s výsledkami dostupnými v literatúre a v národnej norme. Výsledky ukazujú, že údaje získané testom sú v zhode s dosiaľ známymi údajmi v literatúre alebo evakuačných modeloch, avšak sa významne odlišujú od hodnôt používaných v národnom predpise.*

Kľúčové slová *— evakuačný test; pohyb; tok osôb; požiarna bezpečnosť;*

ÚVOD

Údaje o konaní osôb v rôznych situáciách sú predmetom výskumu od roku 1950 [1], [2], [3], [4]. Zber údajov sa vykonáva na základe evakuačných testov [5], [6], [7] na základe pozorovaní bežných situácií alebo na základe skutočnej mimoriadnej udalosti [8], [9]. Len údaje z mimoriadnej udalosti vytvárajú skutočný obraz o konaní osôb ale sú ojedinelé a prakticky neopakovateľné. Menej rizikovou činnosťou je vykonanie evakuačného testu, ktorého vykonaním možno získať množstvo relevantných informácií. Rozsah informácií závisí od prístupu a rozsahu pozorovania počas testu. Testom možno získať len údaje o jednej vopred vybranej veličine alebo súbor dát konaní osôb. Podľa Gwynne [10], je konanie ovplyvnené prostredím, procedúrami a geometriou prostredia. To znamená, že každá situácia je v skutočnosti originálna a preto sú vykonanie evakuačných testov, ich monitorovanie a analýza výsledkov vždy prínosné.

1. PREDMET, CIELE A POUŽITÉ METÓDY PRÁCE

Z obsahového hľadiska možno za predmet príspevku považovať evakuačný test. V súlade s predmetom článku sú definované nasledovné ciele: získať údaje pre rozbor konania a pohybu osôb; získať údaje času evakuácie na vybraných úsekoch evakuačnej cesty ako aj celého úniku; kvantifikovať pohyb osôb počas evakuačného testu; vykonať rozbor konania osôb počas evakuačného testu; porovnať výsledky s dostupnými a všeobecne platnými hodnotami pohybu osôb; vyvodiť závery použiteľnosti a platnosti získaných výsledkov; vyvodiť všeobecné závery z uskutočneného evakuačného testu..

Základnou metódou práce je samotný evakuačný test. V rámci testu bola vykonaná evakuácia osôb z budovy na voľné priestranstvo alebo do chráneného priestoru. Evakuácia bola zopakovaná šesť krát. Jednotlivé evakuácie sú označované ako beh 1 až beh 6.. Z hľadiska pohybu sa jedná najmä o pohyb po rovine a schodoch smerom dole. Monitoring testu bol realizovaný digitálnymi fotoaparátmi a videokamerami (označenie CAM 1-7) rozmiestnenými po únikovej ceste (Obr. 1). Celkový čas evakuácie bol zaznamenaný priamo počas evakuačného testu. Ostatné časy evakuácie, ako aj rýchlosti pohybu osôb po vybraných

[1] Martin Lopušniak, Doc. Ing, PhD., TU Košice – SvF, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, martin.lopusniak@tuke.sk

úsekoch, vybrané kapacity a ďalšie údaje boli získané z video rozboru evakuácie.

1.1 Účastníci testu

Test bol vykonaný v univerzitnom prostredí. Evakuačný test bol vykonaný za účasti 54 dobrovoľníkov z radov študentov, z toho 36 mužov a 18 žien. Priemerný vek 22,7 roku. Priemerná výška mužov 181 cm. Priemerná výška žien 168 cm. Priemerná váha mužov 79,9 kg a žien 58,2 kg.

Dobrovoľníci boli náhodne rozdelený do troch základných skupín s označením A, B, C. Dobrovoľníci 53 a 54 prišli s meškaním, takže boli zahrnutý až do behov 2-6. Vzhľadom k tomu, že došlo počas behov k premiestneniu niektorých osôb boli vytvorené modifikácie troch skupín s označením A1, A2; B1, B2; C1, C2 (Tab. 1). Skupiny boli rozdelené do troch učebných miestností s označením R1, R2, R3 (Obr. 1). Skupiny začínali pri každom z behov v inej miestnosti (Tabuľka 1). Rozmiestnenie dobrovoľníkov v triedach bolo náhodné.

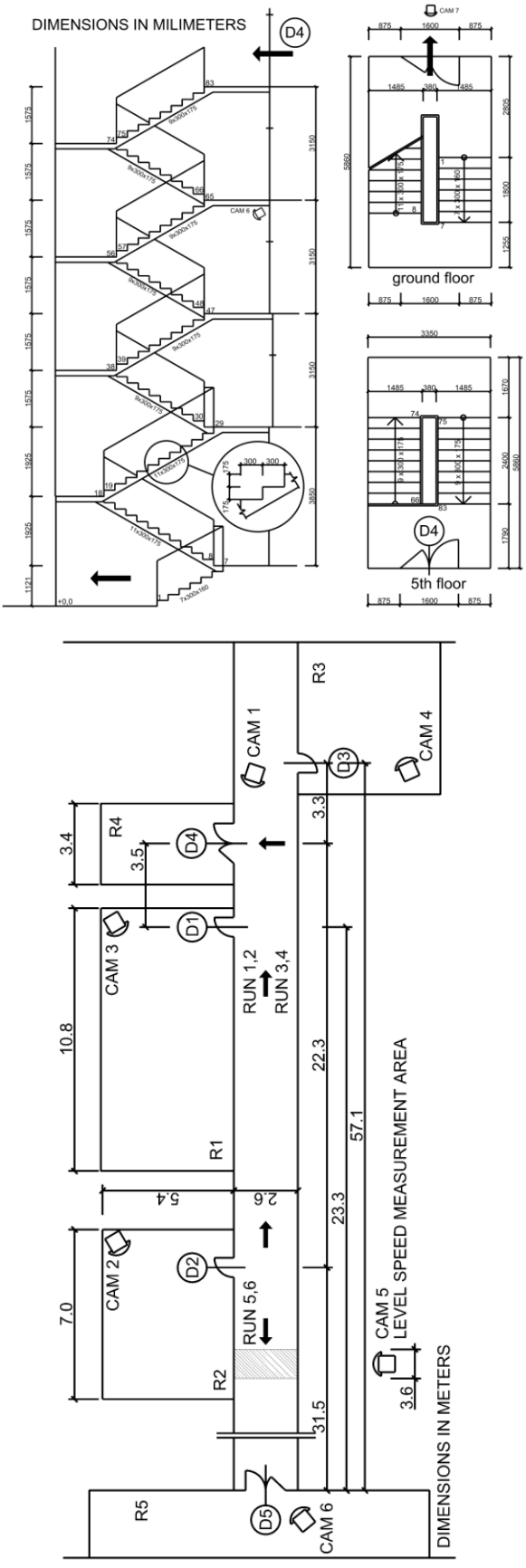
Tab. 1.: Rozdelenie osôb do skupín

Skupina	Osoby	Beh
A1	1 – 17	Beh 1, 3, 6
A2	1 – 17; 53	Beh 2, 4, 5
B1	18 – 36; 40	Beh 1, 2, 4, 5
B2	18 – 36; 40; 53	Beh 3, 6
C1	37 – 39; 41 – 52	Beh 1, 2
C2	37 – 39; 41 – 52; 54	Beh 3, 4, 5, 6

Pri hlásení požiar boli študenti kvázi vyučujúcim vedený k okamžitému začatiu evakuácie. Ihneď s ohlásením evakuácie bola začatá evakuácia. Následne evakuovali všetky osoby bez ďalšej inštruktáže únikovým schodiskom na voľné priestranstvo (behy 1-4). V prípade behov 5-6 bola evakuácia vykonaná do chráneného priestoru R5 iba pohybom po rovine. Dobrovoľníci boli inštruovaný aby sa pohybovali čo najrýchlejšie ale zároveň tak aby nedošlo k zbytočným a nežiaducim zraneniam.

1.3 Prostredie

Budova, v ktorej sa test vykonal je päť podlažná. Miestnosti, z ktorých boli uskutočnené jednotlivé behy sú situované na piatom nadzemnom podlaží a sú označené ako R1, R2, R3 (Obr. 1). Chránený priestor označený ako R5, do ktorého ústili behy 5 a 6 je taktiež situovaný na piatom nadzemnom podlaží. Evakuačné schodisko označené ako R4 obsahuje celkovo osemdesiat jeden stupňov. Schodisko má v mieste zrkadla zábradlie s madlom.. Počas testu boli priestory osvetľované len prirodzeným svetlom.



Obr. 1.: Pôdorys priestoru evakuačného testu a rez schodiskom s polohami kamier

Pôdorysné rozmery, označenie miestností, dverí, technické údaje miestností, chodieb a schodiska sú uvedené na obrázkoch (Obr. 1). Plocha štandardného ramena je 3,564 m^2. Dĺžka jedného ramena 3,126 m. Počas evakuačného testu neboli vytvorené žiadne umelé prekážky. Dobrovoľníkom boli priestory dobre známe, t.j. možno akceptovať vysokú mieru poznania prostredia.

Počas behov 1 – 4 absolvovali účastníci testu trasu v rámci jednotlivých miestností R1, R2, R3 cez dvere D1, D2, D3, (šírka krídla 800 mm, bežná kľučka, otváranie proti smeru úniku) na spoločnú chodbu. Nasledoval pohyb po rovine cez dvere D4 (dvojkrídlové dvere – požiarny uzáver, šírka krídiel 2 x 800mm, bežná kľučka na hlavnom krídle, západky na druhom krídle, otváranie v smere úniku) do priestoru schodiska (R4). Na pohyb po schodisku smerom dole nadväzoval veľmi krátky pohyb po rovine ukončujúci evakuáciu cez dvere D6 (šírka dverí 900 mm, bežná kľučka, otváranie proti smeru úniku) na voľné priestranstvo.

Počas behov 5 a 6 bol úvod totožný s behmi 1 – 4 avšak pohyb po rovine (po chodbe) bol vedený opačným smerom do dverí D5 (také isté ako D4) ústiacich do priestoru R5.

2. VÝSLEDKY

Získané výsledky z evakuačného testu umožňujú prezentovať dve skupiny výsledkov. Prvú skupinu tvorí súbor dosiahnutých časov evakuácie. Druhú skupinu tvorí súbor poznatkov o konaní a pohybe osôb.

Tab.2.: Výsledky testu

Beh	R1	R2	R3	Evakuačný čas	Beh	R1	R2	R3	Evakuačný čas
Celkový čas evakuácie (ET), t_1, (s)					Čas opustenia miestnosti R1, t_2 (s)				
Beh 1	C1	B1	A1	84	Beh 1	C1			16.5
Beh 2	A2	C1	B1	89	Beh 2	A2			15.4
Beh 3	B2	A1	C2	87	Beh 3	B2			21.9
Beh 4	C2	B1	A2	95	Beh 4	C2			15.6
Beh 5	A2	C2	B1	53	Beh 5	A2			14.8
Beh 6	B2	A1	C2	55	Beh 6	B2			18.8
Čas vstupu poslednej osoby do schodiska, t_3 (s)					Čas prvej osoby vo dverách na schodisko, t_4 (s)				
Beh 1	C1	B1	A1	37	Beh 1	C1	B1	A1	3
Beh 2	A2	C1	B1	38	Beh 2	A2	C1	B1	4.5
Beh 3	B2	A1	C2	35	Beh 3	B2	A1	C2	5.2
Beh 4	C2	B1	A2	37	Beh 4	C2	B1	A2	5
Čas prechodu dverami D4, t_5 (s)					Prechod jedným ramenom všetkými osobami, t_8 (s)				
Beh 1	C1	B1	A1	34.7	Beh 1	C1	B1	A1	42.6
Beh 2	A2	C1	B1	32.3	Beh 2	A2	C1	B1	40.0
Beh 3	B2	A1	C2	32.3	Beh 3	B2	A1	C2	35.3
Beh 4	C2	B1	A2	34.3	Beh 4	C2	B1	A2	45.6
Čas príchodu prvej osoby z R2 do R5, t_7 (s)					Prechod dverami D5, t_6 (s)				
Beh 6	B2	A1	C2	11.3	Beh 5	A2	C2	B1	33.8
					Beh 6	B2	A1	C2	40.2
Čas opustenia miestnosti R3, t_9 (s)					Prechod dverami D3, t_{10} (s)				
Beh 5	A2	C2	B1	15.2	Beh 5	A2	C2	B1	13.8
Beh 6	B2	A1	C2	11.3	Beh 6	B2	A1	C2	10.0
Prechod dverami D1, t_{11} (s)									
Beh 5	A2	C2	B1	10.8					
Beh 6	B2	A1	C2	15.1					

2.1 Rozbor z hľadiska dosiahnutých časov evakuácie

V rámci prvého súboru výsledkov boli zaznamenávané nasledovné celkové ako aj parciálne časy evakuácie. Ku každému označenému času evakuácie je priradená ešte číslica znamenajúca číslo behu, napr. $t_{2,3}$ (evakuačný čas t_2 pre beh 3). Výsledky evakuačného testu, jeho celkových aj parciálnych časov evakuácie jednotlivých behov sú uvedené v tabuľke (Tab.2). Získané celkové a parciálne časy evakuácie sú fyzikálnym údajom. Vzhľadom k jedinečnosti testu ich nemožno porovnať so žiadnymi inými číslami. Možno ich porovnať len vzájomne medzi sebou. Z takéhoto porovnania vyplýva, že celkový čas evakuácie z behov 1 až 4 bol v rozmedzí t_1 = 84 s - 95 s. Najvyšší rozdiel medzi behmi je 11 s. Priemerný evakuačný čas zo všetkých štyroch behov je $t_{1,avg}$ = 88,75 s. Za najvýznamnejší faktor narastajúceho času evakuácie možno považovať zvyšujúcu sa mieru únavy účastníkov

testu medzi jednotlivými behmi. Behy 5 a 6 trvali $t_{1,5}$ = 53 s a $t_{1,6}$ = 55 s.

2.2 Rozbor výsledkov z hľadiska konania a pohybu osôb

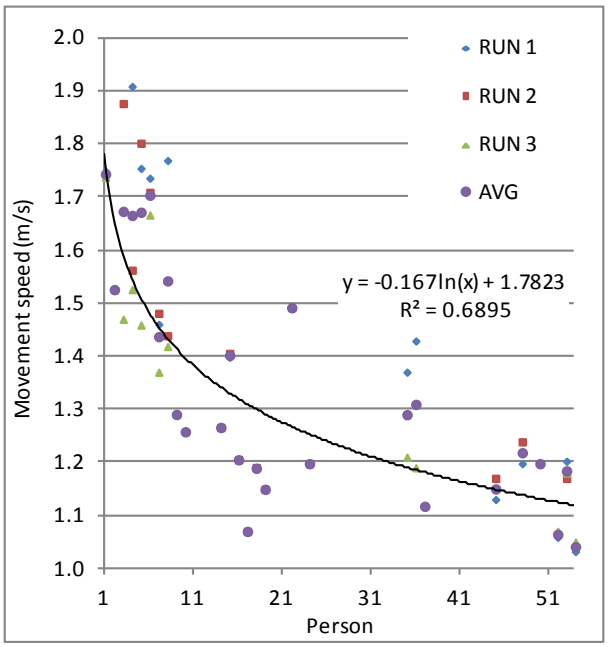
Evakuácie bola začatá okamžite s jej ohlásením. Predevakuačný čas sa rovná nule. Spôsob pohybu osôb možno charakterizovať ako pohyb pri mimoriadnej udalosti. Bola evidentná vyššia aktivita celej skupiny ako aj snaha o čo najrýchlejší a najefektívnejší pohyb a východ z budovy. Osoby po začatí evakuácie prešli miestnosťou a jej východom bez zdržania. Žiadne špecifické aktivity alebo problémy neboli zaznamenané. Pokračoval pohyb po rovine do dverí D4 ústiacich na schodisku. Tu dochádzalo k zvýšenej koncentrácii osôb. Nasledoval pohyb po schodisku, ktorý bol hladký bez akýchkoľvek problémov.

Pohyb v miestnosti bol najviac ovplyvnený rozmiestnením stolov a stoličiek. Priestor, ktorý bol k dispozícii, t.j. priestor maximálne pre jednu osobu vymedzil prirodzené možnosti ďalšej evakuácie. Chodbička medzi stolmi vytvorila zoradenie osôb za sebou, čo uľahčilo prechod dverami z miestnosti a obmedzilo tvorbu zvýšenej koncentrácie osôb pri týchto dverách. Miestnosti však neboli plne obsadené a je potrebné povedať, že odpoveď na charakter pohybu v miestnosti plne obsadenej prípadne nad obsadenej, miestnosti s iným usporiadaním stolov a zariadenia je neznámy. V tabuľke 2 s označením t_2, *(s)* je prezentovaný čas vyprázdnenia miestnosti R1.

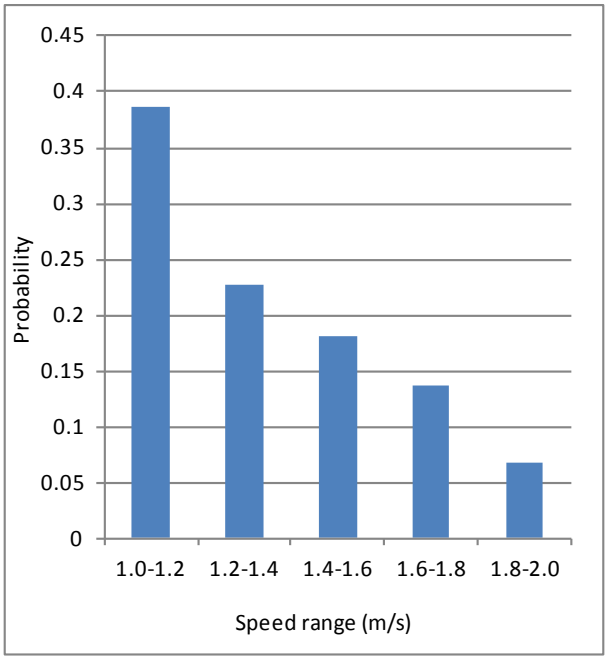
Pohyb osôb po schodisku prestavoval najväčšiu časť evakuácie počas behov 1 - 4. Počas pohybu bola skupina osôb rozložená po celej dĺžke schodiska. Prvých desať až dvanásť osôb bolo zoradených za sebou s výrazným odstupom. Práve tieto osoby definovali najvyššiu hodnotu rýchlosti pohybu na schodisku (Obr. 2a). S pribúdajúcim časom postupne narastal počet osôb na jednom ramene schodiska a znižovala sa rýchlosť. Z hľadiska počtu osôb na ramene možno sledovať podobnosť s rýchlosťou pohybu po schodisku. Pokiaľ neboli osoby obmedzované pred nimi idúcimi osobami potom sa radili osoby za sebou. Ak však došlo k spomaleniu niektorou osobou došlo aj k navýšeniu osôb na ramene. Ak boli osoby zoradené za sebou neboli na ramene schodiska viac ako tri osoby. Pre štyri a viac osôb bolo nevyhnutné zoradenie tak vedľa seba ako aj za sebou. Počas všetkých behov testu však nebol zaznamenaný nikdy väčší počet ako šesť osôb na ramene schodiska. Z hľadiska charakteru pohybu je evidentná zhoda s výsledkami práce Paulsa [11] najmä z hľadiska zoradenie osôb na schodisku.

2.3 Rýchlosť pohybu a tok osôb na schodisku

Rýchlosť pohybu osôb vychádza z celkového pohybu vyššie popísaného. Rýchlosť pohybu osôb je stanovená pre rýchlosť po jednom ramene. Rýchlosť pohybu je vždy uvedená ako rýchlosť po skutočnej dĺžke ramena.



a)



b)

Fig. 2.: a) Rýchlosť pohybu osôb po schodiskovom ramene v m/s b) Pravdepodobnostná distribúcia rýchlosti

Pre stanovenie rýchlosti pohybu po schodisku boli analyzované behy 1 – 3. Čas prechodu jedného ramena (Obr. 2a) bol v rozmedzí od 1,563 s – 2,953 s.

Priemerná hodnota 2,14 s. Pohyb smerom dole po schodisku je získaný z času pohybu osoby po jednom ramene schodiska, ktorý bol v rozmedzí 1,03 – 1,91 $m.s^{1}$. Rýchlosť vybraných osôb je uvedená v obrázku 2a. Priemerná rýchlosť bola 1,33 $m.s^{-1}$ (median 1,26 $m.s^{-1}$; modus 1,19 $m.s^{-1}$). Pravdepodobné rozdelenie rýchlosti osôb je uvedené v obrázku 2b. Uvedené hodnoty sú vyššie ako bežne používané hodnoty v evakuačných modeloch [12], alebo hodnoty dostupné v literatúre [7]. Tieto hodnoty sú ale výrazne vyššie ako hodnoty napríklad z [8] alebo [13]. Taktiež sú získané hodnoty vyššie ako hodnoty v STN [14], kde sa požaduje do výpočtu rýchlosť pohybu osôb po schodoch dole v hodnote 0.42 $m.s^{-1}$. Táto rýchlosť je ale prezentovaná ako rýchlosť pohybu v priemete na schodisko..

Kapacita úniku osôb na sledovanom ramene bola zaznamenaná pre behy 1 – 4 v nasledovných hodnotách $F_{1,1}$ = 1,25 $os.s^{-1}$, $F_{1,2}$ = 1,34, $os.s^{-1}$, $F_{1,3}$ = 1,51 $os.s^{-1}$, $F_{1,4}$ = 1,19 $os.s^{-1}$. Priemerná kapacita z evakuačného testu bola $F_{1,avg}$ = 1,32 $os.s^{-1}$, resp. $F_{2,avg}$ = 0,88 $os.m^{-1}.s^{-1}$. Priemerná kapacita únikovej cesty sa literatúre uvádza v hodnote 1 $os.s^{-1}$ pre schodisko šírky 1100 mm. Táto hodnota je platná najmä pre výškové budovy. STN udáva požiadavku na úrovni 0,5 $os.s^{-1}$, avšak pre jednotkový pás široký 0,55 m. Ak vynásobíme túto požiadavku šírkou ramena dostaneme maximálnu hodnotu rovnajúcu sa 1,25 $os.s^{-1}$. Priemerný tok z evakuačného testu sa tak približuje požiadavke normatívneho predpisu viac ako v prípade rýchlosti pohybu osôb.

2.4 Pohyb cez dvere, tok osôb cez dvere

Z pohľadu radenia osôb a ich prechodu cez dvere možno sledovať, že osoby prechádzajú za sebou (Obr. 3a). Len v niektorých prípadoch bol prechod cez dvere vykonaný súbežne dvomi osobami. V takomto prípade ale musela byť zabezpečená vzájomná koordinácia prechodu (Obr. 3b). Dokonca aj v prípade prechodu dvoch žien, je nevyhnutná vzájomná koordinácia (Obr. 3c). V prípade kombinácie muž-muž takýto prechod nebol zaznamenaný.

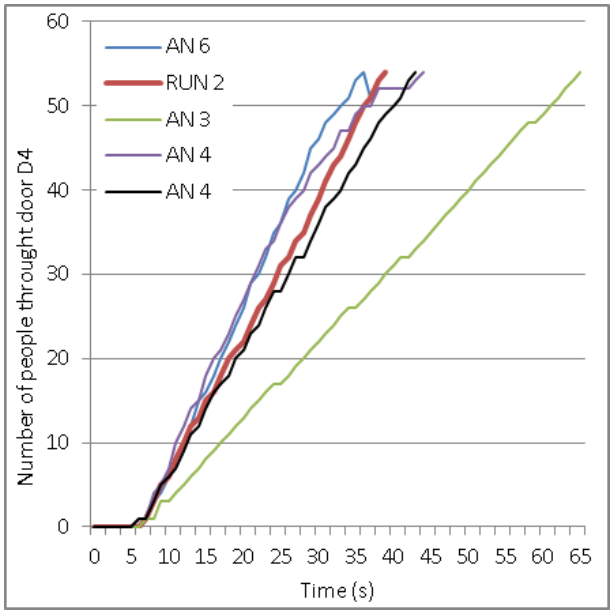


a) b) c)

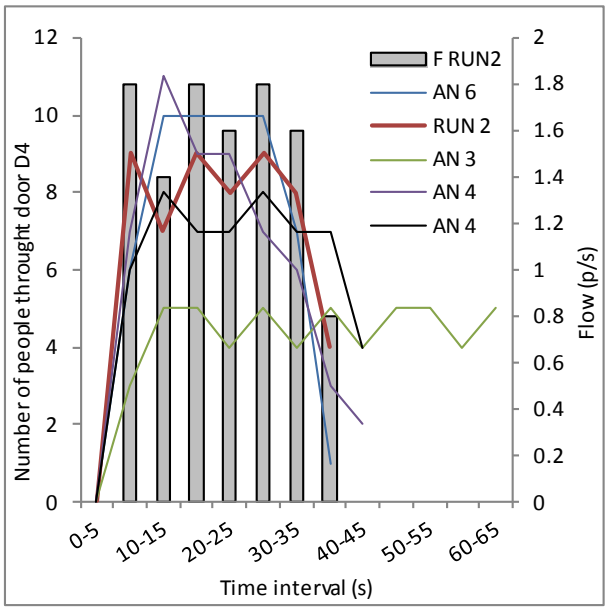
Obr. 3.: Pohyb cez dvere D4 a) muž-muž; b) muž-žena; c) žena-žena

Prechod dverami bol najvýznamnejší faktor evakuačného testu. Z pohľadu modelovania evakuácie predstavuje kritický bod. Porovnanie rôznych spôsobov riešenia tejto situácie pomocou modelu buildingExodus (BE) [17] a výsledky testu sú príkladom. BE umožňuje dve riešenia dverí šírky 800 mm. Buď to jedným uzlom

(1*0,5m) alebo dvoma uzlami (2*0,5m). Ani jedno riešenia nekorešponduje so skutočnou šírkou dverí , ktorá je 800 mm. Správna voľba kapacity dverí je preto nevyhnutná pre dosiahnutie zhody medzi modelom a testom. Presne navrhnuté dvere ukazujú zhodu v kumulatívnom priebehu času prechodu. Ako možno vidieť z výsledkov (Obr. 4a), jednouzlové riešenie (zelená krivka – AN4) nekorešponduje so skutočnosťou.



a)

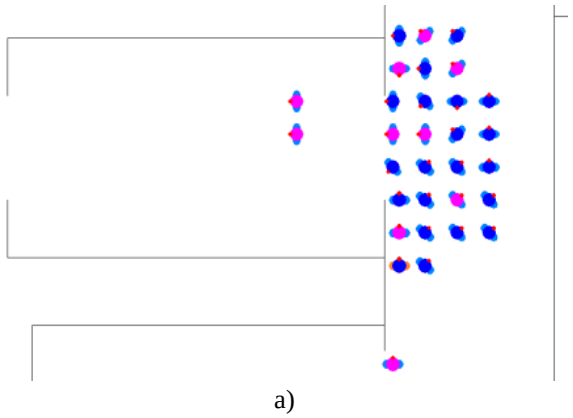


b)

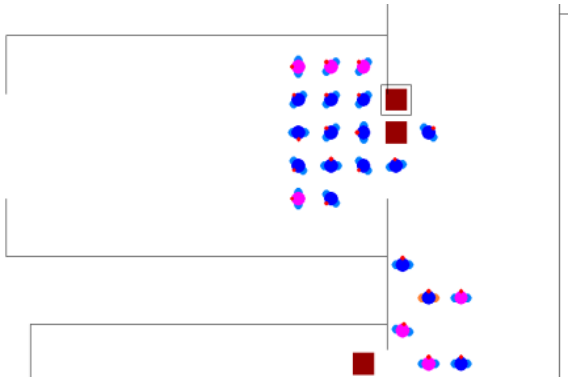
Obr. 4.: a) Kumulatívne krivky toku osôb dverami b) Tok osôb cez dvere v časových intervaloch

Dvojuzlové riešenia s nesprávne zvolenou kapacitou taktiež nevykazuje zhodu modelu s testom (modrá – AN 6 and fialová – AN 4). Správne riešenia reprezentuje čierna krivka – AN 4, ktorá je v zhode s testom.

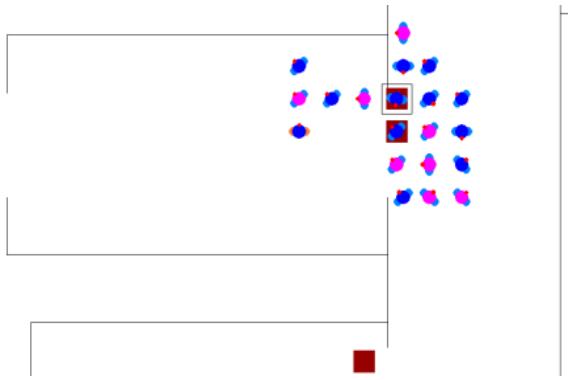
V prípade ak sú tokové parametre zvolené správne, osoby sa radia pred schodiskom v súlade s evakuačným testom. Radenia osôb pred schodiskom pre tri vybrané situácie znázorňuje obrázok 5.



a)



b)



c)

Obr. 5.: Koncentrácia osôb pred schodiskom pre rôzne modelové situácie a) zelená AN3; b) modrá AN6; c) čierna AN4

V obrázku 5a je prezentovaný výsledok radenia osôb, ktorý reprezentuje zelenú krivku s označením AN3. Počet osôb pred schodiskom je nízky a nekorešponduje s testom. Obrázok 5b reprezentuje modrú krivku AN6. Počet osôb pred schodiskom je vysoký a nekorešponduje s testom. Obrázok 5c reprezentuje čiernu krivku AN4a korešponduje s testom.

2.5 Pohyb po rovine

Rýchlosť po rovine bola meraná na úseku dlhom 3,6 m. Úsek je znázornený v obrázku 1. Hodnoty sú v rozsahu od v_2 = 1,45 – 1,97 m.s^{-1}. Priemerná hodnota je $v_{2,avg}$ = 1,6 m.s^{-1}. Podľa Anda [39] je maximálna rýchlosť chôdze 1,6 m.s^{-1} pre mužov, resp. 1,4 m.s^{-1} pre ženy. Počas behu 5 bola kapacita chodby $F_{7,5}$ = 1,66 os.s^{-1}. Maximálna koncentrácia osôb z behov 5 aj 6 bola 1,92 os.m^{-2}. Priemerná koncentrácia osôb zodpovedá schéme obsadenosti „C“ a „D“ podľa Fruina [2]. Koncentrácia na tejto úrovni neobmedzuje osoby v pohybe, preto aj hodnoty rýchlosti pohybu osôb sú vyššie. V behu 6 došlo k zaujímavej situácii, kedy prvých 18 osôb bežalo k dverám D5. Ich konanie bolo dobrovoľné. Priemerná hodnota rýchlosti pohybu bola $v_{3,avg}$ = 3,22 m.s^{-1}.

3. DISKUSIA

Evakuačné modely umožňujú pracovať s rôznymi vstupnými hodnotami. Pohybové parametre a tokové kapacity patria medzi najvýznamnejšie. Peacock [7] odporúča používať širokú škálu pohybových parametrov radšej ako úzky rozsah alebo ako jednu priemernú hodnotu. Ak sa použije širší rozsah údajov je možné predpokladať, že evakuačný model bude viac realistický.

Výsledky evakuačného testu a získané pohybové parametre a tokové kapacity je potrebné vidieť ako horné limity rozsahov používaných hodnôt pre evakuačné scenáre a simulačné výpočty. Výsledky testu boli ovplyvnené najmä nasledovnými faktami: evakuácia bola ohlásená, účastníci testu boli veľmi dobre oboznámený s prostredím; osoby neboli vystavené žiadnemu mentálnemu tlaku (vedeli, že sa jedná o cvičenie čo viedlo k pokojnej a hladkej evakuácii); žiadne veci brániace pohybu ako tašky, laptopy, osobné veci a pod.; fyziologické a zdravotné parametre osôb boli optimálne.

Získané údaje korešpondujú s údajmi v literatúre, ktoré popisujú pohyb osôb a tokové kapacity pre podobné skupiny osôb v prostredí, ktoré osoby poznajú veľmi dobre.

Výsledky poukazujú na potrebu aktualizácie pohybových parametrov pre výpočet času evakuácie v národnej norme. Hodnoty používané v norme pre výpočet evakuácie sú nízke nie len v porovnaní s výsledkami trstu ale aj s hodnotami používanými v iných krajinách či evakuačných modeloch.

V každom prípade je potrebné aj v budúcnosti naďalej vykonávať evakuačné testy. Pozornosť je potrebné zamerať na rozličné lokálne prekážky, ktoré môžu prerušiť či obmedziť pohyb osôb alebo spôsobiť prerušenie evakuácie či spôsobiť neočakávané reakciu evakuovaných. Počas evakuačných testov je potrebné vyvinúť snahu aby boli vytvorené podmienky, ktoré umožnia sledovať čo najprirodzenejšie konanie osôb. Veľmi zaujímavými možnosťami sú evakuačné testy so zameraním na špecifické problémy ako preťaženie chodieb, pohyb v priestore s vysokou koncentráciou osôb, pohyb osôb v miestnosti s odlišným usporiadaním nábytku, pohyb osôb v rôznych smeroch a pod. Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať deťom predškolského veku, pohybu zásahových jednotiek proti smeru hlavného prúdu a iné. V týchto oblastiach boli už vykonané nejaké práce ale ich počet ako aj množstvo informácií z nich získaných je nedostatočné.

ZÁVER

Článok prezentuje výsledky evakuačného testu zameraného na pohybové a kapacitné parametre evakuácie Dosiahnuté výsledky boli porovnané s údajmi dostupnými v literatúre a národnom predpise. Získané údaje o pohybe a kapacitách možno akceptovať ako horný limit v hodnotách používaných pre evakuačné scenáre a evakuačné modely. Výsledky možno akceptovať pre osoby veku do 30 rokov a pre osoby znalé prostredia. Vzájomné porovnanie výsledkov poukázalo, že najmä rýchlosti pohybu osôb v technických normách sú nízke a je potrebná ich aktualizácia.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] J.L. Bryan, A Selected Historical Review of Human Behaviour in Fire, Journal of Fire Protection Engineering, 16, 4-10, 2002.

[2] J.J. Fruin, Pedestrian Planning and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.

[3] J. Pauls, A Personal Perspective on Research, Consulting and Codes/Standards Development in Fire-related Human Behavior, 1969-1999, with an Emphasis on Space and Time Factors, Fire and Materials, 23(6), 265-272, 1999.

[4] V. M. Predtechenskii, A. I. Milinskii, Planning for Foot Traffic Flow in Buildings, Amerind Publishing, New Delhi, 1978.

[5] H. Weckman, S. Lehtimäki, S. Männikkö, Evacuation of a Theatre: Exercise vs. Calculations, Fire and Materials, 23(6), 357–361, 1999.

[6] J. Was, L. Robert, W. Mysliwiec, The Role of Proxemics in Pedestrian Evacuation : Comparison of Simulation and Experiment, Emergency Evacuation of People from Buildings, 377-384, 2011.

[7] R.D Peacock, B.L. Hoskins, E.D. Kuligowski, Overall and local movement speeds during fire drill evacuations in buildings up to 31 stories, Safety Science, 50 (8), 1655-1664, 2012.

[8] E.R. Galea, L. Hulse, R. Day, A. Siddiqui, G. Sharp, K. Boyce, L. Summerfield, D. Canter, M. Marselle, P.V. Greenall, The UK WTC 9/11 Evacuation Study: An Overview of the

Methodologies Employed and Some Preliminary Analysis, Pedestrian and Evacuation Dynamics, 3-24, 2008.

[9] Averill, J.D., Peacock, R.D. & Kuligowski, E.D. 2013, Analysis of the Evacuation of the World Trade Center Towers on September 11, 2001, Fire technology, vol. 49, no. 1, pp. 37-63.

[10] S. Gwynne, E.R. Galea, P.J. Lawrence, M. Owen, L. Filippidis, A Review of the Methodologies Used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment, Building and Environment, 34(6), 741-749, 1999.

[11] J. Pauls, The SFPE Handbook of Fire Protection engineering, National Fire Protection Association (NFPA), Quinci, 1995, 3-285.

[12] E.R. Galea, E.R. Principles and Practise of Evacuation Modelling, CMS Press, London, 2009.

[13] E.R. Galea, S. Blake, Collection and Analysis of Human Behaviour Data appearing in the Mass Media relating to the Evacuation of the World Trade Centre Towers of 11 September 2001, Building Disaster Assessment Ground (BDAG), London, 2004.

[14] STN 920201 – 3. Fire Protection of Buildings: Escape Routes and Evacuation of Occupants, SUTN, Bratislava, 2000.

[15] B.D. Hankin, R.A. Wright, Passenger Flows in Subways, Operational Research Quarterly, 9, 81-88, 1958.

[16] W. Daamen, S.P. Hoogendoorn, Emergency Door Capacity: Influence of Door Width, Population Composition and Stress Level, Fire Technology, 46, 1-17, 2010.

[17] FSEG. BuildingEXODUS. Version V5.0. FSEG, November 2012.

[18] K. Ando, H. Ota, T. Oki, Forecasting the Flow of People, Railway Research Review, 45(8), 8-14, 1988.

VÝSLEDKY ANALÝZY POVODŇOVÝCH RIZÍK V POVODÍ RIEKY BODVA

ANDREA MAJLINGOVÁ[1], MAROŠ SEDLIAK[2], LÁSZLÓ KOMJÁTHY[3]

Abstract *— In the article we introduce the approach to the analysis of flood risk in the form of flash flood susceptibility assessment. The experimental area is the Bodva river catchment. The degree of flood susceptibility was determined based on the data on meteorological situation, soil parameters, terrain morphology and land use. Input data and spatial analyses were performed and visualized in ArcGIS ver. 10 environment.*

Keywords *— flood; torrential rain; risk; susceptibility; GIS*

Abstrakt *— V príspevku sa venujeme popisu prístupu k analýze povodňových rizík a to vo forme stanovenia náchylnosti územia na výskyt povodne zapríčinenej prívalovou zrážkou. Modelovým územím je povodie rieky Bodva. Stupeň náchylnosti územia na vznik povodne bol stanovený na základe údajov o meteorologickej situácii, pôdnych parametroch, morfológii terénu a type využitia krajiny. Vstupné údaje a priestorové analýzy boli spracované a vizualizované v prostredí ArcGIS ver. 10.*

Kľúčové slová *— povodeň; prívalová zrážka; riziko; náchylnosť; GIS*

ÚVOD

Povodeň je charakterizovaná ako prechodné výrazné zvýšenie hladiny vodného toku, pri ktorom bezprostredne hrozí vyliatie vody z koryta vodného toku alebo sa voda z koryta vodného toku už vylieva [1].

Najčastejšou príčinou vzniku povodní sú extrémne intenzívne dažde alebo náhle roztápanie snehu kombinované s výrazne zníženou schopnosťou, niekde až neschopnosťou územia zadržať dažďovú vodu (z dôvodu poškodenia krajiny – napr. rozorané medze, zlikvidované remízky, vysušené močiare, či odvodnená poľnohospodárska pôda).

Rozsiahle asfaltové alebo betónové plochy miest prispievajú k rýchlemu odtoku dažďových vôd a k vysušovaniu pôdy pod týmito zastavanými plochami, vrátane znižovania zásob podzemných vôd a zmeny klímy v mestách. Tieto faktory spôsobujú zmeny odtokových pomerov a zvyšujú riziko lokálnych povodní. Vysušená pôda bez protieróznych opatrení (napríklad polia o rozlohe desiatok hektárov bez akejkoľvek vegetácie, či protieróznych opatrení) sa správa ako nepriepustný film. V takto poškodenom území môže ľahko vzniknúť povodňová vlna, ktorá sa v priebehu pár desiatok minút resp. hodín zdvihne na 3 či 4 metre, aj pri potôčiku, ktorého výška hladiny vody je zvyčajne 20 či 30 centimetrov.

Doterajšie dlhodobo uplatňované technologické postupy a spôsob hospodárenia s vodou v krajine spôsobujú postupný a trvalý pokles objemu zrážok, ktoré spadnú na naše územie a urýchľovanie odtoku vody z nášho územia. Tento fakt je spoločným menovateľom príčin vzniku povodní, ako aj postupne silnejúcich extrémnych prejavov počasia, vrátane povrchového prehrievania územia.

Dopad povodní, najmä pokiaľ ide o ľudské zdravie a hospodárske straty, sa stále zvyšuje. Spoločnosť sa stala voči týmto prirodzeným katastrofám zraniteľnejšou.

Ľudská činnosť a zásahy do rovnováhy prírody značne zmenili situáciu v celých povodiach riek. Plánovanie ochrany proti povodniam nemôže byť obmedzené na ochranu niekoľkých izolovaných položiek majetku v jednotlivých oblastiach proti určitému druhu nebezpečenstva. Pri zvážení evolúcie a nových trendov, vyžaduje prístup k prirodzeným katastrofám zmeny. Zásahy proti povodniam treba zmeniť od ochrany pred katastrofami k manažmentu prípustného rizika.

[1] Andrea Majlingová, Ing., PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: andrea.majlingova@tuzvo.sk

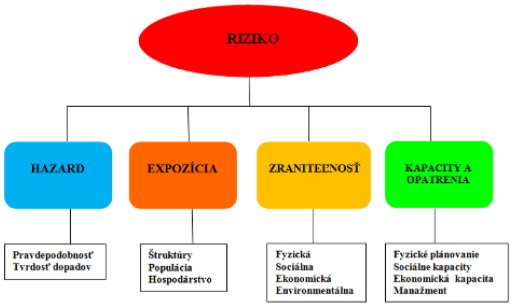
[2] Maroš Sedliak, Ing., Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: maros.sedliak@tuzvo.sk

[3] László Komjáthy, Dr., Katasztrofavédelmi Intézet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hungária krt. 9-11, H-1101 Budapest, Magyarország, e-mail: Komjathy.Laszlo@nke-uni.hu

Do popredia vystupuje otázka, aká úroveň bezpečnosti je dosiahnuteľná, za akú cenu a aká miera zostávajúceho rizika musí byť akceptovaná. Vhodnou metódou ako si poradiť s riešením tohto problému je manažment povodňových rizík.

1. PROBLEMATIKA

1.1 Základná terminológia vo vzťahu k rizikám výskytu povodne



Obr. 1 Koncepcia rizík podľa Davidsona (Zdroj: [2])

Riziko je funkciou hazardu a zraniteľnosti systému: R = f(H, Z). Vyjadruje sa pravdepodobnosťou zničenia daného systému alebo pravdepodobnosťou vzniku daného hazardu (negatívneho javu). Pre výpočet tejto pravdepodobnosti je možné použiť ako matematické, tak aj štatistické metódy. Pravdepodobnosť vzniku negatívneho javu sa veľmi často stanovuje na základe frekvencie výskytu povodní v minulosti, týka sa to najmä výskytu storočnej vody (Q100). Stanovenie rizika je podstatou tvorby protipovodňových varovných systémov. Tieto sú však v súčasnosti postavené na stanovení rizika vzniku povodne len na základe aktuálnej meteorologickej situácie s výhľadom na najbližšie 3 dni. Takým je aj európsky protipovodňový systém EFAS (European Flood Alert System). Na Slovensku sa len postupne buduje podobný protipovodňový varovný systém s názvom POVAPSYS.

Hazardom (hrozbou) sa označuje aktuálne nebezpečenstvo, teda jav, ktorý ohrozuje systém v čase jeho pozorovania. V prípade povodne je hazardom samotná povodeň. Aj túto však možno merať na základe faktorov, ktoré ovplyvňujú silu jej pôsobenia, napr. množstvo zrážok spadnutých za určený časový interval, existencia preventívnych opatrení – zabezpečovacie práce. Vo všeobecnosti je hazard funkciou expozície a zraniteľnosti.

Expozíciou (vystavením) sa rozumie charakter územia, pre ktoré sa vykonáva daná analýza. Jednotlivým charakteristikám sú priradené váhy podľa nebezpečenstva vzniku povodne a ohrozenia obyvateľov a ich majetku, napr. les vzhľadom na jeho vyššiu retenčnú schopnosť oceníme nižšou hodnotou váhy (inteval 0-1) ako poľnohospodársku krajinu, inundačné územia sú viac nebezpečné v čase povodne ako tie mimo nej, a pod.

Zraniteľnosťou označujeme dopady povodne (hazardu) na životné prostredie, na ekonomiku a spoločnosť. Za dopad na životné prostredie možno označiť nebezpečenstvo straty vrchnej, úrodnej, vrstvy pôdy, následnú degradáciu pôdy. Dopady na ekonomiku sú často úzko previazané s dopadmi na spoločnosť – zvýšené náklady vyplývajúce z vyplatenia poistného postihnutým osobám, odstraňovanie škôd po povodni, rekultivácia územia či budovanie náhradných obydlí.

Na druhej strane, v nepriamej úmere k zraniteľnosti je **pružnosť** systému. Do tejto skupiny patria všetky opatrenia, ktorých cieľom je minimalizácia dopadov povodne. Sú to opatrenia, ktoré sa opäť týkajú všetkých troch skupín: životné prostredie, ekonomika, spoločnosť. Pružnosť systému v sebe zahrňuje zároveň aj všetky personálne, materiálne, technické a technologické kapacity, ktoré majú slúžiť na účel zdolávania mimoriadnej udalosti.

1.2 Analýzy povodňových rizík

Vo svete sa vo všeobecnosti manažérstvu rizík a analýze jeho jednotlivých komponentov venuje viacero odborníkov.

Títo odborníci sú združení pod Inštitútom pre bezpečnosť obyvateľstva a životného prostredia UNU-EHS, ktorý bol zriadený v decembri 2003 a ktorý je časťou systému Univerzity Spojených národov. Reprezentovaný je celosvetovou sieťou výskumných a tréningových inštitútov. Jeho hlavou úlohou je zlepšiť bezpečnosť obyvateľstva prostredníctvom prístupov založených na poznatkoch a skúsenostiach vedúcich k redukcii zraniteľnosti a environmentálnych rizík. UNU-EHS poukazuje na aspekt rizika a zraniteľnosti bezpečnosti obyvateľstva, ako aj na dopady komplexných environmentálnych hazardov na zachovanie nepretržitého rozvoja. Práca inštitútu napomáha zlepšiť hlbšie pochopenie vzťahov akcia – reakcia, za účelom nájdenia spôsobov ako riziká a zraniteľnosti redukovať. Okrem toho poskytuje politikom, zákonodarcom, krízovým manažérom informácie a výsledky výskumu v tejto oblasti.

V našich podmienkach sa problematikou posudzovania povodňových rizík v zmysle posúdenia náchylnosti územia na vznik povodní, záplav zaoberal David [3] a to

v rámci riešenia projektu 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 bolo posudzovanie náchylnosti založené na viackriteriálnom posudzovaní viacerých faktorov, na spracovaní a následnej syntéze údajov v prostredí geografických informačných systémov. 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 [4] a problematikou posúdenia náchylnosti územia malého horského povodia vodného toku Hučava v masíve pohoria Poľana Majlingová, Závacká, Kliment [5]. Obidva prístupy sú založené na spracovaní údajov v prostredí geografických informačných systémov.

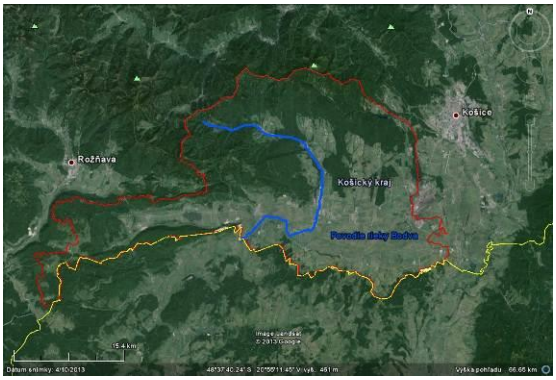
V práci Majlingová, Lubinszká [4] je uvedený prístup k posúdeniu náchylnosti územia z hľadiska hrozby povodne. zameraný skôr na posúdenie prírodného prostredia obvodu Poprad na základe modifikácie metodiky publikovanej Davidom [3].

Podobne ako v práci Davida [3] 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.

2. MATERIÁL A METODIKA

Identifikácia povodie rieky Bodva bola vykonaná v prostredí ArcGIS pomocou skupiny nástrojov „Hydrology", vychádzajúc z údajov hydrologicky korektného digitálneho modelu terénu.

Hodnotenie náchylnosti na výskyt povodne a teda zároveň expozície územia povodia rieky Bodva (obr. 1) na výskyt povodne, nakoľko náchylnosť je komponentom práve expozície, je vykonané na základe modifikácie a metodiky pre stanovenie povodňového rizika v malých povodiach publikovanej Davidom [3].



Obr. 1: Pohľad na územie povodia rieky Bodva

V rámci klasifikácie aspektu expozície, resp. náchylnosti sú posudzované jednotlivé skupiny faktorov, ktoré majú podstatný vplyv na vznik povodní z prívalových dažďov v malých až stredných povodiach. Hodnotenie bolo vykonané v prostredí GIS systému ArcGIS.

Posudzované sú v prvom rade nasledovné skupiny faktorov:

- meteorologické podmienky,
- pôdne podmienky,
- morfológia terénu,
- druhy využitia krajiny.

Na základe vzájomného vyhodnotenia jednotlivých vrstiev faktorov bola stanovená celková kategória (stupeň) náchylnosti. Náchylnosť je podobne ako zraniteľnosť alebo riziko kategorizovaná do 5 tried, tak ako to stanovujú medzinárodné klasifikácie.

Vo vzťahu ku meterologickým podmienkam sú pri danej možno za kľúčové označiť parametre zrážok. Meteorologický faktor je teda odvodený na základe zrážkových štatistických charakteristík na zrážkomerných staniciach situovaných v posudzovanom území. Na tento účel je najvhodnejšie použiť 24-hodinové úhrny, nakoľko podrobnejšie údaje nie sú všeobecne dostupné [3].

Tieto údaje je možné denne stiahnuť na web stránke Slovenského hydrometeorologického ústavu. K dispozícii sú dokonca údaje s predpoveďou množstva zrážok a najbližšie tri dni (model Aladin). Nakoľko je na Slovensku relatívne malý počet zrážkomerných staníc je vhodné stiahnuť údaje pre všetky zrážkomerné stanice na Slovensku a tieto údaje v prvok kroku interpolovať na celé územie Slovenska a až následne požívať výrez takéhoto rastra pre analýzy na lokálnej úrovni. Tento prístup je možné použiť pre operatívne vyhodnocovanie rizika vzniku povodne z hľadiska vývoja počasia v ohrozenej oblasti.

Pre účely hodnotenia náchylnosti možno za oveľa vhodnejší pokladá prístup cez klasifikáciu faktora erózneho účinku prívalového dažďa.

Pri zrážkovou vodou indukovaných eróznych procesoch vystupuje v úlohe erózneho činiteľa najmä dážď, ktorý pôsobí na predmet erózie – pôdu. Spomedzi viacerých charakteristík zrážok je vo vzťahu k erózii najvýznamnejšou vlastnosťou intenzita dažďa, pretože umožňuje vyjadriť kinetickú energiu dažďa, od ktorej závisí schopnosť dažďových kvapiek rozrušovať pôdne agregáty a uvoľňovať pôdne častice (plošný odtok iba v malej miere uvoľňuje častice). Okrem toho dažďové kvapky prispievajú k erózii aj nepriamo, prostredníctvom znižovania infiltračnej schopnosti pôdy, pretože uvoľnené častice sa ukladajú na povrchu pôdy a upchávajú póry, pričom pôsobením ďalších kvapiek sa zhutnia a vytvoria kôru. Transport uvoľnených častíc spôsobuje energia odtekajúcej vody. Povrchový odtok je rozdielom medzi intenzitou dažďa a infiltráciou, preto v prípade homogénnych pôdnych vlastností, intenzita dažďa odráža potenciál povrchového odtoku [6]. Účinok intenzity kritickej zrážky je determinovaný najmä priepustnosťou pôdy a účinok výdatnosti zrážky jej mechanickým zložením. O priebehu odnosu pôdy na začiatku zrážky rozhoduje okamžitý stav pôdy [7].

Eróziu spôsobujú takmer výlučne dažde s vysokou intenzitou, tzv. prívalové dažde (lejaky, prívalové lejaky, prietrže mračien), naopak dažde s nízkou kinetickou energiou (s nízkou intenzitou a prevažne malými kvapkami) nespôsobujú eróziu [6]. Krátkodobé dažde s veľkou intenzitou sú oveľa škodlivejšie ako dlhotrvajúce menej výdatné dažde [8]. Avšak celá prívalová zrážka sa nepodieľa na eróznom procese, ale len jej určitá časť, tzv. efektívna zrážka, ktorá spôsobuje povrchový odtok a tým vytvára podmienky vzniku a priebehu erózneho odnosu. Hraničná intenzita prívalových dažďov sa u autorov líši. Wischmeier, Smith [9] za prívalové dažde pokladajú tie, ktorých výdatnosť je vyššia ako 12,5 mm, sú od predchádzajúcich dažďov oddelené 6 a viac hodinovou prestávkou a ich maximálna intenzita prekračuje 24 mm/hod.; v RUSLE manuáli [10] sa za erózne dažde pokladajú tie, ktorých úhrn presahuje 12,7 mm, sú od ďalších dažďov oddelené 6 hodinovou prestávkou a ich najvyššia 15 minútová intenzita presahuje 24,13 mm/hod.; Toman [11], Hrnčiarová [12] vyhodnocujú dažde s úhrnom nad 10 mm a s maximálnou intenzitou nad 20 mm/hod., ktoré sú navzájom oddelené 6 hodinovou prestávkou, pretože už aj tieto vyvolávajú stratu pôdy; iné príklady uvádzajú Fulajtár a Janský [6]. Prívalové dažde sa v našich klimatických podmienkach vyskytujú len počas vegetačného obdobia (apríl až október) [13]. Vo všeobecnosti erózna účinnosť dažďa stúpa s narastajúcou kontinentalitou [6]. Slovensko sa nachádza na rozhraní vnútrozemského kontinentálneho a prímorského podnebia vo variabilných orografických podmienkach, preto je riešenie otázky prívalových dažďov zložité [8].

V modeli USLE (RUSLE a pod.) je vplyv dažďa vyjadrený ako faktor erózneho účinku prívalového dažďa – faktor R (index erodibility dažďa - EI index). Podľa Wischmeiera a Smitha [9] vyjadruje tento faktor súčin celkovej kinetickej energie dažďa E a jeho maximálnej 30-minútovej intenzity I_{max30}:

$$R = \sum_{j=1}^{n} E \times I_{max30}$$

Počíta sa v jednotkách MJ.ha-1.cm.hod-1.

Výpočet faktora R je časovo náročný, pretože vstupné informácie je potrebné získať vyhodnotením ombrografických záznamov aspoň za 50-ročné pozorovacie obdobie. Pričom intenzita dažďa sa počas prívalovej zrážky mení. Ombrografické krivky sa preto rozdeľujú na úseky s približne rovnakou intenzitou, pričom sa pre každý úsek samostatne vypočíta energia. Teda je potrebné vyhodnotiť každú prívalovú zrážku a následne efektívnu zrážku.

Meteorologický faktor vychádzajúc z popísaného prístupu možno klasifikovať do nasledovných 5 tried náchylnosti [14].

Kategória	Faktor R
1	0 - 5
2	5 – 12,5
3	12,5 – 17,5
4	17,5 – 22,5
5	22,5 - 27,5

Pri odvodení vrstvy faktora R boli použité nasledujúce podklady:

- digitálny model reliéfu z predmetného územia,

- vrstva klimatických oblastí SR a priemerných úhrnov zrážok v SR vo vektorovom údajovom formáte, vytvorená z kartografických podkladov z Atlasu krajinu [15], [16],

- vrstva ombrografických staníc SR (86 staníc) s údajmi faktora R, ktoré vypočítal Malíšek [8].

Vodná erózia pôdy má veľký význam pri modelovaní reliéfu krajiny ako aj pri degradácii úrodotvorných vlastností poľnohospodárskych pôd (dochádza k uvoľňovaniu a následnému transportu pôdnych častíc, na ktoré sú relatívne pevne fixované živiny a organická hmota). Vodná erózia sa prejavuje znižovaním hĺbky pôdneho profilu (predovšetkým biologicky aktívnej vrstvy pôdy), úbytkom organickej

hmoty a živín a rovnako aj zhoršovaním pôdnej štruktúry.

Účinnosť ochrany pôdy (výber vhodných protieróznych opatrení) pred vodnou eróziou vychádza z informácií o priestorovom rozšírení eróziou ovplyvnených pôd a jej intenzite v konkrétnych podmienkach záujmovej lokality.

V tomto prípade bolo hodnotenie pôdnych podmienok obmedzené len na hodnotenie straty pôdy spôsobenej prívalovou zrážkou. Digitálne vrstvy týkajúce sa týchto parametrov boli získané a odvodené z Atlasu krajiny Slovenskej republiky [17]. Jednotlivé množstvá erodovanej pôdy boli klasifikované do 4 kategórií náchylnosti [14].

Kategória	Strata pôdy [t/ha/rok]
1	0 - 4
2	4 - 10
3	10 - 30
4	30 a viac

Morfológia terénu hrá dôležitú úlohu v procese formovania odtoku prívalovej zrážky hneď z viacerých aspektov. V prvom rade z morfológie vyplývajú sklonové pomery v území, ktoré sú veľmi významným prvkom vzhľadom na rýchlosť povrchového odtoku i vzhľadom na intenzitu infiltračného procesu. Okrem toho je morfologickými podmienkami ovplyvnený tvar povodia, ktorý významným spôsobom ovplyvňuje priebeh odtokového procesu a tým do značnej miery ovplyvňuje aj tvar výsledného hydrogramu odtoku.

Na analýzu sklonov v predmetnom území bol použitý digitálny model reliéfu (DMR) s priestorovým rozlíšením 10 m. Ide o DMR 3. generácie, ktorý pre účely vypracovania práce poskytol Topografický ústav v Banskej Bystrici. Vrstva sklonov bola vytvorená v prostredí ArcGIS prostredníctvom modulu „Slope“. Použité boli jednotky stupne.

Z výslednej vrstvy sklonov sa následne odvodená hodnota sklonu pre jednotlivé povodia, na základe ktorej je stanovená kategória faktoru sklonu. Pre sklon boli stanovené nasledovné rozpätia jednotlivých tried sklonu povodia [3]:

Kategória	Rozsah sklonov [°]
1	0,0 – 1,4
2	1,4 – 2,9
3	2,9 – 4,3
4	4,3 – 5,7
5	5,7 a viac

Typ využitia krajiny má vplyv na odtokové pomery súvisiace so vznikom bleskových povodní z viacerých hľadísk. V prvom rade má vplyv na proces infiltrácie, ktorý môže byť v prípade niektorých typov využitia krajiny redukovaný až na minimum alebo eliminovaný úplne. Z ďalšieho hľadiska, jednotlivé typy využitia krajiny sú do značnej miery sprevádzané výskytom a objemom mikrodepresií, ktoré ovplyvňujú podiel príčinnej zrážky, ktorá je súčasťou povrchového odtoku. Ďalším dôležitým prvkom z hľadiska tvorby povodňových prietokov je aj skutočnosť, že typy využitia krajiny je možné korelovať s drsnosťami povrchu. Ten zohráva dôležitú úlohu v rýchlosti prúdenia vody po povrchu, a tým sa do značnej miery podieľa na ovplyvňovaní rýchlosti odtoku vody z plochy povodia [3].

Typy využitia krajiny boli pre posudzované územie povodia rieky Poprad získané klasifikáciou ortofotosnímok v prostredí ArcGIS, modul „Slice“. Na klasifikáciu bola použitá metóda maximálnej pravdepodobnosti. Snímky boli klasifikované do kategórií les, poľnohospodárska pôda, lúky a trvalé trávne porasty, urbánne a priemyselné oblasti (aj dopravná infraštruktúra) a vodné toky a vodné plochy. Tieto boli, vzhľadom na ich retenčné schopnosti, následne reklasifikované do 5 kategórií náchylnosti a extrahované pre jednotlivé subpovodia.

Kategória	Typ využitia krajiny
1	les
2	lúky a trvalé trávne porasty
3	poľnohospodárska pôda
4	urbánne a priemyselné oblasti
5	vodné toky a vodné plochy

Pôdna erózia je prirodzený proces často sa prejavujúci ireverzibilnými zmenami fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy [18]. Je to fyzikálny fenomén, ktorého výsledkom je odstránenie (premiestnenie) častíc pôdnej hmoty mechanickým pôsobením exogénnych činiteľov vyznačujúcich sa určitou kinetickou energiou ako sú dážď, prúdiaca voda (povrchový odtok) a vietor, zriedkavejšie ľad, topiaci sa sneh a živočíchy [6]. V našich pôdno-klimatických podmienkach sa najčastejšie vyskytuje vodná erózia pôdy. Samotný erózny proces zahrňuje čiastkové subprocesy, ktorými je pôdny materiál uvoľnený (dezintegrácia pôdneho povrchu), transportovaný (po pôdnom povrchu) a sedimentovaný (v svahových depresiách).

Samotné hodnotenie náchylnosti územia na vznik povodne je založené na multikriteriálnom hodnotení týchto faktorov nástrojmi mapovej algebry v prostredí systému ArcGIS.

Výsledná náchylnosť územia bola stanovená na základe súčtu hodnôt náchylnosti jednotlivých faktorov – modul „Math/Plus“. Výsledná hodnota súčtu bola

opäť klasifikovaná do 5 kategórií (stupňov) náchylnosti na vznik povodne – modul „Reclassify“.

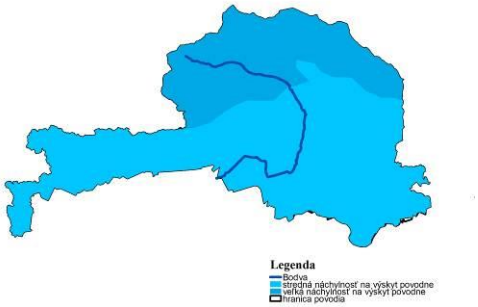
Ide o pomerne jednoduchú a rýchlu metódu na odhad prvotných rizík vzniku povodne spojených s náchylnosťou, resp. expozíciou územia, ktorá umožňuje jej vznik.

Pre túto metódu sme sa rozhodli aj vzhľadom na fakt, že tieto analýzy sú spracovávané pre účely riešenia spoločného projektu zameraného ochranu kritickej infraštruktúry pri povodniach v cezhraničnom regióne Maďarsko-Slovensko a zo strany partnerskej krajiny nemáme dostatočné údaje pre spracovanie dôkladnejších analýz, tak ako sú prezentované v práci Majlingová, Závacká, Kliment [5].

3. VÝSLEDKY

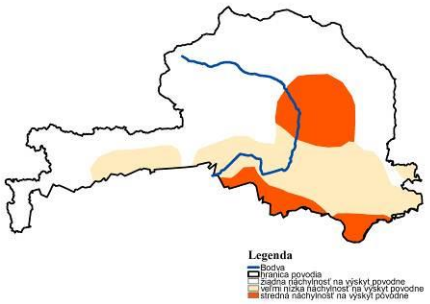
Výsledky analýz uvádzame v grafickej i tabelárnej forme.

Ako prvé boli analyzované meteorologické/klimatické faktory, ktoré boli reprezentované faktorom erózneho účinku dažďa. Dôvod prečo sme sa v analýze zamerali na výber práve tohto faktora bol už uvedený vyššie. Na obrázku 2 uvádzame výsledok tejto analýzy v grafickej podobe.



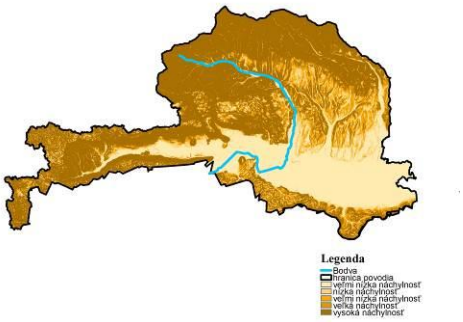
Obr. 2: Výsledky analýzy náchylnosti územia vzhľadom na meteorologické podmienky – faktor erózneho účinku dažďa

Ďalšou skupinou faktorov, ktoré vstupovali do hodnotenia celkovej náchylnosti územia na výskyt povodne boli parametre pôdy, ktoré boli v tomto prípade posudzované v zmysle straty pôdy spôsobenej prívalovou zrážkou. Výsledky analýzy sú uvedené na obrázku 3.



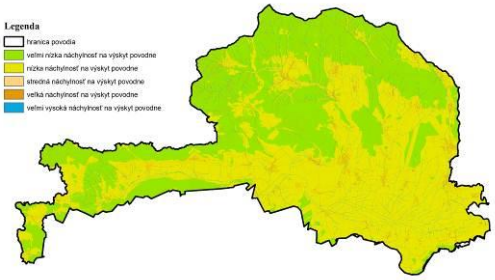
Obr. 3: Výsledky analýzy náchylnosti územia vzhľadom na pôdne pomery – strata pôdy v dôsledku vodnej erózie

Morfologické pomery boli v tomto prípade reprezentované sklonom terénu. Výsledky analýz sú znázornené na obrázku 4.



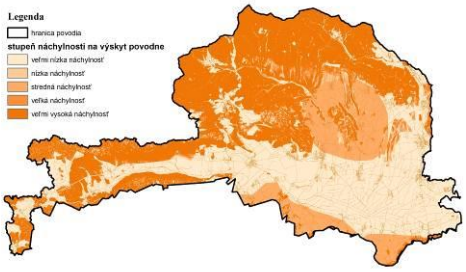
Obr. 4: Výsledky analýzy náchylnosti územia vzhľadom na morfologické podmienky – sklon terénu

Na obrázku 5 uvádzame výsledky analýzy náchylnosti povodia rieky Bodva na výskyt povodne vzhľadom na typ využitia krajiny.



Obr. 5: Výsledky analýzy náchylnosti územia vzhľadom na typ využitia krajiny

Na obrázku 6 uvádzame výsledky analýzy celkovej zraniteľnosti povodia rieky Bodva voči povodni na základe vzájomného posúdenia meteorologických, pôdnych, morfologických parametrov, ako aj typu využitia krajiny.



Obr. 6: Výsledky analýzy celkovej náchylnosti územia rieky Bodva vzhľadom na všetky spomínané skupiny faktorov

Z celkového vyhodnotenia náchylnosti územia na vznik povodne vyplýva, že na posudzovanom území sa vyskytujú nasledovné stupne náchylnosti vyjadrené percentuálnym podielom plochy, na ktorej sa nachádzajú k celkovej ploche povodia: veľmi nízka náchylnosť (1) sa nachádza na 31 % plochy povodia, nízka náchylnosť (2) sa nachádza na 19,7 % plochy povodia, stredná náchylnosť (3) na 6,1 % plochy povodia, veľká náchylnosť (4) na 43,2 % plochy povodia. Na vysoký podiel plochy územia so stredným ohrozením z hľadiska jeho náchylnosti na vznik povodne mali vplyv najmä dva z posudzovaných faktorov, a to sklon terénu a vo vyšších polohách aj faktor erózneho účinku prívalového dažďa.

Informácie o náchylnosti územia na vznik povodne by mali patriť medzi prvotné podklady pre plánovanie preventívnych opatrení protipovodňovej ochrany.

ZÁVER

Povodňová aktivita, ktorú bolo možné pozorovať posledné roky patrí medzi historicky najväčšie povodne svojho druhu na Slovensku za posledných 40 rokov. V súčasnosti sa čoraz viacej dostáva do popredia, v súvislosti so zvýšenou povodňovou aktivitou nielen na Slovensku, ale aj v celej Európe, otázka vplyvu klimatickej zmeny na vývoj danej situácie. Dopady klimatickej zmeny sa stávajú čoraz signifikantnejšie, ich intenzitu pociťujeme už aj na lokálnej úrovni.

Vychádzajúc z prognóz vývoja klimatickej zmeny je nevyhnutné do budúcnosti uvažovať a pripraviť sa na čoraz častejší výskyt extrémneho počasia od veľkého sucha až po extrémne zrážky či už v podobe dlhotrvajúcich dažďov alebo prívalových dažďov alebo ich kombinácie čo povedie k vzniku povodní aj v lokalitách, kde sa nenachádza žiadny vodný tok a kde povodne nikdy nepoznali.

Poznanie nebezpečenstiev (hazardov), ktoré v prípade ich prepuknutia a v prípade, že nie sú vykonané dostatočné preventívne opatrenia môže viesť až k mimoriadnym udalostiam veľkého rozsahu, je prvým predpokladom na zníženie zraniteľnosti územia a návrh a vykonanie vhodných a dostatočných preventívnych opatrení.

V prípade povodne prvým predpokladom vykonania správnych preventívnych opatrení či opatrení, ktorých cieľom je minimalizácia škôd spôsobených povodňou, je analýza náchylnosti územia na výskyt povodne či zraniteľnosti územia povodňou, ako aj pripravenosti obyvateľstva a zabezpečenia jednotlivých objektov pred povodňou. Tieto skutočnosti sú zložkami, ktoré vstupujú do hodnotenia rizika vzniku povodne a odhadu škôd, ktoré môže daná povodeň spôsobiť.

Tu prezentovaný príspevok sa zaoberá problematikou náchylnosti územia na vznik povodne, prezentuje prístupy, ktoré sú vhodné pre jej rýchle posúdenie, vychádzajúc aj z dostupnosti relevantných podkladov. Predpokladom vykonania analýz je schopnosť užívateľa pracovať v prostredí geografických informačných systémov.

Do budúcnosti plánujem túto analýzu doplniť aj o analýzy náchylnosti územia povodia rieky Bodva, ktoré je situované na území Maďarska.

Vykonané budú aj analýzy zraniteľnosti územia, resp. modelované budú dopady storočnej a päťstoročnej povodne a analyzovaná bude aj pripravenosť obyvateľstva tohto regiónu na krízové situácie, a to formou dotazníkového prieskumu.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Zákon NR SR č. 7/2010 Z.z. o ochrane pred povodňami

[2] DAVIDSON, R., 1997. An Urban Earthquake Disaster Risk Index. The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Report No. 121. Stanford, California.

[3] DAVID, V., 2008. Metodika stanovení povodňového rizika v malých povodích. In: Sympozium GIS Ostrava 2008 : sborník z mezinárodního sympozia konaného 27.-30.1.2008 v Ostravě. Ostrava, VŠB Technická univerzita, 9 s. ISBN 978-80-254-1340-1

[4] MAJLINGOVÁ, A., LUBINSZKÁ, Z., 2011. An assessment of urban area flood susceptibility. In Sympozium GIS Ostrava 2011 : sborník. - Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2366-9, [15] s. VEGA 1/0313/09 ; 1/0764/10. Požiadavky na systém: CD-ROM mechanika. Dostupné na internete:

http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2011/sbornik/papers/Lubinszka.pdf

[5] MAJLINGOVÁ, A., ZÁVACKÁ, M., KLIMENT, D.. 2012. An assessment of Hucava mountain stream catchment susceptibility to flooding. In Journal of forest science. - ISSN 1212-4834. - Vol. 58, no. 12 (2012), p. 553-559.

[6] FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L., 2001. Soil erosion and soil conservation. In: Soil Sci and Cons. Res. Inst. Bratislava.

[7] ZACHAR, D., 1970. Erózia pôdy. 2. Vydanie. SAV, Bratislava, 528 s.

[8] MALÍŠEK, A., 1990. Zhodnotenie faktora eroznej ucinnosti privalovej zrazky, Geografický časopis 42, s. 410–422.

[9] WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.E., 1978. Predicting rainfall erosion losses. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 537, Washington DC, s. 58.

[10] RENARD A KOL. 1993. Predicting soil erosion by water—a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE): U.S. Department of Agriculture Agricultural Handbook no. 703, 384 p.

[11] TOMAN, F., 1999. Vliv klimatických podmínek na výskyt vodní eroze v oblasti jižní Moravy. MZLU Brno, 54 s.

[12] HRNČIAROVÁ, T., 2001. Ekologická optimalizácia poľnohospodárskej krajiny (modelové územie Dolná Malanta). Bratislava, Veda, s. 134.

[13] ALENA, F., 1991. Protierózna ochrana na ornej pôde, Štátna melioračná správa, Bratislava.

[14] PÔDNY PORTÁL. 2013. Internetový portál: www.podnemapy.sk.

[15] LAPIN, M. A KOL., 2002. In Atlas krajiny Slovenskej republiky, 2002, Bratislava, Ministerstvo ŽP SR.

[16] FAŠKO, P., ŠŤASTNÝ, P., 2002. In Atlas krajiny Slovenskej republiky, 2002, Bratislava, Ministerstvo ŽP SR.

[17] ATLAS KRAJINY SLOVENSKEJ REPUBLIKY, 2002, Bratislava, Ministerstvo ŽP SR, 344 s.

[18] BIELEK, P. 1996. Ochrana pôdy: Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republike. Bratislava, VÚPOP, 54 s. ISBN 80-85361-21-3.

NOVÉ TRENDY POSUDZOVANIA POŽIARNEHO RIZIKA LIGNOCELULÓZOVÝCH MATERIÁLOV KÓNICKÝM KALORIMETROM

(POZVANÝ PRÍSPEVOK)

JOZEF MARTINKA [1], KAROL BALOG[2], TOMÁŠ CHREBET[3]

Abstract *The presented article describes the complex fire risk assessment process of lingo-cellulosic materials by cone calorimeter. The samples of Oak wood (Quercus robur* L.*) and Norway spruce wood (Picea abies* L.*) were used for fire risk assessment process description. Fire risk was evaluated by results obtained by cone calorimeter test according to ISO 5660-1:2002. The samples were loaded by heat radiation with heat flux density 20 kW.m^{-2}. Fire risk assessment except conventional procedure (heat release rate – HRR and CO yield determination) included specific CO and CO_2 production rate determination and evaluation. Fire risk was also determined by statistical dependence of HRR on CO_2 specific production rate and specific mass loss rate. Moreover the fire risk was determined by statistical dependence of specific CO production rate on HRR and specific mass los rate. Obtained results show a lower fire risk of spruce wood than oak wood in terms of HRR, and higher fire risk of spruce wood in terms of CO specific production rate. Spruce wood also shows a higher resistance of carbonised layer than oak wood to thermal degradation.*

Keywords *Occupational safety and health; cone calorimeter; lingo-cellulosic materials; fire risk; fire investigation.*

Abstrakt *V preloženom článku je popísaný postup komplexného posúdenia požiarneho rizika lignocelulózových materiálov na kónickom kalorimetri. Postup je ilustrovaný na vzorkách dreva duba letného (Quercus robur* L.*) a smreka obyčajného (Picea abies* L.*). Požiarne riziko bolo posúdené na základe údajov zmeraných na kónickom kalorimetri, skúšobným postupom podľa ISO 5660-1:2002. Vzorky boli počas skúšky zaťažené tepelným žiarením s hustotou tepelného toku 20 kW.m^{-2}. Posúdenie požiarneho rizika zahŕňalo okrem konvenčného postupu (stanovenie rýchlosti uvoľňovania tepla – HRR a výťažku CO) aj stanovenie a vyhodnotenie špecifickej rýchlosti tvorby CO a CO_2. Požiarne riziko bolo ďalej posúdené na základe štatistických závislostí HRR od špecifickej rýchlosti tvorby CO_2 a špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti, ako aj špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR a špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti. Získané výsledky dokazujú nižšie požiarne riziko smrekového dreva (v porovnaní s dubovým) z hľadiska HRR, ale vyššie z hľadiska špecifickej rýchlosti tvorby CO. Smrekové drevo vykazuje aj vyššiu odolnosť zuhoľnatenej vrstvy voči termickému rozkladu.*

Kľúčové slová *Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci; kónický kalorimeter; lignocelulózové materiály; požiarne riziko; zisťovanie príčin vzniku požiarov.*

1. ÚVOD

Požiarne riziko materiálov je najexaktnejšie možné vyjadriť rýchlosťou uvoľňovania tepla (HRR – heat release rate) [1] a výťažkom CO, ktorý je z toxikologického hľadiska najvýznamnejšou zložkou splodín horenia [2]. HRR a výťažok CO prakticky všetkých organických polymérov, nachádzajúcich sa vo významnom množstve (množstvo, ktoré môže významne ovplyvniť dynamiku rozvoja požiaru) v stavbách a dopravných prostriedkoch, sú dnes známe. Uvedené parametre, ale nie sú materiálovými konštantami a významným spôsobom závisia od vonkajších podmienok, predovšetkým od vlastností oxidačnej atmosféry a hustoty externého tepelného toku dopadajúceho na povrch materiálu. Z vlastností oxidačnej atmosféry má na proces horenia podľa [3] najvýznamnejší vplyv jej teplota, rýchlosť prúdenia a obsah kyslíka. Problematika vplyvu hustoty externého tepelného toku a parametrov oxidačnej atmosféry na proces a produkty horenia organických polymérov je podrobne popísaná vo vedeckých prácach [3-9].

Významný vplyv vonkajších podmienok na proces a produkty horenia je podľa [10] dôvodom používania relatívne vysokého počtu fyzikálnych modelov na simuláciu reálneho požiaru. Jedným z uvedených fyzikálnych modelov je kónický kalorimeter, ktorý umožňuje simuláciu oxidačného rozkladu materiálu zaťaženého

[1] Jozef Martinka, Ing., PhD., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: jozef.martinka@stuba.sk.

[2] Karol Balog, Prof., Ing., PhD., STU – MTF so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: karol.balog@stuba.sk.

[3] Tomáš Chrebet, Ing., PhD., STU – MTF so sídlom v Trnave, Paulísnka 16, 917 24 Trnava, e-mail: tomas.chrebet@stuba.sk.

tepelným žiarením a rozvíjajúceho sa požiaru (plameňové horenie s dostatočným prístupom vzduchu). Kónický kalorimeter patrí medzi najpoužívanejšie a najdokonalejšie zariadenie používané v oblasti požiarneho skúšobníctva. Umožňuje posúdenie vplyvu orientácie vzorky materiálu (vertikálna a horizontálna), jej veľkosti (pri použitý modifikovaného skúšobného postupu v porovnaní s [11]) a hustoty externého tepelného toku na HRR, rýchlosť úbytku hmotnosti vzorky (MLR – mass loss rate) a rýchlosť tvorby CO. Pri použití špeciálneho nadstavca umožňuje meranie aj vplyvu koncentrácie kyslíka a prípadne aj prietoku oxidačnej atmosféry na uvedené parametre. V základnej verzii (bez použitia špeciálneho nástavca) je možné zo zmeraných údajov presne alebo približne (v závislosti od chemického zloženia skúšaného materiálu) vypočítať aktuálny ekvivalentný pomer, tento však nie je možné meniť tak, ako napr. v zariadení na meranie propagácie požiaru (Fire Propagation Apparatus) podľa ASTM E2058-13[12]. Ekvivalentný pomer sa počas skúšky na kónickom kalorimetri dá, v určitom intervale (závislom od chemického zloženia a fyzikálnej formy materiálu), nastaviť zemnou hustoty externého tepelného toku (jej nárast spôsobí zvýšenie rýchlosti uvoľňovania rozkladných produktov) a rovnako reguláciou prietoku vzduchu v digestore (v tomto prípade sa však jedná o modifikovaný skúšobný postup v porovnaní so skúšobným postupom uvedeným v ISO 5660-1:2002 [11]). Pri tomto postupe je však nevyhnutné zachovať vysokú mieru opatrnosti pri hodnotení získaných údajov, nakoľko vyššia hustota externého tepelného toku síce zapríčiní vyššiu rýchlosť úbytku hmotnosti vzorky a teda aj nárast hodnoty ekvivalentného pomeru (pokles koeficientu nadbytku vzduchu), ale súčasne uľahčí oxidáciu rozkladných produktov až na konečné produkty horenia (H_2O a CO_2). Teda pokiaľ by bol ekvivalentný pomer zvýšený, zníženým prietoku vzduchu, bol by pri väčšine materiálov zaznamenaný vyšší výťažok CO, v porovnaní so zvýšením ekvivalentného pomeru na rovnakú hodnotu následkom zvýšenia hustoty externého tepelného toku. Ani regulácia prietoku vzduchu v digestore nemôže byť využitá na exaktné nastavenie ekvivalentného pomeru v širokom intervale nakoľko nie všetok vzduch (vzdušný kyslík), odsávaný digestorom, sa dostane až do zóny horenia. Skutočný ekvivalentný pomer je teda vždy vyšší, ako ekvivalentný pomer vypočítaný na základe MLR, prietoku vzduchu digestorom a stechiometrického pomeru medzi palivom a vzdušným kyslíkom.

Kónický kalorimeter sa v súčasnosti používa hlavne na stanovenie HRR, MLR, výťažku CO, celkového uvoľneného tepla a výhrevnosti materiálov. Výťažok CO je parameter umožňujúci exaktné porovnanie organických polymérov (pozostávajúcich len z uhlíka, vodka a prípadne kyslíka) z hľadiska toxicity vznikajúcich splodín horenia a prípadne aj dopadu ich spaľovania na životné prostredie. Nevýhodou výťažku CO je však fakt, že na jeho základe nie je možné získať takmer žiadnu (alebo len obmedzenú) predstavu o dynamike, resp. rýchlosti uvoľňovania CO počas horenia skúmaného materiálu. Materiály, ktoré vykazujú vyššiu produkciu (výťažok) CO v prvej fáze rozvoja požiaru (približne počas prvých desiatich minút) sú pre osoby nachádzajúce sa v stavbe (požiarnom úseku) zasiahnutom požiarom nebezpečnejšie v porovnaní s materiálmi, ktoré vykazujú vyššiu produkciu CO vo fáze plne rozvinutého požiaru (aj za predpokladu, že celkový výťažok CO je rovnaký). Pre exaktné posúdenie materiálov z hľadiska toxicity splodín horenia preto nestačí poznať len celkový (sumárny) výťažok CO, ale je potrebné poznať časový priebeh rýchlosti tvorby CO. Ďalším argumentom v prospech uvádzania údajov o rýchlosti tvorby CO (v porovnaní so sumárnym výťažkom) je možnosť ich využitia pri matematickom modelovaní požiarov. Nakoľko pri matematickom modelovaní požiaru je praktickejšie (a aj presnejšie) použiť údaj o časovej závislosti špecifickej rýchlosti tvorby CO (zmeranú pre určitú hustotu externého tepelného toku, orientáciu vzorky a ekvivalentný pomer), ako ju počítať z výťažku CO a MLR. V tomto prípade môžu vzniknúť nepresnosti dosadením sumárneho výťažku CO, nakoľko výťažok CO sa, rovnako ako MLR, pri väčšine materiálov mení s časom. Pri využití údajov o rýchlosti tvorby CO, odpadá aj potreba exaktne poznať časovú závislosť MLR materiálu (za účelom výpočtu koncentrácie CO v požiarnom úseku v požadovanom časovom intervale). Matematické modelovanie požiarov na základe uvedených dát nájde v praxi významné využitie najmä pri posudzovaní požiarneho rizika stavieb, posudzovaní podmienok evakuácie a v neposlednom rade pri zisťovaní príčin požiarov. Danú problematika je podrobne popísaná vo vedeckej práci Osvalda a Mózera [13].

Cieľom predloženého príspevku bolo popísať komplexný postup posúdenia požiarneho rizika lignocelulózových materiálov pomocou kónického kalorimetra. Uvedený postup bol popísaný na základe komplexného posúdenia požiarneho rizika dreva duba letného (*Quercus robur* L.) a smreka obyčajného (*Picea abies* L.). Požiarne riziko bolo posúdené na základe konvenčného prístupu (stanovením HRR a výťažku CO), ako aj na základe špecifickej rýchlosti tvorby CO a analýzy štatistických závislostí medzi vybranými parametrami (HRR, MLR, rýchlosťou tvorby CO_2 a CO).

2. POPIS EXPERIMENTU

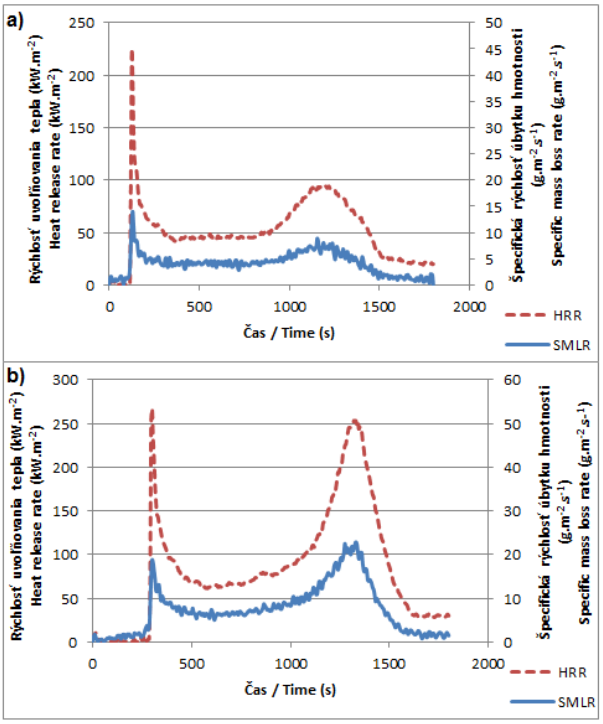
Na výskum boli použité vzorky dreva duba letného (*Quercus robur* L.) a smreka obyčajného (*Picea abies* L.) s rozmermi (100 x 100 x 20) mm. Priemerná hustota

vzoriek dubového dreva bola 732 ± 2,7 kg.m^{-3} (pri absolútnej vlhkosti 0 %) a smrekového dreva 335 ± 7 kg.m^{-3} (pri absolútnej vlhkosti 6 %).

HRR, MLR a špecifická rýchlosť tvorby CO_2 a CO boli stanovené na kónickom kalorimetri, skúšobným postupom podľa ISO 5660-1:2002 [11], pri hustote tepelného toku 20 kW.m^{-2}. Uvedenú hustotou tepelného toku považujú Karlsson a Quintiere [14] za kritickú z hľadiska prechodu požiaru do fázy flash-over (najčastejšie sa vyskytujúca nelineárna forma rozvoja požiaru). Meranie vzoriek oboch druhou dreva bolo opakované päť krát, pričom ako výsledné sú uvádzané priemerné hodnoty. Z dôvodu zachovania možnosti vzájomného porovnania skúmaných materiálov bol zvolený rovnaký čas trvania skúšky (30 min).

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

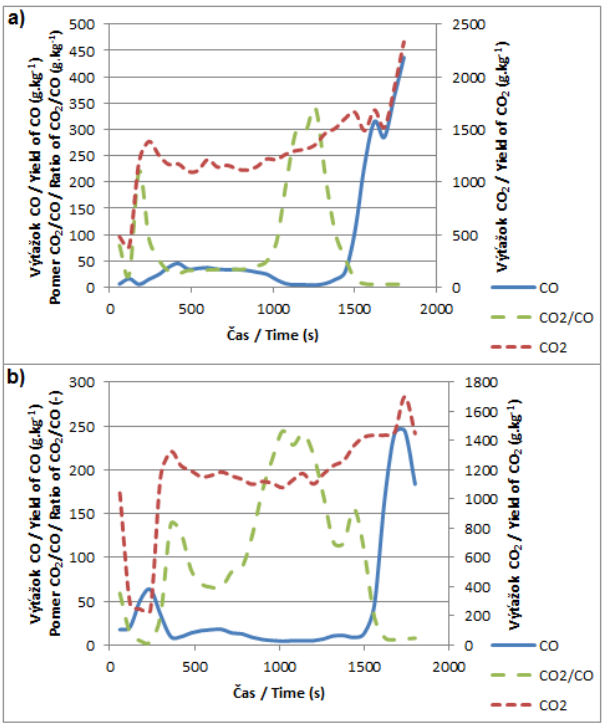
HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti (SMLR – specific mass loss rate) skúmaných materiálov sú znázornené na obr. 1. Výťažky CO_2, CO a ich vzájomný pomer ilustruje obr. 2. Výťažky CO_2 a CO prepočítané na uvoľnené teplo sú znázornené na obr. 3.



Obr. 1: HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti zo: a) smrekového dreva; b) dubového dreva

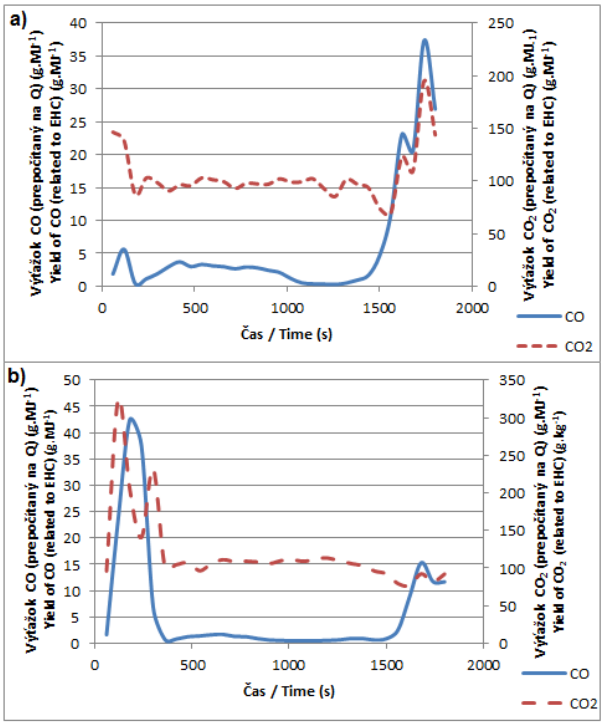
Fig. 1: HRR and specific mass loss rate from: a) spruce wood; b) oak wood

Prvý peak na časovej závislosti HRR aj SMLR (obr. 1a a 1b) bol pri oboch materiáloch zaznamenaný vo fáze iniciácie plameňového horenia. Túto skutočnosť je možné vysvetliť mechanizmom horenia dreva a drevných materiálov. Pri horení uvedených materiálov dochádza k postupnému vytváraniu zuhoľnatenej vrstvy na ich povrchu, ktorá spomaľuje ďalšie prehrievanie a termický rozklad vzorky. Problematika tvorby zuhoľnatenej vrstvy na povrchu dreva a drevných materiálov počas požiaru a jej vplyv na ďalší termický rozklad je podrobne popísaná vo vedeckých prácach [15]. Druhý peak bol rovnako pri oboch materiáloch zaznamenaný vo fáze bezplameňového horenia (žeravenia) uhlíkového zvyšku (zuhoľnatenej vrstvy na povrchu vzorky). Z porovnania dubového a smrekového dreva vyplýva, že pri horení dubového dreva sa podstatne väčší podiel tepla uvoľnil pri bezplameňovom horení (žeravení) uhlíkového zvyšku. Navyše porovnanie priebehov HRR a SMLR dokazujú, že zuhoľnatená vrstva smrekového dreva vykazuje vyššiu odolnosť voči termickej degradácii. Vyššia odolnosť voči termickej degradácii zuhoľnatenej vrstvy smrekového dreva je pravdepodobne spôsobená jej poréznejšou štruktúrou, ktorej výsledkom je nižší koeficient tepelnej vodivosti. Nižšia hodnota SMLR vo fáze bezplameňového horenia smrekového dreva, však mohla byť čiastočne spôsobená aj nižšou hmotnosťou vzorky smrekového dreva. Podobné výsledky pre skúmané materiály sú uvedené aj v [17-18].



Obr. 2: Výťažky CO a CO_2 a pomer výťažkov CO_2/CO zo: a) smrekového dreva; b) dubového dreva

Fig. 2: Yields of CO and CO_2 and ratio of CO_2/CO yields from: a) spruce wood; b) oak wood

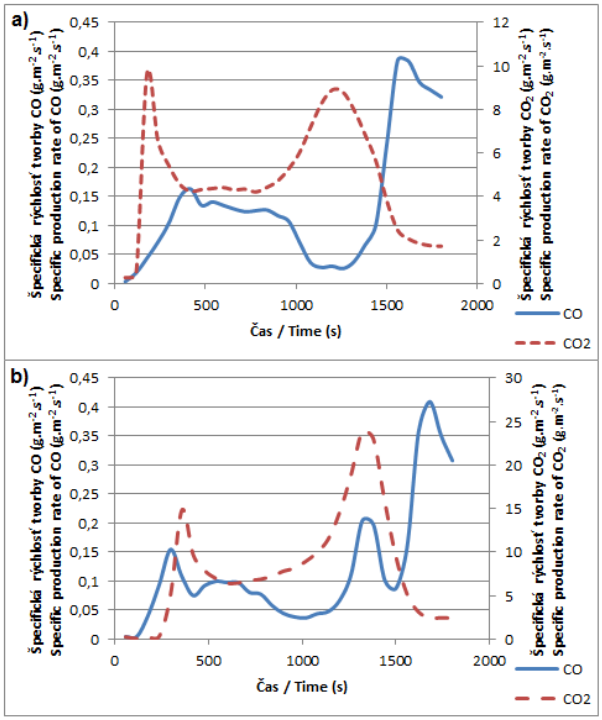


Obr. 3: Výťažky CO a CO_2 prepočítané na uvoľnené teplo zo: a) smrekového dreva; b) dubového dreva (Q označuje uvoľnené teplo)

Fig. 3: Yields of CO and CO_2 related to effective heat of combustion from: a) spruce wood; b) oak wood

Z porovnania výťažkov CO (obr. 2 a 3) vyplýva významný rozdiel medzi smrekovým a dubovým drevom, predovšetkým vo fázach iniciácie a horenia uhlíkového zvyšku. Zatiaľ čo pri smrekovom dreve bol vo fáze iniciácie zaznamenaný len nepatrný peak, v prípade dubového dreva bola (v prípade výťažku CO prepočítaného na uvoľnené teplo) zaznamenaný najvyššia hodnota práve vo fáze iniciácie. Tento rozdiel bol spôsobený zvolenou hustotou externého tepelného toku, nakoľko kritická hustota tepelného toku smrekového dreva je približne 15 $kW.m^{-2}$, zatiaľ čo dubového dreva až 20 $kW.m^{-2}$. Dubové drevo bolo teda iniciované kritickou hustotou tepelného toku (minimálny tepelný tok potrebný na iniciáciu materiálu). Kritická hustota tepelného toku spôsobovala jeho pomalý rozklad za súčasného uvoľňovania vysokého množstva rozkladných produktov (vrátane CO). Pokiaľ však nenastala iniciácia plameňového horenia, uvoľnené teplo bolo veľmi nízke. Relatívne vysoká rýchlosť tvorby CO, a takmer žiadne uvoľnené teplo vo fáze iniciácie, bolo príčinou výrazného peaku na časovej závislosti výťažku CO (prepočítaného na uvoľnené teplo) dubového dreva vo fáze iniciácie (obr. 3b). Smrekové drevo vykázalo naopak maximálny výťažok CO (prepočítaný na úbytok hmotnosti aj uvoľnené teplo) vo fáze bezplameňového horenia uhlíkového zvyšku. Vysoký výťažok CO v prípade horenia tuhého uhlíkového zvyšku však bol vo všeobecnosti očakávaný, nakoľko podľa Baloga [19] je nutnou podmienkou dokonalého horenia CO až na CO_2 určitý obsah vodíka alebo vodík obsahujúcich zlúčenín v zóne horenia. Pomer výťažkov CO_2/CO, na obr. 2, je dobrým indikátorom dokonalosti horenia skúmaných materiálov. Pomer výťažkov CO_2/CO bol pri výťažkoch prepočítaných na úbytok hmotnosti, ako aj uvoľnené teplo identický.

