



# Advances in Fire & Safety Engineering

ZVOLEN  
Technická univerzita vo Zvolene  
21. október 2021





## **Technická univerzita vo Zvolene**

Drevárska fakulta

Katedra protipožiarnej ochrany

v spolupráci s

Materiálovotechnologickou fakultou so sídlom v Trnave STU v BA,  
Fakultou bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline,  
Hasičským a záchranným zborom,  
Drevárskym kongresom

vydáva

## **Advances in Fire & Safety Engineering 2021**

**Pokrok v požiarom a bezpečnostnom inžinierstve 2021**

Zborník príspevkov z X. medzinárodnej vedeckej konferencie

ZVOLEN

Technická univerzita vo Zvolene

21. október 2021



Partneri konferencie





## **Názov**

Zborník príspevkov z X. medzinárodnej vedeckej konferencie  
Advances in Fire & Safety Engineering 2021  
Recenzovaný zborník príspevkov

## **Editori**

Martin Zachar  
Elena Kmeťová  
Marek Hodálik

## **Recenzenti zborníka**

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

## **Rok vydania**

2021

## **Náklad**

100 kusov

## **Tlač**

Vydavateľstvo TU vo Zvolene

## **ISBN**

978-80-228-3284-7



**Nad konferenciou prevzal patronát**

Rektor Technickej univerzity vo Zvolene  
**Dr. h. c. prof. Ing. Rudolf Kropil, PhD.**



### **Vedecký garant**

doc. Ing. Martin Zachar, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

### **Vedecká rada**

Dr. Gergő Ércses, PhD. – National University of Public Service, HU

Dr. hab. Ryszard Matysiak, prof. UZ – University of Zielona Góra, PL

Dr. habil. Ágoston Restás, PhD., PhD. – National University of Public Service, HU

Dr. inż. Marek Rybakowski – University of Zielona Góra, PL

Dr. habil. Péter Pántya, PhD. – National University of Public Service, HU

Dr. Sándor Rácz, PhD. – National University of Public Service, HU

Prof. Qiang Xu – Nanjing University of Science and Technology, CN

Dr. Grzegorz Dudarski – University of Zielona Góra, PL

doc. Ing. Vladimír Mózer, PhD. – České vysoké učení technické v Praze, ČR

doc. Ing. Jiří Pokorný, Ph.D., MPA – VŠB – Technická univerzita Ostrava, ČR

doc. Ing. Eva Sventeková, PhD. – Žilinská univerzita v Žiline, SR

Ing. Miroslava Vandlíčková, Ph.D. – Žilinská univerzita v Žiline, SR

doc. Ing. Bc. Linda Makovická Osvaldová, PhD. – Žilinská univerzita v Žiline, SR

doc. Ing. Jozef Svetlík, PhD. – Žilinská univerzita v Žiline, SR

JUDr. Elena Vavrová, PhD. – Stredná škola požiarnej ochrany, SR

prof. Ing. Maroš Soldán, PhD. – Slovenská technická univerzita v Bratislave, SR

doc. Ing. Jozef Martinka, PhD. – Slovenská technická univerzita v Bratislave, SR

doc. Ing. Peter Rantuch, PhD. – Slovenská technická univerzita v Bratislave, SR

doc. Ing. Richard Kuracina, Ph.D. – Slovenská technická univerzita v Bratislave, SR

prof. RNDr. Danica Kačíková, MSc., PhD. – Technická univerzita vo Zvolene, SR

doc. Ing. Andrea Majlingová MSc., PhD. – Technická univerzita vo Zvolene, SR

doc. Ing. Martin Zachar, PhD. – Technická univerzita vo Zvolene, SR



## Organizačný výbor

Ing. Elena Kmeťová

Ing. Marek Hodálik

Danica Hanáková

Danka Ľuptáková

Zuzana Volková



## Sprievodné podujatie

Vedecká konferencia k projektu APVV-16-0223 „Progresívne svetovo unikátne metódy testovania elektrických káblov pre potreby posudzovania zhody a overovania nemennosti ich parametrov ako stavebných výrobkov“

**Vedeckí garanti:** doc. Ing. Jozef Martinka, PhD. – STU v Bratislave, SK

prof. Ing. Maroš Soldán, PhD. – STU v Bratislave, SK





## Obsah

Miroslava Haličková, Ján Horváth

**HROMADNÉ DOPRAVNÉ NEHODY – NÁVRH METODICKÉHO LISTU ..... 11**

Marek Hodálik, Veronika Veľková, Danica Kačíková

**ZMENY BENZÍNU VPLYVOM ZVETRÁVANIA ..... 19**

Juraj Kopúnek

**POZNATKY NOVOPRIJATÝCH ŠTUDENTOV MTF STU SO SÍDLOM V TRNAVE  
K PROBLEMATIKE ZAISTENIA BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVIA PRI PRÁCI ..... 31**

Katarína Košútová, Linda Makovická Osvaldová

**PRÍPRAVA A VZDELÁVANIE V POŽIARNEJ OCHRANE, PRVEJ POMOCI A CIVILNEJ  
OCHRANE NA PRVOM STUPNI ZÁKLADNÝCH ŠKÔL ..... 46**

Richard Kuracina, Zuzana Szabová, László Kosár

**ŠTÚDIUM VPLYVU VEĽKOSTI ČASTÍC MÚKY NA TEPLOTU VZNIETENIA ROZVÍRENÉHO  
PRACHU ..... 56**

Jozef Martinka

**APLIKÁCIE NEURÓNOVÝCH SIETÍ V POŽIARNOM INIŽINIERSTVE ..... 65**

Iveta Mitterová, Elena Kmeťová, Danica Kačíková

**POSÚDENIE ŠÍRENIA PLAMEŇA PO RETARDAČNE UPRAVENOM DREVE ..... 73**

Alica Pastierová, Veronika Kvorková, Juraj Michálek, Peter Rantuch

**NOVÉ TRENDY V BOZP ..... 85**

Peter Rantuch, Igor Wachter, Mária Zuzana Bednáriková, Mátyás Bathó, Tomáš Štefko

**POROVNANIE TVORBY DYMU PODLAHOVÝCH KRYTÍN ..... 94**

Rudolf Rečlo

**ODPORÚČANIA PRE POSTUP ZÁSAHU PRI POŽIARI VOZIDIEL S CNG POHONOM ... 108**



Kristián Slašťan, Jozef Svetlík

**POSUDZOVANIE ALTERNATÍVNYCH VODNÝCH ZDROJOV PRE POTREBY HASIČSKÝCH  
JEDNOTIEK ..... 117**

Ľudmila Tereňová

**VPLYV PLOŠNÉHO MNOŽSTVA UVOĽNENÉHO TEPLA Z VONKAJŠIEHO POVRCHU  
OBVODOVEJ KONŠTRUKCIE NA ODSUPOVÚ VZDIALENOSŤ ..... 126**



# HROMADNÉ DOPRAVNÉ NEHODY - NÁVRH METODICKÉHO LISTU

## MASS TRAFFIC ACCIDENTS - DRAFT METHOD SHEET

Miroslava HALIČKOVÁ<sup>1</sup> - Ján HORVÁTH<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany,  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, miahalickova@gmail.com;  
jan.horvath@tuzvo.sk

### Abstract

Traffic accidents form a significant part of all interventions in firefighting practice. Mass traffic accidents are usually one of the most demanding interventions. The aim of the article is to design and present a draft methodological sheet for solving mass traffic accidents on the roads by fire brigades. The presented draft methodological sheet consists of four parts, while its structure is compiled according to the model of currently valid methodological sheets. The first part is the characteristics of mass traffic accidents. The second part deals with the tasks and progress of activities of the intervention commander and members of the fire brigade. The tasks and procedures of the activities go chronologically from the arrival of the unit at the scene of the accident until the end of the intervention. The third part deals with the rules of cooperation between the IRS and the Fire and Rescue Corps. The last part of the methodological sheet consists of the expected peculiarities that may occur in an accident of this nature.

**Keywords:** *firefighting, mass traffic accident, methodical sheet, traffic accident*

### ÚVOD

Počet hromadných dopravných nehôd pribúda, nedajú sa predvídať, a preto je dôležitá pripravenosť na riešenie takýchto udalostí. Denne operátori na linke tiesňového volania prijmu stovky hovorov. Pri hromadných dopravných nehodách je podanie tých najdôležitejších informácií o nehode dôležité na to, aby operátor vyhodnotil situáciu a poslal na miesto nehody potrebné množstvo záchranných zložiek. Väčšie množstvo síl



a prostriedkov, technická pomoc, vyslobodzovanie zakliesnených osôb, neodkladná zdravotná starostlivosť, či zabezpečenie dopravy spolu súvisia a zabezpečujú úspešný priebeh zásahu. Na mieste nehody je veľmi dôležitý prvotný prieskum na odhadnutie situácie a určenie následných postupov záchrany zranených osôb a vykonanie potrebných úkonov k eliminácii nebezpečenstva. Veliteľ zásahu, ktorý riadi tento prieskum, rozdeľuje úlohy a povinnosti záchranným zložkám. Dopredu sa nedá naplánovať presný postup činností, nakoľko každá nehoda je špecifická svojim vznikom, vývojom a prostredím, v ktorom sa nachádza. Prípravou si avšak záchranné zložky vedia osvojiť základné postupy a povinnosti na zvládnutie rozsiahlych nehôd. Ak by nastala situácia kedy by zapochybovala čo i len jedna zložka, mohlo by to mať za následok stratu na živote. Preto dokonalá spolupráca a komunikácia medzi zložkami IZS, napomáha k zvládnutiu hromadnej dopravnej nehody a záchrane väčšieho počtu zranených osôb.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Dopravná nehoda je udalosť, ktorá sa stala pri pohybe vozidla v cestnej premávke a má za následok dočasnú alebo trvalú zmenu na živote a zdraví účastníkov nehody, dopravného prostriedku a cestnej infraštruktúre. Významnú rolu pri objasňovaní respektíve vyšetrovaní dopravnej nehody majú znalci, či vysoko kvalifikovaní ľudia s potrebnými odbornými vedomosťami, týkajúcich sa dopravnej problematike. Úlohou pri vyšetrovaní príčin dopravných nehôd je určenie páchatel'a, teda vinníka a následné uloženie trestu za zapríčinenie dopravnej nehody. Zvyčajne ide o vinníka bez kriminálnej minulosti, ktorý nehodu spáchal neúmyselne. Ide o bežnú osobu s nedostatkom skúseností s vedením vozidla alebo s nedbanlivosťou. Takáto udalosť je pre túto osobu veľmi stresujúca, a preto sa očakáva panická, prehnaná, či citlivá reakcia na činnosť zasahujúcej záchranej zložky. Stáva sa, že účastníci dopravnej nehody sa navzájom obviňujú a to spôsobuje neželané konflikty na mieste nehody. Typický prejav stresového a skratového konania je útek z miesta nehody a požitie omamných látok (nápojov) po nehode. Ak osoba požije omamnú látku tesne po nehode, zabráni tým zisteniu požitia omamných látok pred nehodou. Dôvod prečo osoby požili omamné látky môže byť aj stresová situácia, v ktorej sa nachádzajú [1].



Dopravné nehody sa rozdeľujú na:

- jednoduchá – priamy účastník nehody sa zranil ľahko, ťažko alebo došlo k jeho usmrteniu,
- hromadná – počet účastníkov nehody s ľahkým zranením je 5 alebo sa 3 ťažko zranili, 2 účastníci prišli o život, alebo sa zrazilo 5 a viac vozidiel,
- dopravná nehoda s výskytom nebezpečnej látky (nehoda automobilu, ktorý prepravuje nebezpečnú látku a pri poškodení transportného obalu a následnom úniku z neho, hrozí vysoké riziko ohrozenia prostredia a ľudí) [1].

Pri dopravných nehodách zasahujúce jednotky musia zvoliť najvhodnejší a časovo najefektívnejší postup zásahových činností. Dôvod je ten, aby ohrozené osoby neboli príliš dlho vystavené nebezpečenstvu a aby bola včas poskytnutá pomoc zraneným osobám. Pri dopravných nehodách nie je vždy jediná úloha poskytovanie technickej pomoci. Mnohokrát je potrebná likvidácia požiaru, lebo pri úniku palivových hmôt môže dôjsť k vznieteniu horúcich častí automobilu. V takýchto prípadoch je nutné zvážiť aká hasiaca látka sa bude používať, aby sa situácia ešte nezhoršila. Ak pri nehode dôjde k poškodeniu palivového systému a palivo začne vytekať z nádrže, hasičská jednotka nasype na palivo sorpčnú látku alebo inými činnosťami ohraničí palivo. Niekedy sa len pod nádrž dajú zberné nádoby. Aby nedošlo k požiaru odpája sa akumulátor. Veliteľ zásahu musí podávať informácie o priebehu zásahových činností, o vývoji situácie a záchrane osôb spätne na operačné stredisko. Identifikáciu zranených osôb zabezpečujú príslušníci policajného zboru. Ak osoby nekomunikujú a sú v bezvedomí, údaje sa zisťujú z dokladov. Príslušníci PZ zabezpečujú plynulosť cestnej premávky, kým ostatné zložky poskytujú záchranné služby. Každý príslušník záchranej zložky má svoju úlohu a miesto jej plnenia, preto by sa nemal vzdávať od miesta nešťastia [2].

Priebeh vývoja a zásahu hromadnej dopravnej nehody:

1. Vznik a nahlásenie hromadnej dopravnej nehody: samotný vznik nehody, nahlásenie HDN na linku tiesňového volania, poskytnutie čo najviac informácií o nehode.
2. Vyslanie záchranných jednotiek na miesto hromadnej dopravnej nehody: vyhlásenie poplachu na staniciach, výjazd jednotiek.



3. Príchod záchranných jednotiek na miesto hromadnej dopravnej nehody: rozloženie záchranných prostriedkov, vytýčenie miesta, rádiové spojenie s ostatnými jednotkami.
4. Vykonalenie prieskumu: poloha vozidiel, druh vozidiel, prostredie, nežiaduce javy, vznik potenciálneho nebezpečenstva z okolitého prostredia, stav zranených osôb, prístup k zraneným osobám, unikajúce nebezpečné látky, zhodnotenie situácie.
5. Vydávanie pokynov k činnostiam od veliteľa zásahu: organizácia činností, zabezpečenie hasiacich látok.
6. Stabilizácia vozidiel spojená s vykonaním bezpečnostných opatrení: zabránenie úniku nebezpečných látok a vzniku požiaru, stabilizácia prevráteneho automobilu.
7. Vyslobodzovanie zranených osôb: otvorenie alebo odstránenie dverí, prvotné vyšetrenie zranených, fixácia krku, zabezpečenie kyslíka, prestrihávanie bezpečnostných pásov, vytvorenie podmienok na vybratie zakliesnených osôb z auta, vyslobodenie zraneného.
8. Odovzdanie zranených osôb poskytovateľom zdravotnej služby a ich transport do nemocničného zariadenia.
9. Odstránenie následkov nehody: odtiahnutie vozidiel, očistenie vozovky, odvoz kontaminovanej pôdy, spriechodnenie premávky.
10. Ukončenie zásahu: odovzdanie miesta správcovi ciest, odchod na základňu.

### *Metodický list*

#### **I.**

#### **Charakteristika**

1. Hromadné dopravné nehody sa vyznačujú vyšším počtom zranených osôb. Za takéto nehody sa považujú nehody, pri ktorých je 5 ľahko zranených osôb alebo 3 osoby utrpeli ťažké zranenia, pri nehode 2 osoby utrpeli zranenia nezlučiteľné so životom alebo došlo k stretu a následnej zrážke 5 a viacerých vozidiel.
2. Na miesto udalosti je potreba väčšieho počtu síl s prostriedkov.



## II.

### Úlohy a postup činností

1. Každá hromadná dopravná nehoda má svoj špecifický charakter, čo znamená, že má iný priebeh a vývoj, preto sa nedá určiť jednotný postup pri likvidácii jej následkov. V nasledujúcej časti sa nachádzajú všeobecné postupy využívajúce sa pri väčšine hromadných dopravných nehôd. Veliteľ zásahu určuje presné postupy na základe vyhodnotenia situácie na miestne nehody.
2. **Veliteľ zásahu:**
  - a) spolu s jedným príslušníkom hasičskej jednotky vykonáva prieskum, ak si situácia vyžaduje rýchle rozhodovanie, prieskum vykonávajú viacerí príslušníci spolu s veliteľom,
  - b) zhodnotí a určí aká je rozsiahla hromadná dopravná nehoda a podľa toho si vyžiada privolanie ďalších zložiek (vrtuľníková záchranná služba, hasičské jednotky, policajný zbor a iné) a rozhoduje o zriadení krízového štábu,
  - c) vytvorí predbežný prehľadový plán situácie a predpokladaný vývoj,
  - d) neustále komunikuje s prítomnými zložkami a vymieňa si s nimi informácie,
  - e) určuje vykonávanie záchranných prác podľa ich priority (hasenie požiaru, stabilizácia vozidiel, záchrana osôb),
  - f) rozdeľuje hasičské jednotky, prideluje im úlohy a organizuje vykonávanie záchranných činností zložkám IZS,
  - g) neustále sleduje situáciu z hľadiska potenciálneho nebezpečenstva,
  - h) rozhoduje akým spôsobom sa bude likvidovať vzniknutý požiar: hasiaca látka, druh a počet prúdov, typ prúdnic,
  - i) rozhoduje akým spôsobom a akými prostriedkami sa stabilizujú vozidlá, aké hydraulické zariadenia sa využijú pri vyslobodzovaní, či je potrebné použitie sorpčných látok,
  - j) vykonáva prvotné posúdenie zdravotného stavu zranených osôb, ak je zranená osoba vo veľmi vážnom stave, požiada o privolanie ďalších zložiek IZS, prípadne ak potrebuje zranená osoba akútny prevoz do nemocničného zariadenia, požiada o privolanie vrtuľníkovú záchrannú zdravotnú službu,
  - k) odovzdáva cestnú komunikáciu správcovi.
3. **Hasičské jednotky na mieste nehody:**



- a) odstavia hasičské automobily tak, aby vytvárali nárazníkový priestor, ale zároveň aj priestor pre príchod zdravotníckych a iných vozidiel,
- b) označia výstražnými svetlami a vymedzia výstražnými kužeľmi miesto nehody,
- c) plnia pokyny veliteľa zásahu, vyhľadávajú osoby a podávajú im ľudskú pomoc,
- d) zabezpečujú vozidlo proti vzniku požiaru: zastavenie/zabránenie úniku prevádzkovej kvapaliny, odpojenie akumulátora, zaistenie nefunkčnosti elektrických káblov a odstránenie potenciálnych zdrojov požiaru,
- e) vyslobodzujú zakliesnené osoby z havarovaných vozidiel cez dvere vozidla (predné, zadné), kufor vozidla alebo cez prednú časť karosérie,
- f) vykonávajú stabilizáciu prevráteného vozidla:
  - a) ak sa havarované vozidlo nachádza na kolesách a je potrebné vykonávanie záchranných prác pri ňom resp. v ňom, hasičská jednotka zabezpečuje havarované vozidlo proti pohybu,
  - b) ak je havarované vozidlo prevrátené na jednej strane (na boku) a je potrebné vykonávanie záchranných prác pri ňom resp. v ňom, hasičská jednotka zabezpečuje havarované vozidlo proti pohybu a to podložením zaklínacími klinmi, vakmi a inými prostriedkami na to určenými, ďalej použitím stabilizačných prostriedkov ako sú rebríky, podpery a pod., stabilizačné prostriedky musia byť zaistené,
  - c) ak je havarované vozidlo prevrátené na streche a je potrebné vykonávanie záchranných prác pri ňom resp. v ňom, hasičská jednotka zabezpečuje havarované vozidlo proti pohybu, a to založením klinmi, hranolmi a pod. pod stĺpiky A a C, ďalej použitím stabilizačných prostriedkov ako sú rebríky, podpery a pod., stabilizačné prostriedky musia byť zaistené,
- g) používajú hydraulické vyslobodzovacie zariadenia určené na konkrétnu činnosť,
- h) zabezpečujú ochranu zakliesnených osôb pred odlietavajúcimi časťami napr. sklo,
- i) deaktivujú prvky aktívnej bezpečnosti,
- j) spolupracujú so zdravotníckym personálom, ak zdravotnícky personál nie je k dispozícii jednotka vykoná sekundárne ošetrovanie,
- k) komunikujú so zranenou osobou a vykonávajú zastavenie krvácania, spriechodnenie dýchacích ciest, zafixovanie krčnej chrbtice zranenej osoby,





- l) vyslobodenú zranenú osobu si berie do starostlivosti záchranná zdravotná služba, ktorá ju transportuje do nemocničného zariadenia,
- m) odstraňujú uniknuté prevádzkové kvapaliny, rozbité časti automobilu a kontaminovanú pôdu.

### III.

#### **Pravidlá spolupráce medzi zložkami IZS a Hasičským a Záchraným zborom**

- a) Zložky IZS a zúčastnené zložky vzájomne medzi sebou komunikujú a informujú sa o vykonávaných opatreniach, podávajú informácie operačnému stredisku prípadne aj prítomným masmédiám a orgánom samosprávy,
- b) veliteľ zásahu zabezpečuje bezpečnosť záchranných zložiek pri záchranných činnostiach, dodržiavanie bezpečnosti a používanie OOPP,
- c) veliteľ zásahu komunikuje s vedúcim lekárom o postupe záchrany zranených osôb, ich prioritizácii a rozhodujú spolu o vedúcich za jednotlivé úseky. Prioritne sa vyslobodujú tie zakliesnené osoby, ktoré potrebujú nutnú neodkladnú zdravotnú starostlivosť,
- d) veliteľ zásahu nezasahuje do činností zdravotníkov a rešpektuje ich rozhodnutie.

### IV.

#### **Očakávané zvláštnosti**

Pri hromadných dopravných nehodách môže dôjsť k týmto komplikáciám:

- a) vznik paniky účastníkov nehody,
- b) neočakávané správanie účastníkov nehody,
- c) útek z miesta nehody a následné pátranie po osobách,
- d) únik nebezpečných a prevádzkových látok, ktoré môžu spôsobiť rozsiahly požiar,
- e) nedostatočné informácie o nehode,
- f) neprejazdnosť cestnej premávky k miestu nehody kvôli kolónam,
- g) vznik ďalších nehôd, veľa zranených,
- h) nedostatočné množstvo síl a prostriedkov,
- i) zlá meteorologická situácia (hmly, hustý dážď, sneh,...),
- j) chýbajúca pristávajúca plocha pre vrtuľník.



## ZÁVER

Návrh metodického listu pre hromadné dopravné nehody predstavoval cieľ, ktorý bol naplnený. Metodický list sa skladá zo štyroch častí. Prvá časť je charakteristika hromadných dopravných nehôd. Druhá časť sa zaoberá úlohami a postupom činností veliteľa zásahu a príslušníkov hasičskej jednotky. Úlohy a postupy činností idú chronologicky od príchodu jednotky na miesto nehody až po ukončenie zásahu. Tretia časť sa venuje pravidlám spolupráce medzi zložkami IZS a Hasičským a záchranným zborom. Poslednú časť metodického listu tvoria očakávané zvláštnosti, ktoré môžu nastať pri nehode takéhoto charakteru. Návrh metodického listu vyplýva z aktuálnych právnych predpisov, metodických listov a dostupnej odbornej literatúry. Vypracovaný metodický list by mohol byť zaradený v hasičskej praxi medzi ostatné metodické listy. Každá hromadná dopravná nehoda má iný priebeh, iný počet zranených osôb a iné množstvo havarovaných vozidiel, preto nie je možné striktno určiť jednotný postup pri ich riešení. Avšak o to nevyhnutnejšie je potrebné sa čo najlepšie pripraviť. Vzájomná spolupráca zložiek Integrovaného záchranného systému ponúka najvhodnejšie riešenie na zvládnutie hromadných dopravných nehôd a záchranu väčšieho počtu zranených osôb.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Ministerstvo vnútra SR – Prezídium Hasičského a záchranného zboru. Takticko-metodické postupy vykonávania zásahov. Metodický list č. 90. Činnosť hasičskej záchranej služby - dopravné nehody na cestách.
2. HÁJEK, R. 2000. Organizácia záchrany. Považská Bystrica: Zamat, 2000. 94 s. ISBN 80-968487-7-1

### Adresa autora

Ing. Miroslava Haličková

Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
miahalickova@gmail.com

Ing. Ján Horváth, PhD.

Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
jan.horvath@tuzvo.sk



## ZMENY BENZÍNU VPLYVOM ZVETRÁVANIA

### THE CHANGES OF GASOLINE DUE TO WEATHERING

Marek HODÁLIK<sup>1\*</sup> – Veronika VELKOVÁ<sup>1</sup> – Danica KAČÍKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany,

T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, xhodalik@is.tuzvo.sk;

velkova@tuzvo.sk; kacikova@tuzvo.sk

#### Abstract

The identification of flammable liquid residues in fire residues is a key finding to determine the cause of a fire and indicates that it was an intentional fire. Flammable liquids are subject to various changes over time, e. g. evaporation or microbial degradation. The article deals with the issue of the process of weathering of gasoline by the action of time in determining the causes of fires. The aim is to determine changes in the composition of petrol residues in cotton carpet samples due to different weathering times. After various lengths of time (0-6 h) of weathering, residual substances from the gasoline were determined in the carpet fibers using the gas phase extraction method (headspace) in conjunction with gas chromatography and mass spectrometry (HS-GC-MS). The biggest changes were manifested in a reduction in the concentration of the most volatile compounds (alkylalkanes), which could subsequently lead to incorrect identification of the presence of a flammable liquid. Less significant changes in the specified amount occur in the group of alkyl derivatives of benzene (trimethylbenzene, ethylmethylbenzene), these substances are markers of the presence of gasoline in the samples. The results indicate the need for rapid sampling and subsequent timely analysis of fire residues in laboratories or their storage under conditions that prevent the degradation process.

**Keywords:** *HS-GC-MS, fire accelerants, fire debris, investigating the cause of fire*



## ÚVOD

Jednou z dôležitých oblastí protipožiarnej ochrany a bezpečnosti je zisťovanie príčin vzniku požiarov. Na úmyselné založenie požiarov sa používajú rôzne druhy urýchľovačov horenia, najčastejšie však horľavé kvapaliny. Najpoužívanejším urýchľovačom horenia je benzín, pretože je ľahko dostupný, lacný a má ľahkú vznietivosť (Sampat a kol. 2016).

Benzín je komplexná zmes širokej škály prchavých uhlíkovodíkov (hlavne alkánov, cykloalkánov, aromatických uhlíkovodíkov a alkénov) oddelená z ropy. Benzín je stredný destilát ropy obsahujúci uhlíkovodíky C4 až C12. Obsahuje zložky, ktoré zlepšujú jeho vlastnosti (benzén a izooktán) ako paliva. Najčastejšie sa vyrába frakčnou destiláciou z ropy a upravuje sa krakovaním (Mehaney a kol. 2021 ; Morgan a kol. 2010).

Po požiaroch dochádza vplyvom spaľovania, tepelnej degradácie, času horenia, prítomnosti hasiacej vody a i. k znehodnoteniu mnohých dôkazov. Aj vzhľadom na rastúci výskyt benzínu ako urýchľovača horenia, jeho samotná prítomnosť na mieste požiaru ešte nie je definitívnym ukazovateľom zámernej povahy ohňa. Identifikáciu zlúčenín zo vzoriek z požiariska sťažuje zvyšujúca sa frekvencia používania látok práve ropného pôvodu (Abel a kol. 2018).

Z rôznych dôvodov, v závislosti od rozsahu požiaru, zhoršeného prístupu, alebo nebezpečenstiev sprevádzajúcich hasiace práce musí zisťovateľ príčin vzniku požiarov čakať minúty, hodiny alebo dni, kým môže vstúpiť na požiarisko (Aliaño-González a kol. 2018; Brassington a kol. 2007). Počas tejto doby môžu byť zvyšky podrobené rôznym degradačným procesom, ktoré môžu zmeniť chemické zloženie kvapaliny. Čím viac je analýza oneskorená, tým viac klesá koncentrácia prítomných rezíduí benzínových zlúčenín (Khan a kol. 2018; Turner a kol. 2018).

Počas požiaru sú zvyšky urýchľovačov horenia vystavené rôznym degradačným procesom, ktorých pôsobenie môže brániť ich identifikácii (Sampat a kol. 2016). Zvetrávanie spočíva v rýchlejšom odparovaní prchavejších zlúčenín. Zvyškové prchavejšie zlúčeniny prítomné na požiarisku sú pod medzou stanovenia (limit of quantification – LOQ). Menej prchavé, tzn. stabilnejšie zlúčeniny sa naopak stanovia v relatívne vyšších množstvách. Proces zvetrávania je preto možné jednoducho vysvetliť ako proces rýchlejšieho odparovania prchavejších zlúčenín. Všetky materiály, obzvlášť horľavé kvapaliny, podliehajú procesu zvetrávania, pri ktorom sa uvoľňujú prchavé



organické zlúčeniny (Volatile Organic Compounds - VOC) (Turner, Goodpaster a kol. 2012; Birks a kol. 2017). Zvetrávanie a vystavenie vysokým teplotám môžu zmeniť chemické zloženie zvyškov, čo môže viesť k modifikácii analytického signálu. Vystavenie extrémnym teplotám môže spôsobiť, že benzín sa zvetrá až do takej miery, že jeho identifikácia z požiariska bude úplne nemožná (Willis a kol. 2020).

Odparovanie zložiek benzínu prebieha pri akejkoľvek teplote. Na zvetrávanie benzínu má vplyv nielen teplota okolia, ale aj čas, počas ktorého prebieha (Aliaño-González a kol. 2018; Brassington a kol. 2007).

Zvyšky benzínových rezíduí sa často absorbujú do pórovitých materiálov, tvaroviek a štruktúr. Z tohto dôvodu je potrebné pri obhliadke miesta požiaru venovať zvýšenú pozornosť a za týmto účelom odoberať vzorky z rôznych miest (Aliaño-González a kol. 2018).

Prchavosť, rozpúšťanie, adsorpcia, biotransformácia, fotodegradácia a mikrobiálna degradácia, sú hlavnými procesmi podieľajúcimi sa na zvetrávaní uhl'ovodíkov (Brassington a kol. 2007; Khan a kol. 2018). Rozsah zvetrávania uhl'ovodíkov tiež závisí od molekulovej hmotnosti ropných uhl'ovodíkov. Procesu zvetrávania podliehajú najrýchlejšie uhl'ovodíkové frakcie s vyšším počtom atómov uhlíka v reťazci, v rozsahu od C10 – C19 (Jonker a kol. 2006).

Pri teplotách, ktoré sa dosahujú v podmienkach požiaru, je ťažké vplyvom procesu zvetrávania detegovať aj menej prchavé zlúčeniny, ako sú naftalény a vyššie alkylbenzény. V prípade benzínu podliehajú zvetrávaniu najrýchlejšie práve ľahšie VOC (Aliaño-González a kol. 2018). Ak je vzorka čistého benzínu vystavená výraznému zvetrávaniu, pri porovnávaní chromatogramov najčastejšie chýbajú štyri zlúčeniny, ktoré na chromatogramoch tvoria charakteristickú skupinu, a to etylbenzén, *m*-xylén, *p*-xylén a *o*-xylén (Hondrogiannis a kol. 2019). Birks a kol. (2007) a Willis a kol. (2020) naznačujú, že zvýšené teploty by mali spôsobiť viac ako 50- 75% zvetrávania, najmä pre prchavejšie horľavé kvapaliny, ako je benzín.

Cieľom príspevku je stanovenie zmien zloženia rezíduí benzínu vo vzorkách bavlnených kobercov vplyvom rôznej dlhšej doby zvetrávania s využitím metódy extrakcie plynnou fázou (headspace) v spojení s plynovou chromatografiou a hmotnostnou spektrometriou (HS-GC-MS). Predpokladom je skutočnosť, že benzín po niekoľkých



hodinách stratí väčšinu intenzity signálu a po tejto dobe sa jeho chemické zloženie výrazne zmení.

## MATERIÁL A METODIKA

Ako matrica na zachytávanie benzínu bol použitý tkaný koberec s rozmermi 80 × 150cm, 100 % bavlna s výškou vlasu 0,5 cm, hustotou vlákien 1 400 g/m<sup>2</sup> a hmotnosťou pri danej ploche cca 1,77 kg. Koberec bol nastrihaný na vzorky s rozmermi 5×5 cm. Na vzorky kobercov bolo pridaných 5 ml benzínu Natural - 95 z lokálnej čerpacej stanice Slovnaft. Vzorky sa v laboratórnych podmienkach a za teploty 20°C nechali zvetrávať. Vlákna z koberca boli odoberané v hodinových intervaloch (od 0 h po 6 h), s doplnkovým intervalom 30 minút a následne boli analyticky stanovené reziduá benzínu.

Pri analytickom stanovení sa vychádzalo z metódy ASTM E1388-17 a z ASTM E1618-14. Zostatkové prchavé zlúčeniny boli získané metódou extrakcie plynnou fázou (statický headspace). Plynná fáza bola následne analyzovaná metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou (HS-GC-MS). Použitý bol Headspace Autosampler 7697A (Agilent) s plynovým chromatografom HP7890A (Agilent) a hmotnostným spektrometrom VL MSD 5975C (Agilent). Extrakcia plynnou fázou prebehla pri 60 °C počas 15 min a plynná fáza bola dávkovaná do chromatografickej kolóny. Delenie zmesi prchavých látok prebehlo na kolóne HP 5MS (30m, 0,25mm, 0,25 μm, Agilent) s teplotným programom 40 °C počas 4 min, rýchlosť ohrevu 6 °C/min do 250 °C, s prietokom nosného plynu (He) 0,8 ml/min, v režime split 500:1. Hmotnostná detekcia sa vykonala pri elektrónovej ionizácii 70 eV a podmienkach: teplota zdroja 200 °C, teplota detektora 150 °C.

Identifikácia stanovených zlúčenín sa vykonala porovnaním nameraných hmotnostných spektier so spektrami v databáze NIST knižnica (Hodálík a kol. (2020); Veľková a kol. (2020)). Zmeny v množstve látok v zmesi boli sledované porovnaním výšky a plochy pukov (obr. 1 – obr. 6).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe porovnania získaných chromatogramov čistého benzínu s kobercovým vláknom odobratého a uzavretého ihneď (benzin1) so vzorkou benzínu s kobercovým vláknom vystaveného zvetrávaniu po dobu 6 hodín (USL 360) je na prvý pohľad zrejmy výrazný rozdiel. Intenzity jednotlivých zlúčenín, predovšetkým tých prchavejších, t. j. do

retenčného času okolo 4 minút sú vo veľkej miere zmenšené. Zástupcom kategórie najprchavejších zlúčenín je toluén, ktorý je znázornený na obrázkoch 1 a 2.

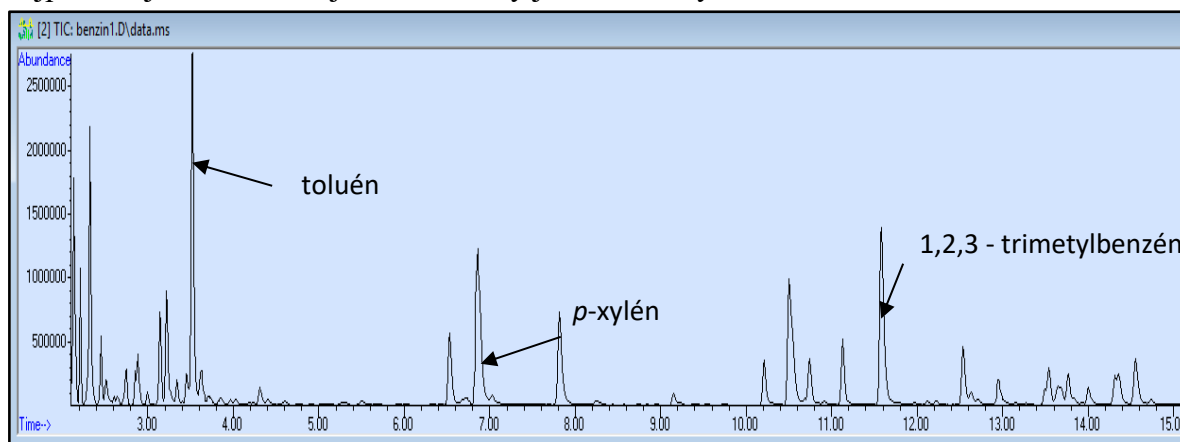


Figure 1 Part of the total chromatogram of pure gasoline with the retention time from 2 to 15 minute

Obrázok 1 Časť celkového chromatogramu čistého benzínu s retenčným časom od 2 do 15 minúty

K zmene dochádza po 5 tej minúte (retenčného času), kde rozdiely v tejto oblasti už nie sú tak markantné. Zástupcom tejto skupiny zlúčenín je *p*-xylén. Výraznejšie rozdiely sa však opäť objavujú v oblasti retenčného času po 10-tej minúte. Zástupcom tejto skupiny je 1,2,3-trimetylbenzén. V tejto oblasti dochádza k opačnému trendu, t. j. k narastaniu jednotlivých intenzít pri vzorkách, ktoré boli vystavené zvetrávaniu dlhšiu dobu. Pri porovnaní množstiev stanovených zlúčenín sa pri toluéne po 6 hodinách objavil pokles o 91,64 %. Množstvo *p*-xylénu pokleslo z referenčnej vzorky čistého benzínu (benzin1) o 37,29% pri (USL360b). Naopak pri 1,2,3-trimetylbenzéne došlo k nárastu pri USL360 oproti referenčnej vzorke o 37,41%. Uvedené látky boli vybraté práve z dôvodu ich reprezentatívnosti pre dané oblasti chromatogramov.

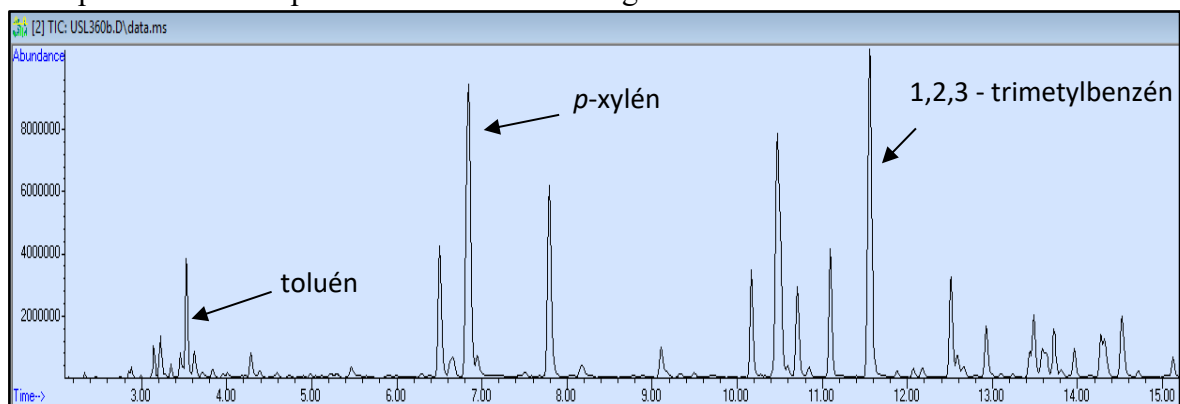


Figure 2 Part of the total chromatogram of gasoline weathered for 6 hours with the retention time from 2 to 15 minute

Obrázok 2 Časť celkového chromatogramu benzínu zvetrávaného 6 hodín s retenčným časom od 2 po 15 minútu

Obrázok 3 znázorňuje časť chromatogramov, ktoré boli získané analýzou zvetraných vzoriek vlákien bavlnených kobercov upravených benzínom. Zobrazené sú tie zlúčeniny benzínu, ktoré sa vyznačujú väčšou prchavosťou, teda skupina alifatických uhlíkov a C1 derivát benzénu (toluén). Krivky na chromatograme vyznačené čiernou farbou charakterizujú zlúčeniny stanovené analýzou referenčných vzoriek (USL0f), ktoré boli odobraté a uzavreté do vialiek ihneď po pridaní benzínu.

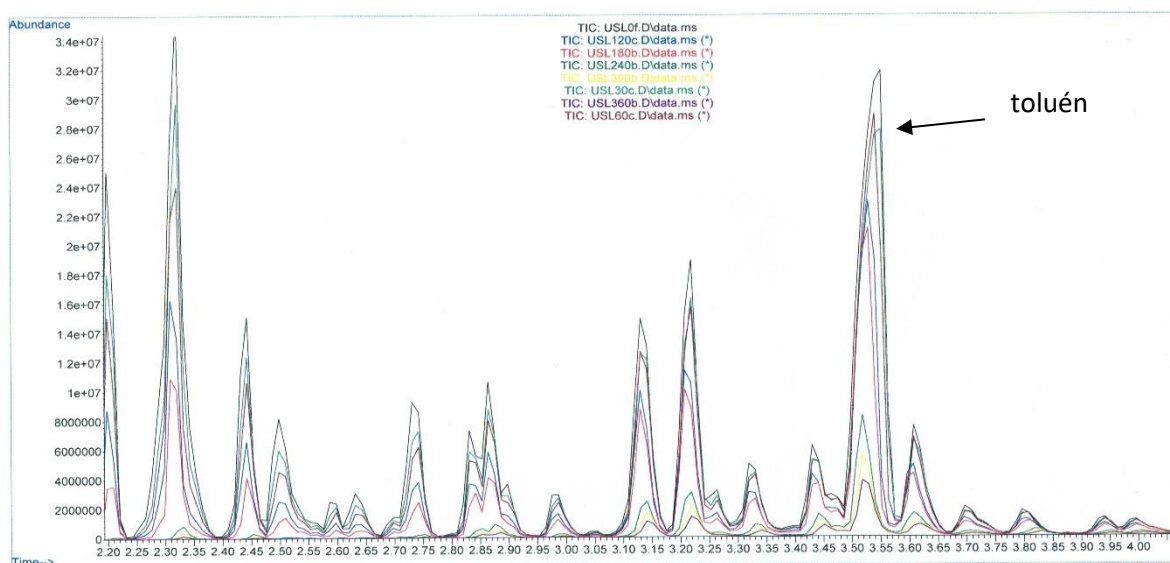


Figure 3 Part of the chromatogram of lighter hydrocarbons with the retention time from 2 to 4 minute

Obrázok 3 Časť chromatogramu ľahších uhlíkov s retenčným časom od 2 po 4 minútu

Ako je zrejmé z chromatogramu, najprchavejšími zlúčeninami sú napr. toluén (čas cca 3,5 min.) a alkylované alkány, ktoré podliehajú elúcii ako prvé. Vo vzorkách ktoré boli odoberané a uzatvárané neskôr sa stanovilo veľmi malé množstvo zlúčenín. Najväčší rozdiel je badateľný pri benzéne s retenčným časom cca 2,3 min, kde bolo najväčšie množstvo stanovené pri (USL0f) a naopak najmenšie množstvo sa stanovilo pri vzorke USL360b (fialová farba).