Celkový výťažok CO (prepočítaný na úbytok hmotnosti vzorky) bol stanovený pre smrekové drevo na 33,2 $g.kg^{-1}$ a pre dubové drevo na 16,25 $g.kg^{-1}$. Po zohľadnení faktu, že výhrevnosť oboch materiálov je takmer identická, vyplýva záver o miernejšom dopade spaľovania dubového dreva na životné prostredie. Pre porovnanie, vo vedeckých prácach [14, 20] sú pre drevo a drevné materiály horiace za dostatočného prístupu vzduchu uvedené nižšie výťažky CO (5 $g.kg^{-1}$). Daný rozdiel bol pravdepodobne spôsobený odlišnou vlhkosťou vzoriek, hustotou tepelného toku a prístupom vzduchu do zóny horenia.



Obr. 4: Špecifická rýchlosť tvorby CO a CO_2 zo: a) smrekového dreva; b) dubového dreva

Fig. 4: Specific production rate of CO and CO_2 from: a) spruce wood; b) oak wood

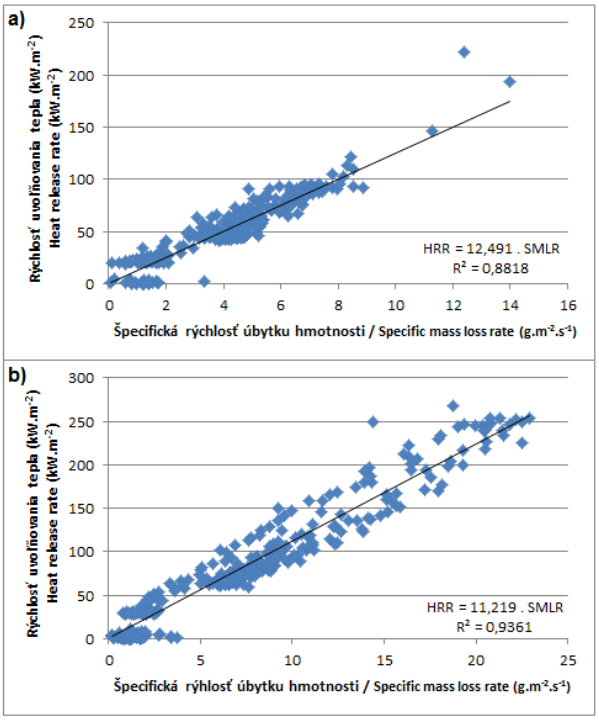
Výťažok CO je dobrým indikátorom na porovnanie materiálov (organických polymérov pozostávajúcich z uhlíka, vodíka a prípadne kyslíka) z hľadiska toxicity vznikajúcich splodín horenia, ako aj z hľadiska dopadu ich spaľovania na životné prostredie. Pre potreby požiarneho inžinierstva (matematické modelovanie požiarov) je však podstate výhodnejšie pracovať priamo so

špecifickou rýchlosťou tvorby CO a prípadne aj CO_2 tak, ako to ilustruje obr. 4. Pri použití dát o špecifickej rýchlosti tvorby CO a CO_2 postačuje pre výpočet koncentrácie uvedených plynov v požiarnom úseku informácia o ploche materiálu, jeho orientácii, hustote tepelného toku a geometrii otvorov.

Z obr. 4 vyplýva, že špecifická rýchlosť tvorby CO narastá od začiatku zaťaženia vzoriek tepelným žiarením. V prípade dubového dreva začína klesať približne od momentu iniciácie, zatiaľ čo pri smrekovom dreve začína klesať až vo fáze poklesu prvého peaku HRR. Najnižšia špecifická rýchlosť tvorby CO, v prípade smrekového dreva, je vo fáze žeravenia uhlíkovej vrstvy. Toto bolo spôsobné nízkou rýchlosťou úbytku hmotnosti zuhoľnatenej vrstvy. Naproti tomu pri dubovom dreve, bola zaznamenaná relatívne vysoká špecifická rýchlosť tvorby CO vo fáze žeravenia uhlíkovej vrstvy (druhý peak na obr. 4b). Toto bolo spôsobené nižšou poréznosťou zuhoľnatenej vrstvy dubového dreva a z toho plynúcim vyšším koeficientom tepelnej vodivosti. Zuhoľnatená vrstva dubového dreva sa teda v porovnaní so smrekovým rýchlejšie prehrievala a rozkladala (čo dokazuje aj obr. 1a a 1b). Výsledkom bola vyššia špecifická rýchlosť tvorby CO vo fáze žeravenia uhlíkovej vrstvy. Posledný, najväčší peak na obr. 4a a 4b, bol zaznamenaný vo fáze termického rozkladu zuhoľnatenej vrstvy prevažne externým tepelným tokom (bez výrazného príspevku tepla uvoľneného jej žeravením). V tejto fáze už nedochádzalo k samovoľnému žeraveniu zuhoľnatenej vrstvy a táto bola rozkladaná len následkom pôsobenia externého tepelného toku (za podmienok reálneho požiaru by však následkom pôsobenia tepelného toku napr. zo stropu dochádzalo k podobnému rozkladu, preto je potrebné počítať aj s uvedenou vysokou rýchlosťou tvorby CO za daných podmienok).

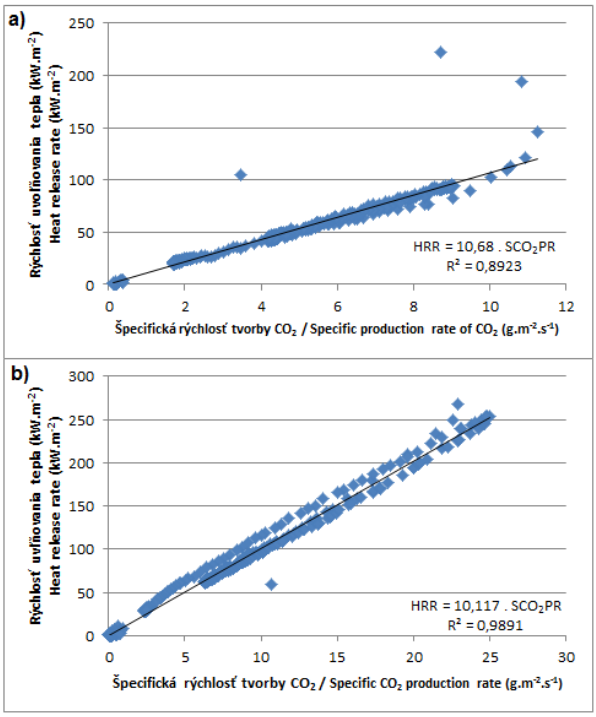
Pre exaktné porovnanie dubového a smrekového dreva z hľadiska špecifickej rýchlosti tvorby CO boli zmerané údaje podrobené jednofaktorovej analýze rozptylu (ANOVA). Priemerná hodnota špecifickej rýchlosti tvorby CO z dubového drevo bola 0,1216 $g.m^{-2}.s^{-1}$, naproti tomu zo smrekového dreva 0,1366 $g.m^{-2}.s^{-1}$. Na základe vypočítaných kritérií $F = 0{,}2825 < F_{crit} = 4{,}0069$ bola, na hladine významnosti $\alpha = 0{,}05$, prijatá nulová hypotéza o rovnosti priemernej špecifickej rýchlosti tvorby z dubového a smrekového dreva pri ich zaťažení tepelným tokom s hustotou 20 $kW.m^{-2}$.

Grafy štatistických závislostí HRR od SMLR sú znázornené na obr. 5, HRR od špecifickej rýchlosti tvorby CO_2 na obr. 6, špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR na obr. 7 a špecifickej rýchlosti tvorby CO od SMLR na obr. 8. Štatistické závislosti HRR od SMLR a špecifickej rýchlosti tvorby CO_2 sú pre dubové aj smrekové drevo lineárne. Na obr. 5 a 6 sú uvedené lineárne štatistické závislosti popísané rovnicami vypočítanými metódou najmenších štvorcov. Sila štatistickej závislosti je indikovaná koeficientmi determinácie (R^2). Vyššie koeficienty determinácie rovníc štatistickej závislosti HRR od SMLR a špecifickej rýchlosti tvorby CO_2 dubového dreva v porovnaní s drevom smrekovým, indikujú vyššiu účinnosť horenia dubového dreva. Grafy štatistických závislostí špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR a SMLR dokazujú, že dubové aj smrekové drevo vykazujú minimálnu špecifickú rýchlosť tvorby CO v rovnakom intervale HRR (približne od 80 do 100 $kW.m^{-2}$). Skúmané materiály sa však líšili faktom, že zatiaľ čo pri smrekovom dreve spôsobil ďalší nárast HRR len nepatrné zvýšenie špecifickej rýchlosti tvorby CO, tak pri dubovom dreve ďalší nárast HRR spôsobil exponenciálne zvýšenie špecifickej rýchlosti tvorby CO. Podobný záver platí aj pre závislosť špecifickej rýchlosti tvorby CO od SMLR (dubové drevo vykazovalo minimálnu špecifickú rýchlosť tvorby CO v intervale SMLR od 7 od 10 $g.m^{-2}.s^{-1}$, smrekové drevo vykázalo minimálnu špecifickú rýchlosť tvorby CO v intervale SMLR od 6 do 8 $g.m^{-2}.s^{-1}$).



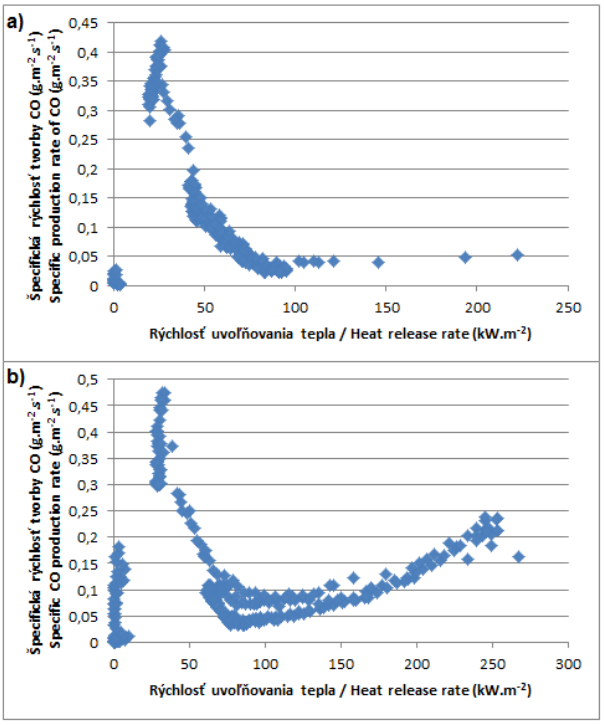
Obr. 5: Štatistická závislosť rýchlosti uvoľňovania tepla od špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti pre: a) smrekové drevo; b) dubové drevo

Fig. 5: Statistical dependence of HRR on specific mass loss rate for: a) spruce wood; b) oak wood



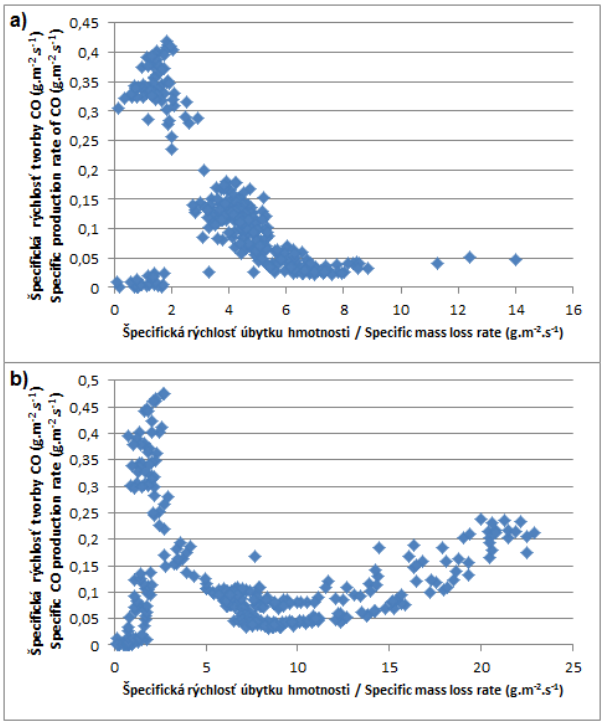
Obr. 6: Štatistická závislosť rýchlosti uvoľňovania tepla od špecifickej rýchlosti tvorby CO_2 pre: a) smrekové drevo; b) dubové drevo

Fig. 6: Statistical dependence of HRR on specific CO_2 production rate for: a) spruce wood; b) oak wood



Obr. 7: Štatistická závislosť špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR pre: a) smrekové drevo; b) dubové drevo

Fig. 7: Statistical dependence of specific CO production rate on HRR for: a) spruce wood; b) oak wood



Obr. 8: Štatistická závislosť špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR pre: a) smrekové drevo; b) dubové drevo

Fig. 8: Statistical dependence of specific CO production rate on HRR for: a) spruce wood; b) oak wood

Štatistické závislosti získaných údajov (predovšetkým rýchlosti uvoľňovania tepla od rýchlosti úbytku hmotnosti vzorky) majú veľmi dobrú výpovednú hodnotu o účinnosti horenia. Čím je uvedená štatistická závislosť silnejšia (silu štatistickej závislosti vyjadruje koeficient determinácie R^2 pričom platí, ak R^2 = 1 ide o priamoúmernú lineárnu funkčnú závislosť a ak platí R^2 = -1 ide o nepriamoúmernú lineárnu funkčnú závislosť), tým je vyššia aj účinnosť horenia. Uvedený záver platí relatívne presne, jedinú výnimku tvoria materiály, ktoré vykazujú vysokú variabilitu v obsahu vlhkosti (do tejto skupiny patria aj lignocelulózové materiály). Pri hodnotení dokonalosti horenia uvedených materiálov, na základe popísanej metódy, je potrebné poznať ich vlhkosť a zachovať vysokú mieru opatrnosti pri interpretácii výsledkov (pri vysokom obsahu vlhkosti sa v iniciačnej fáze na úbytku hmotnosti významne podieľa voda). Ešte vyššiu opatrnosť treba zachovať pri posudzovaní účinnosti horenia na základe sily štatistickej závislosti HRR od rýchlosti tvorby CO_2, nakoľko CO_2 je najdôležitejším vstupným parametrom pre výpočet HRR pri skúške na kónickom kalorimetri. Preto už relatívne nízky pokles koeficientu determinácie, pre uvedenú štatistickú závislosť, indikuje výrazný pokles účinnosti horenia. Stav, keď na uvedenej štatistickej závislosti vyskytuje relatívne málo extrémnych hodnôt (ktoré zapríčinili relatívne významný pokles koeficientu determinácie) indikuje, že nedokonalé horenie nepre-

biehalo počas celej skúšky, ale iba počas prechodných podmienok (iniciácia a/alebo uhasínanie).

Z hľadiska chémie horenia je dôležité poznať aj štatistickú závislosť rýchlosti tvorby CO od HRR a špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti vzorky. Stabilná špecifická rýchlosť tvorby CO s narastajúcou HRR a špecifickou rýchlosťou úbytku hmotnosti (od určitej hodnoty) indikuje vysokú termickú odolnosť zuhoľnatenej vrstvy. Tento predpoklad je potvrdzuje aj časová závislosť SMLR smrekového a dubového dreva (obr. 1).

4. ZÁVER

V predloženom článku bolo ilustrované komplexné posúdenie požiarneho rizika vybraných lignocelulózových materiálov, na základe údajov získaných pri ich skúškach na kónickom kalorimetri. Na ilustráciu postupu komplexného posúdenia požiarneho rizika bolo vybrané smrekové a dubové drevo. Uvedené materiály boli zvolené najmä kvôli faktu, že v oblasti požiarneho skúšobníctva sa jedná o relatívne dobre preskúmané materiály. Cieľom bolo nadviazať na konvenčný postup posúdenia požiarneho rizika materiálov (ktorý je založený na stanovení a posúdení HRR, výťažku CO a prípadne hmotnosti rezistentného zvyšku) a poukázať na aplikáciu ostatných údajov získaných počas skúšky na kónickom kalorimetri pri posudzovaní požiarneho rizika.

Zo získaných údajov vyplýva, že smrekové drevo, v porovnaní s dubovým, vykazuje nižšie požiarne riziko z hľadiska rýchlosti uvoľňovania tepla (maximálnej aj priemernej). Priemernú hodnotu špecifickej rýchlosti tvorby CO má smrekové drevo v porovnaní s dubovým vyššiu, uvedený rozdiel však nie je na základe výsledkov analýzy rozptylu (ANOVA) štatisticky významný.

Prezentované údaje boli získané pri hustote tepelného toku 20 $kW.m^{-2}$. Uvedená hustota tepelného toku je typická pre fázu požiaru flash-over. Posudzované materiály sa však pri iných hustotách tepelných tokov (typických pre post flash-over fázu) budú správať odlišne. Vo fáze post flash-over, však musí byť ukončená evakuácia osôb a preto z hľadiska rýchlosti tvorby CO sú relevantné predovšetkým údaje získané pri hustote tepelného toku 20 $kW.m^{-2}$.

Silným nástrojom na posúdenie požiarneho rizika materiálov sú štatistické závislosti, údajov získaných počas skúšky na kónickom kalorimetri. Spoľahlivé závery zo štatistických závislostí však môžu byť vyvodené až po zohľadnení chemickej alebo fyzikálnej podstaty závislosti medzi posudzovanými údajmi, ako aj chemického zloženia a fyzikálnych charakteristík materiálu a jeho správania sa počas skúšky.

Smrekové drevo v porovnaní s dubovým drevom vykazuje, na základe výsledkov štatistickej závislosti špecifickej rýchlosti tvorby CO od HRR a špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti, ako aj na základe časovej závislosti SMLR, vyššiu odolnosť voči termickému rozkladu zuhoľnatenej vrstvy.

Xu et al. [21] vo svojej vedeckej práci zistil, že na základe koeficienty korelácie medzi HRR a špecifickou rýchlosťou tvorby CO a CO_2, ako aj medzi špecifickými rýchlosťami tvorby CO a CO_2, je možné s pomerne vysokou presnosťou predikovať sklon vybraných syntetických polymérov k propagácii požiaru vo fáze flash-over. Posúdenie uvedenej možnosti pre ligno-celulózové materiály bude predmetom ďalšieho výskumu v tejto oblasti.

POĎAKOVANIE

Predložená práca vznikla vďaka finančnej podpore agentúry KEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky pre projekt č. 002STU-4/2013 „Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke“.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] Babrauskas V, Peacock RD. Heat release rate: the single most important variable in fire hazard. In *Fire Safety Journal*. 1992, vol. 18(3), s. 255-272.

[2] Martinka J, Hroncová E, Chrebet T, Balog K. A comparison of the behaviour of spruce wood and polyolefins during the test on the cone calorimeter. In *Advanced Materials Research.* 2013, vol. 726-731. s. 4280-4287.

[3] Martinka J, Kačíková D, Hroncová E, Ladomerský J. 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(1). s. 193-198.

[4] Ladomerský J, Hroncová E, Samešová D. Investigation of appropriate conditions for wood wastes combustion on basis of emission. In *Drewno*. 2003, vol. 46(170). s. 90-98.

[5] Ladomerský J, Hroncová E. Sledovanie vhodnosti podmienok vyhárania drevného odpadu v spaľovacej komore na základe emisií. In *Acta Mechanica Slovaca*. 2003, roč. 7(3). s. 595-600.

[6] Zachar M, Mitterová I, Xu Q, Majlingová A, Cong J, Galla Š. Determination of fire and burning properties of spruce wood. In *Drvna Industrija*. 2012, vol. 63(3). s. 217-223.

[7] Hu Y. CO2, NOx and SO2 emissions from the combustion of coal with high oxygen concentrations gases. In *Fuel*. 2000, vol. 79(15). s. 1925-1932.

[8] Luo SY, Xiao B, Hu ZQ, Liu SM, Guan YW. Experimental study on oxygen-enriched combustion of biomass micro fuel. In *Energy*. 2009, vol. 34(11). s. 1880-1887.

[9] Murphy JJ, Shaddix CR. Combustion kinetics of coal chars in oxygen-enriched environments. In *Combustion and Flame*. 2006, vol. 144(4). s. 710-729.

[10] Dvořák O, Charvátová V, Růžička M. *Nebezpečí toxicity zplodin hoření materiálů*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2007. 87 s.

[11] ISO 5660-1:2002 : Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).

[12] ASTM E2058-13 : Standard test methods for measurement of synthetic polymer material flammability using a fire propagation apparatus (FPA).

[13] Osvald A. Mózer V. Požiarne inžinierstvo ako metóda navrhovania požiarnej bezpečnosti. In Zachar M, Dúbravská K, editors. *Advances in Fire and Safety Engineering* 2012. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2012, s. 211-223.

[14] Karlsson B, Quintiere JG. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press, 2000. 336 s.

[15] Kačíková D, Makovická-Osvaldová L. Rýchlosť odhorievania dreva z rôznych častí stromu vybraných ihličnatých drevín. In *Acta Facultatis Xylologiae*. 2009, vol. 51(1). s. 27-32.

[16] Majlingová A, Osvald A, Osvaldová L. Porovnanie hrúbky zuhoľnatenej vrstvy a úbytku na hmotnosti u smreka obyčajného a smrekovca opadavého. In *Teplo – Oheň - Materiály 2007*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, s. 48-54.

[17] Parker WJ. Prediction of the heat release rate from basic measurements. In: Babrauskas V, Grayson SJ, editors. *Heat release in fires*. London: Interscience Communications, 2009. s. 333-356.

[18] Tran HC. Experimental data on wood materials. In: Babrauskas V, Grayson SJ, editors. *Heat release in fires*. London: Interscience Communications, 2009. s. 358-372.

[19] Balog K. *Samovznietenie*. Ostrava: SPBI, 1999. 133 s.

[20] Gottuk DT, Lattimer BY. Effect of combustion conditions on species production. In DiNenno PJ, editor. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. Maryland: SFPE, 2002. s. 2-54–2-82.

[21] Xu Q, Majlingova A, Zachar M, Jin C, Jiang Y. Correlation analysis of cone calorimetry test data assessment of the procedure with test of different polymers. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2012, vol. 110(1). p. 193-198. p. 65-70.

POROVNANIE SPRÁVANIA SA POLYOLEFÍNOV A BENZÍNU POČAS SKÚŠKY NA KÓNICKOM KALORIMETRI

JOZEF MARTINKA [1], TOMÁŠ CHREBET[2], IVAN HRUŠOVSKÝ[3], KAROL BALOG[4]

Abstract: *Presented article deals with behaviour (fire risk) comparison of petrol and polyolefins during the toes on the cone calorimeter. There are investigated samples of low density polyethylene (LDPE), isotactic polypropylene (PP) and pure petrol (without additives). The samples have been investigated on the cone calorimeter according to ISO 5660-1:2002 test procedure. The testing procedure has been modified for enable measurement of liquid samples. Modification of testing procedure has been laid in use of round container with 106 mm diameter and 15 mm height. During the petrol measurement the cone emitter has been removed. The polyolefin samples have been loaded by external heat flux with 20 kW.m^{-2} density. The petrol sample has not been loaded by external heat flux during the test. Investigated materials have been compared based on heat release rate (HRR) and carbon monoxide (CO) yield. Moreover the burning efficiency has been evaluated based on statistical dependence of HRR on specific mass loss rate and carbon dioxide (CO_2) production rate. Obtained results show that the LDPE has a lowest fire risk form investigated materials. Obtained data also show very similar behaviour of polyolefins to behaviour of flammable liquids. However similarity of polyolefins behaviour to flammable liquid behaviour depends on external heat flux density.*

Keywords: *petrol 1; cone calorimeter 2; fire risk 3; polyolefins 4; heat release rate 5*

Abstrakt: *Predložený článok sa zaoberá porovnaním správania sa (požiarneho rizika) benzínu a polyolefínov počas skúšky na kónickom kalorimetri. Na výskum boli použité vzorky nízkohustotného polyetylénu (LDPE), izotaktického polypropylénu (PP) a čistého benzínu (bez aditív). Vzorky boli skúmané na kónickom kalorimetri skúšobným postupom podľa ISO 5660-1:2002. Pri výskume benzínu bol skúšobný postup modifikovaný tak, aby umožnil meranie kvapalných vzoriek. Modifikácia skúšobnej metódy spočívala v použití kruhovej nádoby na vzorku s priemerom 106 mm a výškou 15 mm. Okrem toho pri meraní benzínu bol odstránený aj kónický žiarič. Vzorky polyolefínov boli zaťažené počas skúšky externým tepelným tokom s hustotou 20 kW.m^{-2}. Vzorka benzínu nebola počas skúšky zaťažená externým tepelným tokom. Skúmané materiály boli porovnané na základe rýchlosti uvoľňovania tepla (HRR) a výťažku oxidu uhoľnatého (CO). Okrem toho bola posúdená aj účinnosť horenia na základe štatistických závislostí HRR od špecifickej rýchlosti úbytku hmotnosti a rýchlosti tvorby oxidu uhličitého (CO_2). Zo získaných údajov vyplýva, že zo skúmaných materiálov vykazuje najnižšie požiarne riziko LDPE. Získané údaje ďalej dokazujú, že polyolefíny počas skúšky vykazujú správanie veľmi podobné správaniu horľavých kvapalín. Podobnosť správania sa polyolefínov správaniu sa horľavých kvapalín však závisí od hustoty externého tepelného toku.*

Kľúčové slová: *benzín 1; kónický kalorimeter 2; požiarne riziko 3; polyolefíny 4; rýchlosť uvoľňovania tepla 5*

1. ÚVOD

Materiály je možné z hľadiska časovej závislosti rýchlosti uvoľňovania tepla (HRR – heat release rate), stanovenej počas skúšky na kónickom kalorimetri, rozdeliť do dvoch základných skupín. Do prvej skupiny patria materiály, na ktorých povrchu sa počas skúšky vytvára zuhoľnatená vrstva. Do tejto skupiny patria lignocelulózové materiály a väčšina reaktoplastov. Druhá skupina je tvorená materiálmi, ktoré sa počas skúšky roztavia a ďalej horia ako horľavé kvapaliny. Sem patria predovšetkým termoplasty. Uvedená zatriedenie materiálov do jednotlivých skupín nie je jednoznačné, nakoľko napr. termoplasty môžu byť modifikované pridaním aditív (retardérov horenia) tak, aby sa na ich povrchu počas horenia vytvárala zuhoľnatená vrstva.

[1] Jozef Martinka, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: jozef.martinka@stuba.sk

[2] Tomáš Chrebet, Ing., PhD., STU – MTF, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: tomas.chrebet@stuba.sk

[3] Ivan Hrušovský, Ing., PhD., STU – MTF, Pauínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: ivan.hrusovsky@stuba.sk

[4] Karol Balog, Prof., Ing., PhD., STU – MTF, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: karol.balog@stuba.sk

Prvá skupina materiálov je charakteristická výrazným (ostrým) lokálnym maximom na časovej závislosti HRR, hneď po iniciácii plameňového horenia vzorky. Druhé výrazné lokálne maximum sa typicky vyskytuje vo fáze bezplameňového horenia (žeravenia) uhlíkovej vrstvy. Druhé lokálne maximum má v porovnaní s prvým typicky podstatne nižšiu rýchlosť nárastu aj poklesu. Maximálnu HRR vykazujú uvedené materiály buď v prvom alebo druhom lokálnom maxime. Výsledky vedeckých prác [1-5] dokazujú, že drevo a drevné materiály s nižšou hustotou vykazujú maximálnu HRR v prvom lokálnom maxime a drevo a drevné materiály s vyššou hustotou v druhom lokálnom maxime. Na uvedený parameter má však významný vplyv aj vek dreva (po spílení stromu) a hustota externého tepelného toku. S narastajúcou hustotou externého tepelného toku narastá podiel maximálnej HRR v druhom lokálnom maxime k maximálnej HRR v prvom lokálnom maxime. Naopak s narastajúcim vekom dreva (po spílení stromu) pomer maximálnej HRR v druhom lokálnom maxime k maximálnej HRR v prvom lokálnom maxime klesá.

Odlišné správanie (v porovnaní s lignocelulózovými materiálmi) vykazujú termoplasty (neupravené retardérom horenia). Uvedené materiály sa pôsobením externého tepelného žiarenia, ako aj spätného tepelného toku z plameňa roztavia a ďalej horia ako horľavé kvapaliny. Pre termoplasty zaťažené externým tepelným tokom s hustotou blízkou (mierne vyššou) kritickej hustote tepelného toku (minimálny tepelný tok potrebný na iniciáciu procesu horenia) je typický rýchly nárast HRR (rýchlosť nárastu nie je taká vysoká, ako u lignocelulózových materiálov a reaktoplastov). Po počiatočnom prudkom náraste je typický pozvoľný nárast. Postupné prehrievanie spätným tepelným tokom z plameňa môže vyvolať prehriatie povrchovej vrstvy na izokinetickú teplotu (nad ktorou začína zdanlivý var povrchovej vrstvy). Dosiahnutie izokinetickej teploty je sprevádzané rýchlym nárastom HRR. Nárast HRR má za následok zvýšenie hustoty spätného tepelného toku dopadajúceho z plameňa na povrch horiaceho termoplastu a jeho následné rýchle prehrievanie vedúce až k varu vzorky (v celom objeme). Fáza varu je typická výrazným peakom na časovej závislosti HRR a môže počas nej dôjsť až k pretečeniu vzorky zo skúšobnej nádoby. Na to, aby došlo k varu skúšanej vzorky, táto musí byť zaťažená tepelným tokom s určitou minimálnou hustotou (typickou pre konkrétny materiál). Veľmi podobnú časovú závislosť HRR majú aj horľavé kvapaliny (počiatočný rýchly nárast HRR sprevádzaný pozvoľným nárastom s nasledujúcim výrazným peakom vo fáze varu). Nevyhnutnou podmienkou dosiahnutia fázy varu, je rovnako ako u termoplastov dosiahnutie kritickej hustoty tepelného toku, ktorej hodnota závisí od chemického zloženia kvapaliny a vlastností (geometrie a tepelno-technických vlastností) nádoby.

Podrobnejšie delenie tuhých materiálov uvádzajú Filipi [6] a Kačíková [7]. Podľa citovaných autorov môžu horľavé plyny a pary počas termického zaťaženia tuhého materiálu vznikať: sublimáciou, topením a vyparovaním bez chemickej zmeny, topením nasledovaným rozkladom a vyparovaním nízkomolekulových frakcií, rozkladom na taveninu a následným vyparovaním alebo rozkladom priamo na prchavé produkty. Aj keď z uvedeného hľadiska vykazuje benzín (vyparovanie) a polyolefíny (topenia a následný rozklad a vyparovanie nízkomolekulových frakcií) rozdiel v tvorbe horľavých produktov (a tým aj mechanizme horenia), existujú medzi procesom horenia benzínu (horľavých kvapalín) a termoplastov viaceré paralely. Uvedené paralely sú tak významné, že napr. vo vedeckej literatúre [8-10], sú požiare horľavých kvapalín a termoplastov uvádzané v spoločnej kapitole (napr. s názvom pool fire – požiar mláky alebo liquid fire – požiar kvapaliny).

Uvedené skutočnosti naznačujú, že horľavé kvapaliny je možné skúšať principiálne rovnako, ako termoplasty. Napriek tomu, sa kónický kalorimeter v súčasnosti využíva takmer výlučne len na skúšky tuhých materiálov. Cieľom predloženého príspevku je porovnanie správania (požiarneho rizika) sa benzínu a polyolefínov (LDPE a PP) počas skúšky na kónickom kalorimetri. Zo vzájomného porovnania správania sa skúmaných materiálov posúdiť predpoklady na využiteľnosť kónického kalorimetra na výskum horľavých kvapalín. Ďalším cieľom je navrhnúť kritériá umožňujúce exaktné porovnanie tuhých a kvapalných látok počas skúšky na kónickom kalorimetri.

2. POPIS EXPERIMENTU

Na výskum boli použité vzorky nízkohustotného polyetylénu (LDPE – low-density polyethylene) s hustotou 930 $kg.m^{-3}$, izotaktický polypropylén (PP) s hustotou 900 $kg.m^{-3}$ a čistý benzín (bez aditív) s hustotou 748,2 $kg.m^{-3}$.

HRR a výťažky CO skúmaných materiálov (LDPE a PP) boli stanovené na kónickom kalorimetri skúšobným postupom podľa ISO 5660-1:2002 [10] pri hustote tepelného toku 20 $kW.m^{-2}$. Hmotnosť skúmaného LDPE a PP bola 50 ± 0,1 g. Rovnako benzín bol skúmaný na kónickom kalorimetri modifikovaným skúšobným postupom. Modifikácia skúšobného postupu bola založená na použití nádoby s priemerom 106 mm a výškou 15 mm. Uvedený priemer nádoby bol zvolený za účelom dosiahnutia rovnakej plochy vzorky 88,4 cm^2, ako požaduje ISO 5660-1:2002 pre tuhé materiály. Benzín bol iniciovaný štandardným iskrovým iniciátorom, bez zaťaženia externým tepelným tokom z kónického žiari-

ča. Kónický žiarič bol (z dôvodu zabránenia jeho prehrievania plameňom a následnému spätnému žiareniu na povrchu horiacej vzorky) odstránený pred začiatkom skúšky. Hmotnosť vzorky benzínu použitá na jednu skúšky bola 100 ± 0,1 g. Komplexný popis použitého skúšobného postupu benzínu uvádza vo svojej vedeckej práci Martinka et al. [12]. Fyzikálno-chemické vlastnosti skúmaného benzínu ilustruje tabuľka 1.

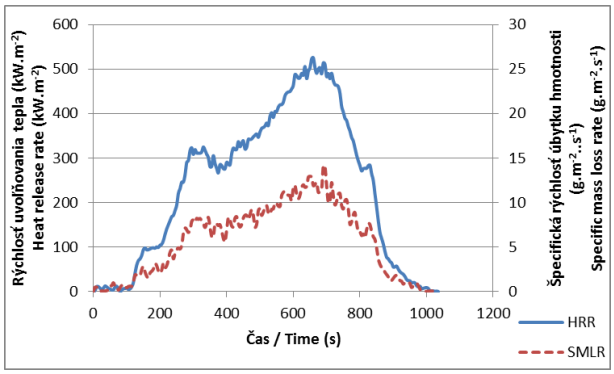
Skúška pre každú vzorku bola opakované päť krát a ako výsledné sú uvádzané priemerné hodnoty.

Tab. 1.: Fyzikálno-chemické vlastnosti skúmaného benzínu [13]

Fyzikálno-chemické vlastnosti	
Hustota (kg.m^{-3})	748,2
Začiatok destilácie (°C)	33,9
Destilačný zvyšok pri 70 °C (%)	72,6
Destilačný zvyšok pri 100 °C (%)	52,4
Destilačný zvyšok pri 150 °C (%)	21,9
Destilačný zvyšok pri 180 °C (%)	4,9
Koniec destilácie (°C)	201,7
Obsah vody (mg.kg^{-1})	70
Oktánové číslo – výskumná metóda (-)	95,6

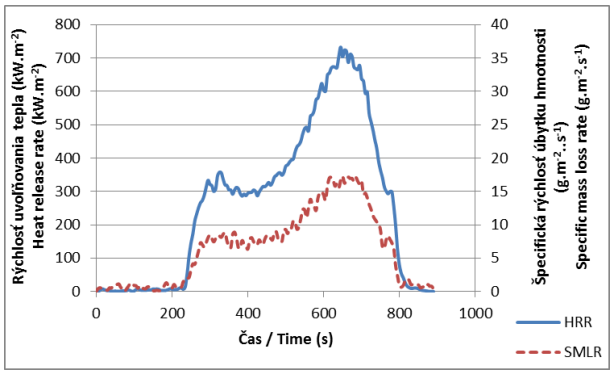
3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti (SMLR – specific mass loss rate) skúmaných vzoriek sú znázornené na obr. 1 až 3. Z údajov na obr. 1 až 3 vyplývajú nasledovné závery. Benzín sa pri použití iskrového iniciátora zapálil skôr, ako LDPE a PP. Uvedený fakt bol dôsledkom zvoleného skúšobného postupu a tepelnej kapacity LDEP a PP (benzín je možné zapáliť už pri izbovej teplote, naproti tomu LDEP a PP sa museli počas skúšky najskôr zohriať na kritickú teplou). Po zohľadnení hmotnosti vzorky (benzín 100 g a termoplasty 50 g), vykazoval benzín podstatne vyššiu priemernú SMLR (15,56 g.m^{-2}.s^{-1}, naproti tomu LDPE necelých 5,71 g.m^{-2}.s^{-1} a PP 6,56 g.m^{-2}.s^{-1}). Uvedený rozdiel bol spôsobený faktom, že LDPE a PP sú tuhé látky, na termicky rozklad ktorých je potrebné viac tepla, ako na vyparovanie benzínu. Pri zvyšovaní hustoty externého tepelného toku, by však narastal aj SMLR termoplastov. Rozdiel medzi termoplastami a benzínom by preto mohol byť exaktne posúdený na základe hustoty externého tepelného toku, pri ktorej by vykázali rovnaké SMLR. Čím je potrebná vyššia hustota externého tepelného toku na dosiahnutie uvedeného SMLR, tým vykazuje termoplast nižšie požiarne riziko z hľadiska HRR v porovnaní s benzínom (horľavou kvapalinou). Uvedené výsledky potvrdzujú v zhode s [14-16] vyššiu termickú odolnosť a odolnosť voči iniciácii PP v porovnaní s LDPE (PP vykázal za rovnaký čas takmer dvojnásobný čas iniciácie). Na druhej strane však dokazujú, že ak už dôjde k zapáleniu uvedených materiálov, tak LDPE vykazuje nižšie požiarne riziko v porovnaní s PP (nižšia maximálna aj priemerná HRR).



Obr. 1: HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti LDPE zaťaženého tepelným tokom 20 kW.m^{-2}

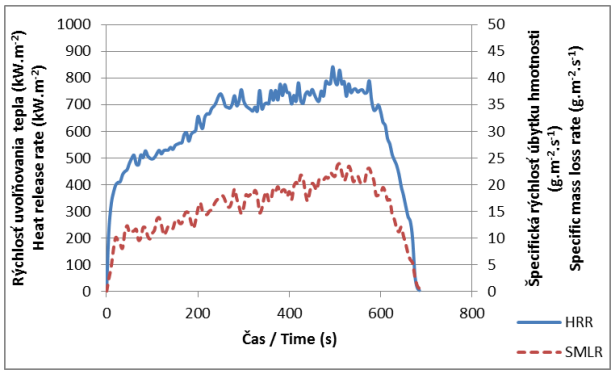
Fig. 1: HRR and specific mass loss rate of LDPE loaded by external heat flux with 20 kW.m^{-2} density



Obr. 2: HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti PP zaťaženého tepelným tokom 20 kW.m^{-2}

Fig. 2: HRR and specific mass loss rate of PP loaded by external heat flux with 20 kW.m^{-2} density

Účinnosť horenia bola posúdená na základe výťažkov CO (prepočítaného na úbytok hmotnosti vzorky). Výťažok CO z LDPE bol 27,95 g.kg^{-1}, z PP 38,41 g.kg^{-1} a z benzínu 58,6 g.kg^{-1} (pozn. uvedené hodnoty boli publikovaná aj vo vedeckých prácach Martinku et al. [12, 17]). Výťažok CO (prepočítaný na uvoľnené teplo) z benzínu bol 1,48 g.MJ^{-1} (podľa [12]), z LDPE 0,83 g.MJ^{-1} a z PP 1,35 g.MJ^{-1}. Z uvedeného vyplýva, že zo skúmaných materiálov má najvyššiu účinnosť horenia (najnižšie požiarne riziko z hľadiska výťažku CO) LDPE. Rovnako z hľadiska posudzovania vplyvu na životné prostredie vykazuje najnižší dopad LDPE (najnižší výťažok CO na MJ uvoľneného tepla). Z výsledkov vedeckých prác Ladomerského et al. [18-19] vyplýva, že výťažok CO (koncentrácia v splodinách horenia) je dobrým indikátorom koncentrácie nespálených uhľovodíkov. Teda výťažok CO je dobrým indikátorom výťažku ostatných toxických splodín horenia.

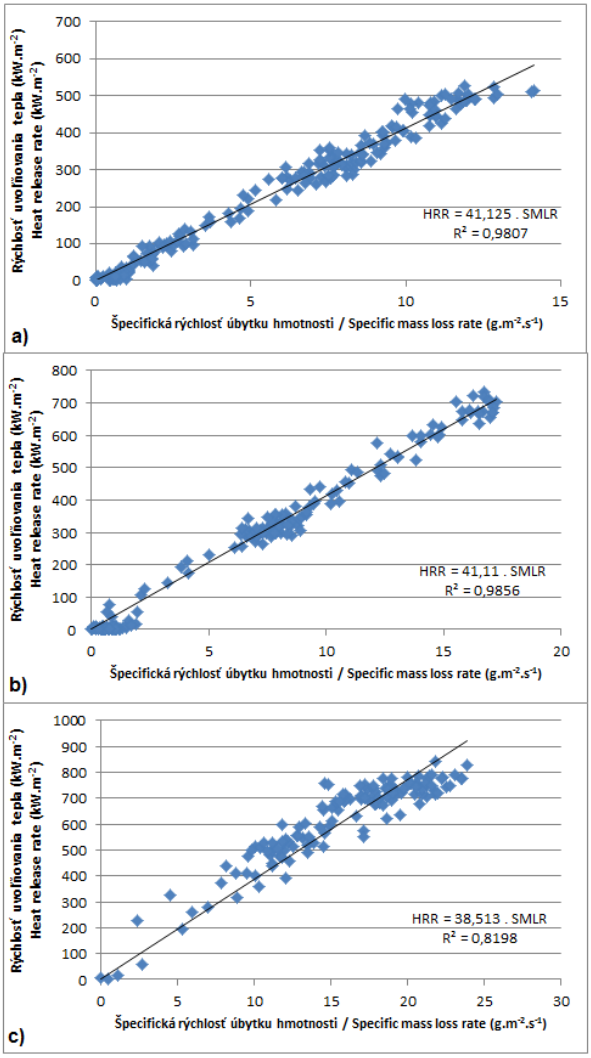


Obr. 3: HRR a špecifická rýchlosť úbytku hmotnosti benzínu nezaťaženého externým tepelným tokom

Fig. 3: HRR and specific mass loss rate of petrol unloaded by external heat flux

Pre jednoznačné porovnanie skúmaných materiálov z hľadiska účinnosti horenia, boli zostavené štatistické závislosti HRR od SMLR a rýchlosti tvorby CO_2. Uvedené štatistické závislosti, spolu s rovnicami štatistických závislostí a koeficientmi determinácie (R^2) sú znázornené na obr. 4 a 5. Koeficienty determinácie R^2 vyjadrujú silu štatistickej závislosti (R^2 = 1, indikuje priamo úmernú lineárnu funkčnú závislosť a R^2 = -1 nepriamo úmernú lineárnu funkčnú závislosť). Na obr. 4 až 5 však vyjadrujú aj relatívnu mieru dokonalosti horenia. Pri absolútne dokonalom horení by bol koeficient determinácie štatistických závislosti HRR od SMLR rovný 1. V tomto prípade by totiž HRR bola len funkciou rýchlosti úbytku hmotnosti. Podobný záver platí aj o závislosti HRR od špecifickej rýchlosti tvorby CO_2. Uvedené závery však neplatia úplne, nakoľko pri rozklade materiálu sa v rôznych štádiách môžu uvoľňovať zlúčeniny s rôznou výhrevnosťou, teda ani pri absolútne dokonalom horení by nemusela byť podmienka R^2 = 1 pre závislosť HRR od SMLR splnená (pri reálnych látkach sú však odchýlky minimálne). Podobný záver platí aj o závislosti HRR od rýchlosti tvorby CO_2, nakoľko významný podiel na uvoľnenom teple má aj rýchlosť tvorby vody (pri algoritme výpočtu používanom v kónickom kalorimetri môže byť uvedený vplyv takmer zanedbaný).

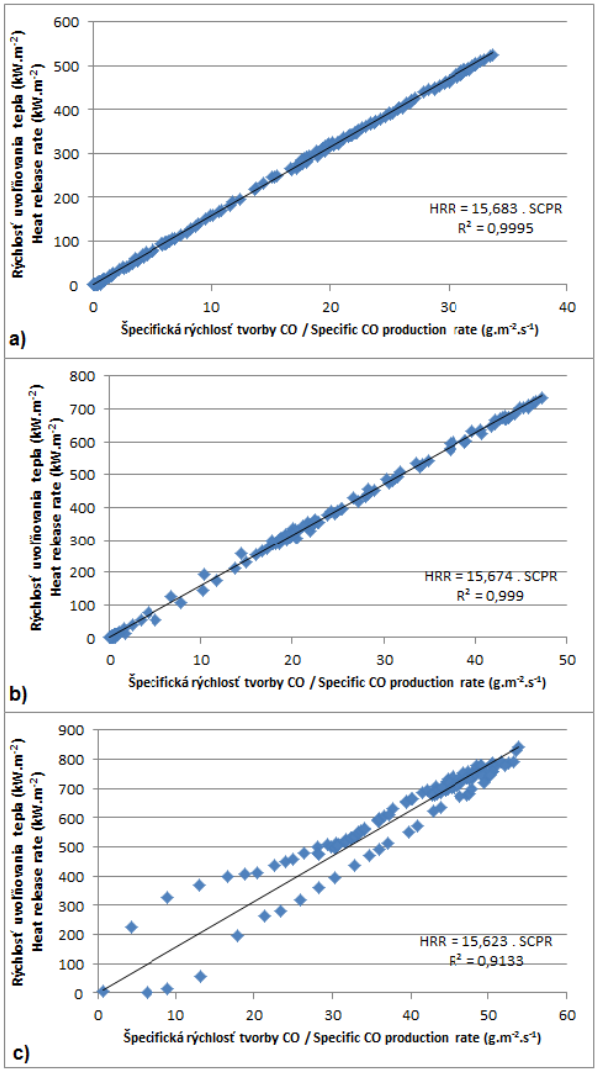
Zo získaných štatistických závislostí vyplýva, že zo skúmaných materiálov najvyššiu účinnosť horenia vykazuje PP. Rozdiely medzi LDPE a PP sú však zanedbateľné. Po zohľadnení faktu, že štatistické závislosti sú len pomocný indikátor účinnosti horenia, ostáva v platnosti záver o najvyššej účinnosti horenia LDPE zo skúmaných materiálov za podmienok skúšky. Pri benzíne však vizuálna analýza obr. 4 a 5, ako aj koeficient determinácie R^2 jednoznačne potvrdili nižšiu účinnosť horenia v porovnaní s LDPE a PP.



Obr. 4: Štatistická závislosť HRR od rýchlosti úbytku hmotnosti pre a) LDPE, b) PP a c) benzín (zdroj údajov pre obr. 3c [12])

Fig. 4: Statistical dependence of HRR on SMLR for a) LDPE, b) PP and c) petrol (data for fig. 3c are according to [12])

Hlavný rozdiel v správaní (v priebehu HRR aj výťažku CO) sa LDPE a PP v porovnaní s benzínom počas skúšky na kónickom kalorimetri bol v tom, že pri LDPE a PP bol zaznamenaný var vzorky, ktorý v prípade benzínu nebol pozorovaný. Uvedený rozdiel však bol spôsobený predovšetkým faktom, že LDPE a PP boli na rozdiel od benzínu zaťažené externým tepelným tokom.



Obr. 5: Štatistická závislosť HRR od rýchlosti tvorby CO_2 pre a) LDPE, b) PP a c) benzín (zdroj údajov pre obr. 4c [12])

Fig. 5: Statistical dependence of HRR on CO_2 production rate for a) LDPE, b) PP and c) petrol (data for fig. 4c are according to [12])

4. ZÁVER

Najnižšie požiarne riziko počas skúšky na kónickom kalorimetri vykázal LDPE. Uvedený materiál mal najnižšiu priemernú aj maximálnu HRR, ako aj minimálny výťažok CO prepočítaný na úbytok hmotnosti vzorky a uvoľnené teplo. Jediný významný parameter, z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti, v ktorom vykázal LDPE horšie správanie v porovnaní s PP bol čas do zapálenia.

Pri hodnotení získaných údajov však treba zachovať mimoriadne vysokú mieru opatrnosti, nakoľko správanie sa horľavých materiálov počas skúšky na kónickom kalorimetri významným spôsobom závisí od hustoty externého tepelného toku. Uvedený fakt však môže byť využitý, ako účinný nástroj porovnania správania sa horľavých materiálov (termoplastov). Relatívne porovnanie skúmaného termoplastu s vybranou horľavou kvapalinou (napr. benzínom, ktorý patrí medzi najčastejšie sa vyskytujúce horľavé kvapaliny v priemysle) potom môže byť založené na stanovení kritickej hustoty externého tepelného toku, pri ktorej sa skúmaný termoplast správa rovnako (alebo podobne), ako porovnávacia horľavá kvapalina. Pri využití daného nástroja hodnotenia musí byť vhodne zvolené porovnávacie kritérium podobnosti. Medzi najvhodnejšie kritériá patria HRR, SMLR, prípadne výťažok CO. Uvedené porovnávacie kritéria umožnia exaktné porovnanie tuhých a kvapalných látok počas skúšky na kónickom kalorimetri.

Získané výsledky ďalej podporujú výsledky vedeckej práce Marinku et al. [12] o dobrej využiteľnosti kónického kalorimetra na výskum horľavých kvapalín.

Stanovenie kritických tepelných tokov, pri ktorých bude LDPE a PP vykazovať počas skúšky na kónickom kalorimetri správanie podobné benzínu bude predmetom ďalšieho výskumu. Uvedené dáta nájdu významné uplatnenie pri hodnotení požiarneho rizika skúmaných materiálov metódami požiarneho inžinierstva, ktoré bližšie popisujú vo svojej vedeckej práci Osvald a Mózer [20].

POĎAKOVANIE

Predložená práca vznikla vďaka finančnej podpore agentúry KEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky pre projekt č. 002STU-4/2013 „Vybudovanie výučbového laboratória pre rekonštrukciu požiarov v laboratórnej mierke“. Autori ďalej ďakujú pani Ing. Margite Púšpőkyovej a Ing. Bacigálovej za pomoc, pri laboratórnych meraniach a pri získaní vzoriek.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Martinka J, Chrebet T, Zachar M, Balog K. Posúdenie vplyvu veku dubového dreva na jeho požiarne riziko. In *Fireco* 2013. Bratislava: Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave, 2013, s. 235-243.

[2] Parker WJ. Prediction of the heat release rate from basic measurements. In: Babrauskas V, Grayson SJ, editors. *Heat release in fires*. London: Interscience Communications, 2009. s. 333-356.

[3] Tran HC. Experimental data on wood materials. In: Babrauskas V, Grayson SJ, editors. *Heat release in fires*. London: Interscience Communications, 2009. s. 358-372.

[4] Babrauskas V. Heat release rate. In DiNenno PJ, editor. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. Maryland: SFPE, 2002. s. 3-1–3-37.

[5] Zachar M, Mitterová I, Xu Q, Majlingová A, Cong J, Galla Š. Determination of fire and burning properties of spruce wood. In *Drvna Industrija*. 2012, vol. 63(3). s. 217-223.

[6] Kačíková D. *Vybrané kapitoly z dynamiky požiaru: študijné texty pre voľný ročník študijného programu Hasičské a záchranárske služby*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 52 s.

[7] Filipi B. *Náuka o materiálu*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2003. 124 s.

[8] Karlsson B, Quintiere JG. *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press, 2000. 336 s.

[9] DiNenno PJ. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. Maryland: SFPE, 2002. s. 1606 s.

[10] Babrauskas V, Grayson SJ, editors. *Heat release in fires*. London: Interscience Communications, 2009. 644 s.

[11] ISO 5660-1:2002 : Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).

[12] Martinka J, Chrebet T, Balog K. An investigation of petrol fire risk by the oxygen consumption calorimetri. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2014 (ahead of print)

[13] Slovnaft. Gasoline A100000: product technical data sheet. Bratislava: Slovnaft; 2012.

[14] Kačíková D. et al. *Materiály v protipožiarnej ochrane: vybrané kapitoly pre voľný ročník inžinierskeho ŠP Hasičské a záchranárske služby*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 125 s.

[15] Košík M. et al. *Polymérne materiály a ich požiarna ochrana*. Bratislava: Alfa vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1986. 148 s.

[16] Masařík I. 2003. *Plasty a jejich požární nebezpečí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2003. 183 s.

[17] Martinka J, Hroncová E, Chrebet T, Balog K. A comparion of the behaviour of spruce wood and polyolefins during the test on the cone calorimeter. In Advanced Materials Research, 2013, vol. 726-731. p. 4280-4287.

[18] Ladomerský J, Hroncová E, Samešová D. Investigation of appropriate conditions for wood wastes combustion on basis of emission. In *Drewno*. 2003, vol. 46(170). s. 90-98.

[19] Ladomerský J, Hroncová E. Sledovanie vhodnosti podmienok vyhárania drevného odpadu v spaľovacej komore na základe emisií. In *Acta Mechanica Slovaca*. 2003, roč. 7(3). s. 595-600.

[20] Osvald A. Mózer V. Požiarne inžinierstvo ako metóda navrhovania požiarnej bezpečnosti. In Zachar M, Dúbravská K, editors. *Advances in Fire and Safety Engineering* 2012. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2012, s. 211-223.

INICIAČNÉ ZDROJE POŽIAROV Z POHĽADU ZISŤOVANIA PRÍČIN VZNIKU POŽIAROV

VIKTOR MORAVEC[1], PETER IVAN[2], ŠTEFAN GALLA[3]

Abstract *— The contribution provides an overview of ignition sources, which are followed in statistical indicator of Fires in the Fire and Rescue Service. Individual tables present the basic indicator of fires as the number of fires, the amount of direct damage, the number of persons killed and the number of persons injured.*

Keywords *— ignition sources; number of fires; amount of direct damage; number of persons killed; number of persons injured.*

Abstrakt *— Uvedený príspevok poskytuje prehľad iniciačných zdrojov, ktoré sa sledujú pri štatistických ukazovateľoch požiarovosti v Hasičskom a záchrannom zbore. Jednotlivé tabuľky uvádzajú základné ukazovatele požiarovosti ako je počet požiarov, výška priamej škody, počet usmrtených osôb a počet zranených osôb.*

Kľúčové slová *— iniciačný zdroj; počet požiarov; priama škoda; usmrtené osoby; zranené osoby*

ÚVOD

Podstatou každého zisťovania príčin vzniku požiarov je určiť miesto, resp. ohnisko požiaru a jeho príčinu. Práve miesto a príčina vzniku požiaru úzko súvisia s iniciačným zdrojom, ktorý požiar inicioval. Uvedený príspevok poskytuje krátky prierez iniciačnými zdrojmi ako ich uvádza odborná literatúra a prehľad iniciačných zdrojov sledovaných v rámci štatistiky požiarovosti v Slovenskej republike.

1. INICIAČNÉ ZDROJE

1.1 Iniciačné zdroje všeobecne

Jednou zo základných zložiek pre vznik procesu horenia, ktoré tvoria tzv. trojuholník horenia je teplo, resp. iniciačný zdroj (zdroj zapálenia, iniciátor a pod.). Iniciačný zdroj dodáva energiu potrebnú na prípravu horľavej látky a aktivizáciu výbušného alebo horľavého súboru. Daný energetický zdroj s určitou energiou sa môže stať iniciačným zdrojom ak spĺňa nasledovné kritériá:

- teplota energetického zdroja je väčšia ako teplota vznietenia horľavého materiálu
- energetický zdroj má tzv. minimálnu iniciačnú energiu t. j. môže odovzdať toľko tepla aby zahrial horľavý materiál na teplotu vznietenia
- energetický zdroj pôsobí aspoň po dobu indukčnej periódy τ, t. j. od začiatku pôsobenia energetického zdroja po dosiahnutie teploty vznietenia [2]

Energiu potrebnú k iniciácii horľavého súboru je možné priviesť dvomi spôsobmi:

- zvonku – v danom prípade ide o vonkajšie zapálenie,
- sústava si potrebnú energiu po vonkajšom impulze vytvorí sama – v danom prípade ide o samovznietenie [4]

Forma počiatočného energetického zdroja môže byť rôzna a v konečnom dôsledku sa prejaví svojim tepelným účinkom:

- tepelná – plameň, horúce povrchy, zahriatie, iskry
- mechanická – náraz, trenie, priestrel, kompresia plynov
- elektrická – výboj (elektrostatický, atmosférický), iskra, oblúk
- svetelná – svetelným žiarením
- chemická – energia inej chemickej reakcie
- detonácia – detonačná vlna inej výbušniny
- samovznietenie – tepelné, chemické, biologické
- vysokofrekvenčné elektromagnetické vlny
- ionizačné žiarenie
- ultrazvuk [2] [3]

[1] Viktor Moravec, Ing., PhD., PTEÚ MV SR, viktor.moravec@minv.sk

[2] Peter Ivan, Ing., PTEÚ MV SR, peter.ivan3@minv.sk

[3] Štefan Galla, Ing., PhD., PTEÚ MV SR, stefan.galla@minv.sk

1.2 Iniciačné zdroje sledované v HaZZ

V HaZZ sa pri zisťovaní príčin vzniku požiarov zaznamenávajú nasledovné iniciačné zdroje rozdelené do šiestich kategórií:

- Rozvody elektrickej energie
  - Vnútorný rozvod
    - škatuľa v domovom rozvode
    - rozvádzač (rozvodňa) NN
    - rozvádzač (rozvodňa) VN a VVN
    - vnútorný rozvod NN – vedenie, stúpačka, prípojka
    - vnútorný rozvod VN a VVN – vedenie, stúpačka, prípojka
    - vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení
    - iné časti vnútorného rozvodu
  - Vonkajší rozvod
    - rozvádzač (rozvodňa) NN
    - rozvádzač (rozvodňa) VN a VVN
    - vonkajší rozvod NN – káblové vedenie
    - vonkajší rozvod NN – holé vedenie
    - vonkajší rozvod VN a VVN – káblové vedenie
    - vonkajší rozvod VN a VVN – holé vedenie
    - iné časti vonkajšieho rozvodu
- Elektrické spotrebiče
  - kachle, radiátor, teplomet
  - infražiarič, infražiarovka
  - ohrievač úžitkovej vody
  - ventilátor, klimatizačné a vzduchotechnické zariadenie
  - vyhrievacia fólia, obklad, poduška a pod.
  - práčka, odstredivka, umývačka riadu
  - mangeľ, žehlička, sušička prádla
  - sporák, varič, rúra, fritovací hrniec
  - mikrovlnná rúra, gril, hriankovač
  - chladiace a mraziace zariadenie
  - osvetľovacie teleso
  - audio a videotechnika
  - zariadenie na zváranie, pájkovanie a lepenie
  - kuchynský robot; vysávač
  - elektrické náradie (brúska, vŕtačka, leštička a pod.)
  - telekomunikačný prístroj; zariadenie
  - signalizačné a zabezpečovacie zariadenie
  - dispečerské zariadenie (velín, riadiaci pult a pod.)
  - počítač; riadiaca jednotka na princípe počítača
  - kancelárska technika (stolový kalkulátor; písací, rozmnož. a kopír. stroj)
  - reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá
- Spotrebiče a zariadenia na tuhé, kvapalné a plynné palivá
  - spotrebiče na tuhé palivá
    - kachle na tuhé palivo
    - pec; ohnisko technologického zariadenia
    - udiareň
    - sporák na tuhé palivo
    - krb (kozub) na tuhé palivo
    - kotol na tuhé palivo
    - otvorené ohnisko na tuhé palivo
    - iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo
  - spotrebiče na kvapalné palivá
    - kachle na kvapalné palivo
    - teplovzdušný agregát; sušička
    - osvetľovacie teleso
    - kahan; horák
    - motor; pohonná jednotka
    - rozvod kvapalných palív
    - pec; ohnisko technologického zariadenia na kvapalné palivo
    - sporák na kvapalné palivo
    - iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo
    - kotol na kvapalné palivo
  - spotrebiče na plynné palivá
    - kachle na plynné palivo
    - ohrievač úžitkovej vody
    - infražiarič; osvetľovacie teleso
    - teplovzdušný agregát; sušička

  - pec; ohnisko technologického zariadenia na plynné palivo
  - kahan; horák (zváranie, rezanie, spájkovanie, opaľovanie)
  - rozvod plynných palív
  - sporák na plynné palivo
  - iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo
  - krb (kozub) na plynné palivo
  - kotol na plynné palivo
  - otvorené ohnisko na plynné palivo
- Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov
  - akumulátor; elektrický rozvod v pohonnej jednotke
  - dynamo, regulátor, alternátor
  - zapaľovacia sústava
  - vykurovanie a vykurovací rozvod
  - výfukové potrubie
  - pneumatika; koleso
  - dopravný pás; elevátor; dopravník
  - pohonná jednotka dopravného prostriedku
  - elektrické príslušenstvo dopr. prostriedku alebo prac. stroja
  - nádrž a rozvod pohonných hmôt
  - pohyblivá mechanická časť stroja
  - hydraulický motor; rozvod
  - iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov
- Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)
  - zápalka; zapaľovač
  - sviečka
  - fakľa (pochodeň)
  - lampión
  - nedopalok z cigarety
  - výrobok pre zábavnú civilnú pyrotechniku
  - výrobok pre priemyselné pyrotechnické využitie
  - žeravý popol; žeravé častice
  - neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba
- Nezatriedené iniciátory

2. POŽIAROVOSŤ V ROKOCH 2008-2012 PODĽA INICIÁTOROV VZNIKU POŽIAROV

Nasledujúca kapitola obsahuje základné ukazovatele požiarovosti za obdobie rokov 2008 až 2012 roztriedené podľa sledovaných iniciačných zdrojov. V tabuľkách 1 až 5 sú uvedené počty požiarov, výška priamej škody, počet usmrtených osôb a počet zranených osôb za príslušné roky.

Tab. 1 Požiarovosť v roku 2008 podľa iniciátora vzniku požiaru [5]

Iniciátor vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (Sk)	Priama škoda (€)	Usmrtené osoby	Zranené osoby
Vnútorný rozvod elektrickej energie					
škatuľa v domovom rozvode	35	3 513 200	116 617	1	1
rozvádzač (rozvodňa) nn	65	9 453 700	313 805	-	2
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	9	2 748 000	91 217	-	1
vnútorný rozvod nn – vedenie, stúpačka a pod.	102	19 225 500	638 170	-	1

vnútorný rozvod vn a vvn – vedenie, stúpačka	4	127 500	4 232	-	-
vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení	10	566 500	18 804	-	-
iné časti vnútorného rozvodu	36	5 451 000	180 940	-	3
spolu	**261**	**41 085 400**	**1 363 785**	**1**	**8**
Vonkajší rozvod elektrickej energie			-		
rozvádzač (rozvodňa) nn	20	355 800	11 810	-	-
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	12	867 500	28 796	-	-
vonkajší rozvod nn – káblové vedenie	21	6 460 900	214 463	-	3
vonkajší rozvod nn – holé vedenie	11	410 500	13 626	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – káblové vedenie	12	1 295 500	43 003	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – holé vedenie	19	50 796 500	1 686 135	-	1
iné časti vonkajšieho rozvodu	15	378 100	12 551	-	-
spolu	**110**	**60 564 800**	**2 010 383**	**-**	**4**
Elektrické spotrebiče					
kachle, radiátor, teplomet	24	7 392 000	245 369	1	5
infražiarič, infražiarovka	10	363 500	12 066	1	1
ohrievač úžitkovej vody	15	875 500	29 061	-	-
ventilátor, klimatizač. a vzduchotech. zariadenia	25	6 229 500	206 782	-	1
vykurovacia fólia, obklad, poduška a pod.	5	1 565 000	51 948	-	-
práčka, odstredivka, umývačka riadu	17	247 500	8 215	-	-
mangeľ, žehlička, sušička bielizne	5	30 000	996	-	1
sporák, varič, rúra, fritovací hrniec	72	5 962 800	197 929	-	7
mikrovlnná rúra, gril, hriankovač	7	160 000	5 311	-	-
chladiace a mraziace zariadenie	25	3 203 500	106 337	1	2
osvetľovacie teleso	84	16 801 600	557 711	1	8
audio a videotechnika	60	4 915 000	163 148	2	13
zariadenie na zváranie, spájkovanie a lepenie	21	2 410 000	79 997	-	2
kuchynský robot, vysávač	1	30 000	996	-	-
elektrické náradie (brúska, vŕtačka a pod.)	23	11 918 200	395 612	-	6
telekomunikačný prístroj, zariadenie	4	131 500	4 365	-	-
signalizačné a zabezpečovacie zariadenie	5	2 541 900	84 376	-	-
dispečerské zariadenie (velín, riadiaci pult)	1	10 000	332	-	-
počítač, riadiaca jednotka na princípe počítača	8	1 717 000	56 994	-	-
reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá	7	2 008 600	66 673	-	-
kancelárska technika (kalkulátor, písací stroj)	2	730 000	24 232	-	-
spolu	**421**	**69 243 100**	**2 298 450**	**6**	**46**
Spotrebiče na tuhé palivá					
kachle na tuhé palivo	181	11 334 200	376 227	2	12
sporák na tuhé palivo	76	3 601 600	119 551	1	3
kotol na tuhé palivo	163	6 484 100	215 233	-	2
krb (kozub) na tuhé palivo	92	18 440 800	612 122	-	-
otvorené ohnisko na tuhé palivo	3	21 000	697	-	-
pec, ohnisko technologického zariadenia	11	252 500	8 381	-	1
udiareň	16	141 500	4 697	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo	8	602 000	19 983	-	-
spolu	**526**	**40 134 200**	**1 332 211**	**3**	**18**
Spotrebiče na kvapalné palivá					

kachle na kvapalné palivo	2	159 000	5 278	-	-
sporák na kvapalné palivo	1	300	10	-	-
kotol na kvapalné palivo	1	500	17	-	-
teplovzdušný agregát, sušička	2	140 000	4 647	-	-
kahan, horák	3	457 500	15 186	-	1
iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo	3	150 000	4 979	-	1
spolu	**12**	**907 300**	**30 117**	**-**	**2**
Spotrebiče na plynné palivá					
kachle na plynné palivo	38	11 946 800	396 561	1	4
sporák na plynné palivo	191	3 683 800	122 280	6	10
kotol na plynné palivo	7	100 000	3 319	-	-
ohrievač úžitkovej vody	10	58 200	1 932	-	-
infražiarič, osvetľovacie teleso	2	1 380 000	45 808	-	4
teplovzdušný agregát, sušička	1	-	-	-	-
pec, ohnisko technolog. zariad. na plynné palivo	6	318 800	10 582	-	-
kahan, horák (zváranie, rezanie, spájkovanie)	54	51 594 700	1 712 630	-	2
rozvod plynných palív	4	81 100	-	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo	10	596 800	19 810	-	1
spolu	**323**	**69 760 200**	**2 315 614**	**7**	**21**
Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov					
akumulátor, el. rozvod v pohonnej jednotke	188	22 828 400	757 764	-	1
dynamo, regulátor, alternátor	21	953 000	31 634	-	-
zapaľovacia sústava	15	508 500	16 879	-	-
vykurovanie a vykurovací rozvod	6	1 860 500	61 757	-	-
výfukové potrubie	107	8 368 100	277 770	1	3
pneumatika, koleso	32	6 189 500	205 454	-	1
dopravný pás, elevátor, dopravník	8	17 078 000	566 886	-	-
pohonná jednotka dopravného prostriedku	76	19 661 500	652 642	5	4
el. prísluš. dopr. prostriedku alebo prac. stroja	146	18 529 000	615 050	1	-
nádrž a rozvod pohonných hmôt	24	1 317 700	43 740	-	1
pohyblivá mechanická časť stroja	59	5 103 400	169 402	-	-
iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov	59	20 573 300	682 908	-	2
spolu	**741**	**122 970 900**	**4 081 886**	**7**	**12**
Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)					
zápalka, zapaľovač	5 788	471 841 300	15 662 262	11	36
sviečka	137	7 905 400	262 411	4	12
fakľa (pochodeň)	12	2 696 500	89 507	-	-
ohorok cigarety	826	16 736 500	555 550	20	30
výrobok zábavnej pyrotechniky	40	1 159 900	38 502	-	1
výrobok pre priemyselné pyrotech. využitie	2	46 000	1 527	-	-
žeravý popol, žeravé častice	256	18 180 600	603 485	-	6
neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba	104	1 270 600	42 176	-	2
spolu	**7 165**	**519 836 800**	**17 255 421**	**35**	**87**
Nezatriedené iniciátory	246	101 687 000	3 375 390	2	15
Nezistené iniciátory	1 216	283 353 900	9 405 626	7	19

Tab. 2 Požiarovosť v roku 2009 podľa iniciátora vzniku požiaru [6]

Iniciátor vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (€)	Usmrtené osoby	Zranené osoby
Vnútorný rozvod elektrickej energie				
škatuľa v domovom rozvode	39	343 910	-	-
rozvádzač (rozvodňa) nn	63	120 355	-	2
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	10	385 445	-	-
vnútorný rozvod nn – vedenie, stúpačka	91	468 935	-	2
vnútorný rozvod vn a vvn – vedenie, stúpačka	1	0	-	-
vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení	9	10 770	-	-
iné časti vnútorného rozvodu	45	3 364 280	-	1
spolu	**258**	**4 693 695**	**-**	**5**
Vonkajší rozvod elektrickej energie				
rozvádzač (rozvodňa) nn	21	6 560	-	-
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	14	51 170	-	-
vonkajší rozvod nn – káblové vedenie	19	17 840	-	-
vonkajší rozvod nn – holé vedenie	13	36 545	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – káblové vedenie	10	385	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – holé vedenie	27	136 720	-	-
iné časti vonkajšieho rozvodu	12	1 840	-	-
spolu	**116**	**251 060**	**-**	**-**
Elektrické spotrebiče				
kachle, radiátor, teplomet	21	251 965	-	2
infražiarič, infražiarovka	9	15 780	1	1
ohrievač úžitkovej vody	18	80 685	-	-
ventilátor, klimatizačné a vzduchotechnické zariadenie	25	226 065	-	1
vykurovacia fólia, obklad, poduška	5	13 610	-	-
práčka, odstredivka, umývačka riadu	21	25 660	-	7
mangeľ, žehlička, sušička bielizne	3	2 995	-	-
sporák, varič, rúra, fritovací hrniec	68	46 805	2	4
mikrovlnná rúra, gril, hriankovač	6	3 015	-	-
chladiace a mraziace zariadenie	25	178 880	-	-
osvetľovacie teleso	79	150 835	3	8
audio a videotechnika	37	302 365	1	4
zariadenie na zváranie, spájkovanie a lepenie	8	187 485	-	-
elektrické náradie (brúska, vŕtačka)	16	6 190	-	1
telekomunikačný prístroj, zariadenie	2	950	-	-
dispečerské zariadenie (velín, riadiaci pult)	1	265	-	-
počítač, riadiaca jednotka na princípe počítača	4	25 960	-	-
reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá	10	37 855	-	-
kancelárska technika (kalkulátor, písací stroj)	1	8 300	-	-
spolu	**359**	**1 565 665**	**7**	**28**
Spotrebiče na tuhé palivá				
kachle na tuhé palivo	123	262 530	3	10
sporák na tuhé palivo	81	73 030	2	4
kotol na tuhé palivo	171	230 120	-	4
kozub na tuhé palivo	104	764 700	1	5
otvorené ohnisko na tuhé palivo	3	2 925	-	-

pec, ohnisko technologického zariadenia	25	48 130	-	13
udiareň	13	115 990	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo	13	40 040	1	1
spolu	**533**	**1 537 465**	**7**	**37**
Spotrebiče na kvapalné palivá				
sporák na kvapalné palivo	1	15	-	-
kahan, horák	3	1 035	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo	2	10 490	-	2
spolu	**6**	**11 540**	**-**	**2**
Spotrebiče na plynné palivá				
kachle na plynné palivo	10	3 615	-	3
sporák na plynné palivo	196	71 420	1	13
kotol na plynné palivo	2	7 165	-	-
ohrievač úžitkovej vody	7	1 675	-	-
infražiarič, osvetľovacie teleso	2	7 330	-	1
teplovzdušný agregát, sušička	2	1 000	-	-
pec, ohnisko technolog. zariad. na plynné palivo	7	149 250	-	-
kahan, horák (zváranie, rezanie, spájkovanie)	43	205 450	-	4
otvorené ohnisko na plynnné palivo	1	5 500	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo	9	1 695	-	-
spolu	**279**	**454 100**	**1**	**21**
Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov				
akumulátor, el. rozvod v pohonnej jednotke	150	739 050	-	2
dynamo, regulátor, alternátor	14	17 025	-	-
zapaľovacia sústava	9	5 565	-	-
vykurovanie a vykurovací rozvod	9	6 950	-	-
výfukové potrubie	86	324 580	-	1
pneumatika, koleso	42	153 560	-	-
dopravný pás, elevátor, dopravník	3	90 200	-	-
pohonná jednotka dopravného prostriedku	52	432 310	-	-
el. prísluš. dopr. prostriedku alebo prac. stroja	197	990 780	2	5
nádrž a rozvod pohonných hmôt	23	167 230	1	1
pohyblivá mechanická časť stroja	61	482 720	-	-
iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov	86	377 410	1	2
spolu	**732**	**3 787 380**	**4**	**11**
Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)				
zápalka, zapaľovač	6 680	7 786 510	14	52
sviečka	114	467 435	1	15
fakľa (pochodeň)	11	75 125	-	-
lampión	1	300	-	-
ohorok cigarety	752	379 920	7	28
výrobok zábavnej pyrotechniky	36	50 310	-	-
žeravý popol, žeravé častice	304	873 760	1	9
neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba	180	31 775	-	1
spolu	**8 078**	**9 665 135**	**23**	**105**
Nezatriedené iniciátory	**160**	**5 720 370**	**1**	**6**
Nezistené iniciátory	**1 470**	**11 074 895**	**13**	**30**

Tab. 3 Požiarovosť v roku 2010 podľa iniciátora vzniku požiaru [7]

Iniciátor vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (€)	Usmrtené osoby	Zranené osoby
Vnútorný rozvod elektrickej energie				
škatuľa v domovom rozvode	43	155 305	-	-
rozvádzač (rozvodňa) nn	50	59 890	-	2
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	7	18 350	-	-
vnútorný rozvod nn – vedenie, stúpačka, prípojka	86	910 055	-	5
vnútorný rozvod vn a vvn – vedenie, stúpačka, prípojka	4	46 100	-	-
vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení	4	23 485	-	-
iné časti vnútorného rozvodu	42	4 339 420	-	3
spolu	**236**	**5 552 605**	**-**	**10**
Vonkajší rozvod elektrickej energie				
rozvádzač (rozvodňa) nn	16	3 780	-	-
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	11	40 995	-	-
vonkajší rozvod nn – káblové vedenie	22	140 835	-	-
vonkajší rozvod nn – holé vedenie	14	3 780	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – káblové vedenie	13	2 795	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – holé vedenie	18	4 295	-	-
iné časti vonkajšieho rozvodu	18	3 065	-	-
spolu	**112**	**199 545**	**-**	**-**
Elektrické spotrebiče				
kachle, radiátor, teplomet	16	334 175	-	6
infražiarič, infražiarovka	7	39 630	-	-
ohrievač úžitkovej vody	12	9 030	-	-
ventilátor, klimatizačné a vzduchotechnické zariadenie	28	64 985	-	-
vykurovacia fólia, obklad, poduška	2	4 505	-	-
práčka, odstredivka, umývačka riadu	15	15 800	-	1
mangeľ, žehlička, sušička bielizne	3	4 925	-	2
sporák, varič, rúra, fritovací hrniec	73	113 700	-	5
mikrovlnná rúra, gril, hriankovač	4	1 170	-	-
chladiace a mraziace zariadenie	19	204 635	-	2
osvetľovacie teleso	60	253 685	-	5
audio a videotechnika	37	305 440	-	6
zariadenie na zváranie, spájkovanie a lepenie	6	1 567 735	-	2
kuchynský robot, vysávač	2	60 830	-	-
elektrické náradie (brúska, vŕtačka)	22	209 435	-	-
telekomunikačný prístroj, zariadenie	1	300	-	-
signalizačné a zabezpečovacie zariadenie	2	250	-	-
počítač, riadiaca jednotka na princípe počítača	6	73 900	-	1
reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá	4	6 315	-	-
kancelárska technika (kalkulátor, písací stroj)	2	95 000	-	3
spolu	**321**	**3 365 445**	**-**	**33**
Spotrebiče na tuhé palivá				
kachle na tuhé palivo	129	220 260	2	5
sporák na tuhé palivo	98	228 655	1	5
kotol na tuhé palivo	225	294 855	-	3
kozub na tuhé palivo	123	1 454 670	-	3

otvorené ohnisko na tuhé palivo	2	32 010	-	-
pec, ohnisko technologického zariadenia	20	60 890	-	2
udiareň	7	895	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo	12	181 700	-	-
spolu	**616**	**2 473 935**	**3**	**18**
Spotrebiče na kvapalné palivá				
sporák na kvapalné palivo	1	0	-	-
pec, ohnisko technologického zariadenia na kvapalné palivo	2	40 000	-	-
motor, pohonná jednotka	2	500	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo	3	30 995	-	2
spolu	**8**	**71 495**	**-**	**2**
Spotrebiče na plynné palivá				
kachle na plynné palivo	8	5 035	-	-
sporák na plynné palivo	166	75 600	-	13
kotol na plynné palivo	12	9 525	-	-
ohrievač úžitkovej vody	6	1 510	-	-
infražiarič, osvetľovacie teleso	1	3 320	-	-
teplovzdušný agregát, sušička	3	40 205	-	1
pec, ohnisko technolog. zariad. na plynné palivo	4	55 135	-	-
kahan, horák (zváranie, rezanie, spájkovanie)	49	269 375	-	-
otvorené ohnisko na plynnné palivo	1	665	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo	18	371 655	2	1
spolu	**268**	**832 025**	**2**	**15**
Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov				
akumulátor, el. rozvod v pohonnej jednotke	106	472 810	-	-
dynamo, regulátor, alternátor	15	67 910	-	-
zapaľovacia sústava	6	9 070	-	-
vykurovanie a vykurovací rozvod	12	120 310	-	-
výfukové potrubie	98	420 360	1	4
pneumatika, koleso	25	46 430	-	-
dopravný pás, elevátor, dopravník	3	71 390	-	1
pohonná jednotka dopravného prostriedku	46	66 330	-	-
el. prísluš. dopr. prostriedku alebo prac. stroja	159	473 350	-	6
nádrž a rozvod pohonných hmôt	28	90 430	-	-
pohyblivá mechanická časť stroja	50	228 610	-	-
hydraulický motor, rozvod	3	85 300	-	-
iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov	87	609 950	1	2
spolu	**638**	**2 762 250**	**2**	**13**
Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)				
zápalka, zapaľovač	4 975	7 349 215	6	49
sviečka	105	150 020	5	14
fakľa (pochodeň)	24	468 930	-	-
lampión	2	350	-	-
nedopalok z cigarety	573	356 680	9	28
výrobok pre zábavnú civilnú pyrotechniku	30	82 200	-	1
výrobok pre priemyselné pyrotechnické využitie	2	10	-	-
žeravý popol, žeravé častice	295	311 320	1	6
neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba	81	36 780	-	2
spolu	**6 087**	**8 755 505**	**21**	**100**

Nezatriedené iniciátory	**145**	**12 601 650**	**-**	**14**
Nezistené iniciátory	**1 420**	**32 533 980**	**13**	**39**

Tab. 4 Požiarovosť v roku 2011 podľa iniciátora vzniku požiaru [8]

Iniciátor vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (€)	Usmrtené osoby	Zranené osoby
Vnútorný rozvod elektrickej energie				
škatuľa v domovom rozvode	24	82 750	-	1
rozvádzač (rozvodňa) nn	58	130 355	-	-
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	5	4 315	-	-
vnútorný rozvod nn – vedenie, stúpačka, prípojka	71	326 735	-	8
vnútorný rozvod vn a vvn – vedenie, stúpačka, prípojka	5	1 475 420	-	1
vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení	9	24 310	-	-
iné časti vnútorného rozvodu	39	121 785	-	4
spolu	**211**	**2 165 670**	**-**	**14**
Vonkajší rozvod elektrickej energie				
rozvádzač (rozvodňa) nn	19	12 700	-	-
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	16	152 305	-	-
vonkajší rozvod nn – káblové vedenie	21	36 155	-	-
vonkajší rozvod nn – holé vedenie	27	6 270	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – káblové vedenie	17	9 410	-	-
vonkajší rozvod vn a vvn – holé vedenie	29	19 220	-	1
iné časti vonkajšieho rozvodu	19	15 330	-	-
spolu	**148**	**251 390**	**-**	**1**
Elektrické spotrebiče				
kachle, radiátor, teplomet	17	19 870	-	1
infražiarič, infražiarovka	2	200	1	-
ohrievač úžitkovej vody	15	73 655	-	1
ventilátor, klimatizačné a vzduchotechnické zariadenie	24	156 495	-	-
vykurovacia fólia, obklad, poduška	3	8 350	-	1
práčka, odstredivka, umývačka riadu	19	9 620	-	-
mangeľ, žehlička, sušička bielizne	2	5 500	-	1
sporák, varič, rúra, fritovací hrniec	72	88 055	1	10
mikrovlnná rúra, gril, hriankovač	6	6 735	-	3
chladiace a mraziace zariadenie	28	269 420	-	4
osvetľovacie teleso	74	244 570	3	4
audio a videotechnika	36	183 795	2	7
zariadenie na zváranie, spájkovanie a lepenie	17	270 025	-	-
kuchynský robot, vysávač	1	20 000	-	-
elektrické náradie (brúska, vŕtačka)	21	22 400	-	1
telekomunikačný prístroj, zariadenie	3	930	-	-
signalizačné a zabezpečovacie zariadenie	1	-	-	-
počítač, riadiaca jednotka na princípe počítača	7	3 781 445	-	-
reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá	5	17 440	-	1
kancelárska technika (kalkulátor, písací stroj)	1	2 000	-	-
spolu	**354**	**5 180 505**	**7**	**34**
Spotrebiče na tuhé palivá				
kachle na tuhé palivo	137	231 025	-	9

sporák na tuhé palivo	114	156 225	2	-
kotol na tuhé palivo	238	351 195	-	8
kozub na tuhé palivo	123	904 725	-	7
otvorené ohnisko na tuhé palivo	4	2 710	-	-
pec, ohnisko technologického zariadenia	41	167 795	-	-
udiareň	15	53 810	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo	15	46 465	1	-
spolu	**687**	**1 913 950**	**3**	**24**
Spotrebiče na kvapalné palivá				
kachle na kvapalné palivo	3	2 929 010	-	1
teplovdzušný agregát, sušička	1	200	-	-
kahan, horák	4	5 345	-	-
motor, pohonná jednotka	1	2 500	-	-
iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo	1	10	-	-
spolu	**10**	**2 937 065**	**-**	**1**
Spotrebiče na plynné palivá				
kachle na plynné palivo	15	4 980	-	-
sporák na plynné palivo	171	94 170	2	18
kotol na plynné palivo	10	22 335	-	1
ohrievač úžitkovej vody	7	2 740	-	-
teplovzdušný agregát, sušička	2	90 100	-	-
pec, ohnisko technolog. zariad. na plynné palivo	1	-	-	-
kahan, horák (zváranie, rezanie, spájkovanie)	39	93 740	-	3
rozvod plynných palív	2	49 790	-	4
otvorené ohnisko na plynnné palivo	1	10 000	1	1
iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo	10	2 620	-	1
spolu	**258**	**370 475**	**3**	**28**
Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov				
akumulátor, el. rozvod v pohonnej jednotke	114	526 840	1	5
dynamo, regulátor, alternátor	12	15 230	-	-
zapaľovacia sústava	6	22 500	-	1
vykurovanie a vykurovací rozvod	17	120 015	-	1
výfukové potrubie	67	195 150	-	2
pneumatika, koleso	43	54 205	-	-
dopravný pás, elevátor, dopravník	5	103 900	-	1
pohonná jednotka dopravného prostriedku	41	281 500	-	9
el. prísluš. dopr. prostriedku alebo prac. stroja	163	1 018 770	1	5
nádrž a rozvod pohonných hmôt	21	177 370	-	-
pohyblivá mechanická časť stroja	54	132 970	-	1
iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov	98	873 110	-	1
spolu	**641**	**3 521 560**	**2**	**26**
Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)				
zápalka, zapaľovač	7 418	7 247 900	16	46
sviečka	111	247 905	5	9
fakľa (pochodeň)	25	191 755	-	1
lampión	3	6 205	-	-
nedopalok z cigarety	797	403 990	7	16
výrobok pre zábavnú civilnú pyrotechniku	29	54 005	-	-
výrobok pre priemyselné pyrotechnické využitie	2	6 020	-	-

žeravý popol, žeravé častice	318	493 140	-	7
neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba	133	43 820	1	4
spolu	**8 836**	**8 694 740**	**29**	**83**
Nezatriedené iniciátory	**207**	**1 529 640**	**-**	**11**
Nezistené iniciátory	**2 325**	**6 996 135**	**12**	**45**

Tab. 5 Požiarovosť v roku 2012 podľa iniciátora vzniku požiarov [9]

Iniciátor vzniku požiaru	Počet požiarov	Priama škoda (€)	Usmrtené osoby	Zranené osoby
Vnútorný rozvod elektrickej energie				
škatuľa v domovom rozvode	25	408 220	0	1
rozvádzač (rozvodňa) nn	36	237 990	0	2
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	2	108 300	0	0
vnútorný rozvod nn – vedenie, stúpačka, prípojka	55	569 835	0	5
vnútorný rozvod vn a vvn – vedenie, stúpačka, prípojka	5	5 345	0	0
vnútorný rozvod slaboprúdových zariadení	9	76 970	0	3
iné časti vnútorného rozvodu	44	267 115	0	0
spolu	**176**	**1 673 775**	**0**	**11**
Vonkajší rozvod elektrickej energie				
rozvádzač (rozvodňa) nn	8	44 000	0	0
rozvádzač (rozvodňa) vn a vvn	13	44 835	0	0
vonkajší rozvod nn – káblové vedenie	13	22 360	0	0
vonkajší rozvod nn – holé vedenie	13	25 785	0	0
vonkajší rozvod vn a vvn – káblové vedenie	20	31 890	0	0
vonkajší rozvod vn a vvn – holé vedenie	34	13 540	0	0
iné časti vonkajšieho rozvodu	19	20 505	0	0
spolu	**120**	**202 915**	**0**	**0**
Elektrické spotrebiče				
kachle, radiátor, teplomet	27	226 950	0	1
infražiarič, infražiarovka	6	89 790	1	1
ohrievač úžitkovej vody	13	25 830	0	0
ventilátor, klimatizačné a vzduchotechnické zariadenie	28	311 140	0	3
vykurovacia fólia, obklad, poduška	1	23 000	0	0
práčka, odstredivka, umývačka riadu	14	18 915	0	0
mangeľ, žehlička, sušička bielizne	3	900	0	0
sporák, varič, rúra, fritovací hrniec	56	185 995	0	3
mikrovlnná rúra, gril, hriankovač	6	23 300	0	5
chladiace a mraziace zariadenie	20	94 885	0	3
osvetľovacie teleso	65	431 330	1	2
audio a videotechnika	18	78 770	0	3
zariadenie na zváranie, spájkovanie a lepenie	14	5 440	0	0
kuchynský robot, vysávač	2	18 000	0	1
elektrické náradie (brúska, vŕtačka)	35	145 915	0	0
signalizačné a zabezpečovacie zariadenie	2	8 475	0	0
počítač, riadiaca jednotka na princípe počítača	6	170 500	0	0
reklamné a ozdobné osvetľovacie telesá	8	3 050	0	1
kancelárska technika (kalkulátor, písací stroj)	1	300	0	0

spolu	**325**	**1 862 485**	**2**	**23**
Spotrebiče na tuhé palivá				
kachle na tuhé palivo	130	111 080	0	8
sporák na tuhé palivo	93	228 050	1	4
kotol na tuhé palivo	308	302 325	0	6
kozub na tuhé palivo	138	984 980	0	2
otvorené ohnisko na tuhé palivo	3	200	0	0
pec, ohnisko technologického zariadenia	22	295 520	0	0
udiareň	6	4 000	0	0
iné spotrebiče a zariadenia na tuhé palivo	20	25 160	0	0
spolu	**720**	**1 951 315**	**1**	**20**
Spotrebiče na kvapalné palivá				
kahan, horák	1	3 000	0	0
motor, pohonná jednotka	2	4 990	0	0
iné spotrebiče a zariadenia na kvapalné palivo	1	0	0	0
spolu	**4**	**7 990**	**0**	**0**
Spotrebiče na plynné palivá				
kachle na plynné palivo	5	25 000	1	1
sporák na plynné palivo	150	27 675	0	16
kotol na plynné palivo	12	24 015	0	1
infražiarič, osvetľovacie teleso	1	50	0	0
ohrievač úžitkovej vody	3	10 100	0	0
teplovzdušný agregát, sušička	2	500	0	0
pec, ohnisko technolog. zariadenie na plynné palivo	3	419 335	0	2
kahan, horák (zváranie, rezanie, spájkovanie)	36	68 790	0	1
rozvod plynných palív	1	100	0	0
iné spotrebiče a zariadenia na plynné palivo	30	322 100	1	5
spolu	**243**	**897 665**	**2**	**26**
Časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov				
akumulátor, elektrický rozvod v pohonnej jednotke	86	368 705	0	0
dynamo, regulátor, alternátor	8	50 455	0	0
zapaľovacia sústava	4	4 490	0	0
vykurovanie a vykurovací rozvod	11	45 245	0	0
výfukové potrubie	83	203 495	1	0
pneumatika, koleso	40	152 770	0	2
dopravný pás, elevátor, dopravník	3	21 990	0	0
pohonná jednotka dopravného prostriedku	54	108 460	1	0
el. prísluš. dopravného prostriedku alebo pracovného stroja	150	727 910	0	4
nádrž a rozvod pohonných hmôt	18	241 815	0	1
pohyblivá mechanická časť stroja	72	126 375	0	0
hydraulický motor, rozvod	1	135	0	0
iné časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov	96	980 835	0	2
spolu	**626**	**3 032 680**	**2**	**9**
Predmety s otvoreným ohňom (žeravou časťou)				
zápalka, zapaľovač	8 230	17 905 945	3	30
sviečka	115	212 395	13	11
fakľa (pochodeň)	25	241 470	0	0
nedopalok z cigarety	827	1 127 640	6	35
výrobok pre zábavnú civilnú pyrotechniku	49	29 435	0	0

výrobok pre priemyselné pyrotechnické využitie	2	500	0	0
žeravý popol, žeravé častice	355	743 940	0	4
neuhasené ohnisko, tlejúca pahreba	209	121 015	1	0
spolu	**9 812**	**20 382 340**	**23**	**80**
Nezatriedené iniciátory	**249**	**1 145 810**	**3**	**5**
Nezistené iniciátory	**2 138**	**10 237 515**	**11**	**58**

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo poskytnúť prehľad iniciačných zdrojov tak ako sa sledujú v štatistike požiarovosti Hasičského a záchranného zboru Slovenskej republiky. Zo získaných údajov za obdobie piatich rokov je zrejmé, že najviac požiarov vzniklo pôsobením otvoreného ohňa (žeravej časti), konkrétne od zápalky resp. zapaľovača a zároveň pri týchto požiaroch bola zaznamenaná aj najvyššia škoda. Druhým najpočetnejším iniciátorom bol nedopalok z cigarety. V rámci kategórie iniciátorov rozvody elektrickej energie najviac požiarov vzniklo vo vnútorných rozvodoch nn. V kategórii elektrických spotrebičov bolo zaznamenaných najviac požiarov od osvetľovacích telies. Zo spotrebičov na tuhé, kvapalné a plynné palivá dochádza najčastejšie k požiarom kachiel, kotlov a kozubov na tuhé palivo a sporákom na plynné palivo. Iniciačné zdroje, ako sú el. príslušenstvo dopr. prostriedku alebo prac. stroja, iné časti dopr. prostriedkov a prac. strojov, akumulátor (el. rozvod v pohonnej jednotke), alebo výfukové potrubie patria k najviac sa vyskytujúcim iniciátorom v kategórii časti dopravných prostriedkov a pracovných strojov. Početnú skupinu tvoria požiare, pri ktorých nebol zistený žiadny iniciačný zdroj.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] BALOG, K., *Samovznietenie,* 1. vydanie. Ostrava, ČR: SPBI, 1999. ISBN 80-86111-43-1

[2] BARTLOVÁ, I., DAMEC, J., *Prevence technologických zařízení,* 1. vydání. Ostrava, ČR: SPBI, 2002. ISBN 80-86634-10-8

[3] KALOUSEK, J., *Základy fyzikální chemie hoření, výbuchu a hašení,* 2. vydání. Ostrava, ČR: SPBI, 1999. 80-86111-34-2

[4] ORLÍKOVÁ, K., ŠTROCH, P., *Chemie procesů hoření,* 1. vydání. Ostrava, ČR: SPBI, 1999. ISBN 80-86111-39-3

[5] Štatistická ročenka 2008

[6] Štatistická ročenka 2009

[7] Štatistická ročenka 2010

[8] Štatistická ročenka 2011

[9] Štatistická ročenka 2012

RENTGENOVÁ A AKUSTICKÁ DIAGNOSTIKA DŘEVOKAZNÉHO HMYZU V NEHOMOGENNÍM MATERIÁLU

ANDREA NASSWETTROVÁ[1], PAVEL ŠMÍRA [2], PAVEL FIALA[3], PETR KOŇAS[4], MARTIN FRIEDL[5], JAN ŠTĚPÁNEK[6], JANA PAŘÍLKOVÁ[7]

Abstract *— The problem of finding a suitable diagnostic procedure for the examination of structural elements has been closely analyzed in recent years. In this connection, the main material of interest is wood as a sort of heterogeneous matter, and the diagnostic procedure is directed towards enabling industrial application in the future. A new diagnostic method based on X-ray imaging has been proposed and tested; the technique utilizes the reduction of imaging information into 2D planar projection. It allows us to image clearly the rate of material damage through displaying the weighted damage rate.*

Keywords *— X-ray, diagnostic, 2D, wood-destroying insects, historical wood*

Abstrakt *— Problém nalezení vhodného diagnostického postupu pro detekování rozsahu poškození konstrukčních prvků byl v posledních letech poměrně významně anlyzován. V této souvislosti je hlavním zájmem zkoumání dřevo, jako stavební material a jako druh organické heterogenní hmoty. Diagnostický postup je zejména zaměřen na aplikační využití v praxi. Nová diagnostická metoda založená na rentgenovém zobrazení byla navržena a testována, v rozsahu jak uvádí příspěvek. Samotná technika využívá snížení obrazových informací do 2D rovinné transformace. Výsledkem je obraz, který jasně detekuje míru poškození dřevěných kosntrukčních prvků.*

Klíčová slova *— RTG záření, diagnostika, dřevokazný hmyz, historické dřevo*

ÚVOD

Často se setkáváme s historickými památkami, které stále slouží svému původnímu účelu. Aby i nadále vyhověly a splňovaly účel prvotního zamýšlení stavby, je nutné mnohdy učinit určitá opatření k obnově jejich historické hodnoty. Zachování kontinuity s tím co předcházelo, je však mnohdy nelehký úkol. Vzhledem ke skutečnosti, že převážná většina památek je ze dřeva, musejí tyto stavby odolávat působení vybraných biotických degradačních činitelů. Před návrhem vhodného sanačního opatření je nutné diagnostikovat rozsah poškození a identifikovat porušené části konstrukčních prvků, případně určit zda je dřevokazný hmyz ještě v aktivním stádiu. Příspěvek se zabývá návrhem mobilní rentgenové (dále jen RTG) nedestruktivní metody pro diagnostiku stupně a rozsahu poškození stavebního prvku (obr. 1 a 2) a návrhem akustické nedestruktivní metody určující mírů aktivity larev dřevokazného hmyzu.