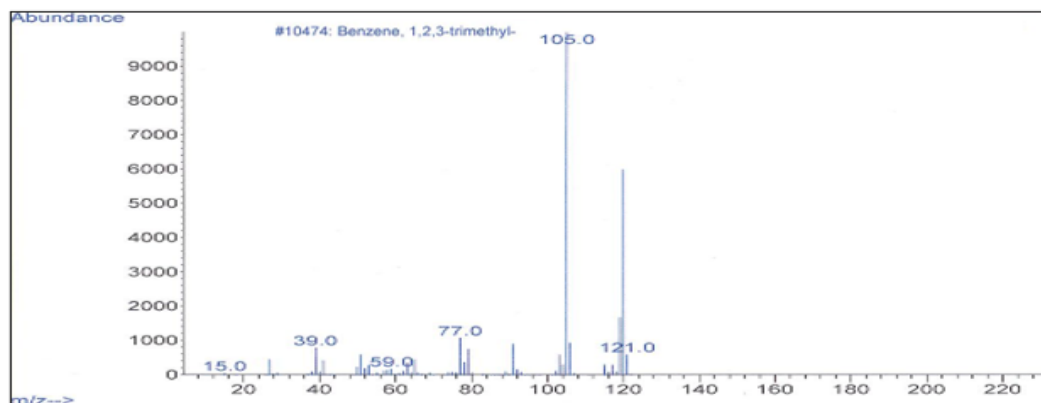


Figure 4 Mass spectrum of 1,2,3 - trimethylbenzene (TMB)

Obrázok 4 Hmotnostné spektrum 1,2,3 - trimetylbenzénu (TMB)

Identifikované píky zlúčenín boli následne porovnané s knižnicou spektier NIST. Na obrázku 4 je znázornené hmotnostné spektrum prislúchajúce zlúčenine 1,2,3 – trimetylbenzén (TMB).

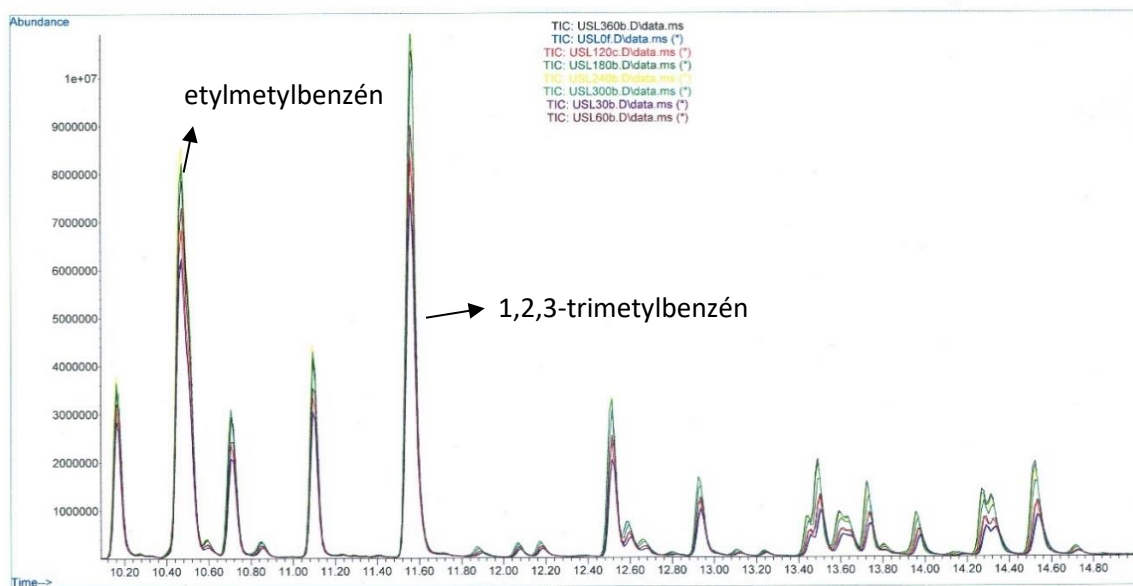
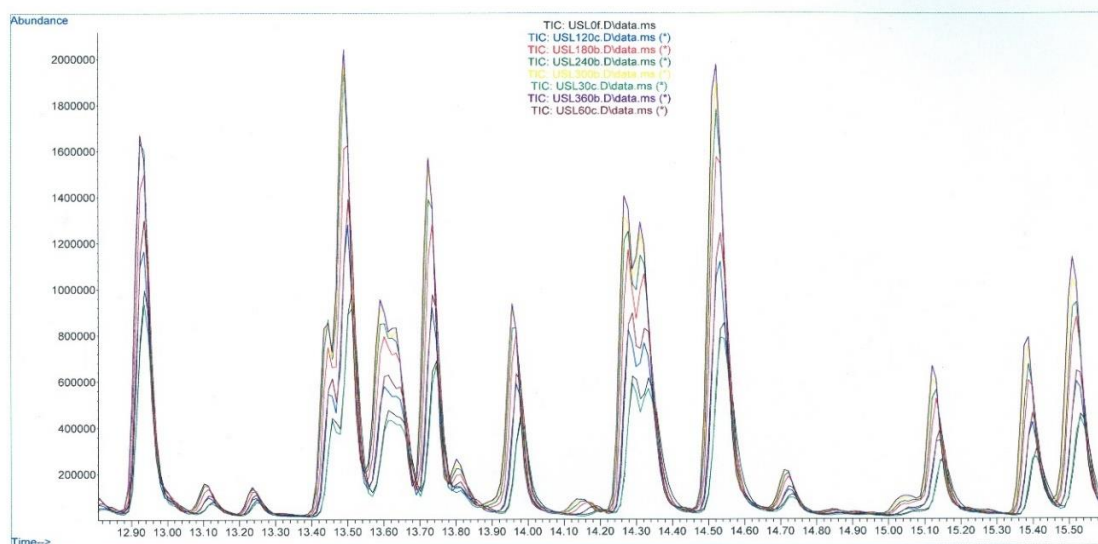


Figure 5 Part of the chromatogram showing the compounds ethylmethylbenzene and 1,2,3-trimethylbenzene (TMB)

Obrázok 5 Časť chromatogramu zobrazujúca zlúčeniny etilmetylbenzén a 1,2,3-trimetylbenzén (TMB)

Na obrázku č. 5 sú znázornené zlúčeniny etilmetylbenzén a 1,2,3-trimetylbenzén (TMB), ktoré sú považované za markery benzínu. Ako je zrejmé, v intenzite týchto dvoch

zlúčenín nedošlo k významným rozdielom počas zvetrávania po uplynutí doby 6 hodín. K podobnému zisteniu dospeli aj Chalmers a kol. (2001), ktorí skúmali negatívny vplyv zvetrávania, ktorému boli vzorky úmyselne vystavené. Zistili, že najmenej citlivými látkami boli 1,3,5-trimetylbenzén a etylmetylbenzén.



**Figure 6 Part of the chromatogram of heavier hydrocarbons with the retention time from 12 to 16 minute**

**Obrázok 6 Časť chromatogramu ťažších uhl'ovodíkov s retenčným časom od 12 po 16 minútu**

Ak vzájomne porovnáme chromatogram prislúchajúci prchavejším zlúčeninám benzínu (Obr. 3) s tým, ktorý znázorňuje menej prchavé ťažšie zlúčeniny (Obr. 6), je možné sledovať trend, že zlúčeniny s väčším počtom atómov uhlíka v reťazci, sa stanovia vo väčších množstvách oproti tým s menším počtom atómov uhlíka v reťazci.

Pri pohľade na priebeh jednotlivých chromatogramov je možné pozorovať výrazný rozdiel medzi intervalmi 180 a 240 minút. Z uvedeného je možné predpokladať, že benzín stráca procesom zvetrávania väčšinu intenzity svojho signálu po uplynutí doby v rozmedzí od 3 do 4 hodín. Aliaño-González a kol. (2018) uvádzajú, že významná zmena sa očakáva po uplynutí času od 0 do 6 hodín s výrazným poklesom intenzít signálu, čo znamená, že proces zvetrávania sa najviac prejavuje po uplynutí prvých hodín.

Borusiewicz a kol. (2006) zdôrazňujú skutočnosť, že stanovené intenzity zlúčenín pri procese zvetrávania s tepelným zaťažením (požiarom) sa výrazne odlišujú od



nezvetraných vzoriek, kvôli procesom akými sú napr. odparovanie, pyrolýza a faktorom, ktoré sú charakteristické pri pôsobení požiaru.

Birks a kol. (2017) a Willis a kol. (2020) predpokladajú, že zvýšené teploty pri požiaroch by mali spôsobiť zvetrávanie o viac ako 50–75%, najmä v prípade prchavejších zápalných kvapalín, ako je benzín. Rovnako aj v rámci pokračovania vo výskume sa budú analyzovať aj vzorky vystavené horeniu. Jedným z možných vysvetlení tohto javu je absorbovanie, ktoré predpokladá, že určitá časť pôvodnej kvapaliny je zachytená v póroch substrátu, a tieto relatívne nezvetrané zvyšky sú potom extrahované počas rovnovážnych podmienok pri extrakcii metódou Headspace.

## ZÁVER

V jednotlivých experimentoch bolo skúmané zvetrávanie nasorbovaného benzínu v maticiacich bavlnených kobercov. V príspevku sme ako analytickú metódu zvolili extrakciu plynnou fázou headspace s plynovou chromatografiou a s hmotnostnou spektrometriou (HS-GC-MS). Stanovené zlúčeniny patria do skupiny alifatických uhl'ovodíkov – alkánov, aromatických zlúčenín – derivátov benzénu a polycyklické aromatické uhl'ovodíky.

Analýzou bola potvrdená skutočnosť, že najrýchlejšie sa odparujúcimi zlúčeninami benzínu sú ľahšie uhl'ovodíky. Najväčší rozdiel v zmenách intenzít analytických signálov je možné pozorovať po uplynutí doby medzi štvrtou a piatou hodinou. Po šiestich hodinách vystavenia vzoriek zámernému zvetrávaniu výrazne stratili na sile analytického signálu. Naopak ťažšie uhl'ovodíky po uplynutí šiestich hodín od začiatku experimentu výrazne zosilneli na intenzite, a došlo k zvýšeniu píkov týchto zlúčenín.

Vzorky zvyškov získaných po požiari poskytujú vyšetrovateľom príčin vzniku požiaru širokú škálu interpretovateľných dôkazov. Ak je rozsah zničenia mierny, pôvod, zdroj paliva a zdroj vznietenia sú všeobecne rozpoznateľné. Keď je však požiar na scéne vo veľkej miere zničená, a horľavý materiál prevažne spotrebovaný, je možné, že vyšetrovatelia zhromaždia a interpretujú len málo, ak vôbec nejaké, dôkazy.

## Pod'akovanie

Predložená práca bola podporovaná Agentúrou pre výskum a vývoj na základe zmluvy č. APVV-17-0005 (25%), Vedeckou grantovou agentúrou VEGA, projekt 1/0454/20 (25%) a Internou projektovou agentúrou IPA 3/2021 (50%).



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Abel, R. J.; Zadora, G.; Sandercock, P. M. L.; Harynuk, J. J. Modern Instrumental Limits of Identification of Ignitable Liquids in Forensic Fire Debris Analysis. *Separations* 2018, 5(4):58. DOI: 10.3390/separations5040058
2. Aliaño-González, M. J.; Ferreiro-González, M. Barbero, G. F.; Ayuso, J.; Palma, M.; Barroso, G. C. Study of the weathering process of gasoline by eNose. *Sensors* 2018, 18:139. DOI:10.3390/s18010139
3. Birks, H. L.; Cochran, A. R.; Williams, T. J.; Jackson, G. P. The surprising effect of temperature on the weathering of gasoline. *Forensic Chemistry* 2017, 4:32–40. DOI:10.1016/j.forc.2017.02.011
4. Borusiewicz, R.; Zieba-palus, J.; Zadora, G. The influence of the type of accelerant, type of burned material, time of burning and availability of air on the possibility of detection of accelerants traces. *Forensic Science International* 2006, 160:115–126. DOI:10.1016/j.forsciint.2005.08.019
5. Brassington, K. J.; Hough, R. L.; Paton, G. I.; Semple, K. T.; Ridson, G. C.; Crossley, J.; Hay, I.; Askari, K.; Pollard, S. J. Weathered hydrocarbon wastes: a risk management primer. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 2007, 37(3):199-232. DOI:10.1080/10643380600819625
6. Dhabbah, A. M. Detection of gasoline residues in natural and synthetic textiles before and after burning using SPME and GC-MS. In *Australian Journal of Forensic Sciences* 2018, 52(1):1-14. DOI: 10.1080/00450618.2018.1510029
7. Hodálik, M.; Veľková, V.; Kačíková, D. Analýza urýchľovača horenia vo vzorkách po hasení v laboratórnych podmienkach. *Advances in Fire Safety Engineering* 2020, Trnava. roč. 9:92-102. ISBN: 978-80-8096-272-2
8. Hondrogiannis, E. M.; Newton, C. H.; Alibozek, R. Determining the method threshold of identification via gas chromatography-mass spectrometry of weathered gasoline extracted from burnt nylon carpet. *Journal of Forensic Sciences* 2019, 64(4):1160-1168. DOI:10.1111/1556-4029.13983
9. Chalmers, D.; Yan, S. X.; Cassista, A.; Hrynchuk, R.; Sandercock, P. M. L. Degradation of gasoline, barbecue starter fluid, and diesel fuel by microbial action in soil,



Journal of the Canadian Society of Forensic Science 2001, 34:49-62.  
DOI:10.1080/00085030.2001.10757517

10. Jin, J.; Chi, H.; Xue, T.; Xu, J.; Liu, L.; Li, Y.; Deng, L. Influence of thermal environment in fire on the identification of gasoline combustion residues. *Forensic Science International* 2020, 315. DOI: 10.1016/j.forsciint.2020.110430

11. Jonker, M. T.; Brils, J. M.; Sinke, A. J.; Murk, A. J.; Koelmans, A. A. Weathering and toxicity of marine sediments contaminated with oils and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Toxicology Chemistry* 2006, 25(5):1345-1353. DOI:10.1897/05-296r.1

12. Khan, M. A. I.; Biswas, B.; Smith, E.; Naidu, R.; Megharaj, M. Toxicity assessment of fresh and weathered gasoline hydrocarbons in contaminated soil-a review. *Chemosphere* 2018, 212: 755-767. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.08.094

13. Mehaney, A.; Hassan, S. M.; Elsayed, A. H. Fuel Phononic Crystal Sensor for the Determination and Discrimination of Gasoline Components. *Plasmonics* 2021, DOI: 10.1007/s11468-021-01478-7

14. Morgan, N.; Smallbone, A.; Bhave, A.; Kraft, M.; Cracknell, R.; Kalghatgi, G. Mapping surrogate gasoline compositions into RON/MON space. *Combustion and Flame* 2010. 157(6):1122-1131. DOI: 10.1016/J.COMBUSTFLAME.2010.02.003

15. Sampat, A. A.; Lopatka, M.; Vivó-truyols, G.; Schoenmakers, P. J.; Van Asten, A. C. Towards chemical profiling of ignitable liquids with comprehensive two-dimensional gas chromatography: Exploring forensic application to neat white spirits. *Forensic Science International* 2016, 267:183–195. DOI: 10.1016/j.forsciint.2016.08.006

16. Turner, D. A.; Goodpaster, J. V. Comparing the effects of weathering and microbial degradation on gasoline using principal components analysis. *Journal of Forensic Sciences* 2012, 57:64–69. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2011.01989.x

17. Turner, D. A.; Williams, M.; Sigman, M. A.; Goodpaster, J. V. A comprehensive study of the alteration of ignitable liquids by weathering and microbial degradation. *Journal of Forensic Sciences* 2018, 63:58–65. DOI:10.1111/1556-4029.13527

18. Veľková, V.; Hodálik, M.; Kačíková, D. Stanovenie rezíduí urýchľovača horenia v hasiacej vode po horení polymérnych materiálov metódou GC-MS. *Delta: vedecko-*



odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany 2020, vol.14;1:40-57.  
DOI:10.17423/delta.2020.14.1.84

19. Willis, I. C.; Fan, Z.; Jackson, G. Weathering of ignitable liquids at elevated temperatures: A thermodynamic model, based on laws of ideals solutions, to predict weathering in structure fires. *Forensic Chemistry* 2020, 18:100215.  
DOI:10.1016/j.forc.2020.100215

#### **Adresa autora**

Ing. Marek Hodálik

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul.  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
xhodalik@is.tuzvo.sk

Ing. Veronika Veľková, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul.  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
velkova@tuzvo.sk

prof. RNDr. Danica Kačíková, MSc., PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul.  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
kacikova@tuzvo.sk



**POZNATKY NOVOPRIJATÝCH ŠTUDENTOV MTF STU  
SO SÍDLOM V TRNAVE K PROBLEMATIKE ZAISTENIA  
BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVIA PRI PRÁCI  
THE KNOWLEDGE OF NEW RECEIVED UNIVERSITY  
STUDENTS MTF STU IN TRNAVA ON THE ISSUES OF  
OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY**

Juraj KOPÚNEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav integrovanej bezpečnosti, Slovenská technická univerzita v Bratislave -  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25,  
917 24 Trnava, tel.: +421 906 068 308, e-mail:juraj.kopunek@stuba.sk

**Abstract**

In the introduction, the author provides an analysis of the current state of accidents at work and occupational diseases in juvenile employees and describes the Slovak legislation in the field of employment of juvenile employees in relation to ensuring safety and health at work. As part of the research task, he describes and analyzes the results regarding the survey of awareness of newly admitted students of the Slovak University of Technology – the Faculty of Materials Science and Technology in Trnava - former students of secondary schools and grammar schools in various regions of the Slovak Republic in the field of safety and health at work and the results of verification of established hypotheses in the given area.

**Keywords:** *young workers, OSH rules, secondary education, safety and health protection, IMRaD model*

**ÚVOD**

Mladí ľudia vo veku do 25 rokov predstavujú ďalšiu generáciu našej pracovnej sily. Vašou úlohou je poskytnúť im bezpečný a produktívny štart do pracovného života.



Ako zamestnávateľ ste povinný zaistiť, aby pracovali v bezpečných podmienkach, a to poskytnutím spoľahlivého systému riadenia bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (ďalej len „BOZP“), ktorý chráni všetkých. Predovšetkým mladí ľudia môžu byť vystavení rôznym nebezpečenstvám a z nich vyplývajúcim rizikám poškodenia ich zdravia, pretože mladí ľudia bez dostatočnej praxe nemajú dostatok praktických skúseností či zručností, nie sú náležite zaškolení aj z dôvodu absencie praktickej odbornej prípravy v čase pandémie a zatiaľ si ešte neuvedomujú všetky možné nebezpečenstvá. Potrebujú odbornú radu, informácie a dohľad, ako aj vhodné, bezpečné a zdravé pracovné prostredie [1].

Podľa európskych štatistík [6, 7] je miera pracovných úrazov u mladých ľudí vo veku od 18 do 24 rokov až o 50 % vyššia než v akejkoľvek inej vekovej skupine zamestnancov.

K tomuto vysokému počtu pracovných úrazov prispieva aj nedostatok adekvátneho dohľadu. Mladí ľudia v práci nie sú dostatočne oboznámení so svojou prácou, svojim okolím (pracovným prostredím), s tým spojenými nebezpečenstvami a z nich vyplývajúcimi rizikami poškodenia zdravia [8, 9]. Chýbajúca praktická skúsenosť a zručnosti môžu mať za následok to, že nerozpoznajú všetky nebezpečenstvá a z nich vyplývajúce riziká, alebo že im nebudú venovať dostatočnú pozornosť. Pre prácu zamestnancov vrátane študentov na duálnom vzdelávaní do 18. rokov existujú osobitné obmedzenia [7, 8, 9]. Mladí ľudia preto budú okrem oboznamovania sa o pravidlách BOZP zrejme potrebovať viac dohľadu ako dospelí zamestnanci. Týka sa to žiakov či študentov na brigáde, odbornej praxi či v rámci duálneho vzdelávania u iných zamestnávateľov i začínajúcich zamestnancov po absolvovaní štúdia.

## **ROZBOR PROBLEMATIKY**

Ak ešte mladí zamestnanci nedosiahli vek 18. rokov, zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, resp. nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 286/2004 Z. z., ktorým sa ustanovuje zoznam prác a pracovísk, ktoré sú zakázané mladistvým zamestnancom, a ktorým sa ustanovujú niektoré povinnosti zamestnávateľom pri zamestnávaní mladistvých zamestnancov v znení neskorších predpisov, zakazuje





takýmto mladým zamestnancom výkon niektorých nebezpečných prác. Navyše novoprijatí zamestnanci sú zamestnancami s takmer žiadnymi praktickými skúsenosťami a často si neuvedomujú nebezpečenstvá vyplývajúce z pracovného zaradenia vrátane rizík poškodenia zdravia vyplývajúceho z pracovného prostredia (napr. hluk, chemické látky, záťaž teplom a chladom), ktoré ich môžu na pracovisku ohrozovať [2]. Často nepoznajú povinnosti svojho zamestnávateľa a rovnako ani svoje práva a povinnosti ako zamestnanci. Schopnosť rozpoznať potenciálne hrozby či nebezpečenstvá a pracovať bezpečne si vyžaduje nielen zdravý úsudok, ale tiež pozorovacie schopnosti, odbornú prípravu a patričné praktické skúsenosti či zručnosti. Mladí ľudia majú právo spochybňovať veci, ktoré sa im nezdajú bezpečné. Možno však nemajú dostatok odvahy, aby sa ozvali, možno sa prispôbujú osobite existujúcim praktikám pretrvávajúcim na pracoviskách len preto, že chcú zamestnávateľovi a spolupracovníkom dokázať, že sú plní elánu a neboja sa [1].

V členských krajinách Európskej únie prebiehal v roku 2008 a 2013 výskum Európskej agentúry pre BOZP, ktorý poskytuje analýzu súčasného stavu výchovy a vzdelávania v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia na školách v krajinách Európskej únie a záverečná správa hodnotí, ako členské štáty zahrnuli vzdelávanie o BOZP a rizikách do svojich vnútroštátnych učebných osnov [3, 10].

V Slovenskej republike bol doposiaľ realizovaný iba výskum pracovníčok Inštitútu pre výskum práce a rodiny v oblasti analýzy súčasného stavu výchovy a vzdelávania

v materských školách na Slovensku z roku 2018, ktorý prináša pohľad na výchovno-vzdelávacie programy, štátny a školský vzdelávací program, ktoré sa v zmysle školského zákona uplatňujú v predprimárnom vzdelávaní [4].

Všetky uvedené výskumné úlohy sa však nezaoberali samotnými poznatkami mladých ľudí k problematike zaistenia BOZP, a z uvedeného dôvodu bola realizovaný výskum u novoprijatých študentov Materiálovotechnologickej fakulty Slovenskej technickej univerzity so sídlom v Trnave (ďalej len „MTF STU“).



## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Pri tvorbe tejto výskumnej práce bol dodržiavaný kompozičný model IMRaD (Introduction, Methods, Results and Discussion).

### Prehľad súčasného stavu teoretického a empirického poznania

A) Podklady pre rozpracovanie teoretických súvislostí týkajúcich sa výskumného problému - rešerše k téme:

1. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 65 – Your rights to safe and healthy work - advice for young people, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
2. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 66 – Looking out for work hazards – advice for young people, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123.

B) Prístupné empirické dáta podporujúce (dokazujúce alebo vyvracajúce) argumenty v konceptualizácii výskumného problému:

1.) výskumné správy:

3. Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci FACTS 82 – BOZP v školských osnovách – činnosti členských štátov - Zhrnutie správy, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2008. 2 s. ISSN 1725-7085
4. Urdziková J., Kordošová M. Správa z výskumnej úlohy - Výchova a vzdelávanie k bezpečnému správaniu sa v predprimárnom vzdelávaní – prvý krok k celoživotnému vzdelávaniu BOZP, Bratislava: Inštitút pre výskum práce a rodiny, 2018, 115 s.,
5. Kuhnová I. Stanovení požadavků na znalosti učitelů středních škol pro kvalitní a účinné vzdělávání žáků v BOZP - Závěrečná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2019, Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., 2019. 21 s. Číslo výskumného úkolu: VUS4\_05\_VÚBP

2.) štatistiky (výsledky autorov, dáta z relevantných inštitúcií)

6. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 61 – Young worker safety – advice for employers, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123



7. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 62 – Young worker safety – advice for supervisors, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
8. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 63 – Young worker safety – advice for parents, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
9. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 64 – Protection for young people in the workplace, Bilbao: Publications Office of the European Union, 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
10. European Agency for Safety and Health at Work *Occupational safety and health and education: a whole-school approach*, Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2013. 102 pp. 978-92-9240-029-3, doi: 10.2802/51709

C) Podklady pre prípravu výskumného aparátu – prehľad použitých výskumných metód

z už realizovaných výskumov:

- v predmetnej výskumnej práci použil autor inovovaný neštandardizovaný štruktúrovaný kvantitatívny anketový dotazník, ktorý použil Výskumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, v Českej republike pri obdobnej výskumnej úlohe [9]. Poznatky sme získavali u novoprijatých študentov I. ročníka bakalárskeho štúdia MTF STU, ktorý pozostával spolu zo 16 položiek, pričom 13 položiek tvorili otázky ohľadom samotného výskumu.

## **METÓDY**

### **Cieľ výskumu**

Je zistiť informovanosť novoprijatých študentov MTF STU – bývalých žiakov stredných škôl a gymnázií v rôznych krajoch Slovenskej republiky v oblasti BOZP a overiť hypotézy v oblasti poznatkov novoprijatých študentov MTF STU k problematike BOZP. Ďalej overiť znalosti novoprijatých študentov 1. ročníka bakalárskeho štúdia MTF STU v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia, vrátane BOZP získané v rámci stredoškolského vzdelávania napr. na stredných odborných školách a gymnáziách. Zároveň v rámci aktuálne prebiehajúcej pandemickej situácie



v Slovenskej republike sme chceli získať od reprezentatívnej vzorky informácie, akým spôsobom, akou formou a či vôbec prebiehala dištančná stredoškolská výuka u maturantov v školskom roku 2019/2020.

### **Hypotézy**

- podľa výsledkov vyššie spomínaného výskumu VÚBP, v.v.i., Praha, realizovaného v Českej republike [9] nasledovne:
  1. Väčšina študentov sa už stretla s problematikou BOZP v rámci stredoškolského štúdia opakovane.
  2. Väčšina študentov sa už stretla s problematikou BOZP v rámci stredoškolského štúdia pri praktickej výučbe alebo pri práci v laboratóriách pri odborných predmetoch (elektrotechnika, fyzika, chémia, informatika, dielenské práce, technológia a pod.).
  3. S problematikou BOZP boli študenti na stredných odborných školách či gymnáziách oboznamovaní pedagógom alebo majstrom odborného výcviku.
  4. Študenti nemajú poznatky o základných všeobecne záväzných právnych predpisoch o BOZP a ochrane pred požiarom.
  5. Vaši učitelia Vás viedli k získavaniu potrebných návykov bezpečnej práce a bezpečného sa správania.
  6. Študenti poznajú nebezpečenstvá a z nich vyplývajúce riziká pri výuke či odbornej praxe na školách.
  7. Študenti majú poznatky o základných predpisoch BOZP, ak by sa zamestnali či stali zamestnávateľom - podnikateľom.

### **Výskumné otázky**

Boli sformulované do on-lineového dotazníka, ktorí študenti vyplnili formou online ankety cez Google Formulár.

### **Závislé a nezávislé premenné**

Závislými premennými sú príslušné poznatky novoprijatých študentov k problematike BOZP – či sa stretli s problematikou BOZP vo vyučovacom procese, odbornej praxi alebo duálnom vzdelávaní, ďalej či poznajú predpisy v oblasti BOZP a nebezpečenstvá vyplývajúce z pracovnej činnosti v rámci prípravy na budúce



povolanie a pod.

### **Vzorka**

Bolo použitých 198 študentov prvého ročníka bakalárskeho štúdia MTF STU a 14 študentov z detašovaného pracoviska MTF STU v Dubnici nad Váhom, ktorí boli zapísaní v študijnom predmete Základy enviromentalistiky. Celkom teda: 212 študentov, z ktorých zápočet na konci letného semestra získalo 209 študentov. On-line dotazník vyplnilo 127 študentov, čo predstavuje až 60,67% účasť študentov na danom výskume.

### **Prezentácia navrhovanej metódy zberu dát**

Zber dát dotazníkov z on-line ankety bol realizovaný prostredníctvom Google Formulára. Anketa prebiehala v rámci cvičení predmetu Základy enviromentalistiky v období od 26. 04. 2021 do 06. 05. 2021. Študenti boli prostredníctvom chatu v úvode cvičení požiadaní, aby vyplnili predmetný on-lineový anketový dotazník. Následne prezentovali svoje dobrovoľné projekty v oblasti ochrany životného prostredia. V rámci Svetového dňa pre BOZP bola v závere vyučovacej hodiny vykonaná aj osvetová prednáška pre novoprijatých študentov, aby ako mladí ľudia poznali svoje kompetencie v oblasti BOZP.

### **Prezentácia spracovania zozbieraných dát**

Odpovede na online anketové otázky sa úhľadne a automaticky zhromažďovali v Google Formulároch, kde sú uvedené informácie o odpovediach v reálnom čase a grafy. S dátami možno tiež ďalej pracovať a všetky ich zobrazit' v prehľadných grafoch.

## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

Až 71 študentov sa v rámci stredoškolského štúdia podľa výsledku ankety stretli vo vyučovacom procese s témou BOZP (graf č. 1) viackrát (opakovane), čo predstavuje 55,9 % študentov, občas tému BOZP zaregistrovalo 27 študentov, čo činní 21,3 % a v rámci duálneho vzdelávania potvrdilo tému BOZP v rámci vykonávanej práce iba 4 študenti, čo znamená 3,1 % študentov. Zo 127 študentov zúčastnených na ankete 13 študentov potvrdilo, že sa s témou BOZP stretli zatiaľ iba na jednej vyučovacej hodine (napr. triednej schôdzke či v odbornom predmete), čo predstavuje 10,2 %. Je

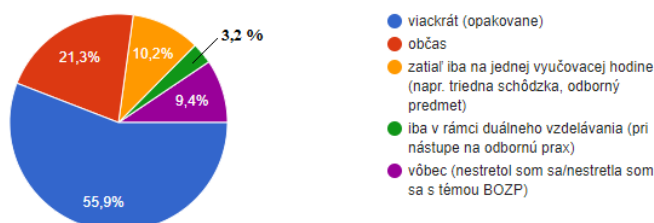


pozoruhodné, že s témou BOZP sa v rámci vyučovacieho procesu na strednej škole či gymnáziu nestretlo iba 12 študentov, čo predstavuje 9,4%. Z uvedeného vyplýva, že téma BOZP oslovila v rámci vyučovania či odbornej praxe v rámci stredoškolského vzdelávania až 90,6 % študentov.

Graf č. 1

Ako často si sa stretol/stretla s témou bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP) v rámci svojho štúdia na strednej odbornej škole či gymnáziu?

127 odpovedí

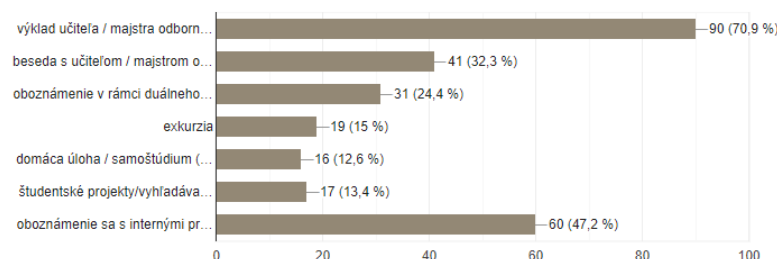


Z hľadiska spôsobu akým prebiehala výuka/praktické vyučovanie alebo odborná prax na stredných školách a gymnáziu študenti v oblasti BOZP najviac uvádzali výklad učiteľa či majstra odborného výcviku, ďalej oboznamovanie sa s internými predpismi školy či gymnázia a besedu s učiteľom alebo majstrom odborného výcviku (viď graf č. 2).

Graf č. 2

Ákym spôsobom prebiehala výuka/praktické vyučovanie/odborná prax a pod.? (je možné vyznačiť viac možností)

127 odpovedí



Učitelia a majstri odborného výcviku na základe informácií od študentov zúčastnených na ankete ich v rámci stredoškolského vzdelávania viedli študentov k získavaniu povedomia o BOZP, i keď uvádzajú, že im odovzdávali zväčša teoretické



znalosti v oblasti BOZP (graf č. 3). Z hľadiska nebezpečenstiev a z nich vyplývajúcich rizík respondenti uvádzali predovšetkým nebezpečenstvo úrazu elektrickým prúdom pri prácach s elektrickými zariadeniami, učebnými pomôckami a spotrebičmi, ďalej nebezpečenstvo zachytenia pracovného odevu, častí tela pri rotačných strojoch a nebezpečenstvo popálenia či poleptania pri práci s chemickými látkami v laboratóriách.

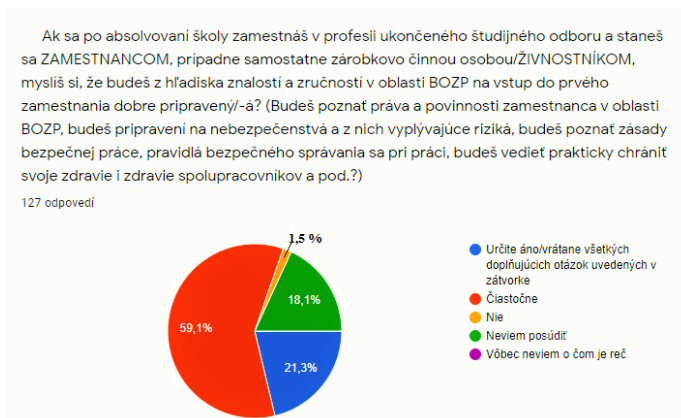
Graf č. 3



Pozitívne možno hodnotiť, že viac ako trištvrte oslovených študentov potvrdila, že pri prípadnom pracovnom pomere už čiastočne pozná (75 študentov) ale pozná (27 študentov) problematiku BOZP a je dobre pripravená na vstup do prvého zamestnania, čo predstavuje 80,4 % (graf č.4). Z hľadiska znalostí predpisov z oblasti BOZP najčastejšie uvádzali povinnosť nosiť pri práci či výuke v laboratóriu osobné ochranné pracovné prostriedky (najmä u študentov technických odborov) a dodržiavať predpisy v oblasti elektrotechniky, aby neprišlo k úrazu elektrickým prúdom (najmä u študentov elektrotechniky a informatiky).

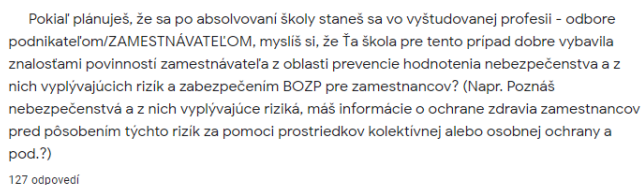


Graf č. 4



Skoro rovnaký pozitívny výsledok čiže, nadpolovičná väčšina respondentov - študentov potvrdila, že pri prípadnom rozbehu vlastného podnikateľského zámeru vo vyštudovanom odbore už čiastočne pozná (65 študentov) ale pozná (25 študentov) problematiku BOZP a je dobre pripravená na vstup do prvého zamestnania, čo predstavuje 70,9 % (graf č. 5).

Graf č. 5

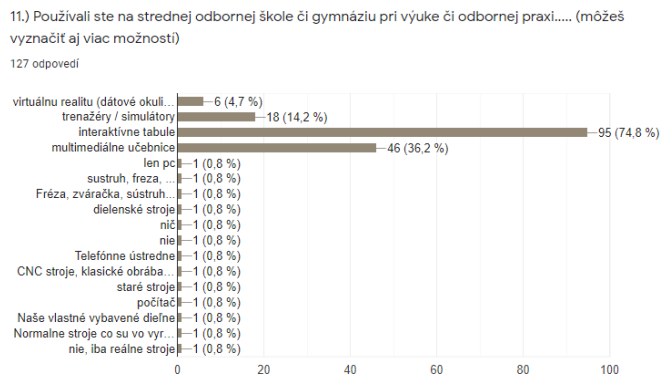


Z hľadiska digitalizácie a informatizácie na stredných školách a gymnáziách uviedlo najviac študentov, že sa pri výuke či odbornej praxi najčastejšie stretlo s nasledovnými didaktickými pomôckami (graf č. 6), a to interaktívnymi tabuľami, multimediálnymi učebnicami, trenažermi či simulátormi a virtuálnou realitou (dátové okuliare či prilba, dátové rukavice, systémy virtuálnej či rozšírenej reality pre PC a pod.).





Graf č. 6



Výsledky predmetného výskumného projektu na Slovensku boli porovnané s výsledkami obdobného výskumného projektu realizovaného v Českej republike [5], ktorého sa zúčastnilo celkom 204 respondentov z 5-tich stredných škôl a gymnázií.

Hypotéza č. 1: „Väčšina študentov sa už stretla s problematikou BOZP v rámci stredoškolského štúdia opakovane.“

S problematikou BOZP sa v rámci svojho stredoškolského štúdia v Českej republike nikdy nestretlo 17 respondentov, t.j. 8,33 % dopytovaných žiakov, pričom 91,67 % respondentov sa teda s BOZP stretlo aspoň jednorazovo, z toho 33,82 % respondentov uviedlo, že sa s touto problematikou stretávali aj opakovane [5]. V Slovenskej republike bolo v rámci výskumnej úlohy zistené, že s témou BOZP sa v rámci stredoškolského štúdia nestretlo len 12 respondentov, t.j. 9,4 % dopytovaných študentov, pričom 90,6 % respondentov sa teda s témou BOZP stretlo aspoň jednorazovo, z toho 55,9 % respondentov uviedlo, že sa s touto problematikou stretávali aj opakovane. Hypotéza č. 1 bola potvrdená.

Hypotéza č. 2: „Väčšina študentov sa už stretla s problematikou BOZP v rámci stredoškolského štúdia pri praktickej výučbe alebo pri práci v laboratóriách pri odborných predmetoch (elektrotechnika, fyzika, chémia, informatika, dielenské práce, technológia a pod.).“



Žiaci v Českej republike, ktorí v odpovedi na otázku z predchádzajúceho odseku odpovedali, že sa s problematikou BOZP v rámci stredoškolského štúdia aspoň jedenkrát stretli, boli dopytovaní, v akom predmete či pri duálnom vzdelávaní to bolo. Z výsledkov výskumu [5] je zrejmé, že žiaci odborov technického a zdravotníckeho zamerania a odborov z oblasti služieb, sa stretávali s témou BOZP najčastejšie v rámci svojej odbornej praxe. Rovnako tomu bolo i pri výskume realizovanom na Slovensku. Hypotéza č. 2 bola tiež potvrdená.

Hypotéza č. 3: „S problematikou BOZP boli študenti na stredných odborných školách či gymnáziách oboznamovaní pedagógom alebo majstrom odborného výcviku.“

Žiaci či študenti v odpovedi na otázku: „Akým spôsobom prebiehala výuka/praktické vyučovanie/odborná prax a pod. ?“ označovali ponúkané možnosti. Ako vyplýva z výsledkov výskumu v ČR i v SR väčšina respondentov zvolila ako hlavný spôsob oboznámenia žiakov s témou BOZP práve oboznámenie o BOZP výkladom lektora – učiteľa či majstra odborného výcviku, ďalej prevládalo oboznámenie sa žiakov s internými školskými predpismi BOZP a oboznámenie sa s predpismi BOZP v rámci duálneho vzdelávania u zamestnávateľov. Žiaci ďalej uvádzali, že s témou BOZP sa stretávali aj v rámci besied a exkurzií. Hypotéza č. 3 bola rovnako potvrdená.

Hypotéza č. 4: „Študenti nemajú poznatky o základných všeobecne záväzných právnych predpisoch v oblasti BOZP.“

Správnu odpoveď na otázku, aký je základný všeobecne záväzný právny predpis týkajúci sa BOZP poznalo 26 žiakov v ČR, t.j. 13 % respondentov a v SR len 8 študentov, t.j. 6,3 % respondentov. Aj hypotéza č. 4 sa potvrdila.

Hypotéza č. 5: „Vaši učitelia Vás viedli k získavaniu potrebných návykov bezpečnej práce a bezpečného sa správania.“

Najviac žiakov v ČR súhlasilo s tvrdením, že ich učitelia vedú k získavaniu potrebných návykov bezpečnej práce a bezpečného správania sa. Myslí si to 137 žiakov, čo je 67 % dopytovaných žiakov. 60 % žiakov uviedlo, že im učitelia odovzdávajú teoretické znalosti a skúsenosti v oblasti BOZP. V Slovenskej republike s týmto tvrdením



súhlasilo 68 študentov, t.j. 53,3 % respondentov a potvrdilo, že to boli teoretické znalosti a skúsenosti učiteľov. Hypotéza č. 5 sa potvrdila.

Hypotéza č. 6: Študenti poznajú nebezpečenstvá, s ktorými sa stretli pri výuke či odbornej praxe na školách.

Študenti MTF STU boli dopytovaní, aby napísali do dotazníka nebezpečenstvá s ktorými sa stretli v rámci výuky či odbornej praxe na školách, pričom 49 z nich uvidelo a správnu či čiastočne správnu odpoveď, čo predstavuje 38,6 % respondentov. Až 78 študentov však na uvedenú otázku nevedelo odpovedať, prípadne sa so samotným nebezpečenstvom a spôsobeným úrazom na zdraví vôbec počas štúdia nestretlo, čo predstavuje 61,4% respondentov. Keďže výskum v ČR sa touto otázkou nezaoberal nie je uvedené porovnanie v tejto otázke.

Hypotéza č. 7: Študenti majú poznatky o základných predpisoch BOZP, ak by sa zamestnali či stali zamestnávateľom - podnikateľom.

Posledná hypotéza mala za cieľ potvrdiť, či sa žiaci alebo študenti cítia byť pripravení (z hľadiska znalostí a zručností v oblasti BOZP) na vstup do praxe po ukončení stredoškolského štúdia. Žiaci a študenti boli dopytovaní, či sa na vstup do praxe po ukončení štúdia cítia byť pripravení, v prípade, že sa stanú zamestnancami. V ČR sa 14 % z nich domnieva, že sú celkom pripravení a ďalších 60 % respondentov čiastočne pripravených. Na Slovensku sa 21,3 % respondentov domnieva, že je celkom pripravených do praxe a 59,1 % uviedlo, že sú pripravený čiastočne na vstup do praxe. Z hľadiska pocitu pripravenosti žiakov či študentov na vstup do praxe, opäť z pohľadu znalostí BOZP a to v prípade, že sa žiak či študent stane zamestnávateľom alebo SZČO. V ČR sa cíti určite alebo čiastočne pripravených iba 49 % žiakov, pričom v SR až 70,9 % dopytovaných študentov uviedlo, že sa cíti určite alebo čiastočne pripravených. Aj táto záverečná hypotéza sa potvrdila.