Obr.1: Příklad rozsahu napadení historického dřeva pro podmínky experimentálního měření

[1] Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, nasswettrova@thermosanace.eu

[2]Ing. Pavel Šmíra, Ph.D., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, smira@thermosanace.eu

[3]doc. Ing. Pavel Fiala, Ph.D., Vysoké učení technické Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky, Kolejní 2906/4, 61200 Brno, fialap@feec.vutbr.cz

[4]doc. Ing. Petr Koňas, Ph.D., Vysoké učení technické Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky, Kolejní 2906/4, 61200 Brno

[5]Ing. Martin Friedl, Vysoké učení technické Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky, Kolejní 2906/4, 61200 Brno, friedl@feec.vutbr.cz

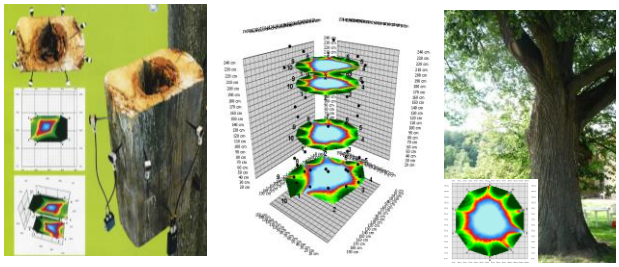
[6]Ing. Jan Štěpánek, Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, stepanekthermosanace.eu

[7]doc. Ing. Jana Pařílková, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb, Laboratoř vodohospodářského výzku mu, Veveří 95, 602 00 Brno, Česká republika, parilkova.j@fce.vutbr.cz



Obr. 2: Poškozené konstrukční prvky zámku Dolní Lutyně tesaříkem krovovým (*Hylotrupes bajulus* L.) a houbou popraškou sklepní (*Coniophora puteana*)

Diagnostika se může provádět pomocí destruktivních metod (DT - dochází k částečnému poškození prvku) nebo nedestruktivními metodami (NDT). Na základě diagnostiky je rozhodnuto o postupu a použité sanační metodě. Diagnostika se provádí u staveb nebo použitých konstrukčních prvků s aplikací dřeva jak vizuální kontrolou, akustickou metodou v pásmu slyšitelných frekvencí nebo pásmu ultrazvuku [1]. Pro identifikaci poškození materiálu v 3D zobrazení se nově využívá akustická diagnostická metoda Fakopp s programem ArborSonic 3D [2], která s jistým úskalím může diagnostikovat stav poškození prvku (obr. 3). Při aplikaci této metody hrozí dvě chyby v interpretaci výsledků hodnocení. V první se ukazuje, že diagnostika může být v některých případech zcela mylně programovým vybavením interpretována jako poškození ve velké části objemu a ve skutečnosti se jedná pouze o poškození v 10 % objemu. Tato skutečnost vyplývá z vlastností šíření akustických vln heterogenním materiálem a jeho rekonstrukcí a interpretací poškozeného místa. Druhá nepříjemnost je destruktivní způsob diagnostiky a omezené možnosti aplikace senzorů, jejich opakovatelnost použití. Nepříjemnou skutečností je, že každý diagnostikovaný prvek, díky míře heterogenity dřeva, je unikát a neexistuje identický shodný druhý prvek.



Obr. 3: Diagnostika akustického signálu v profilu konstrukčního prvku a živého stromu

Mezi nedestruktivní metody klasifikace kvality a míry poškození, nehomogenity dřeva dále patří metody, které používají zdroj aktivního systému elektromagnetických vln, s vlnovou délkou kratší než 3000 m. Přichází v úvahu systém antén, používaných v diagnostice karcinomů prsa [3] nebo aplikace rentgenové diagnostické metody známé v medicínské nebo veterinární praxi. Pro tuto metodu, ale nastává obtíž s vyhodnocením objemového poškození materiálu. Byla provedena řada testů na vzorcích poškozeného materiálu, obr. 1 a 2, a ukázalo se, že existuje kompromisní řešení. To spočívá ve vyhodnocení obrazu získaného snímku transparentní rentgenovou metodou s vysokou mírou rozlišení obrazu. Tímto způsobem je získán obraz reálného poškození zkoumané části prvku. Pro určení, zda je napadení hmyzem aktivní, však obrazová analýza nestačí a proto byla vyvinuta akustická diagnostická metoda. Aplikace akustických metod byly obecně spojeny s částečným poškozením materiálu. Kombinace uvedené nedestruktivní diagnostiky poškození s horkovzdušnou metodou je účinné řešení záchrany „nejen“ cenných historických staveb a artefaktů.

1. DETEKCE POŠKOZENÍ STRUKTUR POMOCÍ RTG ZAŘÍZENÍ

1.1 Návrh řešení 2D/3D vyhodnocení

Metoda je založena na kvalitním snímku rentgenového diagnostikovaného materiálu a velmi efektivním zpracováním obrazu. Obraz byl segmentován a následně pomocí filtrace bylo vyhodnoceno požadované zobrazení míry poškození. Pro zpracování obrazu byly aplikovány Otsu filtr, binary filtr a mean filtr. Filtry byly implementovány pomocí konvolučních technik (rovnice 1) [4].

$$P_{x,y} \otimes Q_{x,y} = \sum_{i=-m}^{m} \sum_{j=-m}^{m} P_{x-i,y-j} \cdot Q_{i,j} \qquad (1)$$

Zatímco Otsu filter [4] automaticky počítá hodnotu prahu maximalizací rozptylu v rovnice 2, binární filtr umožňuje uživateli definovat uživatelskou hodnotu pro citlivé oddělení struktury od obrazového pozadí.

$$\sigma_b^2(\mathrm{Th}) = p_1(\mathrm{Th})\,p_2(\mathrm{Th})\left(\mu_1(\mathrm{Th}) - \mu_2(\mathrm{Th})\right)^2 \qquad (2)$$

$p_1(\mathrm{Th})$ je pravděpodobnost prvního intervalu definovaného prahovými hodnotami menšími jak Th, $p_2(\mathrm{Th})$ je pravděpodobnost druhého interval s hraniční hodnotou vyšší než Th, μ_1 resp. μ_2 jsou střední hodnotou prvního resp. druhého interval, Th je hodnota prahu. Prahové hodnoty binárního filtru mohou být manuálně určeny uživatelem. Případně lze využít vhodnou aproximaci odvozenou od střední hodnoty (rovnice 3) a kovariance obrazu (rovnice 4).

$$\mu = \frac{1}{X_{max} \cdot Y_{max} \cdot (Z_{max})} \sum_{i,j,(k)=1}^{X_{max},Y_{max},(Z_{max})} w_{i,j,(k)} \qquad (3)$$

kde: X_{max}, Y_{max}, Z_{max} jsou max. hodnoty pixelu ve směru x, resp. z

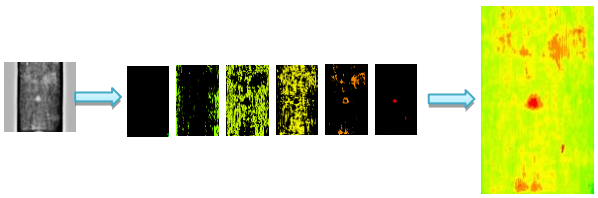
$$\sigma^2 = \sum_{i,j,(k)=1}^{X_{max},Y_{max},(Z_{max})} \left(w_{i,j,(k)} - \mu\right)^2 \quad (4)$$

kde: $w_{x,y,(z)}$ je výstupní pixel na pozici x,y,(z). Vícenásobný Otsu filtr je založen na algoritmu [5] a je schopen určit násobné prahové hodnoty tak, aby vzájemný rozptyl intervalů určených těmito prahovými hodnotami byl maximální (rovnice 5)

$$\frac{\partial \sigma_B}{\partial t_i} = max \approx \sum_{k=1}^{M} \omega_k - \mu_k^2 - \mu_T^2,$$
$$\omega_k = \sum_{i \in C_k} p_i, \mu_k = \sum_{i \in C_k} i.p_i / \omega_k,$$
$$\mu_T = \sum_{k=1}^{M} \omega_k . \mu_k, p_i = \frac{f_i^{(C_i)}}{N}$$
$$C_1 \in \{1,2,\dots,t_1\},$$
$$C_2 \in \{t_1+1,\dots,t_2\},\dots,C_M \in \{t_{M-1}+1,\dots,L\} \quad (5)$$

kde: t_i je hodnota prahu i-té skupiny, f_i je počet bodů na i-tém prahu, N je celkový počet bodů, L je celkový počet barevných odstínů, M je celkový počet prahových skupin

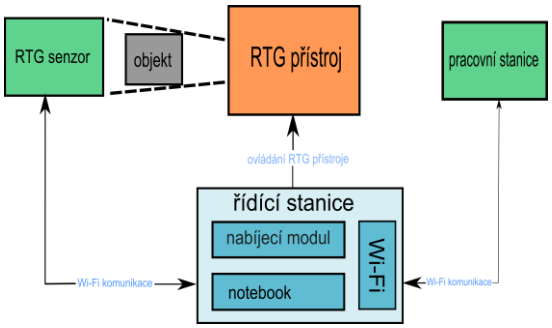
Postup zpracování (obr. 4) znázorňuje jednotlivé kroky postupné filtrace s identifikací hlavních prahových hodnot ze vstupního rentgenového snímku až po výsledný interpretační kompozit spolu s kvantifikací jednotlivých segmentů obrazu. Algoritmus pro výše uvedenou segmentaci byl vytvořen v prostředí ITK [6].



Obr. 4: Postup filtrace rentgenových snímků a 3D vyhodnocení

1.2 RTG zařízení pro diagnostiku

Návrh pracoviště, které je mobilní a splňuje požadavky na přesnost vyhodnocení obrazu rozlišení (bod obrazu rentgenového snímacího zařízení (RTG 0 - 87/125μm) [7] je zobrazen na obr. 5a. Jeho realizace je zobrazen na obr.5b.



Obr. 5a: Schéma zařízení pro monitoring stavebních prvků

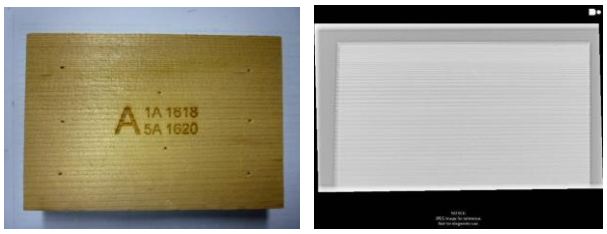


Obr. 5b: Experimentální zařízení pro monitoring stavebních prvků

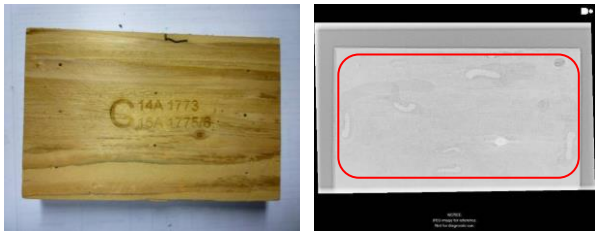
Pomocí tohoto systému lze monitorovat a vyhodnocovat stav dřevěných prvků. Je možné vyhodnotit míru poškození, jak bylo ukázáno obr.4, stav a přítomnost dřevokazného hmyzu „old-house borer“ například (*Hylotrupes bajulus* L.) [8]-[12]. Lokalizace hmyzu byla testována na laboratorních vzorcích s definovaným způsobem napadení. Vzorky byly naočkovány 6 kusy larev tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus* L.*)*. Hmotnosti nasazených larev se pohybovaly v rozmezí 20 mg–500 mg, byly získány z laboratorního chovu Výrobkové a zkušební laboratoře VVÚD v Praze a naočkovány do běli borovice lesní, obr. 6.



Obr. 6: Vzorek dřevěného prvku s naočkovanými larvami tesaříka



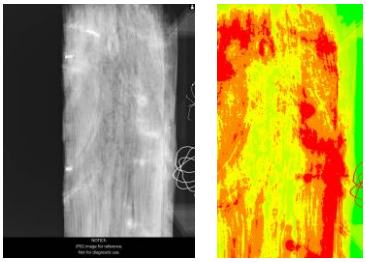
Obr. 7: Vzorek dřevěného prvku „A“ bez napadení



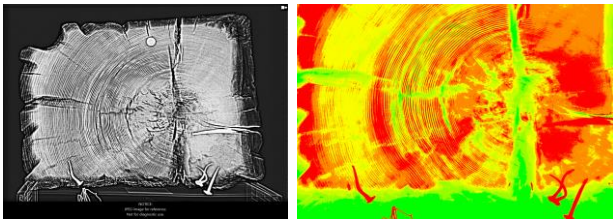
Obr. 8: Vzorek dřevěného prvku „C“ s napadením, vyznačeno červeným oválem

V reálných podmínkách byly experimentálně získány například údaje o stavu dřevěných prvků s různými kombinacemi dalších materiálů. U těchto vyhodnocení se pomocí optických nástrojů vyvolá dojem 3D ostření (filtrace obrazu) a lze tak určit s 60-90% pravděpodobností výskyt a pozici larvy. Ztěžující pro vyhodnocení je přítomnost artefaktů v obraze, jako například kovových pletiv.

Na obr. 9 a 10, je znázorněn výsledek z programu provádějícího postupnou filtraci vstupního rentgenového snímku (obr. 1) až po výsledný interpretační kompozit spolu s kvantifikací jednotlivých segmentů obrazu. Program provádí spojitou segmentaci obrazové předlohy do 5 různých kategorií, tedy předpokládá 5 různých intenzit. Program vychází z předpokladu, že při degradaci dochází ke změně hustoty a složení studovaného prvku. Tyto změny se projeví v barevné intenzitě RTG snímků.



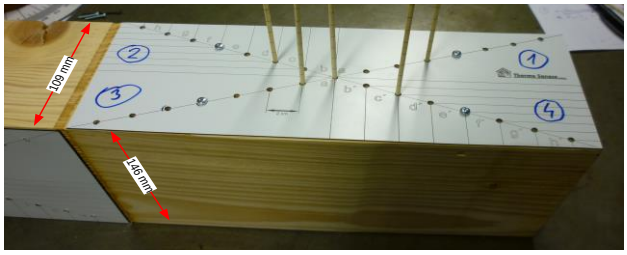
Obr. 9: Vzorek 2 (obr. 1) značen PT23- vyhodnocení poškození objemu prvku



Obr. 10.: Vzorek 1 (obr. 1) značen PT21- vyhodnocení poškození průřezu prvku

1.3 Lokalizace objektu uvnitř biologické struktury

Pro možnost lokalizace škůdce uvnitř biologické struktury, kterého v tomto měření simuluje špendlík (důvodem je výborná identifikovatelnost kovu v RTG snímku) je nutné nasnímat objekt alespoň ze dvou úhlů (optimálně 90°). V laboratorních podmínkách se nabízí možnost měření ve všech třech osách trojrozměrného sytému, avšak skutečná měření v sanovaném krovu již toto nastavení nemusí umožnit z důvodu konstrukce zkoumaných staveb. Proto bylo měření uskutečněno právě pro dva úhly a to 0° a 90°. Získané snímky pomocí dalšího zpracování umožňují dobrou představu o umístění objektu (larva škůdce) v biologické struktuře. Pro toto měření byl vyroben přípravek s různě hlubokými otvory - matrice, obr. 11.



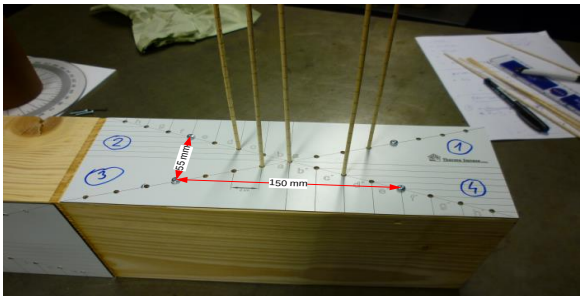
Obr. 11: Matrice pro lokalizaci objektu uvnitř biologické struktury

Pro účely měření byly vyrobeny měrky s kalibrovanými ryskami délek pro lokalizaci objektu uvnitř vytvořených otvorů. Měrky jsou po celé délce označeny po 10 mm pro definovanou orientaci a odečet při jejich zasouvání do přípravku. Pro vlastní měření byly ještě na jednom konci opatřeny 8 mm dlouhým kovovým fantomem – špendlík (obr. 12), pro zvýšení kontrastu a možnost detekce v RTG obrazu.

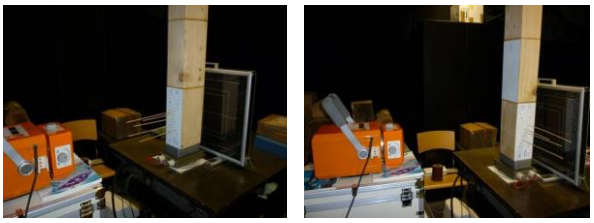


Obr. 12: Měrky pro lokalizaci objektu uvnitř biologické struktury

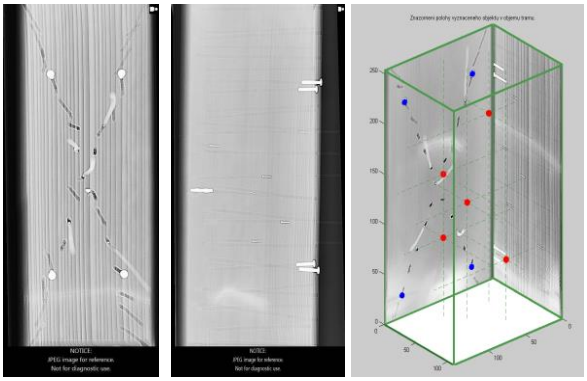
Vlastní měření bylo provedeno pro všechny tři strany přípravku (studie „A“, „B“ a „C“), vždy ze dvou pohledů otočených o 90°. Pro každou studii byly do gravírovaných terčíků vloženy kovové válečky pro možnost kalibrace vzdáleností při vyhodnocování obrazu. Dále jsou uvedeny pouze výsledky pro studii A, obr. 13, obr. 14, obr. 15.



Obr. 13: Měření studie „A“ pro lokalizaci objektu uvnitř biologické struktury (rozmístění objektů je: d_1 = 7 cm, a =6 cm, c_2 = 2 cm, b_3 = 12 cm, c_4 = 4 cm)



Obr. 14: Pohledové situace „A“ pro měření lokalizace objektu uvnitř biologické struktury



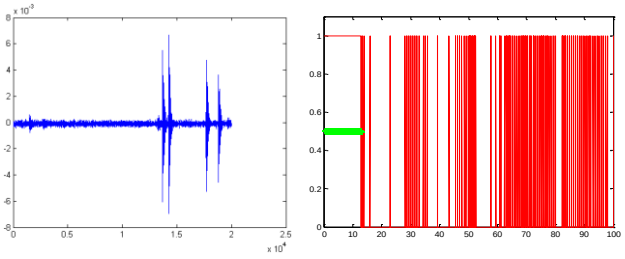
Obr. 15: Výsledné RTG snímky situace „A“, 3D vyhodnocení polohy objektů fantomů

2. AKUSTICKÁ DETEKCE AKTIVITY LAREV DŘEVOKAZNÉHO HMYZU

Detekce aktivity dřevokazného hmyzu je možná díky zvuku, který larvy vydávají zejména během vytváření požeru. Jelikož pro terénní měření, v nichž se předpokládá několika hodinový záznam, by byla detekce škůdce v záznamu časově náročná, byl naprogramován speciální software. Ten umožňuje automaticky, až 30x rychleji pomocí vhodného algoritmu vyhledat časové okamžiky, kdy je škůdce aktivní. Grafický výstup z programu je na obr. 17. Okamžiky škůdcovi aktivity jsou na časové ose označeny červenou barvou. Zelená barva pak značí šum. Na obr. 17 je zobrazen záznam dlouhý 100 s. Pomocí tohoto softwaru, lze pak jednoduše provést časovou analýzu několikahodinového záznamu a nalézt místa, ve kterých je škůdce aktivní. Pomocí získaného grafu pak jednoduše spustit záznam v časech označených červeně. Během testovacího terénního RTG měření bylo současně provedeno měření zvukové stopy škůdce v biologickém materiálu. Po zpracování zvukových stop, výsledky dokazují aktivitu škůdce. Konkrétně v rodinném domě v Hukvaldech 1.6.2012 v jednom z pokojů je aktivita škůdce zřejmá, obr. 17. Pomocí softwaru vyvinutého na UTEE lze přesně najít ve zvukové stopě místa, kde je škůdce aktivní. Testovací měření aktivity škůdce proběhlo pomocí senzoru na napadených vzorcích, obr. 16. V současnosti společnost Thermo sanace ve spolupráci UTEE vyvíjí nové zařízení a senzory na snímání a zpracování zvukových stop při aktivním napadení dřevokazným hmyzem.



Obr. 16: Ukázka měřícího uspořádání fonendoskopického senzoru s dlouhodobým záznamem



Obr. 17: Grafický výstup z programu pro zvukovou detekci aktivity škůdce v záznamu

ZÁVĚR

Byla navržena a otestována rentgenová transparentní diagnostická metoda pro snímání 2D obrazu a vyhodnocení 3D kvality s ohledem na zadané parametry snímku. Parametry byly nastaveny tak, aby se zobrazily takové části snímku s mírou poškození stavby heterogenní struktury - dřeva jako stavebního prvku. Byl testován akustický monitoring výskytu - přítomnosti nebo lokalizace dřevokazného hmyzu. Na reálných stavebních prvcích byly provedeny testy diagnostiky kvality (poškození) dřevěných nosných a konstrukčních prvků.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsaný v textu byl finančně podporován společností Thermo Sanace s.r.o., a grantem Ministerstva průmyslu a obchodu č. FR-TI1/368, projektem VUT v Brně FEKT-S-11-5. Článek také využívá poznatky metod Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK), otevřeného zdroje programových vybavení U.S. National Library of Medicine.

SEZNAM LITERATURY

[1] Prosser V. *Experimentální metody biofyziky*, Academia Praha, 1989

[2] http://www.fakopp.com/site/fakopp-3d

[3] M. O'Halloran, M. Glavin, and E. Jones CHANNEL-RANKED BEAMFORMER FOR THE EARLYDETECTION OF BREAST CANCER, *Progress In Electromagnetics Research, PIER 103, 153{168, 2010, Boston, USA*

[4] YOO, T. S., 2004: Insight into Images – Principles and Practice for Segmentation, Registration, and Image Analysis, A K Peters, Ltd. Wellesey, p. 393.

[5] Liao, P. S., Chen, T. S., & Chung, P. C. (2001). A fast algorithm for multilevel thresholding. Journal of information science and engineering, 17(5), 713–728. Institute of Information Science Academia Sinica.

[6] IBÁÑEZ, L., SCHROEDER, W., NG, L., CATES, J., 2005: The ITK Software Guide – Second Edition Updated for ITK version 2.4, Kitware, Inc., pages 804, ISBN 1-930934-15-7

[7] FOMEI: divize RTG. [online]. [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://radiodiagnostika.fomei.com/

[8] Koňas P., Rybníček M., Kolář T., Statistical Processing and Usage of Incomplete Tree-ring Series. In Proceedings of Abstracts of TRACE 2011. s. 44.

[9] Trcala M., Koňas P., Modelling of coupled moisture and heat transfer during wood drying. Wood Research. 2012. sv. 57, č. 1, ISSN 1336-4561.

[10] MIKULKA, J.; GESCHEIDTOVÁ, E.; BARTUŠEK, K. Evaluation of Errors in Manual Image Processing. Progress In Electromagnetics, 2011, roč. 2011, č. 2011, s. 84-86. ISSN: 1559- 9450.

[11] MIKULKA, J.; BARTUŠEK, K. 3D reconstruction in magnetic resonance imaging. Progress In Electromagnetics, 2010, roč. 2010, č. 2010, s. 1043-1046. ISSN: 1559-9450.

[12] ŠMÍRA, P., NASSWETTROVÁ, A., ŠTĚPÁNEK, J. PAŘÍLKOVÁ, J. Sanace dřevěných konstrukcí horkým vzduchem. *In. Dřevostavby 2013. Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí 2013, VOŠ Volyně,* s. 75-84. ISBN 978-80-86837-51-2

EXPERIMENTÁLNE OVERENIE ÚČINKOV NEBEZPEČNÝCH LÁTOK NA NECHRÁNENÚ KOŽU

MICHAL ORINČÁK [1]

Abstract *— This paper deals with methodic of experimental verification effects hazardous substances (acids) on exposed skin. The first chapter deals with basic characteristics and effects of hazardous substances on exposed skin. The second chapter deals with basic process of experimental search. The third chapter describes general realization experiment.*

Keywords *— experiment, hazardous substances, skin, acids, contamination*

Abstrakt *— Článok sa zaoberá metodikou experimentálneho skúmania účinkov vybratých nebezpečných látok (kyselín) na nechránenú kožu. Prvá kapitola uvádza základnú charakteristiku a účinky vybratých nebezpečných látok na nechránenú kožu. Druhá kapitola uvádza základný postup experimentálneho skúmania. Tretia kapitola popisuje samotnú realizáciu experimentu.*

Kľúčové slová *— experiment, nebezpečné látky, koža, kyseliny, kontaminácia*

ÚVOD

Záchranné práce vykonávané pri radiačnom, chemickom a biologickom ohrození sú charakteristické najmä tým, že sú vykonávané v kontaminovanom prostredí. Kontaminované prostredie je možné vo všeobecnosti chápať ako akýkoľvek uzavretý priestor alebo neohraničené prostredie, do ktorého sa voľne rozšírila nebezpečná látka v plynnom, kvapalnom alebo tuhom skupenstve a bezprostredne ohrozuje život alebo zdravie osoby nachádzajúcej sa v tomto priestore alebo prostredí.

Z tohto dôvodu je nutné pri realizácii záchranných prác používať určené ochranné prostriedky, ktoré chránia, prípadne znižujú účinky nebezpečnej látky na ľudský organizmus. Zvýšenú pozornosť je taktiež nutné upriamiť aj na civilné osoby, ktoré sa môžu v kontaminovanom priestore nachádzať a predstavujú hlavný cieľ záchranných prác. Pritom nesmieme zabúdať na fakt, že najviac postihnutí účinkami nebezpečnej látky budú civilné osoby, ktoré nemajú bežne k dispozícii potrebné ochranné prostriedky a budú si musieť v tom lepšom prípade vystačiť len s improvizovanou ochranou.

Už pri samotnom pohybe hasiča v kontaminovanom priestore môže dôjsť ku kontaminácii najmä kože kvapkami alebo parami nebezpečnej látky, ktorá predstavuje prvotnú ochrannú bariéru pred účinkami vonkajšieho prostredia.

Pôsobenie nebezpečných látok (v tomto prípade kyselín a zásad) na nechránenú kožu človeka predstavuje vážne ohrozenie jeho zdravia najmä vtedy, ak nie sú k dispozícii účinné ochranné prostriedky. V prípade záchranárov nachádzajúcich sa v takomto kontaminovanom priestore vzniká otázka, či ich základné osobné ochranné prostriedky poskytujú účinnú ochranu proti negatívnym účinkom týchto nebezpečných látok. Ak to tak nie je, vzniká ďalšia otázka, ktoré prostriedky často krát aj improvizovaného charakteru môžu túto funkciu ochrany spĺňať. Aby sme mohli nájsť správne odpovede na tieto základné otázky je potrebné dôkladne preskúmať práve samotné pôsobenie nebezpečných látok na nechránenú kožu v takých laboratórnych podmienkach, ktoré sa priblížia k podmienkam zásahu v kontaminovanom prostredí.

1. ÚČINKY KYSELÍN A ZÁSAD NA NECHRÁNENÚ KOŽU

Kyseliny a ich zlúčeniny zrážajú bielkoviny, v nadmernom množstve ich rozpúšťajú a tkanivám (napr. koža) odoberajú vodu a tým spôsobujú ***poleptanie tkaniva***. Niektoré kyseliny sa pri styku s vodou silno zahrievajú a tým spôsobujú ***termické zmeny – termické popáleniny***.

Termické popáleniny a poleptanie **(corrosio)** tkaniva charakterizujeme ako mechanizmus vzniku popáleniny, ktorá môže predstavovať vážne ohrozenie zdravia človeka.

[1] Ing. Michal ORINČÁK, PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, e-mail: michal.orincak@fsi.uniza.sk, tel.: 00421 - 41 - 513 6764, Fax: 00421 - 41 - 513 6620



Obr.1: Termická popálenina – oparenie kože a poleptanie kože koncentrovanou kyselinou sírovou

Zdroj: (http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/, 2010)

Mechanizmus vzniku popálením zahŕňa tieto typy (http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/):

- termické popáleniny,
- elektrické popáleniny,
- poleptanie,
- chladové traumy,
- ionizujúce žiarenie.

Na nasledujúcom obrázku 1 sú uvedené príklady termickej popáleniny a poleptania kyselinou sírovou.

Pri požití kyselín môže nastať ihneď kolaps a rýchla smrť. V tomto prípade dochádza k poleptaniu tkanív a povrchovej nekróze tkaniva. Sfarbenie slizníc býva väčšinou fialové, hnedé až čierne. Na koži vznikajú veľmi často krvné výronky.

U koncentrovanej ***kyseliny sírovej*** je smrteľná dávka približne 4-6 g. Už 1 % roztok pôsobí jedovato. Pri poliatí približne 70 % roztokom nastane poleptanie kože, za 2-3 dni dochádza k odlúčeniu nekrózneho tkaniva a pod ním vzniká vred. Pri vstreknutí do oka dochádza k jeho strate. Na prírodných textíliách zanecháva hnedé škvrny a vlákna sa pri dotyku rozpadajú [13,14].

U koncentrovanej ***kyseliny chlórovodíkovej*** je smrteľná dávka približne 10-15 g u detí približne 2 g. Boli pozorované prípady dospelých, ktorí prežili aj dávky 60 g. Taktiež vdýchnutie pár (ťažko znesiteľná je už koncentrácia 1:1000) spôsobuje silné podráždenie dýchacích ciest s kašľom a dusením [13,14].

U ***kyseliny fluorovodíkovej*** je smrteľná dávka približne 15 g. Na koži vzniká začervenanie, pľuzgiere alebo príškvar (záleží od koncentrácie). Pary spôsobujú vredy na spojivke [13,14].

U ***kyseliny dusičnej*** je smrteľná dávka približne 8 g u detí 2 g. Na koži vzniká typické citrónové až pomarančové sfarbenie (xantoproteinová rekcia). Zriedená nespôsobuje príškvary ale zápaly [13,14].

U ***kyseliny chrómovej*** je smrteľná dávka približne 1-2 g. Avšak bola pozorovaná smrť aj pri 0,3 g. Pri dlhšom pôsobení na kožu sa sfarbuje do žltozelena [13,14].

U ***kyseliny fosforečnej*** dochádza k poleptaniu len pri vysokých koncentráciách. Na koži sa vytvára vyrážka a zápal [13,14].

U ***kyseliny boritej*** je smrteľná dávka približne 15-20 g pre dospelých a 8 g pre deti. Smrť však bola pozorovaná aj pri dávkach 3 až 6 g [13,14].

Na koži spôsobuje jej sčervenanie, zápal prípadne koprivku. Vstrebáva sa aj kožou a takto môže spôsobiť otravu [13,14].

U ***kyseliny octovej*** je smrteľná dávka približne 12 g. Na koži spôsobuje začervenanie a tvorbu pľuzgierov. K povrchovému poleptaniu môže dôjsť aj pri octových obkladoch. Sliznica býva sfarbená do šedobiela až tmavošeda [13,14].

U ***kyseliny šťaveľovej a citrónovej*** je leptací účinok výrazne nižší v porovnaní s anorganickými kyselinami [13,14].

U ***kyseliny mravenčej*** je smrteľná dávka približne 2 g. Na koži spôsobuje pálenie, pľuzgiere až nekrotické zmeny tkaniva. Po vyhojení ostávajú jazvy [13,14].

U ***kyseliny karbolovej (fenol)*** je smrteľná dávka približne 3 až 40 g. U dieťaťa bola pozorovaná smrť už pri 1% koncentrácii roztoku. Poliatie kože môže spôsobiť smrť. Na koži spôsobuje pálenie, stuhlosť s následnou anestéziou, neskôr sa rozvinie príškvar, najskôr belavej farby a až neskôr červeno čierny. Aj zriedené roztoky môžu poškodiť kožu s následnou gangrénou. Typický je fenolový zápach [13,14].

Kyselina pikrová spôsobuje zažltnutie kože, spojiviek, vlasov a nechtov. Už dávky 0,5-1 g pôsobí toxicky. Smrteľná dávka nie je presne stanovená. Pri vdychovaní môže dôjsť až k perforácii nosnej prepážky [13,14].

U ***lysolu*** *(mydlový roztok trikrezolu)* je smrteľná dávka u dospelých okolo 30 g a u detí okolo 5 g. Koncentrovaný roztok vyvoláva na koži pálenie, začervenanie, poruchy citlivosti až žltohnedé príškvary, ktoré sa môžu odlúčiť. Zriedený roztok (1-2%) spôsobuje svrbenie, pálenie a necitlivosť, ktorá skoro vymizne. Niekedy sa môže vytvoriť ekzém. Po vyhojení zostávajú jazvy [13,14].

Hydroxidy taktiež spôsobujú poleptanie tkanív. Hydroxidy pôsobia na tkanivá tak, že tvoria s bielkovinou alkalické albumináty, avšak nekoaguluje samotnú bielkovinu. Tú hydroxid rozpúšťa a tým vytvára rôsolovité hmoty a mazľavé príškvary. Príškvary u kyselín sú na rozdiel od hydroxidov nemazľavé.

U ***hydroxidu sodného a draselného*** sa smrteľná dávka pohybuje medzi 80 až 100 g avšak aj 5% hydroxid môže spôsobiť smrť. Horúce hydroxidy sú nebezpečnejšie. Na koži spôsobujú poleptanie až nekrózu. Po vyhojení zostávajú jazvy. V malých koncentráciách spôsobujú ekzémy. Rany na sliznici sú pozorované už pri 5% koncentrácii. Pri vstreknutí do oka môže dôjsť rýchlo k oslepnutiu [13,14].



Obr. 2: Poleptanie kože na ruke hydroxidom sodným

Zdroj:
(http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Sodium_hydroxide_burn.png)

2. ZÁKLADNÝ POSTUP EXPERIMENTÁLNEHO SKÚMANIA

Metodika experimentálneho skúmania účinkov vybratých nebezpečných látok (kyselín) na nechránenú kožu pozostáva zo súboru možných spôsobov a metód, ktorými je možné dané experimenty realizovať v našom prípade v laboratórnych podmienkach. Základ metodiky experimentálneho skúmania tvoria dva hlavné spôsoby realizácie experimentu a to:

- Experiment tzv. "priamej kontaminácie kože" kvapkami nebezpečnej látky.
- Experiment tzv. „nepriamej kontaminácii kože" pôsobením výparmi prípadne aerosólom nebezpečnej látky.

Ako základnú vzorku kože pre experiment použijeme výrez kože z prasaťa aj s podkožnou vrstvou tuku. Zvyčajne postačuje vzorka o veľkosti 3x3 cm až 5x5 cm tak ,aby sa zmestila do rozmerov petriho misky.

Základná schéma experimentálneho postupu skúmania je bližšie vysvetlená na nasledujúcom obrázku 3.

A ***Prvý spôsob (experiment tzv. "priamej kontaminácie kože")*** je určený pre skúmanie a overenie účinkov kyselín a zásad na nechránenú kožu, čiastočne chránenú kožu a kožu chránenú profesionálnymi ale aj improvizovanými ochrannými prostriedkami prostredníctvom kvapiek NL (rozstrek alebo pofŕkanie).

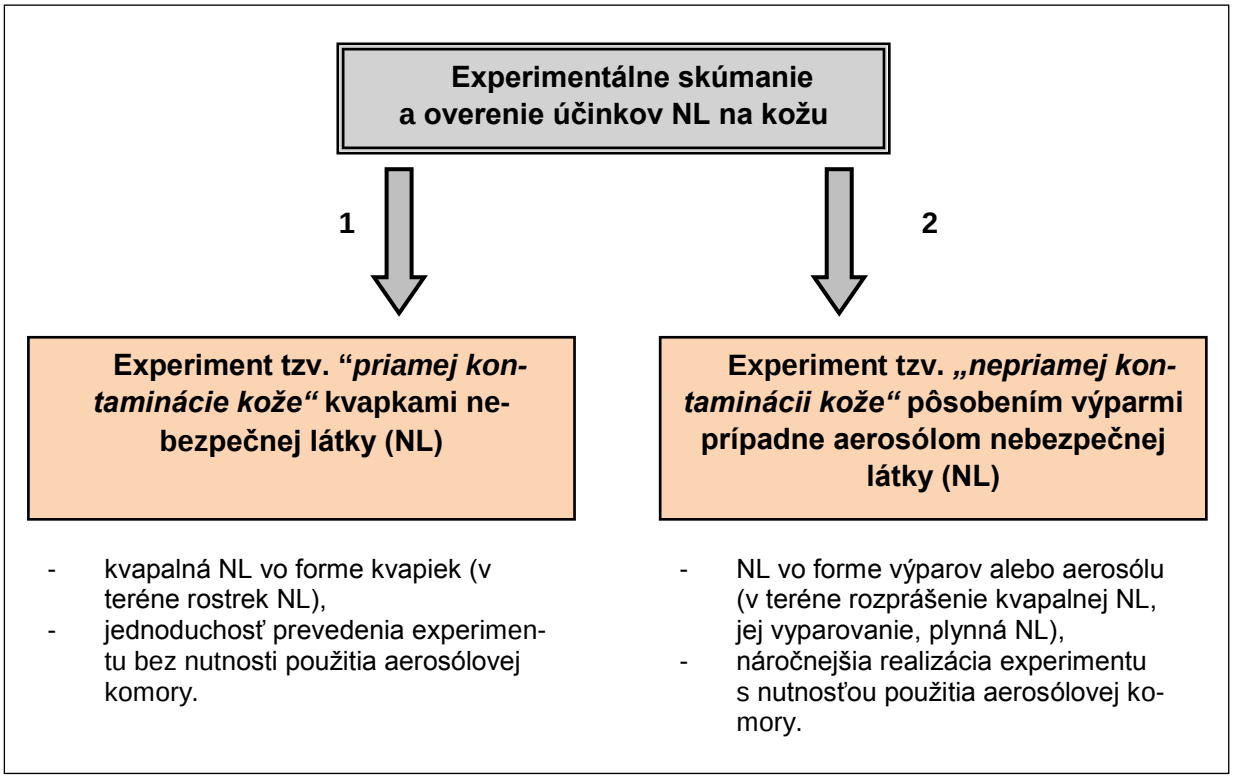
Postup:

Presne určené množstvo nebezpečnej látky (napr. kyseliny alebo zásady) sa rozstrekne alebo nakvapká na vzorku kože. Takýto spôsob predstavuje kontamináciu kože kvapkami NL po rozstreknutí alebo pofŕkaní záchranára (civilistu) kvapalnou NL. Zvyčajne postačuje vzorka kože (použije sa koža z prasaťa) o veľkosti 3x3 cm (zmestí sa do rozmerov petriho misky) a 2 až 3 kvapky NL o známej koncentrácii. Vzorka sa v presne stanovených časových intervaloch sleduje a vyhodnocuje sa účinok NL.

Riziká:

Tento spôsob je relatívne bezpečný pri použití čo najmenšieho množstva NL. Pri použití väčšieho množstva NL je potrebné vykonávať experiment v digestore. Odsávanie eliminuje výpary NL, ale výrazne neovplyvňuje priebeh experimentu (účinky kvapalných NL zostávajú viac menej nemenné).

B ***Druhý spôsob (experiment tzv. „nepriamej kontaminácii kože")*** je určený pre skúmanie a overenie účinkov kyselín a zásad na nechránenú kožu, čiastočne chránenú kožu a kožu chránenú profesionálnymi ale aj improvizovanými ochrannými prostriedkami prostredníctvom výparov NL alebo jej aerosólu.



Obr.3: Schéma experimentálneho postupu skúmania a overenia účinkov NL na kožu

Zdroj: (Orinčák, 2010)

Takáto kontaminácia sa často vyskytuje pri väčších únikoch NL, kde dochádza k vyparovaniu NL a následnému negatívnemu účinku výparov na okolie. Navyše výpary môžu reagovať so vzdušnou vlhkosťou prípadne telesným potom za vytvorenia kvapalnej NL.[2]

Postup:

Presne určené množstvo nebezpečnej látky (napr. kyseliny alebo zásady) sa naleje do rozpáleného korundového žíhacieho téglika, ktorý je umiestnený v aerosólovej komore na teplovzdornej podložke. V dôsledku vysokej teploty sa začne kyselina alebo zásada vyparovať a v aerosólovej komore vzniká potrebné koncentrácia nebezpečnej látky. Takýto spôsob predstavuje kontamináciu kože prostredníctvom výparov NL. V prípade aerošolu sa NL rozpráši vo vnútri komory, kde začne pôsobiť na skúmanú vzorku. Zvyčajne postačuje vzorka kože (použije sa koža z prasaťa) o veľkosti 3x3 cm (zmestí sa do rozmerov petriho misky). Vzorka sa v presne stanovených časových intervaloch sleduje a vyhodnocuje sa účinok NL.

Riziká:

Tento spôsob experimentu nie je možné bezpečne vykonať bez aerosólovej komory. Potrebnú koncentráciu výparov dosiahneme len v uzavretom priestore komory. Z tohto dôvodu je potrebné zabezpečiť jej následné odvetranie a neutralizáciu výparov. Pre vyššiu bezpečnosť je potrebné používať čo najmenšie množstvo NL, potrebnej k vytvoreniu stanovenej koncentrácie. Je vhodné kvôli bezpečnosti umiestniť komoru do digestora.

3. REALIZÁCIA EXPERIMENTU TZV. "PRIAMEJ KONTAMINÁCIE KOŽE"

Ako jeden z vhodných vstupných pokusov môže byť realizované skúmanie účinkov vybratej nebezpečnej látky na vzorke. V tomto konkrétnom prípade ide o skúmanie pôsobenia anorganických kyselín na vzorky bravčovej kože, ktorá nám simuluje ľudskú kožu. Týmto spôsobom je možné skúmať účinky ďalších nebezpečných látok napr. organických kyselín, hydroxidov, plyny, kovy, jedy a pod. na ľudskú kožu. Bravčová koža sa svojimi vlastnosťami veľmi podobá koži ľudskej, čo je možné využiť pre potreby tohto experimentu.

Okrem pôsobenia nebezpečných látok na kožu, je možné skúmať aj účinky NL na rozličné iné organické a anorganické materiály napr. rôzne organické tkanivá, kovy, plasty, tkaniny a pod. Tieto všetky materiály

[2] V praxi boli pozorované prípady banských záchranárov zasahujúcich v prostredí so zvýšenou koncentráciou oxidu uhličitého, ktorý následne zreagoval s potom a telesnou vlhkosťou za vzniku kyseliny uhličitej, ktorá na kožných záhyboch vytvárala svrbiace a pálivé sčervenanie.

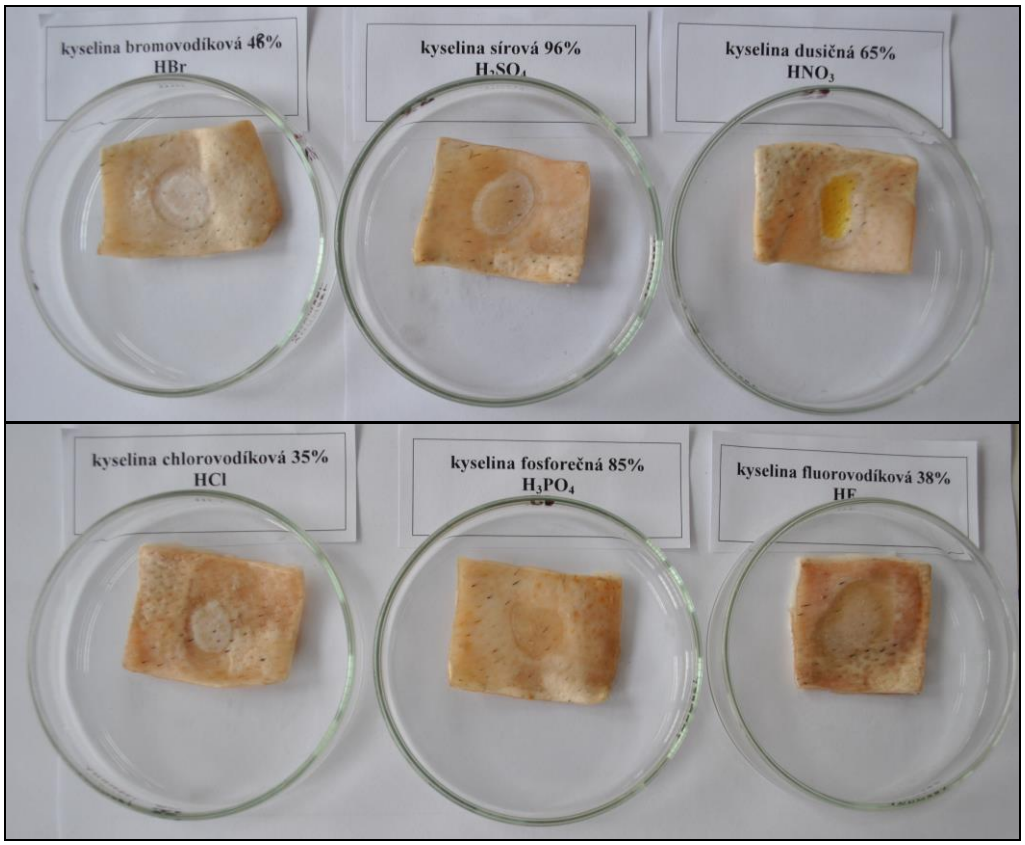
môžu byť vystavené pri zásahu záchranárov škodlivým účinkom NL. Ich odolnosť a mieru poškodenia pri zásahu v takomto kontaminovanom prostredí zistíme práve takýmito typmi experimentov. Poznatky z praxe sú v tejto oblasti skromné a nepostačujú pre vytvorenie presného obrazu o účinkoch NL na rozmanité materiály.

V presne stanovených časových intervaloch (napr. 3, 10, 15, 30, 60 min. a pod.) sa sleduje a zapisuje pôsobenie a zároveň sa vyhotovuje potrebná fotodokumentácia. Vzorky sa ďalej môžu mikroskopicky skúmať a porovnávať s pôvodnou vzorkou. Pri tomto skúmaní sa hľadajú detailnejšie zmeny, poškodenia a odchýlky od pôvodného stavu. Ide najmä o fyzikálne vlastnosti:

- tvar a celkový vzhľad poškodenia vzorky,
- zmena farby poškodenia a farba okolia poškodenia vzorky,
- hĺbka poškodenia vzorky na reze a prípadné zmeny štruktúry vzorky a pod.

Je potrebné pozorne sledovať a zapisovať samotný priebeh a pôsobenie NL na vzorku a prípadné odchýlky alebo anomálie zaznamenať napr. búrlivá reakcia, prudké zvýšenie teploty, náhla zmena pH, vznik ďalších chemických produktov a pod. Tieto sledované javy patria medzi chemické vlastnosti skúmanej vzorky.

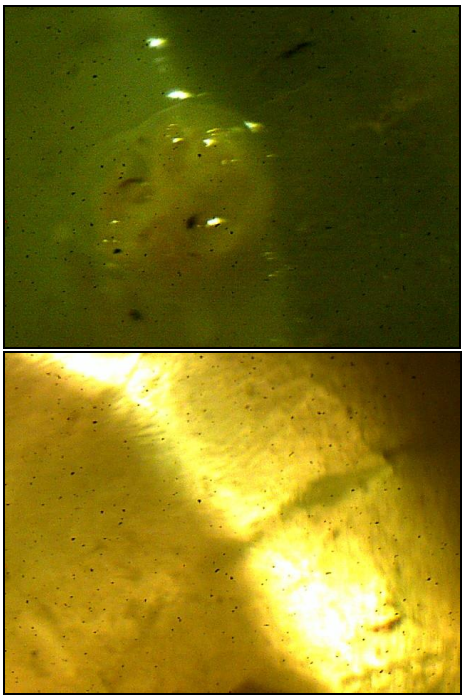
V rámci experimentu boli použité tieto anorganické kyseliny o presne známej koncentrácii (kyselina sírová 96 %, kyselina dusičná 65 %, kyselina bromovodíková 48 %, kyselina chlorovodíková 35 %, kyselina fosforečná 85 %, kyselina fluorovodíková 38 %). Výsledné porovnanie všetkých vzoriek kontaminovaných anorganickými kyselinami a ich výsledné poškodenie od kyselín je zobrazené na detailnom snímku obrázok 4.



Obr.4: Výsledné porovnanie vzoriek s poškodením kyselinou

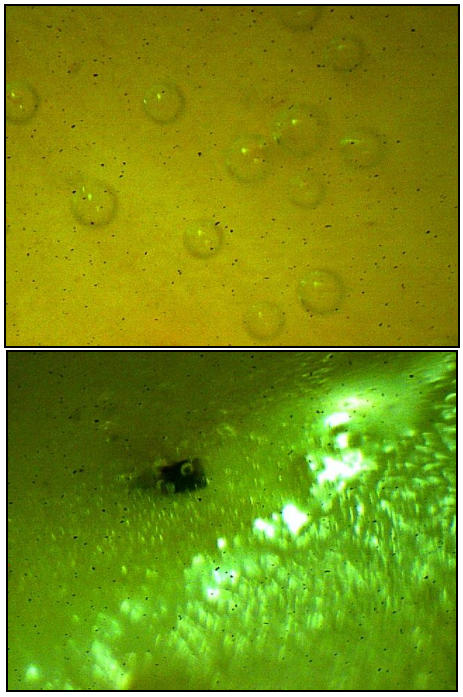
Zdroj: (*Orinčák, 2011)*

Pre detailné skúmanie poškodenia vzoriek je potrebné spraviť mikroskopické snímky poškodenia kože, kde je zreteľne vidieť agresívny účinok anorganických kyselín, aj keď navonok pri bežnom pohľade nie je poškodenie až tak viditeľné. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené mikroskopické snímky oblasti pôsobenia kyselín na vzorky kože.



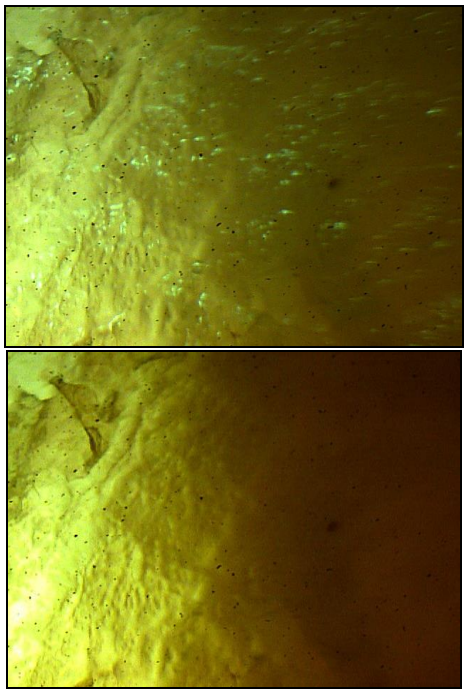
Obr. 5: Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou sírovou 96 %

Zdroj: (*Orinčák, 2011) 40 násobné zväčšenie*



Obr. 6: Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou dusičnou 65 %

*Zdroj: (*Orinčák, *2011) 40 násobné zväčšenie*

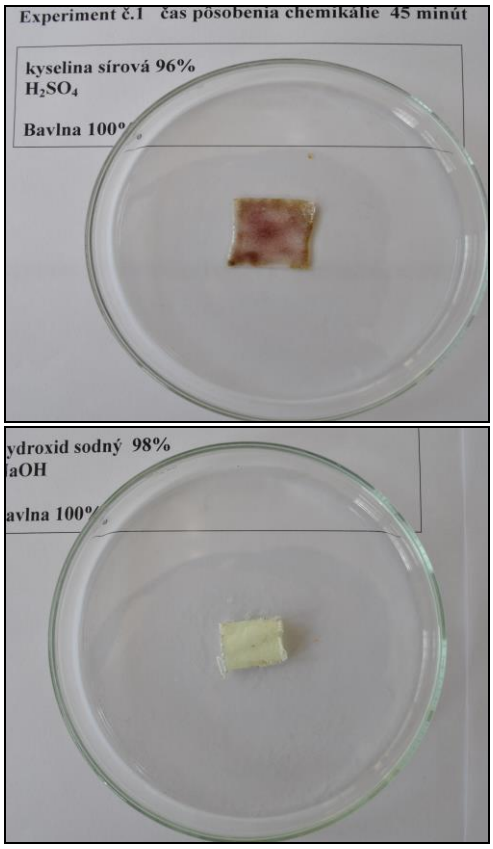


Obr.7: Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou fluorovodíkovou 38 %

Zdroj: (*Orinčák, 2011) 40 násobné zväčšenie*

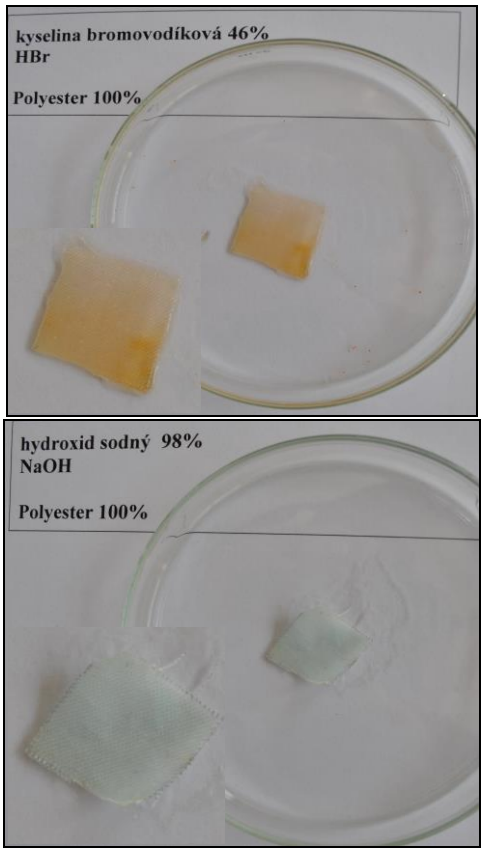
Na mikroskopických snímkach obrázkov 5 a 6 je jasne vidieť prebiehajúcu reakciu kyseliny sírovej a dusičnej s pokožkou sprevádzané tzv. plynovaním (pri rekcii dochádza k tvorbe viditeľných bubliniek na povrchu kože). Na všetkých mikroskopických snímkach môžeme pozorovať zreteľné ohraničenie miesta pôsobenia kyseliny od nekontaminovanej časti. Tieto ohraničenia majú často charakter zvráskaveného až akoby zjazveného tkaniva, tzv. poleptanie. Takto poškodené miesto na koži vytvára tzv. príškvar, ktorý je jasne pozorovateľný na obrázku 7 (pôsobenie kyseliny fluorovodíkovej).

Okrem týchto vstupných experimentov boli vykonané obdobné pokusy na vzorkách vybratých tkanín, ktoré sa dajú použiť ako prostriedok individuálnej ochrany (ďalej len PIO) civilistov alebo záchranárov. Pre experimentálne skúmanie boli vybraté ako improvizované PIO bavlna a polyester. Ako špeciálne PIO používané záchranármi bol vybratý Nomex Comfort a Nomex III Static-Control. Okrem spomenutých anorganických kyselín boli použité aj hydroxidy a to vodný roztok hydroxidu sodného 98 % a vodný roztok hydroxidu draselného 85 %. Jednotlivé vzorky boli sledované v časových intervaloch 15, 30 a 45 minút. Na nasledujúcich obrázkoch 8 až 15 sú zobrazené detailné snímky vzoriek jednotlivých textílií ochranných prostriedkov.



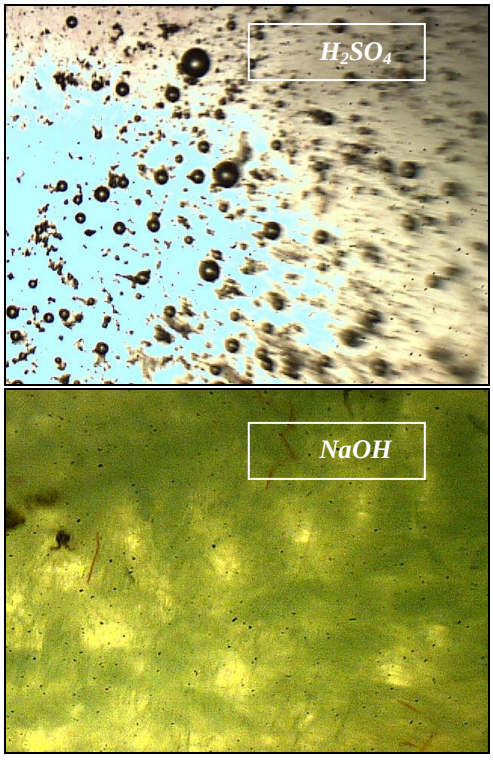
Obr 8: Vzorky bavlny kontaminované H_2SO_4 a NaOH

Zdroj: (*Orinčák, Ježík, 2011)*



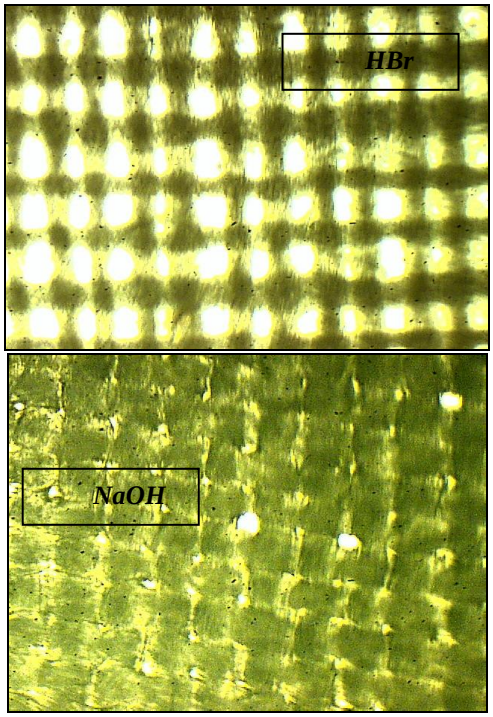
Obr. 10: Vzorky polyesteru kontaminované HBr a NaOH

Zdroj: (*Orinčák, Ježík, 2011*)



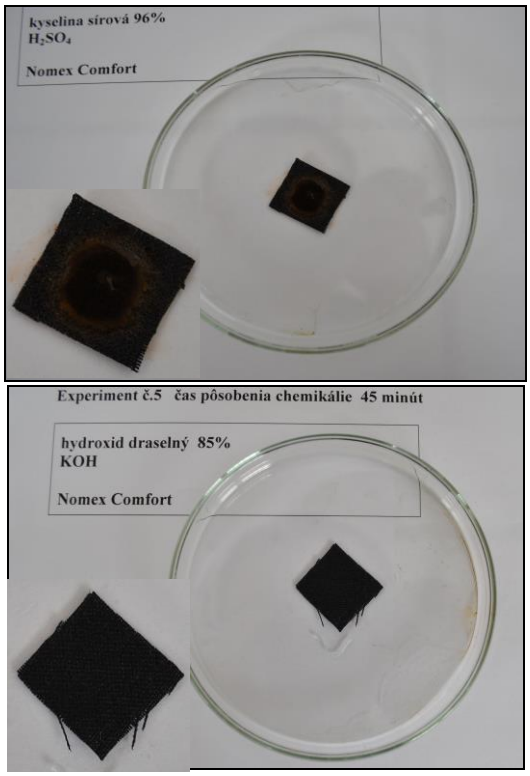
Ob. 9: Mikroskopické snímky vzoriek bavlny kontaminovanej H_2SO_4 a NaOH

*Zdroj: (*Orinčák, *Ježík, 2011) 40 násobné zväčšenie*



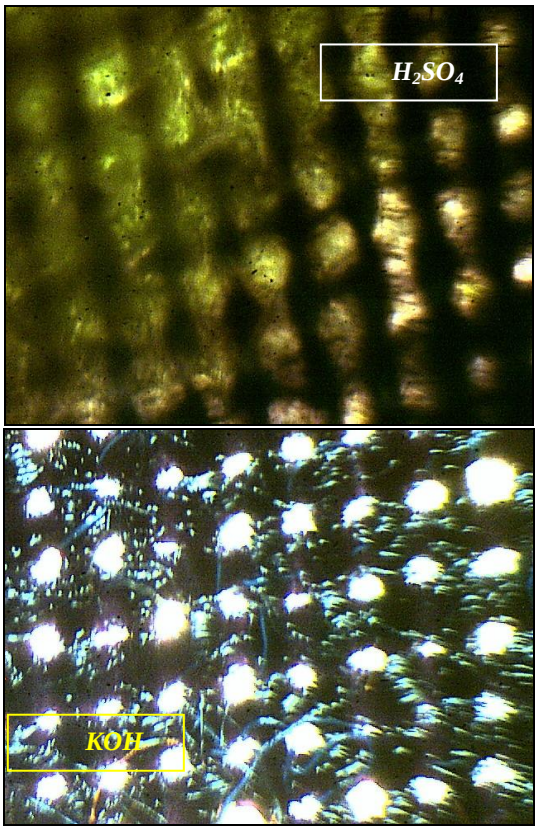
Obr. 11 Mikroskopické snímky vzoriek polyesteru kontaminovaného HBr a NaOH

Zdroj: (*Orinčák, Ježík, 2011) 40 násobné zväčšenie*



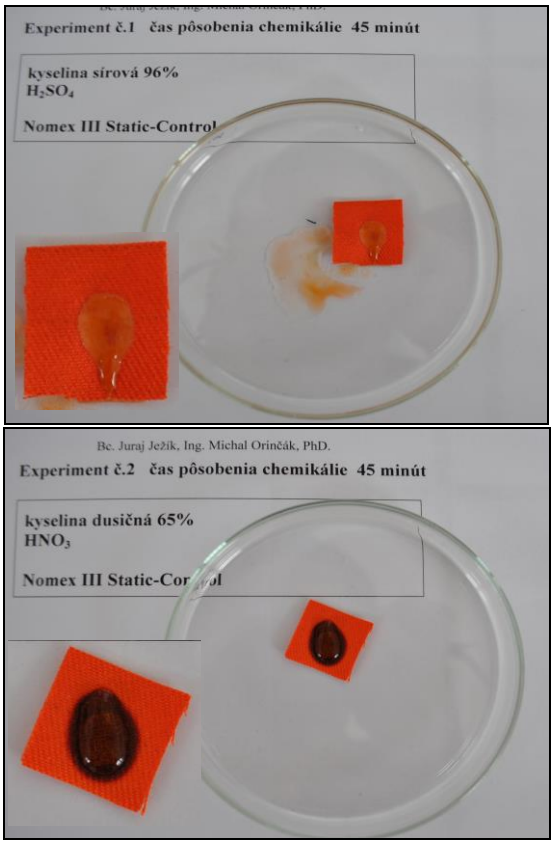
Obr. 12: Vzorky Nomex Comfort kontaminované H_2SO_4 a KOH

Zdroj: (*Orinčák*, Ježík, *2011)*



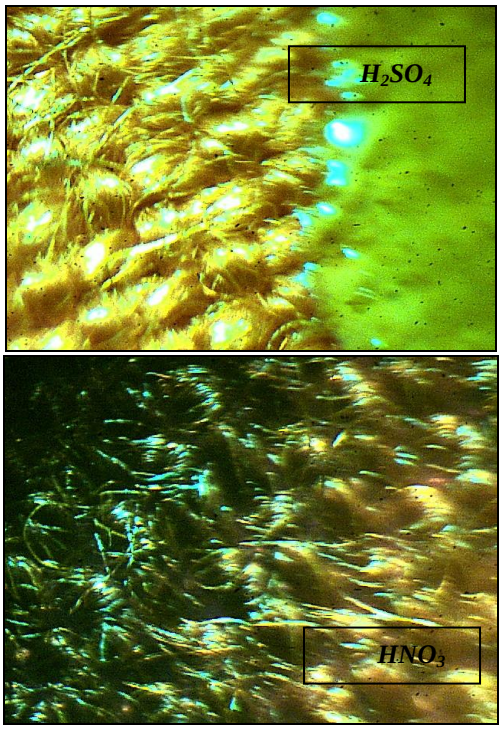
Obr. 13: Mikroskopické snímky vzoriek Nomex Comfort kontaminovanej H_2SO_4 a KOH

Zdroj: (Orinčák, Ježík, 2011) 40 násobné zväčšenie



Obr. 14: Vzorky Nomex III Static-Control kontaminované H_2SO_4 a HNO_3

Zdroj: (*Orinčák*, Ježík, *2011)*



Obr. 15: Mikroskopické snímky vzoriek Nomex III Static-Control kontaminovanej H_2SO_4 a HNO_3

Zdroj: (Orinčák, Ježík, 2011) 40 násobné zväčšenie

Tento metodický postup je možné použiť aj na ďalšie rozmanité nebezpečné látky a skúmať ich pôsobenie na rozličné typy organických a anorganických látok pri rozdielnych laboratórnych podmienkach (zmena teploty, prítomnosť neutralizačnej látky a pod.).

ZÁVER

Pri dekontaminácii kyselín v praxi príslušníci HaZZ používajú najmä vodu a príslušné neutralizačné roztoky (zásadité chemické látky napr. uhličitan sodný, vápno, mletý vápenec a pod.). Pri dekontaminácii silných kyselín je kritický čas vytvorenia viditeľného poškodenia kože a tzv. príškvaru do 3 minút. To znamená že zasiahnutú pokožku treba v tomto časovom limite ihneď opláchnuť vodou, čím sa zníži koncentrácia kyseliny a zmenší sa množstvo pôsobiace na kožu. Ideálne je namiesto vody použiť zásaditý roztok, ktorý kyselinu neutralizuje (napr. núdzovo mydlová voda, hydrogén uhličitan sodný).

Pri slabších kyselinách je kritický čas posunutý od 3 do 10 minút od zasiahnutia kyselinou. Tým postihnutý získava viac času na dôslednejšie odstránenie kyseliny. Avšak aj pri týchto kyselinách dochádza v časovom úseku do 30 minút k poškodeniu a vytvoreniu príškvaru.

Pri textíliách použiteľných ako improvizované PIO dochádza pri ich kontaminovaní anorganickými kyselinami takmer k ich okamžitému rozkladu v priebehu 2 až 5 minút. Zároveň dochádza k prieniku anorganickej kyseliny cez textíliu.

Pri hydroxide sodnom došlo taktiež k výraznému poškodeniu bavlnenej textílie a jeho prieniku cez túto textíliu. Pri hydroxide draselnom bolo poškodenie bavlnenej textílie na povrchu a prienik cez ňu nebol až taký výrazný ako pri hydroxide sodnom. Polyesterovú textíliu rozrušili oba hydroxidy cez ktorú prenikli. Tieto improvizované PIO nezabezpečujú civilným osobám dostatočnú ochranu a je potrebné tieto materiály vrstviť aby sa spomalil prienik NL.

Pri tkaninách označených ako špeciálne PIO boli taktiež určité rozdiely. Pri tkanine Nomex Comfort by pri kontaminácii došlo k prieniku kyseliny alebo zásady, pričom boli pozorované určité mikroskopické poškodenia.

Tkanina Nomex III Static-Control pri rovnakej kontaminácii dokázala odolávať výrazne dlhšiu dobu (napr. až po 30 min pri kontaminácii H_2SO_4 bol zaznamenaný prienik), čo súvisí najmä s jej vyššou hustotou tkania vlákien. Rovnako boli pozorované farebné zmeny na skúmaných tkaninách.

Špeciálne tkaniny najmä typ Nomex III Static-Control dokážu v časovom intervale do 30 minút odolávať účinkom kyselín a zásad, čím sa zvyšuje čas na vykonanie dôslednejšej dekontaminácie. Taktiež prienik nebezpečnej látky cez materiál je výrazne pomalší ako pri ostatných typoch tkanín.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] BUCHANCOVÁ, J. a kol.: *Pracovné lekárstvo a toxikológia*, Osveta, Martin, 2003, ISBN 80-8063-113-1.

[2] ČELEDA, J. a kol.: *Kurs základů chemie*, SPN Praha, 1968.

[3] FABINI, J., SCHNEKOVÁ, B.: *Prehľad stredoškolskej chémie*, SVTL, Bratislava, 1964.

[4] GAŽO, J. a kol.: *Anorganická chémia*, ALFA, Bratislava, 1977.

[5] GAŽO, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*, ALFA, Bratislava, 1981.

[6] http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/ (7.12.2010).

[7] JANÁSEK, D., ORINČÁK, M.: *Súbor prednášok „Chemická a biologická bezpečnosť"*, FŠI, ŽU v Žiline 2011.

[8] MARHOLD, J.: Přehled průmyslové toxikologie (Anorganické látky), Avicenum, Praha, 1980, ISBN 08-035-80.

[9] Metodický list č. 104, č. 105 a č. 107, ktoré riešia dekontamináciu príslušníkov zasahujúcich zložiek.

[10] Pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 47/2009, ktorým sa mení rozkaz prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 20/2007 o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov.

[11] STRAKA, L., HIRT, M., NOVOMESKÝ, F. a kol.: *Kompendium súdnolekárskej toxikológie*, Osveta, Martin, 2012, ISBN 978-80-8063-378-3.

[12] SÝKORA, V., ZÁTKA, V.: *Příruční tabulky pro chemiky*, SNTL, Praha, 1956.

[13] TESAŘ, J.: *Soudní lékařství*, Avicenum, Praha, 1976.

[14] VOREL, F. a kol.: *Soudní lékařství*, Grada Avicenum, Praha, 1999, ISBN 80 716907281.

POŽÁRNÍ INŽENÝRSTVÍ Z POHLEDU HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY

JIŘÍ POKORNÝ [1], PETR KUČERA[2],TOMÁŠ PAVLÍK[3]

Abstract *— The area Fire Safety Engineering becomes more increasingly important and thereby it is also increasing the frequency of contacts of members in the Fire and Rescue Service of the Czech Republic. They often meet with non-standard methods of solution. It was necessary to establish effective cooperation of the Fire and Rescue Service in this area some rules that it will lead to successful cooperation of all stakeholders in order to achieve effective solutions while maintaining an acceptable level of risk.*

The Czech Republic created the rules which are described in publication issued by the Ministry of Interior - General Directorate of Fire Rescue Service of the Czech Republic. Some of the established principles will be presented in the paper.

Keywords *— fire safety engineering, Fire and Rescue Service*

Abstrakt *— Oblast požárního inženýrství nabývá stále více na významu a tím také narůstá četnost kontaktů příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky s často nestandardními postupy řešení. Pro zajištění efektivní spolupráce příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky v této oblasti, bylo účelné vytvořit určitá pravidla, která povedou k úspěšné spolupráci participujících subjektů, s cílem dosažení efektivních řešení při zachování přijatelné míry rizika.*

Česká republika vytvořila popisovaná pravidla publikací vydanou Ministerstvem vnitra – generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky. Některé ze stanovených principů budou prezentovány v příspěvku.

Klíčová slova *— požární inženýrství, hasičský záchranný sbor*

ÚVOD

V průběhu roku 2012 byla v České republice zpracována publikace *Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR* [1] (obr. 1). Cílem publikace bylo především upřesnění vzájemného postavení *„požárního inženýrství“* a *„Hasičského záchranného sboru České republiky“*.

Publikace sestává z následujících základních částí:

- definování základních pojmů,
- oblast použití požárně inženýrských metod,
- požární inženýrství v technických předpisech v České republice,
- profesní spolupráce v rámci požárně inženýrských aplikací,
- požární inženýrství při posuzování staveb v rámci výkonu státního požárního dozoru,
- základní zdroje využitelné při aplikaci metod požárního inženýrství. [1]

Jak je patrné z názvů jednotlivých kapitol, hlavním cílem autorů bylo stručně přiblížit příslušníkům Hasičského záchranného sboru České republiky oblast požárního inženýrství a „*vymezit jejich místo*“ při posuzování požárně inženýrských hodnocení.

1. VYMEZENÍ POJMŮ

V současnosti je v odborných kruzích zabývajících se požární ochranou stále častější výskyt pojmů *„odlišný postup posuzování staveb“* nebo *„požární inženýrství“*. Jejich obsahový význam není shodný a je nezbytné mezi nimi rozlišovat.

Odlišným postupem při posuzování staveb se rozumí postup jiný než podle českých technických norem nebo

[1] Jiří Pokorný, Ing., Ph.D., MPA, Česká asociace hasičských důstojníků, Výškovická 40, Ostrava – Zábřeh, Česká republika, jiri.pokorny@hzsmsk.cz

[2] Petr Kučera, Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Lumírová 13, Ostrava – Výškovice, Česká republika, petr.kucera@vsb.cz

[3] Tomáš Pavlík, Ing., Hasičský záchranný sbor Olomouckého kraje, Schweitzerova 91, Olomouc, Česká republika, tomas.pavlik@hzsol.cz

jiných technických dokumentů upravujících podmínky požární ochrany (např. vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011Sb.). Zahraniční standardy jsou chápány jako postup odchylný od českých technických norem. [1]

Požární inženýrství je souborem zásad a postupů určených k posouzení požární bezpečnosti zvlášť rizikových nebo jinak specifických staveb nebo technologií, s cílem nalezení efektivního řešení z hlediska požární ochrany při zajištění přijatelné míry rizika. Při řešení jsou využívány nejnovější poznatky z oblasti přírodních a aplikovaných věd. [1]

Požární inženýrství je dílčí kategorií postupu odlišného od české technické normy nebo jiného technického dokumentu upravujícího podmínky požární ochrany (§ 99 zákona č. 133/985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů [2]).

Shrnutím výše uvedeného lze dospět k závěru, že *požární inženýrství je podmnožinou odlišného postupu posuzování* (viz obr. 2).

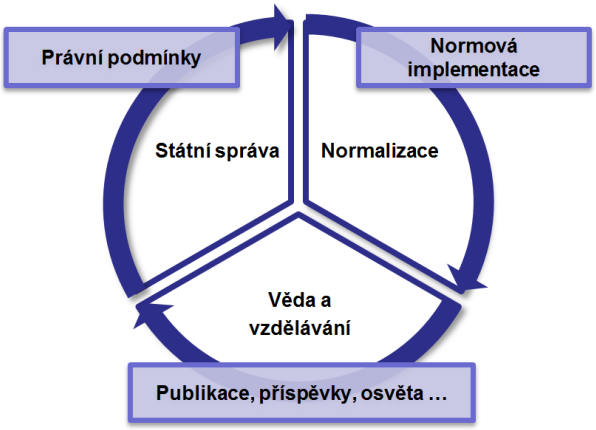
V obecné rovině je možné filosofii *odlišného postupu posuzování* a *požárního inženýrství* uplatnit nejen pro oblast posuzování staveb, ale také pro oblasti jiné, zejména:

- zjišťování příčin vzniku požárů,
- oblasti související s plněním úkolů jednotek požární ochrany.

V prezentované publikaci byla pozornost zaměřena především na oblast požárního inženýrství při posuzování staveb.

2. PODMÍNKY PRO APLIKACI A VYMEZENÍ ROZSAHU STAVEB

V České republice byly v posledních letech vytvořeny podmínky pro širší aplikaci metod odlišného postupu při posuzování staveb a to v oblasti právních předpisů, technických předpisů a oblastech dalších (viz obr. 2).



Obr. 3: Podmínky pro aplikaci odlišného postupu

Právní předpisy umožňují využití jiných metod než obvyklých standardů, *technické předpisy* vymezují strukturu a možný obsah hodnocení a doplňující *odborné zdroje* podrobněji rozvádí možné metody řešení.

Významnou oblastí podporující rozvoj požárního inženýrství v České republice je oblast normalizace. V České republice je vývoj technických norem koordinován *Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* (dále jen „Úřad“). Úřad zřizuje *technické normalizační komise* (dále jen „TNK“).

Pro zefektivnění normalizační činnosti je vytvořena síť tzv. spolupracujících subjektů, které jsou označovány jako *Centra technické normalizace* (CTN)[4]. Primární funkcí těchto center je zajišťování normalizačních činností v celém procesu tvorby technických norem. Ve vztahu k technickým normalizačním komisím zaujímají postavení spolupracujícího a koordinujícího subjektu (nejedná se o nadřízenost nebo podřízenost).

V rámci tvorby norem v oblasti požární ochrany zaujímá dominantní postavení *Centrum technické normalizace pro požární ochranu* (dále také jen „CTN PO“), které je zřízeno při *Požárně atestačním a výzkumném ústavu stavebním* (PAVUS, a.s.).

Do působnosti CTN PO je včleněna také technická normalizační komise *TNK 27 Požární bezpečnost staveb*. Komise se dále člení na subkomise SC1 Projektování, SC2 Zkoušení, klasifikace a aplikace výsledků zkoušek stavebních konstrukcí, SC3 Integrita požárně bezpečnostních zařízení a účinného hašení požárů a *SC4 Požární inženýrství* (viz obr. 4). [1]

Zásady pro použití metod požárního inženýrství jsou principiálně obsaženy v čl. 5.1.3 ČSN 73 0802 a ČSN

[4] CTN je označení propůjčované právnickým nebo podnikajícím fyzickým osobám, které se aktivně účastní procesu tvorby norem.

73 0804, které dále zpřesňuje příloha I ČSN 73 0802 a příloha J ČSN 73 0804. Technické normy vymezily „rámcové meze“ využití metod požárního inženýrství a doporučené postupy. Požárně rizikovými objekty se rozumí zejména objekty vyšší než 60 m, objekty, kde je soustředěn velký počet osob nebo objekty, které charakterem provozu či prováděnou stavební změnou vyžadují aplikaci podrobnějšího hodnocení. [3], [4]

Je zřejmé, že technickými normami ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804 je *rozsah použití metod požárního inženýrství*, vymezen pouze orientačně. Přesnější vymezení staveb je záležitosti značně komplikovanou, navíc je otázkou, zda by přesnější určení vůbec bylo smysluplné.

Odchylným řešením oproti normám *může dojít ke zvýšení, ale také ke snížení požadavků z hlediska požární bezpečnosti staveb*. Vždy však musí být zachována *přijatelná míra rizika*. [1]

3. PARTICIPUJÍCÍ SUBJEKTY

Otázku participujících subjektů na požárně inženýrských hodnoceních je možné pojmout ve dvou rovinách. Jedná se o spolupráci *obecně participujících subjektů* a *multioborovou spolupráci projektantů.*

Obecně participujícími subjekty rozumíme především:

- zpracovatele technické zprávy řešení požární bezpečnosti (viz část 5 příspěvku),
- stavebníka,
- majitele nebo provozovatele stavby,
- správní úřad na úseku požární ochrany (viz obr. 5).

V rámci *multioborové spolupráce projektantů* se jedná o spolupráci zejména mezi následujícími profesemi:

- autorizovaná osoba v oboru požární bezpečnosti staveb,
- autorizovaná osoba v oboru pozemní stavby,
- autorizovaná osoba v oboru technologická zařízení staveb,
- autorizovaná osoba v oboru technika prostředí staveb,
- autorizovaná osoba v oboru statika a dynamika staveb. [5]

Na požárně inženýrských hodnoceních se mohou podílet také jiné specializace. Jejich výskyt však bude špíše ojedinělý.

4. SPRÁVNÍ ÚŘADY, POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ, EXPERTNÍ POSUDKY

Správními úřady na úseku požární ochrany jsou *Ministerstvo vnitra* a *hasičský záchranný sbor kraje*. Ministerstvo vnitra a hasičské záchranné sbory krajů *vykonávají státní požární dozor* a *jsou dotčeným orgánem státní správy* na úseku požární ochrany.

Podkladem pro vydání závazného stanoviska nebo stanoviska k dokumentaci staveb je *požárně bezpečnostní řešení*.

Požárně inženýrská hodnocení jsou *obsahem samostatných dokumentací*, které jsou zpravidla označovány jako expertní zprávy nebo expertní posudky, případně jsou *přímo součástí požárně bezpečnostního řešení*. Vzhledem k náročnosti zpracování těchto řešení se bude jednat zpravidla o samostatnou dokumentaci.

V případech, kdy expertní posudek, který byl byť v dílčích částech podkladem pro zpracování požárně bezpečnostního řešení, *vykazuje nedostatky, má se za to, že nedostatky vykazuje i samotné požárně bezpečnostní řešení* a k předložené dokumentaci lze vydat nesouhlasné stanovisko. [1]

Pro zpracování expertního posudku není potřeba zvláštního oprávnění. *Posudek může být zpracován oprávněnou osobou ve smyslu autorizačního zákona* [5].

5. NEZBYTNÝ ROZSAH PODKLADŮ A VÝSTUPŮ POŽÁRNĚ INŽENÝRSKÝCH HODNOCENÍ

Otázka „*nezbytných podkladů a výstupů*“ souvisejících s požárním inženýrstvím je pro příslušníky hasičského záchranného sboru zcela zásadní. Je potřeba vědět „*co mám chtít*“, „*kdy*“ a „*v jakém rozsahu*“.

Rozsah a obsah dokumentace staveb je v České republice stanoven vyhláškou č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb. [6]

Pro posuzování požárně inženýrských aplikací v oblasti stavebnictví je nezbytné vnímat rozdíl mezi:

- standardními podklady pro posuzování staveb a *podklady, které by měly doprovázet požárně inženýrská hodnocení*,
- standardními výstupními materiály hodnocení staveb z hlediska požární ochrany (požárně bezpečnostní řešení) a *výstupní materiály, které*

prezentují výstupy požárně inženýrských hodnocení (technická zpráva řešení požární bezpečnosti[5]).

5.1 Podklady související s požárně inženýrským hodnocením

Mezi podklady související s požárně inženýrským hodnocením lze zařadit:

- stanovení cílů a rozsahu hodnocení,
- stanovení cílů požární bezpečnosti a kritérií přijatelnosti,
- podklady pro výběr požárních scénářů,
- popis strategie požární bezpečnosti,
- popis druhu a základní charakteristika použitého modelu řešení,
- dosažené výsledky,
- uvedení jiných podstatných údajů. [1]

5.2 Forma a rozsah výstupů při požárně inženýrských hodnoceních

Obsah a rozsah technické zprávy řešení požární bezpečnosti závisí na charakteru a rozsahu požárně inženýrského posouzení, přičemž jsou pro ni typické následující údaje:

- cíle a rozsah hodnocení,
- popis objektu a navržených požárně bezpečnostní zařízení,
- popis a charakteristika uživatelů,
- cíle požární bezpečnosti,
- kritéria přijatelnosti,
- podklad pro výběr požárních scénářů,
- návrhy požární bezpečnosti,
- strategie řízení požární bezpečnosti,
- výsledky kvalitativní analýzy návrhu,
- výsledky kvantitativní analýzy návrhu,
- porovnání výsledků kvantitativní analýzy s kritérii přijatelnosti,
- požadavky na požární bezpečnost,
- závěry s podrobným uvedením požadavků na požární bezpečnost a všech omezení při jejich užívání,
- odkazy na výkresy, dokumentaci návrhu, odbornou literaturu. [1]

6. ÚLOHA STÁTNÍHO POŽÁRNÍHO DOZORU PŘI POSUZOVÁNÍ POŽÁRNĚ INŽENÝRSKÝCH HODNOCENÍ

Metody požárního inženýrství mohou být využívány jak *příslušníky* hasičského záchranného sboru nebo, a tato situace bude frekventovanější, *externími zpracovateli*.

V obou případech *je rozsah a obsah těchto řešení ovlivněn závažností řešeného problému*.

V případech, kdy jsou požárně inženýrská hodnocení zpracována externími zpracovateli, spočívá úloha orgánu státního požárního dozoru v oblastech:

- konzultační,
- koordinační,
- kontrolní.

Konzultační část spočívá *v poskytování informací nutných pro zpracování hodnocení* (např. aktuální údaje o vybavení požární technikou, dislokace hasičských stanic, odborný názor), koordinační část *v prověření vzájemných vazeb mezi jednotlivými druhy dokumentací* (např. mezi požárně inženýrským hodnocením a požárně bezpečnostním řešením, mezi expertním posudkem a požárně bezpečnostním řešením), kontrolní část v *prověření formální a v přiměřeném rozsahu také věcné* (odborné) *správnosti* předloženého řešení.

Formálními náležitostmi hodnocení se rozumí zejména:

- oprávnění zpracovatele, kterým může být pouze autorizovaný inženýr nebo technik, kterému byla udělena autorizace pro požární bezpečnost staveb[6],
- vhodná struktura řešení vzhledem k posuzovanému problému,
- uvedení použitých zdrojů (jejich úplnost a adekvátnost vzhledem k předloženému hodnocení).

Přiměřeným rozsahem odborné stránky řešení se rozumí zejména:

- rámcové ověření vhodnosti použitých metod a postupů,

[5] Termín „technická zpráva řešení požární bezpečnosti“ není v České republice právně zakotven, je však doporučen pro označení požárně inženýrských hodnocení.

- rámcové ověření rozsahu a kvality vstupních údajů,
- rámcové ověření validity výsledků řešení.

Při zpracování požárně inženýrských hodnocení se předpokládá, že mohou obsahovat natolik odborné metody a postupy jejich využití, že *budou v některých případech přesahovat znalosti příslušníků hasičského záchranného sboru*. Není nezbytné, ani reálné, aby všichni příslušníci byli specialisty na všechny problematiky, se kterými se mohou setkat při práci expertů. [1]

ZÁVĚR

Příspěvek si neklade za cíl prezentovat teoretické principy požárního inženýrství, případové studie nebo nejnovější poznatky této vědní disciplíny.

Pro zajištění akceptace předkládaných požárně inženýrských řešení, je nezbytná spolupráce řady subjektů, přičemž hasičský záchranný sbor je jedním z nich. Vymezení určitých „mantinelů“ a vyjasnění úkolů příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky v této oblasti působnosti, je jednou z nezbytných podmínek umožňujících přenesení požárního inženýrství do reality.

Česká republika zrealizovala v tomto směru řadu progresivních kroků.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři příspěvku chtějí poděkovat řediteli odboru prevence Hasičského záchranného sboru České republiky Ing. Rudolfu Kaiserovi za jeho trvalou iniciativu v oblasti požárního inženýrství, bez které by publikace „*Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR“* nevznikla.

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Ministerstva vnitra ČR č. VG 20122014074 – “*Specifické posouzení vysoce rizikových podmínek požární bezpečnosti s využitím postupů požárního inženýrství*“.

SEZNAM LITERATURY

[1] Kučera, P., Pavlík, T., Pokorný, J., Kaiser, R.: *Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR*. Praha, MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012, 66 s., ISBN 978-80-86466-25-5.

[2] Zákon č. 133/985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.

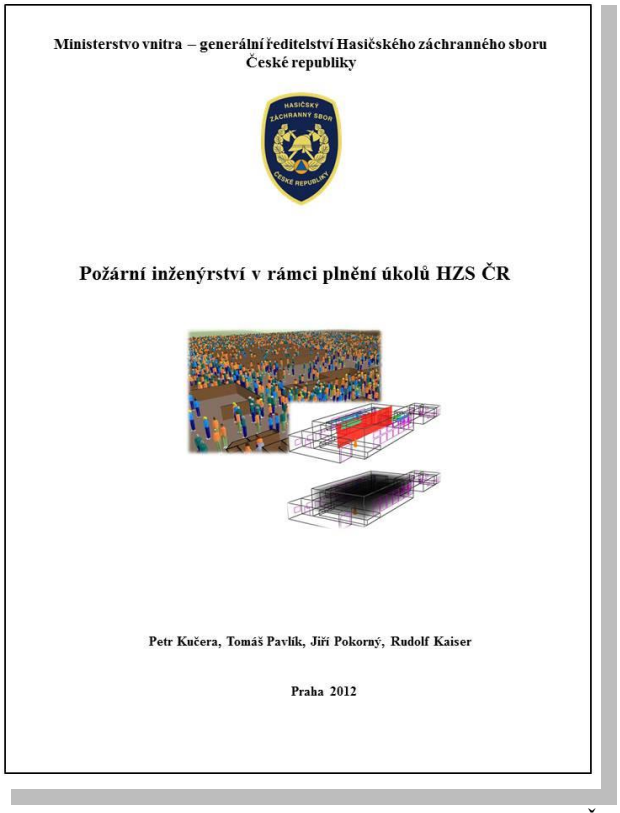
[3] ČSN 73 0802 *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha: 2009.

[4] ČSN 73 0804 *Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha: 2010.

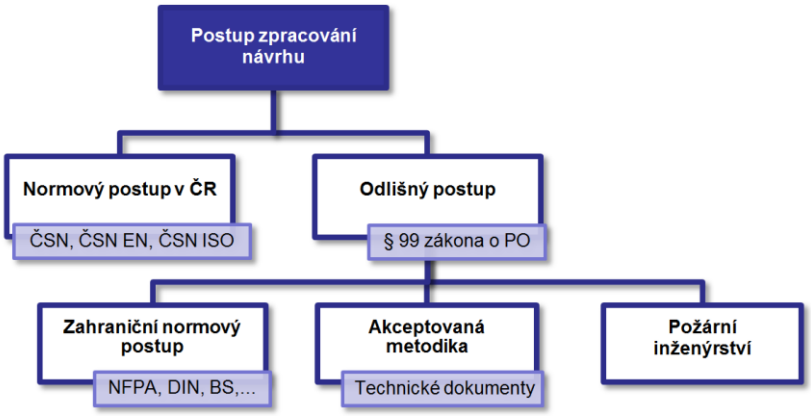
[5] Zákon č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (autorizační zákon), ve znění pozdějších předpisů.