## ZÁVER

Budúci inžinieri, architekti, dizajnéri, technológovia a manažéri, tí všetci budú musieť brať do úvahy vo svojom pracovnom živote aspekty BOZP, a preto je veľmi



žiadúce venovať tejto problematike náležitú pozornosť aj v rámci ich stredoškolského vzdelávania a využívať pri oboznamovaní sa s problematikou BOZP aj nové technológie (napr. virtuálnu a rozšírenú realitu), ktorá žiakov či študentov priamo vnorí do uvedenej oblasti a poskytuje bezpečné miesto na precvičovanie zručností, a čo je najdôležitejšie, zlyhanie v bezpečnom a kontrolovanom prostredí bez nebezpečenstva vzniku úrazu alebo choroby z povolania.

### **PodĎakovanie**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0223.

### **ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV**

1. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 65 – Your rights to safe and healthy work - advice for young people, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123.
2. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 66 – Looking out for work hazards – advice for young people, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
3. Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci FACTS 82 – BOZP v školských osnovách – činnosti členských štátov - Zhrnutie správy, Bilbao: Publications Office of the European Union 2008. 2 s. ISSN 1725-7085
4. Urdziková, J.; Kordošová, M. Správa z výskumnej úlohy - Výchova a vzdelávanie k bezpečnému správaniu sa v predprimárnom vzdelávaní – prvý krok k celoživotnému vzdelávaniu BOZP, Bratislava: Inštitút pre výskum práce a rodiny 2018, 115 s.
5. Kuhnová, I. Stanovení požadavků na znalosti učitelů středních škol pro kvalitní a účinné vzdělávání žáků v BOZP - Závěrečná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2019, Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. 2019. 21 s. Číslo výzkumného úkolu: VUS4\_05\_VÚBP.



6. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 61 – Young worker safety – advice for employers, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
7. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 62 – Young worker safety – advice for supervisors, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
8. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 63 – Young worker safety – advice for parents, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
9. European Agency for Safety and Health at Work FACTS No. 64 – Protection for young people in the workplace, Bilbao: Publications Office of the European Union 2006. 2 pp. ISSN 1681-2123
10. European Agency for Safety and Health at Work Occupational safety and health and education: a whole-school approach, Luxemburg: Publications Office of the European Union 2013. 102 pp. 978-92-9240-029-3, doi: 10.2802/51709

**Adresa autora**

Ing. Juraj Kopúnek

Ústav integrovanej bezpečnosti, Slovenská technická univerzita v Bratislave -  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25,  
917 24 Trnava

juraj.kopunek@stuba.sk



**PRÍPRAVA A VZDELÁVANIE V POŽIARNEJ OCHRANE,  
PRVEJ POMOCI A CIVILNEJ OCHRANE NA PRVOM  
STUPNI ZÁKLADNÝCH ŠKÔL**

**PREPARATION AND EDUCATION IN FIRE  
PROTECTION, FIRST AID AND CIVIL PROTECTION AT  
FIRST INSTANCE OF PRIMARY SCHOOLS**

Katarína KOŠÚTOVÁ<sup>1</sup>, Linda MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika,  
katarina.kosutova@fbi.uniza.sk ; linda.makovicka@fbi.uniza.sk

**Abstract**

The thesis deals with the examination of the current state of teaching in civil protection, fire protection, and first aid, on the first instance of primary schools. Individual chapters describe the legislation that has been dealing with the subject, but also other learning standards on selected primary schools. The main objective of the thesis is to develop methodological sheets and worksheets for teachers to improve education levels in civil protection areas, fire protection and first aid.

**Key words:** *civil protection, education, fire protection, first aid, first instance, methodological sheets, primary school, worksheet*

**ÚVOD**

Informácie potrebné pri mimoriadnych udalostiach, poskytovaní prvej pomoci alebo hasení požiarov získavame od útleho veku. A to nielen od rodičov a okolia, ale hlavne v základnej škole. Sú nám vštepované od úplného začiatku našich hodín strávených v školských laviciach. Práve v dnešnej dobe sme ohrození mimoriadnymi udalosťami v živote čoraz častejšie. Z tohto dôvodu je potrebné sa zamerať na samotný proces získavania týchto informácií a ich kvalitu. Poskytovanie informácií z oblasti



civilnej ochrany, požiarnej ochrany a prvej pomoci je v základe legislatívne ohraničené a zároveň základné školy majú určitú formu voľnosti v obsahovej a časovej dotácií vyučovacích hodín venujúcich sa daným témam. Pre porovnanie kvality a kvantity poskytovaných informácií boli vybraté dve základné školy z rôznych prostredí [1 - 6].

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Na preverenie úrovne vzdelávania v oblastiach civilnej ochrany, prvej pomoci a požiarnej ochrany boli vybraté dve základné školy, v ktorých boli porovnané a ďalej použité vzdelávacie štandardy. Konkrétne to boli žiaci 4. ročníka základných škôl v počte 56.

### Základná škola 1

Základná škola v 1 rovnako ako ostatné základné školy upravuje pre svojich žiakov vzdelávacie základy na základe predlohy školského vzdelávacieho programu. Poskytované informácie vo vzdelávacom procese od 1. ročníka po 4. ročník na seba nadväzujú a rozširujú sa. V prvom ročníku vzdelávacieho procesu sa žiaci oboznamujú s témami prvej pomoci na predmete prvouka. V nasledujúcom ročníku sa opäť na predmete prvouka vzdelávajú z oblasti prvej pomoci, pričom sa učivo rozširuje aj o civilnú ochranu a poznatky z nej. Medzi nadobudnuté poznatky patrí bezpečnosť na ceste, telefónne čísla záchranných zložiek. V treťom ročníku sa žiaci o civilnej ochrane vzdelávajú na predmete vlastiveda. Získavajú vedomosti hlavne z oblasti bezpečnej cesty do školy a dopravných prostriedkov. V poslednom ročníku prvého stupňa sa žiaci učia na predmete prírodoveda prevažne o témach ľudského tela – prvej pomoci. Témy čiastočne nadväzujú na predmety z predchádzajúcich ročníkov, pričom sa rozširujú [5 - 8].

### Základná škola 2

Podľa teoretických poznatkov vieme usúdiť, že každá základná škola si vytvára svoje vlastné vzdelávacie štandardy, ktoré zavedie do výučby. Na základe, ktorých môžeme sledovať zmeny v obsahových štandardoch a výkonových štandardoch v jednotlivých ročníkoch na základnej škole v Žiline oproti predchádzajúcej základnej škole. V prvom ročníku na predmete prvouka, ktorý má časovú dotáciu jednu hodinu týždenne žiaci učia pravidlá bezpečnosti pri návšteve školy, čo škodí zdraviu, ako sa správať pri návšteve lekára, umyť si ruky, čistota tela. Následne v ďalšom ročníku na



rovnakom predmete, ktorému sa časový fond navyšuje na dve hodiny týždenne sa žiakom poskytujú detailnejšie informácie o kostre, o tematiku požiarnej ochrany, prvej pomoci a civilnej ochrany v podobe telefónnych čísel. Na tieto témy sa radia prierezové témy, ktoré sa zaoberajú pochopením dôležitosti poskytnutia pomoci iným v prípade ohrozenia života a zdravia, aby žiak vedel rozpoznať život ohrozujúce situácie, bezpečný pohyb na ceste. Žiaci sa v 3. ročníku na predmete vlastiveda, ktorý má časový fond 1 hodina týždenne, vzdelávajú prevažne z oblasti civilnej ochrany. Venujú sa bezpečnosti na ceste, v obci, v škole, ale aj o ochrane týchto miest. Tieto témy sa radia medzi prierezové témy na rozvíjanie bezpečného pohybu, rozoznávajú nebezpečných situácií ohrozujúcich život a zdravie. Žiaci v 4. ročníku sa na predmete prírodoveda, ktorý má časový fond dve hodiny týždenne. Prierezové témy v danom predmete sa zameriavajú na princípy zdravého životného štýlu, osvojenie vhodnej reakcie v prípade poskytnutia prvej pomoci, porozumeniu fungovania ľudského tela, ochrane životného prostredia [6 - 9].

### **Zhodnotenie súčasného stavu**

Spracovaním týchto informácií bolo presné zistenie, v akom rozsahu sa žiaci vzdelávajú v oblastiach CO, PO a PP. Bilancia vyučovacích hodín, na ktorých sa žiaci učia o CO, PO a PP, nie je na zlej úrovni, avšak žiaci si viac menej opakujú rovnaké poznatky z predchádzajúcich ročníkov. Vo vzdelávacom systéme chýbajú školenia, spojené s modelovými ukázkami situácií, s ktorými sa žiaci v reálnom živote môžu stretnúť. Zavedenie reálnych školení by slúžilo ako prevencia pred vznikom situácii, kedy je nutné použiť vedomosti v oblastiach civilnej ochrany ako je evakuácia pri mimoriadnych situáciách, požiarne ochrana - hasenie požiarov, samotné nebezpečenstvo požiaru a prvá pomoc pri akomkoľvek zranení.

### **EXPERIMENTÁLNA ČASŤ**

Na preverenie vedomostí bol použitý dotazník, ktorého otázky boli vytvorené na základe učiva z jednotlivých ročníkov. Dotazník bol vyplnený žiakmi 4. ročníka v oboch školách. Dotazník bol žiakom podaný na vyplnenie z dôvodu nielen zistenia ich úrovne vzdelania, ale hlavným dôvodom bolo následné vytvorenie opatrení na zlepšenie ich vedomostí v daných oblastiach. Skladal sa z 15 otázok z okruhov civilnej ochrany, požiarnej ochrany a prvej pomoci.





## Vyhodnotenie dotazníka

Vyplnenia dotazníka sa zúčastnilo v základnej škole 1 sedem žiakov 4. ročníka. Z toho dvaja chlapci a päť dievčat. V základnej škole 2 sa dotazníka zúčastnilo štyridsaťdeväť žiakov, z toho dvadsaťštyri dievčat a dvadsaťpäť chlapcov. Na nasledujúcom obrázku je zobrazená prvá strana dotazníka.

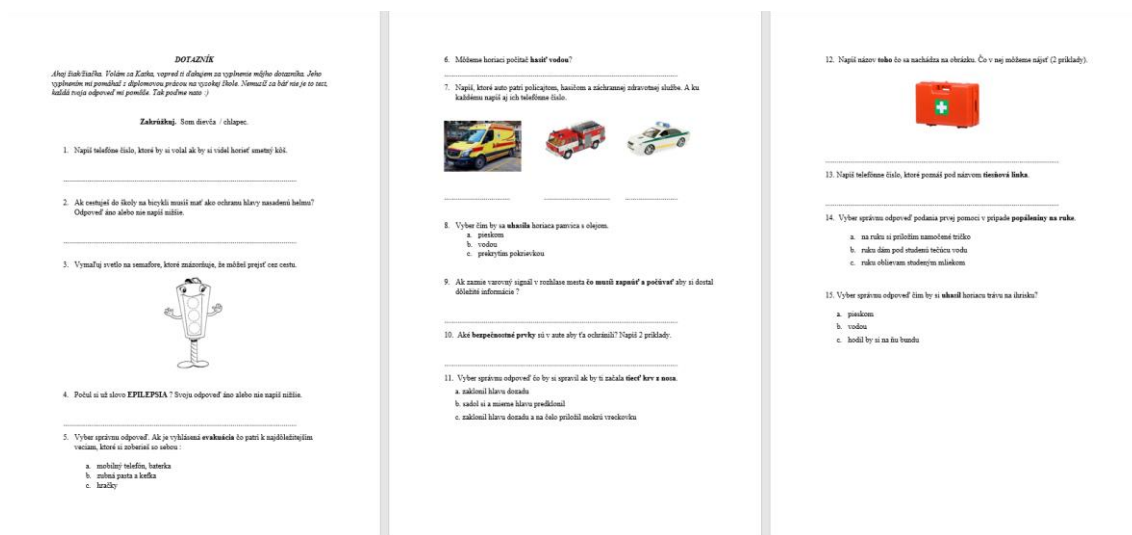


Figure 1 Questionnaire

Obrázok 1 Dotazník

Na nasledujúcom grafe sú zobrazené výsledky odpovedí dotazníka žiakov zo základnej školy 1. Najväčšie nedostatky môžeme vidieť pri otázkach 8, 11 a 12. Tieto otázky sa konkrétne venovali použitiu hasiacich látok na uhasenie požiaru, poskytovanie prvej pomoci pri krvácaní z nosa a obsahu lekárníčky. Najlepšie dosiahnuté výsledky mali žiaci v otázkach týkajúcich sa civilnej ochrany, presnejšie bezpečnosti na ceste a ovládania telefónnych čísel záchranných zložiek [10].

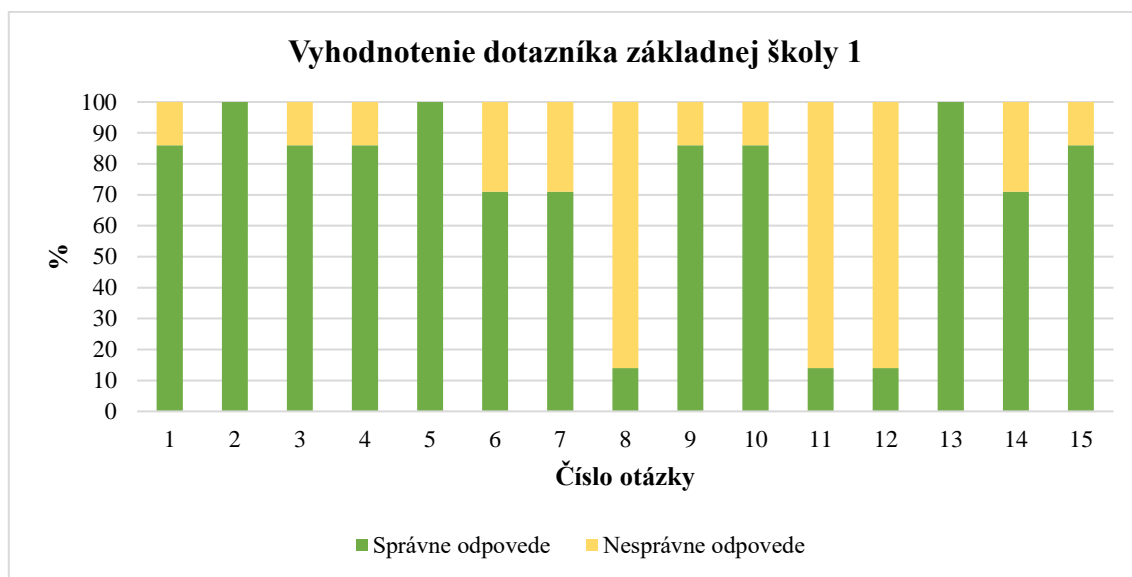


Figure 2 Evaluation of Questionnaire Replies 1 elementary school 1

Obrázok 2 Vyhodnotenie odpovedí dotazníka 1 základnej školy 1

Na nasledujúcom grafe sú zobrazené výsledky odpovedí dotazníka žiakov zo základnej školy 2. Najväčšie nedostatky môžeme vidieť pri otázkach 4, 11 a 12. Tieto otázky sa konkrétne venovali poznatkem z oblasti prvej pomoci a to znalosti chorôb, ktoré sa stále častejšie medzi nami objavujú – epilepsia, poskytovanie prvej pomoci pri krvácaní z nosa a obsahu lekárničky. Najlepšie dosiahnuté výsledky mali žiaci v otázkach týkajúcich sa civilnej ochrany, presnejšie bezpečnosti na ceste a poznatkov z požiarnej ochrany [11].

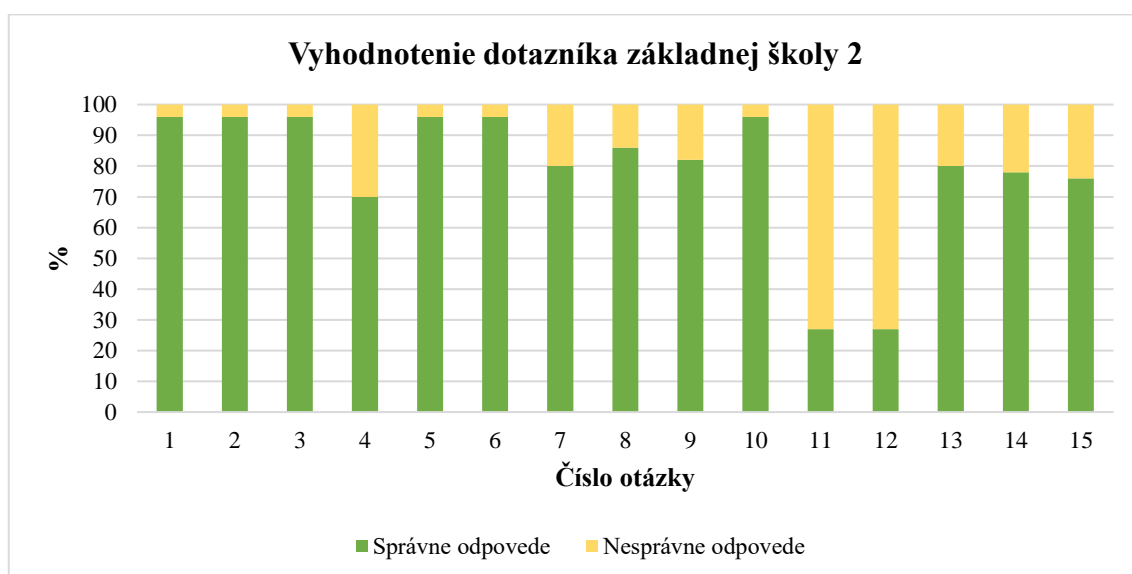




Figure 3 Evaluation of Questionnaire Replies 2 elementary school 2

Obrázok 3 Vyhodnotenie odpovedí dotazníka 2 základnej školy 2

Po zhodnotení dotazníka sme dostali všetky potrebné poznatky na vytváranie a navrhovanie metodických a pracovných listov a prezentácie. Na spracovanie pracovných listov a hlavne ilustrácií boli využité schopnosti kreslenia v grafických programoch. Ilustrácie v pracovných listoch a prezentácii sú veľmi dôležité z hľadiska zaujatia žiakov a udržania ich pozornosti počas celej výučby. Prezentácia k pracovným listom bola vytvorená z dôvodu prinesenia väčšieho množstva informácií žiakom, ale aj lákavejšej formy vyučovania. Metodické listy slúžia učiteľom na kvalitnejšie vzdelávanie. Ich návrhy sú spracované podrobne, aby mali učelia všetky informácie, ktoré na vyučovací proces potrebujú [15].

Table 1 Completed suggestions

Tabuľka 1 Skompletizované návrhy [12 - 14]

NÁZOV NÁVRHU	ZAMERANIE	TEÓRIA
Pracovný list 1 - 5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Civilná ochrana</li><li>• Požiarna ochrana</li><li>• Prvá pomoc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rozlíšenie zložiek IZS.</li><li>• Doplnenie vedomostí o volaní na tiesňovú linku.</li><li>• Doplnenie vedomostí o požiaroch, trojuholník horenia, typy a využitie hasiacich prístrojov.</li><li>• Využitie nadobudnutých vedomostí o hasiacich prístrojoch a opakovanie.</li><li>• Doplnenie vedomostí o poskytovaní prvej pomoci pri popáleninách, poleptaniach a krvácaní z nosa, opakovanie.</li></ul>
Prezentácia k pracovným listom	<ul style="list-style-type: none"><li>• Civilná ochrana,</li><li>• požiarna ochrana,</li><li>• prvá pomoc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rozšírenie vedomostí nadobúdaných v pracovných listoch. Zapojenie žiakov do procesu učenia.</li></ul>



Metodické listy pre učiteľov	<ul style="list-style-type: none"><li>• Civilná ochrana,</li><li>• požiarna ochrana,</li><li>• prvá pomoc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Doplnkový materiál pre učiteľov k vyučovaniu daných tém.</li></ul>
------------------------------	--	--

Po aplikovaní navrhnutých metodických opatrení do procesu vzdelávania bol žiakom podaný na vypracovanie znovu ten istý dotazník. Týmto krokom sme chceli overiť účinnosť zavedenia navrhovaných opatrení do procesu vzdelávania. Zhodnotenie a porovnanie výsledkov sa nachádza v nasledujúcej časti.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre explicitné posúdenie úspešnosti odprezentovaných navrhovaných metodických opatrení je zobrazený graf. V grafe je uvedený počet správnych a nesprávnych odpovedí z prvého vyplnenia dotazníka a druhého vyplnenia dotazníka. Dohromady bolo 840 odpovedí. To znamená pätnásť odpovedí dotazníka vynásobených počtom zúčastnených žiakov na dotazníku, tých bolo dokopy päťdesiatšesť z oboch základných škôl. Počet správnych odpovedí prvého vyplnenia dotazníka je 687 a nesprávnych odpovedí je 183. Pri druhom vyplnení dotazníka môžeme sledovať značné zlepšenie. Konkrétne správnych odpovedí bolo 793, čo je zlepšenie odpovedí o počet 106. Nesprávnych odpovedí je iba 47 oproti prechádzajúcim 183, čo vedie k výsledku, že zavedenie navrhovaných metodických opatrení malo na vzdelanie žiakov v oblastiach požiarnej ochrany, prvej pomoci a civilnej ochrany úspešný vplyv.

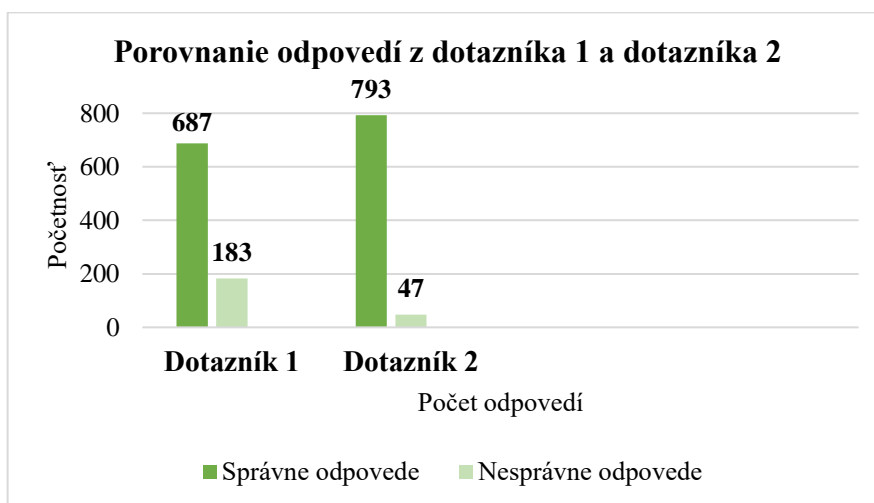


Figure 4 Compare Questionnaire Responses 1 and Questionnaire 2

Obrázok 4 Porovnanie odpovedí dotazníka 1 a dotazníka 2



## ZÁVER

Úroveň vzdelania na nami vybratých školách bola zisťovaná pomocou dotazníka. Prvým vypracovaním dotazníka žiakmi 4. ročníka základných škôl sme sa dopracovali k výsledkom, ktoré vyznačujú nedostatočné vzdelanie v daných oblastiach. Najväčšie nedostatky u oboch škôl boli hlavne pri využívaní nadobudnutých vedomostí z oblastí civilnej ochrany, požiarnej ochrany a prvej pomoci pri reálnych situáciách.

Na doplnenie nedostatočných vedomostí sme zvolili vypracovanie niekoľkých metodických opatrení. Medzi ktoré patria metodické listy, pracovné listy, prezentácia. Obsah metodických listov je spätý s pracovnými listami pre žiakov, nachádza sa v ňom aj presný charakter a rozdelenie vyučovacej hodiny, časová dotácia a pomôcky. Obsah pracovných listov bol špecificky vypracovaný a ilustrovaný podľa potrieb nedostačujúcich informácií zistených z dotazníka. A to konkrétne na proces hasenia, horenia, použitie hasiacich látok, poskytovanie prvej pomoci pri situáciách, s ktorými sa žiaci môžu najčastejšie stretnúť. Prezentácia zaujala pozíciu dopĺňovania informácií k metodickým a pracovným listom. Pre lepšie porozumenie u žiakov bola hlasovo komentovaná čo zároveň uľahčilo prácu učiteľom, ktorý sa mohli viacej venovať praktickej časti výučby.

Na overenie účinnosti nami navrhovaných a prakticky odskúšaných metodických opatrení sme žiakom dali opäť vyplniť ten istý dotazník. Po porovnaní výsledkov z dotazníka 1 a dotazníka 2 sme zistili, že počet správnych odpovedí stúpol z počtu 687 na 793. Čo je zlepšenie presne o 106 odpovedí.

Opätovným vyplnením dotazníka sme dospeli k záverom, že žiaci síce majú teoretické poznatky z oblastí civilnej ochrany, požiarnej ochrany a prvej pomoci ale ich následné využitie v praxi nie je na až takej vysokej úrovni. Na základe týchto zistení môžeme dedukovať, že je potrebné do vyučovacieho procesu zaradiť nie len viac teórie z daných oblastí ale hlavne praktických cvičení, kedy žiaci využívajú všetky nadobudnuté vedomosti v praktickom nácviku. Neustále precvičovanie a zlepšovanie týchto vedomostí slúži ako včasná prevencia pred samotným vznikom mimoriadnych udalostí ale aj ako prvá pomoc pri život ohrozujúcich stavoch.



## Pod'akovanie

“Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu: Vybudovanie inovatívneho výučbového laboratória pre praktické a dynamické vzdelávanie študentov v odbore BOZP, 020STU-4/2021, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Štátny pedagogický ústav, 2015. [online]. Štátny vzdelávací program – primárne vzdelávanie – 1. stupeň základnej školy. [cit. 2021-01-30]. Dostupné na: [https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/svp\\_pv\\_2015.pdf](https://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/svp_pv_2015.pdf)
2. Zákon č. 245/2008 Z. z. o výchove a vzdelávaní (školský zákon)
3. Zákon č. 596/2003 Z. z. o štátnej správe v školstve a školskej samospráve
4. Hruškovič, S.; Nogová, M. Vzdelávací štandard preventívneho voliteľného predmetu pre 1. stupeň základnej školy pre školský vzdelávací systém – Mladý záchranár. 2018. [online]. [cit. 2021-02-15]. Dostupné na: [https://www.statpedu.sk/files/sk/metodicky-portal/volitelne-predmety/mlady\\_zachranar\\_1\\_stupen\\_zs.pdf](https://www.statpedu.sk/files/sk/metodicky-portal/volitelne-predmety/mlady_zachranar_1_stupen_zs.pdf)
5. Kotočová, A. Základná škola Streženice, Streženice. Vzdelávanie na základnej škole, vzdelávacie štandardy, metodické listy. Osobná komunikácia [2021-02-23]
6. Dobiášová Adame, R.; Kováčiková, O. Prvouka pre 1. ročník základnej školy. Bratislava: AITEC, s. r. o. 2015. 48s. ISBN: 9788081461088
7. Virgovičová, L.; Virgovičová, Z. Šlabikár pre 1. ročník ZŠ, 2 časť. Bratislava: Orbis Pictus Istropolitana, spol. s. r. o. 2011. 96s. ISBN: 978-80-8120-084-7
8. Wiegerová, A.; Čelová, G.; Majerčíková, J. Prvouka pre 2. ročník základnej školy. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo – Mladé letá, s. r. o. 2017. 80s.
9. Kasáková, Z. Základná škola Karpatská 8063/11, Žilina. Vzdelávanie na základnej škole, vzdelávacie štandardy, metodické listy. Osobná komunikácia [2021-02-25]
10. Kotočová, A. Základná škola Streženice, Streženice. Vypracovanie pracovných listov, dotazníku, spätná väzba. Mailová komunikácia [2021-04-05]
11. Kasáková, Z. Základná škola Karpatská 8063/11, Žilina. Vypracovanie pracovných listov, dotazníku, spätná väzba. Osobná komunikácia [2021-04-10]



12. Štátny pedagogický ústav. [online]. Metodický list. [cit. 2021-03-30]. Dostupné na: [https://www.statpedu.sk/files/sk/metodicky-portal/metodicke-podnety/pvc\\_pkcasp\\_kozuchova\\_ml1-pdf.pdf](https://www.statpedu.sk/files/sk/metodicky-portal/metodicke-podnety/pvc_pkcasp_kozuchova_ml1-pdf.pdf)
13. Dobiáš, V. 5P Prvá pomoc pre pokročilých poskytovateľov. Dixit, s. r. o. 2017. 302s. ISBN: 978-80-89662-24-1
14. Balog, K. Hasiace látky a jejich technológie. Miesto vydania: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství 2004. 171s. ISBN: 9788086634494
15. Inovatívne metódy a formy vyučovania [online]. [cit. 30.3.2021]. Dostupné na: [https://cloud6d.edupage.org/cloud/Inovativne\\_metody\\_a\\_formy\\_vyučovania.pdf?z%3ACJ9SGeqguLQETuPI4kOJCKRGANxmEHBSgUI00j%2Bwf9d4LQ1yIhREyynAm8pEFVgK](https://cloud6d.edupage.org/cloud/Inovativne_metody_a_formy_vyučovania.pdf?z%3ACJ9SGeqguLQETuPI4kOJCKRGANxmEHBSgUI00j%2Bwf9d4LQ1yIhREyynAm8pEFVgK)

#### **Adresa autora**

Ing. Katarína Košútová

Žilinská univerzita v Žiline. Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
katarina.kosutova@fbi.uniza.sk

doc. Ing. Linda Makovická Osvaldová, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
linda.makovicka@fbi.uniza.sk



**ŠTÚDIUM VPLYVU VEĽKOSTI ČASTÍČ MÚKY NA  
TEPLOTU VZNIETENIA ROZVÍRENÉHO PRACHU  
STUDY OF INFLUENCE OF FLOUR PARTICLES SIZE  
ON IGNITION TEMPERATURE OF DISPERSED DUST**

Richard KURACINA<sup>1,\*</sup> - Zuzana SZABOVÁ<sup>1</sup> – László KOSÁR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav integrovanej bezpečnosti, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave,  
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ul. J. Bottu 2781/25, 917 24 Trnava,  
richard.kuracina@stuba.sk, zuzana.szabova@stuba.sk, laszlo.kosar@stuba.sk

**Abstract**

Health and safety at work is an important part of the work process. Ensuring safety is one of the first prerequisites for a suitable work environment and leads to ensuring optimal performance of employees. Safety is especially important in industry, where dangerous situations such as fires or explosions can often occur. The article deals with the study of the influence of the particle size of different types of flour on the ignition temperature of dispersed dust from a hot surface. From the results it can be concluded that for individual flours, the particle size does not have a significant effect on the value of the minimum ignition temperature of dispersed dust. Only for spelt flour with a size of 0 - 56  $\mu\text{m}$  was the MIT value lower by 20 K. The MIT values for individual flour samples differed by a maximum of 10 K.

**Keywords:** *dust cloud, minimum ignition temperature, dust cloud, flour*

**ÚVOD**

Horľavosť rozvírených prachov je významným nebezpečenstvom, ktoré sa nachádza v širokom spektre priemyselných odvetví.

Výbuchy horľavých prachov majú zväčša za následok rozsiahle materiálne škody, a v nemalom počte prípadov vážne poškodenia zdravia či dokonca nie výnimočne početné straty na ľudských životoch, je nutné neustále venovať bezpečnosti





v tejto oblasti veľkú pozornosť. Na to, aby sa v prevádzkach s výskytom takýchto materiálov vedeli prijať adekvátne bezpečnostné opatrenia, je nutné poznať fyzikálno-chemické vlastnosti a požiaro - technické charakteristiky daných prachov. Jednou z týchto charakteristík je minimálna teplota vznietenia rozvírených prachov (Vandličková 2015).

## PRACH

Prach môžeme definovať ako súbor jemných tuhých anorganických alebo organických častíc s veľkosťou do 500  $\mu\text{m}$ , ktorý je rozptýlený vo vzduchu. Medzi materiály, ktoré zapríčiňujú výbuchy prachu môžeme zaradiť prírodné látky (drevo, cukor, múka, uhlie,...), ďalej syntetické látky (pesticídy, polyméry, organické pigmenty...) a kovy (hliník, železo, zinok, horčík), ktoré sú taktiež výbušné (Eckhoff 2003).

Z hľadiska jeho tvorby v technologickom procese je možné špecifikovať prach ako:

- výrobok (kakaový prášok, cukrová múčka, pesticídy),
- polotovary (liečivá pred tabletovaním a pod.),
- odpad (drevený prach, obilný prach) (Damec et al., 1999).

V reálnom prostredí sa prach vyskytuje v dvoch stavoch:

- usadený prach (aerogel),
- rozvírený prach (aerosól) (Marková 2018, Tureková xx).

Uvedené formy môžu ľahko prechádzať z jedného stavu do druhého. Usadený prach sa dá ľahko rozvíriť (vibráciami, otrasmi, prúdom vzduchu a pod.) a naopak rozvírený prach sedimentáciou prechádza do usadeného stavu (Marková 2018).

Horľavý prach v rozvírenom stave je schopný prudko oxidačne reagovať a táto reakcia má charakter výbuchu a za určitých podmienok môže tento dej prejsť až do detonácie (Tureková, 2009).

Medzi odvetviami s najčastejším výskytom výbuchov horľavých prachov možno zaradiť napr. spracovanie a skladovanie dreva, zásobníky a silá, zásobníky múky a krmne mlyny, výroba a skladovanie kovov (práškové, najmä je hliník a horčík), chemická výroba, výroba plastov, potravinárska výroba, oblasť manipulácie alebo



spracovania uhlia, farmaceutické závody ... (Abbasi 2003, Barton 2000, Kauffman 1982).

## POŽIARNOTECHNICKÉ VLASTNOSTI PRACHU

Prach v rozvírenom stave charakterizujú najmä dolná medza výbušnosti DMV, maximálne výbuchové parametre – maximálny výbuchový tlak  $P_{max}$  a maximálna rýchlosť nárastu tlaku  $(dp/dt)_{max}$ , minimálna iniciačná energia vznietenia  $E_{min}$ , minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu a medzná koncentrácia kyslíka MKK (Damec 1993). V Tabuľke č. 1 sú uvedené najdôležitejšie požiarnotechnické charakteristiky rozvírených prachov a normalizované metódy ich stanovenia .

**Table 1 Fire characteristics of dispersed dusts and related standards for their determination (STN EN 14034, STN EN 13821, STN EN 80079-20-2)**

**Tabuľka 1 Požiarnotechnické charakteristiky prachov a prislúchajúce normy na ich stanovenie (STN EN 14034, STN EN 13821, STN EN 80079-20-2)**

Požiarnotechnická charakteristika rozvíreného prachu	Názov normy
Maximálny výbuchový tlak, Maximálna rýchlosť nárastu tlaku, Dolná medza výbušnosti, Medzná koncentrácia kyslíka	STN EN 14034+A1:2011 Stanovenie vlastností zvíreného prachu pri výbuchu.
Minimálna iniciačná energia	STN EN 13821:2003 Potenciálne výbušné atmosféry. Prevencia a ochrana pred výbuchom. Stanovenie minimálnej iniciačnej energie vznietenia zmesí prachu a vzduchu
Minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu	STN EN 80079-20-2:2016 Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom Časť 2-1: Skúšobné metódy. Metódy na stanovenie minimálnych teplôt vznietenia prachu

V Tabuľke č. 2 sú pre porovnanie uvedené požiarnotechnické parametre rôznych druhov múk a materiálov vyskytujúcich sa vo forme prachu.



Table 2 Examples of materials in industry in the form of dust with selected fire technical characteristics (Pastier 2012, GEstis)

Tabuľka 2 Príklady materiálov vyskytujúcich sa v priemysle vo forme prachu s vybranými požiarnotechnickými charakteristikami (Pastier 2012, Gestis)

Materiál vo forme prachu	Minimálna teplota vznietenia [°C]	Minimálna iniciačná energia [mJ]	Dolná medza výbušnosti [g m <sup>-3</sup> ]	Maximálny výbuchový tlak [bar]	Konštanta rýchlosti nárastu tlaku [bar m s <sup>-1</sup> ]
Múka hladká, 00	400	30 - 100	60	8,0	125
Horčík	760	>1000	30	17,5	508
Polyamid	460	>1000	125	6,9	38
Hladká múka < 60 µm	390	> 10	30	8,3	94
Kukurličný škrob	400	10	30	8,2	107
Obilný prach	510	-	125	9,2	131
Cukor	480	10	100	8,5	138
Uhlie	540	>1000	60	8,5	117
Ražná (chlebová) múka	380	-	60	9,7	63

## MATERIÁL A METÓDY

Pre stanovenie minimálnych teplôt vznietenia potravinárskeho prachu v rozvírenom stave podľa STN EN 50281-2-1:2002 boli použité vzorky:

- špaldová múka (Vzorka A),
- ražná múka (Vzorka B).
- pšeničná hladká múka (Vzorka C)

Minimálne teploty vznietenia boli stanovované skúšobnou metódou podľa normy STN EN 80079-20-2:2016 Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom Časť 2-1: Skúšobné metódy. Metódy na stanovenie minimálnych teplôt vznietenia prachu

Meranie sa uskutočnilo na meracom prístroji pre stanovenie minimálnych teplôt vznietenia rozvíreného prachu (Obrázok 1). Minimálne iniciačné teploty boli

stanovované pre tri druhy potravinárskych prachov: špaldová múka (Vzorka A), ražná múka (Vzorka B) a pšeničná hladká múka (Vzorka C).



**Figure 1 Device for determining the minimum ignition temperature of dispersed dust**

**Obrázok 1 Zariadenie na stanovenie minimálnej teploty vznietenia rozvíreného prachu**

Schéma vyhrievanej pece a systému pre meranie teploty vznietenia rozvíreného prachu podľa STN EN 80079-20-2:2016 je na Obrázku 2.

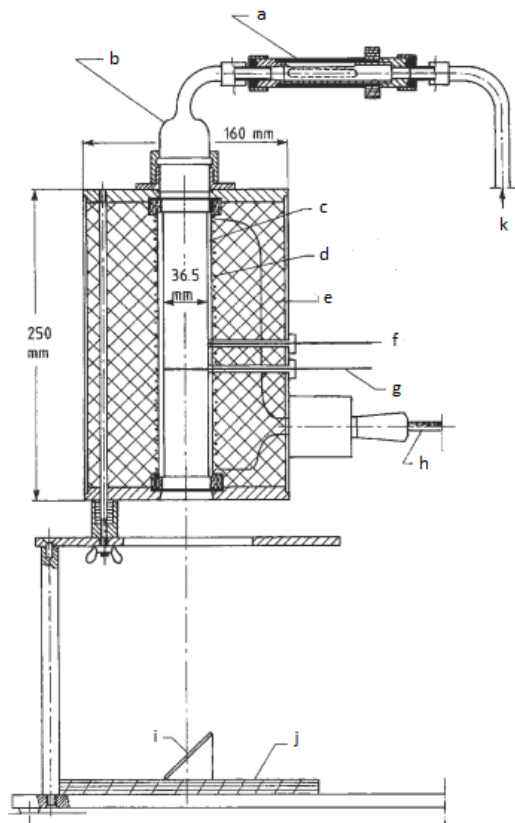


Figure 2 Godbert - Greenwald furnace scheme (Eckhoff, 2003) (a - dust container, b - glass adaptor, c - vertical tube, d - heating coil, e - isolation, f, g - thermocouple, h - power source, i - mirror, j - stand)

Obrázok 3 Schéma Godbert - Greenwaldovej pece (Eckhoff, 2003) (a - zásobník prachu, b - sklenený adaptér, c - vertikálna trubica, d - vyhrievacia špirála, e - izolácia, f, g - termočlánok, h - zdroj, i - zrkadlo, j - podstavec)

Skúšobné zariadenie musí byť umiestnené v priestore bez prúdenia vzduchu. Na dolnom otvorenom konci vyhrievanej pece pozorujeme priebeh vznietenia, na hornom konci je pec pripojená cez sklenený adaptér k zásobníku prachu. Prach je rozprašovaný do pece pomocou stlačeného vzduchu, ktorý sa uvoľní zo zásobníka otvorením solenoidového ventilu. Termočlánok, ktorý sa zavádza do pece meria teplotu na vnútornej strane pece. Kalibrovaný termočlánok je umiestnený v ochrannom návleku z oxidu hlinitého a meria teploty nad 500 °C s presnosťou  $\pm 1\%$  a pod 300 °C s presnosťou  $\pm 3\%$ . Skúšobné zariadenie je napojené na zdroj stlačeného vzduchu. Teplota vnútorného okraja pece je regulovaná pomocou regulátora teploty. ((Ondrejko, 2017), STN EN 80079-20-2:2016)



Frakcie, ktoré sme použili na meranie boli vybrané na základe zastúpenia v jednotlivých skúmaných vzorkách. Pre porovnateľnosť a správnosť experimentálneho stanovenia minimálnych teplôt je potrebné poznať charakter skúmanej vzorky. Výsledky daných charakteristík môžu byť ovplyvňované podmienkami skúšky, typom skúšobnej metódy a skúmaným materiálom. Relatívne významný vplyv na výsledky merania má rozmery častíc prachu a vlhkosť vzorky. Vzorky múky boli upravované vysušením. Vzorka musí byť pripravená tak, aby bola homogénna a reprezentovala skúmaný prach. Vzorku sme získali preosiatím cez sito s danou veľkosťou otvorov, podľa požadovanej veľkosti častíc vzorky. (Ondrejko, 2017). K stanoveniu minimálnej teploty vznietenia rozvíreného prachu boli použité vzorky s rozmerom častíc 0 - 56  $\mu\text{m}$  a 56 - 71  $\mu\text{m}$ . Vlhkosť vzoriek bola 0 %.

## VÝSLEDKY MERANIA

Teploty vznietenia rozvíreného prachu sa stanovovali pre jednotlivé vzorky a pre jednotlivé frakcie. Pre všetky vzorky boli vybrané rovnaké frakcie (0-56  $\mu\text{m}$ , 56-71  $\mu\text{m}$ ). Meranie prebiehalo s navážkou 0,5 g pri tlaku 50 kPa pre všetky vzorky. Počiatočná teplota pece bola nastavená na 400 °C a zvyšovala sa po 20 °C.

Table 3 Results of MIT measurement of various flours dispersed dust

Tabuľka 3 Výsledky merania MIT rozvíreného prachu pre rôzne vzorky múky

Frakcie [ $\mu\text{m}$ ]	Vzorky	m[g]	P[kPa]	t[°C]	MIT[°C]
0 - 56	špaldová m.	0,5	50	440	<b>420</b>
	ražná m.	0,5	50	450	<b>430</b>
	pšeničná hl. m.	0,5	50	450	<b>430</b>
56-71	špaldová m.	0,5	50	460	<b>440</b>
	ražná m.	0,5	50	450	<b>430</b>
	pšeničná hl. m.	0,5	50	450	<b>430</b>

## ZÁVER

Meraním sme zistili, že minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu pšeničnej a ražnej múky je 430 °C pre obidve sledované veľkosti frakcií. Minimálna



teplota vznietenia rozvíreného prachu špaldovej múky pre veľkosť frakcie 0 - 56  $\mu\text{m}$  je 420 °C a pre veľkosť frakcie 56 - 71  $\mu\text{m}$  je 440 °C.