[6] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb.

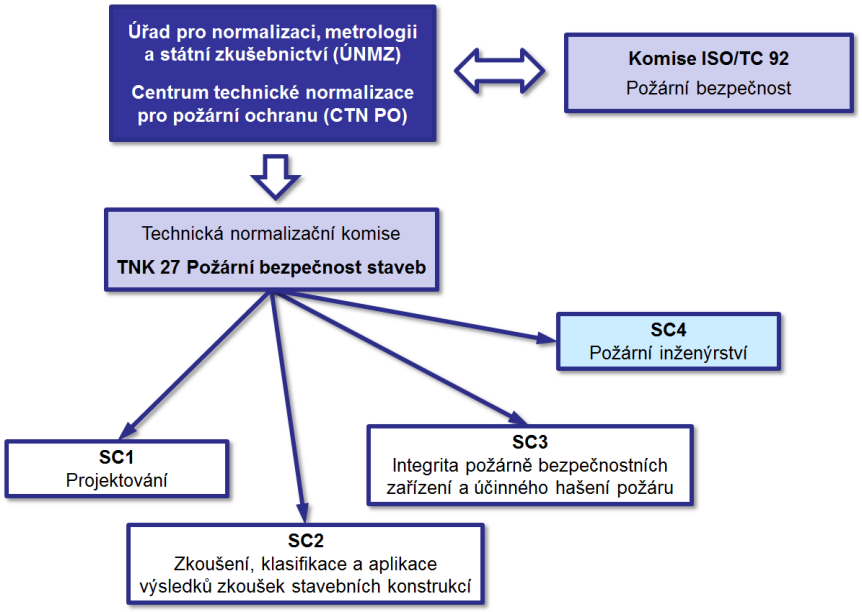
[6] § 99 zákona č. 133/1985 Sb., zákon č. 360/1992 Sb.



Obr. 1: Publikace Požární inženýrství při plnění úkolů HZS ČR



Obr. 2: Vztah mezi normovým postupem, odlišným postupem a požárním inženýrstvím



Obr. 4: Schematické znázornění vazeb Úřadu, CTP PO a TNK 27 Požární bezpečnost staveb



Obr. 5: Předpokládaný rozsah spolupráce obecně participujících subjektů

VPLYV TEPLOTY OKOLIA NA VYPAROVANIE VODY Z HASIACICH GÉLOV

PETER RANTUCH [1], TOMÁŠ CHREBET[2], KAROL BALOG[3]

Abstract *— This paper deals with fire extinguishing gels. These substances arise from the mixture of gel-forming additives with water. In the described case, the fire extinguishing gels were prepared form solutions with concentrations of 2 %, 4 %, 6 % and 8 %. Water without the addition of concentrate served as a reference sample. Tested samples weighed from 10,023 g to 10,032 g and were thermally stressed by the heating of the surrounding environment. An adjusted Setchkin furnace served for this purpose. The heating rate was set at 5 °C.min-1. At the same time, every 10 seconds, the weight of the samples was measured. From the measured values results, that the gel-forming additive decreases the rate of water evaporation, whereby the resultant gel becomes more resistant to heat. The concentration of FIRESORB has a significant influence on the course of mass loss. Its increase with increasing temperature resulted in a more uniform evaporation of water. At the end of the measurement, solid residue was observed in the case of particular samples. This solid residue presented 0,33 % - 2,34 % of the weight of the sample. In the case of the samples which contain FIRESORB, the residue had white to yellow colour on the walls of testing crucible and black to dark blue colour on the bottom of the crucible.*

Keywords *—FIRESORB; weight los; extinguishing gel*

Abstrakt *— Príspevok sa zaoberá hasiacimi gélmi. Tieto látky vznikajú primiešavaním gélotvorných prísad do vody. V popisovanom prípade boli pripravené hasiace gély z roztokov s koncentráciami 2 %, 4 %, 6 % a 8 %. Ako referenčná vzorka slúžila voda bez prídavku koncentrátu. Testované vzorky mali hmotnosti 10,023 g až 10,032 g a boli tepelne namáhané ohrevom okolitého prostredia. Na tento účel slúžila upravená Setchkinova pec. Rýchlosť ohrevu bola nastavená na 5 °C.min^{-1}. Zároveň bola každých 10 s meraná hmotnosť vzoriek. Z nameraných výsledkov vyplýva, že gélotvorná prísada znižuje rýchlosť odparovania vody, čím sa výsledný gél stáva tepelne odolnejším. Koncentrácia FIRESORBu má významný vplyv na priebeh hmotnostného úbytku. Jej zvyšovanie má pri rastúcej teplote za následok rovnomernejšie odparovanie vody. Na konci merania bol pri jednotlivých vzorkách pozorovaný pevný zvyšok, ktorý tvoril 0,33 % - 2,34 % hmotnosti vzorky. Tento mal v prípade vzoriek obsahujúcich FIRESORB na stenách testovacieho téglika bielu až žltú a na dne čiernu až tmavo modrú farbu.*

Kľúčové slová *— FIRESORB; hmotnostný úbytok; hasiaci gél*

ÚVOD

Rovnako ako tomu bolo v minulosti, aj dnes je voda najpoužívanejšou hasiacou látkou. V porovnaní s inými hasiacimi látkami ju zvýhodňujú najmä jej vysoká tepelná kapacita, nízka cena a netoxickosť. Napriek týmto nesporným výhodám má i svoje nevýhody. Pri hasení je potrebné dodávať jej na požiarovisko veľké množstvo, nakoľko z povrchov steká, a teda je jej schopnosť odvádzať teplo využívaná len s nízkou účinnosťou. Z tohto dôvodu sú neustále vyvíjané nové aditíva, zlepšujúce jej hasiace vlastnosti. Jedným z týchto aditív je látka nazývaná FIRESORB. Ide o koncentrát, ktorý po premiešaní s vodou vytvára hmotu s vysokou viskozitou – gél. Približné zloženie koncentrátu FIRESORBu je uvedené v tabuľke 1.

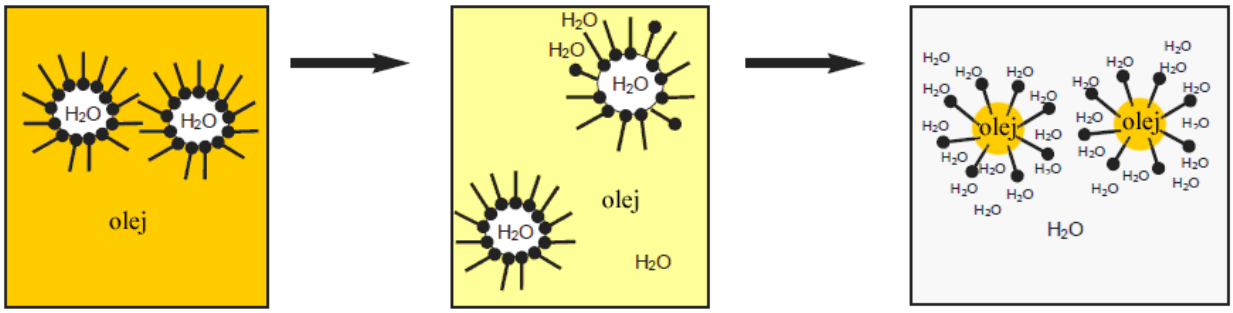
Tab. 1: Približné zloženie koncentrátu FIRESORBu [1]

Zložka	Množstvo [%]
Polymér	28
Tenzidy	6
Esterový olej	23
Voda	43

[1] Peter Rantuch, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva

[2] Tomáš Chrebet, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav environmentálneho a bezpečnostného inžinierstva

[3] Karol Balog, prof. PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav environmentálneho a bezpečnostného inžinierstva



Obr. 1: Zmena emulzie voda-olej na emulziu olej-voda pridávaním vody [1]

Koncentrát FIRESORBu obsahuje vysoko absorbčné polyméry, ktoré sú čiastočne napučané vo vode. Ďalšia absorbcia vody je polymérom zabránená prostredníctvom viazania v esterovom oleji. Pridávaním vody sa postupne z emulzie voda-olej stane emulzia olej-voda, čo znamená, že sa otočia fázy v roztoku. Tento dej je znázornený na obrázku 1. Polyméry sa tak dostávajú do styku s vodnou fázou a teda môžu naplno využiť svoju schopnosťou absorbovať veľké množstvo vody. Keďže je tento proces urýchľovaný dodávaním kinetickej energie, pri hasení požiaru nastane vplyvom čerpania a dopravy roztoku vytvorenie gélu v priebehu niekoľkých sekúnd.[1]

FIRESORB má v prípade boja proti požiaru mnohostranné využitie. Vzhľadom k spôsobu dodávky v tekutej podobe, sa dá prípravok aplikovať priamo v teréne pomocou klasických vecných prostriedkov, používaných k haseniu (prenosný primiešavač, hadice Bg, Cg, Dg, kombinované prúdnice). Výsledky experimentov potvrdili jeho vysokú absorbčnú schopnosť, čo ho predurčuje nielen na priame hasenie. Priľnavosť gélu umožňuje aplikáciu aj na zvislých plochách. Táto vlastnosť gélu sa dá využiť pri ochladzovaní okolitých objektov ale aj vytváraní protipožiarnych pásov v pásme prípravy horenia.[2] Dostatočne široký pás aplikovanej látky na poraste by mohol zabrániť nárastu teploty v pásme prípravy požiaru, navyše postupným odparovaním vody z materiálu by mohol odobrať energiu približujúcemu sa plameňu a tým zabrániť ďalšiemu šíreniu požiaru.[3]

Koncentrácia FIRESORBu v roztoku závisí od jeho použitia. Nižšie koncentrácie sú používané na hasenie a vyššie na ochranu pred požiarom. Údaje týkajúce sa jeho koncentrácie v závislosti od spôsobu použitia udávané výrobcom sú v tabuľke 2.

Chromek, Marková a Hlaváč vo svojej práci uvádzajú, že pri aplikácii 2 % vodného roztoku FIRESORBu na asimilačné orgány smreku obyčajného (*Picea abies* Karst.) dochádzalo k postupnému uvoľňovaniu vody z naneseného gélu. V dôsledku odparenia sa vody z gélu, dochádza k tvorbe súvislej pevnej vrstvy na povrchu vzorky, ktorá spĺňa izolačnú úlohu. Tvorba plynných produktov bola minimalizovaná, ich minimálne uvoľnené množstvo sa počas experimentu nezapálilo, pretože nedosahovali teplotu ani potrebnú koncentráciu k vzplanutiu.[3]

Tab. 2: Koncentrácie FIRESORBu pri rôznych spôsoboch použitia [4]

Použitie	Koncentrácia [%]
Hasenie	1 - 1,5
Ochladzovanie	2 - 3
Požiarne pásy	1-1,5
Polostabilné hasiace jednotky	1 - 2

Z výsledkov Tafreshiho a di Marzoa vyplýva, že vplyv substrátu na ktorý je gél nanášaný je zanedbateľný, čo umožňuje využívanie hasiacich gélov pre väčšinu materiálov. Výhodné je i jeho nanášanie na vertikálnych povrchoch, kde vykazoval v priebehu skúšky konzistentný výkon.[5]

Keďže je jedným zo spôsobov použitia FIRESORBu aj hasenie lesných požiarov, je v štúdiach popísaný aj jeho vplyv na pôdu. Couto-Vázquez a kol. uvádzajú, že pôdu a rast borovice ovplyvňuje menej ako polyfosfát amónny.[6] Na mikroorganizmoch v pôde bol pozorovaný pri bežných dávkach FIRESORBu dlhodobý účinok, no vyvolané zmeny boli v porovnaní s tými, ktoré spôsobilo horenie zanedbateľné.[7] Štúdie sa zaoberali aj vplyvom na mikroživiny v pôde. FIRESORB preukazoval vplyv najmä na železo a zinok.[8] Couto-Vázquez a González-Prieto uvádzajú, že vplýva na množstvo sodíka a v menšom rozsahu aj vápnika.[9] Z hľadiska vplyvu na tepelné vlastnosti pôdy sa dá povedať, že FIRESORB:

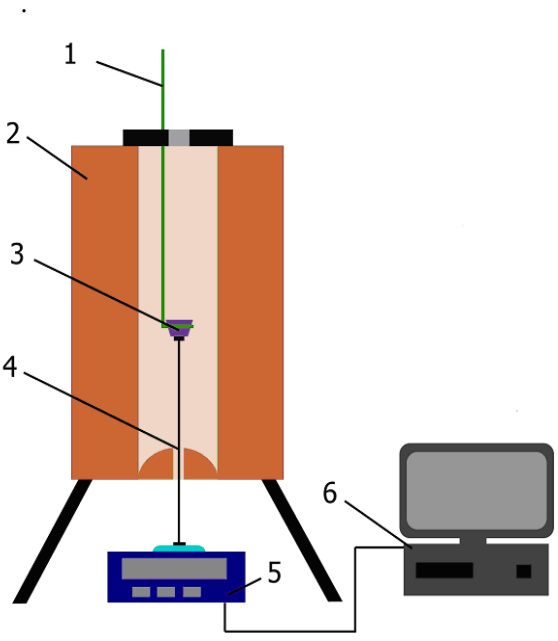
- spôsobuje oneskorenie zapálenia, čím sa stáva chránený materiál odolnejší voči tepelnej degradácii,

- znižuje hmotnostný úbytok organického materiálu v dôsledku ohrevu,
- má pri zahrievaní na stredné teploty jasný účinok aj pri ich dlhšom pôsobení,
- má pri zahrievaní na vysoké teploty prakticky nezistiteľný účinok.[10]

METODIKA

Testované boli vzorky vopred pripraveného gélu. Na jeho tvorbu boli použité roztoky vody a FIRESORBu s koncentráciou 2 %, 4 %, 6 % a 8 %. Ako referenčná vzorka bola použitá voda bez prímesi FIRESORBu. Hmotnosti vzoriek sa pohybovali v rozmedzí medzi 10,023 g a 10,032 g.

Schematické znázornenie zapojenia testovacieho zariadenia použitého na experimentálnu časť tohto príspevku je znázornené na obrázku 2. Rovnomerný ohrev jednotlivých vzoriek zabezpečovala elektricky ohrievaná teplovzdušná pec, ktorá je bližšie popísaná v STN ISO 871:2010 [11]. Keďže uvedená pec nie je vybavená meracím zariadením zaznamenávajúcim hmotnosť vzorky, táto bola pre účely popisovaného experimentu skombinova-ná s váhami a počítačom.



Obr. 2: Schematické znázornenie meracieho zariadenia: 1 – držiak na vkladanie vzorky, 2 – teplovzdušná pec, 3 – kelímok s testovanou vzorkou, 4 – prepojovacia tyč, 5 – laboratórne váhy

Vzorka bola najskôr umiestnená do kovového kelímku tvaru zrezaného kužeľa. Pomocou držiaku na vkladanie vzorky, bol následne kelímok vložený do vnútorného priestoru pece, kde bol uložený na podstavec. Tento bol pomocou prepojovacej tyče mechanicky prepojený s digitálnymi laboratórnymi váhami. Hmotnosť vzorky bola priebežne meraná, pričom jej zaznamenávanie pomocou počítača bolo uskutočňované každých 10 s. Rovnaký spôsob zapojenia popisujú vo svojej práci aj Chrebet et al.[12]

Vzorky boli tepelne namáhané ohrevom okolitého prostredia s rýchlosťou 5 °C.min^{-1}. Reguláciu teploty vo vnútri pece zabezpečoval programovateľný regulátor Clare 4.0.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

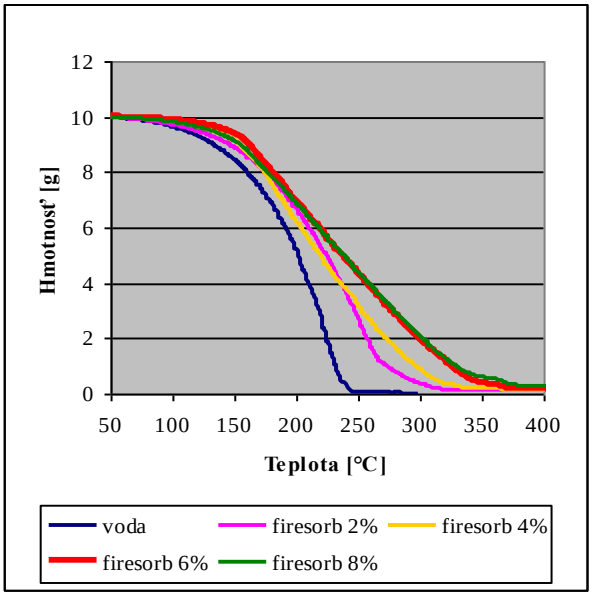
Dosiahnuté výsledky sú vo forme grafov znázornené na obrázkoch 3 a 4. Obrázok 3 predstavuje hmotnostný úbytok vzorky v závislosti od teploty okolia. Je možné si všimnúť pomerne výrazný vplyv FIRESORBu na priebehy jednotlivých kriviek. V počiatočnej fáze majú grafy podobný charakter. Rozdiel je najmä v ich sklone. Najprudší je v prípade vody, zatiaľ čo v prípade vzorky roztoku 6 % FIRESORBou je sklon najmenší. Táto skutočnosť naznačuje pomalšie odparovanie vody z vytvoreného gélu, v dôsledku jej absorbcie polymérom. To v prípade požiaru znamená vyššiu odolnosť vrstvy gélu a teda aj jeho dlhšie pôsobiaci izolačný účinok. Zaujímavý priebeh bol zaznamenaný pre vzorku s obsahom FIRESORBu 8 %. Pokiaľ sa v ostatných prípadoch s rastúcim množstvom FIRESORBu strmosť znižovala, pri tejto vzorke nastal v prvotnej fáze oproti predchádzajúcej koncentrácii pokles. Do teploty 170 °C bol priebeh hmotnostného úbytku vzorky takmer totožný so vzorkou 4 %-ného roztoku a následne sa začal približovať vzorke s obsahom FIRESORBu 6 %.

V oblasti hlavného hmotnostného úbytku sú jasne zreteľné rozdiely spôsobované zvyšovaním koncentrácie FIRESORBu. Pri čistej vode nastáva neustále sa zrýchľujúci pokles hmotnosti vzorky. Voda sa pri teplote 100 °C dostáva do varu, kedy nastáva vyparovanie celým jej povrchom. S rastúcou teplotou okolia rastie aj energia prijímaná vriacou vodou a rýchlosť vyparovania sa neustále zvyšuje. Keďže sa vo vzorkách vody nachádzali len stopové množstvá iných látok, spomínaný stav pokračuje takmer do jej úplného vyparenia.

So zvyšujúcou sa koncentráciou FIRESORBu nadobúda krivka hmotnostného úbytku rovnomerne klesajúci priebeh. V prípade vzoriek so 6 % a 8 % FIRESORBu je už možné priebeh považovať za takmer lineárny. Voda je viazaná polymérom, ktorý zabraňuje jej vyparovaniu čím sa zvyšuje tepelná odolnosť gélu. Je možné teda povedať, že sa voda vplyvom gélotvornej prísady odparuje aj pri vyšších teplotách rov-

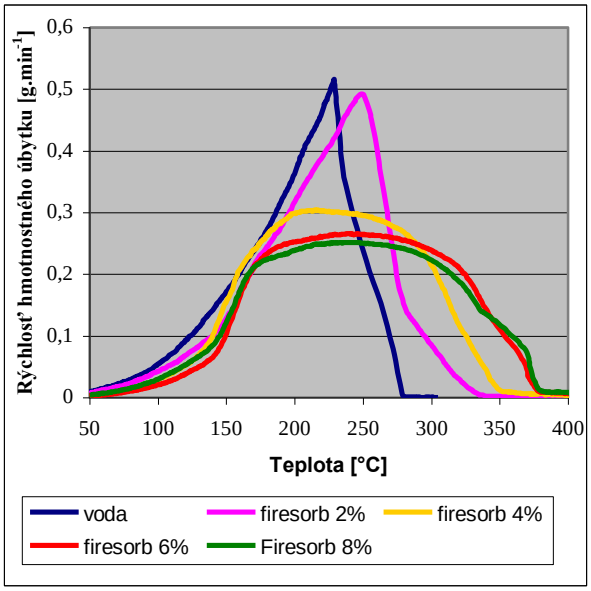
nomernejšie. Špecifická situácia bola zistená pri vzorkách s koncentráciou 2 % a 4 %. Zatiaľ čo prvá menovaná má priebeh výrazne podobný priebehu krivky pre vodu, krivka druhej menovanej sa ponáša skôr na priebehy prislúchajúce vyššej koncentrácii FIRESORBu. Dochádza tak k situácii, kedy je v istom rozmedzí teplôt 2 % roztok tepelne stabilnejší ako roztok 4 %. Tento jav sa pri meraniach vyskytoval pri teplotách od 175 °C do 237 °C.

V poslednej fáze nastáva spomalenie hmotnostného úbytku a následne, pri teplote okolo 350 °C ešte jedna oblasť jeho nárastu. Táto oblasť je výraznejšia pri vyšších koncentráciach FIRESORBu. Kým v prípade čistej vody vôbec nenastáva v prípade 8 % roztoku je už jasne viditeľná. Pri teplotách ohraničujúcich túto oblasť sa už zrejme vo vzorke nenachádza výraznejšie množstvo vody a dochádza k rozkladu ostatných zložiek gélu.



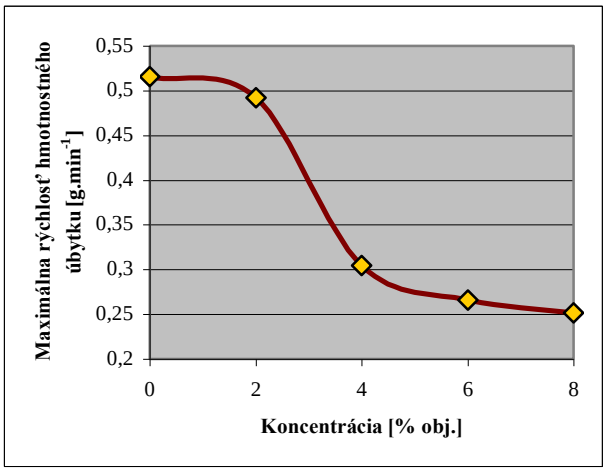
Obr. 3: Závislosti hmotnosti vzoriek od teploty okolia

Závislosť rýchlosti hmotnostného úbytku od teploty okolia je na obrázku 4. Podobne ako v prípade obrázku 3, aj tu majú v prvej fáze jednotlivé krivky podobné priebehy, pričom najvyšší nárast úbytku hmotnosti dosahuje voda a naopak najnižší 6 % roztok FIRESORBu vo vode. 8 % roztok je opäť zo začiatku podobný roztoku so 4 % FIRESORBom a následne sa približuje skôr 6 % roztoku. V ďalšom priebehu je tiež viditeľná už popisovaná oblasť, v ktorej je rýchlosť hmotnostného úbytku vzorky so 4 % koncentráciou FIRESORBu vyššia ako v prípade vzorky s koncentráciou 2 %. V záverečnej časti je pozorovateľná ešte jedna zmena priebehu grafu. Táto je, podobne ako v prípade grafického znázornenia hmotnostného úbytku, viditeľná predovšetkým pri vzorkách s obsahom FIRESORBu 6 % a 8 %. Aj z týchto údajov je zrejmé, že sa voda zo vzniknutého gélu vyparuje podstatne pomalšie ako by sa vyparovala bez prídavku FIRESORBu.



Obr. 4: Závislosť rýchlostí hmotnostného úbytku vzoriek od teploty okolia

Z dosahovaných maxím rýchlostí hmotnostného úbytku jednotlivých vzoriek je jednoznačne viditeľné jej znižovanie so zvyšujúcim sa množstvom FIRESORBu. Zároveň sa maximá rýchlostí otupujú. Závislosť maximálnej rýchlosti hmotnostného úbytku od koncentrácie FIRESORBu v roztoku je na obrázku 5. Ako je zrejmé z grafu, výrazná zmena nastáva medzi koncentráciami 2 % a 4 %.



Obr. 5: Závislosť maximálnej rýchlosti hmotnostného úbytku vzoriek od koncentrácie FIRESORBu

Po ukončení skúšky sa v testovacom tégliku vyskytoval pevný zvyšok. Jeho hmotnosť a objem s rastúcim množstvo FIRESORBu narastali. Táto závislosť je viditeľná z tabuľky 3. V prípade vody bol zvyšok tvorený bledým povlakom zloženým

pravdepodobne z minerálnych látok obsiahnutých vo vode a jeho hmotnosť tvorila len tretinu percenta hmotnosti vzorky. Pri vzorkách obsahujúcich FIRESORB bola po ukončení experimentu na stenách téglika pozorovaná tenká vrstva bielej, až bledo žltej farby. Na dne téglika sa vyskytovala čierna, miestami tmavo modrá lesklá hmota, ktorá mala napenený charakter. Keďže sa pri zahrievaní čistej vody tieto zvyšky nevyskytovali, je ich možné prisúdiť FIRESORBu. Výrazné zvyšovanie objemu zbytku s rastúcim množstvom FIRESORBu, by bolo možné vysvetliť tým, že pri termickom zaťažení vrie voda absorbovaná polymérom. Zvyšok FIRESORBu sa zrejme rozkladá za vzniku pevného zvyšku. Unikajúca vodná para ho v priebehu tohto procesu prevzdušňuje, čím sa môže vytvárať štruktúra tuhej peny.

Tab. 3: Hmotnosti vzoriek pred testovaním a množstvá zvyšku po testovaní

	m [g]	m_Z [%]
Voda	10,032	0,33
2%	10,028	0,91
4%	10,023	1,23
6%	10,025	1,54
8%	10,024	2,34

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo určiť vplyv teploty okolia a koncentrácie FIRESORBu na vyparovanie vody z hasiaceho gélu. Na tento účel boli vzorky roztoku FIRESORBu vo vode s rôznou koncentráciou umiestnené do prostredia zahrievaného rýchlosťou 5 °C.min^{-1}. Dosiahnuté výsledky možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- gél vzniknutý premiešaním FIRESORBu a vody je oproti vode tepelne odolnejší a voda je z neho pomalšie odparovaná,
- zvyšovaním koncentrácie FIRESORBu vo vodnom roztoku sa hmotnostný úbytok roztoku pri rastúcej teplote okolia mení na lineárny a zároveň sa znižuje rýchlosť odparovania vody,
- vzorky s koncentráciou 2 % a 4 % vykazujú pri zvyšujúcej sa teplote výrazne rozdielne reakcie a v teplotnom rozsahu 175 °C – 237 °C je 2% roztok stabilnejší,
- po odparení vody z roztoku sa začína FIRESORB rozkladať za vzniku čierneho až tmavo modrého lesklého zvyšku, ktorého množstvo s koncentráciou FIRESORBu narastá.

POĎAKOVANIE

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

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: CE pre vývoj a aplikáciu diagnostických metód pri spracovaní kovových a nekovových materiálov, ITMS: 26220120048, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

ZOZNAM LITERATÚRY

1. Creasorb: FIRESORB - More Extinguishing Power For Water, Instructions for handing of FIRESORB MO, 2005, dostupné na: http://www.fireretardant101.info/uploads/5/4/4/9/5449109/firesorb_mo_info.pdf
2. Chromek I. et al.: Ochrana materiálov na báze dreva pred ohňom gélotvornými prípravkami, Acta Facultatis Xylologiae, 2010, číslo 52, s. 81. ISSN: 1336-3824, dostupné na: http://www.tuzvo.sk/files/DF/fakulta_df/09-chromek-2-2010.pdf
3. Chromek I., Marková I., Hlaváč P.: Využitie FIRESORBu pri ochrane lesa pred požiarmi, Acta Facultatis Forestalis, 2002,. číslo 2, s. 75, ISSN: 0231-5785, dostupné na: http://www.tuzvo.sk/files/3_3/Acta_Facultatis_Forestalis/Acta_2009_c2.pdf
4. FIRESORB Flyer, dostupné na: http://www.staudinger.fi/SAPinfo/Firesorb_Flyer%28e%29.pdf
5. Tafreshi A. M., di Marzo M.: Foams and gels as fire protection agents, Fire Safety Journal, 1999, vol. 33, s. 295, ISSN: 0379-7112, dostupné na: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711299000314#
6. Couto-Vázquez A. et al.: Integrating ecological principles in fire management Impact of fire fighting chemicals on soil plant systems from temperate humid zone, Forest Ecology and Management, 2006, vol. 234, s. S265, ISSN: 0378-1127, dostupné na: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706008346#
7. Barreiro et al.: Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals, Science of the Total Environment, 2010, vol. 408, s. 6172, ISSN: 0048-9697, dostupné na:

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969710009721

8. García-Marco S., González-Prieto S.: Short- and medium-term effects of fire and fire-fighting chemicals on soil micronutrient availability, Science of the Total Environment, 2008, vol. 407, s. 297, ISSN: 0048-9697, dostupné na: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969708008383
9. Couto-Vázquez A., González-Prieto S. J.: Short- and medium-term effects of three fire fighting chemicals on the properties of a burnt soil. Science of the Total Environment, 2006, vol. 371, s. 353, ISSN: 0048-9697, dostupné na: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969706006358
10. Salgado J, Paz-Andrade M. I.: The effect of FIRESORB as a fire retardant on the thermal properties of a heated soil. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2009, vol. 95, Issue 3, s. 837, ISSN: 1572-8943, dostupné na: http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10973-008-9420-5
11. STN ISO 871:2010: Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci
12. Chrebet T. et al.: Influence o fair-flow velocity and heating rate at process of cellulose degradation, Wood and fire safety, 7th International scientific conference, 2012, s. 89, ISBN: 978-80-87427-23-1

COST EFFECTIVE SOLUTION OF AERIAL MEANS FOR SUPPORTING LARGE SCALE FIREFIGHTER'S INCIDENTS

DR. AGOSTON RESTAS, PHD[1], PROF. DR. JANOS BLESZITY CSC[2]

Abstract *— This paper describes some initiatives using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to support different large scale intervention of fire fighters at tactical and operational level.*

Fire fighters are always at the edge of intervention; the scale of incident – limited or escalated – is totally equal. When beginning the intervention one of the most important things is to gather information as soon as possible about the situation.

An earthquake is a rapidly escalating disaster, where, many times, there is no other way for a rapid damage assessment than aerial reconnaissance. For special rescue teams, the UAV application can help much in a rapid location selection, where enough place remained for victims to survive.

Even if the floods are typical for a slow onset disaster, fire fighters are always at the most dangerous parts of the dykes. It requires continuous monitoring of dykes, flooded and threatened areas. UAV can help managers largely to keep an area under observation.

Forest fires are the typical intervention, where the tactical application of UAV is already well developed. UAV can be used for fire detection, intervention monitoring and post-fire monitoring.

Keywords *— UAV – Unmanned Aerial Vehicle; cost effective, nuclear accident, earthquake, flood, forest fire*

INTRODUCTION

This paper describes some initiatives using the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to support different fire fighting intervention. These interventions can focus on a natural or man-made (or technological) hazard resulting in an event of substantial extent causing significant physical damage or destruction, loss of life, or drastic change to the environment. These accidents, like disasters can be extensively defined as any tragic event stemming from events such as earthquakes, floods, catastrophic accidents, fires, or explosions. It is a phenomenon that can cause damage to life and property and destroy the economic, social and cultural life of people. Although UAV applications are no longer new, we cannot talk about a wide-spread usage. Thus, it is reasonable to examine the possibilities of using UAV to support fire fighter's large scale incidents.

Although the military applications of UAV are dominant today, there is no doubt in their efficiency regarding the civilian use of its semi-military application; interventions of fire fighters are an ideal field for transferring military experience to a civilian one. As simply explained above, the different services involved in promoting large scale incidents operate parallel even to military.

The effectiveness of the management is just a partial economic issue of the large scale incidents, in most cases it is obviously a rather political one. This statement is also parallel to the military development. Measuring the efficiency of the military and the public service budget is surely difficult, however, no doubt, depending on the assumptions, it is possible.

There are many ways to scale the incidents fire fighter's intervention required. Large scale incidents, like disasters can be scaled from limited to escalated by the affected area or population, from the onset to slow spreading by time, or in many other ways depending on the condition we take into account. This paper uses incidents (disasters) such as floods, earthquakes, nuclear accidents and forest fires, however, demonstratively expresses that topic is so huge, all presented work is just scratching the surface.

Stating the onset in the centre of the disaster's time scale any activity, logically all UAV applications supporting disaster management can be thematically separated. Before the onset as a pre-disaster activity UAV applications can support the prevention or are able to provide early detection. In case of man-made disasters like a chemical accident, during illegal transportation of

[1] Chair, National University of Public Service, Department of Fire Prevention and Rescue Control, Budapest, Hungary, Restas.Agoston@uni-nke.hu

[2] Director, National University of Public Service, Institute of Disaster Management, Budapest, Hungary, Bleszity.Janos@uni-nke.hu

chemicals the UAV road inspection belongs to prevention, tracing a toxic smoke spread belongs to early detection, while avoiding an escalated forest fire by UAV flight patrol can belong to both prevention and early detection.



Fig. 1: UAV in service at Szendro Fire Department, Hungary (2006)

After the onset UAV can support the management with real time monitoring that means mostly the quick and relevant information regarding the intervention or mitigation. Based on the information supplied by UAV the effect of a disaster can be mitigated more effectively and all relevant information can support better decision-making.

Following major interventions, commonly *after disasters*, UAV can support quick damage assessment and also help recovery. This UAV application is named post-disaster activity. This application is the closest to the civilian life.

Depending on the type of disaster, the affected area, severity, etc. the above activities can be totally different from each other. The response to nuclear accidents demands different UAV activity than a slowly escalating flood.

1. NUCLEAR ACCIDENTS

In case of nuclear accidents some of the most important pieces of information are that, how strong the radioactivity is, what the affected area is now and how fast radioactivity is spreading. In most cases we can assume that radioactivity is higher than the limit allowed for humans. Thus any man-on-board operation is not just dangerous for the crew but even useless for humans if there is an alternative or similarly effective solution. Observing and monitoring radioactivity usually made by aerials, today means not just man-on-board solution but also UAV application.

The Fukushima nuclear accident on 11th of March, 2011, Japan, is a demonstrative example of an UAV application in radioactive environment. The high radioactivity drastically limited the working time around the power plant for humans.

Because of radioactivity, the use of manned aerials was also limited. As a story, for measuring the exact radioactivity the management ordered a special UAV activity: Friday March 25th, a small company received a message from Japanese nuclear authorities:

"URGENT! We seek UAV able to fly over the nuclear station of Fukushima at low altitude to take precise readings of the site. Answer as soon as possible, we wish an intervention in the 72h" (Sky View, 2012)

The first UAV mission at a very dangerous nuclear accident is started in just a few days: The schedule of conditions is established with the Japanese authorities a few hours after the first contact. Mission contained:

1. To measure the radioactivity, to make aerial photographs and thermal images with high-resolution on the site of the power station of Fukushima. The sensors are provided by the customer and must be recoverable at the end of the mission.

2. The UAV must be able to move and make these statements in "100 % automatic" if necessary. The control devices must be hardened to be the least vulnerable possible to the effects of radiations. The operating range desired is of 40 kilometres.

3. Departure of the team and the material in 72 h. The team will not approach the site. We will have to train a Japanese crew to control and take the air readings. (Sky View, 2012)



Fig. 2: Explosion at Fukushima (2011)

No doubt, in case of a nuclear accident any useful equipment is immediately required. Since measuring radioactivity is a very important UAV activity, it is not

just reasonable for human safety but in the future surely not avoidable for supporting disaster management.

2. EARTHQUAKES

Earthquake is a typical disaster that occurs without any pre-sign and causes not just very serious building damages but also takes human toll. The chance for survival of the people trapped in collapsed buildings depends mainly on the damage types of the affected buildings. Therefore, a rapid mapping of the affected area is very important not just for assessing the damages but even more to optimize sharing our rescue sources. Since the resources in disasters are limited, the use of small UAV can be a good solution for rapid mapping.



Fig. 3: Collapsed buildings after earthquake (Puff, 2009)

Collapsed buildings hinder moving in the affected area, while usable roads can be overloaded, even traffic jams can be created. Controlling the traffic with UAV supported road inspection is also a potential use of UAV application.

After the rapid mapping, the injured buildings can be characterized according to an international standard (Schweier and Markus, 2006). Based on the scaled ruins special rescue teams can optimize their work depending on the rate of assumed (measured) survival holes. Since the chance of survival drastically reduces with time, rapid mapping can effectively raise the number of rescued lives. UAV can give a rapid solution for a quick assessment and help rescue teams find victims alive at a higher rate. This special task requires yet special instrumental development.

The essence of UAV application at earthquakes is that the rate of trapped victims found alive must be higher than the rate without UAV use. It is also very difficult to measure but based on the method of expert estimation, it is possible. In this case the costs are not relevant, similarly to nuclear accidents, it is a political issue and survived life facilitated by UAV application returns the investment.

After the onset UAV can support the management with real time monitoring that means mostly the quick and relevant information regarding the intervention or mitigation. Based on the information supplied by UAV the effect of a disaster can be mitigated more effectively and all relevant information can support better decision-making.

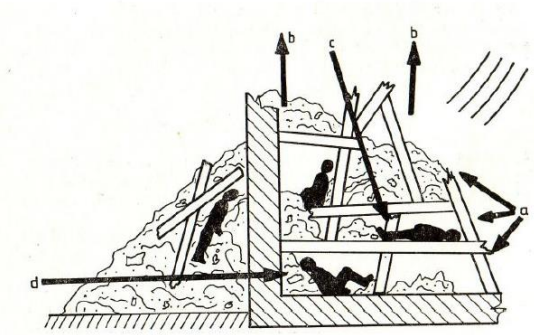


Fig. 4: Modelling of collapsed building with survival holes

3. FLOODS

Floods are typical for a slowly developing disaster. In many cases the responsible authorities or disaster management headquarters have enough information to predict the scale and severity of these disasters. It means they have usually enough time to respond adequately, however, to a slow escalation, sometimes country-large floods, the affected area causes citizens to be trapped. In these situations manned aerials can help demonstratively even in evacuation while UAV activity can be useful in area observation of a limited territory.

As proactivity, UAV in cyclical flights can follow the water flows and can control the status of dykes. UAV cyclic flights can be pre-planned depending on the request of the responsible water authority; one or two UAV flights per year above the given sections seem to be enough for effective observation. In case of any unusual finding, like dyke slide or illegal dyke use, the responsible authority can react immediately or, at least, in time to the problem, preventing a catastrophic consequent of dykes injuries. This activity is very flexible; the flight patrol can be optimized depending on work time or work load.

The essence of this preventive application depends on two factors. One of them is if the responsible water authority requires cyclical aerial observations or not. If yes, the total cost of aerial use must remain below the cost of expected damage floods could cause.

Above means that a second factor, that is aerial observation, is economically effective or not. Measuring the costs and determining the margin or stating the

balance is obviously not easy. Since the cost of UAV use is expected to be at a lower level than that of manned aerials balance is also satisfied at lower levels. It means that UAV application is in economically more effective.

Since the affected areas are usually oversized, managing floods by aerials have always suffered from the limited resources. It means that cheaper UAV solutions optionally can support the disaster management at local level. UAV application is reasonable if the minimum criteria of the effective reconnaissance can be satisfied by UAV' on-board instruments. The minimum criteria of effective reconnaissance means here that disaster management can make their decisions better and the saved value with UAV support is higher than the cost of this application (Restas, 2012a).



Fig. 5: Bird1s view of flood, Hungary (2013)

The stability of dykes depends on many conditions like the durations it suffers from water pressure, how the structure of dykes is built, what materials they are made of, etc. There is yet not enough information about it, however it can be supposed, with a procedure that is able to analyse the status of dykes by airborne special scanning, could help managers much in decision making. Knowing the status or condition of dykes managers can optimize the resources for repairing critical parts of dykes, making them stronger in time or in case of escalated problems, they can order the evacuation before the dyke is broken.

In case of unexpected dyke-breach, citizens can be trapped by the flooded areas. Even if they can find a higher point in the area like sitting on the roof in many times the evacuation is unavoidable. If the evacuation is possible by motorboats small UAV in the hand of local or regional management can easily help find trapped citizens.



Fig. 6: Prepare an UAV operation to observe the flooded area of Aggtelek National Park, Hungary (2010)

Since floods are a slowly developing disaster, UAV can help the management in many ways. With UAV observation, it can be predicted, how the area is inundated, what buildings are at high risk, where from and where to evacuate the citizens, etc.

The essence of this application is to avoid the gap caused by lack of aerial observation that means here the difference between the required observation and the capability made by limited manned aerials. This gap can be filled with reasonable UAV application.

4. FOREST FIRES

This part of article uses thematic separation for using UAV in forest fires based on tactical differences. (Restas, 2012b) Very simply and logically, UAV can be used before a fire for (prevention and) hot spot detection, during intervention to help fire management and after suppression for post fire monitoring. The method of prescribed fire can also be in the focus of UAV use as a special application for fire prevention (Restas, 2011).

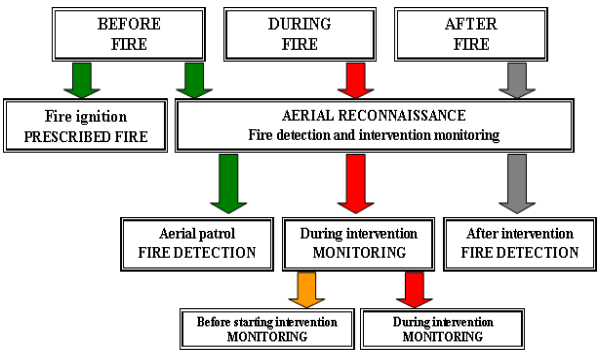


Fig. 7: Structure of UAV operations in case of forest fires

4.1 Pre-fire activity

Aerial patrol with manned aircraft is a commonly used procedure for detecting hot spots. Detecting hot spots by aerial means helps fire managers limit the damages caused by fire. The main reasons why this method is not always used are the huge costs associated with aerials. If the use of an UAV could be a cheaper solution than the traditional one (manned aircraft), UAV use would be obviously better solution (Restas, 2012b)

During this task UAV performs a patrol following the pre-programmed flight path. Real time video is supplied to the staff in the UAV control station so they can detect and check any hot spots (Ambrosia at al., 2006). In case of real danger, the staff reports the coordination of hot spots to the fire service and the "normal" firefighting procedure can be started. Flight patrol can be made both day and night, however the day missions are more frequent since fires normally start during the day with better weather conditions.

The essence of this UAV application is that with UAV use must save more forest value than the costs associated with an UAV patrol. If a report from an UAV occurs quickly, then a short uncontrolled fire will result in less damages and more saved value. If the intervention starts very quickly after ignition, a savings will come not just from the saved forest but also from a shorter use of equipment required to suppress the fire.

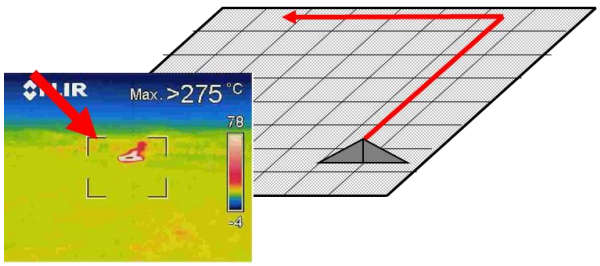


Fig. 8: Planning UAV operation for fire detection

4.2 UAV activity before starting intervention

When starting intervention the main problem is lack of objective information regarding the affected area, fire intensity, threatened property, etc. A tactical UAV could help in this case; in only a few minutes, the UAV can be ready for launch and in 2-3 minutes, it can transmit real time pictures of the fire and its circumstances.

In case of aerial reconnaissance before starting the intervention, fire managers immediately require some basic information on fires, without any delay. The timeliness of the information is much more important to fire managers than its quality (e.g. resolution of the video, photos). Any delay in getting objective information means that exponentially higher fire damage can occur or the potential of fire fighters to save value may be reduced. This fundamental criterion for a professionally effective reconnaissance mission means that UAV launch must occur as soon as possible after arriving at the fire front.

Almost any UAV, simple but immediately ready for launch, can be a tremendous benefit. If the UAV is small, its capabilities may be limited. Small UAV normally fly at low altitudes and have short endurance times. Low altitude means hundreds of feet; short endurance means line of sight. Flight time can be as low as 20 minutes. A fire manager just needs some objective information on the fire characteristics, fire intensity, speed of spread of fire, smoke emission, wind direction, threatened property, road to close fire front, etc. but he needs it very quickly. The above information based on the first, perspective images are in most cases easy to assess. For this task a hand launched electric engine powered UAV could be the best solution not excluding any other solution, taking into account that in this case the essence of success is timeliness. Other essence of this UAV application is that all costs of UAV use must remain below the extra value of the forest saved.

4.3 UAV activity during intervention

During intervention, where aerial reconnaissance is required but manned aircraft seem to be overpriced, an UAV could be a cost effective solution. If the commander of a firefighting operation is on the site, practicality says that he is too close to the fire to be able to manage it along with its environment. The extinction of forest fires is a protracted process in time. During that time the fire will continue to spread and the ability to manage a fire together with its environment is an indispensable precondition for the efficient extinguishing.

During intervention, UAV use can be very effective because obtaining an overview of several hundreds or even thousands of acres of forest allows intervention measures to be coordinated. Air reconnaissance helps to eliminate subjectivity in judgments and to rank the individual sites in relation to the others. If UAV born aerial reconnaissance satisfies a minimum criterion of the professional requirements for effective reconnaissance then the solution can be economically effective.

During the intervention conditions can worsen resulting fire escalation even if management supported by UAV use. In this case manned aircrafts are required dropping water, foam or retardants suppressing the fire front. As above expressed, manned aircraft support fire management also with aerial reconnaissance. If management have disposal of UAV use, a common work with manned aircraft can be difficult but useful. Aerial firefighting's procedure requires low level maneuver causing limited possibility for reconnaissance that is

more effective from higher altitude. Avoiding problems but keeping the advantages of aerial reconnaissance, in the same arena but at higher flight level the area observation is feasible also by UAV.

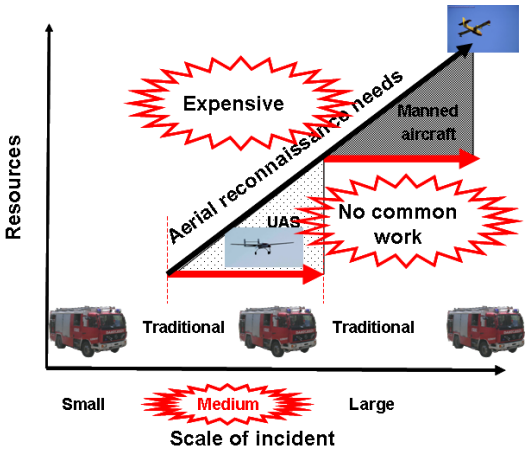


Fig. 9: The gap of aerial reconnaissance UAV use required

During the intervention conditions can worsen resulting fire escalation even if management supported by UAV use. In this case manned aircrafts are required dropping water, foam or retardants suppressing the fire front. As above expressed, manned aircraft support fire management also with aerial reconnaissance. If management have disposal of UAV use, a common work with manned aircraft can be difficult but useful. Aerial firefighting's procedure requires low level maneuver causing limited possibility for reconnaissance that is more effective from higher altitude. Avoiding problems but keeping the advantages of aerial reconnaissance, in the same arena but at higher flight level the area observation is feasible also by UAV.

4.4 Post-fire activity

After suppressions, many times, area surveillance is required to prevent a fire starting again by cinder remains (Pastor, at al., 2008). An UAV equipped with an IR camera can easily detect critical points and, with a small team, the UAV can be used to manage hot spots while allowing fire fighters to leave the area. Burnt area monitoring, besides the tactical options, also has other advantages. Since, in many cases, UAV use is optimal when it is in the hands of the fire service, post-fire monitoring is ideal for training recruits in a real "fire".

Post-fire monitoring requires a special flight path that can be different from the fire patrol for hot spot detection ("pre-fire" mission). Inside the fire front, the combustible material is burnt meaning that in most cases there is no fire risk. Since in this mission we focus on remained cinder and not on early detection, the flight path must follow the most threatened strip that is the extinguished fire front and its straight environment. It embraces the burnt area as a belt.

For post-fire monitoring different UAV platform can be used. At small fires even a hand launch UAV can be reasonable, while after a disaster scale fire a strategic size is optimal. In the first case the limited flight capability (e.g. electric engine) can be balanced by periodic repeated launch; in the other case post-fire monitoring partly means also aerial patrol for hot spot detection, since at strategic level these tasks can run into one another without strong border. The latest one is applied in critical fire season, when extinguished fires and new hot spots live together at country size areas.

Research supported by TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások" (Research for Critical Infrastructure Protection). The project was realized through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund." National University of Public Service, Budapest, Hungary

REFERENCES

[1] Ambrosia, V., Hinkley, E., Brass, J.A., Buechel, S., Sullivan, D., Myers, J., Schoenung, S. [2006] The Western States UAV Fire Mission; Eleventh Biennial USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Conference RS-2006, New Remote Sensing Technologies for Resource Managers; April 24-28 2006, Salt Lake City, Utah, USA

[2] Pastor, E., Royo P., Lopez J., Barrado C., Santamaria E., Prats X. [2008] Project SKY-EYE, Applying UAVs to Forest Fire Fighter, Support and Monitoring; Technical University of Catalonia, Department of Computer Architecture, Barcelona, Spain

[3] Puff, J., [2009] Development Approach of Unmanned Technologies for Civil Defence Applications; AUVSI 2009, La Speiza, Italy, 20-22 April, 2009

[4] Rehor, M. [2007] Classification of building damage based on laser scanning data; Photogrammetric Journal of Finland 20 (2).

[5] Restas, A. [2011] UAS Applications: From Aerial Patrol to Prescribed Fires; Wildfire 2011, The 5th International Wildland Fire Conference, 9-13 May 2011, Sun City, South Africa

[6] Restas, A. [2012] An Approach for Measuring the Economic Efficiency of UAV Applications at Forest Fires Helping Decision Makers; AUVSI Israel 2012, International Conference, 20-22 March 2012, Tel Aviv, Israel

[7] Restas, A. [2012] Unmanned Aircraft System Applications: Firefighting. Introduction to Unmanned Systems: Air, Ground, See & Space. Technologies and Commercial Applications. [Edit.: LeMieux, J.] LCCN 2012954516.

[8] Schweier, C., Markus, M. [2006] Classification of collapsed buildings for fast damage and loss assessment. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 177-192.

VÝSLEDKY PRIEBEŽNÉHO ZISŤOVANIA CHARAKTERISTÍK LESNÉHO PALIVA NA ÚZEMÍ NP SLOVENSKÝ RAJ PRE ÚČELY MODELOVANIA ROZVOJA LESNÉHO POŽIARU

MAROŠ SEDLIAK[1], *ANDREA MAJLINGOVÁ*[2]

Abstract *— In the paper we introduce results obtained by field and laboratory measurements of quantitative and qualitative parameters of forest fuel, coming from the research plots situated in the forest stands of the Slovensky raj National Park – Koc locality, that were affected by surface forest fire in 2007. Measurement of parameters mentioned above was performed due to the retrogressive simulation of forest fire in FARSITE environment. In the paper we introduce results related to the spatial distribution of fuel in the area, its quantity as well as selected fuel parameters required for modelling of fire behaviour – fuel moisture, fuel weight loss in process of combustion, calorific value and calorific capacity. Those are the key parameters necessary for modelling and simulation of fire in FARSITE.*

Keywords *— forest fire; forest fuel; FARSITE; modelling; Slovensky raj*

Abstrakt *— V príspevku predstavujeme výsledky získané z terénneho a laboratórneho zisťovania kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov lesného paliva odobratého z výskumných plôch situovaných v lesných porastoch NP Slovenský raj – lokalita Koč, ktoré boli postihnuté povrchovým požiarom v roku 2007. Zisťovanie spomínaných parametrov bolo vykonané za účelom spätnej simulácie lesného požiaru v prostredí FARSITE. V príspevku uvádzame výsledky týkajúce sa priestorovej distribúcie paliva v analyzovanom území, jeho kvantity a vybraných charakteristík slúžiacich pre modelovanie správania sa požiaru – vlhkosť paliva, úbytok hmotnosti paliva počas požiaru, spaľovacie teplo a výhrevnosť. Ide o kľúčové parametre potrebné pre modelovanie a simuláciu požiaru vo FARSITE.*

Kľúčové slová *— lesný požiar; lesné palivo; FARSITE; modelovanie; Slovenský raj*

ÚVOD

Lesné požiare spôsobujú každoročne značné škody na prírodnom prostredí, straty v ekonomickej oblasti, ale aj na ľudských životoch. Aj v našich podmienkach sa s výskytom lesných požiarov stretávame čoraz častejšie. Niektoré teórie pripisujú tento zvýšený nárast v počte požiarov prebiehajúcej klimatickej zmene. Čiastočne je možné túto teóriu považovať za správnu, a to hlavne v zmysle výskytu extrémov v počasí, najmä dlhších období nadpriemerných teplôt a sucha počas jarného a letného obdobia. Avšak aj zo štatistík výskytu lesných požiarov je zrejmé, že najčastejšou príčinou vzniku lesných požiarov na Slovensku je človek a jeho úmyselné či neúmyselné konanie. Tento príspevok sa zaoberá problematikou, ktorá nie je závislá na príčine vzniku požiaru, ale na jeho ďalšom rozvoji. V príspevku uvádzame výsledky, ako aj metodický prístup k zisťovaniu vybraných kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov lesného paliva potrebných pre ich aplikáciu v prostredí FARSITE. Údaje sú aplikovateľné pre prírodné podmienky NP Slovenský raj.

1. PROBLEMATIKA

Lesné požiare majú za následok veľké škody na lesných porastoch. Okrem životného prostredia ohrozujú aj komunity žijúce v tomto území a často majú vplyv aj na ekonomiku daného regiónu.

V súvislosti s lesnými požiarmi je jednou z dôležitých otázok, ktoré je potrebné v súčasnosti zodpovedať je otázka týkajúca sa spôsobov ako predchádzať už spomínaným škodám. Touto otázkou sa je možné zaoberať na viacerých úrovniach počínajúc posúdením rizika výskytu požiaru, termickými analýzami horenia [1], [2] až po riadenie lokalizačných a likvidačných prác pri požiari, po ktorom nasleduje obnova krajiny. Jednou zo spomínaných úrovní je aj predikcia správania sa a rozvoja lesného požiaru, ktorá sa zakladá na matematickom modelovaní a simulácii.

[1] Maroš Sedliak, Ing., Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: maros.sedliak@tuzvo.sk

[2] Andrea Majlingová, Ing., PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: andrea.majlingova@tuzvo.sk

Tento prístup je možné využiť ako podporný nástroj rozhodovania pre riadenie hasiacich prác. Na druhej strane môže napomôcť pri plánovaní a tvorbe opatrení pri trvajúcich požiaroch (plánovanie postupov smerujúcich k lokalizácii požiaru).

Vo svete existuje niekoľko modelov pre modelovanie správania sa požiaru. Vo všeobecnosti sa však pre účely modelovania a simulácie lesných požiarov odporúča použiť programové prostredie FARSITE, ktoré kombinuje matematický model šírenia požiaru s funkciami prostredia GIS.

FARSITE (angl. Fire Area Simulator) je matematickým modelom pre časovú a priestorovú simuláciu šírenia a správania sa požiaru v podmienkach rôznorodého terénu, paliva a počasia. V modelovaní a simulácii rastu a rozširovania sa čela požiaru sa využíva Huygensov princíp šírenia vĺn. Tento proces je v skutočnosti veľmi podobný široko používaným metódam, ktoré sa používajú pre rovnaký účel a sú určené pre manuálne spracovanie [3]. Rozdiel je v tom, že proces výpočtu v prostredí FARSITE je automatizovaný, rýchlejší a oveľa presnejší ako je tomu pri manuálnom spracovaní. Okrem toho je obvod požiariska a parameter správania sa požiaru sú použiteľné pre prácu v ostatných PC aplikáciách, ako aj v samotnom prostredí geografických informačných systémov. Avšak spomínané výhody prinášajú nové požiadavky na viaceré ďalšie informácie o topografii územia, palive a meteorologickej situácii [4].

Medzi základné vstupy do procesu modelovania patria údaje o topografii terénu (nadmorská výška, sklon, expozícia terénu), o počasí (teploty, zrážky, oblačnosť, smer a rýchlosť vetra) a o palive (množstvo v t/ha, vlhkosti paliva, jeho výhrevnosti).

Tento príspevok predstavuje prístup k stanoveniu a výsledky týkajúce sa priestorovej distribúcie paliva, vlhkosti paliva, úbytku hmotnosti paliva počas požiaru, spaľovacieho tepla a výhrevnosti. Ide o kľúčové parametre potrebné pre modelovanie a simuláciu požiaru v prostredí FARSITE.

2. METODIKA

Záujmovým územím je lokalita Koč situovaná na území NP Slovenský raj (obrázok 1), ktorá bola v roku 2007 postihnutá lesným požiarom, ktorého príčinou bol blesk [5].

Pre účely analýzy a vizualizácie priestorovej distribúcie paliva v analyzovanom území bolo použité prostredie ArcGIS ver. 10. Pre tento účel sme využili, okrem klasických nástrojov pre vizualizáciu geoúdajov a tvorbu databázových dopytov, nástroje mapovej algebry a geoštatistiky. Vstupnými údajmi do analýz boli geoúdaje o lesných typoch vyskytujúcich sa v danom území, ktoré boli ďalej spracované podľa metodiky [6] a údaje o topografii, ktoré boli odvodené z digitálneho výškového modelu.



Obr. 2: Pohľad na územie postihnuté požiarom – lokalita Koč

Pre účely kvantifikácie paliva bol urobený v novembri roku 2012 terénny prieskum, pri ktorom sme vychádzali z metodiky pre inventarizáciu povrchového paliva a biomasy [7]. Prostredníctvom odporového vlhkomera ME 2000 boli zisťované vlhkosti jednotlivých typov paliva priamo v teréne, ako aj pred samotným vložením do sušiarne. Hmotnosť materiálu sme merali v teréne pomocou závesných digitálnych váh od spoločnosti KERN. Pre váženie vzoriek paliva v laboratórnych podmienkach sme použili presné digitálne váhy rovnako od spoločnosti KERN.

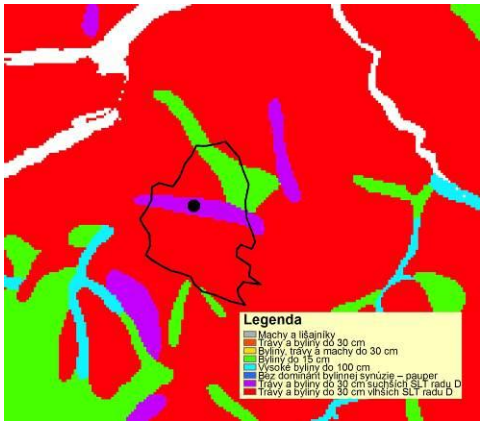
Terénny prieskum a odber materiálu pre testovanie v laboratórnych podmienkach prebiehal za jasného počasia v rôznych nadmorských výškach, expozíciách a sklone, najmä za účelom zovšeobecnenia získaných výsledkov.

V laboratórnych podmienkach sme v zmysle normy STN EN 14774-3: Tuhé biopalivá; stanovenie obsahu vlhkosti; metóda sušením v sušiarni; Časť 3 Vlhkosť v analytickej vzorke na všeobecný rozbor [8] stanovili vlhkosť vzoriek (úbytok hmotnosti vzorky po 1 hodine, 10 hodinách a 100 hodinách sušenia) jednotlivých typov paliva. Podľa STN ISO 1928: Tuhé palivá; Stanovenie spaľovacieho tepla kalorimetrickou metódou v tlakovej nádobe a výpočet výhrevnosti [9] sme stanovili výhrevnosť jednotlivých palivových typov.

3. VÝSLEDKY

V analýze priestorovej distribúcie paliva sme vychádzali z metodiky klasifikácie lesných typov do jednotlivých tried palivových modelov. Výsledok analýzy pre lokalitu Koč uvádzame na obrázku 2.

V tomto prípade ide o teoretický predpoklad, ktorý bol spresnený terénnym prieskumom. Výsledky tohto prieskumu uvádzame nižšie.



Obr. 2: Priestorová distribúcia paliva v lokalite Koč

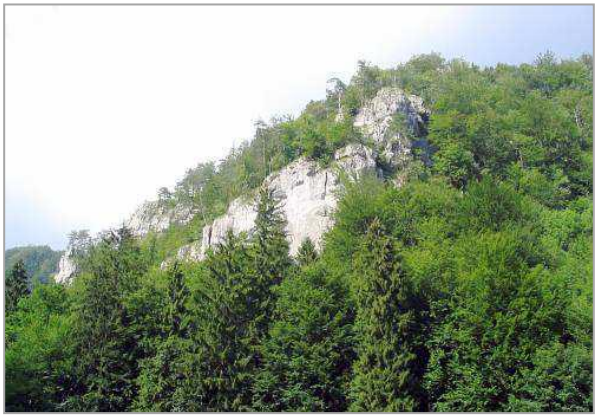
Na obrázku 3 a 4 uvádzame pohľad lesné prostredie charakterizujúce 3 palivové modely, tvorené 2 skupinami lesných typov Pinetum dealpinum (vápencové boriny) a Fagetum dealpinum (vápencové bučiny), nachádzajúce sa na ploche požiariska.

SLT Pide sa vyskytuje prevažne len roztrúsene na karbonátových horninách (obr. 3), vo veľkom výškovom rozpätí a preto sa delí na nižší a vyšší stupeň. Zaberá prevažne strmé bralnaté a skalnaté svahy, často terasové. Teplota a vysychavosť pôd je podstatne vyššia ako u iných SLT do ktorých prechádza.



Obr. 3: Pohľad na Pinetum dealpinum – vápencové boriny

SLT Fde sa delí na nižší a vyšší stupeň. Spoločenstvá sa nachádzajú zvyčajne na príkrych skalnatých terasovitých, pravidelných i vypuklých svahoch a hrebienkoch, čelách hrebeňov, v stredných až horských polohách na teplejších expozíciách a v nižších polohách na chladnejších expozíciách. Ukážka lesného typu Fde je na obrázku 4.



Obr. 4: Pohľad na Fagetum dealpinum – vápencové bučiny

V laboratórnych podmienkach sme v zmysle platných štandardov získali nasledovné hodnoty vlhkosti paliva, počítaných ako úbytok hmotnosti jednotlivých vzoriek počas sušenia v sušiarni v časových intervaloch 1 hodina, 10 hodín a 100 hodín. Výsledky pre identifikované palivové typy (byliny, tráva, opad, semená a plody, humus, konáre) sú uvedené v tabuľkách 1 – 6 a sumarizované v grafoch 1 a 2.

Tab. 1: Odvodené vlhkosti pre palivový typ byliny

Byliny					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	5,04	2,04	2,02	2,00
úbytok	%	0,00	40,48	40,08	39,68
rel. vlhkosť	%	100,00	0,00	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	99,20	0,00	0,00	0,00

Tab. 2: Odvodené vlhkosti pre palivový typ tráva

Tráva					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	10,0	2,24	2,24	2,24
úbytok	%	0,00	22,40	22,40	22,40
rel. vlhkosť	%	100,00	0,00	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	152,50	0,00	0,00	0,00

Tab. 3: Odvodené vlhkosti pre palivový typ opad

Opad					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	5,00	1,68	1,67	1,66
úbytok	%	0,00	33,60	33,40	33,20
rel. vlhkosť	%	100,00	0,00	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	125,40	0,00	0,00	0,00

Tab. 4: Odvodené vlhkosti pre palivový typ semená a plody lesných drevín

Šišky					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	30,02	23,79	12,70	12,65
úbytok	%	100,00	79,25	42,31	42,14
rel. vlhkosť	%	100,00	20,75	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	-	26,19	0,00	0,00

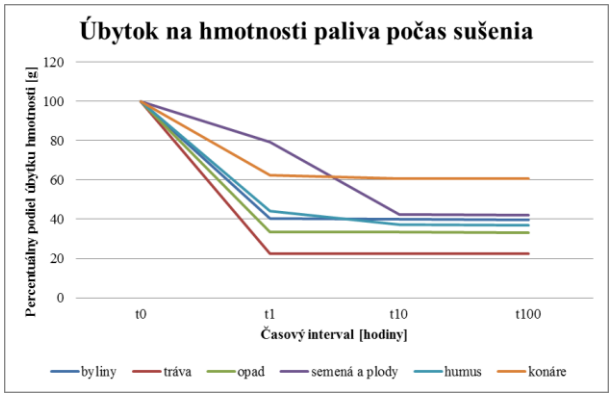
Tab. 5: Odvodené vlhkosti paliva pre palivový typ humus

Humus					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	10,00	4,41	3,73	3,70
úbytok	%	100,00	44,10	37,30	37,00
rel. vlhkosť	%	100,00	55,90	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	113,10	63,22	0,00	0,00

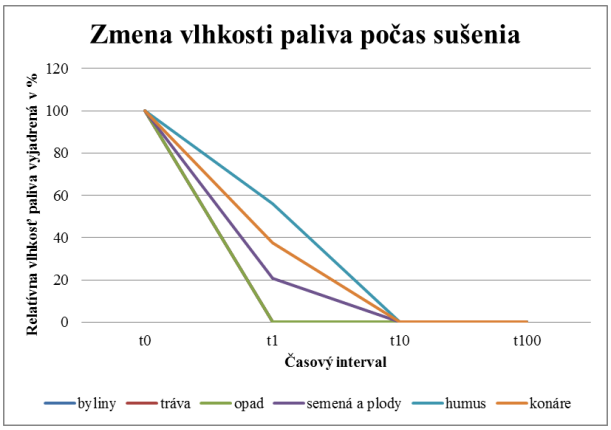
Tab. 6: Odvodené vlhkosti paliva pre palivový typ konáre

Konáre					
čas		t0	t1	t10	t100
váha vzorky	g	10,02	6,26	6,07	6,07
úbytok	%	100,00	62,48	60,58	60,58
rel. vlhkosť	%	100,00	37,52	0,00	0,00
abs. vlhkosť	%	-	60,06	0,00	0,00

Graf 1: Priebeh úbytku na hmotnosti vzorky paliva počas sušenia



Graf 2: Priebeh zmeny v relatívnej vlhkosti paliva počas sušenia



Už z grafu priebehu hodnôt je zrejmé, že najväčší pokles vo vlhkosti vzorky, a zároveň aj jej hmotnosti, nastal po prvej hodine sušenia. U vzoriek palivových typov tráva, byliny a opad bola dosiahnutá hmotnosť absolútne suchého materiálu už po hodine sušenia. Mierne výkyvy v hmotnostiach vzoriek v jednotlivých časových intervaloch mohli byť zapríčinené rýchlou nasiakavosťou vysušeného materiálu vlhkosťou počas ich prenosu k presným digitálnym váham a pri ich samotnom vážení. Pri palive typu semená a plody lesných drevín, konáre (opadaný drevný materiál ležiaci na povrchu) a humus bola hmotnosť absolútne suchého materiálu dosiahnutá po 10 hodinách sušenia, a to v zmysle metodiky pre modelovanie a simuláciu správania sa požiaru v prostredí FARSITE.

V zmysle normy STN ISO 1928 boli kalorimetrickou metódou pre jednotlivé palivové typy stanovené hodnoty spaľovacieho tepla a výhrevnosti. Výsledky týchto analýz uvádzame v tabuľke 7.

Tab. 7: Hodnoty spaľovacieho tepla a výhrevnosti posudzovaných palivových typov

Palivový typ	Váha vzorky	Spaľovacie teplo	Vlhkostný koeficient	Výhrevnosť
	[g]	[J/g]		[J/kg]
humus	0,92	16109	0,57	13947
listy	0,67	19231	0,63	16782
tráva	0,88	17883	0,76	15319
konáriky	1,13	23447	0,00	22143
byliny	0,72	15158	0,50	13149
opad	0,90	19774	0,60	17347
semená a plody	1,28	20725	0,00	19421
zmes	1,02	18178	0,00	16874

Vlhkostný koeficient uvádzaný v štvrtom stĺpci tabuľky 7 predstavuje hodnotu vlhkosti materiálu nameranú priamo počas odberu vzoriek paliva v teréne

a je prepočítaný z hodnôt nachádzajúcich sa v intervale [0; 200%] na hodnoty vlhkosti v intervale [0; 100%].

V poslednom riadku tabuľky 7 uvádzame hodnotu pre tzv. mix materiálu nachádzajúceho sa na povrchu, ktorú predstavuje palivo pre prípadný povrchový požiar. Táto zmes bola urobená na základe percentuálneho pomeru jednotlivých zložiek paliva vyskytujúceho sa a popísaného na založených výskumných plochách. V prostredí FARSITE sa výhrevnosť nestanovuje pre každý palivový typ zvlášť, ale ako jedna hodnota pre celý palivový model. Práve z tohto dôvodu a z dôvodu zvýšenia objektívnosti nameraných údajov a správnosti výstupov modelovania a simulácie sme pristúpili k stanoveniu spaľovacieho tepla a výhrevnosti aj pre tento typ zmesi.

Na základe údajov o množstve paliva, podľa jednotlivých palivových typov, získaného z výskumných plôch založených v porastoch na sledovanej lokalite, boli odvodené údaje o celkovom množstve paliva [t/ha], ako aj jeho priestorovej distribúcii v závislosti od nadmorskej výšky, sklonu a expozície terénu.

Tab. 8: Hmotnosť paliva počas sušenia rozdelená podľa intervalov nadmorskej výšky v t/ha

Nadmorská výška [m n.m.]	Čas sušenia			
	t0	t1	t10	t100
600 - 700	102,19	40,71	36,91	36,65
700 - 800	114,86	51,21	44,72	44,40
800 - 900	92,03	40,83	36,73	36,51
Spolu	309,08	132,75	118,35	117,56

Tab. 9: Hmotnosť paliva počas sušenia rozdelená podľa intervalov sklonu reliéfu v t/ha

Sklon [%]	Čas sušenia			
	t0	t1	t10	t100
40 - 50	129,47	59,19	52,19	51,82
50 - 60	96,84	41,37	36,61	36,36
60 - 70	114,44	51,27	45,30	45,02
Spolu	340,74	151,83	134,10	133,19

Tab. 10: Hmotnosť paliva počas sušenia rozdelená podľa expozície reliéfu v t/ha

Expozícia	Čas sušenia			
	t0	t1	t10	t100
Z	121,10	54,40	47,96	47,63
SZ	101,47	45,19	39,67	39,41
S	72,70	29,88	26,83	26,65
SV	102,19	40,71	36,91	36,65
Spolu	276,36	115,77	103,41	102,70

Na základe priestorových analýz a terénneho výskumu bolo určené množstvo paliva (t/ha), ktoré je vyjadrené podľa jednotlivých charakteristík reliéfu (nadmorská výška, sklon reliéfu a expozícia) v čase t0, teda pred sušením v sušiarni (Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10). Na severnej expozícií sa nachádza významne menšie množstvo lesného paliva (72,7 t/ha) ako na ostaných expozíciách (Tab. 10). Výrazný úbytok paliva je možné pozorovať v nadmorskej výške väčšej ako 800 m n.m..

Ako už bolo spomenuté vyššie, počas sušenia paliva dochádzalo k úbytku jeho hmotnosti. Z hodnôt množstva paliva nachádzajúceho sa na území počas procesu sušenia (t1, t10, t100) je zrejmý jeho malý úbytok. Tento úbytok je približne rovnaký vo všetkých intervaloch posudzovaných charakteristík.

Všetky tu prezentované výstupy predstavujú vstupné údaje potrebné do modelovania a simulácie lesného požiaru v prostredí FARSITE.

ZÁVER

V príspevku sme sa snažili podať informáciu o metodickom postupe získavania údajov pre odvodenie vstupných údajov pre modelovanie a simuláciu lesného požiaru v prostredí FARSITE. Prezentované výsledky majú všeobecné uplatnenie pre analyzované palivové modely a pre územie NP Slovenský raj. Tieto údaje bude potrebné ďalej doplňovať a spresňovať najmä z hľadiska zisťovania vlhkostných pomerov paliva v závislosti od meteorologických podmienok, ročného obdobia. Súbežne s týmto výskumom prebieha aj výskum v ďalších orografických celkom. Výsledky týchto prieskumov budú porovnané a z nich budú vyvodené všeobecné závery pre zefektívnenie terénneho prieskumu do budúcnosti.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 a projektu „Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine“, ITMS: 26220120069, Operačný program Výskum a vývoj, financovaný z prostriedkov ERDF.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] CHREBET, T., MARTINKA, J., BALOG, K., HRUSOVSKÝ, I., 2013. Moment of Lignocellulosic Materials Ignition Defined by Critical Mass Flow Rate. In Applied Mechanics and Materials Vols. 291-294 (2013), pp. 1985-1988. ISSN: 1662-7482.

[2] MARTINKA, J., KAČÍKOVÁ, D., HRONCOVÁ, E., LADOMERSKÝ, J., 2012. Experimental determination of the effect of temperature and oxygen concentration on the production of birch wood main fire emissions. Journal of

Thermal Analysis and Calorimetry, 110(1), (2012) pp. 193-198.

[3] ROTHERMEL, R. C. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. General Technical Report INT-143. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.

[4] FINNEY, M., A. 1998. FARSITE: Fire Area Simulator - Model Development and Evaluation. Res. Pap. RMRS-RP-4, USDA Forest Service, Rocky Moutain Research Station, March 1998.

[5] TAKÁČ, A., SEDLÁK, P. 2008. Zdolávanie lesného požiaru v Slovenskom raji v júli 2007. Spravodajca 2/2008. ISSN 1335-9975.

[6] MAJLINGOVÁ, A., VIDA, T. 2008. Possibilities of forest fire modeling in Slovak conditions. In Sympozium GIS Ostrava 2008. Sborník z mezinárodního sympozia konaného 27.-30.1.2008 v Ostravě. Ostrava, VŠB Technická univerzita, 2008. 10 s. ISBN 978-80-254-1340-1.

[7] BROWN J.K., OBERHEU, R.D., JOHNSTON C.M. 1982. Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in the Interior West.

[8] STN EN 14774-3: Tuhé biopalivá; stanovenie obsahu vlhkosti; metóda sušením v sušiarni; Časť 3 Vlhkosť v analytickej vzorke na všeobecný rozbor

[9] STN ISO 1928: Tuhé palivá; Stanovenie spaľovacieho tepla kalorimetrickou metódou v tlakovej nádobe a výpočet výhrevnosti

OCHRANA DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ PŮSOBENÍM TEPLA

(POZVANÝ PRÍSPEVOK)

PAVEL ŠMÍRA [1], ANDREA NASSWETTROVÁ[2], JAN ŠTĚPÁNEK[3], JANA PAŘÍLKOVÁ[4]

Abstract *— Thermal restoration is a non-destructive method of killing the wood-destroying insect by means of hot air. Thermal sanitation is a promising developing method for the elimination of active wood-destroying insects. It is used where other procedures are impermissible due to the historical or environmental issues. This method is non-destructive and it is suitable for the rehabilitation of wooden roof timber structures and wooden ceilings in heritage protected wooden structures, log houses, complicated historical roof timber work etc. The article explains both the principle of the method, and its important implementations.*

Keywords *— Thermal restoration, wood-destroying insects, historical wood, historical building*

Abstrakt *— Horkovzdušná sanace dřeva je nedestruktivní metoda likvidace dřevokazného hmyzu pomocí horkého vzduchu. Sanace dřeva horkým vzduchem je perspektivní, rozvijející se metoda v likvidaci aktivního dřevokazného hmyzu. Je použitelná tam, kde jiné postupy nejsou z hlediska historického nebo ekologického přípustné. Jedná se o metodu nedestruktivní, která je vhodná pro sanaci dřevěných konstrukcí krovů či dřevěných stropů památkově chráněných dřevěných konstrukcí, roubených staveb, složitých historických krovů apod. Příspěvek uvádí samotný princip a metody aplikace v praxi.*

Klíčová slova *— horkovzdušná sanace, dřevokazný hmyz, historické dřevo, památkové stavby*

ÚVOD

Dřevo je součástí kulturních památek mnoha civilizací již od počátku vývoje lidstva [1]. Unikátní historické památky ze dřeva od soch, oltářů, vyřezávaného nábytku až po celé dřevěné stavby jako kostelíky, zvonice, části hradů a zámků jsou uměleckým vyjádřením představ a estetického cítění člověka [2]. Historické památky jako nositelé duchovního odkazu minulosti představují v přítomném životě národů živá svědectví jejich sekulárních tradic. Podávají svědectví o svébytné civilizaci, příznačném vývoji nebo historické události. Proto je nezbytně nutné při renovaci historické památky respektovat původní konstrukce a materiály a tím zachovat historickou hodnotu památky, tak jak je uvedeno v Benátské chartě o zachování a rekonstrukci památek a sídel [3].

Dřevo je materiálem přírodním a proto disponuje velkou mnohotvárností danou růstovými podmínkami, prostředím a dědičnými dispozicemi. Tato variabilita vlastností je patrná nejen v rámci druhu, ale i uvnitř jednoho kmene a předurčuje dřevo k anizotropnímu chování [4]. Díky svému charakteru, který je dán rostlinným původem, je dřevo trvale vystaveno degradačním procesům zejména biotické (dřevokazné houby a dřevokazný hmyz), ale i environmentální (nebiologické) povahy [5]. V důsledku této degradace dochází k významným změnám fyzikálních, mechanických a chemických vlastností. Rozsah poškození závisí na prostředí, ve kterém se tento materiál obvykle nachází a procesům, kterým je vystaveno [1]. Z pohledu stavebních konstrukčních prvků, je významná změna pevnosti dřeva. Dlouhodobé působení zejména biotických činitelů může v konečném důsledku zapříčinit nesplnění funkce konstrukčního prvku, případně celé konstrukce. Proto posouzení vlastností dřeva historických objektů a konstrukcí zůstává zásadní a praktickou otázkou.

Největší aktivita biodegradace probíhá při 25 až 30 % vlhkosti dřeva [6]. V těchto příznivých podmínkách vlhkosti na mezi hygroskopicity se velice často stává, že konstrukce je napadena hmyzem a houbou současně. V těchto případech napadení dřevěných konstrukcí se ukázala jako účinná metoda horkovzdušné sterilizace dřeva s následným použitím likvidačně účinných insekticidů. Likvidačním faktorem je u této meto-

[1]Ing. Pavel Šmíra, Ph.D., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, smira@thermosanace.eu

[2] Ing. Andrea Nasswettrová, Ph.D., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, nasswettrova@thermosanace.eu

[3]Ing. Jan Štěpánek, Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, Česká republika, stepanekthermosanace.eu

[4]doc. Ing. Jana Pařílková, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb, Laboratoř vodohospodářského výzku mu, Veveří 95, 602 00 Brno, Česká republika, parilkova.j@fce.vutbr.cz

dy teplo, které působí rovnoměrně v celém prostoru, při zachování památkové hodnoty objektu. V roce 2010 byla tato účinná, nedestruktivní metoda likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem poprvé představena v České republice, společností Thermo Sanace s.r.o., která úspěšně tímto způsobem zachraňuje kulturní dědictví a historickou hodnotu památkových dřevěných konstrukcí [7].

1.1 POPIS A TECHNICKÉ ÚDAJE TEPLOTNĚ ŘÍZENÉHO PROCESU

1.2 Základní koncepce systému

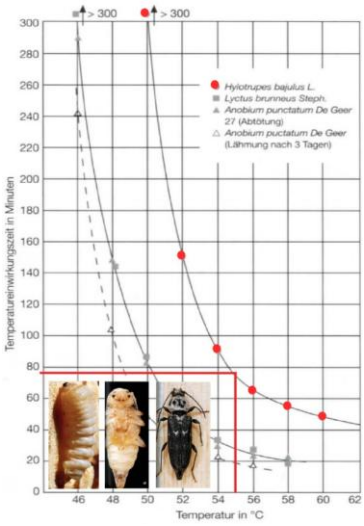
Likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem (obr. 1a 3) je osvědčený proces uznávaný normou DIN 68 800 část 4 [8,9]. Tepelný proces působí tak, že jsou vlivem dostatečně vysoké teploty napříč celým průřezem dřeva usmercena veškerá vývojová stadia hmyzu, která se ve dřevě nacházejí (vajíčka, larvy, kukly i dospělý jedinci).



Obr. 1.: Sanace napadené konstrukce krovu

Pro úspěšnou likvidaci biotických škůdců je nutné dřevo ohřát na teplotu 55 °C po dobu 60 min., při této teplotě a čase dochází ke koagulaci bílkovin hmyzu a jejich usmrcení [9,10]. Denaturace bílkovin se projevuje rozpadem polypeptidového řetězce, který tak ztrácí svou charakeristickou strukturu [8]. Působením tepla se tak jejich spirály rozpadají a vytvářejí náhodné konfigurace. Vzhledem ke skutečnosti, že nejodolnější larvy tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus* L.), se nacházejí u napadených dřevěných prvků v bělové části (bohaté na živiny), tedy několik málo centimetrů pod povrchem, je horkovzdušná metoda považována za účinnou, protože právě zde jsou teploty nejvyšší. Okrajové oblasti dřeva, jsou z pohledu napadení nejkritickými částmi v širokém spektru druhů dřevin i stáří.

Likvidační teplota a čas 55 °C/60 min., je dána na základě řady pokusů jejíž výsledky a praktické doporučení uvádí směrnice 1-1,87, kterou vydal Wissenschaftlich-technischer Arbeitskreis für Denkmalpflege und Bauwerksanierung e.V., (Vědecká společnost pro sanace staveb a péči o památkové objekty) referát "Ochrana dřeva" [8]. Tuto směrnici vypracoval dr. D. Grosser. Parametry horkovzdušné likvidace dřevokazného hmyzu, i jako metoda sama, je dle DIN 68 800 část 4 (vydána v květnu 1974, návrh nového znění proveden v červenci 1986) povoleným způsobem ošetření staveb [9]. Na obrázku č. 2, je graficky zobrazena citlivost larev tesaříka krovového (Hylotrupes bajulus L.), červotoče proužkovaného (Anobium punctatum) a hrbohlava hnědého (Lyctus brunneus) na vysoké teploty, při 30% relativní vlhkosti vzduchu [8].



Obr. 2.: Citlivost larev vybranného dřevokazného hmyzu na vysoké teploty [8]

Graf je převzat z výzkumu, který provedl Beckerem a Leoben (1961) citováno [8]. Lze podotknout, že k vyšším dobám působení, ke kterým autoři dospěli je nutné zohlednit zahřívací a ochlazovací dobu obvyklou při reálných sanacích objektů. Ve výsledcích pokusů autoři konstatují, že s příhlédnutím k fázi ohřevu a ochlazení jsou v praxi parametry 55°C/60 min., horkovzdušné sanace dostačující [8]. Díky skutečnosti, že metoda se vyznačuje pomalým poklesem teploty, který je dán ohřívaným materiálem, jsou parametry procesu dostačující. Teplota je v konstrukčním prvku udržována dlouho dobu a kumuluje v celém průřezu.

V reálných podmínkách sanace je rovněž velmi významná otázka požární bezpečnosti. Z tohoto důvodu nesmí v sanovaných prostorách horký vzduch na výstupu překročit teplotu 120 °C. Riziko tepelné degradace a požáru tedy nehrozí, protože vháněný vzduch nedosahuje teploty vzplanutí dřeva, která je v rozmezí 180−275 °C. Doba sanace se při podmínkách sterilizace (t = 55 °C) pohybuje v délce přibližně 7–17 hodin v závislosti na teplotě venkovního vzduchu, velikosti sanovaného prostoru a průřezů sanovaných dřevěných prvků. V případě, že se v sanovaných prostorách nachází konstrukce citlivé na působení

vysokých teplot, probíhá sanace při snížených teplotách, a to v rozmezí 80−100 °C, obr. 3.



Obr. 3.: Simulace prostupu tepla v krovové konstrukci

2. SANAČNÍ TECHNIKA

Horký vzduch o teplotě 100–120 °C je generován ve výkonných mobilních horkovzdušných agregátech: Nolting o výkonu horkého vzduchu 7500 [m^3 /h] (obr. 4) a Heimer o výkonu 22 500 [m^3 /h]. Mobilní ohřívače jsou vybaveny ekologickými hořáky na LTO (lehké topné oleje), které jsou napojeny na třífázový proud (380 V).



Obr. 4.: Realizace sanace mobilními ohřívači

Prostřednictvím potrubí je horký vzduch vháněn do sanačního prostoru zpravidla střešními otvory nebo průniky ve střešním plášti, obr. 5. Potrubí je složeno z jednotlivých hliníkových dílů a pro každý sanovaný prostor má specifické složení.



Obr. 5.: Vedení potrubí v sanovaném prostoru

Střešní prostor je nutné směrem ven co nejlépe utěsnit, k tomuto účelu jsou požity termofólie (obr. 6), které hermeticky uzavírají sanovaný prostor. Malé netěsnosti u dostatečně velkého množství ohřátého vzduchu zlepšují cirkulaci vzduchu a zabraňují tvorbě vzduchových polštářů s malou vodivostí. Materiály a předměty, které neodolávají působení vysokých teplot, je nutné z prostoru odstranit, případně tepelně izolovat. Sanovaný prostor musí být vyklizen a vyčištěn, zbaven veškerého prachu, drobných kousků dřeva a jiných vznětlivých částic. Netěsnosti střech a stavebně technických otvorů je nutné před horkovzdušnou sanací utěsnit (např. přírodní ovčí vlnou).



Obr. 6.: Zaizolování sanovaného prostoru

3. MĚŘÍCÍ TECHNIKA

3.1 Monitorování teplot při sanaci

Teplota sanovaných konstrukčních prvků se stanovuje měřením, nikoli výpočtem. Měření teploty se provádí v pravidelných intervalech. Celý proces horkovzdušné sanace, je tak monitorován a dokumentován.

Významná je teplota vzduchu (obr. 7) a teplota sanovaného konstrukčního prvku, obr. 8.



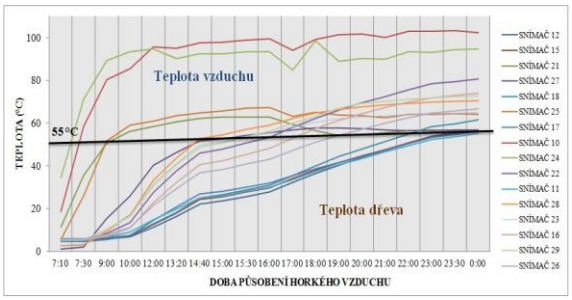
Obr. 7.: Termoelektrické snímače měřící teplotu vzduchu při sanaci

Termoelektrické snímače, měřící teplotu uvnitř dřeva obr. 8, musejí být umístěny v jejich geometrických středech, aby bylo možné označit sanaci za úspěšně provedenou. Prohřátí středové částí dřeva, kde je teplota nižší než na jejím povrchu probíhá pomocí vedení tepla, které je významně závislé na objemové hmotnosti dřeva.



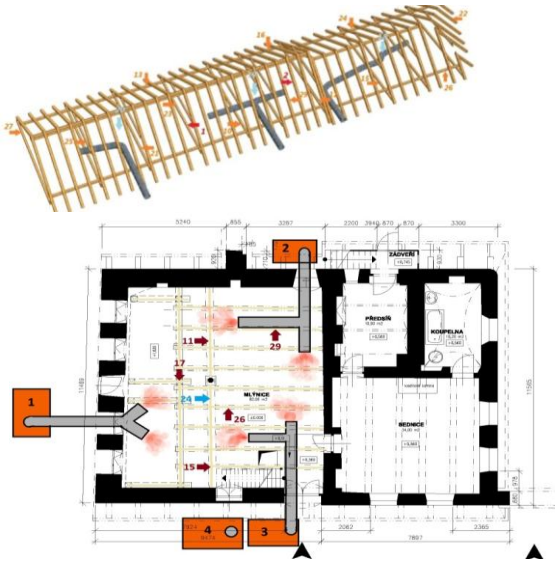
Obr. 8.: Termoelektrické snímače měřící teplotu v průřezu prvku, s ukázkou zaizolování otvoru ovčí vlnou

Použity jsou termoelektrické snímače s výstupem do PC se softwarem automaticky zaznamenávající průběh teplot, obr. 9. Pro zamezení zkreslení hodnot výsledných teplot jsou obvody otvorů pro umístění termoelektrických snímačů řádně zaizolovány, obr. 8.



Obr. 9.: Typická křivka při elektronickém dálkovém měření teploty

Rozmístění termoelektrických snímačů, tedy počet bodů měření musí odpovídat velikosti sanovaného prostoru a jeho struktuře. Body měření jsou vždy zakresleny do výkresové dokumentace nebo skici, tak aby byla umožněna průběžná kontrola teplot, obr. 10.



Obr. 9.: Zakreslení měřících bodů ve výkresové dokumentaci

Snímání rozložení teplot na povrchu konstrukčních prvků je prováděno pomocí infračervené termovizní kamery FLIR B425 (obr. 11) s teplotní citlivostí (0,08 ^{o}C) a kvalitou obrazu (320 x 240 pixel). Kamera ukládá termální snímky tzv. termogramy jako 14 – bitové obrázky ve formátu JPEG. Kamera je kalibrována pro přímé odečítání teplot na vnějším povrchu vzorků.



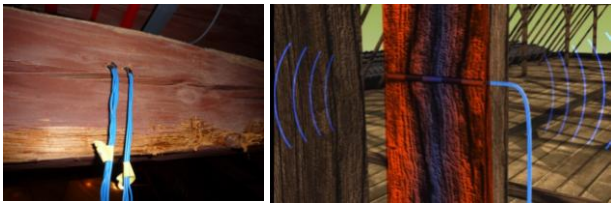
Obr. 11.: Zobrazení snímaných termogramů při bezkontaktním měření povrchových teplot

3.2 Monitorování dalších vlastností dřeva

Spolu s teplotou je sledována při horkovzdušné sanaci konstrukcí vlhkost metodou elektrické impedanční spektrometrie EIS, obr. 12 a 13 [11] a rozměrové změny pomocí elektronických tenzometrů, obr. 14 [12]. Snímače elektrické impedance pomocí elektrických veličin zaznamenávají změny vlhkosti dřevěných konstrukčních prvků v různých hloubkách v průběhu procesu horkovzdušné sanace, obr. 13.

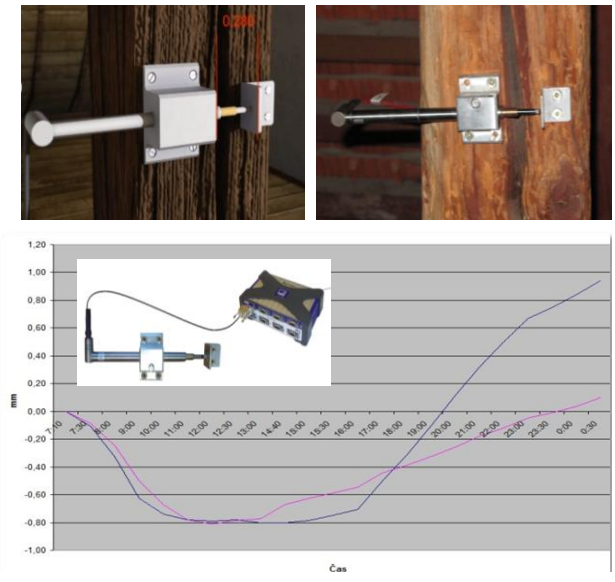


Obr. 12.: Elektrická impedanční spektrometrie, aplikace sond v materiálu a Z – metr III



Obr. 13.: Měření změn vlhkosti v různých hloubkách konstrukčního prvku

Stejně tak elektrické tenzometry, které zaznamenávají rozměrové změny dřeva v průběhu sanace, obr. 14. Ty jsou ovlivněny úbytkem vlhkosti dřeva vlivem zvýšené teploty. Výsledkem je kontrola účinnosti procesu horkovzdušné sanace, rozložení vlhkosti a kontrola objemových změn konstrukčních prvků v reálném čase.



Obr. 14.: Měření rozměrových změn prvků při sanaci

Do sanovaného prostoru jsou ve spolupráci s výzkumným a vývojovým ústavem dřevařským vkládány i živé kontrolní vzorky dle ČSN EN 370 s nasazenými larvami tesaříka krovového, obr. 15 [13].



Obr. 15.: Živé kontrolní vzorky ČSN EN 370 infikované tesaříkem krovový *Hylotrupes bajulus* L.

4. MOŽNOSTI A LIMITY APLIKACE METODY V PRAXI

Horkovzdušná sanace dřeva je použitelná tam, kde jiné postupy nejsou z hlediska historického nebo ekologického přípustné. Jedná se o metodu nedestruktivní, která je vhodná pro sanaci dřevěných konstrukcí krovů či dřevěných stropů památkově chráněných dřevěných konstrukcí, složitých historických krovů apod., které jsou napadeny aktivním dřevokazným hmyzem. Je nutné zdůraznit, že sterilizační metody se řadí mezi krátkodobé postupy ochrany dřeva nezaručující, že sanované konstrukce nebudou znovu napadeny dřevokazným hmyzem. Dlouhodobou ochranu dřevěných prvků vůči působení biotických škůdců je možné dosáhnout dodatečným konstrukčním opatřením, zamezujícím zejména tvorbu kondenzované vody.