Ražná a pšeničná múka vykazuje rovnaké vlastnosti z hľadiska minimálnej teploty vznietenia rozvíreného prachu od horúceho povrchu. Pri špaldovej múke má frakcia s menšou veľkosťou častíc, tzn. 0 - 56  $\mu\text{m}$  nižšiu hodnotu minimálnej teploty vznietenia od horúceho povrchu o 20 K oproti frakcii s veľkosťou častíc 56 - 71  $\mu\text{m}$ .

Napriek tomu je možné konštatovať, že veľkosť častíc jednotlivých druhov múky má minimálny vplyv na hodnotu minimálnej teploty vznietenia rozvíreného prachu.

Vzhľadom na to, že v databázach je minimálne množstvo odborných publikácií zaoberajúcich sa špeciálnymi druhmi múky (napr. špaldová, ražná, semolínová ...), ďalší výskum v tejto oblasti bude zameraný na štúdium ich požiarotechnických parametrov (MIT, výbuchové parametre).

## Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0223. Táto práca bola podporená aj agentúrou KEGA MŠVVaŠ SR projektami č. 016STU-4/2021 a č. 020STU-4/2021

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Abbasi, S. Dustexplosions - Cases, causes, consequences and control. Elsevier: In Journal of Hazardous Materials 2007. ISSN: 0304-3894
2. Barbosa-Cánovas, G. V.; et al. Food powders: Physical properties, processing and functionality. New York: Plenum Publishers 2005. ISBN 0-306-47806-4
3. Barton, J. Dust explosion prevention and protection. Glasgow : Gulf Publishing Company 2002. ISBN 0 7506 7519 3
4. Damec, J. Nebezpečí výbuchů průmyslových prachů (4. část). 150 hoří 1993, 6. ISSN 0682-8467
5. Damec, J. Protivýbuchová prevence v potravinářství a zemědělství. Ostrava: Edice SPBI Spektrum 1999. ISBN: 80-86111-41-5
6. Eckhoff, R. K. Dust explosion in the process industries. s.l. : Gulf Professional Publishing, 2003. ISBN: 0-7506-7602-7.



7. GESTIS Dust Ex Database. Dostupné online (1. Október 2021):  
<https://staubex.ifa.dguv.de/explokomp.aspx?nr=7367&lang=e>
8. Kauffman, C.W. Agricultural dust explosions in grain handling facilities. Ontario: Fuel-air Explosions, University of Waterloo Press 1982, 305-347.
9. Pastier, M.; Tureková, I.; Turňová, Z.; Harangozó, J. Požiarnotechnické charakteristiky rozvírených prachov a normalizované metódy ich stanovenia. In *Integral safety*. Trnava: AlumniPress 2021, 37-42. ISBN 978-80-8096-181-7
10. STN EN 13821:2003 Potenciálne výbušné atmosféry. Prevencia a ochrana pred výbuchom. Stanovenie minimálnej iniciačnej energie vznietenia zmesí prachu a vzduchu
11. STN EN 14034+A1:2011 Stanovenie vlastností zvíreného prachu pri výbuchu.
12. STN EN 80079-20-2:2016 Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom Časť 2-1: Skúšobné metódy. Metódy na stanovenie minimálnych teplôt vznietenia prachu
13. Tureková, I. Štúdium iniciačných zdrojov drevných prachov. Sborník vedeckých prác VŠB-TU Ostrava 2009, IV, 1, 105-116. ISSN 1801-1764.
14. Vandlíčková, M. Minimálna teplota vznietenia usadeného a rozvíreného prachu. In 20. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí, Fakulta bezpečnostného inžinierstva ŽU, Žilina, 20. - 21. máj 2015.

#### **Adresa autora**

doc. Ing. Richard Kuracina, Ph.D.

Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave, Ústav Integrovanej bezpečnosti, Ul. J. Bottu 2781/25, 917 24 Trnava

richard.kuracina@stuba.sk





# APLIKÁCIE NEURÓNOVÝCH SIETÍ V POŽIARNOM INŽINIERSTVE

## NEURAL NETWORKS APPLICATION IN FIRE ENGINEERING

Jozef MARTINKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so  
sídлом v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika,  
jozef.martinka@stuba.sk

### Abstract

This paper deals with neural networks applications in the fire engineering field. The most common application of the neural networks in fire engineering field is in an automatic fire detection system from images or video-sequences. The fire detection is most commonly based on recognition of flame or smoke in image or in video-sequence by the convolutional neural networks (CNN). However there are more other applications which are not so well known as fire detection. Lesser known application of the neural networks include recognition of burning liquids species in image or video-sequence (by the convolutional neural networks), fire risk of structures assessment (e.g. by a self-organizing map) and prediction of materials and construction products characteristics (that determine their fire safety level, e.g. reaction to fire class) from other characteristics (e.g. physical or chemistry properties). Prediction of fire characteristics of materials and construction products (e.g. reaction to fire class) is the most perspective area of neural networks applications in the fire engineering.

**Keywords:** *fire detection, fire engineering, fire risk assessment, neural networks*



## ÚVOD

Neurónová sieť je matematický výpočtový model simulujúci činnosť biologických neurónových systémov (nervového systému). Neurónová sieť sa dá trénovať (učiť) podobne ako živé organizmy (Aggarwal 2018). Neurónová sieť je tvorená neurónmi usporiadanými do niekoľkých vrstiev. Neurónová sieť obsahuje vstupnú vrstvu neurónov a výstupnú vrstvu neurónov. Medzi vstupnou a výstupnou vrstvou neurónov je spravidla minimálne jedna vrstva skrytých neurónov.

Neurónové siete sa rozdeľujú podľa veľkého množstva kritérií. Jedným zo spôsobov delenia je na tzv. dopredné a rekurentné neurónové siete. V dopredných neurónových sieťach je každý neurón v nasledujúcej vrstve pripojený na všetky neuróny v prechádzajúcej vrstve. V aktívnom (pracovnom) móde neurónovej siete je signál prenášaný z prechádzajúcej vrstvy do nasledujúcej (v smere od vstupu po výstup). V adaptačnom (učiacom) móde je prenos signálu opačný (z výstupu na vstup). Rekurentné neurónové siete umožňujú (aj v aktívnom móde) obojsmerný prenos signálu medzi (vybranými) prepojenými neurónmi, prípadne prenos signálu v rámci toho istého (vybraného) neurónu v definovanej časovej sekvencii. Podľa Kvasničku et al. (1997) je vo všeobecnosti za rekurentnú sieť možné považovať akúkoľvek neurónovú sieť, v ktorej istá podmnožina neurónov (rekurentné neuróny) je schopná uchovať informáciu o svojich aktiváciách v predošlých časoch pre výpočet aktivácií neurónov v čase  $t+1$ . Ďalším bežným typom neurónových sietí sú tzv. konvolučné neurónové siete (CNN). CNN sa vyznačujú tzv. konvolučnou vrstvou a umožňujú na vstupe priamo pracovať s obrázkom (napr. fotografia, RTG alebo CT snímok), videosekvenciou, zvukovým záznamom alebo textom. Podľa Muráňa (2019) je CNN tvorená minimálne jednou alebo niekoľkými (okrem plne prepojenej vrstvy, ktorú obsahuje prakticky každá neurónová sieť) konvolúciami (konvolučnými vrstvami), nelineárnymi aktivačnými funkciami (napr. ReLU), pooling (vrstva, ktorá sa používa na zmenšenie dimenzie tým, že z dopredu definovaných oblastí obrázka (napr. 3x3 PX) vyselektuje napr. maximálne, priemerné alebo minimálne hodnoty) a klasifikačnou vrstvou. CNN sú spravidla tvorené niekoľkými desiatkami (až stovkami) vzájomne prepojených vrstiev (uvedených vyššie). Podrobné delenie neurónových sietí uvádza napr. Tch (2017).



V požiarom inžinierstve sa najčastejšie používajú (aplikujú) CNN. CNN sa v požiarom inžinierstve využívajú hlavne na rýchlu detekciu požiaru. V poslednom období sa CNN (ale aj ďalšie neurónové siete) používajú v požiarom inžinierstve aj na iné účely (hlavne na predikciu požiarneho rizika stavieb, predikciu triedy reakcie na oheň stavebných výrobkov a rozpoznanie druhu horiacej kvapaliny). Na tomto mieste je potrebné upozorniť na nejednotnosť v odbornom termíne „požiarne riziko“ medzi právnymi predpismi platnými v Slovenskej republike a vnímaním daného termínu (predovšetkým zahraničnou) vedeckou komunitou. Vyhl. MV SR č. 94/2204 Z. z. definuje požiarne riziko ako pravdepodobnú intenzitu požiaru v požiarom úseku alebo v jeho časti. Naproti tomu vedecká komunita považuje požiarne riziko za dvojdimenzionálny parameter, ktorý je determinovaný pravdepodobnosťou vzniku požiaru a jeho následkami. Pravdepodobnosť môže byť vyjadrená napr. počtom požiarov (určitých druhov stavieb) za kalendárny rok (resp. pomerom počtu požiarov určitých druhov stavieb, za kalendárny rok v konkrétnom štáte, k celkovému počtu tých istých druhov stavieb v rovnakom štáte). Následky požiarov sa zvyčajne vyjadrujú počtom usmrtených a ťažko zranených osôb a priamou, resp. následnou škodou.

Cieľom tohto príspevku je oboznámiť vedeckú verejnosť s aplikáciami neurónových sietí v požiarom inžinierstve.

## **DETEKCIA POŽIARU**

V zmysle platnej Vyhl. MV SR č. 726/2002 Z. z. detekcia požiaru neurónovou sieťou (z videosekvencie alebo fotografie) nespĺňa definíciu elektrickej požiarnej signalizácie, resp. na tento druh požiarnej signalizácie nebola zatiaľ vydaná harmonizovaná európska technická norma). Preto tento systém nebude v ďalších častiach označovaný ako elektrické požiarne signalizácia, ale ako (automatická) detekcia požiaru.

Na detekciu požiaru z fotografie alebo videosekvencie sa využívajú takmer výlučne CNN. Detekcia požiaru je založená na rozpoznaní samotného plameňa, samotného dymu alebo súčasne plameňa a dymu na fotografii alebo videosekvencii. Fakt, či je CNN natrénovaná (prípadne konfigurovaná) na rozpoznanie plameňa, dymu, prípadne súčasne plameňa aj dymu závisí od prostredia v ktorom má detegovať



požiar (interiér alebo exteriér), predpokladaných horľavých materiálov (látky horiace plameňom alebo látky so sklonom k tleniu), požadovanej rýchlosti detekcie a odolnosti voči falošným poplachom.

Algoritmus detekcie opisujú napr. Ko et al. (2009). Podľa citovaného autorského kolektívu je detekcia plameňa v CNN realizovaná na základe nasledovného algoritmu: detekcia pixelov s typickou farbou plameňa, následná detekcia pohybujúci sa pixelov, odstránenie pixelov nezodpovedajúcich plameňu (na základe analýzy časovej variácie jasú) a následné spracovanie podpornými vektorovými strojmi. Gubbi et al. (2009) opísali algoritmus detekcie dymu zložený na diskkrétnej kosínusovej transformácii, diskkrétnej vlnkovej transformácii a podpore vektorových strojov. Celik a Demirel (2009) opísali detekciu požiaru z videosekvencie generickým farebným modelom. Vlnkovú transformáciu opísal napr. Chan (1995) a podporu vektorových strojov napr. Vapnik (1995). Všetky vyššie opísané spôsoby detekcie vykazujú spoľahlivosť detekcie požiaru a odolnosť voči falošným poplachom porovnateľnú s dostupnými riešeniami elektrickej požiarnej signalizácie (výhodou je možnosť rýchleho overenia situácie operátom kamerového systému). Ďalšou výhodou detekcie požiaru CNN z videosekvencie sú finančné úspory (v priestoroch, ktoré sú z iného dôvodu chránené kamerovým systémom spravidla postačuje na automatickú detekciu požiaru dokúpiť softvérové riešenie).

Pre úplnosť je potrebné dodať, že aj časť bežne používaných elektrických požiarnej signalizácií (splňajúcich požiadavky vyhl. MV SR č. 726/2002 Z. z., resp. ktorých komponenty splňajú požiadavky harmonizovaných európskych noriem zo súboru EN 54) využívajú pri vyhodnotení signálu z detektorov neurónové siete. Principiálny rozdiel je v tom, že tieto zariadenia pracujú s bežnými detektormi požiaru (napr. dymový, teplotný alebo CO) a nie s fotografiami alebo videosekvenciami (spravidla sa jedná o viacvrstvové neurónové siete, ale nie o CNN).



## OSTATNÉ APLIKÁCIE NEURÓNOVÝCH SIETÍ V POŽIARNOM INŽINIERSTVE

Ďalšie aplikácie neurónových sietí v požiarnom inžinierstve je možné rozdeliť na tie, ktoré súvisia s detekciou požiaru, resp. rozširujú jej možnosti a na aplikácie priamo nesúvisiace s detekciou požiaru.

Aplikáciu rozširujúcu možnosti detekcie požiaru opísali Martinka, Nečas et al. (2021). Citovaní autori natrénovali CNN tak, aby dokázali z fotografie plameňa rozpoznať druh horiacej látky (kvapaliny) s veľmi vysokou presnosťou. Tento spôsob je aj predmetom patentovej prihlášky Martinka et al. (2020). Jeho nevýhodou je, že zatiaľ bol odskúšaný na rozpoznávanie relatívne malého počtu druhov horľavých kvapalín. V tejto oblasti prebieha ďalší výskum.

Medzi aplikácie priamo nesúvisiace s detekciou požiaru patria nasledovné aplikácie. Predikcia zhorenej plochy vonkajších, resp. lesných požiarov (s využitím viacvrstvových neurónových sietí), ktorú opísal Joshi a Sukumar (2021). Veľmi zaujímavú aplikáciu opísali Asgary et al. (2012). Citovaný autorský kolektív využil samoorganizujúce sa mapy na analýzu požiarného rizika (pravdepodobnosti usmrtenia alebo zranenia osôb a výšku škody spôsobenej požiarom v stavbe). Ako vstupné údaje využili informácie o stavbe (napr. typ vlastníctva, výška stavby, čas vzniku požiaru, obsadenosť stavby atď.). Prezentovaný spôsob má významný prínos pre odhad faktorov, ktoré významným spôsobom ovplyvňujú požiare riziko.

Ďalšou významnou aplikáciou je predikcia požiarnych charakteristík (napr. triedy reakcie na oheň) materiálov a výrobkov. Takúto predikciu je možné urobiť využitím viacvrstvových neurónových sietí, kde sa ako vstup využívajú iné (požiarné) charakteristiky materiálu, napr. charakteristiky zamerané a publikované Zacharom et al. (2012) alebo Vandličkovou et al. (2020). Ďalšou možnosťou je predikcia triedy reakcie na oheň materiálu alebo stavebného výrobku (napr. elektrického kábla) z fotografie, resp. videosekvencie plameňa. Na tento účel sa využívajú takmer výlučne CNN. Tento spôsob je na území Slovenskej republiky chránený patentovou prihláškou Martinka, Rantuch et al. (2021a). Nadstavbou opísaného riešenia je meranie rýchlosti uvoľňovania tepla z fotografie plameňa alebo videosekvencie plameňa horiacej látky. Tento spôsob opísali Martinka, Rantuch et al. (2021b). Výhodou daného spôsobu (oproti konvenčne



využívaným spôsobom) je fakt, že umožňuje meranie rýchlosti uvoľňovania tepla nielen v laboratórnych podmienkach, ale aj v teréne.

## ZÁVER

V predloženom príspevku boli opísané najdôležitejšie aplikácie neurónových sietí v požiarnom inžinierstve. CNN umožňujú veľmi rýchlu a spoľahlivú automatickú detekciu požiarov z fotografie alebo videosekvencie. Medzi ďalšie významné aplikácie neurónových sietí patrí predikcia šírenia sa vonkajšieho (lesného) požiaru, resp. zhorenej plochy, odhad požiarného rizika stavieb (parametrov stavby), predikcia triedy reakcie na oheň materiálov a výrobkov (napr. elektrických káblov) a meranie rýchlosti uvoľňovania tepla analýzou fotografie alebo videosekvencie plameňa v CNN.

## Pod'akovanie

"Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0223. Táto práca bola podporená aj agentúrou KEGA MŠVVaŠ SR projektmi č. 016STU-4/2021 a č. 001TU Z-4/2020".

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Aggarwal, CC. Neural networks and deep learning: a textbook. Cham: Springer. 2018. 497 s.
2. Asgary, A.; Naini, A.S.; Levy, J. Modeling the risk of structural fire incidents using a self-organizing map. Fire Safety Journal 2012, 49, 1-9.
3. Çelik, T.; Demirel, H. Fire detection in video sequences using a generic color model. Fire Safety Journal 2009, 44, 147-158.
- EN 54. Fire detection and fire alarm system (súbor európskych noriem pre elektrickú požiaru signalizáciu).
4. Gubbi, J.; Marusic, S.; Palaniswami, M. Smoke detection in video using wavelets and support vector machines. Fire Safety Journal 2009, 44, 1110-1115.
5. Chan, Y.T. Wavelet basics. Boston: Kluwer Academic Publishers 1995. 134 s.
6. Joshi, J.; Sukumar, R. Improving prediction and assessment of global fires using multilayer neural networks. Scientific Reports - Nature 2021, 11, 3295. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81233-4>.



7. Ko, B. C.; Cheong, K. H.; Nam, J. Y. Fire detection based on vision sensor and support vector machines. *Fire Safety Journal* 2009, 44, 322-329.
8. Kvasnička, V.; Beňušková, L.; Pospíchal, J.; Farkaš I.; Tiňo P.; Král', A. Úvod do teórie neurónových sietí. Bratislava: IRIS 1997. 285 s.
9. Martinka, J.; Nečas, A.; Rantuch, P. The recognition of selected burning liquids by convolutional neural networks under laboratory conditions. *Journal of Thermal Analysis Calorimetry* 2021. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-10903-2>.
10. Martinka, J.; Rantuch, P.; Nečas, A. Spôsob identifikácie druhu horiacej látky: patentová prihláška. Prihlasovateľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave. Prihláška podaná na Úrad priemyselného vlastníctva SR dňa 02. 06. 2020. Rozsah požadovanej ochrany: SR. Číslo prihlášky: 58-2020.
11. Martinka, J.; Rantuch, P.; Nečas, A.; Sulová, J. 2021a. Spôsob kontroly požiarnej charakteristik elektrických káblov: patentová prihláška. Prihlasovateľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave. Prihláška podaná na Úrad priemyselného vlastníctva SR dňa 09. 04. 2021. Rozsah požadovanej ochrany: SR. Číslo prihlášky: 22-2021.
12. Martinka, J.; Rantuch, P.; Nečas, A. 2021b. Spôsob stanovenia rýchlosti uvoľňovania tepla: patentová prihláška. Prihlasovateľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave. Prihláška podaná na Úrad priemyselného vlastníctva SR dňa 30. 03. 2021. Rozsah požadovanej ochrany: SR. Číslo prihlášky: 21-2021.
13. Muráň, J. Úvod do konvolučných neurónových sietí. 2019. [cit. 2021/09/20]. Dostupné na: <<https://umelainteligencia.sk/uvod-do-konvolucnych-neuronovych-sieti/>>
14. Tch, A. The mostly complete chart of neural networks explained. 2017. [cit. 2021/09/20]. Dostupné na: <<https://towardsdatascience.com/the-mostly-complete-chart-of-neural-networks-explained-3fb6f2367464>>
15. Vandličková, M.; Marková, I.; Osvaldová, L.M.; Gašpercová, S.; Svetlík, J.; Vraniak, J. Tropical wood dusts—granulometry, morphology and ignition temperature. *Applied Sciences* 2020, 10, 1-15.
16. Vapnik, V.N. The nature of statistical learning theory. New York: Springer1995. 188 s.



17. Vyhláška MV SR č. 726/2002 Z. z. ktorou sa ustanovujú vlastnosti elektrickej požiarnej signalizácie, podmienky jej prevádzkovania a zabezpečenia jej pravidelnej kontroly.
18. Vyhláška MV SR č. 94/2004 Z. z. ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb v platnom znení.
19. Zachar, M.; Mitterová, I.; Xu, Q.; Majlingová, A.; Cong, J.; Galla, Š. Determination of fire and burning properties of spruce wood. *Drvna Industrija* 2012, 63, 217-223.

**Adresa autora**

Doc. Ing. Jozef Martinka, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Katedra požiarneho inžinierstva,  
Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika  
jozef.martinka@stuba.sk





**POSÚDENIE ŠÍRENIA PLAMEŇA PO RETARDAČNE  
UPRAVENOM DREVE**  
**ASSESSMENT OF FLAME SPREAD ON RETARDATION -  
TREATED WOOD**

Iveta MITTEROVÁ<sup>1\*</sup> – Elena KMEŤOVÁ<sup>1</sup> – Danica KAČÍKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany,  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, mitterova@is.tuzvo.sk;  
xkmetovae@is.tuzvo.sk; kacikova@tuzvo.sk

**Abstract**

Current trends in construction are leading to increased use of wooden structures. Wood as a natural material offers many advantages in terms of use, but it also has properties that make its use in construction not entirely ideal. Among the most problematic are its susceptibility to damage by rot, wood-destroying insects, sunlight and, last but not least, the influence of higher temperatures (fire).

The article addresses the issue of fire protection of wood. We present examples of various solutions with regard to the protective equipment used and their application possibilities. We also present the results of our own experiments, where we focused on assessing the ability of spruce wood to spread flame on the surface when it is treated with a fireproof coating and vice versa when it is unprotected. For evaluation, we selected three retardants HR-prof, Plamostop D and Plamostop D transparent and a test procedure according to STN EN ISO 11925-2. The results of the tests showed the justification for the use of retarding substances, as pure samples of spruce wood ignited, spontaneously burned and spread flame on the surface after the initiation stimulus, on the contrary, these phenomena did not occur in retarded samples.