Spolu s konstrukčním řešením je nutné po sanaci použít chemickou ochranu vhodnými biocidy – insekticidy i fungicidy. Sanací objektů horkým vzduchem s následnou chemickou ochranou, lze zabránit částečné nebo celkové výměně konstrukčních prvků stavby. Sterilizace dřeva horkým vzduchem není použitelná tam, kde není možné zajistit dostatečný přístup horkého vzduchu, dále v případě, že se v sanovaném prostoru nachází stavební materiály, které neodolávají vysokým teplotám. Sanaci horkým vzduchem není také vhodné provádět v zimních měsících, z důvodu závislosti na venkovních teplotách prostředí.

5. OCHRANA SANOVANÝCH PRVKŮ

Po skončení horkovzdušné likvidace je celý sanovaný prostor otevřen a vyvětrán. Následuje demontáž veškerého zařízení a izolace. Vzhledem ke skutečnosti, že tepelný process neposkytuje žádnou ochranu proti opětovnému napadení dřevokazným hmyzem, je po ukončení sanace provedena chemická ochranná impregance všech sanovaných dřevěných prvků. Jde o prevenci před případným novým napadením tepelně ošetřeného dřeva. Jako ochranný prostředek je používán širokospektrální koncentrovaný fungicidní a insekticidní vodou ředitelný přípravek, určený pro dlouhodobou preventivní ochranu dřeva (obr. 16).



Obr. 16.: Ochraná insekticidní impregnace všech sanovaných dřevěných konstrukcí krovů

ZÁVĚR

Společnost Thermo Sanace s.r.o., úspěšně sanuje památkově chráněné objekty na území České i Slovenské republiky již od roku 2010. Za tuto dobu se zasloužila o záchranu řady památek jako například evangelického kostela v obci Rovečné, bývalého mlýna v obci Dolní Němčí, krovu kostela ve Velké Lhotě, mlýna Wesselsky v Loučkách u Oder, podlahových konstrukcí bývalého fojství v Mostech u Jablůňkova. Mezi významné památky je možné uvést katedrálu sv. Martina v Bratislavě, krov zámku v Rokytnici u Přerova, kostel sv. Jakuba v Brně atd. Jedná se o metodu, která má v oblasti sanace historických a památkově chráněných objektů svoji tradici.

SEZNAM LITERATURY

[1] YOKOYAMA, M., GRIL, J., MATSUO, M., YANO, H., SUGIYAMA, J., KUBODERA, S., MISTUTANI, T., SAKAMOTO, M., OZAKI, H., IMAMURA, M., KAWAI, S. 2009: Mechanical characteristics of aged Hinoki wood from Japanese historical buildings. Comptes Rendus Physique, 10 (2009) 601-611.

[2] POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. 1997: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda a.s., 485 s. ISBN 80-07-00960-4

[3] BENÁTSKÁ CHARTA, MEZINÁRODNÍ CHARTA O ZACHOVÁNÍ A RESTAUROVÁNÍ PAMÁTEK A SÍDEL, BENÁTKY 1964. VYHLEDÁVACÍ SLUŽBA GOOGLE 2012 [CIT. 2012. 01.05]. DOSTUPNÉ NA WWW. <HTTP://WWW.RESTAURO.CZ/ARCHIV/BENCHARTA.HTM>.

[4] FENGEL, D., WEGENER, G. 2003: Wood – chemistry, ultrastructure, reactions. Verlag Kessel. 613 s. ISBN 3935638-39-6

[5] POPESCU, C.M., TIBIRNA, C.M., VASILE, C. 2009: XPS characterization of naturely agend wood. Applied Surface Science 256 (2009) 1355-1360.

[6] REINPRECHT, L. 2008: Ochrana dřeva. Technická univerzita vo Zvolene, 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6

[7] ŠMÍRA, P., ŠTĚPÁNEK, J. 2010: Horkovzdušná sanace krovu Horního kostela ve Velké Lhotě u Dačic. In: Sanace a rekonstrukce staveb 2010, sborník odborných příspěvků k 32. konferenci (12. konference WTA CZ). Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 61–67

[8] GROSSER, D. směrnice 1-1,87, Vědecká společnost pro sanace staveb a péči o památkové objekty, Mnichov, a A. Weissvrodt, Borgholzhausen

[9] HEIN, J.T. 2008. Horkovzdušná metoda likvidace živočišných škůdců dřeva v konstrukcích. Nahrazuje leták 1-1-87. WTA Publications. WTA Wissenschaftlich-technischer Arbeitskreis für Denkmalpflege und Bauwerksanierung. 978-3-8167-7752-6

[10] ŠMÍRA, P. 2010: Likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem. In: Sborník k semináři Horkovzdušná sterilizace dřeva – předpoklady, zkušenosti, provádění. Kozlovice: Areál fojtství Kozlovice, 67 – 81, ISBN: 978–80–874–2702–6

[11] PAŘÍLKOVÁ, J., PAŘÍLEK, L., FEJFAROVÁ, M., NASSWETTROVÁ, A., ŠMÍRA, P., ŠTĚPÁNEK, J. 2011: Monitoring of changes in moisture content of masonry due to microwave radiation using the EIS method. In *Eureka 2011 2nd Conference and Working Session Within the frame of the International Program EUREKA Project No.: E!4981.* Publisher VUTIUM Brno University of Technology 2011, p. 204-215. ISBN 978-80-214-4325-9

[12] SANDANUS, J. 2011: Tenzometrické meranie konštrukcie krovu nad presbytériom katedrály sv. Martina v Bratialve počas termosanácie a určenie vplyvu termosánacie na nosnú konštrukciu krovu. *Výzkumná zpráva pro společnost Thermo Sanace s.r.o.*

[13] SOUČKOVÁ, A. 2012: Vliv stáří na napadení tesaříkem krovovým. Protokol o zkoušce č. VZL-N-14/11. Výzkumný a vývojový ústav dřevařský Praha

CHYTRÉ OBLEKY PRO ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY

JIŘÍ ŠVUB [1], FILIP BENEŠ [2], VLADIMÍR KEBO [3], MILOŠ KVARČÁK [4], PAVEL STAŠA [5], JAKUB UNUCKA [6], MIROSLAV BOHÁČ [7]

Abstract *— The paper deals with the issue of increased safety emergency of fireworkers through the application of UHF RFID technology in system identification of protective equipment. The aim of the research and development of an interdisciplinary team of several university departments, private companies and FRS is to create an efficient system for automatic identification of FRS with subsequent expansion into other industries requiring strict control of personal protective equipment. The system will be used to monitor and control the selected labeled equipment and its added value in the first stage of the solution lies mainly in the automatic monitoring of equipment when entering/returning to/from the action and continuous increase firefighter safety during intervention.*

Keywords *— RFID; Firefighter; protective suit; identification; risk prevention*

Abstrakt *— V odborném příspěvku se zabýváme otázkou zvýšení bezpečnosti pracovníků zásahových jednotek prostřednictvím aplikace technologie UHF RFID v systému evidence ochranných pomůcek. Cílem výzkumu a vývoje interdisciplinárního týmu několika pracovišť univerzity, privátních firem a HZS je vytvořit efektivní systém automatické identifikace pro HZS s následným rozšířením do dalších odvětví vyžadujících přísnou kontrolu ochranných pracovních pomůcek. Systém bude použit pro sledování a kontrolu vybraného označeného vybavení a jeho přidaná hodnota v první etapě řešení tkví zejména v automatické kontrole stavu výstroje při nástupu/návratu do/ze zásahu a průběžném zvýšení bezpečnosti hasiče během zásahu.*

Kľúčové slová *— RFID; hasič; ochranný oblek; identifikace; prevence rizika*

ÚVOD

Miniaturizace a snižování ceny elektronických obvodů se projevuje nejen v oblasti mobilních telefonů, kde je nejviditelnější, ale otevírá možnosti i v jiných oborech.

Jednou z nich je používání RFID bezkontaktní identifikace v oblastech, kde to dříve nebylo efektivní, včetně požární bezpečnosti, kde pomáhá chránit nejen majetek, ale především životy. Většina výzkumných projektů podobného zaměření v zahraničí je vedena snahou identifikovat polohu záchranáře, aby se v každé chvíli vědělo, kde se nachází a v případě potřeby mu bylo možno pomoci. V budovách totiž nefunguje signál GPS, proto jsou zasahující hasiči označování různými elektronickými lokalizátory, jejichž polohu je možné sledovat i uvnitř budov, bez ohledu na kouř či oheň. Způsoby dosud známé spíše z akčních filmů se tak přesouvají do běžného života a zvyšují bezpečnost zasahujících záchranářů. V případě, že přestane vykazovat aktivitu nebo sám aktivně vyžádá pomoc, je mu tato okamžitě poskytnuta.

Tyto situace však můžeme považovat za extrémní a nastávají díky vysoké odbornosti a kvalitnímu výcviku záchranářů naštěstí velmi zřídka. Častější problémy způsobují daleko banálnější příčiny spojené s nekompletní nebo poškozenou výstrojí..

1. CÍLE APLIKACE RFID TECHNOLOGIE

Předmětem výzkumu, který provádí ostravská společnost GABEN ve spolupráci s VŠB-TUO a její laboratoří ILAB RFID společně s dalšími partnery je označení vybraných položek záchranářské výstroje a výzbroje elektronickými značkami (RFID tagy) a sledování jejich pracovního vytížení a životního cyklu.

[1] Jiří Švub, Ing., VŠB - Technická univerzita Ostrava, jiri.svub@vsb.cz

[2] Filip Beneš, Ing. Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, filip.benes@vsb.cz

[3] Vladimír Kebo, doc. Dr. Ing., VŠB - Technická univerzita Ostrava, vladimir.kebo@vsb.cz

[4] Miloš Kvarčák, doc. Dr. Ing., VŠB - Technická univerzita Ostrava, milos.kvarcak@vsb.cz

[5] Pavel Staša, Ing. Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, pavel.stasa@vsb.cz

[6] Jakub Unucka, Ing., Gaben spol. s r.o., jakub.unucka@gaben.cz

[7] Miroslav Boháč, Gaben spol. s r.o., miroslav.bohac@gaben.cz

Každé použití při výcviku a zásahu je zaznamenáno do společné databáze, samozřejmě včetně identifikace osoby, které je vybavení přiděleno nebo s ním manipuluje. Stejně tak se automaticky zaznamenává praní, impregnace, sušení a opravy, či jiný zásah na výzbroji. Velitel jednotky tak má k dispozici kompletní přehled o stavu výstroje a výzbroje a může jednoduše zabránit situacím, kdy by hasič vyrazil do akce s nekompletní výbavou nebo s poškozeným kusem. V případě ztráty, poškození či záměny je nutné nalézt osobu, které byla tato služební výstroj přidělena a provést nápravné opatření.

Do systému evidence, který je dosud veden převážně papírově, je tak vnesen mnohem průhlednější a efektivnější způsob zpětného dohledání a identifikace majitele a zpětné revize záznamů o nakládání a pohybu vybavení. To mimo podstatné zvýšení bezpečnosti záchranářů přináší vzhledem k vysoké pořizovací ceně jednotlivých součástí i výrazné snížení nákladů na pořizování a údržbu hasičské výstroje a výzbroje.

Kromě zápisu identifikátoru jednotlivého kusu výstroje či výzbroje je do databáze velmi jednoduchým způsobem zadáván i stav a případné poškození. Tento počin kromě zrychlení procesu opravy přináší i další efekty. Od počátku používání každé součásti je zřejmé, které části jsou nejvíce poškozovány, jakým způsobem a jak často. Příslušné provozní oddělení tak může okamžitě vyvolat jednání s dodavatelem a konkrétní položku přestat nakupovat nebo a ještě lépe spolupracovat s výrobcem na zlepšení a inovacích výrobku. To je ideální způsob, jak poskytnout zasahujícím hasičům nejvyšší možnou bezpečnost.

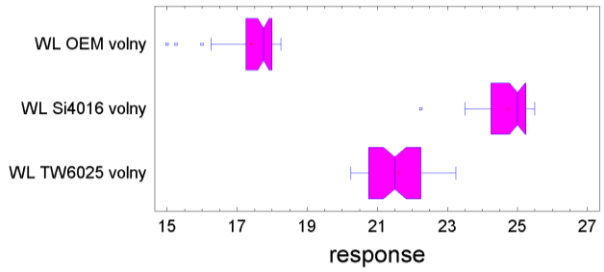
Právě tento způsob zvolila i společnost GABEN, která ve svém výzkumném projektu pro identifikaci hasičské výstroje pomocí RFID technologie spolupracuje s velením Hasičského záchranného sboru, výrobcem hasičské výstroje – společností KOUTNÝ, pracovišti HGF a FBI a mezinárodní laboratoří ILAB při VŠB - Technické univerzitě Ostrava.

2. VÝBĚR VHODNÝCH UHF RFID TAGŮ

Základním prvkem označování hasičské výstroje je odolný RFID tag. Většina nás se měla možnost setkat s RFID tagem ve formě plastové přístupové karty do zaměstnání, sportovních zařízení nebo jiných objektů. Uvnitř karty je miniaturní elektronický obvod s připojenou anténou. Pro potřeby označování hasičské výstroje musí provedení tagu zabezpečit funkčnost nejen při zásahu na požářišti, ale i při průmyslovém praní a sušení ve stovkách cyklů. Na základě průzkumu trhu a aplikováním okrajových podmínek vynucených způsobem zamýšleného použití jsme se rozhodli využít jediného českého a jednoho z mála evropských dodavatelů, který je schopen a ochoten své produkty upravit dle požadavků zákazníků. Pro testování jsme si nechali vyvinout či upravit tři modely tagů, které nesou označení WL OEM, WL TW6025 a WL Si4016. Všechny tři modely jsou vhodné k aplikaci do oblečení a jsou odolné běžnému praní. Model WL Si4016 je dokonce odolný i praní za extrémních podmínek včetně ždímání a manipulace za extrémních tlaků okolo 60 bar a teplot dosahujících až 200°C.

3. LABORATORNÍ EXPERIMENTY S VYBRANÝMI MODELY TAGŮ

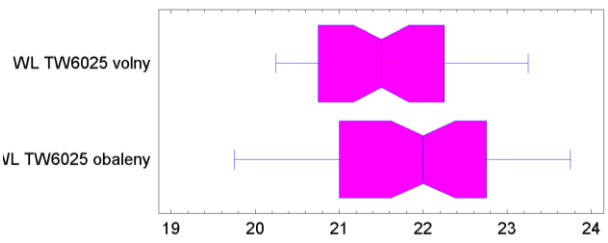
Laboratorně jsme dále otestovali čitelnost vybraných tagů za pomoci statických testů prováděných podle standardních metodik laboratoří sítě EPC in Europe Lab Network. Získaná data byla podrobena statistickému vyhodnocení metodou analýzy rozptylu. Jak vidíme v grafu (obr. 1) a výstupu ze statistického software, jednotlivé typy tagů mají mezi sebou statisticky signifikantní rozdíly. Měřenou veličinou byl v tomto případě nejnižší výkon nutný k načtení tagu z předem definované vzdálenosti.



Obr. 1: Graf porování modelů tagů

Nejlepší výsledky nutného výkonu čtení nám poskytnul tag WL OEM. Toto bylo způsobeno pravděpodobně také nejmenší úrovní zapouzdření modelu. Pokud by nižší úroveň ochrany postačovala, jeví se tento tag jako nejvhodnější.

V dalším kroku bylo nutno zjistit, jak umístění tagů do materiálu zásahového obleku, (obr. 4), ovlivní čitelnost v něm ukrytých tagů. Předpokládáme, že v určité míře dojde k nepříznivému ovlivnění čitelnosti tagů skrytých uvnitř materiálu na základě částečné absorbce záření krycím textilním materiálem (substitut NOMEXU).



Obr. 2: Box and whiskers plot - WL TW6025

Pro ověření jsme opět využili postupu z předcházejícího případu. Metodou postupné inkrementace vysílacího výkonu čtečky jsme nalezli hodnotu minimálního výkonu nutného k načtení tagu. Jak vidíme z následujících výstupů (obr. 2), k ovlivnění skutečně došlo.

Prozkoumáním výstupů za pomoci testování hypotéz však zjišťujeme, že ani v jednom případě nebyl rozdíl ve vysílacím výkonu statisticky signifikantní. Na zvolené hladině významnosti ve výši 5% tak nelze rozdíl mezi obaleným a neobaleným tagem potvrdit.

V současné době probíhají testy tagů, které jsou umisťovány do průmyslových praček a prány společně s výstrojí. Současně se ve Školním a výcvikovém zařízení HZS Brno provádí testování odolnosti prototypů chytrých zásahových obleků s integrovanými RFID tagy v extrémních podmínkách panujících při zásahu.



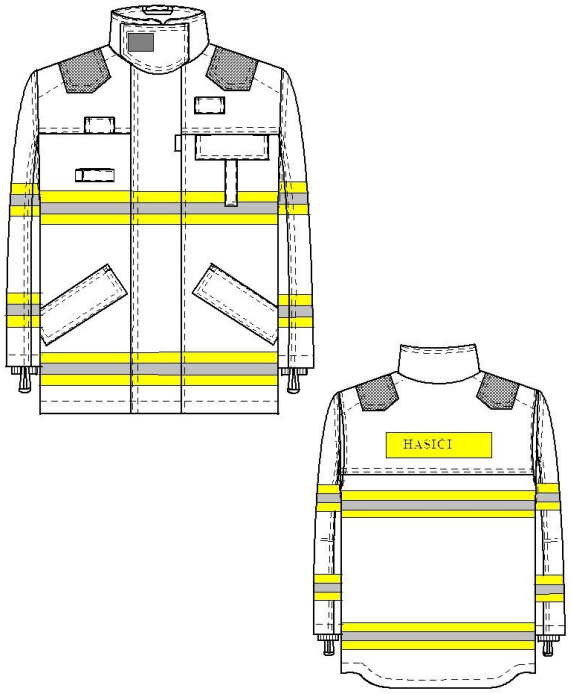
Obr. 3:Vystavení prototypu obleku testu v extrémních podmínkách

Druhou a neméně důležitou součástí výzkumu je návrh funkčnosti celého systému, včetně databáze a čtecích zařízení. Zde je v praxi ověřován kombinovaný způsob fixních a mobilních čteček.

Na východu z výstrojního skladu bude umístěn rámový anténní systém, který umožňuje přečtení najednou všech součásti výstroje a výzbroje procházejícího hasiče. Tímto způsobem bude jednoduše zkontrolováno vše, co má hasič na sobě. V případě nalezení nezkontrolovaného dílu či dílu s neopravenou závadou je již zde hasič zastaven a vyzván k nápravě.

Stejný způsob by bylo ideální použít i při odchodu hasiče z hasičského vozu přímo na zásah. To se ovšem jeví jako složité, proto je v praxi ověřováno použití mobilní čtečky, kterou velitel zásahu oskenuje každého záchranáře a zkontroluje tak seznam jeho výzbroje a výstroje.

Při ukončení zásahu bude proveden stejný úkon, aby byl zaznamenán skutečný čas nasazení výstroje a výzbroje v akci. Životnost každého dílu je rozdílná a pro bezpečnost hasičů je velmi důležité sledovat počet použití. Ačkoliv se může jevit příslušná součást zběžným pohledem jako bezvadná, vnitřní struktura může být poškozena a při dalším zásahu se může projevit v nejnevhodnější chvíli.

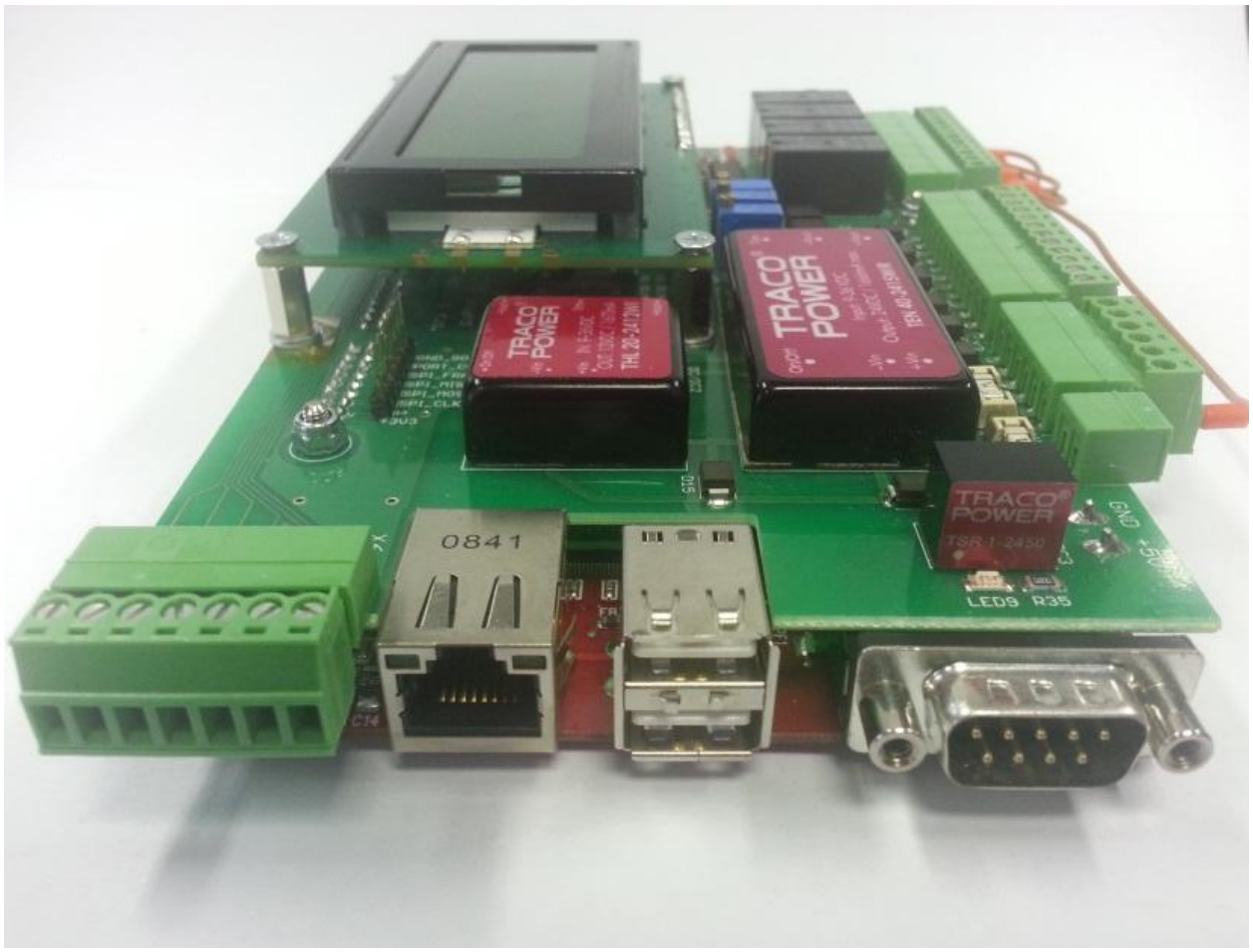


Obr. 4: Prototyp oděvu - horní díl (bunda)

4. HW VYBAVENÍ PRO ČTENÍ RFID TAGŮ

Pro správnou funkci navrhovaného systému je zapotřebí nejen korektně vytvořeného softwarového řešení, ale i spolupráce vhodných technických prostředků. Kromě řešení vhodného pro běžné použití na hasičské stanici bez extrémních požadavků na odolnost či konektivitu vyvíjíme také hardwarový systém schopný veškeré funkcionality a to i v prostředí zásahových dopravních prostředků.

Samotné čtení RFID tagů bude prováděno průmyslovou čtečkou s regulovatelným výkonem, speciálně upravenými anténami a odolným průmyslovým PC (obr. 5). Data přicházející ze čtečky jsou následně zpracovávána za pomoci programového vybavení průmyslového PC s vysokou odolností. Po příjezdu na stanici mohou být získaná a zpracovaná data automaticky přenesena přes WiFi síť na centrální server. Chceme však, aby byl systém v případě potřeby připraven také na zaznamenání GPS souřadnic zařízení i přenos získávaných dat online přes GSM síť v reálném čase.



Obr. 5: Právě vyvíjené průmyslové PC využitelné v systému SmartCar HZS

ZÁVĚR

Díky použití RFID technologie bude významně zvýšena bezpečnost zasahujících hasičů spolu s efektivitou nakládání s veřejnými prostředky. Pokud se tento systém osvědčí, bude možné ho v obměněné podobě používat i v jiných oblastech - u bezpečnostních složek, báňské záchranné služby, ve zdravotnictví, v letectví a dalších. Podrobné informace o funkci celého systému rádi zveřejníme po ukončení ochrany výsledků projektu, které bylo jedním z důvodů, proč jsme zatím nezabíhali do podrobností.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt TA02010698 - Vývoj systému identifikace, evidence a kontroly ochranných pracovních pomůcek HZS ČR pomocí RFID technologie je řešen s podporou Technologické agentury České republiky.

LITERATURA:

[1] DOBKIN, Daniel Mark. The RF in RFID: passive UHF RFID in practise. Burlington: Newnes, 2008, 493 s. ISBN 978-0-7506-8209-1.

[2] Testing a Novel Firefighter Location System Using Near-Field Electromagnetic Ranging. SCHANTZ, Hans G., Michael Jason MEARES, Stephen WERNER, John UNDEN, Clark DE LLA SILVA a Jason KANG. The Q-Track Corporation [online]. 2010 [cit. 2012-07-01]. Dostupné z: http://www.q-track.com/Files/files/Schantz%20-%20FLARE%20Testing%20_Preprint_.pdf

ONLINE FSE KNOWLEDGE BASE WITH INTERACTIVE HAZARD ANALYSIS

PIOTR TOFILO[1], MAREK KONECKI[1], JERZY GALAJ[1], MARCIN CISEK[1]

Abstract

The paper discusses a new concept of an online knowledge-base platform that also includes an interactive calculation system for fire hazard and risk analysis in buildings. The creation of such a platform was inspired by the needs of Polish communities of fire protection designers and other specialists like architects and verification authorities for a clear and easily accessible source of knowledge, guidance and simple calculation tools. The main goal of the platform and calculation system is to provide good reference for fire hazard analysis, database of experimental and material data and simple and quick to use calculation tools. Those tools allow fire engineers and specialists representing fields other than fire engineering to make a quick initial assessment of a trial fire safety design for a particular building using both deterministic and probabilistic approach. The fire engineering platform is also aimed at propagation of knowledge and fire safety engineering education among various communities participating in building design process and as such is considered to be a relatively novel approach to fire engineering design, verification and education. After initial stage the knowledge base and tools may be further developed as needed in order to support and improve the national design and construction process for fire safety engineering. The system currently offers the following parametric modules: the geometry of the compartments, the fire size, fire plume, smoke generation, detection, ventilation, evacuation, fire brigade intervention, structure, acceptance criteria, probabilistic risk assessment and sensitivity analysis.

Keywords *— risk assessment, performance-based design, smoke management, compartment fires, egress, sensitivity analysis, structural response, fire brigade intervention*

INTRODUCTION

Fire safety engineering is a fascinating but very broad, holistic and detailed discipline and at the same time it interfaces with other disciplines related to built environment. Understanding and interpretation of its philosophy and applying its principles and methods often causes lots of confusion and misunderstandings among interested parties and stakeholders. Promoting fire engineering and propagating the knowledge is a challenging task, and at the same time there is a big need for better understanding and communication between other disciplines, higher standards of analyses performed by engineers and better verification capabilities of authorities having jurisdiction. The idea of this project was to provide an easy to access cross-referenced knowledge base that comes together with an interactive hazard analysis system. The interactive aspect of the hazard analysis means that the user can change and adjust key assumptions and parameters manually or by using database and observe the immediate effect of those changes on results of the analysis in real time. This is aimed at creating better understanding of how various factors affecting the result of analysis are interconnected and what is the magnitude of this effect, which is considered to be one of most important skills in the field. Both of main platform elements i.e. knowledge base and hazard analysis have a potential of enhancing understanding, widening access to information and initiate all sorts of activities and undertakings that will bring even more trust and elevate fire engineering as a credible discipline. The communities that are particularly targeted by this project are:

1. Fire engineering students and specialists from other fields (e.g. architects). These groups are assumed to be least knowledgeable and experienced and they are expected to use the platform to develop general understanding and obtain information which can be generally classified as education purposes.
2. Professionals seeking guidance on particular area of fire engineering or input data for their modelling. These could mean designers, fire engineers and engineers from other fields who are relatively knowledgeable and experienced.
3. Professionals who would like to perform a quick initial assessment of a trial design and to test various scenarios for the project under consideration. This could mean designers, fire engineers or chartered fire experts.

The main elements of the platform are discussed in the following sections.

KNOWLEDGE BASE

The idea behind the knowledge base is simply to provide an organized, selective and easy to navigate

[1] The Main School of Fire Service, ul. Slowackiego 52/54, 01-677, Warsaw, Poland

resource of knowledge that is considered the most important and up-to-date guidance in the field.

It will contain the following main chapters.

- General principles of building fire safety
- Initiation and development of fires
- Activation of fire protection systems
- Evacuation
- Fire brigade intervention
- Structures in fires
- Fire risk analysis

This part of the platform is also called a fire engineering guide and it resembles in its form some popular existing guidance documents or handbooks, with added benefit of cross-linking the material with hyperlinks which are also used in connection with the hazard analysis module to facilitate understanding of the calculations behind implemented models. This part is not so much innovative as it resembles a Wikipedia in its idea. It is however a first significant attempt in Poland to accumulate knowledge to make it easy to access and easy to expand on the platform. The additional feature of this part include hierarchical problem solving module. This module is intended as a precise guidance to a particular building fire safety or fire engineering issue with a series of questions and answers leading to a solution or final recommendation. For example this method is used to guide the user to the most appropriate fire or egress model for a particular situation defined by the user.

INTERACTIVE HAZARD ANALYSIS

In general the concept of the interactive hazard analysis consist in a relatively novel way of coming up with analytical results for a design project using models without the need of waiting and collating results as these are produced in real time in response to adjustments of key parameters made by the user. This allows for a quick and very educating interaction with models which differs from many existing programs where user has to spend significant amount of time on preparing results for analysis and therefore very often is unable to check multiple scenarios and loses opportunity to develop better understanding of the complexity and interconnections between input and output. The structure of the hazard analysis module is presented as a diagram in Figure 1. The components of the hazard analysis module are discussed below.

Zone model

The employed zone fire model is a new simple model that was developed just for the purpose of this project. It is capable of calculating scenarios involving a fire in maximum two compartments with typical options like detection, activation of fire protection systems and openings, fuels and wall materials and smoke ventilation. The maximum number of compartments was selected to represent the most typical number of compartments in real life scenarios without becoming overly complex. The purpose of this project was not to replicate any of the existing complex models but to create a simplified models that could give overall view on the model philosophy and provide approximated results while being fast enough to work in an interactive mode and in collaboration with probabilistic analysis module. It is important to emphasize that a necessary requirement for such a model is to produce credible results at least similar to results generated by most popular and complex model like CFAST that is also well validated. In this project both goals related to performance and predictive capabilities have been achieved to large extent. A simple diagram of the zone model including its main parameters is presented in Figure 3.

Evacuation model

The evacuation model is again a simple egress model including just the compartment with a potential for developing a hot smoke layer affecting the evacuation plus a number of adjoining compartments with escape routes passing through the compartment of concern. The interesting part of this model is that despite being a relatively simple model it incorporates the distribution of pre-movement times that can be specified manually or using occupancy profiles along with the corresponding times from PD 7974-6 [13]. This feature allows for obtaining relatively well approximated histories of occupants present in the compartment of concern, having characteristics similar to agent-based models. The employed pre-movement distribution is triangular with variable peak location. Peak location is still poorly researched and was included in the model to study its impact as an uncertain parameter. The time of arrival of each person at the room exit door is calculated for each occupant individually with the assumption that there was nothing that could slow down the movement of that person (narrow passages, local densities affecting speed etc.). The flow through the door is limited by maximum flow rate related to the exit widths and higher arrival rates result in accumulation of queuing occupants. This approach has obvious weaknesses for some building configurations but at the same time it is able to produce relatively good door flow curves that clearly distinguish flows governed by the exit width from flows governed by pre-movement as shown on Fig. 2.

Structural response model

A simple structural model is currently limited to protected and unprotected steel beams. The user can adjust the steel profile (manually or from database), mode of exposure (3-4 sides), type of protection (profile / case), type of insulating material (manually or from database) and its thickness. For thermal exposure a temperature curve from the zone model is used, however for reference and comparisons the user can also use other temperature curves (standard, parametric etc.). The model generates steel temperature history and predicts the time of critical temperature related to the steel profile usage ratio.

Database

It is another feature that facilitates analysis by providing access to various types of data like design fires, fuels, solid materials and fire stations that can be used and changed interactively by the user who can observe the effect of an alternative design fire, fuel or wall material used in a model. This also provides a way of standardizing data sources and imposing certain data that the authorities having jurisdiction are comfortable with (e.g. car fire curve).

Intervention module

This module facilitates estimates of fire brigade intervention. User specifies various time components summing up to a total intervention time (notification, dispatching, travel and preparation for entry). The fire brigade travel time can be specified manually or obtained by specifying address or coordinates of the building under consideration, in which case the travel time is automatically obtained from any internet map service.

Acceptance Criteria

This module involves selection of acceptance criteria determining ASET. Available criteria include layer height, temperature at given layer height, visibility of reflective and emitting signs at given height and simplified toxicity. The user can select one or several acceptance / tenability criteria.

Probabilistic analysis and sensitivity module

This module is designed to allow for multi scenario analysis using Monte Carlo method and to produce distributions of key variables like RSET, ASET, detection, alarming and intervention times and fire resistance periods for steel beams. It can also produce distributions related to occupant exposure e.g. exposed occupants as number and percent of population and the time of maximum exposure. Last group of available distributions is related to intervention conditions e.g. heat release at intervention, hot layer temperature and steel temperature. Distributions can be plotted as normal or as cumulative or as histograms. The user is responsible for selecting the uncertain parameters and specifying the normal or uniform distribution of these parameters. This module also allows sensitivity studies. The user can select the output parameter and observe which input parameters and to what extent affect this output parameter. Other parameters still considered to be included in the probabilistic analysis are: reliability of fire protection systems, exit blockages by fire, probability of ignition.

The probabilistic analysis module in its concept and philosophy resembles some features of existing software packages and risk analysis frameworks like CRISP [9], FIRECAM [5], FIERAsystem [4], LUND QRA [6], CESARE-RISK [8]. Risk analysis methods employed in these packages were discussed and compared by Hadjisophocleous [2]. All of the abovementioned packages use interesting approaches to fire risk analysis and they are quite complex and advanced in the way they calculate and express risk Their common problem however is that they are not easy to obtain and they do not seem to be maintained on regular basis. In some cases it is because authors consider them as internal research tools. Apparently they have never become commonly used packages. Much wider access is offered to two other packages: Probabilistic Fire Simulator [7] and most recent - B-Risk [12] which are freely available and actively updated. In comparison with these packages, the whole fire safety and risk analysis module discussed in this paper is oriented on less experienced professionals with the aim to provide them with quick estimates and probabilistic representation of analysed problems.

Before the use of Monte Carlo method, a simpler method was considered for faster calculations. This method was based on assumption that a resulting ASET or RSET distribution can be obtained by taking into account extreme scenarios i.e. minimum and maximum that can be reasonably predicted by examining input parameters or by performing simulation for all combinations of extreme values of input parameters. Having minimum and maximum values of RSET and ASET the mean value and standard deviation can be calculated assuming that the minimum and maximum values represent about 3 times the standard deviation. After that a bivariate Beta [11] method can be used to obtain probability of egress success i.e. RSET<ASET. This method may be facilitated by using a curve representing egress success as a function of the ratio defined as difference between mean values of RSET and ASET divided by root from the sum of squared standard deviations. This

kind of curve can be used to quickly assess the probability of egress success/failure. The simple method presented above has some weaknesses mainly its dependence on normal distributions and limited information on exposed occupants and and exposure and therefore the Monte Carlo method was preferred in the model, however it seems it can still be a good method to use for cases where only a limited number of extreme scenarios can be computed e.g. in case of CFD analyses where it can provide information on probability of egress failure or assist in establishing appropriate safety margins. This of course assuming that ASET and RSET are normally distributed, which potentially is not always the case.

Reporting module

This module is intended to facilitate automated generation of a PDF report containing all the assumptions, input data, acceptance/tenability criteria and probabilistic analysis results. The report can be saved on local machine or sent to a given email address. It is considered as a feature that can facilitate collaboration and communication between engineers and verifying bodies in simple projects. The addition of probabilistic analysis results may demonstrate that the engineer applied proper safety margins and the probability of egress failure is acceptable (which level of probability can be considered acceptable is still not specified by any standards or regulations).

Other features

Additional features include output data to spreadsheet, one-click comparison of model predictions with CFAST and smoke control standards (NFPA 92, NFPA 240, BS 7346) and user forum intended as a method of obtaining feedback from users, which can be used as guidance as to which direction the platform should be developed towards. The snapshots from the desktop prototype of the hazard analysis module are presented in Figures 6,7 and 8.

SUMMARY

A concept of a new online knowledge base with hazard analysis modules implemented in a desktop prototype package was discussed. This project is being developed as an attempt to propagate knowledge on fire engineering among various professional communities and students. The strong emphasis in this project is placed on quick and easy access to knowledge, guidance, data and interactive use of models. These objectives are considered important to achieve wider understanding of fire engineering philosophy and methods in order to facilitate interaction between various fields of professionals and attract students to this discipline. There are numerous advantages of the proposed approach, most of them are educational e.g. full fire scenario analysis, interactive use of models, probabilistic analysis, dynamic connection of models with the knowledge base using hyperlinks, simplified comparisons of results with other models and standards. Other aspects and features are like free online access, easy use on any platform, simple updates and expansion, connection with database and standardized reporting are also considered valuable and potentially useful for propagating knowledge and expanding use of fire engineering methods. Some problems appear for a wider application of probabilistic part of the platform as there is no guidance available regarding uncertainties and distributions of input data (e.g. mean value and standard deviation for alpha parameter for popular classes of fires like slow, medium, fast, very fast) and acceptance criteria in terms of risk. This need should be addressed to facilitate probabilistic approach in fire safety engineering.

REFERENCES

[1] Richard D. Peacock, R.D, Forney, G.P, Reneke, P.A., "CFAST Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Technical Reference Guide", NIST Special Publication 1026r1 October 2011

[2] Hadjisophocleous, G.V. , Fu, Z., "Literature Review Of Fire Risk Assessment Methodologies", International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, Volume 6, Number 1, p.28-45, 2004

[3] Risk-based fire resistance requirements. Final Report, EUR 21443EN, 2005

[4] Bénichou, N., Hum, J., Jabashvili, D., Kashef, A., Neale, A.; Reid, I., "FIERAsystem User's Manual", NRCC-46115

[5] Yung, D.T., Bénichou, N., Dutcher, C., Su, W., Soeharjono, G. "FIRECAM FiRECAM Version 1.6.1 - User's Manual ",NRCC-45567

[6] Frantzich, H.,"Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering", PhD Thesis, Lund University, 1998

[7] Simo Hostikka, S., Keski-Rahkonen, O., Korhonen, T., "Probabilistic Fire Simulator - Theory and User's Manual for Version 1.2, VTT PUBLICATIONS 503, 2003

[8] Zhao, L. and Beck, V.R., 1997. The Definition Of Scenarios For The Cesare-risk Model. Fire Safety Science 5: 655-666

[9] Fraser-Mitchell, J.N., 1994. An Object-oriented Simulation (Crisp II) For Fire Risk Assessment. Fire Safety Science 4: 793-804

[10] Hasofer, A.M., Beck, V.R., Bennetts, I.D. ,"Risk Analysis in Building Fire Safety Engineering", Elsevier 2007

[11] PD 7974-7:2003, " Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment", British Standards, June 2003

[12] Wade, C., Baker, G., Frank, K., Robbins, A., Harrison, R., Spearpoint, M., Flaichmann, C., "B-RISK User Guide and Technical Manual", Study Report, Branz SR 282, 2013

[13] PD 7974-6:2003, "The application of fire safety engineering priciples to fire safety design of buildings. Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition", British Standards, July 2004

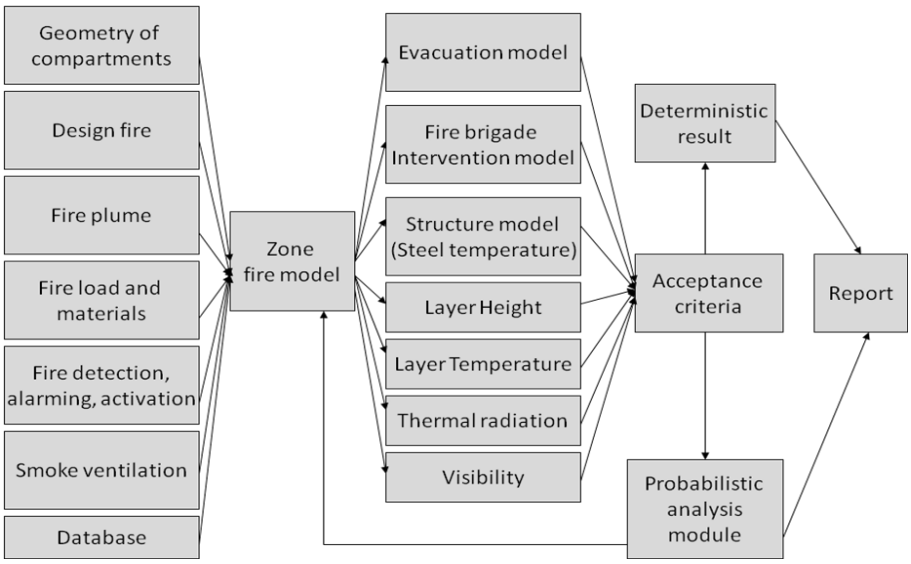


Fig. 1: Hazard analysis modules implemented in the platform

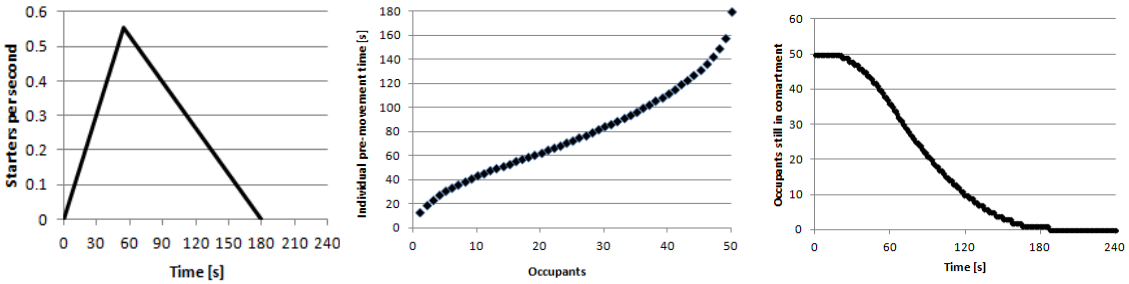


Fig 2: Evacuation model: a) pre-movement time distribution as input b) individual pre-movement times calculated from the given distribution c) egress history in a model

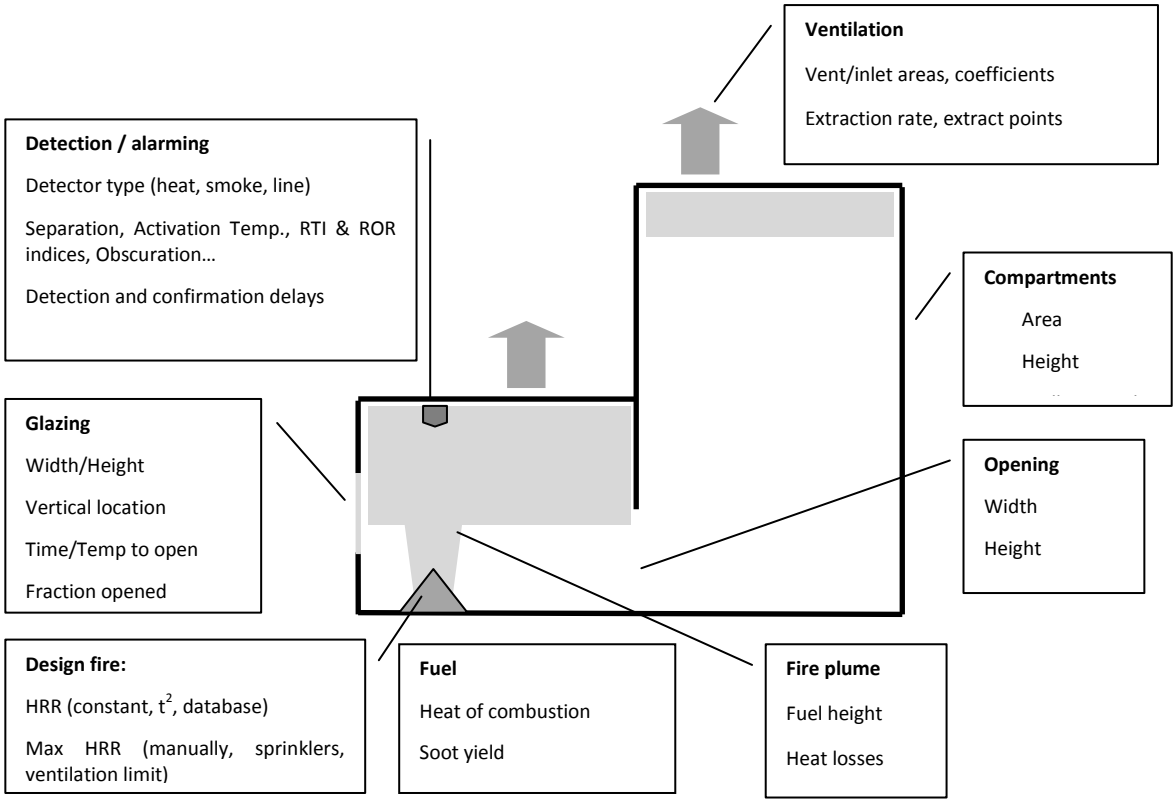


Fig 3:. Zone model with key parameters adjusted interactively

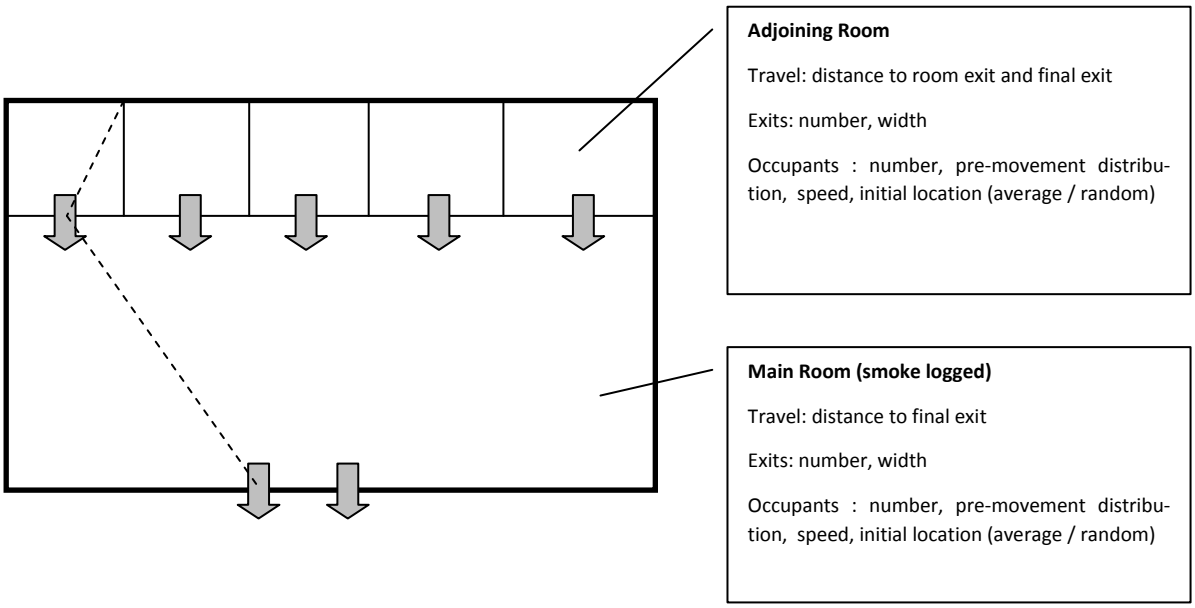


Fig 4: Evacuation model with key parameters adjusted interactively

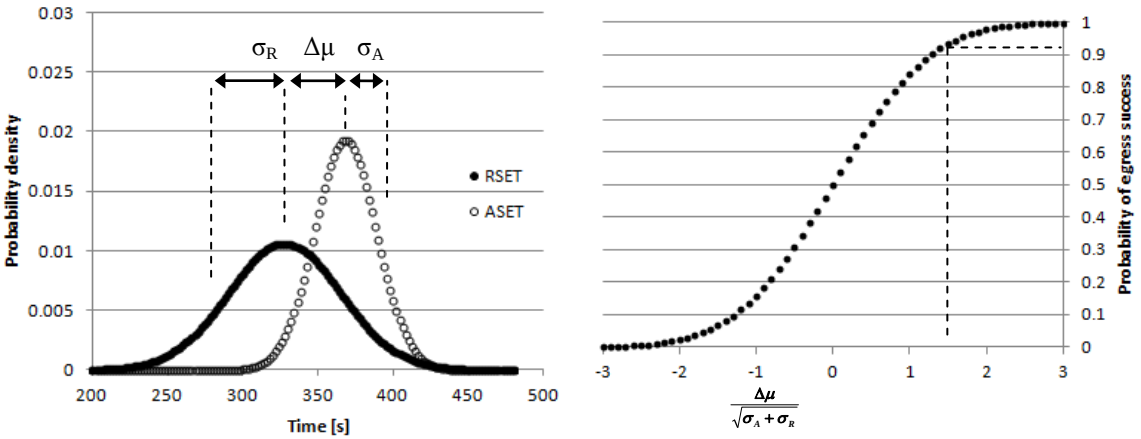


Fig 5: RSET/ASET distributions and a curve for a simple assessment of the probability of egress success

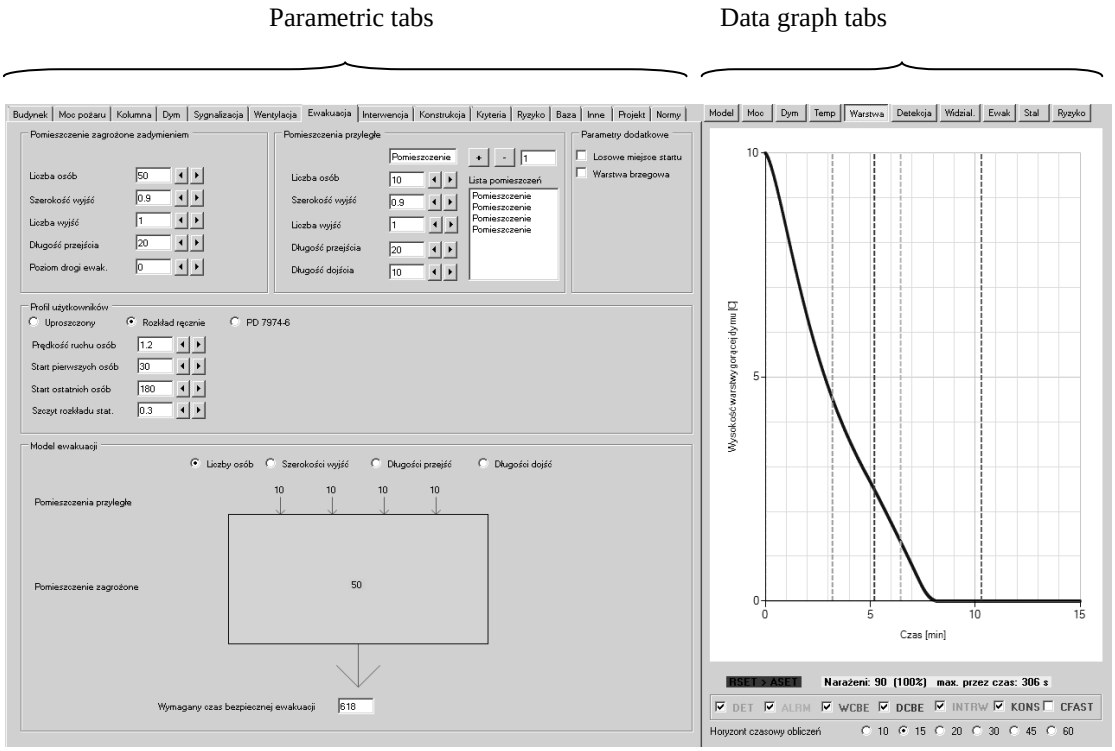


Figure 6. The prototype desktop version of the hazard analysis module

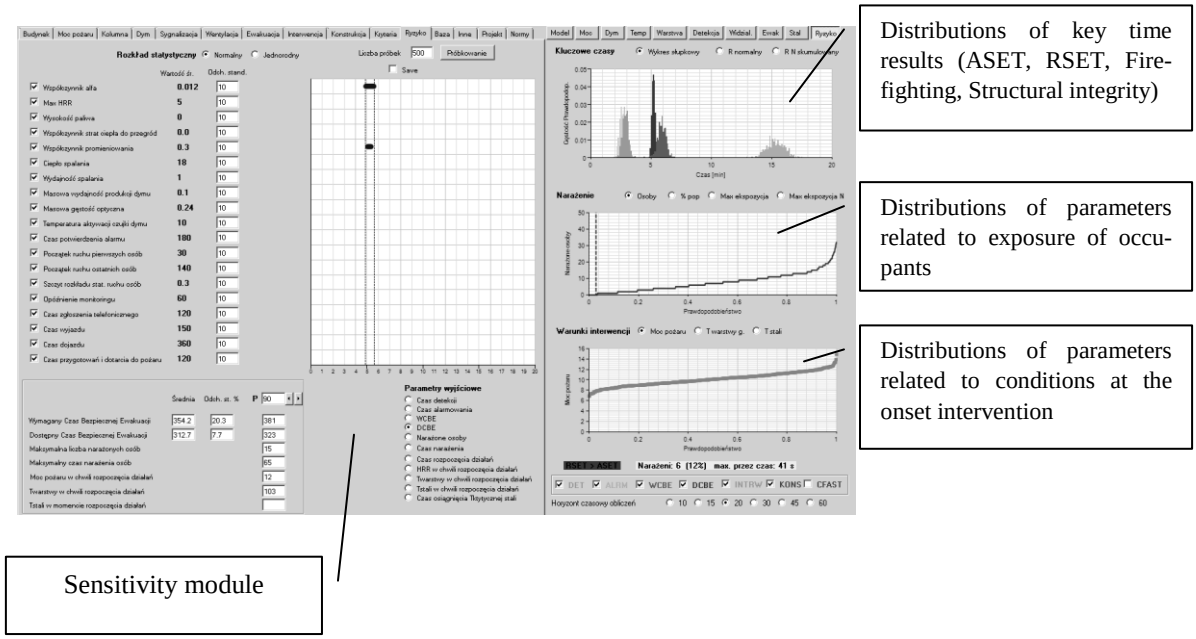


Fig 7: The probabilistic analysis module

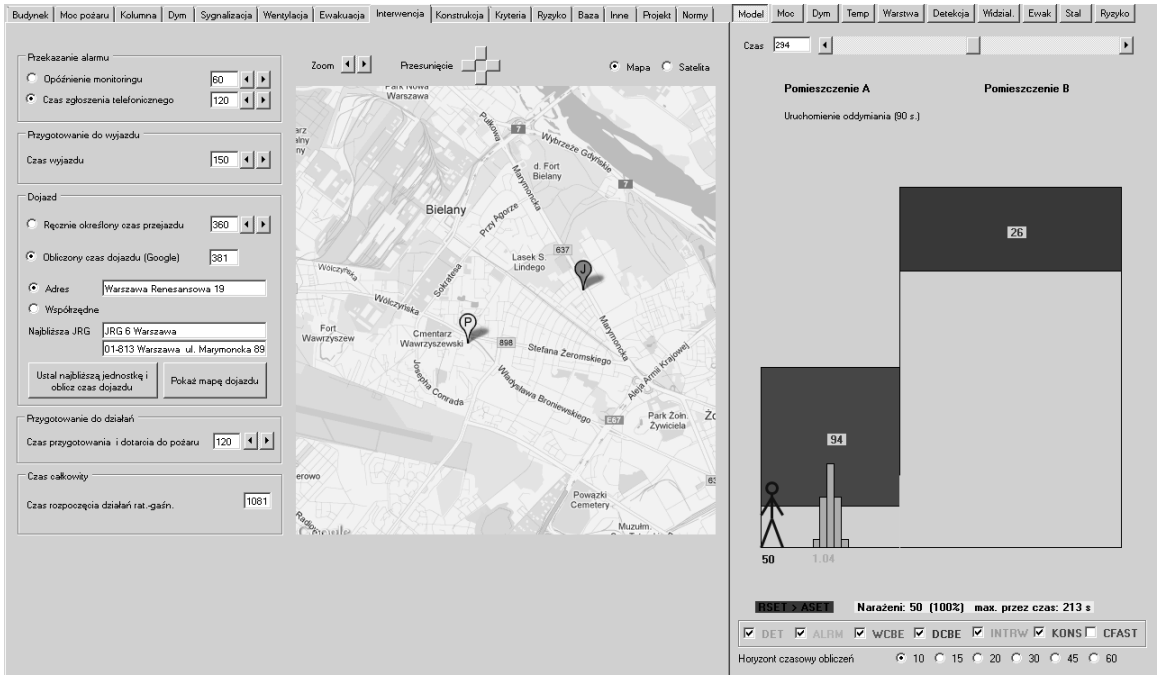


Fig 8:. Fire brigade intervention tab and simple zone model preview tab

PRODUKTY TERMICKEJ DEGRADÁCIE POLYURETÁNOVÝCH PIEN

VERONIKA VEĽKOVÁ [1],BORIS BINEK[2]

Abstract *— Polyurethane foams are widely used in many industries: automotive, upholstered furniture and mattresses, insulation panels for buildings, etc. Their use is useful in applications where a mechanical wear of technical parts occurs in dry conditions at normal temperatures. When used at elevated temperatures above 60-80 ˚ C is required in the manufacture of additives used as flame retardants. Polyurethane is extremely flammable and flammability of polyurethane foams is an important issue. Retardant polyurethane foam is a high risk, especially for residents as well as firefighters. When we burn fossil fuels creates a lot of toxic products such as carbon monoxide and hydrogen cyanide. Any such toxic substance is dangerous to the human body. A mixture of these products has toxicological synergistic effect on humans. Carbon monoxide prevents oxygenation of the blood and prevents hydrogen cyanide, used oxygen to tissues. Meaning of the polyurethane foams in terms of thermal decomposition, understanding the processes occurring during heat stress, as well as parameter affecting the thermal stability are essential for efficient design of polyurethane foams.*

Keywords *— polyurethane foam; thermal stability; toxic products;*

Abstrakt *— Polyuretánové peny sú široko používané v mnohých priemyselných odvetviach: automobilový priemysel, čalúneného nábytku a matracov, izolačné panely pre stavebníctvo, atď. Ich použitie je vhodné pri aplikáciách, kde dochádza k mechanickému opotrebovaniu technických dielov v suchom prostredí a pri bežných teplotách. Ak sa používajú pri zvýšených teplotách nad 60 – 80 ˚C, je potrebné pri ich výrobe použiť prísady ako retardéry horenia. Polyuretán je veľmi horľavý a horľavosť polyuretánových pien je dôležitým problémom. Horenie polyuretánových pien predstavuje vysoké riziko, najmä pre obyvateľov ako aj pre hasičov. Pri ich horení vzniká množstvo toxických produktov ako sú napríklad oxid uhoľnatý a kyanovodík. Každá takáto toxická látka je pre ľudský organizmus nebezpečná. Zmes týchto toxikologických produktov má synergický účinok na človeka. Oxid uhoľnatý zamedzuje okysličovanie krvi a kyanovodík znemožňuje, aby tkanivá využívali kyslík. Význam štúdia polyuretánových pien z hľadiska termického rozkladu, pochopenie procesov prebiehajúcich pri tepelnom namáhaní, ako aj parametere, ktoré ovplyvňujú tepelnú stabilitu, sú nevyhnutné pre efektívne navrhovanie polyuretánových pien.*

Kľúčové slová *— polyuretánova pena; tepelná stabilita; toxické produkty;*

ÚVOD

Polyuretány sú jedným z najvšestrannejších plastov. Patria do rozsiahlej skupiny polyesteramidov, teda polymérov, ktoré sú z chemického hľadiska kombináciou polyesterov a polyamidov. Ich vývoj začal začiatkom druhej svetovej vojny, bol prvýkrát vyvinutý ako náhrada za gumu. V polovici 50. rokov sa začali používať v nábytkárskom a automobilovom priemysle. Polyuretány dosiahli počas krátkej doby svojho vývoja rozsiahle použitie nielen ako pružné a pevné peny a vlákna, ale tiež v oblasti elastomérov, poromérov (syntetických koží), tekutých živíc, lepidiel, náterových hmôt, dokonca sa začínajú uplatňovať aj ako materiál pre výrobu pneumatík. Vyskytujú sa v každej domácnosti ako bytový textil, ktorý vo viacerých prípadoch je príčinou vzniku požiaru v domácnosti. Pri horení vznikajú toxické splodiny horenia, čo môže mať za následok pri nadýchnutí zdravotné problémy alebo spôsobiť smrť. V dôsledku toho je výskum a vývoj polyuretánových pien dôležitý.

[1] Veronika Veľková , Ing., PhD.,, Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96053 Zvolen, veronika.velkova@tuzvo.sk

[2] Boris Binek , Ing., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96053 Zvolen, binek.tuzvo@gmail.com

1. POLYURETÁNY

Pod pojmom polyuretány rozumieme triedu polymérov, ktorá je unikátna v šírke palety dosiahnuteľných vlastností a tiež ich aplikácií. Vznikajú reakciami viacfunkčných izokyanátov a polyalkoholov. Reakciou izokyanátov s alkoholmi vznikajú uretány – estery kyseliny karbamovej.



Obr. 1 : Detail štruktúry bunky PUR peny [1]

Polyuretány obsahujú v hlavných makromolekulárnych reťazcoch skupiny

$$-\mathrm{O}-\mathrm{CO}-\mathrm{NH}-.$$

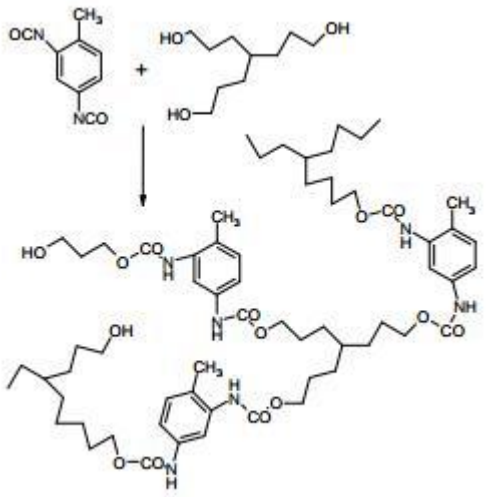
Základnými surovinami pre prípravu polyuretánov sú polyizokyanáty, polyoly, extendery (predlžovače reťazcov – chain extenders) a katalyzátory. Prídavné látky sú aktivátory, stabilizátory, farbivá, nadúvadlá a modifikátory horenia. Jeden z najžiadanejších atribútov polyuretánov je ich schopnosť premieňať sa na penu pôsobením tzv. nadúvadiel. [2]

1.1 Výroba polyuretánových (PUR) pien

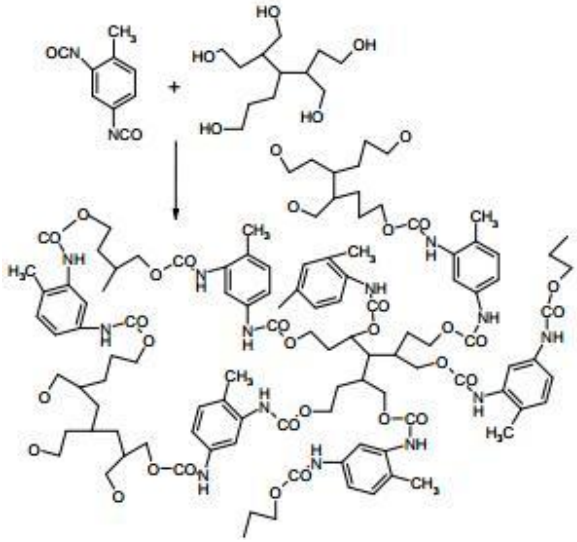
Výroba je založená na reakcii izokyanátov s alkoholovou skupinou (polyoly) niektorých polyesterov alebo polyéterov. Reakcia prebieha v prítomnosti katalyzátora, nadúvadla a vody. Najväčším rizikom pri výrobe polyuretánov je epozícia izokyanátom. Tieto zlúčeniny môžu spôsobiť vážne popáleniny očí a kože, senzibilizácia dýchacích ciest je sprevádzaná kašľom a dýchavicou. Reziduálne izokyanáty sa môžu uvoľňovať aj z finalných výrobkov. Polyuretánová pena vzniká reakciou dvoch alkoholových skupín: izokyanátov a polyolov. Používané izokyanáty sú obvykle zlúčeninami dusíka, toluénu, vodíka a formaldehydu. Polyoly sú zlúčeniny v rôznej forme pre rôzne typy pien: elastomery pre ťahané vlákna, estery a močoviny pre peny a povlaky. Proces výroby polyuretánovej peny prebieha nasledovne:

- Surové prísady sú uskladnené v nehrdzavejúcich kanistroch, kde sú premiešavané, aby ostali tekuté. Ich teplota je udržiavaná na hodnote, pri ktorej sú schopné spolu chemicky reagovať,
- Materiály sú pumpované do potrubí, kde spolu začnú chemicky reagovať. Predtým, ako sa táto zmes dostane k zmiešavacej hlavici, polyuretán je už vyrobený,
- Kým sa začne polyuretán dávkovať na dopravný pás, je doňho v zmiešavacej hlavici pridávaný oxid uhličitý, ktorý stabilizuje jeho expandovanie. [1]

Vyrábajú sa mäkké a tvrdé peny.



Obr. 2: Reakcia tvorby mäkkej peny [3]



Obr. 3: Reakcia tvorby pevnej peny [3]

1.2 Využitie polyuretánových (PUR) pien

Tento materiál sa vyznačuje mimoriadnymi tepelno-izolačnými vlastnosťami, veľkou tepelnou odolnosťou, výbornou mechanickou pevnosťou, vynikajúcou súdržnosťou s inými materiálmi, ľahkosťou, pružnosťou, ľahkou spracovateľnosťou a pod. Používajú sa ako flexibilné a pevné peny. [4]

Pružná pena sa používa v nábytkárskom priemysle vo forme výplňového materiálu na sedací nábytok ako aj na sedadlá v automobilovom priemysle.

Pevná pena sa používa v stavebníctve ako izolačný materiál.

Vyznačujú sa širokou škálou rôznych vlastností. Základnými však sú extrémna odolnosť voči oderu, dobrá adhézia k veľkému počtu materiálov vrátane kovových a polymérnych a stálosť v prostredí vody a zriedených vodných roztokov kyselín a zásad. [5]

2. HORĽAVOSŤ PUR PIEN

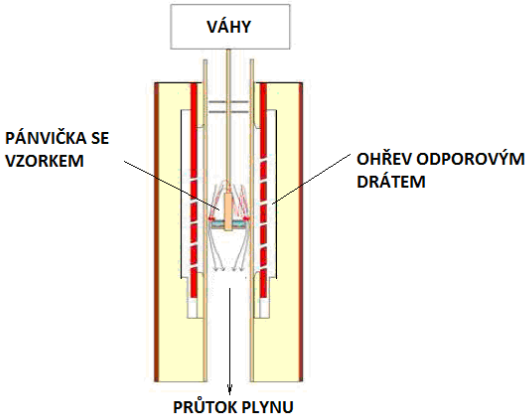
Horľavosť pružných polyuretánových pien je silne závislá od chemických a fyzikálnych vlastností peny ako aj od hustoty a pórovitosti. Hustota peny je najdôležitejšia vlastnosť, pretože čím menšia hustota peny, tým je rýchlejšie šírenie plameňa. Pórovitosť mäkkej penovej hmoty sa meria ako jej odpor voči priechodu konštantného prúdu vzduchu. Pórovitosť peny vedie k premenlivým požiarnym vlastnostiam peny. [6,7]

PUR pena sa pri kontakte s teplom rozpúšťa a kvapká. Takáto pena urýchľuje horenie až o 300%, pričom vytvára hustý nebezpečný dym. Horľavosť PUR pien súvisí so štruktúrou stavebnej jednotky vytvárajúcej polyuretán. Správanie sa polyuretánu v ohni je úzko spojené s jeho degradáciou, a v dôsledku toho sa vykonávajú štúdiá tepelnej stability na degradáciu polyuretánových materiálov. [8]

2.1 Tepelná degradácia PUR pien

Požiarne nebezpečným sa stáva PUR už pri teplotách nad 100°C. Pri teplotách 200-300°C PUR degraduje za vzniku prchavého žltého dymu, pričom zostáva pevný polyolový zvyšok. V uvedenej oblasti teplôt degradujú polyoly v prevažnej miere na uhľovodíky a ich oxidačné produkty. PUR mäkká pena (napr. molitan) sa pri tom mení na tekutinu podobnú fermeži. Pri vysokých teplotách 800-1000°C sú rozkladané produkty polyolov jednoduchšie ako pri stredných teplotách a sú tvorené prevažne uhľovodíkmi. Pri vysokých teplotách dochádza i k rozkladu žltého dymu za tvorby dusíkatých nízkomolekulových zlúčenín. Pri 800°C sa žltý dym rozkladá za vzniku kyanovodíku, acetonitrilu, akrylonitrilu, pyridinu a ďalších zlúčenín. Podiel HCN a acetonitrilu rastie úmerne so stúpajúcou teplotou. Pri teplote okolo 1000°C prechádza cca 70 % dusíku obsiahnutého v PUR na HCN. Teplotná závislosť tvorby dusíkatých zlúčenín ukazuje, že pri rozklade PUR pri teplotách nad 1000°C sa môže prakticky všetok dusík obsiahnutý v polyméri uvoľniť vo forme HCN (z celkového množstva degradačných produktov sú to 2 až 4 %). [9]

Tepelný rozklad PUR pien je významným javom, ako skúmanie degradačných procesov umožňuje stanovenie optimálnych podmienok pre navrhovanie a spracovanie PUR pien, rovnako ako získanie polyuretánu so zlepšenou tepelnou stabilitou. Tepelný rozklad je komplexný heterogénny proces a skladá sa z niekoľkých čiastočných degradačných reakcií. Degradácia nastáva pri termogravimetrickej analýze (TGA) v dôsledku mnohých fyzikálnych a chemických javov. TGA umožňuje analýzu degradačnej reakcie vzorky pri rôznych prostrediach a vyvodiť záver, pokiaľ ide o jej životnosť a odolnosť.



Obr.4: Princíp TGA analýzy [10]

Tepelná stabilita materiálu je definovaná ako určitá teplota alebo čas pôsobenia určitej teploty, počas ktorej môže byť materiál použitý bez straty vlastnosti. Skúmanie tepelnej degradácie PUR peny má dva dôležité aspekty. Prvý sa týka stabilizácie PUR peny k získaniu nových materiálov s požadovanou úrovňou tepelnej stability (nehorľavosť), ktorá bude schopná splniť požiadavky požiarnej odolnosti. Druhým cieľom je získať charakteristické údaje tepelného rozkladu na ďalšie štúdium. Zásadné informácie v tejto oblasti sa získavajú z kinetickej a mechanistické štúdie tepelnej degradácii. TGA je cenným nástrojom k lepšiemu pochopeniu princípu degradácie PUR pien.

Pre kompletnú analýzu skúmaných javov je možné použiť plynovú chromatografiu / hmotnostnú spektrometriu (GC/MS). GC/MS je jednoduchá, rýchla, spoľahlivá, citlivá a opakovateľná metóda, široko využívaná k charakterizácii prchavej látky, ktorá vzniká pri tepelnom rozklade PUR peny. Má schopnosť vyhodnotiť relatívne zloženie prchavej látky vzniknutej počas rozkladu v pyrolizére. Určenie rozkladu PUR peny pri rôznych teplotách, časoch a rýchlosti ohrevu poskytuje informácie o mechanizme rozkladu. [11]

2.2 Toxicita PUR pien

Nevýhodou polyuretánov je ich reakcia na oheň triedy E, rýchle dosiahnutie vysokých teplôt, vysoký stupeň zadymenia priestoru a tvorba toxických a horľavých plynov a zlúčenín. Táto vlastnosť polyuretánov sa prejavuje hlavne pri penovom polyuretáne používanom ako zvukovo a tepelnoizolačný

materiál. Použitie rôznych retardérov horenia znižujúcich uvedené nepriaznivé vlastnosti môže vyvolať problém produkcie vlastných toxických plynov. Pri spaľovacích procesoch PUR peny vznikajú najčastejšie oxidy uhlíka (CO, CO_2), voda, oxidy dusíka (N_2O, NO, NO_2) a kyanovodík.

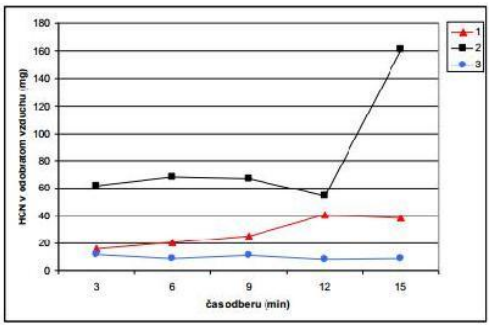
Oxid uhličitý (CO_2), sám o sebe nie je škodlivý pre človeka ani pre živú prírodu. Jeho škodlivosť súvisí so skleníkovým efektom, ktorý vo svojich dôsledkoch vedie k postupnému otepľovaniu zemského povrchu.

Oxid uhoľnatý (CO), vzniká pri nedokonalom spaľovaní všetkých horľavých materiálov ako napr. dreva, textilu a plastov. Reaguje s hemoglobínom za vzniku karboxyhemoglobínu (COHb). Afinita hemoglobínu k oxidu uhoľnatému je viac ako 200-krát vyššia ako ku kyslíku, preto pôsobí už v malých koncentráciách: brzdí až zastavuje oxidačné procesy v organizme

Oxidy dusíka výrazne ovplyvňujú rovnováhu ekosystémov a majú negatívny vplyv na zdravie živých organizmov. Sú schopné zasiahnuť všetky časti dýchacieho aparátu a sú hlavnou príčinou fotochemického smogu a kyslých dažďov.

Kyanovodík (HCN), patrí medzi veľmi významné jedy. Má silno dusivý účinok, nepriaznivo ovplyvňuje vnútorné dýchanie tkanív (cyanóza). Kyanidový ión sa veľmi rýchlo vstrebáva pľúcami (inhalácia), žalúdočnou sliznicou (požitie) i neporušenou pokožkou. Akútna otrava má priebeh silne závislý od množstva vstrebanej látky a často končí smrťou. Ako najmenšia dávka usmrcujúca človeka sa udáva 0,04 g. [5]

Veľková et al [5] hodnotili emisie kyanovodíka z toxického hľadiska významného produktu spaľovania PUR pien. Cieľom experimentu bolo porovnať a sledovať vývoj (nárast/pokles) vzniku HCN pri 3 rôznych vzorkách izolačných materiálov obsahujúcich PUR peny po dobu 15 minút. Množstvo stanoveného HCN sa pohybovalo v rozmedzí od 15 mg po 160 mg v odobratých vzorkách vzduchu. Porovnanie jednotlivých priebehov vývoja HCN pri jednotlivých vzorkách znázorňuje obrázok .



Obr. 5. Časový priebeh vývoja HCN [5]

ZÁVER

Každý deň prichádzame do styku s PUR penami bez toho, aby sme si to uvedomovali. Majú široké uplatnenie v mnohých rôznych priemyselných odvetviach. Polyuretán je veľmi horľavý a horľavosť polyuretánových pien je dôležitým problémom, pričom vznikajú aj toxické plyny, ktoré sa pri požiari miešajú so splodinami horenia, pričom ešte viac ohrozujú nielen unikajúce osoby, ale aj zasahujúcich záchranárov. Význam štúdia termického rozkladu, pochopenie procesov prebiehajúcich pri ich tepelnom namáhaní, ako aj parametre, ktoré ovplyvňujú tepelnú stabilitu, sú nevyhnutné pre efektívne navrhovanie PUR pien.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol za finančnej podpory grantovej agentúry VEGA, grant č. 1/0446/12.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] SEDLÁK, R. 2005, Současný stav v polyuretanových pěnách pro aplikace v čalounění. Stolársky magazín. ISSN 1335-7018, roč. 6, č. 5, s. 10 -11.

[2] MLEZIVA J., ŠŇUPÁREK J., 2000. Polyméry, výroba, štruktúra a použití. Praha: 2000. 537 s. ISBN 80-85920-72-7.

[3] http://www.chtf.stuba.sk/kot/otp/170.pdf

[4] SÍKELOVÁ E., 2009. Hodnotenie spalného tepla PUR pien v závislosti od hustoty. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 91 s.

[5] VEĽKOVÁ V., OSVALD A., LALÍK V., ZACHAR M., 2011. Bezpečnosť využívania stavebných izolačných materiálov, Krízový manažment, Marec 2011, Pp 33-40.

[6] LEFEBVRW J., BASTIN B., LE BARS M., DUGUESNE S., RITTER CH., PALEJA R., POUTCH F., 2004. Flame spread of flexible polyurethane foam: comprehensive study, Polymer Testing, Volume 23, Issue 3, May 2004, Pp 281–290.

[7] KORISTOVÁ E., 2007. Požiarno-technické vlastnosti vybraných čalúnnických materiálov, Zborník referátov, November 2007, Zvolen, s. 24-29.

[8] ALLAN D., DALY J., LIGGAT J.J., 2013. Thermal volatilisation analysis og TDI-based flexible polyurethane foam, Polymer Degradation and Stability, Volume 98, Issue 2, February 2013, Pp 535–541.

[9] GOGA V., 2010. Bunkové telesá – Výroba bunkových telies, Penové materiály II., Roč. 3, č. 7, Júl 2010, s. 12 – 15.

[10] http://www.chempoint.cz/kucerik-1

[11] CHATTOPADHYAY D.K., WEBSTER D.K., 2009. Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes, Progress in Polymer Science, Volume 34, Issue 10, October 2009, Pp 1068–1133.

KONŠTRUKCIA SIMULÁTORA NA MODELOVANIE POŽIARU V UZATVORENOM PRIESTORE

ĽUBICA VRÁBLOVÁ [1], *JANA MÜLLEROVÁ*[2]

Abstract — *This paper focuses on the description of the simulator for assistance which will be carried out experimental modeling of fire in an enclosed space. Described is its special construction and material used.*

Keywords — *modeling fire; fire simulator; fire in an enclosed space;*

Abstrakt — *Príspevok sa zameriava na popis simulátora za pomoci ktorého bude vykonávané experimentálne modelovanie požiaru v uzatvorenom priestore. Popisovaná je jeho stavebná konštrukcia a použitý material.*

Kľúčové slová — *modelovanie požiaru; simulátor požiaru; požiar v uzatvorenom priestore;*

ÚVOD

Vzhľadom na zložitosť javu flashover, požiarne skúšky sú stále hlavným a najdôležitejším nástrojom pri vyšetrovaní požiaru. Veľkorozmerné skúšky poskytujú cenné dáta, avšak sú cenovo veľmi nákladné. Testy v modelovom merítku sú preto lákavou alternatívou. V posledných desaťročiach sa metóda modelovania stala veľmi vyhľadávanou metódou v oblasti požiarnej ochrany, čím pomáha lepšie porozumenie dynamike požiaru v uzatvorenom priestore. Mierka presnosti pri modelovaní musí byť dodržaná, aby následne bolo možné primárne posúdiť vzájomné pôsobenie požiaru s prototypom objektu. Kľúčom k výrobe úspešného modelu v prototype je výber tých závislých premenných, ktorých úloha musí byť vhodne zachytená v modeli s cieľom vytvoriť približné správanie sa požiaru ako v reálnych podmienkach. Príspevok popisuje stavbu konštrukcie ako aj materiálu, ktorý bude použitý pri zostavení mini-simulátora na experimentálne modelovanie požiaru v uzatvorenom priestore so zameraním sa na flashover.

1. POŽIAR V UZATVORENOM PRIESTORE

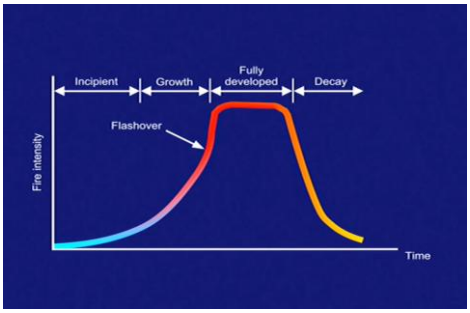
Požiar je nežiaduce horenie. Samotný priebeh požiaru je do značnej miery ovplyvňovaný tým, či sa jedná o požiar v uzatvorenom priestore alebo na voľnom priestranstve. Uzatvorený priestor je potrebné ponímať ako priestor ohraničený stavebnou konštrukciou a priebeh požiaru je v tomto prípade závislý na prítomnosti, veľkosti a rozmiestnení vetracích otvorov (okná, dvere) [1].

Rozvoj požiaru v uzatvorenom priestore je ovplyvňovaný niekoľkými faktormi, ktoré sa týkajú priamo uzatvoreného priestoru.

1) veľkosť a umiestnenie iniciačného zdroja,
2) typ, umiestnenie, veľkosť, množstvo, orientácia a povrchová plocha paliva,
3) geometria uzatvoreného priestoru,
4) veľkosť a umiestnenie vetracích otvorov v priestore,
5) materiálové vlastnosti ohraničujúceho priestoru [2].

Je dostupných množstvo údajov, pokiaľ ide o požiarne techniky, ktoré skúmali správanie sa požiaru v uzatvorenom priestore. Klasický vývoj požiaru vykazuje nasledujúce fázy požiaru [2]:

1) vznik požiaru,
2) rozvoj požiaru,
3) plne rozvinutý požiar,
4) dohorievanie.

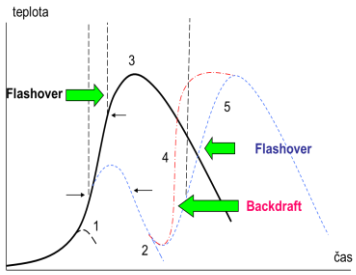


Obr. 1: Časovo teplotná krivka požiaru [2]

[1] Ľubica Vráblová, Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, ŽU v Žiline, ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, lubica.vrablova@fsi.uniza.sk

[2] Jana Müllerová, doc, PhD. Ing,. Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, ŽU v Žiline, ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, jana.mullerová@fsi.uniza.sk

Pre uzatvorený priestor je možné popísať tieto nasledujúce typizované scenáre požiaru, ktoré popisujú krivky rozvoja požiaru [3].:



Obr. 2 : Krivka rozvoja požiaru [3]

1. Požiar sa nerozšíri na ďalšie horľavé materiály a vyhorí len palivo.
2. Podobný prípad môže nastať ak máme nedostatok oxidačného prostriedku.
3. Voľný rozvoj požiaru v uzatvorenom priestore, kde požiar má dostatočnú ventiláciu ako aj množstvo paliva. V tomto prípade nasleduje rozšírenie požiaru na všetky horľavé materiály vo fáze flashoveru.
4. Plamenné horenie môže byť veľmi pomalé prípadne tlenie, ktoré vytvára horľavé plyny obsahujúcich značný podiel nespálených horľavých plynov. Pri privedení oxidačného prostriedku dochádza k Backdraftu.
5. Plamenné horenie môže byť veľmi pomalé prípadne tlenie, kde pri privedení oxidačného prostriedku dochádza k novému rozhoreniu paliva s následným Flashoverom. Požiar v tomto prípade má dostatočnú ventiláciu ako aj množstvo paliva. Nasleduje rozšírenie na ostatný horľavý materiál v danom priestore.
6. Dýchanie požiaru je jav, ktorý je charakteristický pre požiar riadený ventiláciou. Tento jav vzniká v dôsledku poklesu rýchlosti uvoľňovania tepla vplyvom obmedzeného množstva kyslíka [3].

Všetky spomínané fázy (Obr. 2) sa postupne vyvíjajú, majú určitý svoj priebeh ako aj dobu trvania. Jav flashover môže nastať medzi druhou a treťou fázou. Backdraft v priebehu štvrtej fázy.

Výskum sa bude uskutočňovať experimentálnou metódou, pričom bude skúmaný požiar v detaile, vplyv požiaru na vetracie otvory v uzatvorenom priestore.

Experimentálny požiar v tejto štúdií bude vykonávaný v účelovo postavenom mini-simulátore, prostredníctvom ktorého budeme modelovať požiar v uzatvorenom priestore.

2. MINI-SIMULÁTOR POŽIARU V UZATVORENOM PRIESTORE

Mnoho rozsiahlych vedeckých vedeckých výskumov bolo zameraných na modelovanie javu flashover.

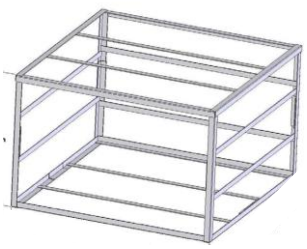
ISO 9705:1993 Room/Corner test je jediná testovacia metóda, ktorá určitým spôsobom rieši flashover. Rozdiel v názve Room/Corner test zdôrazňuje polohu horáku pri tomto teste. Touto metódou je možné získať hodnoty ako je rýchlosť šírenia plameňa, produkcia dymu a produkcia toxických plynov. Štandartná veľkosť uzatvoreného priestoru podľa metódy ISO 9705:1993 je 3,60 m dlhý, 2,4 m široký a vysoký. Táto metóda sa používa v mnohých krajinách pre klasifikáciu povrchových materiálov s charakterom stanovenia požiarnej odolnosti výrobkov [2].

V rámci experiment budeme vychádzať so spomínanje veľkorozmernej metódy, avšak s rozmermi zmenšenými a to 1 m široký, 1,5 m dlhý a 1 m vysoký.

Primárnym cieľom experimentálnej štúdie bude zistiť správanie sa požiaru vo vzťahu k vetraniu a umiestnenia zdroja zapálenia.

2.1 Konštrukčná stavba mini-simulátora

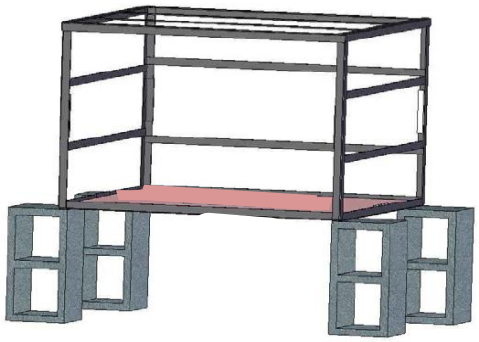
Experimentálny priestor pre štúdiu bude účelovo vyrobený s rozmermi 1,50 m dlhý, 1 m široký a vysoký. Pre výber vhodného materiálu pre zostavenie simulátora bolo žiadúce alternatívne riešenia. K dispozícii je široký prehľad materiálov od rôznych výrobcov. Je však dôležité aby bola dodržaná z časti rovnováha medzi tepelno- fyzikálnymi vlastnosťami materiálov. Pôjde o jedno-zónový priestor, kde otvor bude slúžiť ako hlavné spojenie medzi požiarom v uzatvorenom priestore a vonkajšej okolitej atmosféry. Ako základ simulátora vytvoríme rám z kvalitnej nerezovej ocele tak, aby slúžil ako podpora pre vonkajšie hranice uzatvoreného priestoru. Rám bude zváraný z jednotlivých kusov ocele. Rozmery simulátora sú uvedené na obrázku.



Obr. 3: Schématický náčrt konštrukcie simulátora [5]

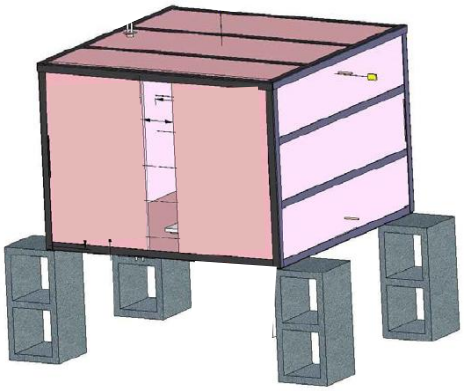
Ako je si možné všimnúť na obrázku 3, v rámci konštrukcie budú vložené tyče v rovine povrchu,

vydelením plochy približne na tretiny. Funkcia tyčí je zabránenie materiálu proti vydutiu, čím by boli spôsobené nezrovnalosti v hrúbke steny.



Obr. 4: Postavenie konštrukcie počas experimentu [5]

Simulátor bude postavený s použitím nehorľavých sadrokartónových dosiek, namontovaných v rámoch konštrukcie (steny, strop, podlaha). Vnútorné steny budú pokryté minerálnou vlnou vo všetkých vykonávaných testoch. Počas testu sa materiál dostane do styku priamo s horúcimi plynmi, a v práve z tohto dôvodu v menšom meradle je potrebné použiť viac tepelno – odolné materiály.



Obr. 4: Konštrukcia mini-simulátora s použitím sadrokartonových dosiek [5]

Cieľom tohto výskumu bude sledovanie dynamiky požiaru, pri rôznych vetracích otvoroch. Z tohto dôvodu, konštrukcia simulátora je navrhnutá tak, aby ju bolo možné využívať počas viacerých exprimentoch. Steny ako aj geometrické rozmery vetracích otvorov bude možné meniť podľa vopred zvoleného scénara požiaru.

ZÁVER

Príspevok pojednáva o možnosti modelovania požiaru prostredníctvom mini-simulátora, kde je možné sledovať požiar v uzatvorenom priestore. Pri správne zvolenej stavbe a použitého materiálu je možné pozorovať jav ako je napr. flashover prípadne backdraft. Je tu však potrebné ako už bolo spomínané dodržať správny výber použitého materiálu s ohľadom na jeho tepelné vlastnosti.

POĎAKOVANIE

Touto cestou sa chcem poďakovať doc. Ing. Jane Müllerovej, PhD. za pomoc a odborné rady pri písaní príspevku.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] BALOG, K., KVARČÁK, M. : *Dynamika požáru*. Ostrav. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999, ISBN 80-86111-44-X

[2] OSVALD, A. a kolektív: *Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarnej ochrany*. Zvolen : Technická univerzita, 2009, ISBN 978-80-228-2039-4

[3] HAVLÍČEK, K.: *Zkoužka vycvikového trenažéru na splaovaní tuhých paliv*: diplomová práca. VŠB-TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2008. 58 s.

[4] HOGGAN, D. 2002. Challenges, Strategies, and Tools for Research Scientists. In *Electronic Journal of Academic and Special Librarianship* [online]. 2002, vol. 3, no. 3 [cit. 2003-01-10]. Dostupné na internete: <http://southernlibrarianship.icaap.org/content/v03n03/Hoggan_d01.htm>. ISSN 1525-321X.

[5] PERRICONE, J.A.: *Scale modeling of the transient behaviou of wood crib fires in enclosures*. Master of sience, Department of fire protection engeering, 2005.

FIRE ENGINEERING AND ITS USE IN PROPERTY PROTECTION AND BUSINESS CONTINUITY

(KEYNOTE)

PETER WILKINSON [1]

Abstract *— As an engineering discipline within the United Kingdom, fire engineering is relatively young. It has been accepted as an alternative to traditional prescriptive means of meeting the functional requirements of the England and Wales Building Regulations, since the publication the 1985 edition of Approved Document B.*

Performance-based fire engineering design methods have facilitated architectural design freedoms and supported creative construction. However, it has become evident that since fire engineering has become more established, significant concerns have been raised regarding various elements of the design process including the ability to consider aspects other than life safety.

In response to these concerns, this paper introduces novel application of concepts to assist the building design team consider their client's resilience requirements. This is by utilising business continuity planning methods, specifically business impact analyses within the fire engineering qualitative design review. By using these concepts in this new way, the architectural design team will be able identify those processes which are of greatest importance to their client's organisation, allowing the most appropriate fire engineering strategy to be established.

Keywords *— Fire engineering; Resilient building design; Business impact analysis.*

INTRODUCTION

As an engineering discipline, fire safety engineering is relatively young, and it has been accepted as an alternative means of meeting the functional requirements of the UK Building Regulations [1] since the publication the 1985 edition of Approved Document B [2].

Whilst fire engineering was originally the pioneering method of enabling the successful design of buildings such as airports and enclosed shopping centres, such practice is now commonplace. The new frontier for fire engineering design includes the design of very tall buildings. Projects such as those described by Hannah [3], Lam [4] and Kennett [5] demonstrate innovative designs incorporating the use of elevators for rapid evacuation of occupants during a fire, etc. Another area where fire engineering is beginning to make an impact relates to the sustainable construction agenda.

1. APPLIED FIRE ENGINEERING

1.1 Literature review

Despite these successes, a survey of the literature [6] revealed that some significant concerns exist regarding the availability of the data and tools required to undertake advanced fire safety analysis. Furthermore, the motivations for using fire engineering are increasingly being questioned. Examples are documented where architects are seen to be trying to find a way out of problems of poor design with complex technology and inappropriate fire engineering arguments[7]. This is sometimes referred to as performance justified engineering [8]. Concerns over the fire safety objectives used in the design process have also been raised. It appears to be common practice for some projects to concentrate solely on life safety, because this is mandated by the building regulations process. What effect this could have on property and business protection when compared with a prescriptive code compliant solution is yet to be determined.

1.2 Interview-based Investigation

In order to investigate these concerns, research was undertaken using an extensive series of interviews with key members of fire engineering stakeholder groups. This investigation concluded that the common expectation across all stakeholder groups was that fire engineering would facilitate architectural design freedom and support creative construction allowing the UK to continue to develop its reputation as a centre for world-class developments. The research also revealed that since fire engineering has become accepted, significant

[1] Dr Peter Wilkinson, Civil Safety and Security Unit, University of Leicester, UK. contact via email pw145@le.ac.uk

concerns have been raised regarding various elements of the design process including the:

- The appropriateness of applying fire engineering to some design issues and the misuse of the term 'fire engineering' to merely describe deviation from design codes;
- The real motivations of the client and design team for using fire engineering techniques often being economically driven motivations, or a means of addressing design errors or omissions;
- The ability of building control professionals to approve designs, and of fire and rescue service personnel to contribute to the process;
- The ability of the construction industry to select high quality materials and to ensure the high standards of installation and workmanship which are crucial to successful fire engineering;
- The lack of involvement of the insurer and the ability to consider design objectives other than life safety;
- The validity of fire engineered solutions during the building's life-cycle, and the continued input of fire engineers from design to demolition;
- The limitations of the knowledge, data and tools that support fire engineering design concepts; and
- The ability of professional institutions to guide and regulate practising fire engineers.

All these issues need to be addressed if fire engineering is to enjoy continued growth as a profession, and continued acceptance as a legitimate contribution to the building design process [6].

1.3 The Role of the Insurer

A framework for a fire engineered approach to building design is described in BS7974-0, Application of fire safety engineering principles to the design of buildings [9]. As a performance-based fire safety design process, BS7974 is widely used globally to varying degrees, but is often considered the framework against which fire engineering proposals are appraised in the UK's national building regulation approvals process. The process is described here and illustrated in Figure 1, below. The process is divided into three stages;

- Qualitative design review (QDR) where the scope and the objectives of the fire safety design are defined, the performance criteria are established and acceptance criteria set;
- Quantitative analysis, where engineering methods are used to evaluate potential solutions; and
- Assessment against criteria, where the results of the quantitative analysis are compared against the acceptance criteria.

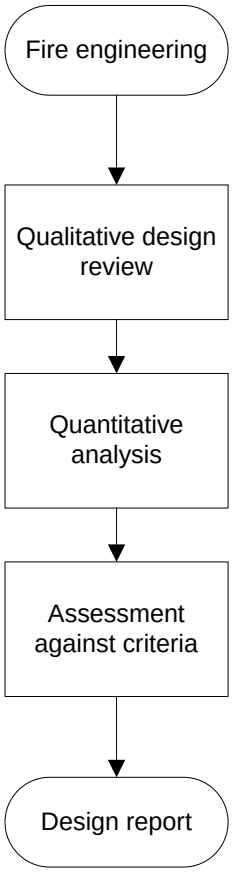


Fig. 1: Three stages of BS7974

Within the BS7974-0 framework, support is given to the consideration of property protection and continuity of operations objectives. Various clauses state that the fire safety objectives that might typically be addressed in a fire engineering study include loss control. It also states that it might be desirable to take measures to reduce the potential for large financial losses and that consideration may be given to minimise damage to the structure and fabric of the building, the building contents, the ongoing business viability and the corporate image. Therefore, in order to meet the requirements of the insurance industry and the end-user client, the fire safety objectives of the QDR should include property and business protection matters to the extent determined by the agreed acceptance criteria.

Further research [10] involved a case-study investigation conducted to fully understand current practice regarding the involvement of the insurance industry within the fire safety engineering design process. This research concluded that, at least within the largest insurance companies, there is an understanding of the differences between prescriptive, 'code-compliant' buildings

and performance-based, 'fire engineered' buildings. There is an acknowledgement that the insurance underwriting for fire engineered buildings should take account of these differences.

However, despite a small number of minor examples, it is clear that the insurer does not play an appropriately active role in the building design process, and that when they do, limited knowledge and understanding often preclude any meaningful interaction. This is due to the following reasons:

- Commercial property insurers are often not involved at the conceptual design stage and therefore cannot participate;
- Insurance brokers usually act as the intermediary between the insurer and the client which can mean that opportunities for involvement in design are missed;
- In a soft market, insurers are less inclined to insist on costly fire protection measures when they are competing for income premium against other insurers, and are therefore less likely to want to participate in the design process, or are fearful of losing the client; and
- Fire engineering designers are often reluctant to invite insurers into the QDR process for fear of the project incurring costly fire protection features in addition to the mandated life safety requirements.

Even with the best intentions and regardless of whether or not the insurer is involved in the design process, the current approach is not effective and the robustness of the fire engineering design becomes questionable.

2. ENSURING RESILIENCE AT DESIGN STAGE

2.1 Business Impact Analysis (BIA)

In response to the concerns outlined previously, it is clear that a new approach to fire engineering objective setting is required. The key step is to actively involve the end-user client – the organisation that has commissioned the new building and intends to occupy and use the facilities – in order to derive a complete set of design requirements. The remainder of this article describes a process used to assess business risks, known as business impact analysis (BIA), and discusses how the process can be utilised to inform the fire engineering objective-setting process.

BIA is defined as the procedure for collecting and analysing the urgency of organisational functions or activities, and the organisation's tolerance of loss [11]. It describes the resources necessary for the activities to be accomplished.

Whilst BIA is a process which is commonplace within business continuity management (BCM) techniques, it is a method of analysis that has not yet been applied within the building design process. It is felt that where the client is able to conduct a BIA, the protection of company resources associated with the built environment that underpin the conduct of business critical activities, may be added to the fire engineering objectives to inform the qualitative design review (QDR) process, as described in PD7974-0.

While the protection of resources that underpin critical activities with fire suppression systems goes some way towards reducing the likelihood of critical damage from fire, no system is infallible, and as such, no contribution is made in ensuring critical activity availability when such systems fail. Business continuity solutions ensure that there is always adequate provision for the continuity of critical activities, irrespective of the type and scale of the event behind the loss of resource.

Solutions relevant to the built environment where fire engineering tools may be used include duplication of assets; splitting and separation of assets; protection of assets; and early detection of threat.

2.2 Holistic Planning

The effects of fire are only some of the causes of disruptions that would be identified and managed within a holistic business continuity plan. However, by identifying these fire-related disruptions and potential consequences at the design stage of a building or plant, it is possible to incorporate design features to help reduce property loss, ensure business continuity and provide resilience against the effects of fire. For the fire safety engineer, the BIA process will identify the activities critical to the end-user client's organisation;

- The resources needed to support the activities; and
- The fire safety objectives necessary to protect the resources.

Using this information to augment the mandated life safety objectives, the fire safety objectives for consideration could contain activity-specific requirements such as:

- The fire must be detected and extinguished before reaching x kW in size;
- Compartment/equipment must be recovered in seven days; and
- Business stream must be operational in 14 days

Although fire safety engineering alone will be unable to achieve these aims, or may not be the most appropriate means, some building elements could be instrumental in meeting these goals. The fire engineer, architectural design team and insurer should endeavour to fully understand the end-user client's organisation in terms of its objectives, stakeholder obligations, statutory duties and the environment in which it operates.

By including the information derived from a BIA, within the traditional QDR process, the fire safety objectives can be informed from a business resilience point of view, as shown in Figure 2.

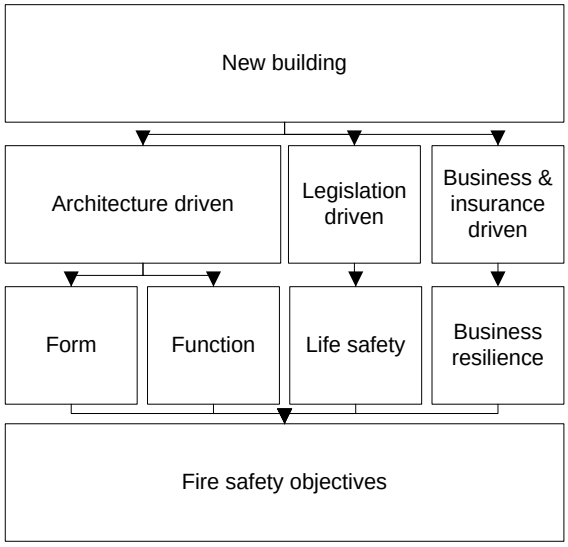


Fig. 2: The QDR process, informed by BIA

3. STANDARDISATION

3.1 A New Standard

To help consulting fire engineers and architectural design teams incorporate business protection objectives in their fire safety designs, the established British Standard which defines a fire engineering procedure needed to be enhanced.

After 18 months in development, PD7974-8 *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Property protection, mission continuity and resilience* was launched in September 2012. The new standard embeds the use of a BIA in the qualitative design review process.

The draft PD7974-8 has been developed in accordance with the established protocol for all British Standard codes, and follows the requirements of BS0, A Standard for Standards [11].

3.2 Structure of the Document

It begins by describing the relationship of PD8 with other publications in the BS7974 series. It introduces the concepts, terminology and drivers for adopting the approach outlined in the document and then defines the scope. As PD8 is intended to supplement the existing design process as established within BS7974, PD8 sets out clearly when fire engineering design objectives are considered. It describes the established QDR process and how PD8 should be used to incorporate the clients' resilience objectives.

The main body of the document describes the BIA process, how a BIA can be interpreted for fire engineering purposes and then details numerous examples of resilience objectives and fire safety tactics to meet these objectives. Case study examples of how the process in PD8 can influence fire engineering design are presented from a wide spectrum of building occupancies, a school, a food manufacturing site and a nuclear power station. Appendices include background information in relation to business continuity management as described in BS25999 [10] and example BIA formatting with typical BIA data.

CONCLUSION

This paper has outlined recent research investigating how performance-based fire engineering techniques are used within building design. The literature review described concerns regarding the motivations for applying fire engineering techniques to building design. The survey research suggested that greater input is required from commercial property insurers at the building design stage in order to champion property protection and business resilience objectives and then the subsequent case-study investigation, however, concluded that for a number of reasons, it is impractical to expect the insurer to influence the design team to the extent desired.

Therefore, in response to these various research activities, the concept of business impact analysis has been introduced to ensure that property protection and business continuity objectives are at the forefront of new building design, whether the insurer is involved in the process or not.

In order to help consulting fire engineers, and architectural design teams, incorporate business protection objectives in their fire safety designs, there is a requirement for the established British Standard which defines a fire engineering procedure, to be enhanced. This idea gained support from the Technical Committee within BSI responsible for maintaining the Standard, and PD 7974-8 was drafted.

The new Standard embeds the use of a business impact analysis as an integral part of the qualitative design review process. Without following the BIA process as described PD7974-8, business resilience objectives may be missed within the building design phase, allowing an inferior package of fire protection measures to be incorporated into building developments. For the first time, this new standard enables the building designer to be fully cognisant of their client's critical processes and the resources required to support these processes. It, therefore, enables the appropriate fire safety measures to be incorporated into the building design to enhance business resilience.

Initial evaluations of this guide though various stakeholder dissemination activities and a public consultation process has been positive.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to acknowledge that the research and outputs discussed in this paper were undertaken as part of an Engineering Doctorate research topic, funded by the Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), administered by the Centre for Innovative and Collaborative Engineering (CICE) at Loughborough University, UK and sponsored by the Fire Protection Association (FPA), UK.

REFERENCES

[1] Great Britain. 1985. The Building Regulations. London: HMSO, 1985

[2] Great Britain. 1985. The Building Regulations. Approved Document B, Fire. London: HMSO, 1985

[3] Hannah, M., Daniels, G. and Russett, S., 2003. The great escape. *Building Services Journal.* April 2003

[4] Lam, S., 2007. Living it up. *Building Services Journal*, October 2007

[5] Kennett, S., 2007. Tall order. *Building Services Journal*, March 2007

[6] Wilkinson, P.J., Glockling, J.L.D, Bouchlaghem, N.M. and Ruikar, K.D. 2010. Has fire engineering lived up to expectations? Proceedings: *8th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*, 16-18 June 2000, Lund University, Lund, Sweden. Bethesda, MD.and Dept. of Fire Safety Engineering, Lunds universitet.

[7] Ham, S.J., 2007. Fire. London: RIBA, 2007

[8] Dix, A., 2003. Are political risks the greatest emerging threat to improved fire safety? Fire Australia, August 2003

[9] British Standards Institution, 2001. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice. BS7974. London: BSI

[10] Wilkinson, P.J., Glockling, J.L.D, Bouchlaghem, N.M. and Ruikar, K.D. 2010. Fire safety engineering and the role of the insurer, CARVEL, R. ed. In: *FIRESEAT 2010- Fire Safety Engineering in the UK; the state of the art*, 11 November 2010, Department of Engineering, University of Edinburgh.

[11] Reuvid J., 2006. Managing business risk: a practical guide to protecting your business. 2006. 3rd edn. London: Kogan Page.

[12] British Standards Institution, (2012) Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 8: Property protection, mission continuity and resilience. London: BSI.

[13] British Standards Institution, (2011) A standard for standards – Principles of Standardization. BS0. London: BSI.

STANOVENIE URÝCHĽOVAČA HORENIA VO VZORKÁCH PÔDY

MARTIN ZACHAR [1], VERONIKA VEĽKOVÁ[2], ANDREA ANTALOVÁ[3]

Abstract *— The paper discusses the issue of identifying the causes of fires, particularly on the collection and analysis of samples taken from the fire area. The contribution is focused on a model example of detecting the presence of an accelerator burning in soil samples. Describes a process that involves a combination of the two works, fieldwork carried out by fire investigators and laboratory analysis carried out by chemists. Model example consists of collecting soil samples (pure soil, the soil soaked with petrol, soil lighted and extinguished foam) and subsequent analysis by analytical gas chromatography and mass spectrometry (GC / MS). Analytical Method GC / MS to identify accelerator combustion (gasoline) in the soil.*

Keywords *— sampling from fire area accelerator burning, gas chromatography, mass spectrometry*

Abstrakt *— Príspevok pojednáva o problematike zisťovania príčin požiarov, konkrétne o odoberaní a analyzovaní odobratých vzoriek z požiariska. Príspevok je zameraný na modelový príklad zistenia prítomnosti urýchľovača horenia vo vzorkách pôdy. Popisuje proces, ktorý zahŕňa kombináciu dvoch prác, prácu v teréne, vykonanú zisťovateľom príčin vzniku požiarov a laboratórnu analýzu vykonanú chemikmi. Modelový príklad pozostáva z odobratia vzoriek pôdy (čistej pôdy, pôdy nasiaknutej benzínom, pôdy zapálenej a uhasenej penou) a ich následnou analýzou pomocou analytickej metódy plynovej chromatografie a hmotnostnej spektrometrie (GC/MS). Analytická metóda GC/MS umožňuje identifikovať urýchľovač horenia (benzín) v pôde.*

Kľúčové slová *— odber vzoriek z požiariska, akcelerant horenia, plynová chromatografia, hmotnostná spektrometria*

ÚVOD

V súčasnosti je úmyselne založený požiar resp. podpaľačstvo z celosvetového hľadiska jednou z hlavných príčin vzniku požiarov, ako aj s tým súvisiacich úmrtí. Pod pojmom úmyselný požiar chápeme úmyselný, zlomyseľný trestný čin pri ktorom vznikne požiar alebo explózia. Úmyselný požiar sa dá najľahšie spáchať, ale najťažšie vyriešiť. Na to, aby sme mohli objasniť príčiny požiaru a jeho priebeh, sú veľmi dôležité poznatky o vzniku produktov horenia, v závislosti od horiacej látky. Osobitný význam sa venuje tzv. urýchľovačom horenia (akcelerantom horenia), pričom všade tam, kde sa ich výskyt predpokladá má odber vzoriek kľúčovú úlohu.

Nicdaeid (2008) zadefinoval, že akcelerant - urýchľovač horenia (Accelerant z ang.) je ľahko zápalné palivo použité na urýchlenie intenzity nárastu požiaru alebo uľahčenie jeho šírenia, bežne ide o horľavú kvapalinu, ale môže to byť aj chemická zmes.

Urýchľovačmi horenia sa vo svojej práci zaoberal aj Moravec a kol. (2011), kde uvádza, že prchavé kvapalné urýchľovače horenia, ktoré sú vystavené účinkom ohňa, majú väčšiu tendenciu horieť ako väčšina iných materiálov. Ako uvádza Corry a kol. (2000) medzi najčastejšie používané kvapalné urýchľovače horenia patrí: acetón, sírouhlík, etanol, éter, letecké palivo, nafta, benzín, izopropanol, metanol, metyletylketón, toluén, terpentín a xylény.

1. ROZBOR PROBLEMATIKY

V procesoch vyšetrovania požiarov sa najskôr určuje miesto požiaru, až potom sa určí jeho príčina. Často sa miesto vzniku stanoví s určitou presnosťou, ale príčina zostáva neznáma. Zisťovateľom pri zisťovaní príčin vzniku požiarov značne napomáhajú rozhovory s osobami, ktoré boli svedkami prvých fáz rozvoja požiaru, ako aj s osobami, ktoré podrobne poznajú rozmiestnenie konštrukcií, nábytku a skladovaného materiálu, ktoré môžu pomôcť určiť presné umiestnenie materiálov a konštrukcií s vysokou absorpciou. Tieto miesta sú kľúčovými priestormi, z ktorých sa odoberajú vzorky v prípade nájdenia stôp po použití urýchľovačov horenia. Cieľom všetkých zisťovateľov je dosiahnuť presné stanovenie miesta vzniku, príčiny, trasy šírenia požiaru a určenia zodpovednosti za incident. Nevhodné zdokumentovanie miesta činu môže zabrániť ďalším zainteresovaným stranám, aby mali príležitosť získať, z hľadiska dôkazovej hodnoty, cenné informácie z týchto údajov. Vypracovanie obsiahleho

[1] Ing. Martin Zachar, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: zachar@tuzvo.sk
[2] Ing. Veronika Veľková, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: velkova@tuzvo.sk
[3] Ing. Andrea Antalová, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: 8295@is.tuzvo.sk

zdokumentovania miesta činu a zberu údajov je mimoriadne dôležité (NFPA 921, 2008).

Ako uvádza Šovčíková (2008), čím skôr sa zisťovateľ dostaví na miesto požiaru, tým skôr sa mu zabezpečí zaistenie dôležitých stôp, ktoré by mohli byť napr. činnosťou zasahujúcich zložiek zničené.

Podľa tvrdení Čahojovej (2003) je pre objasnenie príčiny vzniku požiaru a jej stanovenie, potrebné preskúmať a vyhodnotiť tri skupiny otázok:

- presné zistenie situácie na požiarisku pred vznikom požiaru,
- zistenie a stanovenie miesta vzniku požiaru,
- zostavenie a previerka verzií príčiny požiaru.

Po príchode zisťovateľa na požiarisko, môže zisťovateľ pri podozrení úmyselného požiaru, požiadať o privolanie psovoda so psom, prostredníctvom operačného strediska. Cvičenú psovitú šelmu na detekciu urýchľovačov (Accelerant Detection Canine – ADC) je možné definovať ako psa trénovaného na lokalizáciu stôp horľavej kvapaliny na požiarisku. Cvičení psi so psovodom sú lokalizovaní na každom KR Policajného zboru: v Bratislave, Trnave, Trenčíne, Nitre, Banskej Bystrici, Žiline, Košiciach a v Prešove.

Využitie cvičených psov priamo súvisí s ich schopnosťou detegovať nepatrné množstvá potenciálnych urýchľovačov (horľavých kvapalín) v komplexe matice vzorky. Schopnosť psov určiť s vysokou presnosťou pravdepodobnú polohu zvyškových horľavých kvapalín na požiarisku môže významne znížiť počet vzoriek požiarnych trosiek, ktoré musí vyšetrovateľ odobrať, a tak sa zredukuje zaťaženie laboratória (Mociková, 2003).

Ako uvádza Moravec a kol. (2011), veľmi dôležité sú aj metódy odberu vzoriek (dôkazov), ktoré sú podmienené mnohými faktormi, napr:

- skupenstvo - či je fyzický dôkaz pevného, kvapalného alebo plynného skupenstva,
- fyzikálne charakteristiky - veľkosť, tvar a hmotnosť fyzického dôkazu,
- krehkosť - ako ľahko sa dôkazový materiál môže zlomiť, poškodiť alebo zmeniť,
- prchavosť - ako ľahko sa dôkazový materiál môže odpariť.

Fyzické dôkazy sa musia dôkladne zdokumentovať predtým, ako sa premiestnia. Najvhodnejší spôsob dokumentácie je pomocou poznámok, písomných správ, skíc a diagramov s presnými meraniami a fotografiami.

Diagramy a fotografie sa robia vždy predtým, ako sa fyzický dôkaz presunie alebo naruší. Zisťovateľ si urobí zoznam všetkých odobratých dôkazov s uvedením, kto ich odobral. Účelom dokumentácie je určenie pôvodu fyzického dôkazu (čas objavenia, stav, atď.) a stanovenie či dôkazový materiál nebol kontaminovaný alebo zmenený (Moravec et al. 2011). Problematikou zdokumentovania požiariska pomocou fotografií pri statickej ohliadke sa vo svojej práci zaoberala aj Makovická–Osvaldová a kol. (2009), kde jej taktiež pripisuje veľký význam.

Vývoj prenosných senzorov a používanie cvičených psov na zachytenie stopy horľavých kvapalín predstavujú tiež významnú podporu pre vyšetrovateľov pri výbere vzoriek obhorených materiálov, u ktorých je podozrenie, že obsahujú zvyšky týchto kvapalín.

Mociková (2003) uvádza, že plynová chromatografia/hmotnostná spektrometria pomeru izotopov (GC/MS/IRMS) sa osvedčila ako výkonná technológia, ktorá môže potvrdiť prítomnosť ultrastopových koncentrácií horľavých kvapalín v komplexe extraktov z obhorených trosiek v prípadoch, kde zlyhávajú normálne postupy na báze chromatografie.

Tak ako uvádza Moravec et al. (2011), dôkazové materiály, ktoré sa predložia na skúšku prítomnosti urýchľovačov, majú byť odobrané a preskúšané v súlade s normou ASTM E1387, Štandardná skúšobná metóda na zvyšky horľavých kvapalín v extraktoch zo vzoriek trosiek po požiari pomocou plynovej chromatografie (Standard Test Method for Flammable or Combustible Liquid Residue in Extracts from Samples of Fire Debris by Gas Chromatography alebo ASTM E1618, Štandardná skúšobná metóda na zvyšky horľavých kvapalín v extraktoch zo vzoriek trosiek po požiari pomocou plynovej chromatografie –hmotnostnej spektrometrie (Standard Test Method for Flammable or Combustible Liquid Residue in Extracts from Samples of Fire Debris by Gas Chromatography-Mass Spectrometry).

Keď sa odoberajú fyzické dôkazy na preskúmanie a skúšky, často je potrebné odobrať aj porovnávacie vzorky. Porovnávacie vzorky sa odoberajú v čase prvotného zisťovania a rozhodnutie o potrebe porovnávacích vzoriek urobí laboratórny analytik. Hmotnosť odobratej vzorky by sa mala pohybovať medzi 0,1 - 1 kg (NFPA 921, 2008).

Presun fyzického dôkazového materiálu do laboratória alebo skúšobne je možné vykonať osobným odovzdaním (minimalizuje sa tým poškodenie, krádež) alebo odoslaním v prepravnom kontajneri (kontajner vhodnej veľkosti, do ktorej sa vložia všetky nádoby/vrecká s dôkazovými materiálmi, týkajúcimi sa jedného prípadu zisťovania). Pri odoslaní v prepravnom kontajneri sa prikladá aj sprievodný list so žiadosťou o laboratórne preskúmanie a vykonanie skúšok (Moravec et al. 2011).

2. CIEĽ

Cieľom príspevku je dokázanie prítomnosti urýchľovača horenia (benzínu) v skúšobných vzorkách pôdy, pomocou laboratórnej analytickej metódy plynovej chromatografie a hmotnostnej spektrometrie.

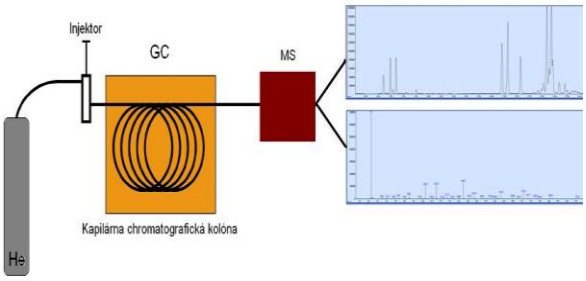
3. METODIKA

Hmotnostná spektrometria sa obvykle používa spolu s plynovou chromatografiou. Pomocou nej sa ďalej analyzujú jednotlivé zložky, ktoré sa oddelili počas plynovej chromatografie. Hlavnou výhodou hmotnostnej spektrometrie je schopnosť zobrazenia hmotnostného spektra pre každý chromatografický pík a sledovanie vybraných iónov, ktoré sú charakteristické pre určitú chemickú látku. Informácie poskytnuté hmotnostným spektrometrom sú v mnohých prípadoch dostatočné pre jednoznačnú identifikáciu neznámej chemickej zlúčeniny. Princípom MS je oddeľovanie molekulárnych iónov a iónových fragmentov, vytvorených niektorou z ionizačných techník, v magnetickom alebo vysokofrekvenčnom elektrickom poli. Druhy vzniknutých fragmentov a ich zastúpenie sú pre danú látku charakteristické a umožňujú jej identifikáciu.

Na spôsob stanovenia prítomnosti urýchľovačov horenia vo vzorkách pôdy odobratých z požiariska, sme si vybrali modelový príklad, kde bol ako kvapalný urýchľovač použitý benzín (Normal 95) a využité laboratórne metódy analytickej plynovej chromatografie a hmotnostnej spektrometrie (GC/MS).

Pomocou GC možno získať úplnejšie informácie o kvalitatívnom a kvantitatívnom zložení mnohozložkových zmesí. Plynovou chromatografiou možno analyzovať všetky plynné, kvapalné i tuhé látky, ktoré sú v chromatografických podmienkach prchavé a stabilné, ako i látky, ktoré možno chemickými premenami na takéto upraviť. Používa sa najmä ako analytická metóda, umožňuje však uskutočniť i separácie v preparatívnom, resp. výrobnom meradle (Kačík et al. 2000).

Schématické znázornenie GC/MS vo svojej práci popisuje aj Výbohohová (2011), čo možeme vidieť na obr. 1. plynová chromatografia (Gas Chromatography - GC) a hmotnostná spektrometria (Mass Spektrometry - MS).



Obr. 1 Schéma GC/MS (Výbohová 2011)

4. PRÍPRAVA VZORIEK

Modelový príklad sme realizovali na ploche s rozmermi 30×30 cm. Približne do stredu danej plochy sme vyliali 100 ml benzínu (Normal 95) a nechali vsiaknuť do pôdy po dobu 60 min. Po uplynutí 60 min. sme pomocou nerezovej lopatky odobrali vzorku pôdy poliatou benzínom do sklenej fľašky so zátkou. Ďalším krokom bolo poliatie plochy benzínom a zapálenie (zapaľovač + špajdľa) a po dohorení benzínu sme opäť odobrali vzorku do sklenenej nádoby. Nakoniec sme poliali pôdu benzínom, zapálili a uhasili vodným roztokom penidla Solvennseal (6% roztok penidla Solvenseal). Túto vzorku sme taktiež odobrali do sklenenej nádoby a uzavreli zátkou. Obzvlášť dôležité pri zisťovaní príčin vzniku požiarov je odobratie porovnávacej vzorky. V našom prípade bola porovnávacou vzorkou čistá pôda. Takto sme získali 4 vzorky, vzorka č. 1 čistá pôda (obr. 2), vzorka č. 2 pôda poliata benzínom a odobratá po 60 min. (obr. 3), vzorka č. 3 pôda poliata benzínom, zapálená a po vyhorení odobratá do nádoby (obr. 4) a vzorka č. 4 pôda poliata benzínom, zapálená a uhasená penotvorným roztokom (obr. 5).



Obr. 2 Vzorka č. 1 čistá pôda



Obr. 3 Vzorka č. 2 Pôda + benzín po 60 min. od poliatia



Obr. 4 Vzorka č. 3 Pôda + benzín a jeho následné vyhorenie



Obr. 5 Vzorka č. 4 Pôda + benzín a jeho následné horenie + uhasenie 6% penotvorným roztokom penidla Solvenseal

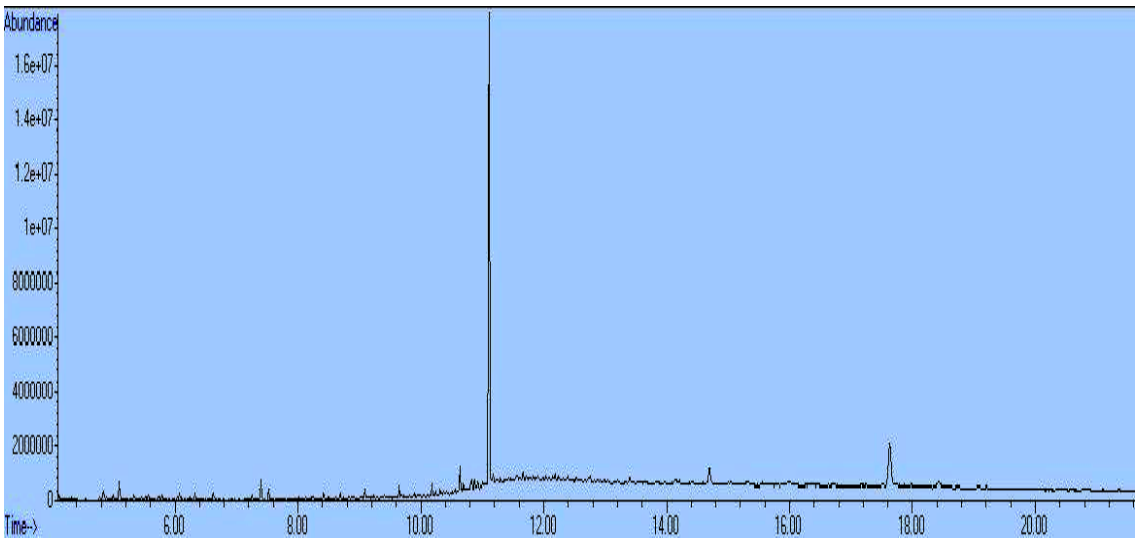
Takto pripravené vzorky sa následne extrahovali vytrepávaním na trepačke, na extrakciu jednotlivých vzoriek sme použili n-hexán (Merck). Týmto spôsobom sa extrakty zbavili nadbytočnej vody pomocou bezvodého síranu sodného (Na_2SO_4), vzniknutá zrazenina sa oddelila filtráciou. Následne sa extrakt

zahustil na rotačnom vákuovom odparovači na objem asi 1ml a odparil dosucha v prúde dusíka (N_2). Následne sa odparky rozpustili v 1ml hexánu (CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3) a boli analyzované plynovou chromatografiou s hmotnostnou detekciou GC/MS so splitless dávkovaním a detekciou v SCAN aj SIM móde (Veľková et al. 2009).

5. VÝSLEDKY A DISKUSIA

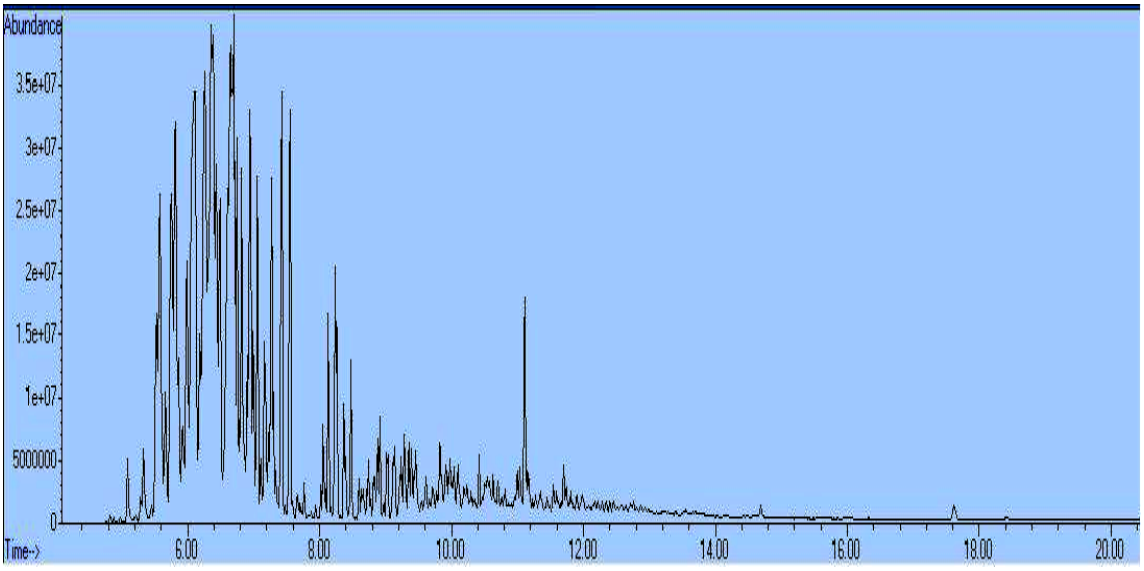
Výsledky plynovej chromatografie

Nami pripravené vzorky boli podrobené analýze metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou so zameraním na identifikáciu organických zlúčenín. Každý jeden pík znázorňuje jednu zlúčeninu.



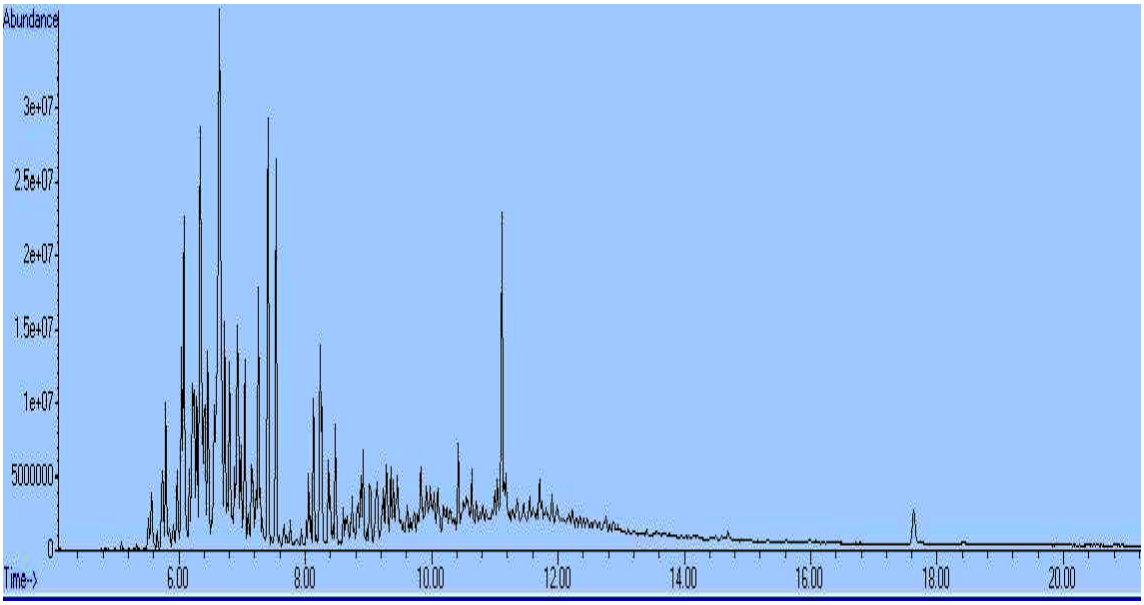
Obr. 6 Chromatografický záznam vzorky čistej pôdy

Vo vzorke čistej pôdy (vzorka č. 1), bolo stanovené minimálne množstvo cudzorodých organických zlúčenín s výnimkou ftalátov (obr.6). Tie sa v pôde môžu vyskytovať v dôsledku používania rôznych predmetov z PVC (polyvinylchlorid), ktorý je zdrojom ftalátov v životnom prostredí. Ich výskytu nie je možné sa vyhnúť.



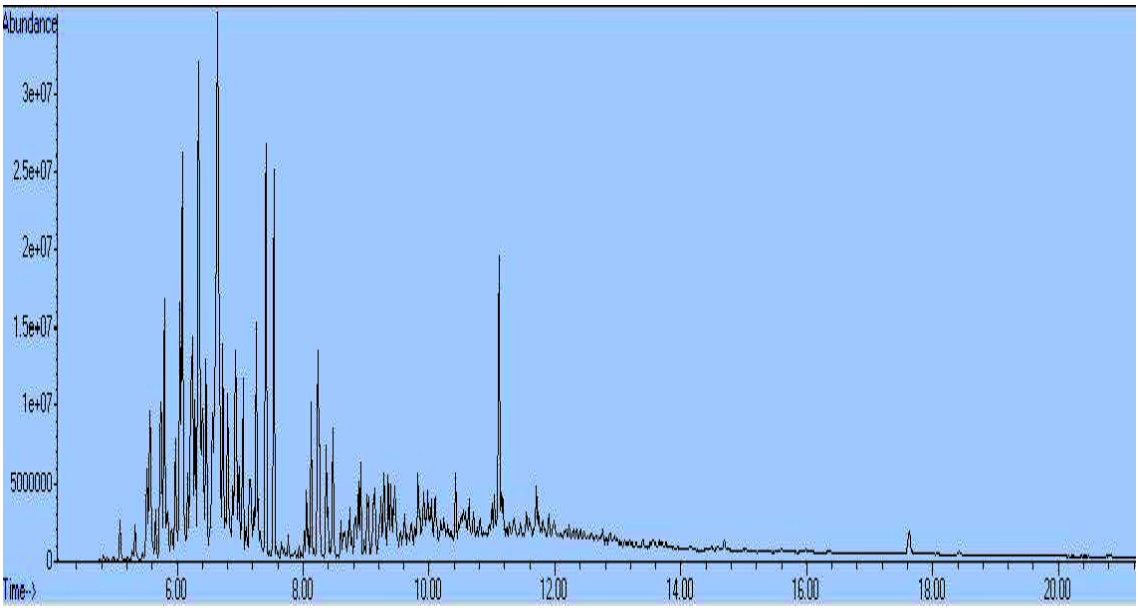
Obr. 7 Chromatogram vzorky poliatej benzínom a odparenej po 60 min.

Vo vzorke pôdy poliatej benzínom a odparenej po 60 min. (vzorka č. 2), množstvo organických látok výrazne stúplo oproti všetkým skúmaným vzorkám. Prítomnosť benzínu bola najviac pozorovateľná pri tejto vzorke. Pričom na obr. 7 môžeme ďalej vidieť množstvo ďalších píkov, ktoré identifikujú niekoľko desiatok zlúčenín.



Obr. 8 Chromatogram vzorky poliatej benzínom a vyhorenej

Pri tretej vzorke teda pôde poliatej benzínom a vyhorenej (vzorka č. 3), môžeme taktiež vidieť, že množstvo organických látok výrazne stúplo, ale nie až tak ako pri vzorke č. 2. Pri tejto vzorke (obr. 8), sa objavujú aj ďalšie polycyklické aromatické uhľovodíky ako sú deriváty pyrénu, benzoantracén, benzofluorény, chryzén, ktoré pravdepodobne vznikli vo vzorke štiepnymi reakciami pôvodných organických látok a následnými syntéznymi reakciami štiepnych produktov v dôsledku vysokej teploty horenia.



Obr. 9 Chromatogram vzorky poliatej benzínom, zapálenej a uhasenej penou

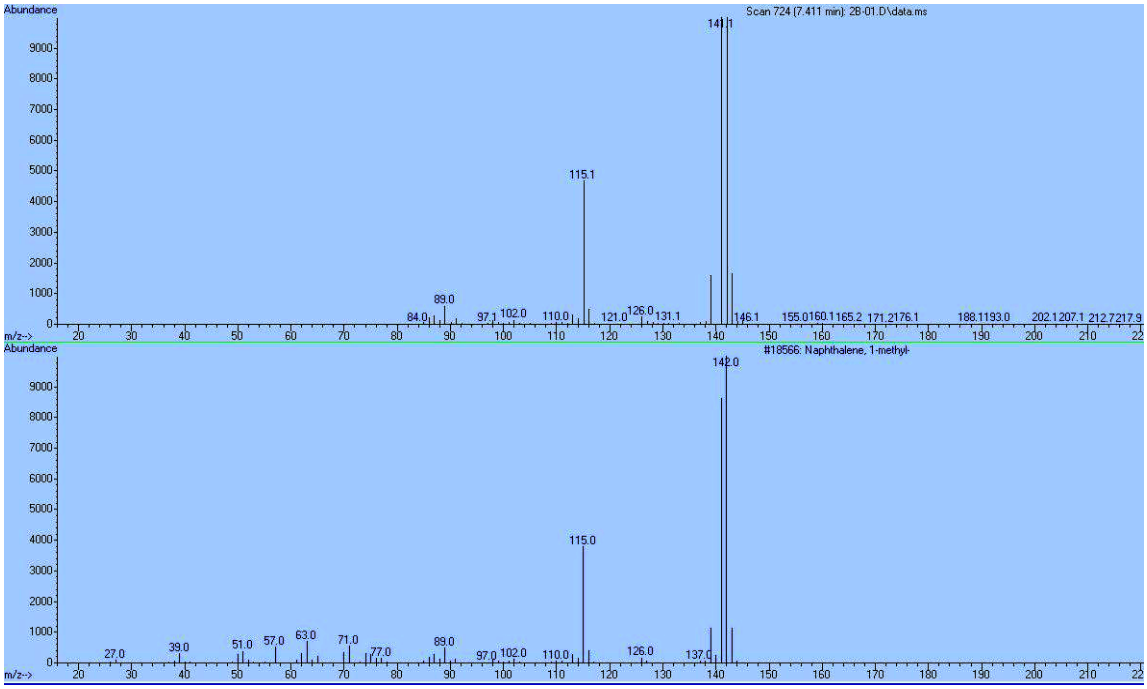
V poslednej vzorke teda pôde poliatej benzínom zapálenej a uhasenej penou (vzorka č. 4), môžeme vidieť prítomnosť benzínu, pričom sa vo vzorke objavujú polycyklické aromatické uhľovodíky (obr. 9).

Môžeme skonštatovať, že pri všetkých vzorkách s prídavkom benzínu množstvo organických látok výrazne stúplo. Hlavne pri vzorke č. 2 a č. 3. bolo možné identifikovať niekoľko desiatok zlúčenín a objavili sa aj mnohé zlúčeniny, ktoré sa opakujú vo všetkých troch vzorkách, ako sú alifatické uhľovodíky napr. hexadekán, heptadekán, rôzne alkylované deriváty benzénu (metylbenzén, di-, tri-, tetra-, penta- aj hexametylbenzén, etyl-, propyl- a butylbenzén), polycyklické aromatické uhľovodíky a ich deriváty napr. metyl-, etyl-, propyl-deriváty odvodené od naftalénu, fluorénu, fenantrénu, fluoranténu, bifenylu.

Výsledky hmotnostnej spektrometrie

Pomocou hmotnostnej spektrometrie sme analyzovali jednotlivé zložky, ktoré sa oddelili počas plynovej chromatografie. Výhodou merania je schopnosť zobrazenia hmotnostného spektra pre každý chromatografický pík, v našom prípade pre vybrané zložky benzínu (metylnaftalén) a zlúčeninu vznikajúcu pri horení organických materiálov, teda aj benzínu (pyrén) v nami testovaných vzorkách pôdy.

Na obrázkoch 10 až 12 môžeme vidieť ukážku identifikácie zlúčenín prostredníctvom hmotnostných spektier, kde v hornej časti obrázku je hmotnostné spektrum namerané v analyzovanej vzorke a v dolnej časti je spektrum z knižnice hmotnostných spektier NIST, uloženej v PC.

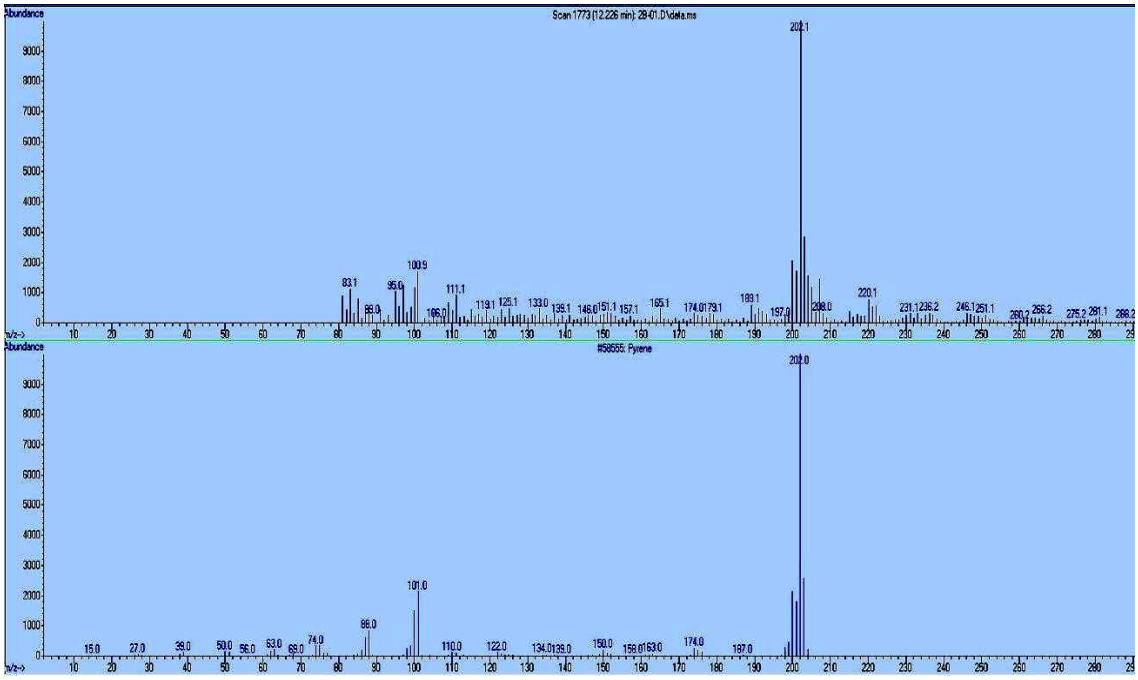


Obr. 10 Hmotnostné spektrum metylnaftalénu

Jednotlivé zlúčeniny, metylnaftalén, pyrén a butylftalát na obrázkoch 10 až 12 sú látky, ktoré boli obsiahnuté v nami testovaných vzorkách, bolo ich možné jednoznačne identifikovať.

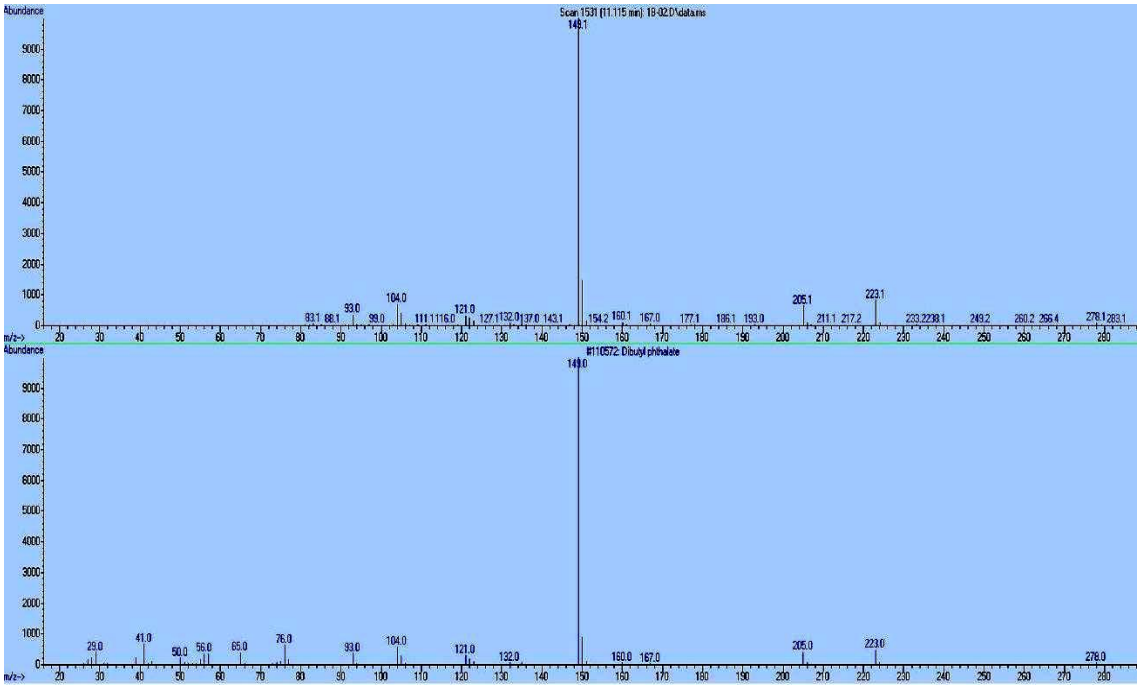
Hmotnostné spektrum metylnaftalén (obr.10) nám potvrdzuje prítomnosť benzínu vo vzorkách č. 2, č. 3 a č. 4.

Pri horení benzínu vznikajú rôzne zlúčeniny, ako príklad sme zvolili pyrén, ktorého hmotnostné spektrum je uvedené na obr.11.



Obr. 11 Hmotnostné spektrum pyrénu

Prítomnosť dibutylftalátu (obr. 12) bola pri meraní potvrdená vo všetkých nami testovaných vzorkách, pretože sa v pôde môže vyskytovať v dôsledku používania rôznych predmetov z PVC.



Obr. 12 Hmotnostné spektrum dibutylftalátu

Na základe hmotnostných spektier jednotlivých látok, uložených v knižnici, vieme potvrdiť alebo vyvrátiť prítomnosť jednotlivých zlúčenín v nami testovaných vzorkách. Na základe rozdielnosti hmotnostného spektra jednotlivých zlúčenín prítomných vo vzorkách pôdy, nepoliatych benzínom (čistá pôda) a vzorkách, na ktoré bol aplikovaný benzín - urýchľovač horenia, môžeme jednoznačne potvrdiť jeho prítomnosť aj po vyhorení a uhasení.

Výsledky analýz ukázali, že v čistej pôde (vzorka č. 1) sa nachádzali rôzne látky, však podstatne v menšom množstve ako pri ostatných vzorkách, ale prítomnosť horľavej látky (benzínu) bola vylúčená. Vo vzorke č. 2, teda pôde poliatej benzínom a odparenej bola prítomnosť horľavej látky (benzínu) najviac pozorovateľná zo všetkých sledovaných vzoriek. Prítomnosť iných látok sa nám prejavila aj pri

vzorke č. 3, prítomnosť benzínu sa potvrdila, ale nebola až taká vysoká ako pri vzorke č. 2. Vo vzorke č. 4 sa tiež potvrdila prítomnosť benzínu - urýchľovača horenia. Môžeme skonštatovať, že prítomnosť benzínu rádovo klesala pri vzorke č. 3 a č. 4, čo bolo spôsobené vyhorením benzínu.

Predpokladáme, že pri analýze vzoriek odobratých z požiariska pri úmyselne založenom požiari pomocou urýchľovača horenia (benzínu), by boli namerané porovnateľné hodnoty.

ZÁVER

Problematika stanovenia prítomnosti urýchľovačov horenia na požiarisku je v súčasnej dobe veľmi aktuálna, z dôvodu pribúdania úmyselne založených požiarov. Vďaka plynovej chromatografii/hmotnostnej spektrometrii (GC/MS) je možné vykonať presnú analýzu vzoriek odobratých z požiariska. Táto metóda je vhodná na zachytenie stopových množstiev horľavých kvapalín vo vzorkách z požiariska, a následne je možné takto získané laboratórne výsledky použiť pre súdnoznalecké potreby. Pomocou tohto zariadenia môžu vedci stanoviť zloženie vzorky, a tak identifikovať špecifické organické zlúčeniny. Tieto skupiny zlúčenín dokážu potom chemickí špecialisti spätne identifikovať ako špecifické triedy ropných výrobkov. Stručne povedané, GC/MS umožňuje vyšetrovateľom identifikovať typ horľavej kvapaliny, ktorú použil podpaľač. Okrem využitia plynovej chromatografie pri zisťovaní prítomnosti urýchľovačov horenia vo vzorkách, má všestranné využitie aj vo farmaceutickom, chemickom priemysle a pri drogovej a dopingovej kontrole.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpory grantovej agentúry MŠVVŠ SR VEGA 1/0446/12 a KEGA 002STU-4/2013.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] CORRY, R. A. et al. 2000. A pocket guide to accelerant evidence collection. In International association of arson investigators inc., Massachusetts chapter, 2000, Second Edition.

[2] ČAHOJOVÁ, Ľ. 2003. Skúmanie príčin vzniku požiarov. In Sborník přednášek medzinárodní konference Požární ochrana. Ostrava, 2003. s. 71-77. ISBN 80-86634-17-5.

[3] KAČÍK, F. - CHÁBELOVÁ,S – VEĽKOVÁ, V. 2000. Analytická chémia. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2000. 118s. ISBN 80-228-1027-4.

[4] MOCIKOVÁ, K. 2003. Moderné vedecké a súdnoznalecké metódy vyšetrovania príčin požiarov, nové trendy vyšetrovania neúmyselných a úmyselných požiarov. In Požiarne inžinierstvo 1. Medzinárodná vedecká konferencia. Zvolen : TU, 2003.

[5] MORAVEC, V. – GALLA. Š. - NEJEDLÝ. A. 2011. Odber kvapalných vzoriek z požiariska určených na analýzu. In Sborník přednášek medzinárodní konference Požární ochrana. Ostrava, 2011. s. 212-216. ISBN 978-80-7385-102-6.

[6] NFPA 921. 2008. Sprievodca pri zisťovaní príčin požiarov a výbuchov. Technický výbor pre vyšetrovanie požiarov,2008.

[7] NICDAEID, N. 2008. Practical Guide for First Responders to Fire Scenes. In: Conference Fire Crime in Europe Newcastle.

[8] OSVALDOVÁ, M. L. – VALLAŠEKOVÁ. A. – PIATER. E. 2009. Úlohy a postup pri zisťovaní príčin vzniku požiarov. In Ochrana osôb a majetku 2009. Zvolen, 2009, s. 62-78. ISBN 978-80-228-2062-2.

[9] ŠOVČÍKOVÁ, Ľ. 2008. Zisťovanie príčin požiarov. Žilina, 2008. 92 s. ISBN 978- 80-8070-817-7.

[10] VEĽKOVÁ, V. et al. 2009. Analýza polycyklických aromatických uhľovodíkov v životnom prostredí. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 65 s. ISBN 978-80-228-2080-6.

[11] VÝBOHOVÁ, E. 2011. Možnosti využitia GC-MS pri analýze dreva = Thepossibilitiesof GC-MS utilization in woodanalysis. In: Kolokvium ku grantovým úlohám VEGA Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 72-77s. ISBN 978-80-228-2221-3.

Odborné príspevky

Technical papers

MOŽNOSTI VZNIKU RIZÍK VYPLÝVAJÚCICH Z NESPRÁVNEHO PREVÁDZKOVANIA KOTLOV

BARBORA BALCOVÁ [1]

Abstract *— The aim of this article is to point out the risks and crisis situations that may arise in the operation of boilers on alternative fuels, whether they are associated with environmental hazards or improper operation of the system responsible for heating and their design solutions..*

Keywords *— boiler 1; risk 2; safety 3; crisis situation 4;*

Abstrakt *— Cieľom článku je poukázať na riziká a krízové situácie, ktoré môžu vzniknúť pri prevádzkovaní kotlov na alternatívne palivá, či už sú to ohrozenia spojené s environmentom alebo z nesprávneho prevádzkovania systému zodpovedného za vykurovanie a ich konštrukčných riešení.*

Kľúčové slová *— kotol 1; riziko 2; bezpečnosť 3; krízová situácia 4;*

ÚVOD

Ako pri každom systéme, aj vo vykurovacom systéme môžu nastať nežiaduce situácie a riziká, ktoré je potrebné úplne odstrániť, alebo aspoň eliminovať. V článku sú popísané situácie, ktoré vyplývajú z nesprávnej prevádzky kotlov a tiež bezpečnostné zariadenia, ktoré im majú predchádzať.

Rizikové situácie pri kotloch obsluhovaných ručne:

- popálenie obsluhy pri kontakte s ovládacími prvkami kotla,
- vyšľahnutie plameňa pri dopĺňaní paliva,
- vznietenie a vyhorenie usadených sadzí v komíne,
- prasknutie zvarov kotlového telesa,
- poškodenie kotlového telesa v dôsledku nízkoteplotnej korózie,
- explózia v dôsledku nárastu tlaku nad maximálnu prevádzkovú hodnotu.

Rizikové situácie pri kotloch s automatickým riadením:

- popálenie obsluhy pri kontakte s ovládacími prvkami kotla,
- vznietenie a vyhorenie usadených sadzí v komíne,
- prasknutie zvarov kotlového telesa,
- prehorenie do zásobníka s palivom a/alebo samovznietenie paliva v sklade.

1. POPÁLENIE OBSLUHY PRI KONTAKTE S OVLÁDACÍMI PRVKAMI KOTLA

Ku kontaktu ovládacích prvkov alebo povrchu kotla s pokožkou osoby, vykonávajúcej obsluhu vyhrievacieho zariadenia, dochádza často práve pri manuálnom dodávaní paliva u kotloch s ručným obsluhovaním. Najčastejšou príčinou vzniku rizika popálenia pri obsluhovaní teplovodného kolta, je bezprostredný kontakt ruky osoby, vykonávajúcej obsluhu kotla. Z hľadiska bezpečnej obsluhy, je preto veľmi dôležitá teplota povrchov a častí teplovodných kotlov ako sú najmä rukoväte ovládacích častí kotla, medzi ktoré patria rukoväte komínovej klapky, dvierok spaľovacej komory a prikladacích dvierok.

Povrchová teplota, ktorú musia dosiahnuť jednotlivé časti teplovodného kotla, aby sa predišlo nebezpečenstvu popálenia pokožky je predmetom normy STN EN 303-5 „*Vykurovacie kotly. Časť 5: Vykurovacie kotly na tuhé palivá dodávané ručne a automaticky, s menovitým výkonom do 300 kW.*“ Táto norma udáva, že priemerná povrchová teplota kotlových dvierok a krytu čistiaceho otvoru na strane obsluhy nesmie presahovať izbovú teplotu o viac ako 100 °C. Povrchová teplota na vonkajšej strane čela kotla nesmie presahovať izbovú teplotu o viac ako 65 °C. Povrchová teplota činných povrchov a každej ovládacej časti teplovodného kotla, ktorá môže prísť do styku s rukou pri prevádzkovaní kotla nesmie presiahnuť izbovú teplotu o viac, ako 35 °C pri kovoch a podobných materiáloch, o viac ako 45 °C pri porceláne a o viac ako 60 °C pri plastoch. V prípade, že teploty činných

[1] Barbora Balcová, Ing. , doktorand, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, barbora.balcova@fsi.uniza.sk

povrchov prekračujú uvedené hodnoty teplôt, je výrobca kotlov povinný ku kotlu dodávať ochranné rukavice.

2. VYŠĽAHNUTIE PLAMEŇA PRI DOPĹŇANÍ PALIVA

Za účelom doplnenia paliva do zásobníka kotla sa musia otvoriť prikladacie dvierka, následkom čoho môže byť vyšľahnutie plameňa a následné popálenie obsluhy alebo zapálenie materiálov nachádzajúcich sa v blízkosti kotla. Príčinou tejto rizikovej situácie je nedostatočné vyvetranie zásobníka paliva alebo príliš rýchle utlmenie horenia kotla, kedy dôjde ku zhasnutiu plameňa. Výsledkom tejto situácie môže byť vznietenie spalín nahromadených v násypnej šachte a následné vyšľahnutie plameňa z kotla. Palivo je vhodné prikladať do kotla ešte pred jeho celkovým vyhorením, lebo pri dopĺňaní paliva do kotla, v ktorom sa nachádza už len malé množstvo nezhoreného kuriva, je toto nebezpečenstvo väčšie.

Každý výrobca teplovodných kotlov na tuhé palivo, by mal v návode na obsluhu venovať časť, ktorá by popisovala postup, ako predísť prípadne eliminovať nebezpečenstvo popálenia pri prípadnom uniknutí spalín z otvorených prikladacích dvierok.

3. VZNIETENIE A VYHORENIE USADENÝCH SADZÍ V KOMÍNE

Podstata spaľovania drevosplyňujúcich kotlov spočíva v tom, že horí drevoplyn uvoľnený z drevnej hmoty pri teplote 150 – 600 °C a nie samotné drevo. Problémom je, že komín určený na odvod spalín nemá potrebnú výšku a priemer, ktoré by zodpovedali typu a veľkosti kúreniska, od čoho závisí aj jeho ťah. Medzi ďalší problém sa zaraďuje aj nevhodné materiálové vyhotovenie komína. Samotné technické požiadavky drevosplyňujúcich kotlov na komínovú techniku sú spojené s prílišnou tvorbou sadzí, resp. prílišným dechtovaním komína. Za elimináciu týchto rizík je zodpovedná dokonalosť spaľovania. Pri nedokonalom spaľovaní, kedy je proces horenia regulovaný prívodom spaľovacieho vzduchu v závislosti od momentálnej potreby tepla, dochádza k zvýšenej tvorbe sadzí v komíne.

Pri pomalom horení dreva a pri nízkej teplote dochádza k tvorbe dechtu a organických pár, ktoré v kombinácii s vlhkosťou vytvárajú kreozot, čo je látka usadzujúca sa na stenách komína. Usadený kreozot je základným zdrojom vzniku požiarov komínov. Za tvorbu kreozotu je zodpovedná zlá kvalita dreva, komínový ťah a veľkosť vykurovacieho zariadenia.

Na dosiahnutie prevencie pred vyhorením sadzí v komínovom telese, je potrebné komín pravidelne pred začatím vykurovacej sezóny dať vymiesť, čím sa očistí od usadených sadzí a zabráni sa tak požiaru v komíne a jeho rozšíreniu. Veľmi dôležitou súčasťou eliminácie požiaru komínového telesa je aj jeho konštrukčné vyhotovenie a spôsob kúrenia v spotrebiči, pričom, ale každý komín musí mať teplotnú odolnosť voči vyhoreniu sadzí 1000 °C.

4. PRASKNUTIE ZVAROV KOTLOVÉHO TELESA

V vorme EN 287-1 a EN 287-2 sú popísané podmienky, ktoré musia spĺňať zvary, nachádzajúce sa na kotlovom telese. Udáva prídavné zváracie materiály, zváracie spoje, procesy pre dané hrúbky materiálu a tiež predpisuje potrebné hrúbky stien podľa druhu použitého materiálu. Keďže teplovodný kotol je tlaková nádoba, všetky zváračské práce, ktoré sa na ňom nachádzajú musia byť veľmi kvalitné.

Pri nedodržaní nariadení vyplývajúcich z normy, môžu na kotloch vzniknúť defekty rôzneho charakteru. Treba sa vyhýbať kútovým zvarom, lemovým zvarom a podobným zvarovým spojom v miestach, kde pri výrobe a prevádzke nastávajú veľké ohybové namáhania. Počas prevádzky sú kotlové telesá namáhané tepelnou únavou v koróznom prostredí kotolnej vody a pary. Vplyvom tepelnej rozťažnosti materiálov, pôsobia na všetky zvary kotlového telesa axiálne, resp. šmykové napätia. Vo zvaroch, ktoré vznikajú technikou ručného oblúkového zvárania, sa vyskytujú defekty výrobného pôvodu, predovšetkým sa jedná o neprievar koreňa, zavarenú trosku, studené spoje medzi húsenicami a studené spoje na strane kotlového telesa. Trhliny vznikajú v dôsledku dlhodobej prevádzky a ich vznik je do značnej miery závislý na výskyte výrobných defektov. Pre posúdenie vzniku trhlín, predikcii ďalšieho vývoja a prijatí adekvátnych opatrení je dôležité poznať veľkosť a rozloženie defektov vo zvare a napätosť zvarového spoja. Tieto nedokonalosti sa odstraňujú obrusovaním materiálu poškodeného trhlinami, ktorý sa vyvára do pôvodného tvaru. Vhodnejším spôsobom opravy trhlín je zosilnenie zvaru.

Každý vyrobený kotol sa musí podrobiť 24-hodinovej tlakovej záťažovej skúške, kedy sa zisťuje kvalita zvarov kotlového telesa, ako i tesnosť a skúške preťaženia. Ak kotlové teleso úspešne prejde tlakovou skúškou, prípadne skúškou preťaženia, mali by byť zvary kvalitné.

5. POŠKODENIE KOTLOVÉHO TELESA V DÔSLEDKU NÍZKOTEPLOTNEJ KORÓZIE

Najvhodnejšie palivo na zabezpečenie dobrých prevádzkových parametrov u teplovodných kotloch na

tuhé palivá je také, ktoré je suché a jeho vlhkosť je do 20%. Čím suchšie palivo sa v kotle spaľuje, tým vyššiu účinnosť kotol dosahuje a zároveň sa predlžuje aj jeho životnosť. Prevádzka kotla je najhospodárnejšia, keď pracuje približne na 80% svojho maximálneho výkonu. Čím viac je kotol predimenzovaný, tým dlhšie musí byť prevádzkovaný na nižšie zaťaženie , čiže pri nižšej účinnosti. Pri nedodržaní vyššie uvedených zásad, môže byť kotol poškodený vplyvom nízkoteplotnej korózie.

Nízkoteplotná korózia vzniká v prípade poklesu teploty vratnej vody. Ak teplota poklesne, dochádza k nízkoteplotnej kondenzácii, pri ktorej sa síra obsiahnutá v palive premieňa na kyselinu sírovú a oxidy dusíka na kyselinu dusičnú. Tieto dve látky pôsobia na konštrukciu kotla veľmi korozívne. Tým sa znižuje jeho životnosť a rastú náklady na údržbu alebo opravy.

Riešením, ako predísť nízkoteplotnej korózii a maximálne využiť výkon kotla je doplniť do vykurovacej sústavy jednu alebo viac akumulačných nádrží a zmiešavacie zariadenie. Kotol sa tak bude môcť prevádzkovať na optimálny výkon, pričom sa prebytočné teplo akumuluje do nádrže a zmiešavacie zariadenie reguluje teplotu vykurovacej vody podľa vonkajšej teploty bez prekurovania objektu.

6. EXPLÓZIA V DÔSLEDKU NÁRASTU TLAKU NAD MAXIMÁLNU PREVÁDZKOVÚ HODNOTU

Veľmi dôležitým prvkom vykurovacieho systému je expanzná nádoba, ktorá musí byť dimenzovaná na príslušnú predpísanú bezpečnostnú rezervu pre konkrétny vykurovací systém. Jej význačnosť spočíva v tom, že zachytáva v systéme vykurovacie médium – vodu, ktorá vplyvom zvyšovania teploty zväčšuje svoj objem. Dodržaný musí byť i navrhnutý minimálny priemer poistného potrubia, ktoré prepája vykurovaciu sústavu s expanznou nádobou. Ďalej musí byť vykurovací systém doplnený poistným ventilom, ktorý má za úlohu vypustiť prebytočné médium zo systému pri zvýšení tlaku nad určitú medzu, aby sa tak predišlo roztrhnutiu systému v jeho najslabšom mieste. Väčšina poisťovacích ventilov pracuje na princípe jednej alebo viacerých pružín, ktoré pritláčajú záklopku k vypúšťaciemu otvoru. K otvoreniu ventilu dochádza pôsobením napätia pružín a tlaku, ktoré možno meniť, ale musia spĺňať hodnoty predpísané normou.

Výpadok elektrickej energie môže spôsobiť kritickú situáciu, lebo obehové čerpadlo zapojené v systéme prestane zabezpečovať dodávku vykurovacej vody z kotla do vykurovacieho systému. Toto má za následok nárast teploty a tlaku vody v kotle, lebo vykurovacia voda prestane v systéme cirkulovať. Pri kotloch s automatickou prevádzkou, ktoré majú regulátor teploty, vymedzovač bezpečnej teploty a automatický podávač paliva, regulačné zariadenie zaznamená nárast teploty v kotle a dodávka paliva sa okamžite odpojí.

Ak vykurovací systém nedisponuje odpojiteľným systémom dodávky paliva, tzn. že sa jedná o vykurovací systém s kotlom na ručné dávkovanie paliva, musí byť konštrukcia kotla vybavená zariadením na rozptyl maximálneho tepelného výkonu. Jeho úlohou je ochladiť vykurovaciu vodu v kotle a zamedziť tak vzniku prípadných havarijných stavov. Norma pre tento typ vykurovacieho systému predpisuje bezpečnostné zariadenia, ako je bezpečnostný výmenník tepla, ktorý slúži na rozptyl prebytočného tepla, resp. bezpečnostná batéria. Keby nebol v kotle zabudovaný bezpečnostný výmenník, došlo by k prekročeniu maximálnej prevádzkovej teploty a súčasne i k prekročeniu maximálneho prevádzkového tlaku. V tejto situácii by musel zareagovať poistný ventil a vypustiť zo systému prebytočnú vodu, aby sa predišlo poškodeniu riadiacej jednotky, prípadne kotlového telesa.

7. PREHORENIE DO ZÁSOBNÍKA S PALIVOM A/ALEBO SAMOVZNIETENIE PALIVA V SKLADE

Palivo, ako je napríklad drevná štiepka alebo pelety, sú pri kotloch s automatickým riadením zo zásobníkov alebo skladov dopravované do kotla automaticky prostredníctvom závitovkových dopravníkov a podávačov. Existuje tu určité riziko, že sa oheň zo spaľovacej komory môže cez systém dopravníkov rozšíriť až do zásobníka/skladu s palivom. Aby sa takémuto riziku predišlo musia byť kúreniská s automatickým dávkovaním paliva vybavené bezpečnostnými zariadeniami proti spätnému zapáleniu. Tieto sú väčšinou umiestňované v priestore dopravníkového medzistupňa, medzi vynášací a dávkovací závitovkový dopravník. Zamedzujú rozšíreniu ohňa v prípade požiaru cez závitovkový dopravník až do skladu s palivom.

Existuje niekoľko bezpečnostných systémov, ktoré by mali predchádzať rozšíreniu ohňa cez dopravné cesty do zásobníka s palivom:

- *bezpečnostný systém proti spätnému zapáleniu s protipožiarnou vodou*

V prípade prekročenia kritickej teploty nameranej snímačom teploty v dávkovacom dopravníku, sa automaticky otvorí zásobník vody a zaplaví závitovkový dopravník pre dávkovanie paliva. Môže vzniknúť situácia, že sa prívod protipožiarne vody neotvorí, preto ho je dobré kombinovať s iným bezpečnostným systémom, ako je napr. systém s uzatváracou klapkou alebo turniketovým systémom.

- *bezpečnostný systém proti spätnému zapáleniu s uzatváracou klapkou*

Uzatváracia klapka je ovládaná termomechanickým ovládačom bez napojenia na elektrický prúd. Pri tomto bezpečnostnom systéme môže nastať situácia, že sa klapka nezatvorí dokonale dôsledkom usadenín, ktoré vznikli pri prevádzke vykurovacieho systému alebo poruchou snímača teploty. Ako ďalší prvok bezpečnostného systému sa na odstránenie takejto situácie môže použiť turniket.

- *bezpečnostný systém proti spätnému zapáleniu s turniketom*

Je to najčastejšie používaný bezpečnostný systém, pretože sa zaobíde bez snímača teploty a dopravná cesta je v tom prípade stále uzatvorená. Nevýhodou tohto systému, je ale možnosť zablokovania dodávky paliva v dôsledku uviaznutia cudzieho telesa v rotačnom mechanizme.

Na dosiahnutie optimálneho bezpečnostného systému proti spätnému prehoreniu paliva do zásobníka, by mal byť systém vytvorený kombináciou všetkých troch vyššie uvedených bezpečnostných zariadení. Kombinácia bezpečnostných systémov sa ale v praxi vyskytuje zriedkavo, pretože to spôsobí ďalšie zvýšenie ceny vykurovacieho systému.

K samovznieteniu uskladneného tuhého paliva na báze celulózy môže dôjsť jeho dlhodobým kontaktom s horúcim predmetom, čo spôsobí naakumulovanie takého množstva tepla, až môže nastať tepelné samovznietenie. Dosiahnutie teploty vznietenia a následného samovznietenia dreva môže byť aj následkom biochemických procesov, ktoré prebiehajú v dreve pri jeho skladovaní. Spúšťacími podmienkami sú vyhovujúca vlhkosť, a dostatočný objem materiálu, ktorý umožňuje akumuláciu tepla. Teplota samovznietenia záleží aj od druhu dreva. Najnižšiu má borové drevo, ktorého samovznietenie nastáva už pri teplote 80 °C.

Je veľmi dôležité nepodceňovať skladovanie palív, najmä ak je palivo nedostatočne suché a dodržiavať zásady požiarnej bezpečnosti pri skladovaní tuhých palív popísané v STN 92 0901. Pretože ak sa drevná masa uskladňuje pri vyššej vlhkosti, mal by mať sklad dostatočnú plochu, aby uskladnené palivo nebolo vo vysokej vrstve, zároveň by sa mal pravidelne kontrolovať a zabezpečiť dosušenie paliva. Týmito aktivitami je možné predísť samovznieteniu skladu paliva a následnému požiaru (Balcová, 2012).

Správne zapojenie teplovodného kotla do vykurovacieho systému, je proces, ktorý má za následok celkovú funkčnosť a životnosť tohto systému. Ľudia, v snahe ušetriť finančné prostriedky si kotol nedajú namontovať odborníkmi, čím ignorujú odporúčania od výrobcov o predpísaných konštrukčných zariadeniach. Nedbanlivosť takéhoto typu spolu s nepreštudovaním návodu na obsluhu, vedú k nesprávnej prevádzke vykurovacieho systému, čoho výsledkom môžu vzniknúť popísané riziká a krízové situácie. Úsilie ušetriť financie vedie k ich ešte väčšej investícii, ktorá je vyhradená na opravy. Predísť takýmto nežiaducim javom sa dá už pri vytváraní vykurovacieho systému, kedy je odporúčané, aby montáž vykonal kvalifikovaný personál, ktorý použije výrobcom odporúčané konštrukčné zariadenia. K ďalším eliminátorom patria aj revízne kontroly komína a bezpečnostné systémy, ktoré sú schopné zamedziť takýmto problémom.

8. ZAŤAŽOVANIE ENVIRONMENTU EMISIAMI VYPRODUKOVANÝMI PRI VYKUROVANÍ

Látky znečisťujúce ovzdušie, sú výsledkom viacerých procesov, medzi ktoré patrí aj spaľovanie alternatívnych palív. Vykurovanie teplovodnými kotlami na alternatívne palivá nezaťažuje životné prostredie veľkou tvorbou emisií, preto je dôležité, aby sa zvyšovalo ich energetické využitie oproti fosílnym palivám. Pre dosiahnutie zdravšieho environmentu je potrebné vylepšovať samotné konštrukčné riešenie teplovodných kotlov ako aj ich prevádzku. Dôležitou súčasťou zdokonaľovania, je aj vykonávať merania emisných limitov u zariadení slúžiacich na vykurovanie a ohrev vody, čiže kotlov.

Spaľovanie v teplovodných kotloch musí byť nielen bezpečné ale musí byť aj nízko emisné, pričom minimálny tepelný výkon nesmie byť väčší ako 30% menovitého tepelného výkonu teplovodného kotla. Pri teplovodných kotloch s ručným dodávaním paliva môže byť minimálna hodnota tepelného výkonu vyššia. Vtedy musí výrobca v technickej dokumentácii určiť, aké množstvo generovaného tepla je potrebné rozptýliť.

Z hľadiska tvorby emisií zohráva dôležitú úlohu množstvo spaľovacieho vzduchu a prevádzkovanie kotla, čo úzko súvisí s vykurovacím systémom. Malé množstvá spaľovacieho vzduchu spôsobujú nedokonalé spaľovanie za značnej produkcie toxického oxidu uhoľnatého a rôznych uhľovodíkov. Avšak, ani veľké množstvá prebytočného spaľovacieho vzduchu nemusia zabezpečiť dokonalosť spaľovania a navyše sú spojené s veľkou produkciou spalín, čím sa zvyšuje komínová strata.

Na overenie množstva vyprodukovaných látok znečisťujúcich prostredie, sa robia emisné skúšky kotlov. Pri skúškach na overenie vplyvu podmienok spaľovania paliva na produkciu emisií sa robia odbery pre meranie teploty spalín (komínová teplota) a zloženia spalín (CO, CO_2, O_2, NO_x). Hlavným predmetom

meraní je produkcie emisií ako sú oxidy dusíka, oxid uhoľnatý, oxid siričitý a tuhé znečisťujúce látky,

Oxidy dusíka vznikajú oxidáciou dusíka v závislosti na teplote plameňa, čo má vplyv aj na množstvo vznikajúcich oxidov dusíka. Existuje množstvo oxidov dusíka, avšak z hľadiska ľudského zdravia je najvýznamnejší oxid dusičitý NO_2. Oxidy dusíka spôsobujú fotochemický smog, ktorý vzniká v mestských oblastiach vplyvom slnečných lúčov, a ktorého súčasťou sú prevažne vysoké koncentrácie ozónu.

V atmosfére je **oxid uhoľnatý** veľmi stabilný, jeho oxidácia na oxid uhličitý vyžaduje niekoľko mesiacov až rokov. Doba zotrvania oxidu uhoľnatého v ovzduší sa odhaduje na 36 až 110 dní. V dôsledku premeny oxidu uhoľnatého na oxid uhličitý patrí medzi skleníkové plyny.

Tuhé znečisťujúce látky sú častice pevného a kvapalného materiálu zotrvávajúce určitý čas v ovzduší, ktoré unáša vietor a ich veľkosť je od niekoľko nanometrov po 0,5 mm. Tieto častice, ktoré znečisťujú atmosféru, škodlivo pôsobia na ľudské zdravie.

Častice, s veľkosťou pod 10 µm, ktorým je venovaná najväčšia pozornosť, pretože môžu prenikať do dýchacieho traktu sa rozdeľujú do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria častice o veľkosti pod 2,5 µm, ktoré vznikajú najmä pri spaľovaní uhlia a dreva a transformácie NO_x a SO_2 v atmosfére nukleáciou a premene organických látok.

Druhá skupina je tvorená časticami, ktorých veľkostná škála je od 2,5 do 10 µm. Ich hlavným pôvodcom je spaľovanie uhlia, emisie čiastočiek paliva a sadzí. Ich hlavnou zložkou je kryštalický materiál, oxidy kovov (kremík, hliník, titán, železo), $CaCO_3$. Výskyt týchto častíc je obmedzený na blízke okolie zdroja a zotrvávajú v ovzduší kratší čas.

Čím sú častice menšie, tým sú nebezpečnejšie. Častice nad 100 µm sa usádzajú veľmi rýchlo a do dýchacích ciest sa prakticky nedostanú. Ale častice s veľkosťou od 100 do 10 µm, sú zvyčajne zachytené v horných dýchacích cestách, kde zaťažujú samočistiacu schopnosť pľúc.

Veľmi nebezpečné sú častice PM2,5, ktoré sa usadzujú v hlboko v pľúcach a blokujú reprodukciu buniek. Tým vznikajú vhodné podmienky pre rozvoj vírových a bakteriálnych respiračných infekcií, ako aj postupný prechod akútnych zápalových zmien do chronickej fázy za vzniku chronickej bronchitídy (Müllerová, 2010 (a)).

Emisné limity pre tuhé znečisťujúce látky pochádzajúce z teplovodných kotlov, ktorých výkon je do 300 kW popisuje norma STN EN 303-5. V danej norme sú kotle roztriedené do troch tried podľa spôsobu dávkovania paliva, menovitého tepelného výkonu a od druhu paliva.

ZÁVER

Odolnosť teplovodného kotla proti tepelnému preťaženiu sa overuje pomocou skúšky bezpečnostnej prevádzky a skúšky menovitého a minimálneho tepelného výkonu spaľovacieho zariadenia. Medzi skúšky, ktorými sa ďalej hodnotia teplovodné kotle patrí aj skúška emisií, účinnosti a funkčná skúška na zariadenie pre odvod prebytkového tepla teplovodného kotla.

Zámerom konštrukcie teplovodných kotlov je dosiahnutie čo najnižších emisných limitov a najvyššieho výkonu a účinnosti, čo sa dá dosiahnuť účinným a dokonalým spaľovaním prchavej zložky paliva (najmä oxidu uhoľnatého) v sekundárnej zóne spaľovania, čo je podmienené dostatočným množstvom spaľovacieho vzduchu v spaľovacej tryske a aj jej konštrukčného riešenia. Pri nedostatočnom množstve spaľovacieho vzduchu v tryske by dochádzalo k vysokej produkcii emisných látok, znižovaniu účinnosti spaľovania a aj účinnosti tepelného výkonu, pretože by z kotla spolu s oxidom uhoľnatým bola odvádzaná aj spáliteľná zložka plynov vznikajúcich suchou destiláciou v kúrenisku. V prípade nízkej teploty vratnej vody dochádza k nízkoteplotnej kondenzácii vodných pár a spalín, ktorých produktom je kyselina sírová a kyselina dusičitá, ktoré na teleso výmenníka a na ostatné časti konštrukcie kotla pôsobia veľmi korozívne. Je veľmi dôležité aby kotly na splyňovanie biomasy boli prevádzkované pri tepelných výkonoch, ktoré sú čo najbližšie k menovitým tepelným výkonov a to nie len z ekonomického, ale hlavne z environmentálneho hľadiska.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] JANDAČKA, J. - MALCHO, M. - MIKULík, M.: Technológie pre prípravu a energetické využitie biomasy. Jozef Bulejčík, 010 01 Mojš, Žilina, 2007, s. 222, ISBN 978-80-969595-3-2.

[2] JANDAČKA, J. - MIKULÍK, M. 2007. Technológie pre zvyšovanie energetického potenciálu biomasy. Jozef Bulejčík, Žilina, 2007, s. 110, ISBN 978-80-969595-4-9.

[3] MIKULÍK, M. – JANDAČKA, J. 2009. Postupy správneho vykurovania. Jozef Bulejčík, Žilina 2009, s. 128, ISBN 978-80-969595-7-0.

[4] MIKULÍK, M. – MÜLLEROVÁ, J. 2009. Riziko přehřívaní kotle s ručním dávkovaním paliva v důsledku neodobírání tepla. Technológ, mimoriadne číslo, jún 2009, 1. ročník, s. 72-77, ISSN 1337-8996.

[5] MÜLLEROVÁ, J. - MIKULÍK, M. 2010. Technologické riziká pri prevádzkovaní kotlov na tuhé palivá. Košice, 2010, s. ISBN 978-80-970410-1-4.

[6] REITŠPÍS, J. a kol. 2009. Riziká spojené s prevádzkovaním kotlov na alternatívne palivá. V TRILOBIT odborný vedecký časopis. 1. číslo, december 2009, [cit. 2012-03-20]. Dostupné na: http://trilobit.fai.utb.cz/rizika-spojene-s-prevadzkovanim-kotlov-na-alternativne-paliva.

MODERNIZÁCIA TECHNICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY VÝSKUMNÉHO PRACOVISKA POŽIARNO-CHEMICKÉHO LABORATÓRIA

IVETA CONEVA[1]

Abstract — *On the soil of the Žilina University in cooperation more schools and private firms was made to call the project "Reconstruction and building up the technical infrastructure for research and development" of the operational programme research and development from the EU structural funds. For the Faculty of special engineering part of the project (activities) entitled Renewal of the research and development infrastructure Fire-chemical laboratory focusing on fire and explosion safety in transport" professionally were officials of the Department of fire engineering: Ing. Vladimir Mózer, PhD., Ing. Miroslava Vandlíčková, Ph.D., Ing. Iveta Coneva, Ph.D. and of the Department of technical sciences and computer science researcher Ing. Katarína Mäkká, PhD. Objective of the measure and the modernisation and upgrading of the technical infrastructure of the project is to research and development with an emphasis on increasing the capability of research and development institutions, including universities and colleges in the Slovak Republic, to cooperate effectively with research institutions in the EU and abroad, as well as with the social and economic entities through the transfer of knowledge and technology practice.*

Keywords *— the project, the research and development of the technical infrastructure, fire-chemical laboratory, fire protection, explosion safety*

Abstrakt *— Na pôde Žilinskej univerzity v spolupráci viacerých fakúlt a súkromnej firmy bol podaný projekt zameraný na výzvu „Obnova a budovanie technickej infraštruktúry výskumu a vývoja“ operačného programu Výskum a vývoj zo štrukturálnych fondov EÚ. Za Fakultu špeciálneho inžinierstva časť projektu (aktivity) pod názvom „Obnova výskumnej a vývojovej infraštruktúry Požiarno-chemického laboratória so zameraním na požiarnu a protivýbuchovú bezpečnosť v doprave“ odborne zastrešovali pracovníci Katedry požiarneho inžinierstva: Ing. Vladimír Mózer, PhD., Ing. Miroslava Vandlíčková, Ph.D., Ing. Iveta Coneva, Ph.D., a odborná pracovníčka Katedry technických vied a informatiky Ing. Katarína Mäkká, PhD.*

Cieľom opatrenia a tým aj projektu je modernizácia a skvalitňovanie technickej infraštruktúry výskumu a vývoja s dôrazom na zvýšenie schopnosti inštitúcií výskumu a vývoja, to znamená aj univerzít a vysokých škôl v SR, efektívne spolupracovať s výskumnými inštitúciami v EÚ a v zahraničí, ako aj so subjektmi spoločenskej a hospodárskej praxe prostredníctvom transferu poznatkov a technológií.

Kľúčové slová *— projekt, výskum a vývoj technickej infraštruktúry, požiarno-chemické laboratórium, protipožiarna ochrana, protivýbuchová bezpečnosť*

1. ANALÝZA POTRIEB AKTIVITY PROJEKTU

Impulzom pre vznik celého predkladaného projektu v rámci Žilinskej univerzity, a najmä časti odborne zastrešovanej Fakultou špeciálneho inžinierstva a to konkrétne odborníkmi z Katedry požiarneho inžinierstva bola skutočnosť, že v rámci Slovenskej republiky v súčasnosti neexistuje vedecko-výskumné pracovisko, ktoré umožňuje komplexný výskum požiarno-technických [1],[2] a výbuchových parametrov látok a materiálov [3] vyskytujúcich sa v oblasti dopravy, ale aj iných oblastí hospodárstva [4], [5], [6], [7], [8]. Preto realizácia predkladaného projektu prispeje k vytvoreniu unikátneho vedecko-výskumného pracoviska, jediného svojho druhu v Slovenskej republike a jedného z mála v Európe. Výskum bude zameraný na skúmanie nových, ako aj prevádzkovo opotrebovaných materiálov, za účelom overovania súboru ich vlastností počas celej doby životného cyklu.

Cieľom časti predkladaného projektu je v rámci výskumného pracoviska **Požiarno-chemického laboratória (PCHL)** obnoviť a skvalitniť prístrojové a technické vybavenie laboratória zameraného na výskum problematiky požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti v doprave [1-8], Hlavné zameranie projektu vzhľadom k vecným prioritám

[1] Ing. Iveta Coneva, Ph.D., Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva,ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika, tel.kancel.:041/513 6755,mobil:0905636015,e-mail:iveta.coneva@fsi.uniza.sk

Dlhodobého zámeru štátnej vednej a technickej politiky do roku 2015 je sústredené na nasledovné ciele:

- zvýšenie účasti vedy a techniky na celkovom rozvoji Slovenskej republiky,
- zvýšenie záujmu mladých ľudí o prácu vo výskume a vývoji,
- zlepšenie spolupráce medzi jednotlivými sektormi výskumu a vývoja,
- zvýšenie využívania výsledkov výskumu a vývoja v hospodárskej a spoločenskej praxi.

"1.1 Obnova výskumnej a vývojovej infraštruktúry Požiarno-chemického laboratória (PCHL) so zameraním na požiarnu a protivýbuchovú bezpečnosť v doprave" je názov jednej z hlavných aktivít projektu a názov špecifického cieľa projektu je **"Modernizácia výskumnej a vývojovej infraštruktúry a prístrojového vybavenia".** Všetky ciele a aktivity predkladaného projektu sú plne v súlade s cieľmi výzvy OPVaV-2013/1.1/02-SORO Obnova a budovanie technickej infraštruktúry výskumu a vývoja [8]. Obstaranie modernejšieho prístrojového a laboratórneho vybavenia umožní výrazné zvýšenie možností realizácie konkrétnych výskumných úloh a cieľov, samozrejme to závisí od schválenia daného projektu a od jeho reálneho rozpočtu. Prepojenie pracovísk pomôže skvalitniť medziľudské vzťahy nielen na profesionálnej ale aj na osobnej úrovni. Zakúpenie najmodernejších technológií umožní jednotlivým pracovníkom zapojeným do projektu integrovanú možnosť komunikácie, možnosť zdieľania výsledkov výskumu a vytvárania databáz, ktoré bude možné v budúcnosti prepojiť s niektorými európskymi či svetovými databázami výskumu v tejto oblasti. Spoločná práca vyústi v budúcnosti do viacerých projektov nielen na regionálnej či národnej úrovni, ale taktiež umožní vytváranie medzinárodných kontaktov a postupné zapojenie do medzinárodných projektov. Výsledky výskumu budú prezentované na domácich i zahraničných odborných a vedeckých podujatiach a budú publikované v domácich i v zahraničných vedeckých periodikách. Predpokladá sa, že s vylepšením metodickej časti výskumu sa významne zvýši aj možnosť prezentovania výsledkov v renomovaných karentových periodikách.

Modernizácia a skvalitňovanie technickej infraštruktúry výskumu a vývoja v prispeje k zvýšeniu schopnosti inštitúcií výskumu a vývoja efektívne spolupracovať s výskumnými inštitúciami v EÚ a v zahraničí, ako aj so subjektmi spoločenskej a hospodárskej praxe prostredníctvom transferu poznatkov a technológií. Navrhované modernizačné aktivity sú plne v zhode s oprávnenými aktivitami výzvy a to konkrétne v troch vecných témach výskumu a vývoja:

- Progresívne materiály a technológie.
- Bezpečnosť a obrana.
- Ochrana životného prostredia.

K naplneniu stanovených cieľov a ich udržateľnosti prispejú aj **výsledky projektu,** pretože zámerom je PCHL dlhodobo prevádzkovať ako výskumnú základňu. Všetky prístroje zakúpené v rámci realizácie projektu významným spôsobom obohatia výskum problematiky požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti v doprave [1-8]. **Realizácia aktivity** sa odrazí v:

- zvýšení záujmu doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov o výskum (možnosť pracovať s najmodernejšou technikou),
- zlepšení podmienok pre realizáciu výskumu,
- zvýšení možností publikovania v medzinárodne uznávaných periodikách v súvislosti s akceptáciou požadovanej úrovne metodiky výskumu,
- zvýšení možnosti porovnávania výsledkov výskumu na medzinárodnej úrovni,
- konkurencieschopnosti a prestíže pracoviska.

Výsledkom aktivity bude okrem vyvinutého zariadenia obnova infraštruktúry unikátneho pracoviska, ktoré bude po ukončení projektu slúžiť na riešenie komplexných úloh výskumu a vývoja a na vzdelávanie študentov a doktorandov v uvedenej oblasti. Znalosti získané na dobudovanom pracovisku umožnia absolventom štúdia uplatniť sa v špičkových vývojových a výrobných spoločnostiach v európskom priestore.

2. CIELE A OPIS AKTIVITY PROJEKTU

Hlavným cieľom spomínanej aktivity projektu je modernizácia súčasného Požiarno-chemického laboratória zameraná na [1-8]:

- technické a prístrojové vybavenie laboratória zahŕňajúce vybavenie na testovanie horľavých a výbušných vlastností širokého spektra materiálov,
- podporné príslušenstvo a vybavenie nevyhnutné pre prevádzku jednotlivých testovacích zariadení,
- modernizáciu informačno-komunikačnej technologickej základne potrebnej na zber, spracovanie a vyhodnocovanie experimentálne získaných údajov, a to za účelom zvýšenia bezpečnosti, predchádzania a riešenia krízových situácií v doprave (napr. únik nebezpečnej látky pri preprave, skladovanie horľavých pohonných látok, atď.).

Čiastkovými cieľmi sú [1-8]:

- rozšírenie existujúceho portfólia testovacích metód za účelom dosiahnutia súčasných medzinárodných trendov v oblasti bezpečnosti, ochrany zdravia a životného prostredia,
- skvalitňovanie a spresňovanie hodnotenia vlastností materiálov a látok podliehajúcich európskym predpisom o preprave nebezpečných látok ADR, RID, ADN a Dodatku 18 Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve,
- vytváranie progresívnych metód hodnotenia materiálov z hľadiska horľavosti a výbušnosti,

- posudzovanie požiarno-technických vlastností a výbušnosti materiálov s ohľadom na ochranu života, zdravia a životného prostredia,
- participácia na predchádzaní a riešení krízových situácií v oblasti dopravy a priemyslu prostredníctvom rozširovania informačnej základne týkajúcej sa vlastností prepravovaných a používaných materiálov,
- výskum v oblasti moderných materiálov využívaných v doprave za účelom zlepšenia ich požiarno-technických parametrov a potláčania výbušnosti.

Opis aktivity zahŕňa stanovenie požiarno-technických a výbuchových parametrov látok a materiálov vyskytujúcich sa v doprave, čo je dôležitým predpokladom pre dosiahnutie ich bezpečného využívania, manipulácie a prepravy. Z tohto pohľadu je tieto materiály možné rozdeliť na dve základné kategórie: materiály prepravované (napr. ropné produkty, nebezpečné látky, práškové substancie) a materiály obsiahnuté v komponentoch dopravných prostriedkov (plastické hmoty, polyuretánové peny, kompozitné materiály, prevádzkové náplne). Tieto parametre je možné stanoviť výlučne experimentálne s využitím špecializovaného technického a prístrojového vybavenia. Využitím štandardných a inovatívnych testovacích metód sa stanoví široké spektrum požiarno-technických a výbušných charakteristík látok a materiálov, na základe ktorých bude možné prijať adekvátne opatrenia vedúce k zvýšeniu úrovne bezpečnosti a ochrany v doprave. Riešenie tejto problematiky je významné nielen na národnej, ale aj celoeurópskej úrovni vychádzajúc z medzinárodných dohôd, ktorými je Slovenská republika ako člen Európskej únie viazaná [1-8].

Vstupy plánovanej **aktivity** budú [1-8]:

- súbor aktuálnych technických noriem a legislatívnych predpisov, ktoré definujú požiadavky na požiarno-technické a výbuchové parametre prepravovaných látok a materiálov využívaných v doprave (RID, ADR,...) a metódy ich stanovovania (normy EN, ISO...) [1]
- technické a prístrojové vybavenie na stanovovanie požiarno-technických charakteristík látok a materiálov (horľavosť, výhrevnosť, samovznietenie, kyslíkové číslo a iné) [1],
- technické a prístrojové vybavenie na stanovovanie výbuchových parametrov látok a materiálov (medze výbušnosti, minimálna iniciačná energia, maximálny výbuchový tlak a iné) [1],
- pomocné zariadenia na prípravu a kondiciovanie vzoriek a rozšírenie funkčnosti základných prístrojov (meranie hmotnosti, teploty, tepelného toku, hustoty a iných).
- informačno-komunikačné technológie potrebné na zber, analýzu a vyhodnocovanie nameraných hodnôt (zber dát pomocou datalogerov, počítačové vybavenie, obslužný a štatistický softwér).

Bude nevyhnutné zvoliť nasledovné **metódy a postupy**, kde bude dôležit [1-8]:

- Definovanie parametrov a požiadaviek na modernizáciu laboratória zameraného na výskum problematiky požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti v doprave.
- Obnova existujúceho a doplnenie nového technického a prístrojového vybavenia (testovacie zariadenia na stanovovanie parametrov horľavosti a výbušnosti) za účelom vytvorenia moderného konkurencie schopného výskumného pracoviska európskeho významu.
- Vytvorenie metodických postupov na stanovovanie jednotlivých požiarno-technických a výbuchových parametrov, vychádzajúc z požiadaviek aktuálnych technických noriem a legislatívnych predpisov.
- Vypracovanie návrhu nových progresívnych metód, ktoré skvalitnia hodnotenie materiálov v doprave z hľadiska bezpečnosti.
- Experimentálne stanovovanie požiarno-technických a výbuchových parametrov prepravovaných materiálov a materiálov obsiahnutých v komponentoch dopravných prostriedkov.
- Identifikovanie látok a materiálov, ktoré z hľadiska požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti v doprave predstavujú najväčšie riziká a návrh adekvátnych bezpečnostných opatrení.

Výstupmi plánovanej **aktivity** bude technické a prístrojové vybavenie laboratória a podporné príslušenstvo a vybavenie nevyhnutné pre prevádzku jednotlivých testovacích zariadení.

Na základe návrhu projektu a špecifikácii v rozpočte bude obstarané:

- technické a prístrojové vybavenie laboratória zahŕňajúce vybavenie na testovanie horľavých a výbušných vlastností širokého spektra materiálov,
- podporné príslušenstvo a vybavenie nevyhnutné pre prevádzku jednotlivých testovacích zariadení.

Modernizácia výskumnej a vývojovej infraštruktúry a prístrojového vybavenia PCHL bude kompletne zabezpečená prostredníctvom dodávateľa, ktorý bude vybraný v súlade so zákonom o verejnom obstarávaní v znení neskorších predpisov prostredníctvom odborne spôsobilej osoby. Výber sa uskutoční na základe kritérií požadovaných vlastností, pri posúdení ktorých sa bude prihliadať na vlastné skúsenosti pracovníkov z týmto výskumom a skúsenosti s podobnými prístrojmi v domácich laboratóriách, ako aj o skúsenosti získané počas pobytov v zahraničných renomovaných laboratóriách.

3. VÝSTUPY AKTIVITY PROJEKTU

Očakáva sa, že realizácia aktivity sa pozitívne odrazí na celkovej vyššej vedeckej úrovne pracoviska a v zlepšení podmienok pre realizáciu výskumu, súčasne sa

zvýši záujem doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov o výskum (možnosť pracovať s najmodernejšou technikou), možnosť porovnávania výsledkov výskumu na medzinárodnej úrovni, možnosť publikovania v medzinárodne uznávaných karentových periodikách v súvislosti s akceptáciou požadovanej úrovne metodiky výskumu. Realizácia predkladaného projektu tak bude mať priamy dopad na všetkých účastníkov výskumu v danej oblasti v SR a nepriamy dopad a to konkrétne regionálny, ktorý môže byť charakterizovaný napr. cez zvýšenie kvality a komplexnosti výsledkov výskumu a globálny napr. cez spoluprácu na programoch EU napr. 7RP EÚ. Očakávané **výstupy aktivity projektu** budú nasledovné [1-8]:

- Inovácia a dobudovanie technickej infraštruktúry s cieľom vytvorenia unikátneho vedecko-výskumného pracoviska jediného svojho druhu v Slovenskej republike a jedného z mála v Európe, umožňujúceho komplexný výskum požiarno-technických a výbuchových parametrov látok a materiálov vyskytujúcich sa v oblasti dopravy. Výskum bude zameraný na nové, ako aj prevádzkovo opotrebované materiály, za účelom overovania ich vlastností počas celej doby životnosti.
- Ucelený súbor experimentálne získaných dát a informácií týkajúcich sa požiarno-technických a výbuchových parametrov
- Novo navrhnuté progresívne metódy testovania horľavosti a výbušnosti materiálov v doprave, ktoré povedú k ďalšiemu zvýšeniu bezpečnosti pri prevádzke a preprave.
- Užšia spolupráca so špecializovanými pracoviskami univerzity v oblasti forenznej praxe.
- Využitie pracoviska v rámci medzifakultnej a medziuniverzitnej spolupráce (pedagogický proces, grantové úlohy), ako aj pri riešení medzinárodných vedecko-výskumných projektov (napr. 7.RP EÚ - 7. Rámcový program Európskej únie).
- Publikácie v renomovaných domácich a zahraničných vedeckých periodikách a na konferenciách, podklady pre doplnenie existujúcich a tvorbu nových bezpečnostných, technických a legislatívnych predpisov.

ZÁVER

V rámci celého Slovenska a z celouniverzitného pohľadu, taktiež fakultného významu sa v rámci realizácie projektu a taktiež po jeho realizácií rozšíri spektrum vedecko-výskumných aktivít v oblasti komplexného hodnotenia bezpečnosti dopravy, samozrejme predpokladom je úspešné schválenie projektu. Vzhľadom na osobitosť možností pracoviska po modernizácii sa výrazne zvýšia predpoklady na zapojenie sa do riešenia domácich a medzinárodných projektov z praxe, alebo prostredníctvom grantových schém. Výsledky vedecko-výskumnej činnosti realizovanej v laboratóriách požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti v doprave budú zároveň poskytovať podklady na publikačnú činnosť v renomovaných domácich a zahraničných periodikách. Výstupy budú zároveň nachádzať široké uplatnenie v praxi, pri hodnotení požiarnej a protivýbuchovej bezpečnosti pri preprave nebezpečných látok podľa požiadaviek vyplývajúcich z medzinárodných predpisov ADR, RID a ďalších. Nezanedbateľnou súčasťou praktických výstupov bude aj testovanie horľavosti a výbušnosti materiálov obsiahnutých v komponentoch dopravných prostriedkov pre potreby výrobcov a prevádzkovateľov dopravných prostriedkov, ako aj pre forenznú prax.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] CONEVA, I., 2009: Problematika horenia a požiaru tuhých, polymérnych materiálov so zameraním sa na vybraté celulózové materiály, časť 1. *In: Krízový manažment = Crisis management, roč.8, č.1,* Žilina: Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva, 2009, s.8-18, ISSN 1336-0019

[2] CONEVA, I., 2009: Problematika horenia a požiaru tuhých, polymérnych materiálov so zameraním sa na vybraté celulózové materiály, časť 2. *In: Krízový manažment = Crisis management, roč.8, č.2,* Žilina: Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva, 2009, s.8-17, ISSN 1336-0019

[3] VANDLÍČKOVÁ, M.,2012: Stále aktuálne nebezpečenstvo výbuchu priemyselných prachov. *In: Advances in Fire & Safety Engineering 2012: [CD: zborník príspevkov z 1. medzinárodnej vedeckej konferencie]:* Zvolen 15.-16. november 2012. Zvolen: Technická univerzita, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany a PTEÚ MV SR Bratislava 2012. ISBN 978-80-228-2374-6. s. 320-329.

[4] MÓZER, V., OSVALD, A., 2012: Požiarne inžinierstvo ako metóda navrhovania požiarnej bezpečnosti. *In: Advances in Fire & Safety Engineering 2012: [CD: zborník príspevkov z 1. medzinárodnej vedeckej konferencie]:* Zvolen 15.-16. november 2012. Zvolen: Technická univerzita, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany a PTEÚ MV SR Bratislava 2012. ISBN 978-80-228-2374-6. s. 211-223.

[5] CONEVA, I., 2012: Likvidácia únikov nebezpečných látok pri dopravnej nehode s využitím sypkých sorbentov. *In: Požární ochrana 2012 : XXI. ročník mezinárodní vedecké konference:* VŠB-TU 5.-6. září 2012,recenzované periodikum, sborník přednášek [elektronický zdroj-CD] : Ostrava: SPBI se sídlem VŠB - TU, 2012, s. 32-34, ISBN 978-80-7385-115-6, ISSN 1803-1803

[6] CONEVA, I., 2013: Kontaminácia pôdy ropnými látkami a následná dekontaminácia za pomoci sorbentu. *In: Ochrana-obyvatelstva-DEKONTAM 2013: XII. ročník mezinárodní vedecké konference:* VŠB-TU, FBI, 29..-30. leden 2013, recenzované vedecké periodikum, sborník přednášek [elektronický zdroj-CD] : Ostrava: SPBI se sídlem VŠB - TU, 2013, s. 14-18, ISBN 978-80-7385-122-4, ISSN 1803-7372

[7] MÄKKÁ, K., LEITNER, B., 2012: Modelovanie následkov mimoriadnych udalostí pri úniku nebezpečných látok. *In: LOGVD - 2012 Dopravná logistika a krízové situácie: [zborník 15. vedecko-odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou]*: Žilina 20.-21. september 2012. Žilina: Žilinská univerzita, 2012. ISBN 978-80-554-0589-6. s. 195-202.

[8] http://www.asfeu/operacny-program-vyskum-a-vyvoj/výzva/

POŽIAR VÝROBNEJ HALY NA VÝROBU BALIACEJ TECHNIKY

PETER IVAN [1], ŠTEFAN GALLA[2], JOZEF NEMEC[3]

Dňa 14.1.2010 v čase približne o 13,30 h vznikol požiar vo výrobnej hale v objekte firmy zaoberajúcou sa výrobou baliacou technikou. Požiar spozorovala pracovníčka zdržiavajúca sa na svojom pracovisku v priestoroch prevádzky na výrobu predpeneného polystyrénu. Následne bol o 13,36 h požiar telefonicky ohlásený na HS OR HaZZ v Galante. Znázornený na obrázku č. 1 a č. 2.



Obr. 1.: Pohľad na požiarom poškodenú výrobnú halu



Obr. 2.: Pohľad na požiarom poškodenú výrobnú halu

Požiar vznikol na druhom nadzemnom podlaží na technologickej plošine v priestoroch výroby predpeneného polystyrénu, kde sa nachádzali dva výrobné stroje - expandre a zásobníky na dozrievanie polystyrénu - silá, znázornené na obrázku č. 3.



Obr. 3.: Expandre a zásobníky

Po vznietení a uvoľnení sa polystyrénového granulátu, ktorý sa nachádzal vo veľkokapacitných silách na plošine, sa oheň rozšíril na ďalšie zariadenia a priestory výrobnej haly. Najviac zasiahnuté a zničené požiarom boli dva expandre A a B na výrobu predpeneného polystyrénu, silá na dozrievanie polystyrénu, potrubné rozvody pneumatickej dopravy polystyrénu, ďalšie technologické zariadenia vo výrobni polystyrénu, elektrická inštalácia a strecha nad výrobňou polystyrénu. Požiarom zasiahnuté a v rôznom rozsahu poškodené boli technologické zariadenia a lisy na výrobu baliacich výrobkov z polystyrénu, nachádzajúce sa v priestoroch haly. Uvedené priestory bezprostredne nadväzujú na výrobňu polystyrénu. Požiarom boli zasiahnuté aj priestory sušiarne hotových výrobkov na prvom nadzemnom podlaží pod výrobňou polystyrénu. Ďalšie objekty, zariadenia a materiál v priestoroch skladov bezprostredne nadväzujúcich na výrobnú prevádzku neboli požiarom zasiahnuté, resp. boli zasiahnuté len čiastočne. Poškodené bolo plechové opláštenie haly vrátane tepelnej izolácie. Oceľové nosné konštrukcie boli z časti zdeformované pôsobením vysokej teploty predovšetkým v mieste vzniku požiaru a v jeho blízkosti. Pri požiari nebola usmrtená žiadna osoba, jednej osobe bola poskytnutá lekárska pomoc.

[1] Peter Ivan, mjr. Ing., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, Rožňavská 11, 831 04, Bratislava Autor 1

[2] Štefan Galla, mjr. Ing. PhD., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, Rožňavská 11, 831 04, Bratislava Autor 2

[3] Jozef Nemec, mjr. Ing. PhD., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR, Rožňavská 11, 831 04, Bratislava Autor 3

Výška priamej škody bola vyčíslená na 1,56 mil. €. Uchránené boli hodnoty vo výške 1,2 mil. €.

Ako prvá na požiarisku zasahovala jednotka z HaZZ HS v Galante. Vzhľadom na rýchle šírenie a intenzitu požiaru bola vyžiadaná pomoc. Postupne boli povolané a zasahovali jednotky z Trnavy, Dunajskej stredy, Šale a Serede. Monitorovanie ovzdušia zabezpečovala jednotka KCHL z Nitry. Pri zásahu bola použitá výšková technika. Zriadená bola kyvadlová doprava vody z HS v Galante. Celkovo sa zásahu zúčastnilo 28 príslušníkov s 9 kusmi techniky. Požiar bol lokalizovaný dňa 14.1.2010 o 15,05 h a zlikvidovaný toho istého dňa o 16,04 h.

Jednalo sa o zateplenú oplechovanú halu výrobnej prevádzky a je súčasťou stavebného objektu SO 01. Má obdĺžnikový pôdorys s rozmermi 80,5 x 24 m a výškou 12,0 m. Pozostáva z oceľovej nosnej konštrukcie a pozdĺž strednej časti má vyvýšenú technologickú plošinu na úrovni +3 m. Stavebne je riešená ako jednopodlažná nadzemná stavba s mierne sedlovou strechou z trapézového plechu. Nosná strešná konštrukcia je zvarená z oceľových nosníkov. Na streche sa nachádzajú odvetrávacie prieduchy a svetlíky orientované kolmo na pozdĺžnu os haly. Obvodový plášť z trapézového plechu má izoláciu z tepelnoizolačných panelov na báze PUR. Prístup na technologickú plošinu je riešený schodmi z lisovne a z násypnej plošiny, na ktorú vedú oceľové schody so zábradlím. Podlaha v hale je betónová, technologická plošina mala podlahu z betónovej vrstvy na oceľových zváraných platniach.

Rozvody elektrickej energie v hale slúžili k napájaniu elektrických zariadení strojov a osvetlenia haly. Lávky elektrických rozvodov boli kotvené na oceľových nosných konštrukciách a na stenách haly. Osvetlenie priestorov bolo zabezpečené podstropnými závesnými výbojkovými svietidlami, v prízemných priestoroch boli nainštalované žiarivkové svietidlá. Výrobné priestory boli temperované prebytočným teplom uvoľneným pri technológii výroby polystyrénu. Pod technologickou plošinou bola sušička hotových polystyrénových výliskov, na ktorú bezprostredne nadväzovala baliareň. Z vonkajšej strany haly bola prístavba strojovne sušičky. Časť výrobných, skladových a vonkajších priestorov bola monitorovaná kamerovým systémom. Iné bezpečnostné systémy (EPS, EZS) neboli v poškodenom objekte nainštalované. Objekt bol vybavený bleskozvodom.

Na technologickej plošine vo výrobni polystyrénu boli nainštalované dva stroje - expandre slúžiace na napeňovanie práškového polystyrénu, ktorý slúži na výrobu obalových tvaroviek určených na ochranu priemyselných výrobkov pri ich transporte a manipulácii. Základný práškový materiál v balení po 1100 kg sa navážal vysokozdvižnými vozíkmi na násypnú plošinu. Do expandrov sa po vážení dopĺňal cez dve násypky situované na úrovni technologickej plošiny. Polystyrén napenený parou sa pneumaticky dopravoval do dozrievacích síl umiestnených na technologickej plošine. V centrálnej časti technologickej plošiny vo výške +3,0 m bolo umiestnených dvadsať síl s horným plnením. Umiestnené boli v štyroch radoch kolmých na pozdĺžnu os haly, v každom rade bolo päť síl. Prevzdušnené hore otvorené silá z umelej tkaniny boli uchytené v oceľovej zváranej konštrukcii. V dolnej časti boli napojené na potrubný rozvod. Zo síl sa polystyrén po dozretí dopravoval pneumatickým rozvodom do menších zásobníkov umiestnených na plošine na rozhraní so susediacou lisovňou. Dopravu zabezpečovali dve vývevy - vákuové čerpadlá poháňané samostatnými elektromotormi. Z menších zásobníkov sa materiál distribuoval do autonómnych zásobníkov lisov umiestnených v dvoch radoch na vyvýšenej plošine haly na úrovni +3,0 m. V lisoch sa z polystyrénu robili výlisky. Po vypadnutí výlisku do priestoru na prízemí pod lisom obsluha presunula hotové výrobky na vozíčkoch do sušičky, odkiaľ boli po vysušení premiestnené do baliarne. Po zabalení do fólie boli dopravené po valčekových dopravníkoch do nadväzujúceho skladu a umiestnené na paletách. Na manipuláciu s paletami sa používali vysokozdvižné vozíky.

Dňa 14.1.2010 pred vznikom požiaru v prevádzke na výrobu baliacich prostriedkov pracovalo približne 20 pracovníkov na rôznych pracoviskách. Pracovná zmena trvá od 06,00 h do 18,00 h. V dopoludňajších hodinách sa dvaja majstri pohybovali na plošine s lismi, ďalšie pracovníčky na prízemí obsluhovali lisy. Obsluhu expandrov a kontrolu prebiehajúceho výrobného procesu až po napĺňanie zásobníkov lisov sledovala na mieste jedna pracovníčka. Ďalšie osoby sa zdržiavali v baliarni, resp. v sklade (obrázok č. 4).



Obr. 4.: Pohľad do skladu hotových výrobkov

V predpoludňajších hodinách sa súčasne vykonávali údržbárske práce v priestore expandrov, lisov a násypnej plošiny. Od 09,00 h údržbári opravovali elektrický motorček na plošine medzi silami a expandrom B. O 09,30 h vedúci údržby vykonával zváračské práce v priestore lisu č. 12 - ľavý krajný lis v druhom rade na plošine lisov. Pracovníčka sledujúca výrobný proces sa po obede v čase po 13,00 h zdržiavala na svojom pracovisku pri stolíku medzi expandrom B a silami. V bližšie neuvedenom čase spozorovala vznik požiaru podľa vlastného popisu ako ohnivú guľu v priestore sila označeného 9b na priloženom náčrtku. V tom čase tam nevidela pohybovať sa žiadnu osobu. Zakričala menom na jedného z troch údržbárov, že horí a vybehla cez násypnú plošinu a schody na voľné priestranstvo mimo haly.

Po obedňajšej prestávke približne od 13,00 h vykonávali traja pracovníci údržby práce na násypnej plošine a v priestore výrobne polystyrénu. V rámci údržby robili montáž oddeľujúcej priečky - plechovej steny medzi násypnou plošinou a výrobnými priestormi s expandrami a silami na polystyrén. Rozmery plechov upravovali pomocou elektrickej „karbobrúsky“. Plechovú stenu upevňovali na oceľové konštrukcie samoreznými skrutkami. Počas prác počul vedúci údržby volať pracovníčku výroby polystyrénu, že horí. Po vbehnutí do výrobne polystyrénu spozoroval, že na sile označenom na náčrtku 3b sa vytvoril otvor a horiaci materiál sa vysypal zo sila na podlahu, po ktorej sa šíril do ďalších priestorov prevádzky. Potom pomohol obsluhujúcej pracovníčke opustiť ohrozený priestor a zbehol z plošiny hasiť oheň zdola z prízemia lisovne. Na hasenie boli použité prenosné hasiace prístroje a voda z vnútorného hydrantového rozvodu. Následne boli privolané jednotky HaZZ.

V priebehu doobhliadky požiariska vedúci údržby potvrdil vŕtanie a montáž plechových dielcov v zadnej časti násypnej plošiny počas pracovnej zmeny dňa 14.1.2010. V prednej časti násypnej plošiny pod oknom vľavo od prístupových schodov sa našli pri obhliadke zvyšky zhorenej elektrickej rozbrusovačky. Na plošine pred vyústením schodov boli rozsypané zváracie elektródy. Vpravo od schodov za nízkou oddeľovacou plechovou stenou sa na podlahe nachádzali zvyšky elektrickej prenosnej zváračky so zváracími káblami vybavenými ukostrovacími a zváracími kliešťami. V blízkosti zváračky sa nachádzalo železné kladivo, zhorená podložka, resp. miska so samoreznými skrutkami, požiarom poškodený hliníkový rebrík a spečené plastové zvyšky rozbočovacej trojzásuvky, v ktorej bola zapojená prívodná elektrická šnúra zváračky. Okrem zváračky boli v rozbočovacej trojzásuvke zapojené dve elektrické šnúry, ktoré viedli smerom k prvému napeňovaciemu stroju - expandru A. Jedna zo šnúr patrila k prenosnej predlžovačke. Zvyšky jej vodičov boli stočené na navijaku s kovovým rámom, ktorý bol nájdený v blízkosti expandra A. Druhá elektrická šnúra nezisteného určenia bola vo vzdialenosti niekoľkých metrov od rozbočovacej trojzásuvky prerušená a tiež viedla smerom k expandru A.

V blízkosti miesta s nájdenými zvyškami zváračky sa nachádzal oceľový dielec rúrkového profilu so štvorcovým prierezom, určený na privarenie k prahovej časti oceľovej konštrukcie plošiny. V uvedenom mieste bol prechod z násypnej plošiny do priestoru výrobne polystyrénu. Zhodný dielec bol vo výške približne 2 m v horizontálnej polohe čiastočne privarený na jednej strane k oceľovej profilovej stojine. Jeho druhý koniec bol voľný a končil pri druhej oceľovej stojine. Približne 3 m od zváračky bol na podlahe ďalší zhorený elektrický spotrebič, z ktorého bolo možné identifikovať elektromotor a niektoré kovové časti. Jeho plastové teleso bolo vplyvom teploty pri požiari úplne roztavené a plast tvoril povlak na jeho kovových konštrukciách - elektromotore, ventilátore a kovových častiach základne, z ktorej bolo možné identifikovať držiak s kolieskom podvozku. Prívodná šnúra nebola zapojená v elektrickom obvode. Nájdené ručné elektrické náradie vrátane zváračky zaistili príslušníci KEÚ PZ ako vzorky na laboratórne preskúmanie. Príslušníci PZ zaistili pevný disk z počítača so záznamom priemyselných kamier. Do termínu spracovania správy o výsledku požiarnotechnickej expertízy neboli k dispozícii výsledky z dekódovania záznamu kamier.

Pri zisťovaní miesta vzniku požiaru sa vychádzalo z rozsahu poškodenia zariadení a konštrukcií. Požiarom a splodinami horenia boli v rôznej miere zasiahnuté všetky vnútorné priestory výrobnej haly vrátane sušiarne, baliarne hotových výrobkov a čiastočne okraj susediacich skladových priestorov. Rozsah poškodenia zariadení vrátane lisov v lisovni sa zmenšoval so vzrastajúcou vzdialenosťou od výrobne polystyrénu. Požiar sa nerozšíril mimo priestor uvedenej haly v objekte SO 01. Oceľové nosné konštrukcie haly boli najviac zdeformované v mieste a okolí výrobne polystyrénu, nad ktorou sa strešná konštrukcia zrútila do vnútorných priestorov. Prakticky úplne zničená bola plošina výrobne polystyrénu so všetkými strojnými technologickými zariadeniami, dozrievacími silami, dopravnými trasami a rozvodmi energií, ďalej sušička hotových výrobkov pod výrobňou, strojovňa sušičky, zariadenia baliarne susediacej so sušičkou a technologické zariadenia pod násypnou plošinou.

Podľa výpovedí zamestnancov a vedúceho údržby a obsluhy z výrobne polystyrénu spozorovanie ohňa bolo identifikované na sile 3b, resp. 9b, ktoré spolu prakticky susedia. Potom sa požiar rozšíril na celú prevádzku výroby polystyrénu. Z hľadiska počtu dozrie-

vacích síl v danom priestore a miery ich naplnenia polystyrénom uvedenému zodpovedá aj rozsah deformácií oceľových konštrukcií vo výrobni a strešnej konštrukcie nad výrobňou. Miesto spozorovania prvého horenia sa nachádzalo niekoľko metrov od miesta výkonu zváračských prác medzi výrobňou polystyrénu a násypnou plošinou.

Vzhľadom na rozsah vyhorenia materiálov a stupeň poškodenia oceľových nosných konštrukcií a zariadení v danom priestore nebolo možné zistiť ohnisko vzniku požiaru. Na základe výsledkov obhliadky požiariska, predovšetkým rozsahu deformácií oceľových nosných konštrukcií, stupňa vyhorenia materiálov a preverenia vykonávaných činností pred vznikom požiaru, miesto vzniku požiaru sa nachádzalo v bližšie nezistenom priestore výrobne polystyrénu, pravdepodobne v jej centrálnej časti v blízkosti expandra A, prípadne dozrievacích síl, resp. priamo v niektorom zo síl 3b, alebo 9b.

Expertíznou skupinou neboli odobrané z požiariska vzorky na laboratórne preskúmanie. Pri zisťovaní príčiny vzniku požiaru sa vychádzalo z výsledkov obhliadky požiariska, miesta vzniku požiaru, z podkladov získaných v priebehu obhliadky požiariska, v čase spracovania správy o výsledku požiarnotechnickej expertízy a z informácií o vykonávaných činnostiach bezprostredne pred vznikom požiaru v blízkosti miesta jeho vzniku. Preverované boli nasledovné verzie príčiny vzniku požiaru:

- úmyselné konanie osoby, prípadne osôb,
- technická porucha na výrobnom, alebo inom zariadení,
- výbuch s následkom požiaru,
- vznik elektrického náboja a elektrostatický výboj,
- vykonávanie činností nesúvisiacich priamo s technológiou výroby.

Obhliadkou požiariska neboli zistené znaky a skutočnosti nasvedčujúce na úmyselné konanie osoby, resp. osôb v súvislosti s vznikom požiaru. Uvedenú možnosť príčiny vzniku požiaru vylučuje aj spozorované miesto vzniku požiaru na technologickej plošine v miestach, kde sa podľa získaných informácií a výpovedí svedkov zdržiavala len pracovníčka obsluhy výrobne a dvaja až traja pracovníci údržby. Prístup cudzích osôb do oploteného, čiastočne kamerami monitorovaného areálu a konkrétne do výrobne polystyrénu je možné vylúčiť aj vzhľadom na prítomnosť pracovníkov firmy Samil. Úmyselné konanie osoby, resp. osôb ako príčina vzniku predmetného požiaru je vylúčené.

V získaných podkladových materiáloch, informáciách, ani vo výpovediach obsluhujúcej pracovníčky z výrobne polystyrénu a pracovníka údržby nie je zmienka o prípadnej technickej poruche na technologických a iných zariadeniach počas pracovnej zmeny dňa 14.1.2010. V rámci obhliadky požiariska neboli zistené na zachovaných častiach zariadení znaky a skutočnosti, ktoré by nasvedčovali na možnosť vzniku požiaru v dôsledku poruchy na výrobnom, alebo inom zariadení. Na základe uvedených skutočností je technická porucha zariadenia ako príčina vzniku požiaru nepravdepodobná.

Podľa technickej správy vypracovanej pre prevádzkový súbor PS 01 (Výroba polystyrénových tvaroviek) pri technologickom procese vzniká okrem iného aj plynný odpad, pričom sa uvoľňujú do ovzdušia zložky nadúvadla, ktoré predstavujú alifatické uhľovodíky n-pentán a izo-pentán. Výpary pentánu môžu so vzduchom vytvoriť výbušnú zmes. Sú ťažšie ako vzduch a koncentrujú sa pri podlahe. Množstvo nadúvadla v základnej surovine sa pohybuje v rozmedzí 3-4 % hmotnosti. To sa vo výrobnom procese postupne uvoľní a výsledný produkt nakoniec obsahuje 1-2 % hmotnosti nadúvadiel.

Zrenie predpeneného polystyrénu prebieha v otvorených zásobníkoch - silách. Zrenie trvá 4 až 12 hodín v závislosti od objemovej hmotnosti a veľkosti perličiek polystyrénu. Pri tom dochádza k spomenutému uvoľňovaniu nadúvadla do okolitého priestoru, ktorý musí byť dostatočne vetraný. Na vetranie priestorov výroby predpeneného polystyrénu slúžili štyri ventilátory zabudované v obvodových stenách haly v blízkosti strešnej konštrukcie po dva kusy na každej strane. V rámci obhliadky požiariska nebolo zistené, ani personálom potvrdené, že by došlo počas technologického procesu k výbuchu, napr. v dôsledku zvýšenej koncentrácie zmesi pentánu so vzduchom.

Počas výroby predpeneného polystyrénu sa do priestoru dostáva časť produktov - polystyrénové perličky, ktoré sa prichytávajú, resp. usádzajú na výrobných zariadeniach, konštrukciách a na podlahách. Tieto miesta je potrebné čistiť. Všetky médiá používané vo výrobnom procese boli dopravované prostredníctvom potrubných rozvodov. Ako hnacie agregáty slúžili čerpadlá, resp. kompresory a ventilátory. Pri doprave potrubným spôsobom môže vzniknúť a hromadiť sa elektrický náboj, ak nie je odvedený napr. do zeme. V takom prípade sa hromadí na predmetoch, konštrukciách a výrobnom produkte (polystyrénové perličky). Na ochranu pred účinkami statickej elektriny je nutné všetky zariadenia uzemniť a dozrievacie silá vybaviť medenými pásikmi. Tie sa uvedú na spoločný potenciál zeme ochranným pospojovaním spolu s ostatnými zariadeniami, oceľovými

konštrukciami a potrubnými rozvodmi. Potrubné rozvody sa prednostne spájajú zváraním. Uvedené riešenia ochrany pred statickou elektrinou nebolo možné zistiť na väčšine zničených zariadení v mieste vzniku požiaru vzhľadom na ich neprístupnosť. V priebehu obhliadky neboli nájdené na prístupných zariadeniach zvyšky ochranného pospojovania. Vzhľadom na skutočnosť, že vznik statickej elektriny nie je možné vylúčiť, ale jej účinok sa počas doterajšej prevádzky neprejavil, statická elektrina, resp. elektrostatický výboj ako iniciátor pri vzniku požiaru je nepravdepodobný.

Pri obhliadke požiariska a miesta vzniku požiaru bola pozornosť sústredená na násypnú plošinu a vstupnú časť do výrobne polystyrénu z násypnej plošiny, kde sa podľa informácií svedkov vykonávali údržbárske práce v čase bezprostredne pred vznikom požiaru. Podľa získaných informácií a nálezu zvyškov zapojenej elektrickej zváračky, zváracích elektród, elektrickej rozbrusovačky, pripravených oceľových dielcov, kladiva, rebríka a samorezných skrutiek uvedené náradie a predmety bezprostredne súviseli s prácami na oddelenie priestoru násypnej plošiny od výrobne polystyrénu, znázornenie na obrázku č. 5. Zváračské práce a ďalšie činnosti sa vykonávali počas prebiehajúcej pracovnej zmeny za plnej prevádzky vo výrobni polystyrénu.



Obr. 5.: Predmety súvisiace s prácami

Podľa projektovej dokumentácie v priestore výrobne polystyrénu je z hľadiska požiarnobezpečnostnej klasifikácie prostredie s nebezpečenstvom požiaru horľavých materiálov v zmysle čl. 331 STN 33 0300 Druhy prostredí pre elektrické zariadenia. Na dané prostredie sa v súvislosti s vykonávanými údržbárskymi prácami vzťahujú predpisy pre prácu so zvýšeným nebezpečenstvom - STN 05 0601 Zváranie. Bezpečnostné ustanovenia pre zváranie kovov. Prevádzka. Na vykonanie zváračských prác je v zmysle normy STN 05 0601 potrebný písomný príkaz s konkretizovaním bezpečnostných opatrení pri zváraní. Uvedený doklad, ani kópia zváračského preukazu pracovníka vykonávajúceho zváračské práce nebol predložený.

Obdržané kópie vlastných dokumentov spoločnosti Samil z dňa 5.1.2010 a 9.2.2010 sa týkajú výkonu a hodnotenia prác spojených s upevnením uvoľneného oceľového potrubia nad výrobným strojom č. 12 (lis). Pri spomenutých prácach bolo použité zváranie elektrickým oblúkom. Túto činnosť podľa popisu situácie pred vznikom požiaru z dňa 20.1.2010 vykonal vedúci údržby dňa 14.1.2010 o 09,30 h, teda približne 4 hodiny pred vznikom požiaru. Vzhľadom na časový odstup medzi výkonom prác a vznikom požiaru uvedené práce nesúvisia s príčinou vzniku požiaru.

Vo vlastných dokumentoch spoločnosti, ani v popise pred vznikom požiaru podľa vedúceho údržby nie sú spomenuté zváračské práce vykonávané v čase po 13,00 h v súvislosti s oddelením priestoru výrobne polystyrénu od násypnej plošiny. Tie sa v tomto priestore preukázateľne vykonávali podľa nájdených predmetov, náradia a už vykonaných a nedokončených zváračských prác, ktoré boli z nezistených dôvodov prerušené. V súvislosti so zváraním v uvedenom priestore pravdepodobne nastala iniciácia a horenie prítomných horľavých materiálov, resp. látok od horúcej častice odprsknutej pri zváraní.

Vzhľadom na činnosti vykonávané v priestore násypnej a technologickej plošiny v čase vzniku požiaru, resp. bezprostredne pred jeho vznikom, na základe vyhodnotenia výsledkov obhliadky požiariska a vylúčením, resp. nepotvrdením iných príčin, príčinou vzniku predmetného požiaru bola nedbalosť, alebo neopatrnosť pri práci so zvýšeným nebezpečenstvom v priestoroch s nebezpečenstvom vzniku požiaru, konkrétne zváranie elektrickou oblúkovou zváračkou v priestore výrobne polystyrénu.

Najväčší vplyv na šírenie požiaru malo množstvo polystyrénu uvoľneného z poškodených dozrievacích síl. Počas pracovnej zmeny bolo priebežne udržiavaných v naplnenom stave 12 síl expandra A a 14 síl expandra B. Obsah jedného sila expandra A je 650 kg a expandra B 424 kg materiálu, teda celkovo približne 13,7 tony. Okrem toho na násypnej plošine sa nachádzalo približne 6,5 tony nespracovaného materiálu - ropného derivátu styrénu.

Evakuácia osôb sa nevykonávala. Osoby zdržiavajúce sa na pracoviskách v čase pred vznikom a v čase spozorovania požiaru opustili priestory požiarom zasiahnutej haly pred príchodom zásahových jednotiek HaZZ.

POŽIAR VO FIRME NA VÝROBU AUTOKÁBLOVANIA

PETER IVAN [1], ŠTEFAN GALLA[2], JOZEF NEMEC[3]

Firma zaoberajúca sa výrobou autokáblovania vyrába elektrické komponenty pre výrobcov automobilov. Výroba prebieha v jednopodlažnej výrobnej hale na automatických linkách obrázok č.1.



Obr. 1: Pohľad do priestorov výrobnej haly

Dňa 26.8.2011 približne o 00,30 h vznikol v uvedenej firme. požiar Pri likvidácii požiaru ako prvá zasahovala na požiarisku jednotka z OR HaZZ Trenčín a postupne, v čase od 01,09 h do 02,25 h, boli vyžiadané ďalšie sily a prostriedky z OR HaZZ Ilava, OR HaZZ Nové Mesto nad Váhom, OR HaZZ Bánovce nad Bebravou, OR HaZZ Partizánske, OR HaZZ Púchov a z OHZ Soblahov. Likvidácie požiaru sa celkovo zúčastnilo 35 príslušníkov HaZZ s počtom techniky 12 a 8 príslušníkov OHZ s počtom techniky 1. Požiar bol lokalizovaný dňa 26.8.2011 o 03,40 h a zlikvidovaný o 06,37 h. Uchránené hodnoty predstavujú sumu 2 655 500,- €. Pri požiari nedošlo k zraneniu ani usmrteniu osôb. Jednalo sa o dvojpodlažnú stavbu železobetónovej konštrukcie s vonkajšími rozmermi 80 x 70 m. Podlaha budovy bola vyhotovená z betónu s protišmykovým poterom. Strechu tvorili železobetónové panelové diely uložené v skeletovej konštrukcii. Obvodové steny tvorila murovaná výplň z tehál. Celú budovu tvoril jeden požiarny úsek a nenachádzali sa v ňom žiadne požiarne deliace konštrukcie. V objekte budovy sa pred vznikom požiaru nenachádzali žiadne osoby. V priestore výrobnej haly sa nachádzali výrobné linky, ktoré slúžili na skladanie komponentov káblových zväzkov a konektorov. V priestore zasiahnutom požiarom sa nachádzal skúšobný priestor, kde sa testovali vyrobené komponenty. V uvedenej prevádzke pracovalo v dvoch zmenách 12 – 15 ľudí. Nad skúšobným priestorom sa nachádzal strop umiestnený na oceľovej konštrukcii, v ktorej boli uložené drevené kazetové panely a nad týmto priestorom sa nachádzali kancelárie. Počítače z týchto priestorov boli následkom požiaru prepadnuté do nižšieho podlažia. V týchto priestoroch sa nachádzali zásuvkové obvody, svetelné obvody (žiarivkové svietidlá dvojtrubicové).

Požiar sa šíril uhlovou formou smerom do priestorov výrobnej haly. Šírenie požiaru ovplyvňovalo samotné požiarne zaťaženie (plastové izolácie skladovaných komponentov). V tomto priestore sa nachádzalo množstvo horľavého materiálu prevažne z plastu, čo napomáhalo rozvoju požiaru, ako aj samotné konštrukčné riešenie výrobnej haly, ktorá tvorila jeden požiarny úsek, čo umožňovalo prístup dostatočného množstva vzduchu. Nenachádzali sa v nej žiadne požiarne deliace konštrukcie, čo malo za následok rýchle šírenie požiaru do priestorov celej haly. Včasným spozorovaním, nahlásením a včasnou likvidáciou požiaru nedošlo k jeho rozšíreniu do ostatných priestorov haly. V prízemnej časti haly požiar zasiahol skladové regály s auto - káblami a testovacie zariadenia. Na prvom poschodí boli požiarom zasiahnuté kancelárske priestory. Priestory suterénu, ktoré slúžili ako sklad káblových výrobkov, neboli zasiahnuté požiarom. V požiarom poškodenej časti budovy sa nad priestorom skúšobného priestoru nachádzalo medzipodlažie, na ktorom sa nachádzali kancelárie. V spodnej časti sa nachádzal priestor na skúšanie komponentov a skladové priestory. Požiar vznikol v priestoroch skúšobného priestoru a smeroval do vnútorných priestorov výrobnej haly. Snímače EPS signalizovali vznik požiaru v skúšobnom priestore. Celková plocha zasiahnutá požiarom bola cca 12 x 40 m na prízemí a rovnako aj na prvom poschodí. Pohľad do priestorov výrobnej haly zasiahnutej požiarom je na obrázku č. 2.

[1] Peter Ivan, mjr., Ing., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave 1

[2] Štefan Galla, mjr,. PhD., Ing, Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave 2

[3] Jozef Nemec, mjr., PhD., Ing., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR v Bratislave 3



Obr. 2: Pohľad do priestorov výrobnej haly zasiahnutej požiarom

V čase zisťovania príčiny vzniku požiaru sa na požiarisko dostavili príslušníci polície s vycvičeným psom. Po zmonitorovaní požiariska psom nebolo potvrdené použitie horľavej kvapaliny v požiarom poškodených priestoroch. Pri obhliadke neboli zistené stopy po násilnom vniknutí do objektu, neboli násilne poškodené vstupné dvere a okná.

Smerodajnými podkladmi pre zisťovanie príčiny vzniku požiaru boli záznamy z bezpečnostnej kamery, výpovede členov strážnej služby a zamestnancov popoludňajšej zmeny, ktorí sa pred vznikom požiaru nachádzali na pracovisku ako poslední. Vznik požiaru bol zachytený kamerovým systémom, ktorý monitoroval priestor smerom do okna, kde vznikol požiar. Pri zisťovaní príčiny vzniku požiaru sa vychádzalo z poznatkov získaných v priebehu obhliadky požiariska, získaných podkladov a z informácií o prítomnosti osôb a vykonávaných činnosti bezprostredne pred vznikom požiaru v mieste, resp. v blízkosti miesta jeho vzniku.

Pri skladaní káblových zväzkov a konektorov sa nepoužívali žiadne tepelné zdroje. Spájanie a skladanie jednotlivých súčastí bolo realizované za studena. Elektrická inštalácia bola vo vypnutom stave. V tejto prevádzke sa nachádzalo cca 20 ks PC zostáv, ktoré sa podľa vyjadrenia zamestnanca po odchode z pracoviska nevypínali, len sa odhlasovali zo siete. Jednalo sa o priemyselnú prevádzku, v ktorej sa nachádzali stroje, ktoré slúžili na skladanie komponentov zväzkov elektrických káblov a konektorov.

Pri spracovaní, manipulácii a skladovaní rôznych materiálov nie je možné vylúčiť výskyt a usadzovanie prachu v týchto PC zostavách. Skutočnosť usadenia prachu na chladiacich komponentoch v PC zostavách mohla mať za následok zabránenie odvádzania tepla a následný vznik požiaru, no nemožno vylúčiť ani prípadnú bližšie nešpecifikovanú technickú poruchu na niektorej z PC zostavy. Pohľad na nachádzajúce sa PC zostavy v priestore požiariska sa nachádzajú na obrázku č. 3.



Obr. 3: Pohľad na nachádzajúce sa PC zostavy v priestore požiariska

TAKTIKA A BEZPEČNOSŤ PRI POUŽÍVANÍ HYDRAULICKEJ VYSLOBODZOVACEJ TECHNIKY

MILAN MARCINEK[1]

Abstrakt: *Autor vo svojom príspevku skúma problematiku bezpečného používania hydraulickej vyslobodzovacej techniky pri vyslobodzovaní osôb v rámci technických zásahov a systematický postup riešenia mimoriadnej udalosti v prípade dopravnej nehody na území Slovenskej republiky. Charakterizuje materiálno - technické vybavenie zasahujúcich zložiek s poukázaním na systematické riešenie každej mimoriadnej udalosti v oblasti vyslobodzovania osôb hydraulickou vyslobodzovacou technikou.*

Kľúčové slová: *hydraulická vyslobodzovacia technika, hydraulické nožnice, hydraulické zdvíhacie valce, pohonná jednotka, mimoriadna udalosť, materiálno-technické vybavenie.*

Abstract: *Author deals in this article with the issue of hydraulic rescue equipments used during rescuing persons during technical interventions and systematic procedure in case of traffic accidents in the Slovak Republic. Furthermore, he characterizes material and technical equipments of involved corps, pointing at systematic approach to each state of emergency in case of rescue of trapped persons using hydraulic extrication equipment*

Key words: *hydraulic rescue equipments, hydraulic shears, hydraulic rescue cylinders, propellant unit, state of emergency, material and technical equipments.*

1. HVT PRI ZÁSAHU S DOPRAVNOU NEHODOU

Používanie hydraulickej vyslobodzovacej techniky (ďalej len „HVT“) pri technických zásahoch predstavuje jeden z mnohých tematických okruhov ktorý je potrebné kvalitne, profesionálne a bezpečne vykonať v rámci technických zásahov z oblasti vyslobodzovania osôb pri dopravnej nehode. Hasičský záchranný zbor (ďalej len „HaZZ“) vystupuje na mieste zásahu pri dopravných nehodách spravidla ako časť tímu. Pri väčšine mimoriadnych udalostí vytvárajú hasiči, polícia a rýchla záchranná služba jadro zložiek Integrovaného záchranného systému (ďalej len „IZS“). Každá zložka vystupujúca pri udalosti sa pripravuje na svoje úlohy oddelene. Výcvik každej jednotlivej zložky sa podstatne líši od ostatných. Pretože všetky sú sústredené na pomoc obetiam nehody, úloha každej zložky je iná, špecifická. Dôležitá je neustála komunikácia medzi zložkami navzájom. Za nebezpečenstvo považujeme stav pri ktorom hrozí zranenie, škoda na majetku, životnom prostredí, alebo iná ujma a riziko je pravdepodobnosť, s ktorou tento stav nastane, pokiaľ nebudú splnené podmienky dodržania bezpečnosti. Z toho nám vyplýva, že len znalosť rizika a možných následných nebezpečenstiev umožňuje podniknúť potrebné opatrenia k ich maximálnemu zníženiu. Na základe získaných vedomostí navrhneme optimálny spôsob použitia HVT pri zásahu s dopravnou nehodou.

Riziko prostredia pri práci s HVT

Každý technický zásah pri dopravnej nehode je jedinečný svojím prostredím a nie je možné vysloviť jednoznačnú definíciu tejto situácie. Veľkosť rizika, ktoré zo sebou prináša prostredie dopravnej nehody je dané faktom, že v úplnej väčšine uvažovaných situácií je celkové riziko dané množstvom možných predvídateľných rizík, ktoré môžeme rozdeliť na:

- ohrozenie prepravovaným nákladom,
- ohrozenie účastníkmi cestnej premávky,
- ohrozenie samotným automobilom.

Bezpečnosť prostredia pri práci s HVT

Za technické zásahy považujeme všetky zásahy, ktoré majú charakter záchranných prác pri živelných pohromách a iných mimoriadnych udalostiach. Dopravné nehody sú technické zásahy, ktoré sú charakterizované vyslobodzovacími prácami súvisiacimi s kolíziou dopravných prostriedkov. Technická pomoc sú technické zásahy, ich podstatou je odstránenie nebezpečenstva, alebo nebezpečných stavov mimo technologické procesy. Pri vykonávaní samotných technických zásahov v prípade ohrozenia života a zdravia osôb, rozlišujeme spravidla nasledujúce etapy, ktoré by mali prebiehať pokiaľ možno po sebe:

[1] kpt. Ing. Milan MARCINEK, PhD, Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra verejnej správy a krízového manažmentu, Sklabinská 1, 835 17 Bratislava, milan.marcinek@minv.sk.

- Istenie, znamená urobiť všetky opatrenia, ktoré majú za cieľ redukovať ohrozenie zasahujúcich síl a zachraňovaných osôb v priebehu vykonávania záchranných prác.
- Prístup, znamená vytvoriť podmienky potrebné k preniknutiu k ohrozeným osobám a k vykonaní okamžitých opatrení k záchrane života.
- Stabilizácia, znamená vykonať všetky dostupné opatrenia pri záchrane života, ktoré sú potrebné k stabilizácii zdravotného stavu zraneného tak, že až do stavu vyslobodenia nedôjde k jeho zhoršeniu.
- Vyslobodenie, predstavuje všetky činnosti, ktoré sú potrebné pre vykonanie činností k záchrane života postihnutých s následným transportom z ohrozeného priestoru a odovzdaniu zranených zdravotnej záchrannej službe.
- Transport, obsahuje všetky činnosti zdravotníckej záchrannej služby, ktoré je potrebné vykonať na mieste zásahu k ďalšej stabilizácii zdravotného stavu pred transportom zraneného do nemocnice. Tieto úkony vykonáva tým zdravotníckej záchrannej služby.

Istenie

Istenie rozmiestnením zásahovej techniky pri dopravnej nehode sa rozumie už samotný príjazd jednotky HaZZ na miesto dopravnej nehody, ktorý by mal nadväzovať na nasledujúcu činnosť záchranárov, polohe havarovaného vozidla a miestnym podmienkam. Veliteľ zásahu, by mal postaviť techniku v čo najlepšej polohe pre zásah, pričom je potrebná aj konzultáciu s príslušníkmi PZ a ZZS. Postavenie techniky medzi miesto nehody a vozidlo polície by malo byť vykonané pod tupým uhlom k prebiehajúcej premávke. Takto postavená technika poskytuje ochranu zasahujúcim zložkám a v prípade možného nárazu iného vozidla do hasičskej techniky odráža náraz od miesta nehody. Je dôležité ponechať dostatočný priestor pre prípadný výjazd sanitky.

Prístup

Oblasť činnosti je priestor smerom od miesta nehody v rozpätí 3 až 6 m v každom smere. Tento priestor musí zostať voľný a je určený len pre samotný výkon záchranárskych činností. Nástroje a vybavenie, ktoré sú používané pri zásahu by mali byť prinesené do oblasti činnosti, po použití vrátené späť na základňu zásahu. Akékoľvek úlomky odstránené, odstrihnuté z vozidla by mali byť odložené na jednotné miesto v oblasti zásahu, aby nevytvárali v pracovnom priestore zbytočné prekážky. Všetky časti vozidiel, ktoré by mohli tvoriť časť policajných dôkazov používaných pri vyšetrovaní, by mali byť ponechané na mieste, pokiaľ nepredstavujú zrejmé nebezpečenstvo pre záchranárov, alebo účastníkov nehody. Oblasť činnosti je teoretický priestor okolo miesta udalosti, ktorý by mal byť udržovaný prázdny bez úlomkov, nepoužívaných nástrojov a bez osôb, ktoré nie sú na mieste nevyhnutne potrebné.

Základňa zásahu, je samotný priestor pre rozloženie nástrojov potrebných pre vykonanie zásahu. V tomto priestore sú rozmiestnené hydraulické nástroje, záchranárske nástroje, pomôcky a pod. Táto základňa musí byť na vonkajšom okraji oblasti činností.

Oblasť zásahu je priestor smerom od miesta nehody do 50 m v každom smere. V tomto priestore je miesto pre zásahovú techniku, vozidlá ZZS, PZ a pod.

Uvedené činnosti by mali byť vykonané, ihneď po príchode na miesto zásahu. VZ musí všetky určiť neodkladné opatrenia a úkony pre vyslobodenie a ošetrenie postihnutých. Bezpečnosť postihnutých a účinnosť zásahu musí byť hlavným cieľom na mieste vykonania záchranných prác.

Stabilizácia

Stabilizácia vozidla je zaistenie poškodeného vozidla pred samotným vykonaním záchranných činností. Vozidlo môže byť relatívne dobre stabilizované v dôsledku poškodenia spôsobeného pri nehode, ale nemali by sme zabúdať, že pri vyslobodzovacích prácach sa môže vozidlo uvoľniť, čo v dôsledku môže ohroziť zachraňovaných a záchranárov. Riadna stabilizácia vozidla napomôže vyhnúť sa hojdaniu automobilu pri vykonávaní strihania karosérie alebo iných techník. Zároveň sú vytvorené predpoklady pre lekárske ošetrenie. Vyslobodenie zo správne stabilizovaného vozidla je považované za menej traumatizujúce. Dôležitým cieľom stabilizácie havarovaného vozidla je zabránenie prípadného zhoršenia zdravotného stavu postihnutých následnými otrasmi vozidla pri vyslobodzovaní, zvlášť pri poranení chrbtice. Stabilizáciu havarovaného vozidla, ale aj jeho nákladu docielime pomocou TP na vozidle, napr. klinom pod kolesami, kaskádovitými hranolmi alebo použitím stabilizačných podpier.

Riziko činnosti pri vyslobodzovaní osôb z havarovaných vozidiel

Vyslobodzovanie osôb je postup používaný k vyslobodeniu obetí nehody, ktoré sú v dôsledku svojich zranení uväznené vo vozidle, alebo v ňom zovretý následkom deformovanej konštrukcie vozidla. Veľkosť rizika v tomto prípade predstavuje nebezpečenstvo pohybu materiálu okolo zovretej obeti, vytvorenie prístupu pre záchranárov, alebo pre vynášanie obetí. Ďalej to sú odlietavajúce kovové časti karosérie a rozbité sklo.

Bezpečnosť činností pri vyslobodzovaní osôb z havarovaných vozidiel

Správnou taktikou prístupu ku samotnému riešeniu zásahu DN môžeme predísť nebezpečenstvám. Ak je to možné, tak súčasne s vyslobodzovacími prácami vykonávame aj vyslobodzovanie osôb. Pri používaní vyslobodzovacieho náradia a TP musíme osoby vo vozidle chrániť pred odlietavajúcimi kovovými časťami a rozbitým sklom. To vykonávame zakrytím dekou, plachtou, ochrannými štítmi a pod. V priebehu záchranných prác musíme s postihnutými osobami neustále komunikovať, upozorňovať ich na priebeh vykonávaných záchranných prác najmä pred vykonávaním hlučných činností. V zimnom období je dôležité postihnuté osoby chrániť pred chladom. Pri záchranárskych a vyslobodzovacích prácach je v prípade DN nákladných vozidiel vo väčšine prípadov potrebné nasadiť autožeriavy, špeciálne navijaky a zdvíhacie zariadenia s vyššou nosnosťou. Tu je potrebné vykonať aj vedľajšie úkony ako sú vyloženie nákladu, v prípade cisterien prečerpanie, odpojenie vleku a pod.

Postupy rozdelíme vo všeobecnosti do niekoľkých logicky po sebe nasledujúcich fáz:

- prieskum, zaistenie
- ošetrenie, stabilizácia vozidla
- vyslobodenie zranených
- opatrenia proti vzniku a rozšíreniu požiaru

Podľa týchto fáz môžeme vykonať záchranné práce pri jednotlivých DN. Pokiaľ to situácia na mieste zásahu umožňuje, je možné urobiť spojenie niekoľkých fáz dohromady, alebo naopak ich ďalšie rozdelenie, eventuálne úplné vynechanie. Všetko záleží na rozhodnutí veliteľa zásahu.

Prieskumom sa rozumie zaistenie niekoľkých základných opatrení, ktoré umožní jednotkám HaZZ relatívne bezpečný zásah a následné vykonanie samotného zásahu na profesionálnej úrovni. Pri dopravnej nehode vozidiel novšej konštrukcie sa zameriame hlavne na stav a počet airbagov a počet akumulátorov v nadväznosti na typ vozidla.

Zaistenie vozidla znamená vykonanie všetkých možných opatrení potrebných k ochrane zasahujúceho personálu. K ochrane zasahujúcich záchranárov je preto dôležité správne postavenie techniky tak, aby tieto vozidlá vymedzovali priestor pre prácu s vyslobodzovaním a ošetrovaním zranených. K označeniu miesta dopravnej nehody svetelné skladacie tabule, výstražné kužele, reflexné výstražné vesty a pod. Pri dopravnej nehode vozidla s alternatívnym pohonom LPG je dôležité pri istení vykonávať meranie koncentrácie výbušného plynu.

Ošetrenie zranených tu ide o rozhodnutie a určenie spôsobu poskytovania účinnej prvej pomoci postihnutým s ohľadom na ich poraneniu vzniknuté následkom DN. Pre zasahujúcu jednotku HaZZ je prioritné zachovanie životne dôležitých funkcií postihnutých a to až do odovzdania rýchlej zdravotníckej pomoci.

Riziko pri práci s HVT

Veľkosť rizika, ktoré zo sebou prináša používanie HVT, je daná faktom, že v úplnej väčšine uvažovaných situácií je celkové riziko dané množstvom možných predvídateľných rizík, ktoré môžeme rozdeliť na:

- riziko dané konštrukciou a technickými vlastnosťami HVT,
- riziko dané situáciou a jej vývojom pri použití HVT.

Medzi riziká musíme počítať aj tie, ktoré vyplývajú z prípadného nedodržania ergonomických princípov z hľadiska výrobcov HVT, čo má za následok ovplyvnenie ovládateľnosti a zníženie pozornosti zasahujúceho hasiča, napr.:

Zle ovládateľné zariadenie:

- hmotnosť nástroja
- zlé umiestnenie ovládacích prvkov
- nevyváženosť nástroja

Anatomické možnosti:

- práca v rukaviciach
- ovládacia sila
- anatómia nôh a rúk
- zanedbanie použitia ochranných prostriedkov

Bezpečnostné podmienky pri práci s HVT

Pre zaistenie maximálneho zníženia uvedených rizík musíme vždy dodržiavať bezpečnostné podmienky, návod na použitie od výrobcu HVT a dôkladne sa oboznámiť s obsluhovaným zariadením. Zároveň je tiež potrebné udržiavať všetky súčiastky HVT v bezchybnom stave, používať len originálne príslušenstvá, dodržiavať periodicitu revízií podľa výrobcu. Pri podozrení, alebo poškodení daný nástroj vyradiť z používania a vykonať na ňom odbornú kontrolu.

Pri každom preberaní, alebo používaní je potrebné vykonať nasledujúcu kontrolu:

- optickú:
  - všeobecná tesnosť
  - rezné hrany a piesty musia byť bez vrypov a deformácií
  - uloženie poistných čapov a stav ich zaistenia
  - čitateľnosť typového štítka
  - nepoškodenosť a celistvosť tlakových hadíc
- funkčnú:
  - rychlospojky musia zaisťovať tesnosť pri zapojení a odpojení
  - pohyb pracovných častí nástroja musí byť v súlade s piktogramom ovládacích prvkov
  - pri zmene ovládača z pracovnej polohy do neutrálnej sa musia všetky pohybujúce časti okamžite zastaviť
  - stav funkčných častí, plné otvorenie, vysunutie
  - výmenné časti nástrojov musia byť zaistené.

Požiadavky na vyslobodzovacie náradie sú jednoznačne definované práve automobilmi, ktoré sa vyrábajú a jazdia po cestách. Závisí od výrobcov vyslobodzovacích prostriedkov, ktorí musia tieto požiadavky posúdiť a vyrábať náradie, ktoré si dokáže poradiť aj s novými technológiami, ktoré sa používajú na konštrukciu automobilov. Tieto technické prostriedky smerujú predovšetkým ku skráteniu času potrebného na zásah, ale aj k ochrane zasahujúcich hasičov a zvýšeniu ich bezpečnosti. V neposlednej rade by mali zlepšovať ergonómiu ovládania a používania vyslobodzovacieho náradia, čo v nemalej miere šetrí aj sily zasahujúcich záchranárov.

Bezpečnosť na mieste zásahu je prvoradá. Všetci hasiči, ktorí pracujú na mieste zásahu, musia používať predpísané prostriedky osobnej ochrany, osobnú výstroj a výzbroj, chirurgické rukavice, ochrana očí, reflexívna vestu. Akékoľvek úlomky by mali byť odstránené a eliminované, ako napr. prekrytie ostrých hrán, odstránenie skiel, zaistenie voľných dielov a odnesenie veľkých prvkov častí mimo oblasť činnosti.

Konštruktéri vozidiel neustále zdokonaľujú materiály a prvky bezpečnosti na automobiloch, čo ale na druhej strane sťažuje situáciu pre jednotky HaZZ, ktoré zasahujú pri dopravných nehodách. Dopravné nehody, počet postihnutých aj postup akým spôsobom budú ošetrovaní, závisí na charaktere nehody a druhu poranenia. Základným predpokladom akejkoľvek účinnej pomoci je rýchle a odborné posúdenie vzniknutej situácie zo strany zasahujúcich príslušníkov a prijatie správnych rozhodnutí za účelom vykonania kvalitnej a bezpečnej záchrany ľudských životov.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Zákon Národnej rady SR č. 129/2002 Z.z. o Integrovanom záchrannom systéme v znení neskorších predpisov.

[2] Zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 314/2001 Z.z. o Ochrane pred požiarmi v znení neskorších predpisov.

[3] Zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 124/2006 Z.z. o Bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci v znení neskorších predpisov.

[4] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 611/2006 Z.z. o hasičských jednotkách..

[5] Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 162/2006 o vlastnosti hasičskej techniky a vecných prostriedkov na ochranu pred požiarmi, konkrétnych podmienkach ich prevádzkovania a zabezpečenia ich pravidelnej kontroly.

[6] STN EN 13204:2005: Dvojčinné hydraulické záchranárske nástroje pre hasičov a záchranné služby. Požiadavky na bezpečnosť a výkon.

[7] MARCINEK, M Korelácia testovaných parametrov hydraulických nožníc pri strihaní stĺpikov vybraných osobných automobilov v rámci technických zásahov. Zvolen. Technická univerzita vo Zvolene, 2012. 202 s. Dizertačná práca.

[8] MARCINEK, M. Hydraulická vyprošťovací technika. Produktový katalog WEBER HYDRAULIK pro ČR a SR. PRAHA: Generální ředitelství VPO, a.s., 2003.

[9] MARCINEK, M. Zkušební program podle zásad pro zkoušení výstroje a přístrojů hasičů GUV 67.13. Hydraulická vyprosťovací technika. Metodický návod pro výkon revize WEBER HYDRAULIK. PRAHA: Generální ředitelství VPO, a.s., 2001.

[10] MARCINEK.M., Simulácia krízových situácií národného a medzinárodného krízového manažmentu ako podpora edukácie krízových manažérov, In:Nehody s hromadným postihnutím osôb, 2011 Žilina, Medzinárodný kongres, ISBN 978-80-969219-8-0.

[11] MARKOVÁ, I. a kol. Ochrana osôb a majetku pred požiarom. Zvolen. Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 187 s. ISBN 978-80-228-2329-6.

[12] <http://www.volvo.sk/?idnw=140.

ŠPECIÁLNE TECHNOLÓGIE ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU V RUSKEJ FEDERÁCII

ROMAN MICHALOVIČ [1]

Abstract *— Russia has a lot of special technology applications extinguishing agent. Modern approaches include aircraft firefighting technology, explosives, chemicals inducing rain, etc.. The military industry is constantly developing new resources, which are later adjusted to the rescue and emergency purposes.*

Keywords *— technology 1; extinguishing 2; retardants 3;*

Abstrakt *— Rusko disponuje množstvom špeciálnych technológií aplikácie hasiacich látok. Moderné prístupy hasenia zahŕňajú letecké technológie, výbušniny, chemické látky vyvolávajúce dážď apod. Vojenský priemysel neustále vyvíja nové prostriedky, ktoré sa neskôr upravujú na záchranárske a zásahové účely.*

Kľúčové slová *— technológie 1; hasenie 2; retardanty 3;*

ÚVOD

V lete roku 2010 bolo podľa Ministerstva pre mimoriadne udalosti Rusko postihlo naraz až 843 požiarov lesov a 47 požiarov rašelinísk. Dym pokrýval celú európsku časť krajiny. Avšak nasadenie leteckej techniky bolo komplikované vzhľadom na dym, ktorý dosahoval až 12km výšku[1,2]. Veľmi pravdepodobne boli použité aj vodné bomby.

Vojensko-priemyselný komplex Ruskej federácie ako vedľajší produkt vyvíja účinné technológie na hasenie lesných požiarov ako aj na vyhľadávanie a záchranu osôb v rozľahlých oblastiach. Rusko disponuje množstvom materiálnych a ľudských zdrojov na záchranu ľudských životov a materiálnych hodnôt. Tento článok sa dotýka témy technologických možností aplikácie retardantov horenia, keďže tieto sú často plošne aplikované zo zeme alebo zo vzduchu.

Podľa oficiálnych informácií Ministerstva Ruskej federácie pre civilnú obranu, mimoriadne udalosti a odstraňovanie následkov prírodných katastrof (skrátene EMERCOM) Štátna hasičská služba disponuje 220 000 hasičmi, 13 600 budov, 4 000 hasičských staníc, 18 364 hasičských áut, 49 hasičských motorových člnov. Okrem toho v Rusku existujú oblastné, obecné, odborové a dobrovoľné hasičské zbory s rôznou úrovňou vybavenia. Spolu ročne zachránia viac ako 90 000 životov a predídu škodám vo výške 120 mld. Rubľov (2,8 mld. EUR) [3].

Aktivity EMERCOMu sa sústreďujú na protipožiarnu prevenciu a aktívnu protipožiarnu pozemnú a vzdušnú ochranu, na vyhľadávanie a záchranu stratených osôb v teréne, varovanie a evakuáciu obyvateľstva z ohrozených oblastí, záchranné akcie na riekach a vodných plochách ale aj na záchranu námorníkov z lodí a ponoriek. EMERCOM pôsobí v nepokojných oblastiach, kde organizuje civilnú obranu, vyhľadáva a likviduje muníciu a nástražné systémy, čím aktívne pôsobí protiteroristickým útokom [4].

1. POZEMNÁ TECHNIKA

Najmodernejšia ruská hasičská automobilová cisterna ZIL AA13,5/100-100/3 (Obr.1) má kapacitu 13,5 t hasiacej látky. Ako jedno z mála ruských vozidiel disponuje plne automatickou prevodovkou, čo umožňuje lepšie sústredenie na jazdu a samotný zásah.



Obr. 1: Zil AA13,5/100-100/3

Pri protipožiarnych zásahoch v ťažkom teréne, pri chemických únikoch z priemyselných a vojenských zariadení ako aj pri lesných požiaroch alebo v odľahlých oblastiach s riedkou infraštruktúrou sa úspešne používajú pásové vozidlá typu Ural (Obr. 2) s ôsmimi hadicami schopný preniknúť do hĺbky požiaru vďaka samoochladzovaniu alebo osvedčený ruský

[1] Roman Michalovič, Ing., Višňové 718, 013 23 Žilina

záchranársky transportér Vityaz DT-2P, (Obr.3) ktorý odoláva extrémnym teplotám -40 až +45°C. Pre svoje univerzálne uplatnenie a odolnosť je prakticky nenahraditeľný. [6]



Obr. 2: Ruský protipožiarny transportér Ural



Obr. 3: Vyprosťovací transportér Vityaz vybavený žeriavom FASSI

Vityaz je pásové vozidlo s kĺbom spájajúcim dve časti vozidla (3). Predná časť má pohonnú funkciu a zadná transportnú. Typ zobrazený na obrázku 10 má primontovaný hydraulickú ruku žeriavu FASSI, talianskej výroby [5].

2. LETECKÁ TECHNIKA

Letecká technika je primárne určená na hasenie lesných požiarov, dá sa však využiť aj pri požiaroch výškových objektov. Ukrajinský AN 32P (Obr.4) je primárne určený na hasenie lesných požiarov. Má dve nezávislé nádrže schopné naraz alebo na dvakrát vypustiť 8000 l vody, alebo dva zásobníky s UV26 s látkou vyvolávajúcou dážď. Touto látkou je buď suchý ľad alebo jodid strieborný. Tieto látky sa nachádzajú v zásobníkoch pod okienkami.



Obr. 4: Antonov AN-32P

Väčší a početnejšie zastúpený hasiaci viacúčelovým špeciál Berjev Be-200 (Obr. 5) má mnohostranné využitie pri záchranných operáciách. Primárne je určený na hasenie lesných požiarov s nosnosťou 13 000 l vody, využíva sa na pátranie a evakuáciu osôb, odsun zranených a prepravu nákladu. Tento pôvodne proti ponorkový bojový prúdový stroj dokáže pristávať a vzlietnuť z vodnej hladiny a nabrať pritom nabrať vodu počas letu nad vodnou hladinou s ponorenou zadnou časťou trupu. Tento špeciál má tri nádrže na hasiacu vodu (tie spolu so štyrmi nádržami, ktoré sú umiestnené pod podlahou nákladovej kabíny, spolu pojmú 12 000 kg vody), 50 záchranárov s vybavením, 64 sediacich ranených, 30 ležiacich ranených na nosidlách alebo náklad celkovej hmotnosti až 7 500 kg [6].



Obr. 5: Prúdový špeciál Berjev Be-200

Nasledujúca kapitola obsahuje dôležité odporúčania týkajúce sa formátovania jednotlivých častí textu príspevku, ktoré je nutné zachovať. Prosím prečítajte si všetky jej časti skôr než do šablóny začnete písať svoj príspevok, aby ste sa vyhli prípadným problémom s formátovaním.

3. VODNÉ BOMBY

Veľmi účinné hasenie predstavujú vodné bomby, ktoré boli vyvinuté v Rusku. Účinné vodné bomby boli vyvinuté štátnym vývojovým strediskom Bazalt. Vodná bomba z roku 2008 dokáže pri explózii uhasiť 1000m^2 Vodné bomby ako moderný hasiaci prostriedok sa

používajú vo výnimočných prípadoch. Tlaková vlna nesie so sebou mikrokvapôčky vody, ktoré sú rozptýlené do veľkej vzdialenosti a účinné aj vďaka tlakovej vlne, ktorá utlmuje požiar a všetko čo jej stojí v . Tieto bomby môžu byť odpálené vo vzduchu alebo pri dopade na zem.

ZÁVER

Vo vývoji záchranárskych technológií Rusko nezaostáva za západom. Okrem štandardne vysoko vyspelej leteckej techniky a odolnej a účinnej pozemnej techniky vyvíja nové spôsoby účinného boja proti plošným požiarom. Príspevok sa zaoberá najúčinnejšími príkladmi funkčných technológií ako aj pohľadom na vývoj netradičných prostriedkov akými sú vodné bomby alebo na aplikáciu látok, ktoré vyvolávajú dážď. Mnohé technológie by našli uplatnenie aj v našich podmienkach, najmä pri hasení lesných požiarov a priemyselných komplexov. Pohľad na ruské skúsenosti s aplikáciou retardantov a využitia techniky považujem za veľmi inšpiratívne.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Emergency Technologies
http://www.emergencytechnologies.com.au/vet.htm

[2] Moskva se chystá na čtyřicítky, požáry v Rusku zuří dál
http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/97790-moskva-se-chysta-na-ctyricitky-pozary-v-rusku-zuri-dal/

[3] Fire & Rescue NSW
http://www.fire.nsw.gov.au/page.php?id=450

[4] EMERCOM of Russia
http://en.mchs.ru/Forces_and_Facilities/Fire_Control_in_Russia

[5] http://ruslet.webnode.cz/technika/ruska-technika/letecka-technika/g-m-berjev/be-200/

[6] http://ruslet.webnode.cz/technika/ruska-technika/letecka-technika/m-l-mil/mi-14pz/

MERATEĽNOSŤ EFEKTIVITY SYSTÉMU KRÍZOVÉHO MANAŽMENTU

ROMAN MICHALOVIČ [1]

Abstract *— Measurability effectiveness of crisis management is a complicated matter. Its necessity is determined defense resources spent on prevention, education and life-saving equipment components. This paper focuses on the direction and the way it could be a serious effort to move in a calculation of the efficiency of systems and their comparison between States.*

Keywords *— crisis management 1; efficiency 2; prevention 3;*

Abstrakt *— Merateľnosť efektivity krízového manažmentu je komplikovaná záležitosť. Jej potrebnosť je daná obhajobou vynaložených prostriedkov na prevenciu, osvetu a vybavenosť záchranných zložiek. Príspevok naznačuje smer a spôsob akým by sa mohla uberať seriózna snaha a výpočet efektivity systémov a ich vzájomného porovnanie medzi jednotlivými štátmi.*

Kľúčové slová *— krízový manažment 1; efektivita 2; prevencia 3;*

ÚVOD

Zmyslom záchranárskeho povolania je záchrana ohrozených ľudských životov, zvierat, majetku a preventívna činnosť, ktorá dokáže mimoriadnym udalostiam predísť. Či už ide o mimoriadne udalosti prírodného charakteru, alebo také, ktoré spôsobil človek svojou činnosťou. Konkrétne prírodné udalosti ako povodne, zemetrasenia, lesné požiare, požiare buša, uragány, tornáda, prívalové vlny tsunami, sopečné erupcie, zosuvy pôdy apod. Antropogénne mimoriadne udalosti sa týkajú prevádzky priemyselných technológií v chemickom priemysle, strojárskom priemysle, v jadrových, tepelných elektrárňach alebo dopravných nehôd, najmä reťazových dopravných nehôd, alebo nehôd nákladných aut prevážajúcich nebezpečné látky [1,2].

Záchranárske systémy majú k dispozícii množstvo špecializovanej techniky na hasenie, vyprosťovanie, dopravovanie záchranárov, hasiacich látok apod. Členmi záchranným tímov sú vyškolení profesionáli, alebo dobrovoľníci, ktorú sa špecializujú na vykonávanie rozličných aktivít, ktoré všeobecne súvisia so záchranou ľudských životov a materiálnych hodnôt. Záchranné jednotky sú organizované v rôznych štátnych alebo lokálnych dobrovoľných štruktúrach, ktoré v rámci legislatívneho prostredia tvoria systém krízového manažmentu. V rôznych krajinách má rôzne názvy, a štruktúra krízového manažmentu jednotlivých krajín sa navzájom odlišuje. Spoločný majú cieľ fungovania a mnohé prvky, ktoré tvoria kostru celého systému. Okrem záchranných jednotiek je systém tvorený centrálnou inštitúciou na úrovni ministerstva alebo inštitúciou, ktorá pod ministerstvo spadá. Celý krízový manažment je legislatívne ukotvený v ústave, zákonoch, vyhláškach nariadeniach a iných právnych normách, ktoré fungovanie týchto inštitúcií priamo alebo nepriamo upravujú.

Každý štát deklaruje vo svojej ústave ochranu ľudského života ako najvyššiu prioritu a hodnotu. Avšak preventívne opatrenia na vykonávanie činností, ktoré vedia obmedziť výskyt mimoriadnych udalostí alebo zmierniť ničivé následky mimoriadnych udalostí sú často náročné z finančného hľadiska. Vlády dnes veľmi zadĺžených štátov väčšinou nie sú ochotné investovať do bezpečnosti a prevencie v takej miere aké si systém vyžaduje. Problémom býva dokázateľnosť efektivity fungovania systému a efektivity vynaloženia finančných a materiálových fondov.

Cieľom príspevku je podporiť význam fungovania celého krízového manažmentu vrátane záchranných služieb s cieľom navrhnúť spôsob merania účinnosti systému krízového manažmentu v jednotlivých krajinách. Zmyslom je nájsť objektívne kritérium porovnateľnosti krízových manažmentov medzi rôznymi krajinami.

1. OBJEKTIVITA KRITÉRIÍ

Hlavným úskalím akéhokoľvek porovnávania je objektivita. Objektívne porovnať funkčnosť systému krízového manažmentu medzi jednotlivými krajinami je veľmi problematické. Existuje množstvo kritérií a množstvo hľadísk akými sa dá nazerať na celý systém krízového manažmentu v danej krajine. Hlavným hľadiskom funkčnosti krízového manažmentu by mala byť pripravenosť na zásah a efektivita záchranných akcií. Ďalším meradlom by mala byť efektivita

[1] Roman Michalovič, Ing., Višňové 718, 013 23 Žilina

preventívnych opatrení. Keďže je známe, že vynaloženie určitej finančnej sumy do prevencie môže ušetriť až 10-násobok budúcich škôd spôsobených mimoriadnou udalosťou. Toto číslo sa objavilo v súvislosti s absenciou varovných systémov pred vlnami tsunami, ktoré v roku 2004 pripravili o život asi 320 000 ľudí. Hlavným cieľom preventívnych opatrení vždy bola a bude záchrana ľudských životov a cena ľudského života sa vyčísliť nedá. Napriek tomu globálne mnohí ľudia sa stanú obeťou mimoriadnej udalosti z dôvodu absencie preventívnych opatrení alebo z dôvodu nefunkčnosti systému reakcie voči mimoriadnym udalostiam.

2. VÝPOČET EFEKTIVITY

Efektivita preventívnych opatrení je ťažko merateľná a preto aj zistenie účinnosti preventívnych opatrení je veľmi ťažké vypočítať. [4,5] Preventívne opatrenia majú rôznorodý charakter. Môže ísť o investície do materiálnych prostriedkov, investíciu do školenia personálu, o osvetu v školských zariadeniach alebo celoštátnu kampaň apod.

Spočítať efektivitu preventívnych opatrení z hľadiska ochrany majetku je teoreticky možné nasledujúcim spôsobom (1):

$$\mu_{pM} = \left(1 - \frac{\sum_i p_i}{\sum_i M_i}\right).100[\%] (1)$$

Efektivita je vyjadrená podielom sumy vynaložených prostriedkov na preventívnu ochranu materiálových hodnôt a celkovou hodnotou ochráneného majetku. Výsledok je vyjadrený v percentách. Príkladom môže byť kritizovaná investícia do protipovodňovej steny v Prahe, ktorá stála asi 70 000 Kč. Táto bola už nasledujúci rok t.j. 2002 úspešne inštalovaná pri povodniach. Táto bariéra ochránila celé staré mesto pražské. Vyčíslenie hodnoty podstatnej časti historického centra Prahy, akokoľvek absúrdne tento pokus pôsobí, by sa pohybovalo v stovkách miliárd Kč. V takomto prípade by sa vypočítaná hodnota účinnosti preventívneho opatrenia zaokrúhlene rovnala 100 % (1).

Kritika efektivity vynaloženia finančných prostriedkov sa väčšinou týka alternatívnych preventívnych riešení. Touto problematikou sa nebudem zaoberať, keďže spadá skôr do oblasti korupcie a klientelizmu.

Ďalším častým preventívnym opatrením sú kurzy prvej pomoci. Ich efektivita sa z matematického hľadiska dá opäť jednoducho spočítať nasledovne:

$$\mu_{pp} = \frac{\sum Z_p}{\sum A_p}.100[\%] (2)$$

Aj keď je možné spočítať absolútny počet absolventov kurzov prvej pomoci (A_p), je takmer nemožné vypátrať koľkí z nich tieto zručnosti reálne využili v praxi tým, že poskytnutím prvej pomoci zachránili ľudský život. Hodnota Z_p t.j. zachránených ľudských životov je ťažko zistiteľná. Tento vzťah (2) neberie do úvahy finančnú stránku ani fakt, že mnohí absolventi absolvujú kurzy opakovane. Navyše príležitostí uplatniť zručnosti nadobudnuté v kurze prvej pomoci nie sú časté, a drvivá väčšina ľudí ich nikdy nepožije. Tým pádom aj hodnota tohto ukazovateľa bude veľmi nízka. To však neznamená, že kurzy prvej pomoci sú zbytočné. Poukazuje to na problematickosť merateľnosti účinnosti preventívnych a osvetových opatrení zameraných na záchranu ľudských životov.

Lepšie vyznie detailnejší prístup k meraniu efektivity naznačený v nižšie uvedenom vzťahu (3). Ak by sme dali do pomeru počet vyškolených ľudí, ktorí boli prítomní na mieste mimoriadnej udalosti a mali možnosť poskytnúť účinnú prvú pomoc(A_{pp}) a na druhej strane počet zachránených osôb(Z_p), ktorým sa dal zachrániť život, dostali by sme úplne inú štatistiku. Aj keď zisťovanie týchto údajov by bolo opäť nesmierne náročné.

$$\mu_{pp} = \frac{\sum Z_p}{\sum A_{pp}}.100[\%] (3)$$

Účinnosť samotných záchranných akcií by dala vyjadriť nasledovne:

$$\mu_{ZA} = \frac{\sum Z_p}{\sum O_p}.100[\%] (4)$$

V tomto pomere je opäť počet zachránených osôb pri záchrannej akcii a v menovateli (4) je počet osôb ohrozených na živote v momente vzniku mimoriadnej udalosti. Aj keď ide o záchranu ľudských životov, celkové štatistiky zachránených a ohrozených ľudí sú pomerne vzácne.

Podľa oficiálnych informácií Ministerstva Ruskej federácie pre civilnú obranu, mimoriadne udalosti a odstraňovanie následkov prírodných katastrof (skrátene EMERCOM) Štátna hasičská služba disponuje 220 000 hasičmi, 13 600 budov, 4 000 hasičských staníc, 18 364 hasičských áut, 49 hasičských motorových člnov. Okrem toho v Rusku existujú oblastné, obecné, odborové a dobrovoľné hasičské zbory s rôznou úrovňou vybavenia. Spolu ročne zachránia viac ako 90 000 životov a predídu škodám vo výške 120 mld. Rubľov (2,8 mld. EUR) [3]. Pričom ohrozených ľudských životov pri mimoriadnych udalostiach bol asi dvojnásobný. Takže možno povedať, že ukazovateľ μ_{ZA} má v prípade Ruska hodnotu 50%.

Celková účinnosť systému krízového manažmentu (5) by bola tvorená súhrnom jednotlivých ukazovateľov

s príslušnými váhami t.j. významnosťou týchto ukazovateľov.

$$\mu_{KM} = V_{ZA}\mu_{ZA} + V_{PM}\,\mu_{PM} + V_{PP}\mu_{PP} + \cdots (5)$$

Alebo všeobecne vyjadrené:

$$\mu_{KM} = \sum_i V_i\,\mu_i \ (6)$$

kde V_i je váha i-tej účinnosti μ_i je účinnosť i-teho ukazovateľa efektivity krízového manažmentu. Váhy jednotlivých ukazovateľov by mali poukazovať na ich významnosť a preto určovanie váh by malo reflektovať vyššiu dôležitosť ľudského života v porovnaní s materiálnymi hodnotami. Týmto zjednodušeným spôsobom by podľa môjho názoru bolo možné porovnať efektivitu systému krízového manažmentu.

ZÁVER

Hlavným problémom objektívneho zhodnotenia účinnosti systému krízového manažmentu je merateľnosť efektivity vynaložených prostriedkov, keďže hodnoty, ktoré sa ochraňujú sú veľakrát nevyčísliteľné. Hodnoty ľudských životov alebo historická hodnota historických centier plného pamiatok sa vyčísliť nedá. Najväčšou prekážkou navrhnutého spôsobu je štatistická dostupnosť jednotlivých dát ako aj rôznorodosť opatrení, ktoré by museli byť započítané do vzťahu (6). Avšak vysokú vypovedaciu hodnotu prisudzujem ukazovateľu (5), ktorému by som priradil veľkú váhu a tým pádom ukazovateľ účinnosti záchranných akcií môže najlepšie vypovedať o efektivite celého systému.

Hlavnou ambíciou príspevku bolo naznačiť spôsob obhájiteľnosti a merateľnosti efektivity záchranných systémov resp. systémov krízového manažmentu. Tento jednoduchý prístup by mohol pomôcť pri obhajobe prostriedkov vynakladaných na prevenciu záchrany ľudských životov a materiálnych hodnôt v procese schvaľovania prostriedkov zo štátneho rozpočtu na tieto účely.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Telegrafia
http://www.telegrafia.sk/varovne_systemy/riesenia/varovanie_obyvatelstva/Pages/vcasne_varovanie_pred_tsunami_a_tornadom.aspx

[2] Emergency Technologies
http://www.emergencytechnologies.com.au/vet.htm

[3] EMERCOM of Russia
http://en.mchs.ru/Forces_and_Facilities/Fire_Control_in_Russia

[4] Fire & Rescue NSW
http://www.fire.nsw.gov.au/page.php?id=450

[5] VALÍČEK, J., MÜLLEROVÁ, J., KUBĚNA, V., KOŠTIAL, P., HARNIČÁROVÁ, M., MIKULÍK, M. Emission distribution and regulation of local heatsource. In: Diffusion in Solids and Liquids VII: 7th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids: 27-29 June, 2011 Algarve - Portugal. TransTech Publications Switzerland, 2012, 330-334. ISSN 1012-0386.

ROZBOR VPLYVU RÔZNYCH ČINITEĽOV NA VEĽKOSŤ POŽIARNYCH ÚSEKOV VO VÝROBNÝCH STAVBÁCH

PATRIK MITRENGA [1]

Abstract *— For preclusion of spreading of fire manufacturing buildings are divided according to maximal allowed area of fire zone. Those zones could be in some cases wanting. It is possible to adjust them, for example by dispositional adjustations, modification of construction elements of building, or by use of fire-technical equipments, which affect maximal area of the fire zone. In the article is analysed calculus of maximal allowed area of fire zone with emphasis on manufacturing buildings. Those factors and their effect on the area are analysed. Overall view of all factors represented in calculations is elaborated.*

Keywords *— manufacturing buildings, fire zone, fire-technical equipments*

Abstrakt *— Výrobné stavby sa kvôli zamedzeniu šírenia požiaru člení na požiarne úseky podľa maximálnej dovolenej plochy požiarneho úseku. Tieto úseky môžu byť v niektorých prípadoch nevyhovujúce. Je ich možno upravovať rôznymi spôsobmi, napríklad dispozičnými úpravami, zmenou konštrukčných prvkov stavby, alebo tiež použitím požiarnotechnických zariadení ktoré ovplyvňujú maximálnu plochu požiarneho úseku. V článku je rozobraný výpočet maximálnej dovolenej plochy požiarneho úseku so zameraním na výrobné stavby. Rozoberajú sa uvedené činitele a ich vplyv na túto plochu. Je rozpracovaný celkový prehľad všetkých faktorov, ktoré sú zastúpené vo výpočtoch.*

Kľúčové slová *— výrobné stavby, požiarny úsek, požiarnotechnické zariadenia*

ÚVOD

Stavby sa podľa právnych predpisov z hľadiska požiarnej bezpečnosti delia na požiarne úseky, aby sa prípadný požiar nemohol ďalej šíriť. Tieto úseky sú obmedzené maximálnou dovolenou plochou požiarnych úsekov. Tieto plochy je však v niektorých prípadoch potrebné zväčšiť, aby mohli prevádzky fungovať bez obmedzenia, alebo aby náklady spojené s členením na požiarne úseky neboli príliš vysoké. Zväčšiť, respektíve upravovať dovolenú veľkosť požiarnych úsekoch je možné viacerými činiteľmi. Napríklad požiarno-technickými zariadeniami, ktoré pri výpočte majú vplyv na túto plochu. Pri výrobných stavbách majú na ňu vplyv najmä elektrická požiarna signalizácia, stabilné hasiace zariadenie a zariadenie na odvod tepla a splodín horenia [2].

1. PLOCHA POŽIARNEHO ÚSEKU

Navrhovaná pôdorysná plocha požiarneho úseku S musí byť menšia alebo rovná maximálnej dovolenej ploche požiarneho úseku S_{max}, ktorá je limitovaná medznou hodnotou ekonomického rizika. Tá je vyjadrená indexom pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru P_1 a indexom pravdepodobnosti škôd spôsobených požiarom P_2 a vyjadruje vzájomný vzťah niekoľkých činiteľov, ako napríklad druh a charakter prevádzky, počet podlaží, horľavosť konštrukčného celku, predpokladané následné škody, vplyv požiarnotechnických zariadení. Niektoré z uvedených činiteľov možno meniť, a tým zvýšiť maximálnu dovolenú plochu požiarneho úseku, ktorá sa vypočíta z rovnice (1) [1]:

$$S_{\max} = \frac{P_{2\max}}{p_2 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7} \tag{1}$$

P_{2max} - najväčšia dovolená hodnota indexu pravdepodobnosti rozsahu škôd spôsobených požiarom podľa rovnice (2),

p_2 - Pravdepodobnosť rozsahu škôd spôsobených požiarom v závislosti od skupiny prevádzkarne určená podľa tabuľky I.1 v prílohe I norme STN 92 0201-1,

k_5 - súčiniteľ počtu podlaží,

k_6 - súčiniteľ horľavosti konštrukčného celku,

k_7 - súčiniteľ vplyvu následných škôd.

$$P_{2\max} = \left(\frac{5 \cdot 10^4}{P_1 - 0{,}1} \right)^{2/3} \tag{2}$$

P_1 - index pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru podľa rovnice (3) [1].

[1] Ing. Patrik Mitrenga, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva; patrik.mitrenga@fsi.uniza.sk

$$P_1 = p_1 \cdot c_v \geq 0{,}11 \quad (3)$$

p_1 - je pravdepodobnosť vzniku a rozšírenia požiaru; závisí od skupiny prevádzkarní, je určená podľa tabuľky I.1 v prílohe I norme STN 92 0201-1.

c_v - je súčiniteľ vyjadrujúci vplyv požiarnotechnických zariadení.

2. VPLYV POČTU PODLAŽÍ

Vo vzorci pre výpočet S_{max} sa nachádza súčiniteľ počtu podlaží k_5. Ten ovplyvňuje najväčšiu dovolenú veľkosť požiarneho úseku vzhľadom na počet požiarnych podlaží výrobnej stavby. Zohľadňuje tiež počet podlaží v nadzemnej aj podzemnej časti stavby.

Súčiniteľ pre nadzemnú a podzemnú časť stavby sa počíta samostatne. Ak posudzujeme nadzemnú časť, súčiniteľ vychádza z počtu nadzemných požiarnych podlaží v stavbe a vypočíta sa podľa rovnice (4) [1]:

$$k_5 = \left(n_{pn}\right)^{1/2} \quad (4)$$

n_{pn} - je počet nadzemných požiarnych podlaží stavby.

Ak posudzujeme podzemnú časť stavby, súčiniteľ vychádza z celkového počtu požiarnych podlaží v stavbe a vypočíta sa podľa rovnice (5) [1]:

$$k_5 = \left(n_p\right)^{1/2} \quad (5)$$

n_p - je celkový počet požiarnych podlaží stavby.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty súčiniteľa k_5 pre zvolený počet podlaží.

Tab. 1.: Približné hodnoty súčiniteľa k_5 [1]

Počet podlaží	1	2	3	4	5	8	10	12	14	16	20
Súčiniteľ k_5	1	1,4	1,7	2	2,2	2,8	3,2	3,5	3,7	4	4,5

Z tabuľky 1 vidíme, že pri zvyšovaní počtu podlaží sa výrazne zvyšuje súčiniteľ k_5, čo vedie k znižovaniu maximálnej dovolenej plochy požiarneho úseku. Ak teda chceme túto plochu zväčšiť, jednou z možností je znížiť počet podlaží.

3. VPLYV HORĽAVOSTI KONŠTRUKČNÉHO CELKU

Ďalším súčiniteľom, ktorým môžeme ovplyvniť maximálnu veľkosť požiarneho úseku je súčiniteľ horľavosti konštrukčného celku k_6, ktorý vyjadruje vplyv horľavých látok v konštrukčnom celku výrobnej stavby na najväčšiu dovolenú veľkosť požiarneho úseku. Hodnoty tohto súčiniteľa sú podľa horľavosti konštrukčného celku [1]:

- k_6 rovné 1 pre nehorľavý konštrukčný celok,
- k_6 rovné 1,4 pre zmiešaný konštrukčný celok,
- k_6 rovné 1,7 pre horľavý konštrukčný celok (D2)
- k_6 rovné 2 pre horľavý konštrukčný celok (D1 až D3)

Vidíme, že aj tieto hodnoty výrazne môžu ovplyvňovať maximálnu dovolenú plochu požiarnych úsekov. Preto môžeme túto plochu zväčšiť tým, že namiesto horľavých konštrukčných celkov nahradíme zmiešanými alebo nehorľavými, alebo zmiešaný konštrukčný celok nahradíme nehorľavým.

4. VPLYV ŠKÔD SPÔSOBENÝCH POŽIAROM

V uvedenej rovnici pre výpočet S_{max} sa nachádza tiež súčiniteľ vplyvu následných škôd k_7, ktorý vyjadruje vplyv následných škôd na najväčšiu dovolenú veľkosť požiarneho úseku približným podielom rozsahu pravdepodobných následných a priamych škôd spôsobených požiarom. Hodnoty súčiniteľa k_7 sú uvedené v tabuľke 2, alebo sa môže táto hodnota presnejšie vypočítať [1].

Tab. 2.: Hodnoty súčiniteľa k_7 [1]

Položka	Charakter následných škôd	Hodnota súčiniteľa k_7
1	Žiadne alebo malé	od 1 do 1,2
2	Nahraditeľné v rámci pracoviska, strediska, závodu pod.	nad 1,2 do 1,8
3	Nahraditeľné v rámci podniku alebo ďalších podnikov	nad 1,8 do 2,5
4	Ťažko nahraditeľné v rámci rezortu, vyžaduje náhradu dovozom alebo naopak dôsledky požiaru ohrozujú vývoz	nad 2,5 do 3,5
5	Celoštátneho významu, napríklad pri dlhodobom vyradení jedinej alebo inak významnej výroby pre národné hospodárstvo	nad 3,5 do 4,5

V prípade, kedy by nebolo k dispozícii dostatok podkladov, môžu sa použiť tieto hodnoty [1]:

- k_7 rovné 1,3 pre nevýrobné priestory,
- k_7 rovné 2 pre výrobné priestory,
- k_7 rovné 3 ak produkciu prevádzok možno nahradiť iba dovozom zo zahraničia alebo ak je produkcia určená na vývoz.

Presnejšiu hodnotu súčiniteľa vplyvu následných škôd k_7 môžeme určiť podľa rovnice [1]:

$$k_7 = \frac{\check{s}_2}{\check{s}_1} \quad (6)$$

$\check{s}_1$ - vyjadruje pravdepodobné priame škody,

$\check{s}_2$ - vyjadruje pravdepodobné následné škody.

Pravdepodobné priame škody predstavujú tie, ktoré môžu vzniknúť pri požiari na budovách a iných stavbách, strojových zariadeniach, výrobniach a materiáloch. Určujú sa v závislosti od vybavenia požiarnych úsekov požiarnotechnickými zariadeniami [1].

Do pravdepodobných následných škôd sa zahrňujú straty, ktoré v súvislosti s prerušením prevádzky v požiarnom úseku v dôsledku požiaru môžu vzniknúť v ďalších častiach podniku alebo niekoľkých podnikoch alebo v celoštátnom meradle [1].

5. VPLYV POŽIARNOTECHNICKÝCH ZARIADENÍ

Rozsah škôd spôsobených požiarom môžeme znížiť požiarnobezpečnostnými opatreniami a požiarnotechnickými zariadeniami, ktoré umožňujú zaistiť okamžitú indikáciu vzniku požiaru, majú schopnosť zabrániť jeho rozšíreniu, umožňujú zmenšiť intenzitu požiaru a zabezpečujú bezprostrednosť zásahu po vzniku požiaru. Vo výrobných stavbách sú to tieto zariadenia [4]:

- elektrická požiarna signalizácia (EPS) a hasičská jednotka,
- stabilné hasiace zariadenie (SHZ) so samočinným spúšťaním,
- zariadenie na odvod tepla a splodín horenia (ZOTSH) so samočinným spúšťaním,
- technické riešenia proti rozšíreniu požiaru.

Tieto požiarnotechnické zariadenia vplývajú na najväčšiu dovolenú plochu požiarneho úseku. Ich účinnosť je vyjadrená súčiniteľom c_v. Tento súčiniteľ sa nachádza vo vzorci (3) pre výpočet indexu pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru a jeho základná hodnota, teda bez použitia požiarnotechnických zariadení je rovná 1. Vypočíta sa zo vzorca [1]:

$$c_v = 1 - c_{v1} - c_{v2} - c_{v3} - c_{v4} \quad (7)$$

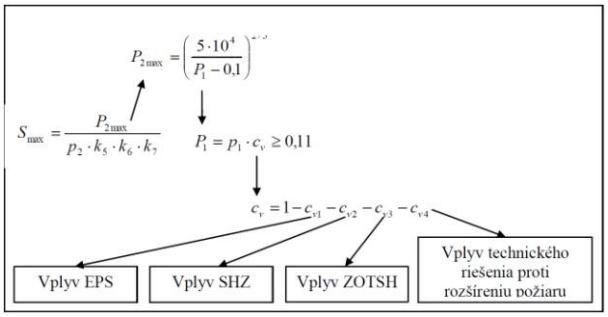
c_{v1} - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv EPS a možnosť zásahu hasičskej jednotky,

c_{v2} - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv SHZ so samočinným spúšťaním,

c_{v3} - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv ZOTSH so samočinným spúšťaním,

c_{v4} - súčiniteľ vyjadrujúci vplyv technického riešenia proti rozšíreniu požiaru.

Pri použití požiarnotechnických zariadení sa od nej odčítavajú hodnoty, ktoré závisia na účinnosti jednotlivých zariadení. Tým sa znižuje hodnota indexu pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru P_1, ktorá po dosadení do vzorca (2) pre výpočet indexu pravdepodobnosti rozsahu škôd spôsobených požiarom P_2 zvyšuje tento index, a tým zvyšuje maximálnu dovolenú plochu požiarneho úseku vypočítaného podľa vzorca (1), v ktorom sa tento index nachádza. Na obrázku 1 je schematické znázornenie vplyvu jednotlivých činiteľov.



Obr. 1.: Schematické znázornenie vplyvu požiarnotechnických zariadení na maximálnu dovolenú plochu požiarneho úseku

5.1 Elektrická požiarna signalizácia (EPS)

Vplyv elektrickej požiarnej signalizácie a možnosť zásahu hasičskej jednotky sa vyjadruje súčiniteľom c_{v1}. Táto hodnota sa určí z tabuľky 3 za podmienok, že požiarny úsek je vybavený EPS vo všetkých častiach, s výnimkou požiarnych úsekov bez požiarneho rizika, a EPS má ústredňu umiestnenú v ohlasovni požiarov alebo v miestnosti so stálou službou a hasičskú jednotku tvorí najmenej jedno družstvo s počtom najmenej 1 + 6 osôb v zmysle platných právnych predpisov. Ak EPS nespĺňa tieto podmienky, tak súčiniteľ c_{v1} je rovný nule.

Tab. 3.: Hodnoty súčiniteľa c_{v1} [1]

Položka	Predpokladaný čas od ohlásenia požiaru do začiatku zásahu	c_{v1}
1	do 5 minút	0,25
2	do 10 minút	0,2
3	do 15 minút	0,15

Do časov uvedených v tabuľke 3 sa započítava čas od vyhlásenia poplachu do príjazdu hasičskej jednotky k požiaru a čas bojového rozvinutia. Ak je

v predpokladanom čase možný zásah dvoma alebo viacerými hasičskými jednotkami súčasne, môže sa súčiniteľ c_{v1} zvýšiť o hodnotu 0,05. Z tabuľky vidno, že súčiniteľ c_{v1} závisí od času príjazdu hasičskej jednotky, teda od tohto času môže závisieť aj najväčšia dovolená plocha požiarneho úseku. Čím je súčiniteľ c_{v1} vyšší, tým je celková hodnota súčiniteľa c_v nižšia a tým sa zväčšuje maximálna dovolená plocha požiarneho úseku.

5.2 Stabilné hasiace zariadenie (SHZ)

Vplyv stabilného hasiaceho zariadenia na maximálnu dovolenú veľkosť požiarneho úseku sa vyjadruje súčiniteľom c_{v2}. Tento má hodnotu c_{v2} = 0,35 za predpokladu, že zariadenie [1]:

- chráni celú plochu požiarneho úseku okrem priestorov bez požiarneho rizika, alebo aspoň potenciálne miesta vzniku požiaru v rozsahu najmenej 50% podlahovej plochy všetkých podlaží požiarneho úseku,
- má ako súčasť výbavy signalizáciu, ktorá oznamuje uvedenie do činnosti.

5.3 Zariadenie na odvod tepla a splodín horenia (ZOTSH)

Vplyv zariadenia na odvod tepla a splodín horenia sa vyjadruje súčiniteľom c_{v3}, ktorý znižuje súčiniteľ c_v o hodnotu 0,1 za predpokladu, že zariadenie pri požiari signalizuje uvedenie do činnosti do miesta so stálou obsluhou. Pokiaľ nie je v požiarnom úseku EPS, musí byť ZOTSH vybavené hlavnou telefónnou stanicou [1].

5.4 Technické riešenia proti rozšíreniu požiaru

Technické riešenie proti rozšíreniu požiaru vplýva na maximálnu dovolenú plochu požiarneho úseku súčiniteľom c_{v4}, ktorý ma hodnotu 0,2 za predpokladu, že všetky potenciálne miesta vzniku požiaru v požiarnom úseku sú zabezpečené [1]:

- automatickým vyprázdňovacím zariadením na odčerpanie horľavých látok z nádrží, zásobníkov a pod. mimo požiarneho úseku výrobnej stavby, stavby poľnohospodárskej výroby alebo otvoreného technologického zariadenia v čase kratšom ako je ¼ pravdepodobného času trvania požiaru, alebo
- automatickým uzatváracím zariadením horľavých látok tak, že sa z nich nemôžu uvoľňovať horľavé plyny, alebo
- automatickým zariadením, ktoré zastaví prívod, prítok alebo iný prísun horľavých látok do požiarneho úseku, alebo
- zariadením zabraňujúcim rozliatiu alebo rozsypaniu horľavých látok (zariadenie musí byť z nehorľavých materiálov, schopné počas celého pravdepodobného času trvania požiaru zachovať si svoju celistvosť a stabilitu; jeho prípadné deformácie nesmú umožniť rozliatie alebo rozsypanie týchto látok), alebo
- stabilným hasiacim zariadením so samočinným spúšťaním umiestneným v potenciálnych miestach vzniku požiaru, ak toto zariadenie nespĺňa požiadavky pre použitie súčiniteľa c_{v2}, alebo
- zariadením automaticky signalizujúcim nebezpečnú koncentráciu unikajúcich horľavých plynov a pár vrátane zariadení, ktoré bránia ďalšiemu úniku týchto látok.

ZÁVER

Zväčšenie požiarnych úsekov môže byť z rôznych dôvodov, napríklad pre zníženie nárokov pri členení stavby na požiarne úseky alebo na potreby prevádzky, kedy z rôznych dôvodov, ako napríklad zabezpečiť nepretržitosť prevádzky pri rôznych výrobných linkách a podobne je potrebný väčší priestor. Vidíme, že veľkosť plôch týchto požiarnych úsekov sa dá vo výpočtoch meniť rôznymi spôsobmi. Ešte pri navrhovaní stavby si treba zvážiť aké konštrukcie sa použijú, aké bude dispozičné riešenie a aké opatrenia sa urobia, aby mohla prevádzka fungovať bez obmedzení, aby náklady na členenie boli čo najnižšie a zároveň aby vyhovovala požiadavkám právnych predpisov.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] STN 92 0201-1: 2000, Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 1: Požiarne riziko, veľkosť požiarneho úseku.

[2] Vyhláška č. 94/2004 Z. z. Ministerstva vnútra Slovenskej republiky z 12. Februára 2004 ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť.

[3] REICHEL, V. 1987. Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů. Zabraňujeme škodám, svazek 17. Česká státni pojišťovna, Praha, 1987. 128 s. SIP – 41235/05009.

[4] KUCBEL, J. 1993. Požiarna ochrana budov. Vydavateľstvo a distribúcia technickej literatúry J. Kucbel, Bratislava, 1993. ISBN 80-901398-0-9.

ZÁSAHOVÁ ČINNOSŤ PRI DOPRAVNÝCH NEHODÁCH AUTOMOBILOV S NOVÝMI DRUHMI POHONOV

MIKULÁŠ MONOŠI[1]

Abstract *— This paper briefly describes the different types of a new drives in a new cars. Moreover it deals with vehicles powered by electricity and with their definitional characteristics. The main objective of the paper is to point out the danger related to an accident of the fire brigades during the intervention activities.*

Keywords *— electric drive; traffic accident; fire-fighter units; fire fighting intervention activities.*

Abstrakt *— Článok stručne charakterizuje jednotlivé druhy nových pohonov u automobilov. Bližšie sa zaoberá vozidlami na elektrickú energiu a ich definičnými charakteristikami. Cieľom článku je poukázať na nebezpečenstvo, ktoré hrozí v prípade dopravnej nehody pri zásahovej činnosti hasičských jednotiek.*

Kľúčové slová *— eklektický pohon; dopravná nehoda; hasičské jednotky; zásahová činnosť.*

Úvod

Uvedený článok sa zaoberá problematikou zásahovej činnosti hasičských jednotiek pri dopravných nehodách automobilov s novými druhmi pohonov. Podrobnejšie sa zaoberá vlastnosťami automobilu s pohonom na elektrickú energiu – elektromobilmi. úlohou článku je poukázať na nebezpečenstvo ohrozujúce hasičov zasahujúcich pri dopravných nehodách.

1. AUTOMOBILY NA ALTERNATÍVNY POHON

Medzi nové druhy pohonov, ktoré by mohli byť v blízkej budúcnosti alternatívou klasických spaľovacích motorov a ktorým pozornosť by mali venovať aj záchranné služby môžeme zaradiť plynové motory na zemný plyn, propan-bután, štvordobé motory spaľujúce bionaftu a bioetanol, elektromobily alebo aj hybridné pohony. Nás budú najviac zaujímať elektromobily ale aj hybridné pohony (spaľovací motor a elektrický motor v automobile).

Podstata elektromobilov spočíva v zásobníku energie. Na rozdiel od spaľovacích motorov pri nich rozlišujeme krátkodobý výkon - obmedzený maximálnym výkonom regulátoru a dlhodobý výkon; a tie rozlišujeme dve maximálne rýchlosti, ktoré sú realizovateľné na vzdialenosť 2x 1 km a na 30 minút. Elektromotor je napájaný buď priamo z fotovoltaických článkov alebo z batérie či z trolejového vedenia (najmä mestská doprava) [1].. Prísun elektrickej energie k elektromobilom môže byť zabezpečený viacerými spôsobmi, a to prostredníctvom:

- trolejov,
- palivových článkov,
- slnečnej energie,
- akumulátor (elektrický, tepelný, tlakový, zotrvačný),
- hybridný.

Akumulátory sa označujú aj ako batérie a sú najdôležitejším prvkom elektromobilov. V elektromobiloch požívame tri druhy: záložný, štartovací a trakčný. Akumulátor môže byť:

- olovený,
- niklovo – kadmiový,
- niklovo – metalhydridový,
- lithium iontový,
- vysokotepelný . [2].

Medzi výhody požívania akumulátorov ako alternatívneho pohonu pre automobily patrí tichá prevádzka, jednoduchá konštrukcia a nulové miestne emisie, vďaka čomu sú ideálne pre využitie v meste a v uzavretých prevádzkach. Nevýhodou je však pomerne vysoká cena, dlhší čas potrebný na dobitie ako aj krátky dojazd.

Z hľadiska témy tejto diplomovej práce si priblížme len akumulátor lithium-ionový. Jeho anóda je vyrobená z uhlíku a katóda je oxid kovu a elektrolyt je lithiová soľ v organickom rozpúšťadle.

[1] doc. Ing. Mikuláš Monoši, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, FŠI, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1. Mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika, tel.: +421 41 513 6758, e-mail: mikulas.monosi@fsi.uniza.sk

Výhody tohto akumulátora sú nasledovné:

- životnosť je 500-2000 nabíjacích cyklov,
- takmer minimálne samovybíjanie, do 5%,
- vysoká hustota energie, na základe čoho môţe mať batéria s relatívne vysokou kapacitou malú hmotnosť a objem
- nemá pamäťový efekt,
- je možné ju vyrábať v rôznych tvaroch.

Naopak medzi nevýhody zaraďujeme:

- pri nesprávnom použití je tu nebezpečenstvo výbuchu alebo vznietenia,
- batéria časom stráca maximálnu kapacitu bez ohľadu na frekvenciu používania,
- v prípade úplného vybitia sa veľmi ťažko znovu nabije, [2]

2. OZNAČENIE ELEKTROMOBILOV A UMIESTNENIE BATÉRIÍ

Označenie elektromobilov pre hasičské jednotky má veľký význam z hľadiska zásahovej činnosti. Elektromobily môžu byť označované podľa nasledujúcich obrázkov.



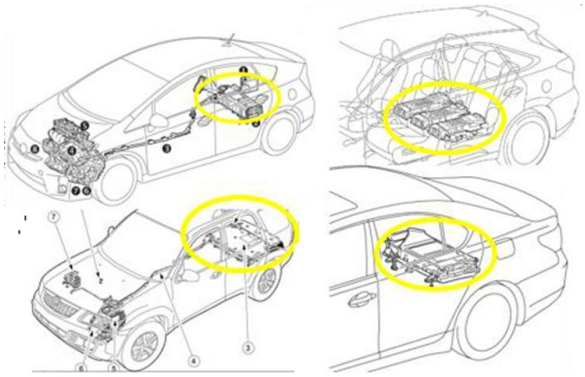
Obr. č. 1 Označenie elektromobilu [4]



Obr. 2: Označenie hybridného automobilu [5]

Umiestnenie batérií vo vozidlách

Umiestnenie batérií je najčastejšie pod zadnými sedadlami alebo v batožinovom priestore (obr. 3) ale môžu byť umiestnené aj v priestore motora. Je to u každého výrobcu a u každého typu vozidla individuálne. Na nasledujúcich obrázkoch je umiestnenie batérií.



3. Návrh opatrení zásahovej činnosti hasičských jednotiek pri vozidlách s elektrickým pohonom

V tejto časti článku stručne budú riešené nebezpečenstvá, ktoré ohrozujú hasičov pri zásahu u elektrických a hybridných pohonoch automobilov. A ďalej budú navrhované opatrenia zamerané na bezpečnosť príslušníkov pri vykonávaní zásahu pri vozidlách s novými druhmi pohonu.

Tab. 1.: Nebezpečenstvá s príčinami a následkami pri eelektrických a hybridných pohonoch automobilov [6]

Nebezpečenstvá	Príčiny	Následky
Výbuch HV batérie	• prekročenie tlaku alebo teploty • vysoký tlak v batérii • dopravná nehoda • požiar	• materiálne škody • ohrozenie okolia • zranenia • zdravotné následky • rozstreknutie elektrolytu
Rozstreknutie elektrolytu	• prekročenie tlaku alebo teploty • vysoký tlak v batérii • dopravná nehoda • požiar	• materiálne škody • ohrozenie okolia • zdravotné následky
Úraz elektrickým prúdom	• dopravná nehoda • poškodená HV sústava	• materiálne škody • zdravotné následky
Nečakaný rozjazd	• vozidlo v stave READY • uvoľnenie brzdového pedála	• materiálne škody • ohrozenie okolia • zdravotné následky

Návrh opatrení pri zásahovej činnosti pri elektrických a hybridných pohonoch vozidiel [6]:

• nikdy sa nedotýkajte, nerežte alebo neotvárajte žiadne vysokonapäťové káble či iné súčasti,

• pristupovať k vozidlám IBA ZBOKU, nie zozadu ani spredu – rozbeh vozidla,

• dôkladne zabezpečiť vozidlo proti pohybu (napr.: kliny podložiť pod všetky kolesá z oboch strán, ak vozidlo nehorí pristaviť pred toto vozidlo zásahový automobil a z druhej strany podložiť pod kolesá kliny, atď.),

• nepokúšať sa otvoriť obal batérie,

• v prípade vytečenia elektrolytu (hlavné zložky sú hydroxid draselný a hydroxid sodný) z puzdra batérie použiť veľké množstvo vody na jeho zriedenie alebo neutralizovať pomocou kyseliny boritej alebo octom,

• ak sa zistí, že vozidlo má diaľkový štartovací kľúč, treba ho vzdialiť od vozidla (cca 15 m),

• ak je veľmi poškodená HV batéria odpojiť HV sústavu vysokonapäťovými poistkami, ak nevieme ktoré sú to poistky vybrať všetky (obr. XX),

• po odpojení batérii nedotýkať sa chvíľu elektroinštalácie ani karosérie (ak sa zistí že sú spojené), lebo sú ešte pod napätím (cca 10 min.), pre rýchlejšie vybitie sústavy treba zapnúť svetlá,

• hasiť vozidlo pomocou vody a zmáčadla, ABC prášku,

• pri požiari vozidiel dodržovať bezpečnú vzdialenosť,

• v prípade požiaru a zasiahnutia HV batérie alebo častí HV sústavy radšej nechať vozidlo zhorieť, lebo pri niektorých typoch vozidlách neodporúčajú hasiť vozidlo (napr.: BMW, Mercedes).

Z dôvodu bezpečnosti treba zasahovať veľmi obozretne dodržať bezpečnostné opatrenia

Je nutné poznamenať, že hybridné automobily, ktoré sa môžu zdať ako nečinné keď benzínový motor nepracuje, môžu byť stále „pripravené“ a schopné dať sa kedykoľvek do pohybu. Aby sme tomu zabránili, okrem odpojenia 12V batérie je treba sa uistiť, že spínač zapaľovania je vypnutý a kľúč vytiahnutý. Tým je odpojený elektronický riadiaci systém.

Záver

Na záver článku je možné konštatovať, že vozidlá s elektrickým pohonom predstavujú z hľadiska zásahovej činnosti hasičských jednotiek odlišné nebezpečenstvo než je to u klasických pohonov automobilov. Preto boli navrhnuté určité opatrenia pri zásahu hasičov po dopravnej nehode. Ďalej je nutné aby prvovýjazdové vozidlá boli vybavené aspoň po jednom kuse bezkontaktného merača prúdu a dielektrickou podložkou pod nohy pri práci s hybridnými vozidlami. Pri práci s hybridnými vozidlami by sa malo doplniť elektricky izolované vyslobodzovacie náradie.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] [1] Ujmiak, S.: Diplomová práca 2013. Zásahová činnosť pri dopravných nehodách automobilov s novými druhmi pohonov, FŠI ŽU v Žiline 2013.

[2] [2] Wikipedie.-otevřená encyklopedie. Lithium-iontový akumulátor. [online]. [cit. 2013–04-10]. Dostupné na: < https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-iontov%C3%BD_akumul%C3%A1tor >

[3] [3] Emergency Response Guide. Escape Hybrid, Marine Hybrid. [online].[cit. 2013–03-10] Dostupné na : <https://www.fleet.ford.com/showroom/2009fleetshowroom/pdfs/2009_Hybrid_ER G_FI NAL.pdf>.

[4] [4] Electric vehicle news.VW announce first full electric production car E-up. 2013. [online] [cit. 2013-04-10] Dostupné na: < http://www.electric- vehiclenews.com/2013/03/vw-announce-first-fully-electric.html>Electric vehicle news.VW announce first full electric production car E-up. 2013. [online] [cit. 2013-04-10] Dostupné na: < http://www.electric-vehiclenews.com/2013/03/vw-announce-first-fully-electric.html>

[5] [5] Toyota Motor Sales. Hybrid Emergenci Response Information. Instructor Notes [online]. [cit. 2013–04-10]. Dostupné na: https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/ erg/in dex.htm, na: http://elektromobily.sk/test-toyota-auris-hsd

[6] Mulica, A.: Diplomová práca 2013. Riziká pri dopravných nehodách automobilov s novými druhmi pohonov, FŠI ŽU v Žiline 2013

SUBJECTIVE ASSESSMENT OF WORK SAFETY OF FIRE-FIGHTERS IN RESCUE – EXTINGUISHING ACTIONS

MAREK RYBAKOWSKI[1], *ANDRZEJ KOCHAŃSKI*[2], *GRZEGORZ DUDARSKI*[3]

Abstract *— Fire-fighter occupation is one of the professions with a high degree of risk and it is always exposed to various dangers. It is usually associated with fighting with fires and even though they are one part of their daily work, there ale also other services included in their daily work, such as: rescue actions, removing any chemical or radiological threats, evacuation of people from the contaminated area, the elimination of water and road hazards. Conducted surveys and their results are an attempt to subjective risk assessment of fire-fighters in their own opinion.*

Keywords *— safety of fire-fighters, hazard, risk assessment*

INTRODUCTION

Fire-fighter work is a connected with a high degree of professional risk. In years 2000 – 2009 during rescue operations were 3 858 accidents, in which 33 fire-fighters were killed, and 4 772 were injured (in Poland). Fire-fighters are exposed to various types of dangerous and harmful factors during fulfilling their duties, especially in hazardous areas. Hot surfaces, air and gases may cause skin burns and respiratory tract, and falling parts of the construction of buildings, devices and installations may cause many injuries in case of an impact or crushing. The gases escaping from leaking tanks and the installation process can lead to acute poisoning. Fire-fighters are also vulnerable to the effects of high temperature (flames, radiant heat) or low temperature (e.g. rescue actions carried out on frozen bodies of water). It should be noted that during the rescue operations, depending on the type and size of the event, most fire-fighters are exposed to a number of dangerous and harmful factors at the same time (so –called co-existence of threats).

1. FIRE-FIGHTERS WORKING AND SAFETY CONDITIONS

The conditions in which rescuers operate while conducting rescue operations, pose a serious threat to their health and life. Fire-fighters – rescuers, participating in various actions, are exposed to the harmful effects of various toxic substances – chemical and physical factors.

One of the factors posing a threat to rescuers is increased temperature. Every fire is associated with forming thermal radiation. Its sources are flames and embers that are an imminent danger to fire-fighters. In such conditions, fire-fighters are often exposed to direct heat, which is caused by an excessive increase in temperature due to the general body irradiation or by a strong local irradiation of the head, at a slightly increased temperature of the body. As a result of the action of heat on the human body may occur disorders in body temperature. Body temperature increased to 39°C may result in sudden loss of consciousness. A similar effect may occur during intense irradiation of the head. In terms of fire-fighting, the fire-fighter works mostly in the respiratory protection apparatus and protective clothing, and he is often forced to extreme physical effort. As a result of prolonged work of the fire-fighter in the room on fire and intensive effort may be disruption of the thermo-regulation and overheating [3]. Different dangerous toxic products are another important factor posing a threat. Products of combustion and pyrolysis appearing in the fire environment form a complex mixture of gases and suspended solids and liquid, which creates serious threats for a human. In addition to carbon dioxide and carbon monoxide there are also: oxides of sulfur, phosphorus pentoxide, nitrogen oxides, hydrogen cyanide vapor, hydrogen chloride and hydrogen sulfide. These substances usually enter the human body through the respiratory system or as a result of permeation through the skin, or are absorbed through the digestive tract [2].

Another factor in the fire environment is smoke. That represents a significant threat to fire-fighters, not only because of the possibility of inhaling toxic chemicals, but also because of the darkness in the areas on fire and areas that are next to the high-energy fire environ-

[1] Dr inż. **Marek Rybakowski**, University of Zielona Góra, Institute of safety engineering and work sciences. m.rybakowski@eti.uz.zgora.pl

[2]Sergeant, Lic. **Andrzej Kochański**, District Headquarters of the State Fire Service in Żary. a.kochanski@straz.zary.pl

[3] Dr **Grzegorz Dudarski**, University of Zielona Góra, Institute of safety engineering and work sciences. g.dudarski@eti.uz.zgora.pl

ment. The intensity of smoking materials is crucial for reducing visibility in the area on fire. Limiting the visibility, invoked by a layer of smoke causes eg. impossible penetration of the flashlight through the smoke, and tearing and burning caused by its irritating components. Following the reduction in visibility there is an increase of the probability of loss of orientation in a smoky rooms, which may cause a fall or a hit on invisible objects or cut by sharp protruding parts. That makes the evacuation process difficult or even impossible. Under fire conditions, both light smoke and water vapor resulting in extinguishing the fire, may result in loss of vision [3].

An important factor is also lack of oxygen during the rescue – extinguishing operations. The threat to the human respiratory system happens when oxygen deficit is below 17%. While a decrease in the amount of oxygen in the smoke, which is consumed by maintaining the combustion process, increases the additional threat to the health and life of fire-fighters. A very large deficit of oxygen promotes the formation of compounds that enhance toxic effects generated in fires of different products of thermal decomposition and combustion [4].

The primary measures that protect fire-fighters from the elements of fire threat are:

- the use of a set of necessary and complete protective equipment suitable for the present or expected threats,
- checking and assessing the state of safety and risks, and at the moment of stating the upcoming danger, immediate leaving of the threatened building or area,
- correct, in accordance with the strategy of fire tactics conducting rescue operations, in order to eliminate the threat as quickly as possible.

The results of the analysis of diseases and accidents at work confirm the hazardous nature of the fire-fighter profession [1].

2. SUBJECTIVE ASSESSMENT OF RISK FIREFIGHTER

2.1 Characteristics of the tested environment and the organization of research

The studies were included fire-fighters - rescuers of the District Fire Brigade in Żary (Polish western region). The study involved the entire population of fire-fighters - rescuers working in the District Headquarters of the Fire Brigade. All studied people were men. It is therefore concluded that the results of research in all its territory are meaningful for the research group. The study was conducted using a diagnostic survey in the spring of 2012. They took the form of direct research. The study involved 30 fire-fighters - rescuers.

2.2 Diagnostic survey

1. Do you feel safe in the protective clothing during rescue – fire fighting operations?

Protective clothing is one of the most important things that affect the safety of fire-fighters during rescue – fire extinguishing operations.

In the group of eight (26.7%) people indicated a very high level of security, which is given by clothing. 19 fire-fighters (63.3%) said that they feel safe while working in protective clothing. See Figure 1. Among the 30 people tested there were 3 people (10%) who do not feel safe in protective clothing while doing their work. Those are people with secondary education, whose work experience does not exceed 10 years. That may be related with less experience and thus with less dangerous situations, where they could learn about the effectiveness of protective clothing in case of danger to health or life.

2. Are you at risk for an accident while rescue - extinguishing operations?

The data in Table 1 illustrate the answer to the question of the degree of exposure to accidents at work. The chart shows that 13 patients (43.3%) said that they are often exposed to an accident during the fire and rescue operations. The same number felt that they tend to be at risk of an accident at work, but quite rare. However, four people (13.3%) answered the question negatively and they are people with secondary education, where 2 (6.7%) of them are people with work experience up to 5 years.

3. Were you exposed to burns during extinguishing the fire?

The exposure to burns during fire fighting was another issue under consideration. Most people, 14 (46.7%) responded "yes, seldom". The answer "yes, often" was indicated by 10 people (33.3%) and 6 patients (20%) said they had never been exposed to burns while extinguishing the fire. See Table 2 and Figure 2.

These results may indicate that the fire-fighting action, despite the protective equipment and clothing, may lead to burns. People who are involved in actions more directly are at the biggest risk and also those who have the least experience that protect them from unnecessary exposure to the burn. On the other hand, because of the length of service among young people, with a smaller amount of the rescue - fire fighting actions, there was the largest number of answers "no, never".

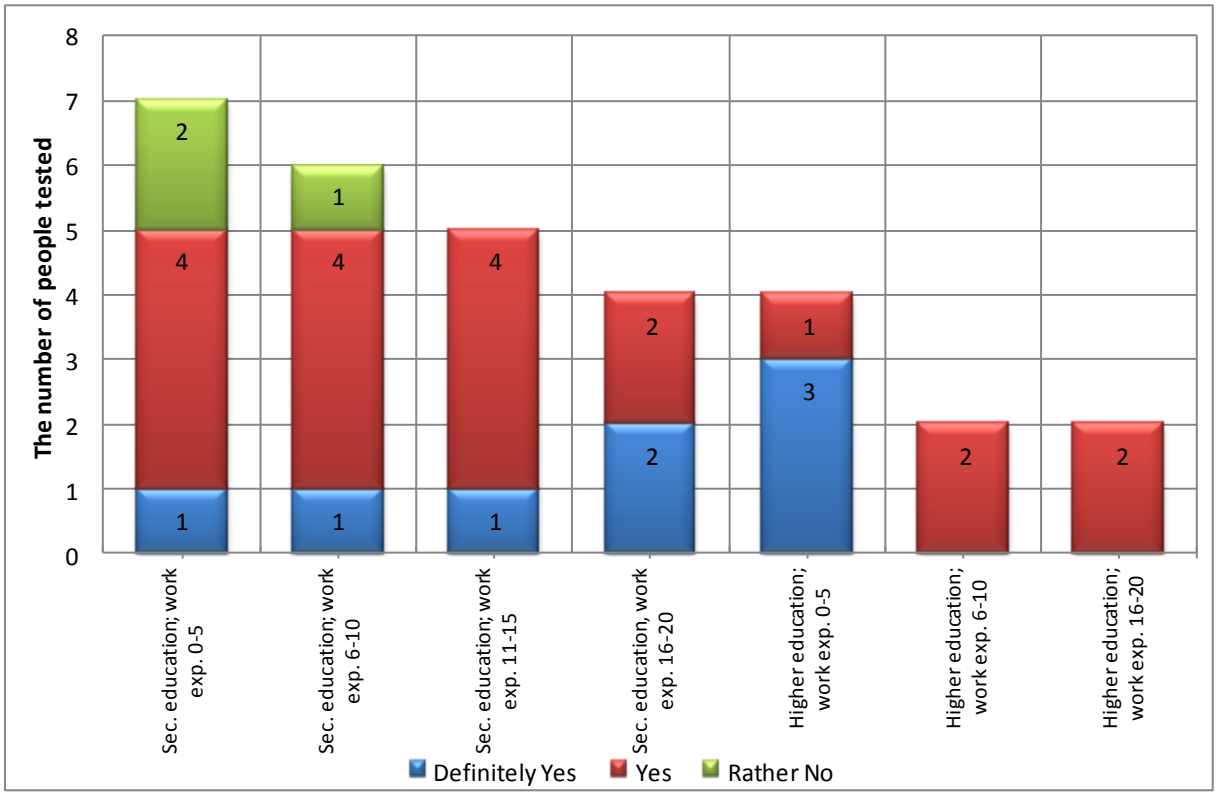


Fig. 1: A sense of your own safety, protective clothing. Source: own study

Table 1. Rate your exposure to the life and health

Education and work experience in years ---------- Answers	secondary education; work experience 0-5	secondary education; work experience 6-10	secondary education; work experience 11-15	secondary education; work experience 16-20	higher education; work experience 0-5	higher education; work experience 6-10	higher education; work experience 16-20	Generally
Yes, often	3	4	1	2	2	-	1	13
Yes, seldom	2	2	3	1	2	2	1	13
No, never	2	-	1	1	-	-	-	4
Total	7	6	5	4	4	2	2	30

Source: Own study

Table 2: Rate your exposure to burns

Education and work experience in years ---------- Answers	secondary education; work experience 0-5	secondary education; work experience 6-10	secondary education; work experience 11-15	secondary education; work experience 16-20	higher education; work experience 0-5	higher education; work experience 6-10	higher education; work experience 16-20	Generally
Yes, often	1	3	2	2	1	-	1	10
Yes, seldom	2	3	3	1	3	1	1	14
No, never	4	-	-	1	-	1	-	6
Total	7	6	5	4	4	2	2	30

Source: Own study

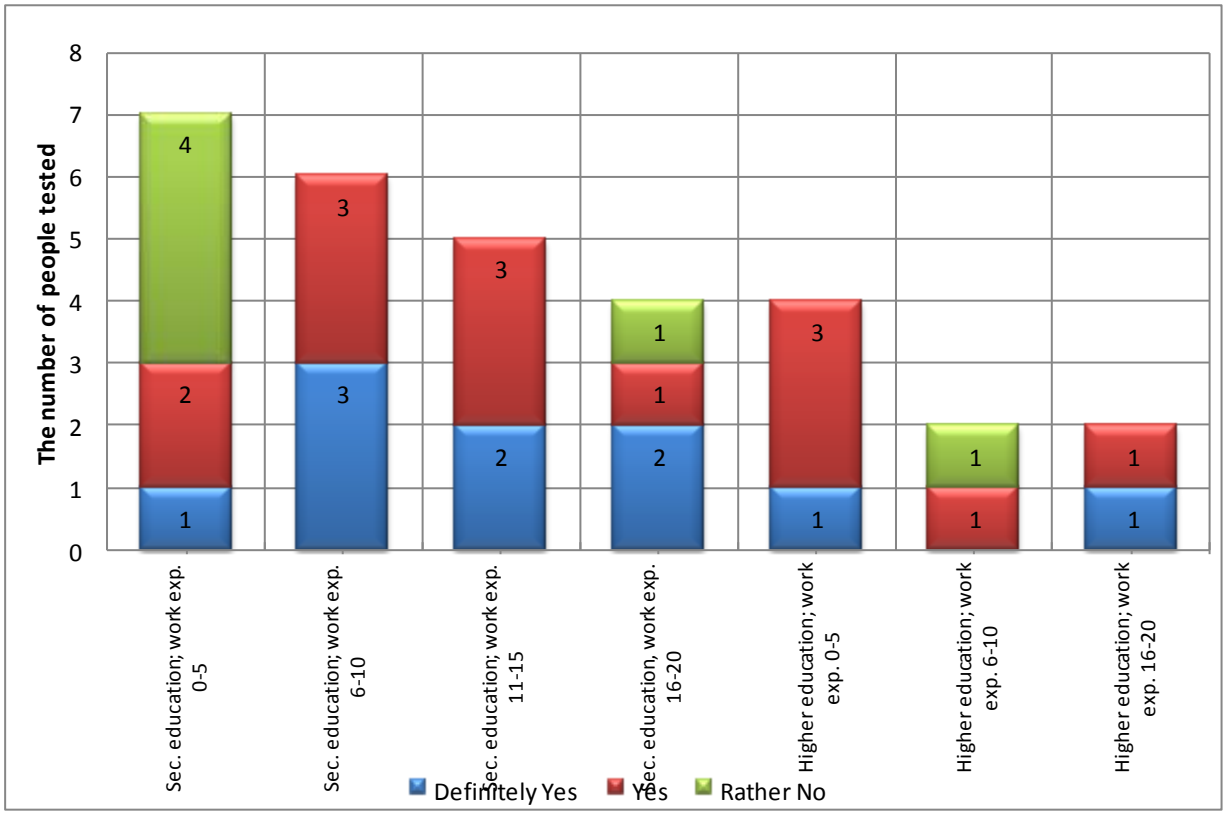


Fig. 2: Exposure to burns. Source: own study

THE SUMMARY

As shown by the results of subjective risk assessment of the fire-fighters work, the self-assessment of fire-fighter safety is mixed. Fire-fighters feel in their rescue operations safe. The results illustrate that the personal protective equipment and protective equipment of fire-fighters - rescuers provide them the adequate security. Fire-fighters appreciate their rescue equipment, which is used in their rescue operations. They feel safe in their protective clothing. Only three fire-fighters with little work experience said they did not feel safe in their protective clothing. Work as a fire-fighter - rescuer is exposed to danger at work and that is what most of the respondents declared in the survey. Rescue service sets specific requirements to fire-fighters that have to coped in all conditions, using available resources to protect themselves.

REFERENCES:

[1] BIELECKI P., Taktyka działań gaśniczych, Wydawnictwo SAPSP, Warszawa 2004, p. 34.

[2] GIERSKI E., Zwalczanie pożarów w wysokościowcach, Warszawa 2005. p. 26.

[3] SAWICKI T., Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru, [In:] Bezpieczeństwo Pracy, No. 7 – 8/2004, p. 34.

[4] www.straz.gov.pl (last access: 22.03.2013).

PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ ZMIEN STAVIEB

MARIAN SUJA [1]

Abstract *— The article characterizes the building in terms of current legislation, also the term use of building, but the article mainly analyzes the processing of the fire safety for reconstruction of building.*

Keywords *— building; use of a building; change of building; fire protection of buildings*

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.*

ÚVOD

Odborná verejnosť 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 protipožiarneho hľadiska, 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 sú v súčasnosti riešené podľa slovenskej technickej normy pod názvom Požiarna bezpečnosť stavieb. Zmeny stavieb [1] (ďalej len „STN 73 0834“).

1. STAVBA A JEJ UŽÍVANIE

Stavba podľa stavebného zákona,[2] je stavebná konštrukcia postavená stavebnými prácami zo stavebných výrobkov, ktorá je pevne spojená so zemou alebo ktorej osadenie vyžaduje úpravu podkladu. Pevným spojením so zemou sa rozumie:

- spojenie pevným základom,
- upevnenie strojnými súčiastkami alebo zvarom o pevný základ v zemi alebo o inú stavbu,
- ukotvenie pilótami alebo lanami s kotvou v zemi alebo na inej stavbe,
- pripojenie na siete a zariadenia technického vybavenia územia,
- umiestnenie pod zemou.

Stavby sa podľa stavebnotechnického vyhotovenia a účelu členia na:

- pozemné stavby, ktoré sú priestorovo sústredené zastrešené budovy vrátane podzemných priestorov, ktoré sú stavebnotechnicky vhodné a určené na ochranu ľudí, zvierat alebo vecí; nemusia mať steny, ale musia mať strechu. Podľa účelu sa členia:
  - bytové budovy,
  - nebytové budovy
- inžinierske stavby:
  - diaľnice, cesty, miestne a účelové komunikácie, nábrežia, chodníky a nekryté parkoviská,
  - železničné, lanové a iné dráhy,
  - vzletové dráhy, pristávacie dráhy a rolovacie dráhy letísk,
  - mosty, nadjazdy, tunely, nadchody a podchody,
  - prístavy, plavebné kanály a komory, úpravy tokov, priehrady a ochranné hrádze, závlahové a melioračné sústavy, rybníky,
  - diaľkové ropovody a plynovody, miestne rozvody plynu,
  - diaľkové a miestne rozvody vody alebo pary, úpravne vody, miestne kanalizácie a čistiarne odpadových vôd,
  - diaľkové a miestne elektronické komunikačné siete a vedenia, telekomunikačné stožiare, transformačné stanice,

[1] mjr. Ing. Marian SUJA, PhD., Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra verejnej správy a krízového manažmentu, Sklabinská 1, 835 17 Bratislava, marian.suja@minv.sk.

- diaľkové a miestne rozvody elektriny, stožiare, transformačné stanice, televízne káblové rozvody,
- banské stavby a ťažobné zariadenia,
- stavby energetických zariadení, plynárne a spaľovne odpadu,
- stavby na spracovanie a ukladanie jadrového materiálu a rádioaktívneho odpadu,
- stavby chemických zariadení, rafinérie a koksovne,
- stavby ťažkého priemyslu, napríklad vysoké pece, valcovne a zlievarne,
- nekryté športové ihriská, automobilové, motocyklové a bicyklové dráhy, golfové ihriská, lyžiarske trate a vleky,
- zábavné a oddychové parky, zoologické a botanické záhrady,
- ostatné inžinierske stavby, napríklad skládky odpadu.

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. [3]

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 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.

Ohlásenie stavebnému úradu postačí:

- pri jednoduchej stavbe, jej prístavbe a nadstavbe, ak tak určil stavebný úrad v územnom rozhodnutí,
- pri drobných stavbách, ktoré plnia doplnkovú funkciu k hlavnej stavbe a ktoré nemôžu podstatne ovplyvniť životné prostredie;
- pri stavebných úpravách, ktorými sa podstatne nemení vzhľad stavby, nezasahuje sa do nosných konštrukcií stavby, nemení sa spôsob užívania stavby a neohrozujú sa záujmy spoločnosti;
- pri udržiavacích prácach, ktoré by mohli ovplyvniť stabilitu stavby, požiarnu bezpečnosť stavby, jej vzhľad alebo životné prostredie a pri všetkých udržiavacích prácach na stavbe, ktorá je kultúrnou pamiatkou,
- pri stavbách elektronických komunikačných sietí (nosiče telekomunikačných zariadení) umiestňovaných na existujúcich objektoch, ktoré nepresahujú výšku 6 m, šírku 2,5 m a nezasahujú do nosných konštrukcií stavby,
- pri prízemných stavbách elektronických komunikačných sietí, ak ich zastavaná plocha nepresahuje 25 m^2 a výška 4,5 m,
- pri výmene alebo dopĺňaní telekomunikačných zariadení na existujúcich stavieb elektronických komunikačných sietí, keď nedôjde k zmene stavby.

Stavebné povolenie ani ohlásenie sa nevyžaduje:

- pri banských dielach, banských stavbách pod povrchom a pri stavbách v povrchových lomoch a skrývkach, pokiaľ podliehajú schvaľovaniu a dozoru orgánov štátnej banskej správy podľa banských predpisov,
- pri nadzemných a podzemných vedeniach elektronických komunikačných sietí, vrátane oporných a vytyčovacích bodov,
- pri krátkodobých prenosných zariadeniach, ako sú predajné stánky, konštrukcie a zariadenia na slávnostnú výzdobu a osvetlenie budov,

- pri scénických stavbách pre film a televíziu,
- pri geodetických drevených a prenosných meračských vežiach, signáloch a pyramídach,
- pri konštrukciách chmeľníc a vinohradov,
- pri stavebných úpravách elektrických vedení bez obmedzenia napätia, pokiaľ sa nemení ich trasa,
- pri udržiavacích prácach, pri ktorých nie je predpísané ohlásenie,
- pri rozvodoch elektronických komunikačných sietí a zvodoch antén, ktoré sú umiestňované v uzavretých priestoroch stavieb.

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. Kolaudačné rozhodnutie sa vyžaduje aj pre jednoduché stavby, ich prístavby a nadstavby, ktoré postačilo ohlásiť, ak tak určil stavebný úrad v územnom rozhodnutí.

Stavebný úrad môže od kolaudácie upustiť, ak ide o:

- drobné stavby, stavebné úpravy a udržiavacie práce, po ktorých ohlásení stavebný úrad určil, že podliehajú stavebnému povoleniu,
- jednoduché stavby a ich zmeny s výnimkou stavieb na bývanie, stavieb na individuálnu rekreáciu, garáží a stavieb s prevádzkovým alebo výrobným zariadením.

Stavbu možno užívať len na účel určený v kolaudačnom rozhodnutí, 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.

2. PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ ZMIEN STAVIEB

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,[2] osôb s obmedzenou schopnosťou pohybu alebo neschopných samostatného pohybu alebo
- k dodatočnému zatepleniu stavieb kontaktným zatepľovacím systémom[3] 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 projektovej 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 výťahu a pod.);

[2] v norme zmeny stavieb je uvádzané „podľa STN 73 0818“, ale v súčasnosti sa počty osôb určujú podľa STN 92 0241 Požiarna bezpečnosť stavieb. Obsadenie stavieb osobami.

[3] ide o zmenu stavieb skupiny II. a rieši sa podľa článku 117a) STN 73 0802, ktorý pojednáva o požiarnych pásoch. Podľa tohto istého článku sa rieši aj kontaktný zatepľovací systém pre zmenu stavieb, ktoré vyhovujú skupine III. podľa článku 7 STN 73 0834

- 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^2, priestor väčší ako 100 m^2 však môže vzniknúť rozdelením pôvodne väčšieho priestoru.

Zmeny stavieb skupiny I. nevyžadujú ďalšie opatrenia, pokiaľ spĺňajú nasledovné požiadavky:

- požiarna odolnosť menených 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;
- novozriaďované 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 požiarny 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 požiarna odolnosť konštrukcií požiarnych úsekov, a to:
  - posúdia sa únikové cesty z menených častí 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 pn > 50 $kg.m^{-2}$;
  - posúdia sa zariadenia pre protipožiarny 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.

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 protipožiarnu 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;
  - požiarny úsek, ktorý tvorí z viac ako 50 % celkovej podlahovej plochy prístavba.

Pri zmene stavby alebo pri zmene užívania priestorov stavby sa nesmie znížiť protipožiarna 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 protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb [4] (ďalej len „vyhláška PBS“). V stavbách, v ktorých sa protipožiarna bezpečnosť navrhla a realizovala do 30. septembra 2000, sa zmeny stavieb z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti môžu navrhnúť podľa STN 73 0834 v súlade s podmienkami na požiarnu odolnosť[4] a reakciu na oheň[5] alebo stupeň horľavosti, index šírenia plameňa a schopnosť odkvapkávať, ktoré sú určené pre stavebné materiály podľa doterajších predpisov a bolo ich možné používať do 31.decembra 2007.

[4] § 8 vyhlášky PBS č. 94/2004 Z.z.

[5] § 9 vyhlášky PBS č. 94/2004 Z.z.

3. 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 protipožiarnu 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 [5] 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 [6],
- 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 [7],
- 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 [8],
- 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 [9],
- 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 [10],
- 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 [11],
- 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 [12],
- 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 [13],
- stavby a priestory skladov v jednopodlažných stavbách skolaudované:
  - ku dňu 30.9.2000 podľa STN 73 0844 [14],
- 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 [15],
- stavby a priestory horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 96/2004 Z.z. [16],
- stavby a priestory, v ktorých sa vykonáva povrchová úprava výrobkov náterovými látkami podľa:
  - - vyhlášky MV SR č. 142/2004 Z.z. [17],
- 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. [18],
- stavby a priestory uvädnutého krmu, sena, slamy a iných suchých rastlín, dreva a tuhého paliva podľa:
  - vyhlášky MV SR č. 258/2007 Z.z. [19],

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 osobytných 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 LITERATÚRY

[1] STN 73 0834 Požiarna bezpečnosť stavieb. Zmeny stavieb.

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

[3] 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).

[4] 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.

[5] STN 73 0804 Požiarna bezpečnosť stavieb. Výrobné objekty.

[6] STN 73 0831 Požiarna bezpečnosť stavieb. Zhromažďovacie priestory.

[7] STN 73 0833 Požiarna bezpečnosť stavieb. Budovy na bývanie a ubytovanie.

[8] STN 73 0835 Požiarna bezpečnosť stavieb. Budovy zdravotníckych zariadení.

[9] STN 73 0837 Požiarna bezpečnosť stavieb. Jednotlivé a radové garáže.

[10] STN 73 0838 Požiarna bezpečnosť stavieb. Hromadné garáže.

[11] STN 73 0839 Požiarna bezpečnosť stavieb. Servisy a opravovne motorových vozidiel, čerpacie stanice pohonných hmôt.

[12] STN 73 0842 Požiarna bezpečnosť stavieb. Objekty pre poľnohospodársku výrobu.

[13] STN 73 0843 Požiarna bezpečnosť stavieb. Objekty spojov.

[14] STN 73 0844 Požiarna bezpečnosť stavieb. Sklady.

[15] STN 73 0802 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia.

[16] 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.

[17] Vyhláška MV SR č. 142/2004 Z.z., o protipožiarnej bezpečnosti pri výstavbe a pri užívaní prevádzkarne a iných priestorov, v ktorých sa vykonáva povrchová úprava výrobkov náterovými látkami.

[18] Vyhláška MV SR č. 124/2000 Z.z., ktorou sa ustanovujú zásady požiarnej bezpečnosti pri činnostiach s horľavými plynmi a horenie podporujúcimi plynmi.

[19] Vyhláška MV SR č. 258/2007 Z.z., o požiadavkách na protipožiarnu bezpečnosť pri skladovaní, ukladaní a pri manipulácii s tuhými horľavými látkami.

VÝBUŠNOSŤ HORĽAVÝCH PRACHOV

MIROSLAVA VANDLÍČKOVÁ [1]

Abstract

In many industrial as well as agricultural disasters accompanied by explosions and fires, it was found that the reason was established flammable dust clouds or material which is in the technological operation worked. In an environment where there is an explosion of combustible dust must be met simultaneously several conditions for physico-chemical properties and fire-technical characteristics of the dust, which are for determining formation of dust explosion. An explosion can occur and the action of direct or indirect source of ignition initiation. The article deals with getting the actual explosive combustible industrial dusts, its theoretical principles and fundamental safeguards against such explosions.

Keywords *- incident, explosion, combustible dusts, protective measures*

Abstrakt

Pri mnohých priemyselných, ale i poľnohospodárskych nešťastiach sprevádzaných výbuchom a požiarom, sa zistilo, že dôvodom bol horľavý usadený alebo rozvírený prach materiálu, s ktorým sa v danej technologickej prevádzke pracovalo. V prostredí, v ktorom hrozí výbuch horľavých prachov, musia byť splnené súčasne viaceré podmienky z hľadiska fyzikálno-chemických vlastností a požiarno-technických charakteristík prachov, ktoré sú pre vznik výbuchu prachu determinujúce. Výbuch potom môže nastať pôsobením priameho alebo nepriameho iniciačného zdroja zapálenia. Článok sa zaoberá stále aktuálnym nebezpečenstvom výbuchu horľavých priemyselných prachov, jeho teoretickými princípmi a základnými ochrannými opatreniami pred takýmito výbuchmi.

Kľúčové slová *- mimoriadna udalosť, explózia, horľavý prach, ochranné opatrenia*

ÚVOD

Horľavý priemyselný prach má schopnosť oxidačnej reakcie, pri ktorej sa uvoľňuje značné množstvo tepelnej a svetelnej energie. Nebezpečenstvo výbuchu hrozí v oboch jeho stavoch - usadenom i rozvírenom. Medzi prírodné a syntetické organické materiály, ktoré môžu vytvárať horľavý prach, patria napr. potravinárske suroviny (obilie, sušené mlieko, cukor, múka, kako), farmaceutické výrobky, drevo, textilné suroviny (bavlna), plasty (polystyrén), uhlie, hliník, železo, mangán, síra, sušený odpad z čističiek odpadových vôd, atď. [1].



Obr.1.: Označenie nebezpečenstva výbuchu horľavých prachov [2]

1. VLASTNOSTI A POŽIARNO – TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY PRACHOV

Aby mohol nastať výbuch horľavého prachu, sú potrebné súčasne prítomné nasledujúce prvky: horľavý prach, iniciačný zdroj zapálenia, kyslík (vzduch), rozptýlenie horľavých prachových častíc a ich výskyt v uzavretom priestore (napr. v nádobe, miestnosti, vo výrobnom alebo spracovateľskom zariadení).

Experimentálnymi skúškami možno získať informácie o mnohých základných požiarno – technických charakteristikách prachov, medzi ktoré zaraďujeme napr. dolnú medzu výbušnosti, maximálny výbuchový tlak, maximálnu rýchlosť nárastu tlaku, výbuchovú konštantu K_{St}, minimálnu iniciačnú energiu, teplotu vzplanutia usadeného prachu, teplotu vznietenia usadeného prachu, teplotu horenia usadeného prachu, teplotu vznietenia rozvíreného prachu, limitný obsah kyslíka.

[1] Vandlíčková Miroslava, Ing., PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, FŠI, Žilinská univerzita, miroslava.vandlickova@fsi.uniza.sk

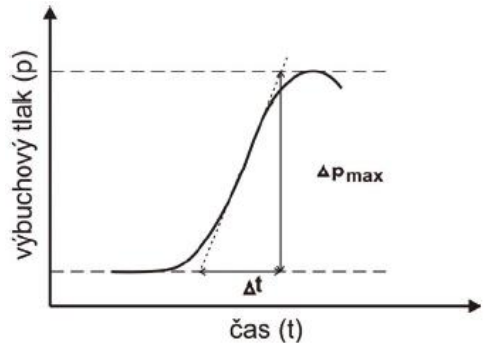
Pre veľké množstvo horľavých prachov možno nájsť tieto požiarno – technické charakteristiky v tabuľkách alebo odbornej literatúre. Je však nutné pamätať na to, že uvedené hodnoty majú charakter intervalov, preto je potrebné ich chápať ako orientačné hodnoty. Bezpečnostné parametre horľavých prachov závisia vždy na konkrétnej technológii a manipulácii s danou látkou (obrábanie kovov, energetika, spracovanie dreva, spracovanie odpadov, atď.) [3].

1.1 Dolná medza výbušnosti

Táto veličina predstavuje najnižšiu koncentráciu zmesi horľavého prachu so vzduchom, pri ktorej sa stáva takáto zmes výbušnou.

1.2 Maximálny výbuchový tlak a maximálna rýchlosť nárastu tlaku

Maximálny výbuchový tlak je najvyšší tlak, ktorý je dosiahnutý pri výbuchu danej látky. Maximálna rýchlosť nárastu tlaku $(dp/dt)_{max}$ predstavuje najvyššiu hodnotu nárastu tlaku v závislosti od času pri explózii.



Obr. 2.: Výbuchová krivka závislosti tlaku od času [3]

1.3 Výbuchová konštanta

Veličina, na základe ktorej sa rozdeľujú prachy do tried explózie. Vypočíta sa $K_{st} = (dp/dt)_{max}.V^{1/3}$, kde V predstavuje objem, v ktorom dochádza k explózii

1.4 Minimálna iniciačná energia

Je najmenšia energia kapacitnej iskry, ktorá zapáli horľavý prach v zmesi s oxidačným prostriedkom pri atmosférickom tlaku a teplote

1.5 Teplota vzplanutia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dochádza pôsobením vonkajšieho zápalného zdroja k zapáleniu zmesi plynných produktov rozkladu.

1.6 Teplota vznietenia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dôjde bez prítomnosti vonkajšieho zápalného zdroja k samovoľnému zapáleniu zmesi plynných produktov rozkladu.

1.7 Teplota horenia prachu

Je najnižšia teplota prostredia, pri ktorej dochádza k trvalému horeniu usadeného prachu.

1.8 Limitný obsah kyslíka

Je najvyššia koncentrácia kyslíka v zmesi horľavá látka/kyslík/inertná látka, pri ktorej ešte nenastáva explózia ani horenie.

2. ZÁKLADNÉ PRÁVNE PREDPISY

V oblasti zaistenia bezpečnosti pred výbuchom na úrovni Európskej únie platí smernica 94/9/EC Európskeho parlamentu a rady o aproximácii vnútroštátnych právnych predpisov členských štátov, týkajúcich sa zariadení a ochranných systémov určených na použitie v potenciálne výbušnej atmosfére, označovaná tiež ako ATEX 100 (Atmospheres Explosibles). Druhou základnou časťou direktívy ATEX je smernica 99/92/EC o minimálnych požiadavkách na zlepšenie bezpečnosti a ochrany zdravia zamestnancov vystavených riziku výbušných prostredí. Všeobecne sa označuje ako ATEX 137.

V slovenskom práve majú tieto smernice podobu v nariadeniach vlády č. 393/2006 Z.z., resp. 117/2001 Z.z. Nariadenie vlády 393/2006 Z.z. stanovuje zamestnávateľom požiadavky a postup pri zaistení bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v prostredí s nebezpečenstvom výbuchu. Nariadenie vlády 117/2001 Z.z. stanovuje výrobcom zariadení a ochranných systémov požiadavky a postup pri kategorizácii, certifikácii a všeobecnom uvádzaní na trh výrobkov alebo ochranných systémov určených do prostredia s nebezpečenstvom výbuchu. Okrem toho existujú európske normy, ktoré boli vydané aj ako slovenské technické normy a zaoberajú sa problematikou ochrany pred výbuchom. Vývojárov a výrobcov ochranných systémov sa dotýkajú ďalšie normy, ktoré súvisia s potlačením, odľahčením a zabránením prenosu výbuchu [4].

3. OCHRANNÉ OPATRENIA

V oblasti protivýbuchovej ochrany sa prevencia delí na aktívnu a pasívnu. Do prvej skupiny patria opatrenia, ktoré zabraňujú samotnému výbuchu explozívnej zmesi, zatiaľčo pasívna ochrana zahŕňa konštrukčné opatrenia,

ktoré obmedzujú účinky výbuchu horľavého prachu na bezpečnú úroveň. Aktívna ochrana sa môže vykonávať ako:

• Primárna ochrana - opatrenia, ktoré zabraňujú tvorbe explozívnej zmesi alebo obmedzujú jej tvorbu na minimum, spočíva vo vylúčení minimálne jedného z faktorov nutne prítomných na výbuch horľavého prachu.

• Sekundárna ochrana - opatrenia, ktoré zabraňujú vznieteniu explozívnej zmesi.

Na elimináciu explozívnej zmesi prachu s kyslíkom možno použiť napr. priemyselné vysávače, aby sa zabránilo usádzaniu prachu alebo čistenie filtračných zariadení od sedimentov, pridávanie inertných látok (napr. dusík, oxid uhličitý, vodná para, vápenec) do priestorov s explozívnou atmosférou s cieľom udržať koncentráciu kyslíka pod limitnou hranicou (napr. v mlynoch, sušiarňach, atď.). Ak sa podarí udržať v priestore s nebezpečenstvom výbuchu podtlak pod určitou hodnotou, je vznik výbuchu vylúčený. Všeobecne možno povedať, že pri absolútnom tlaku 10 kPa nemožno očakávať pri výbušných zmesiach prachov so vzduchom explóziu [2].

Pri sekundárnej ochrane ide o elimináciu iniciačných zdrojov, ktorými môžu byť napr. horúce povrchy, plameň, horúce plyny, mechanické iskry, elektrické prevádzkové zariadenia. Príslušný iniciačný zdroj sa eliminuje úplným vylúčením z explozívnej atmosféry, alternatívnym nahradením a výberom vhodnejšieho alebo dodržiavaním prísnych bezpečnostných opatrení pri prevádzke vo výbušnej atmosfére. V prípade nemožnosti použitia aktívnej ochrany musia byť zariadenia konštruované tak, aby sa

obmedzili účinky výbuchu na bezpečnostnú úroveň. Medzi takéto opatrenia patrí konštrukcia zariadenia, ktorá je odolná voči výbuchu, odľahčenie výbuchu, potlačenie výbuchu alebo zabránenie prenosu plameňa a výbuchu na ďalšie časti zariadenia a do okolia. Takto výbuchom ohrozené časti zariadenia sa musia konštruovať s určitou tlakovou odolnosťou, ktorá zodpovedá očakávanému výbušnému tlaku v príslušnej časti zariadenia [5].

4. KLASIFIKÁCIA ZÓN S VÝSKYTOM HORĽAVÝCH PRACHOV

Priestory, v ktorých sa vyskytujú horľavé prachy a v ktorých sa môže vytvárať výbušná atmosféra, sa klasifikujú do zón. Podľa STN EN 60079-10-2 sú tieto zóny definované pri výskyte horľavých prachov ako:

- Zóna 20 – priestor, v ktorom je výbušná atmosféra vytvorená zmesou prachu a vzduchu, ktorá je prítomná trvalo alebo dlhú dobu alebo často
- Zóna 21 - priestor, v ktorom je výbušná atmosféra vytvorená zmesou prachu a vzduchu, ktorá vzniká pri bežnej prevádzke príležitostne
- Zóna 22 - priestor, v ktorom je nepravdepodobný vznik výbušnej atmosféry vytvorenej prachovzdušnou zmesou pri bežnej prevádzke, alebo pri vytvorení takejto atmosféry je to len na veľmi krátku dobu

5. MIMORIADNE UDALOSTI S VÝBUCHOM HORĽAVÝCH PRACHOV

O tom, že častokrát sa podniky stavajú k nebezpečenstvu výbuchu horľavých priemyselných prachov s nedostatočnou zodpovednosťou a mnohé z nich sa snažia vyhnúť riešeniu tejto problematiky, svedčia aj mimoriadne udalosti vo svete, ktoré súvisia s výbuchom horľavého prachu.

17. decembra 2011 v Šanghaji v prevádzke „Pegatron“, ktorá sa zaoberá výrobou notebookov, počítačov a podobnej elektroniky, došlo k výbuchu hliníkového prachu, pri čom bolo zranených 61 pracovníkov podniku.

Pár mesiacov pred touto nehodou 20. mája 2011 došlo k výbuchu rovnakého charakteru, keď vo fabrike „Foxconn“ na výrobu iPadov a iPhoneov v čínskom meste Chengdu vybuchol hliníkový prach. Pri výbuchu došlo k usmrteniu 3 pracovníkov továrne a ďalších 18 bolo zranených.



Obr.3.: Výbuch hliníkového prachu v čínskej továrni na výrobu iPod-ov a podobných elektronických zariadení [6]

6. októbra 2011 v meste Steeleville v USA, v prevádzke „Gilster - Mary Lee Corporation“ na výrobu cesta a cestovín, došlo k výbuchu prachu cukru v zberači prachu pri jeho oprave. Dvaja zvárači utrpeli pri ňom početné popáleniny.

31. januára 2011 v meste Gallatin, v továrni na výrobu práškového železa a atomizovanej ocele „Hoeganaes Corporation metal powder plant“ došlo k mohutnému požiaru v dôsledku vznietenia prachu od iskry. Požiar pripravil o život jedného pracovníka. K ďalšiemu podobnému incidentu v tejto prevádzke došlo v marci a následne v máji toho istého roku. Celkovo pri týchto nehodách zomrelo v tejto prevádzke 5 pracovníkov.

ZÁVER

Bezpečnosť v priemyselných a poľnohospodárskych prevádzkach s výskytom horľavého prachu je spojená s dodržiavaním zásad, medzi ktoré patrí podrobný rozbor príslušného technologického procesu a zváženie možností vzniku havarijných situácií. Praktické uplatnenie všetkých právnych predpisov platných pre príslušnú technologickú prevádzku môže vo veľkej miere zabrániť vzniku mimoriadnych udalostí spojených s výbuchom horľavého prachu, a tým zachrániť množstvo ľudských životov, ochrániť zdravie pracovníkov ako aj konkrétne technologické zariadenia a prevádzky.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

[1] Imperial Sugar Company Dust Explosion and Fire [online], 7.februára 2008, [cit. 2013-08-16]. Dostupné http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=6.

[2] Nebezpečí výbuchu hořlavých prachů [online], [cit. 2013-09-10]. Dostupné na http://www.eshop-tabulky.cz/-ostatnirizika/2491-nebezpeci-vybuchu-horlavych-prachu.html.

[3] KOŘÍNEK, K.: Požárně technické charakteristiky prachů a jejich význam v technické praxi. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Knihovna BOZP, čítárna [online], 22. decembra 2006, [cit. 2013-09-10]. Dostupné na http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna/bozp/citarna/clanky/pozarni_ochrana/prach_vybuchy_pozary.html

[4] Podniky sa snažia vyhnúť riešeniu problematiky ochrany pred výbuchom [online], AT&P 11/2010, [cit. 2013-08-18]. Dostupné na http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/casopisy/atp_2010/pdf/atp-2010-11-4-5.pdf.

[5] Vandlíčková, M.: Stále aktuálne nebezpečenstvo výbuchu priemyselných prachov. In *Advances in Fire & Safety Engineering 2012*. 15. - 16. November 2012. Zvolen. [CD-ROM]. ISBN 978-80-228-2374-

[6] Aluminium Plant Safety, Another Aluminium Dust Explosion at iPad Factory in China http://aluminiumplantsafety.blogspot.sk/2011/12/another-aluminium-dust-explosion-at.html [online], 7.februára 2008, [cit. 2013-09-21]. Dostupné http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=6.

MODELOVANIE POŽIARU POMOCOU PROGRAMOV PRE POŽIARNY NÁVRH

ĽUBICA VRÁBLOVÁ [1], *JANA MÜLLEROVÁ*[2]

Abstract *— The paper discusses the programs through which it is possible to simulate a fire in an enclosed space. In this paper, we focus on classification schemes for fire proposal focusing on models for thermal analysis and the simple based spatial models fires.*

Keywords *— fires model 1; fire 2; models for thermal analysis 3*

Abstrakt *— Príspevok pojednáva o programoch, prostredníctvom ktorých je možné modelovať požiar v uzatvorenom priestore. V príspevku sa zameriavame na klasifikáciu programov pre požiarny návrh so zameraním sa na modely pre teplotnú analýzu a to na jednoduché a priestorové modely požiarov.*

Kľúčové slová *— modelovanie požiaru 1; požiar 2; modely pre teplotnú analýzu 3;*

ÚVOD

Cieľom požiarneho návrhu konštrukcií je vypracovanie vhodnej výpočtovej metodiky pre návrh spoľahlivých konštrukcií za požiaru. Týmto výpočtom sa preukazuje, že si daná konštrukcia zachováva nosnú funkciu, a to po dobu dlhšiu ako je požadovaná doba z hľadiska spoľahlivosti. Na trhu existuje množstvo dostupných programov pre požiarny návrh konštrukcií. Príspevok sa zameriava na popis voľne dostupných programov pre požiarny návrh so zameraním sa na modely pre teplotnú analýzu.

1. KLASIFIKÁCIA PROGRAMOV PRE POŽIARNY NÁVRH

Ako už bolo spomínané v úvode, cieľom požiarneho návrhu je vytvorenie vhodnej výpočtovej metodiky, prostredníctvom ktorej sa preukazuje, že daná konštrukcia si zachováva podmienku požiarno - odolnej konštrukcie, a to [2]:

$$R > Rreq$$

únosnosť konštrukcie vystavenej požiaru
>
únosnosť požadovaná, aby bola konštrukcia spoľahlivá

Požiarne modelovanie popisuje celú udalosť požiaru, čiže nie len rozvoj tepla a dymu, ale popisuje od rozhorievania po samotnú evakuáciu a kolaps konštrukcie.

Modely je možné rozdeliť na :

- experimentálne modely,
- matematické modely [1] .

Programy pre požiarny návrh sú v podstate nástroje k riešeniu deterministických a štatistických matematických rovníc. Popisujú transport tepla a dymu v uzatvorenom priestore. Využívajú tak zónové ako i priestorové modely. Na trhu je k dispozícii množstvo modelov ako napr. modely požiarnej únosnosti konštrukcií, modely odozvy čidiel atď [2].

1.1 Klasifikácia počítačových programov

Olenick a Carpenter definujú nasledujúcu klasifikáciu programov [1]:

- únosnosť konštrukcie za požiaru,
- zónové priestorové modely,
- modely úniku,
- modely odozvy čidiel,
- ďalšie nezaradené.

Priestorové a zónové modely boli neskôr zlúčené do teplotných modelov požiaru.

Klasifikáciou je možné následne rozdeliť programy na dve skupiny [1] :

1. popis tepelnej a mechanickej odozvy konštrukcie počas požiaru,
2. stanovenie požiadaviek, ktoré musí konštrukcia spĺňať, aby bola počas požiaru spoľahlivá.

[1] Ľubica Vráblová, Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, ŽU v Žiline, ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, lubica.vrablova@fsi.uniza.sk

[2] Jana Müllerová, doc, PhD. Ing,. Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, ŽU v Žiline, ul.1 mája 32, 010 26 Žilina, jana.mullerová@fsi.uniza.sk

Podľa oblasti použitia programu je možné ich rozdeliť [2]::

1. modely pre teplotnú analyze,
2. modely pre požiarnu odolnosť,
3. modely úniku,
4. modely odozvy čidiel,
5. nezaradené modely.

Metodiky požiarnej rizikovej analýzy založené na aplikácii počítačových programov sa rozšírili hlavne v 90-tych rokoch minulého storočia.

Medzi najznámejšie programy, ktoré umožňujú simulovať požiare a ich šírenie sa v priestore patria hlavne nasledovné programy :

- COMPBRN (Compartment burning - simulovanie požiarov v malých objemoch),
- COMPBRN IIIE (simulácia požiaru v káblových priestoroch),
- FLOW 3D,
- HARVARD V,
- FAST,
- HAZARD I,
- MAGIC.

Prevažná väčšina týchto programov pracuje s dvojzónovými modelmi rozloženia teplotných polí, t. j. s vrstvou studených plynov a s vrstvou horúcich splodín horenia pod stropom.

2. MODELY PRE TEPLOTNÚ ANALÝZU

Existuje množstvo programov, ktoré sa líšia len metódami riešenia teplotnej odozvy pri požiari [2]:.

Teplotné modely požiaru [1]:

- nominálna teplotná krivka (norma) : normová teplotná krivka, uhľovodíková krivka,
- prirodzené modely požiaru : jednoduché modely, pokročilé modely.

Požiarne modely - zdokonalené berú do úvahy :
- vlastnosti plynu,
- zmenu hmotnosti,
- zmenu energie [1].

Jednoduché modely

Jednoduché teplotné modely sú založené na fyzikálnych parametroch. Tu sa pre priestorové požiare v požiarnom úseku predpokladá rovnomerné a pre lokalizované požiare nerovnomerné rozloženie teploty.

Tu je možné zaradiť programy [1]:

- DIFISEK – CaPaFi,
- DIFISEK EN – 1991-1-2,
- DEFISEK TEFINAF.

Pokročilé teplotné modely

Medzi pokročilé teplotné modely zaraďujeme zónové modely a priestorové modely.

V nasledujúcom texte sú popisované zónové a priestorové modely. Zónové modely sú v súčasnosti veľmi často používané, a to pre ich nízke náklady a jednoduché použitie. Priestorové modely sú zložité programy, finančne a časovo náročné avšak umožňujú získať presné a vierohodné výsledky [1]: .

2.1 Zónové modely

V zónových modeloch je miestnosť rozdelená na zóny. Najčastejšie sa využíva delenie na dve zóny, a to hornú teplú a dolnú chladnú. Zvláštnym prípadom takýchto modelov je jednozónový model. Je riešený za predpokladu, že priestor nie je teplotne rozvrstvený a možno o nej uvažovať ako o peci s rovnomernými vlastnosťami. Tieto modely sú založené na rovniciach, pri ktorých je potrebné zvoliť celý rad predpokladov (najčastejšie experimentálne pozorovanie) [1] .

Vstupné data zónových modelov:

- geometria a konštrukcia miestnosti, (steny, podlaha, strop, počet otvorov a ich veľkosť),
- charakteristika vybavenia a rýchlosť odhorievania [2].

Výstupné data zónových modelov [1]: :

- čas aktivácie čidiel,
- doba do celkového vzplanutia,
- teplota dolnej a hornej vrstvy,
- výška vrstvy dymu.

Pri zónových modeloch nie je rýchlosť obhorievania výstupom a veľkosť požiaru je založená na experimentoch.

Medzi zónové modely zaraďujeme napr. [1]:

- ARGOS – zónový model pre viac miestností ,
- CiFi - zónový model pre viac miestností,
- ASET – zónový model pre 1 miestnosť bez ventilácie,
- COMPF2 – model v požiarnom úseku s jednou miestnosťou po celkovom vzplanutí,
- FASTlite - obmedzená verzia CFAST.

2.2 Priestorové modely

Priestorové modely nám umožňujú najkvalitnejšie riešenie. Ide o tzv. modely dynamickej analýzy plynov (CFD), ktoré využívajú 3D modelovanie objemov. CFD modely riešia diferenciálne rovnice v čase, Navier – Stokes rovnice, pre každý popisovaný objem [1].

Vstupné dáta CFD metódy:

- podrobná geometria miestnosti (konštrukčné riešenie steny, stropu, podlahy, počet a veľkosť otvorov),
- charakteristika zariadenia,
- charakteristika paliva,
- parametre turbulencie a radiácie [1] .

Výstup priestorových modelov :

- zmena teploty a rýchlosti plynov,
- predpoveď chovania požiarnych čidiel,
- doba celkového vzplanutia,
- teplota oblastí, rýchlosti a výška vrstvy dymu,
- ďalšie informácie [1].

ZÁVER

Na trhu existuje množstvo dostupných programov pre požiarny návrh konštrukcií. V príspevku sa zameriavame len na modely pre teplotnú analýzu a to na jednoduché a priestorové modely požiarov.

POĎAKOVANIE

Touto cestou sa chcem poďakovať doc. Ing. Jane Müllerovej, PhD. za pomoc a odborné rady pri písaní príspevku.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] ARAGÓN,J.J., REY, F., CHICA, J.A., 2000 : Programy pro požárni návrh, [online]. 2000, [cit. 2013-04-25]. Dostupné na internete:http://fire.fsv.cvut.cz/difisek/CZ_CZ/WP4-CZ_CZ_TEXT.pdf

[2] WALD, F. 2000. DIFISEK – *Programy pro požárni návrh.* [online]. 2000, [cit. 2013-04-20]. Dostupné na internete: http://fire.fsv.cvut.cz/difisek/CZ_CZ/WP4-CZ_CZ_PP.pdf

POŽIARNA OCHRANA MAĎARSKA – POŽIARNA OCHRANA POHRANIČNÝCH OBLASTÍ

ZSOLT NOSKÓ [1], DR. LÁSZLÓ KOMJÁTHY [2]

Abstract *— One of the main goals of Hungarian safety politics is the complete realization of human and citizens' rights as well as assuring life, property and the social safety of Hungary's inhabitants. This makes fire protection an indispensable and inseparable part of the country's safety system. In the case of a serious incident that requires the immediate intervention of an adequately equipped organization with well-trained individuals, firemen are among the first to be alerted in the country. The argument that their activities are not limited to merely putting out fires is supported by the fact that approximately one third of their interventions involve technical rescue. Furthermore, firemen play a huge role in preventing and mitigating catastrophic events [1].*

Keywords *— fire fighting 1; firemen 2; safety 3; help 4;*

Abstrakt *— Jedným z hlavných cieľov maďarskej bezpečnostnej politiky je zaručenie úplného dodržiavania občianskych a ľudských práv, ako aj zaručenie práva na život, majetkových a sociálnych istôt pre ľudí žijúcich na území Maďarska. Z toho vyplýva, že požiarna ochrana je nevyhnutnou a neoddeliteľnou súčasťou bezpečnostného systému krajiny. V našej krajine je možné, v prípade výskytu akýchkoľvek udalostí vyžadujúcich okamžitý závažný zásah a prostriedky, zo všetkých organizácií ako prvú zalarmovať hasičské a záchranné zbory, ktoré disponujú príslušným technickým vybavením a odbornou prípravou. Ich hlavnou aktivitou nie je len likvidácia požiarov, čoho dôkazom je aj skutočnosť, že v súčasnosti asi 1/3 udalostí vyžaduje ich technickú pomoc. A primárna úloha hasičských a záchranných zborov v prípade likvidácie mimoriadnych udalostí je rovnako nespochybniteľná.*

Kľúčové slová *— hasičský a záchranný zbor 1; hasiči 2; bezpečnosť 3;poskytnutie pomoci 4 ;*

ÚVOD

Na území Maďarska požiarna ochrana je nevyhnutnou a neoddeliteľnou súčasťou bezpečnostného systému krajiny. V našej krajine je možné, v prípade výskytu akýchkoľvek udalostí vyžadujúcich okamžitý závažný zásah a prostriedky, zo všetkých organizácií ako prvú zalarmovať hasičské a záchranné zbory, ktoré disponujú príslušným technickým vybavením a odbornou prípravou. Ich hlavnou aktivitou nie je len likvidácia požiarov, čoho dôkazom je aj skutočnosť, že v súčasnosti asi 1/3 udalostí vyžaduje ich technickú pomoc. A primárna úloha hasičských a záchranných zborov v prípade likvidácie mimoriadnych udalostí je rovnako nespochybniteľná.

1. DOPRAVA

V blízkej budúcnosti predstavuje najväčšiu výzvu pre hasičské a záchranné zbory transport nebezpečných látok po pozemných komunikáciách, z toho vyplývajúci komplex faktorov neistoty, predovšetkým v dôsledku mobility zdroja nebezpečenstva. Riziká transportu nebezpečných látok sa môžu objaviť predovšetkým v ťažko ohraničených oblastiach takmer 31 km dlhej siete verejných pozemných komunikácií a v citlivých bodoch, ktoré ju lemujú (osady, nebezpečné podniky, pobočky atď.) Vychádzajúc z geografickej polohy Maďarska a na základe odborných skúseností, analýz a dostupných informačných báz sú rizikové faktory aj faktory ohrozenia, ktoré môžu vzniknúť vo vnútri krajiny ako aj zasiahnuť za jej hranice, do značnej miery známe. Napriek tomu je nevyhnutnou úlohou zvyšovanie účinnosti analýzy rizík a prognóz, sledovanie nebezpečných transportov a bolo by vhodné prehodnotiť aj možnosť užšej spolupráce s jednotkou chemickej ochrany maďarskej armády [1].

Podľa štatistických údajov predstavuje technická pomoc približne 1/4 až 1/3 všetkých domácich udalostí vyžadujúcich hasičský zásah, pričom významná väčšina týchto zásahov si vyžaduje nariadenie I. alebo prioritne I. stupňa výstrahy. Najčastejšie ide o likvidáciu škôd spôsobených povodňami alebo búrkami, zásahy pri cestných nehodách.

2. MINULOSŤ, SÚČASNOSŤ, BUDÚCNOSŤ

Minulosť

Ďalším skúmaním štatistiky je zjavné, že viac ako polovica požiarov vzniká na otvorených priestranstvách, pričom asi 50% z nich predstavujú požiare suchého lístia, tŕstia, odpadkov a buriny. Likvidácia vyššie uvedených požiarov obvykle nevyžaduje vysokú úroveň

technického vybavenia a odbornej prípravy. Výrazne by pomohlo znížiť prevádzkové náklady a vyťaženosť riaditeľstiev profesionálnych hasičských a záchranných zborov ako aj obecných hasičských útvarov, ak by tieto úlohy vykonávali napríklad dobrovoľné hasičské zbory.

Na to, aby sme pochopili situáciu požiarnej ochrany v našej krajine, vráťme sa trochu do minulosti. Zákon č. LXV z roku 1990 o miestnych samosprávach [2] nezaradil medzi povinné úlohy požiarnu ochranu osád a nezabezpečil jej normatívnu podporu. Tento problém upravil Zákon č. XX z roku 1991, tzv. zákon o kompetenciách [3] takým spôsobom, že podľa sídla profesionálnych hasičských útvarov určil miestnym samosprávam povinnosť likvidácie požiarov a technickej pomoci. Túto povinnosť si museli plniť nielen v rámci svojho sídla, ale aj v spádovej oblasti. Túto úpravu prevzal aj Zákon č. XXXI z roku 1996 o požiarnej ochrane.

V Maďarsku zabezpečuje v súčasnosti likvidáciu požiarov a technickú pomoc 105 funkčných profesionálnych hasičských a záchranných zborov v ich primárnej spádovej oblasti s normatívne zakotvenou rozpočtovou pomocou. Analýzou údajov o výjazdoch za posledných takmer 20 rokov je zjavný plynulý nárast počtu prípadov: Kým v roku 1994 sa uskutočnil výjazd v 34.005 prípadoch, zatiaľ do roku 2004 nastal nárast na 51.793, a v prvej polovici roku 2010 predstavovalo toto číslo už hodnotu 55.289[4]! Ide o takmer 70%-ný nárast počtu prípadov, ktoré riešia zásahové jednotky s takmer rovnakým personálnym obsadením, čo sa týka počtu osôb. Jedno z riešení pre zníženie záťaže a zabezpečenie účinnejšej požiarnej ochrany spádových oblastí vidím vo zvýšení počtu profesionálnych hasičov a vo vybudovaní nových hasičských staníc a jednotiek.

Profesionálne hasičské jednotky by mali plniť svoje povinnosti v 20-25 km spádovej oblasti aby boli schopné dodržať predpísaný čas jazdy 25 minút[5]. Štruktúra osídlenia krajiny, hustota obyvateľstva, dopravná infraštruktúra si vyžaduje okolo 200-220 aktívne fungujúcich požiarnych staníc. Samozrejme v závislosti od povinnosti plnenia úloh naďalej navrhujem podporu obecných hasičských útvarov spadajúcich do spádovej oblasti a dobrovoľných hasičských zborov spolupracujúcich pri likvidácii požiarov a technickej pomoci s dôrazom na čo najrýchlejší začiatok zásahu respektíve, v prípade menších udalostí, čo najrýchlejšiu likvidáciu.

V oblastiach, ktoré nie sú dostatočne pokryté z hľadiska požiarneho a záchranného, čiže v tzv. bielych škvrnách, by bolo potrebné s centrálnou účelovou pomocou podporiť v župách bez obecného hasičského útvaru v závislosti od počtu obcí vybudovanie aspoň 2 vysunutých hasičských útvarov, ako aj zriadenie 15-20 členného dobrovoľného hasičského zboru. Hlavne ak sa k tomu pridruží aj miestna iniciatíva, veď od polovice roku 1996 najprv v rámci pilotného projektu, a neskôr, od roku 1998 aj v právne vymedzených oblastiach pôsobiace dobrovoľné hasičské zbory – od tohto roku obecné – uskutočnili až 10% všetkých výjazdov uskutočnených za rok.

Miera výskytu požiarov v pomere k počtu obyvateľov a v porovnaní so štátmi EU vykazuje smutný obraz, napríklad je dvakrát vyššia ako v Rakúsku. Príčinou je neinformovanosť ľudí, nedostatok starostlivosti respektíve ako hlavná príčina pomalé rozšírenie pocitu vlastníctva. Priemerný merateľný čas jazdy hasičských jednotiek k obyvateľom žijúcich v Maďarsku je v porovnaní s ostatnými krajinami EU medzi poslednými. Čas jazdy je čas od momentu oznámenia udalosti až po príchod na miesto zásahu. Keďže skrátenie času výjazdu je prakticky obmedzené, výrazné zlepšenie je možné dosiahnuť v prvom rade skrátením času jazdy respektíve vzdialenosťou. V našej krajine prejdú požiarne jednotky k jednému prípadu v priemere 34 km, čo predstavuje 36 minút. Tento dlhý čas jazdy je spôsobený tým, že pre takmer 3100 obcí zabezpečuje požiarnu ochranu povinne 105 profesionálnych a 68 obecných, čiže spolu 173 hasičských jednotiek. V porovnaní s tým, v severských a západných krajinách je priemerný čas jazdy maximum 8-10 respektíve 12 minút.

Dôvodom tohto veľkého nedostatku bol predovšetkým systém fungujúci v rokoch 1948-90, kedy klesol počet hasičských jednotiek na 1/5 pôvodného stavu. V roku 1948 bolo takmer 2000 rôznych tipov hasičských jednotiek, v súčasnosti tento počet nedosahuje ani jednu desatinu tohto počtu. Ďalšia príčina súčasného stavu vyplynula z obdobia medzi rokmi 1990 a 1996, kedy ani štát ani miestne samosprávy nedokázali v priebehu systémových zmien priniesť v požiarnej ochrane pozitívne zmeny. Paragraf 8 zákona č. LXV z roku 1990 o miestnych samosprávach určil zabezpečenie požiarnej ochrany ako voliteľnú úlohu samospráv, neskôr Zákon č. XX z roku 1991 túto úlohu určil ako povinnú len samosprávam disponujúcim profesionálnymi hasičskými jednotkami. Výsledkom bol prudký pokles počtu dobrovoľných hasičských zborov, pretože ani samosprávy ani platné právne predpisy nepodporovali ich fungovanie a rozvoj. V dôsledku toho účinnosť likvidácie požiarov v menších obciach naďalej klesala.

V apríli roku 1996 prijal parlament Zákon č. XXXI z roku 1996 o ochrane proti požiarom a technickej pomoci. Tento právny predpis v zásade odovzdal profesionálne hasičské jednotky samosprávam, avšak systém riadenia a financovania sa nezmenil podľa očakávania. Tento zákon umožnil vznik dobrovoľných hasičských zborov fungujúcich ako verejné orgány. V júli roku 1996 v rámci pilotného projektu začalo svoju činnosť 26 takýchto hasičských zborov v tzv. „bielych škvrnách“. Od 1. januára 1998 už vo väčšine prípadov tieto zbory dokázali samostatne plniť požiarnu ochranu a technickú pomoc úlohy v spádových oblastiach stanovených Ministerstvom vnútra. V roku 1999 už 10% všetkých zásahov uskutočnili dobrovoľné

verejné hasičské zbory. Ich počet od januára 2002 stúpol na 39. Od januára 2004 už fungovalo 46 takýchto hasičských zborov.

Súčasnosť

V súčasnosti je v Maďarsku 105 riaditeľstiev profesionálneho hasičského a záchranného zboru. Z Operačných riadiacich plánov riaditeľstiev je zrejmé, do ktorých oblastí trvá v súčasnosti čas jazdy viac ako 25 minút. Z týchto obcí je potrebné vybrať miesto pre vysunutú požiarnu stanicu tak, aby ako centrála dozerala aj na fungovanie dobrovoľných jednotiek vzniknutých v jej spádovej oblasti. Takýmto spôsobom sa dostane hasičský a záchranný zbor fyzicky bližšie k obyvateľstvu, ktoré má chrániť, zlepšuje zabezpečenie ochrany v doterajšej spádovej oblasti, ale okrem samotného premiestnenia táto zmena neznamená dodatočnú finančnú záťaž.

Dohoda je potrebná vtom, či je prijímajúca samospráva ochotná zabezpečiť umiestnenie novej stanice (budova disponujúca dvomi samostatnými spoločenskými miestnosťami). V tomto prípade je účelné vypísať v regióne výberové konanie. V nepokrytej oblasti je potrebné zistiť aj nákladovo najefektívnejšie riešenie pokrytia.

V Borsod-Abaúj-Zemplén-skej župe – v jednej z rozlohovo aj osídlením najväčších žúp – funguje deväť riaditeľstiev profesionálneho hasičského a záchranného zboru. Vo svojej spádovej oblasti (Encs 78, Kazincbarcika 46, Mezőkövesd 30, Miskolc 35, Ózd 29, Sátoraljaújhely 45, Szendrő 36, Szerencs 32, Tiszaújváros 29) zodpovedajú za požiarnu ochranu spolu 360 obcí, z ktorých 177 obcí je dostupných v priemere za 24 minút, to znamená, že tieto obce sú považované za nepokryté[6]. Len v spádovej oblasti riaditeľstva hasičského a záchranného zboru Encs je zo 78 obcí 34 takých, ktoré sú dosiahnuteľné len za viac ako 25 minút,[7] o čom svedčí nižšie uvedená tabuľka.

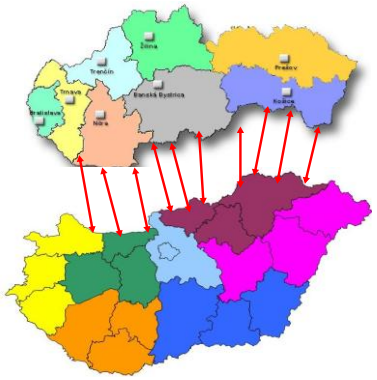
PHaZZ	Názov obce	Vzdialenosť od PHaZZ v km	Čas jazdy v minutách
Encs	Abaújlak	20	26+2
	Abaújszolnok	20	26+2
	Abaújvár	33,6	34+2
	Büttös	25,9	33+2
	Csenyéte	21,4	31+2
	Alsódobsza	31,7	40+2
	Felsődobsza	22,7	28+2
	Felsővadász	26,5	33+2
	Gadna	22,4	28+2
	Gagybátor	23,2	30+2
	Gagyvendégi	21,1	27+2
	Gönc	27,4	28+2
	Göncruszka	20,7	26+2
	Hejce	21,6	26+2
	Hernádkércs	20,1	25+2
	Homrogd	31,6	37+2
	Kány	31,1	37+2
	Kéked	37,3	38+2
	Keresztéte	31,3	40+2
	Krasznokvajda	25,5	33+2
	Kupa	30,8	37+2
	Mogyoróska	24,7	29+2
	Monaj	28,4	35+2
	Nagykinizs	20,7	26+2
	Nyésta	23,6	29+2
	Pamlény	31,2	41+2
	Pányok	36,9	39+2
	Perecse	27,8	34+2
	Regéc	25,7	30+2
	Selyeb	24,5	30+2
	Szászfa	28,3	37+2
	Tornyosnémeti	25,1	26+2
	Telkibánya	36,9	39+2
	Zsujta	28,8	28+2

Tabuľka č.1.: Obce v spádovej oblasti riaditeľstva hasičského a záchranného zboru Encs vzdialenejšie viac ako 25 minút jazdy

V župe nie je funkčná obecná hasičská jednotka, takže tu by bolo možné dosiahnuť výsledky najskôr vysunutím hasičských jednotiek (napríklad Gönc, Tokaj). V prípade dvoch hasičských jednotiek (Encs, Sátoraljaújhely) zabezpečujúcich požiarnu ochranu väčšiny obcí by bolo účelné zvážiť aj možnosť vzájomnej medzinárodnej spolupráce.

Budúcnosť

V oblasti likvidácie požiarov, technickej pomoci by bolo vhodné usilovať sa o to, aby zúčastnené strany cezhraničnej vzájomnej spolupráce, teda profesionálne hasičské a záchranné zbory zainteresovaných strán, uzatvorili vzájomnú spoluprácu za pomoci župných riaditeľstiev. V mnou sledovanej oblasti smerom k slovensko-maďarským hraniciam z maďarskej strany by mohli profesionálne hasičské a záchranné zbory miest Záhony, Sátoraljaújhely, Encs, Ózd, Salgótarján, Balassagyarmat, Esztergom, Nyergesújfalu, Komárom, Győr, Mosonmagyaróvár ako aj obecné hasičské jednotky v ich spádovej oblasti uskutočňovať spojenie na dennej báze s hasičskými jednotkami nachádzajúcimi sa na druhej strane hranice v mestách Kráľovský Chlmec, Čaňa, Moldava nad Bodvou, Tornaľa, Fiľakovo, Lučenec, Veľký Krtíš, Šahy, Štúrovo, Komárno, Veľký Meder.



Obr. 1: Možné oblasti spolupráce

ZÁVER

Poskytovanie cezhraničnej pomoci je potrebné vziať do úvahy aj pri zhotovovaní operačných riadiacich plánov. Obojstranné dohody by bolo dobré rozšíriť aj na výmenu skúseností týkajúcich sa prevencie požiarov a mimoriadnych udalostí. K tomu môže napomôcť Medzinárodný vyšehradský fond, v cieľoch ktorého sa nachádza aj regionálna spolupráca štátov Vyšehradskej štvorky podporou cezhraničných vzťahov. Podporiť treba výmenu skúseností v oblasti požiarov a využívanie nových hasiacich techník, taktických požiarnych riešení a výsledkov vývoja. Jednou z možností je rozšírenie cudzojazyčnej odbornej literatúry na území Maďarska respektíve propagácia domácej odbornej literatúry v zahraničí ako aj organizovanie medzinárodných konferencií s touto tematikou. V súlade s parlamentnou politikou je potrebné aj v oblasti požiarnej ochrany rozvíjať regionálne a oblastné vzťahy, ktoré sú žiaduce nielen v súvislosti so Slovenskom.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vdaka podpore projektu TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001.

ZOZNAM LITERATÚRY

[1] Földi László: A Magyar Honvédség tevékenysége a vegyi katasztrófák elleni védelem összefüggés rendszerében. PhD értekezés. ZMNE, 2003, 69. oldal.

[2] 1990. évi LXV. törvény a helyi önkormányzatokról (Zákon č. LXV z roku 1990 o miestnych samosprávach)

[3] 1991. évi XX. törvény a helyi önkormányzatok és szerveik, a köztársasági megbízottak, valamint egyes centrális alárendeltségű szervek feladat- és hatásköreiről (Zákon č. XX z roku 1991 o úlohách a kompetenciách miestnych samospráv a ich orgánov, poverených ako aj jednotlivých centrálne podriadených orgánov)

[4] Zdroj: http://www.katasztrofavedelem.hu/statisztika/2010.06/

[5] A mentő tűzvédelem rendszere. Fülep Zoltán tű. alezredes, Országos Tűzoltósági Főfelügyelőség, Tűzoltósági főosztályvezető előadása 4. dia. www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/tuzvedelem/eloadas/2/fulep_zoltan_eloadas.pdf

[6] www.lotosz.hu/tuzvedelemkorszerusites, vlastný zber dát.

[7] Vlastný zber údajov na základe Térkép24.hu a 43/2012 Főigazgatói Intézkedés 1. számú melléklet. A +2 znamená čas výjazdu.

Editor	Fanfarová, Vrábľová, Mózer
Inštitút	Fakulta špeciálneho inžinierstva
Názov	Advances in Fire & Safety Engineering 2013 Conference proceedings
Autor	Kolektív autorov
Miesto, rok a vydanie	Žilina, 2013, 1. Vydanie
Vydala	FŠI, Žilinská Univerzita v Žiline
Vyhotovenie	FŠI, Žilinská Univerzita v Žiline
Náklad	60 kusov

ISBN 978-80-88829-80-5