**Keywords:** *spruce wood, fire protection, flame retardants, reaction to fire*



## ÚVOD

Drevo je nesporne najstarším materiálom používaným v oblasti stavebníctva. Vďaka dôležitosti, ktorá sa pripisuje trvalo udržateľnému využívaniu prírodných zdrojov, drevo v súčasnosti čoraz viac získava na svojej popularite. Vyniká vysokou mechanickou odolnosťou, nízkou tepelnou vodivosťou a navyše sa jedná o ľahko dostupnú surovinu, ekologicky šetrnú k životnému prostrediu.

Nevýhodou dreva ako stavebného materiálu je jeho horľavosť. Aby sa neobmedzovali možnosti jeho použitia z uvedeného dôvodu, nevyhnutnou požiadavkou je realizácia protipožiarnej ochrany, ktorá počas zaťaženia konštrukcie požiarom zabezpečuje jej funkčnosť a stabilitu.

Neoddeliteľnou súčasťou výskumu protipožiarnej ochrany dreva je zisťovanie účinnosti aplikovaných ochranných prostriedkov a ich vplyvu na zmenu jeho správania sa v podmienkach požiaru. Pre tento účel sa využívajú rôzne skúšobné metódy a rôzne hodnotiace kritériá, medzi ktoré môžeme zaradiť aj šírenie plameňa.

Šírenie plameňa je požiarotechnickou charakteristikou, ktorá ovplyvňuje celý proces horenia. Rýchlosť rozvoja požiaru závisí aj od toho, ako rýchlo sa plameň môže šíriť po povrchu horľavého materiálu. Na rozdiel od povrchov kvapalných látok, môže byť povrch tuhej látky v akejkoľvek orientácii, čo môže mať významný vplyv na šírenie plameňa. Šírenie plameňa je riadené mechanizmom, ktorý prenáša teplo pred zónu horenia a ten je silne ovplyvnený geometriou povrchu a sklonom (Drysdale, 1999; Huang et al., 2015; Kobayashia et al., 2001). Plameň sa šíri po povrchu materiálu zvyčajne hneď po zapálení, ale šírenie plameňa je rýchlejšie, ak sa jedná o vzostupné šírenie plameňa na vertikálne orientovanom povrchu paliva. Príčinou je zmena fyzickej interakcie medzi plameňom a nespáleným palivom, keď sa mení orientácia paliva, t. j. zmena smeru šírenia uvoľňovaných horľavých plynov (vzostupne) vzhľadom na smer šírenia plameňa (Quintiere, 2017; Drysdale, 1999).

### **Prostriedky protipožiarnej ochrany dreva**

Protipožiarne ochrana dreva a konštrukcií z dreva sa dá zabezpečovať rôznymi spôsobmi. Dôležitým faktorom pri jej návrhu je, aby vyhovovala určitým legislatívnym, technologickým a aj ekonomickým kritériám (Buchanan, 2001).



Medzi najpoužívanejšie patrí úprava dreva náterovými (oheň retardujúcimi) látkami a obklady požiarne odolnými materiálmi. Intenzívny výskum na zvýšenie odolnosti a životnosti dreva prebieha aj v aplikácii nanočastíc. Pojem „nano“ je v súčasnosti čoraz častejšie skloňovaným pojmom. Znamená extrémne malé rozmery častíc, merateľné v nanometroch.

Táto inovatívna technológia prináša nové možnosti ochrany tradičných materiálov. Na rozdiel od bežných prípravkov nepracuje na úrovni molekúl, ale na atómovej úrovni, preto sa jej pripisuje účinnejší efekt. Čo sa týka dreva, nanotechnológie umožňujú zvyšovať jeho fotostabilitu, odolnosť voči drevokazným hubám, hmyzu, ale aj voči ohňu (Kubovský a kol., 2017), čo má veľký význam pre rozvíjajúci sa trend stavieb z dreva.

Protipožiarne náterové látky – pomocou nich je možné implementovať kvalitné a tiež nákladovo optimalizované riešenia (v závislosti od požadovanej požiarnej odolnosti konštrukčného prvku). Protipožiarne nátery sú považované za najlacnejšiu alternatívu protipožiarnej ochrany. Mnohé z nich umožňujú zachovať pôvodný vzhľad dreva a je možné ich aplikovať priamo vo výrobe, resp. na mieste použitia. Používajú sa vhodné druhy chemických ochranných látok. Tieto látky musia mať legislatívne schválené typové označenie, ktoré definuje ich smerový účinok proti rôznym znehodnocujúcim činiteľom (napr. retardéry horenia). Okrem toho sa v technických listoch definuje ich použiteľnosť, spôsoby aplikácie, aplikačné koncentrácie, vlastnosti (vrátane triedy reakcie na oheň), podmienky skladovania, bezpečnostné opatrenia pri práci a zdravotný stupeň neškodnosti chráneného dreva. Chemické ochranné látky sa na povrch dreva alebo do určitej hĺbky dreva aplikujú náterom, postrekom, máčaním alebo inými beztlakovými technológiami. Pri požiadavkách na väčšiu hĺbku prieniku a väčší príjem látky je možné použiť aj podtlakovo-pretlakový spôsob impregnácie (Štefko, 2010).

Za najrozšírenejšie prostriedky sa v súčasnosti považujú intumescentné nátery. Majú rozsiahle použitie pri ochrane drevených a oceľových konštrukcií, ale aj pri ochrane káblových systémov. Princípom pôsobenia týchto náterov je expanzia a karbonizácia náteru na povrchu konštrukcie vystaveného vysokým teplotám. Vytvorí sa tepelne izolujúca penová vrstva, ktorá po určitú dobu chráni a izoluje konštrukciu pred pôsobením požiaru. V priebehu tohto procesu sa zväčší objem pôvodného náteru



až 50 krát. Príkladom na trhu dostupných látok tejto skupiny sú: PLAMOSTOP D a PLAMOSTOP D TRANSPARENT, FLAMGARD, PROMADUR, PLAMOR OK V 2026, AMONN AMOTHERM WOOD WSB a iné.

Protipožiariarne obklady – v súčasnosti aj tieto ponúkajú široký sortiment plne certifikovaných aplikácií. Najčastejšie sa jedná o obklady pomocou protipožiarnych dosiek. Tieto sú určené na zhotovovanie požiarnych konštrukcií, predovšetkým požiariene deliacich a na ochranu (obklad) nosných konštrukcií. Sú vyrábané na rôznej báze. Najpoužívanejšie sú dosky na anorganickú bázu (Netopilová, 2013). Jedná sa o dosky na báze:

- sadrových spojív (sadrokartónové a sadrovláknité dosky, resp. plné sadrové dosky), napr. protipožiarna doska RF (DF) od Rigips alebo Knauf FIREBOARD,
- cementových spojív (dosky z cementu a prídavku rôznych ľahkých plnív, ako sú napr. liapor a vermikulit), napr. MASTERBOARD, PROMATECT,
- minerálnovláknitých spojív (dosky na báze čadičových vlákien), napr. NOBASIL FKD.

## MATERIÁL A METÓDY

### Príprava vzoriek

Experimenty boli vykonané na dreve smreka obyčajného (*Picea abies*), ako reprezentanta najčastejšie používaných drevín pre stavebné účely. Skúšobné telesá uvedenej dreviny mali podľa požiadaviek zvolenej testovacej metódy rozmer 250 mm × 90 mm × 10 mm. Na ich povrch boli jednotlivo aplikované retardačné látky HR-prof, Plamostop D a Plamostop D transparent v jednej vrstve tak, že náter rovnomerne pokrýval celú čelnú plochu vzorky. Nanášanie sa vykonávalo pomocou plochého štetca na čistý, suchý a masťný zbavený povrch vzoriek, v množstve podľa odporúčania výrobcov: HR-prof 300 g·m<sup>-2</sup>, Plamostop D a Plamostop D transparent 200 g·m<sup>-2</sup> a 400 g·m<sup>-2</sup>. Pre každú modifikáciu bolo pripravených po šesť reprezentatívnych vzoriek a navyše šesť vzoriek na porovnanie (bez úpravy). Pre potreby hodnotenia podľa STN EN ISO 11925-2 sme na vzorkách vyznačili miesto prikladania skúšobného plameňa (v našom prípade na čelnej ploche vzoriek) a od tohto miesta normou stanovenú vzdialenosť 150 mm na pozorovanie šírenia plameňa pri použití zvislo orientovaných vzoriek.



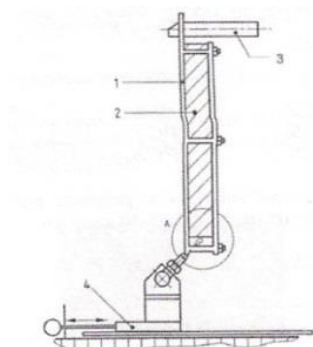
*HR-prof* – jednozložková, vodou riediteľná protipožiarna náterová látka na báze fosforečnanu železitého, kyseliny citrónovej a špeciálnych aditív. Je určená na protipožiarnu povrchovú úpravu drevených konštrukcií, schodísk, kazetových stropov, drevených podláh a iných výrobkov z dreva a celulózy v interiéri aj exteriéri. Nie je určený na povrchovú úpravu predmetov prichádzajúcich do priameho styku s potravinami, krmovinami a pitnou vodou. V zmysle klasifikačnej normy STN EN 13501-1 reakcia na oheň daného prípravku je B-s1, d0 ([www.colorcompany.sk](http://www.colorcompany.sk)).

*Plamostop D* – protipožiarny napeňovací náter bielej farby, určený na ochranu dreva, materiálov na báze dreva a celulózy, drevených konštrukcií, kazetových stropov a iných výrobkov z dreva a celulózy proti vzplanutiu. Pri spotrebe 400 g.m<sup>-2</sup> dosahuje triedu reakcie na oheň (podľa STN EN 13501-1) B - s1, d0. Vyrába sa na báze vodou riediteľnej disperzie, retardérov horenia, žiaruvzdorných plnidiel a nadúvadíel. Je určený do vnútorných priestorov stavebných objektov s relatívnou vlhkosťou do 80 %. ([www.firek.sk](http://www.firek.sk))

*Plamostop D transparent* – jedná sa o úplne transparentný protipožiarny náter, určený na drevené konštrukcie s predpísanou požiarou odolnosťou, na zníženie horľavosti a obmedzenie šírenia plameňa po povrchu. Na podkladový materiál sa môže aplikovať náterom, striekaním alebo valčekom. Technológia aplikácie sa volí s ohľadom na možnosť kontroly naneseného množstva na 1 m<sup>2</sup>. Látka je určená do vnútorných priestorov stavebných objektov s relatívnou vlhkosťou do 75 %. Pri spotrebe 200 g.m<sup>-2</sup> dosahuje triedu reakcie na oheň (podľa STN EN 13501-1) B - s1, d0 a pri spotrebe 440 g.m<sup>-2</sup> zvyšuje požiaru odolnosť zaťažených drevených konštrukcií o 16 min. ([www.firek.sk](http://www.firek.sk)).

### Testovacia metóda

Pomocou skúšky zapáliteľnosti sa určuje zapáliteľnosť výrobku pri vystavení účinku malého usmerneného plameňa. Jedná sa o v súčasnosti platnú testovaciu, ktorej výsledky sa využívajú pri klasifikácii staveného výrobku z hľadiska reakcie na oheň (podľa STN EN 13501-1). Na vykonanie uvedenej skúšky sa používa zariadenie, ktorého schematické znázornenie je na obr. 1. Pomocou tejto skúšky sa zisťuje možnosť vznietenia vertikálne zaveseného stavebného materiálu pri jeho vystavení priamemu plameňu pod uhlom 45 °.



**Figure 1 Schematic of flammability test equipment** (STN EN 11925-2:2020)

1 - test specimen holder, 2 - test specimen, 3 - support, 4 - small burner base, A - torch flame acting on the test specimen.

**Obrázok 1 Schéma skúšobného zariadenia pre skúšku zapáliteľnosti** (STN EN 11925-2:2020)

1 – držiak skúšobného telesa, 2 – skúšobné teleso, 3 – podpera, 4 – základňa malého horáka, A – plameň horáka pôsobiaceho na skúšobné teleso.

Skúšobné teleso sa umiestni do držiaka vzorky, ktorý sa vloží do zariadenia v predpísanej polohe (vid' obr. 2). Na horáku sa nastaví požadovaná výška plameňa – 20 mm. Horák sa nakloní o uhol  $45^\circ$  oproti zvislej osi a prisunie sa vodorovnom smere, kým plameň nedosiahne kontaktný bod so skúšobnou vzorkou. Okamih, keď sa plameň dotkne skúšanej vzorky sa považuje za začiatkový čas skúšky. Používajú sa dva časy pôsobenia plameňom 15 s alebo 30 s, pričom celkové trvanie skúšky je 20 s a 60 s (v závislosti od klasifikačnej triedy). Skúšky sa môžu uskutočniť vystavením hlavnej plochy vzoriek alebo vystavením ich bočných plôch. Po uplynutí určeného času pôsobenia plameňom sa horák plynulým spôsobom oddiali a sleduje sa či došlo k zapáleniu skúšobného telesa, či vrchol plameňa dosiahol hranicu 150 mm nad bodom priloženia plameňa a čas, keď to nastalo, sleduje sa tiež správanie skúšobnej vzorky (dymenie, oddeľovanie horiacich úlomkov alebo kvapiek – pre určenie doplnkovej klasifikácie podľa STN EN 13501-1).



**Figure 2 Demonstration of the impact of the test flame on the front face of the test specimens according to STN EN ISO11925-2**

**Obrázok 2 Ukážka dopadu skúšobného plameňa na čelnú plochu skúšobných vzoriek podľa STN EN ISO11925-2**

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Skúšobnou metódou popísanou v predchádzajúcej časti bola vykonaná séria experimentov, ktorých cieľom bolo sledovať šírenie plameňa po povrchu neupraveného a retardačne ošetreného smrekového dreva a na základe získaných výsledkov posúdiť jeho príspevok k rozvoju ohňa, ktorému bolo vystavené. Výsledky sledovaných hodnotiacich kritérií uvádzame v tabuľke 1. Fotodokumentáciu vzoriek po teste znázorňuje obr. 3.

**Table 1 Evaluation of the contribution of untreated and retardation-treated spruce wood to flame propagation according to STN EN ISO 11925-2**

**Tabuľka 1 Vyhodnotenie príspevku neupraveného a retardačne ošetreného smrekového dreva k šíreniu plameňa postupom podľa STN EN ISO 11925-2**

aplikačný čas skúšobného plameňa	druh úpravy smrekového dreva	zapálenie vzorky (áno/nie)	dosiahnutie výšky 150 mm čelom plameňa za čas 60 s (áno/nie)	splnenie klasifikačného kritéria $F_s \leq 150$ mm za 60 s (STN EN 13501-1)	zapálenie filtračného papiera (áno/nie)
30 s na čelnú plochu	čisté vzorky	áno	nie	áno	nie

vzoriek	HR-prof	nie	nie	áno	nie
	Plamostop D (200 g·m <sup>-2</sup> )	nie	nie	áno	nie
	Plamostop D (400 g·m <sup>-2</sup> )	nie	nie	áno	nie
	Plamostop D transparent (200 g·m <sup>-2</sup> )	nie	nie	áno	nie
	Plamostop D transparent (400 g·m <sup>-2</sup> )	nie	nie	áno	nie

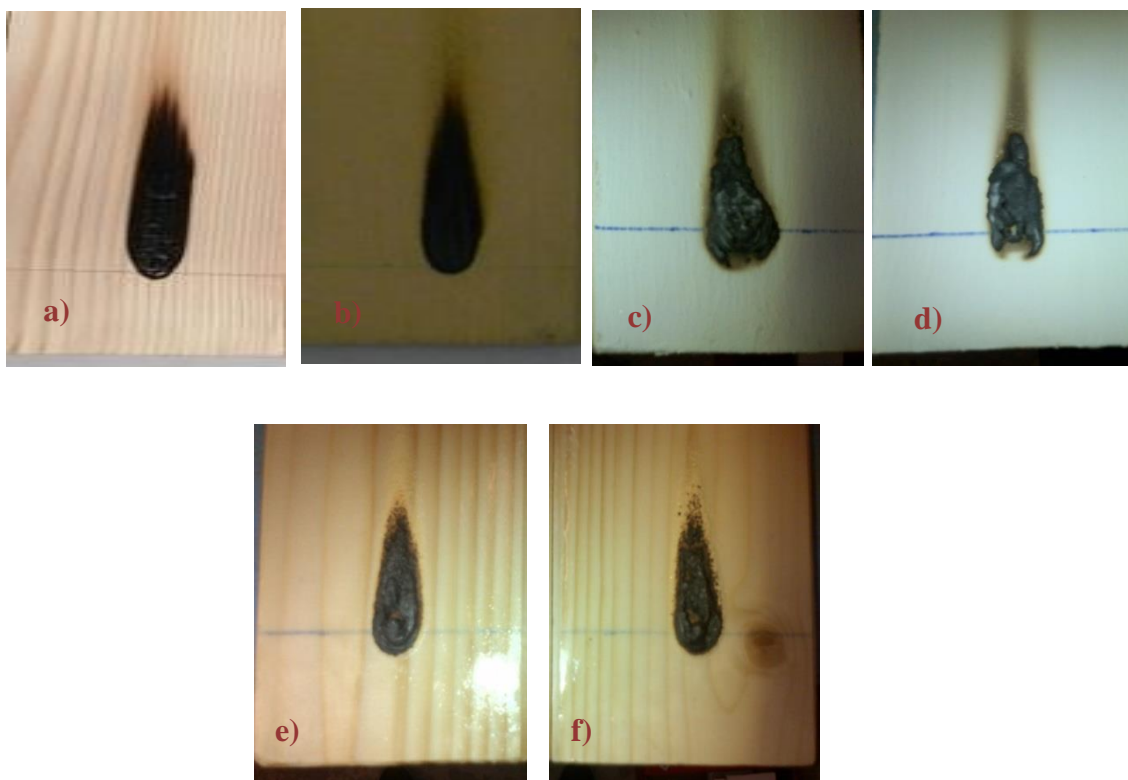


Figure 3 Photo documentation of spruce samples after the test

**Obrázok 3 Fotodokumentácia smrekových vzoriek po teste**

- a) čisté vzorky, b) s aplikáciou HR-prof, c) s aplikáciou Plamostop D (200 g·m<sup>-2</sup>),  
d) s aplikáciou Plamostop D (400 g·m<sup>-2</sup>), e) s aplikáciou Plamostop D transparent (200 g·m<sup>-2</sup>),  
f) s aplikáciou Plamostop D transparent (400 g·m<sup>-2</sup>)





Zhodnotením výsledkov, ktoré súhrnne uvádzame v tabuľke 1 môžeme konštatovať, že čisté smrekové drevo sa počas 30 sekundového pôsobenia malým plameňom zapálilo a po odsunutí horáka samovoľne horelo až do ukončenia skúšky po 60 sekundách. Naopak pri retardačne ošetrovanom dreve ani v jednom prípade (pri dodržaní konštantných podmienok testovania) nenastalo vznietenie. V prípade látok Plamostop D a Plamostop D transparent sa v mieste kontaktu s plameňom vytvárala napeňujúca vrstva, ktorá tepelne izolovala podkladový materiál a zabráňovala jeho termickému rozkladu. Potvrdil to aj fakt, že po zoškrabnutí tejto vrstvy po skončení skúšky zostalo drevo pod ňou nepoškodené. Čo sa týka látky Hr-prof, táto účinkovala bez napeňujúceho efektu, skôr sa jednalo o jej penetráciu do povrchových vrstiev dreva. Aj keď na obr. 3 nevidíme výraznejší rozdiel (čo sa týka zahorenia) medzi čistou vzorkou a vzorkou ošetrovanou touto látkou, pozorovateľný rozdiel bol v hĺbke prehorenia. Kým pri čistých vzorkách plameň viac prenikal do ich vnútorných vrstiev, pri vzorkách ošetrovaných látkou HR-prof zostával na povrchu.

Ak porovnáme vplyv aplikovaného množstva látok Plamostop D a Plamostop D transparent ( $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) môžeme uviesť len to, že pri zvolenom skúšobnom postupe nebol nezaznamenaný výraznejší rozdiel vo výsledkoch sledovaných kritérií.

Ďalším hodnotiacim kritériom v zmysle STN EN ISO 11925-2 bolo šírenie plameňa po povrchu testovaných vzoriek. Z výsledkov môžeme potvrdiť, že z celého počtu testovaných vzoriek ani v jednom prípade nedošlo k rozšíreniu plameňa tak, aby za normou stanovený čas 60 s dosiahlo čelo plameňa vzdialenosť 150 mm meranú od kontaktného bodu skúšobného plameňa so vzorkou. Tento výsledok logicky vyplynul pri retardačne ošetrovaných vzorkách, keďže u nich nenastalo vznietenie, potvrdzujeme ho však aj v prípade čistých vzoriek, pri ktorých vznietenie nastalo. Z uvedeného vyplynulo, že v zmysle klasifikačnej normy STN EN 13501-1, ktorá používa pri klasifikácii do jednotlivých tried reakcie na oheň výsledok skúšky zapáliteľnosti, kde platí kritérium  $F_s \leq 150 \text{ mm}$ , tak nami testované vzorky toto kritérium splnili. Čo sa týka konkrétneho určenia triedy reakcie na oheň – túto však na základe našich výsledkov presne nevieme, nakoľko toto určenie je podmienené splnením ďalších klasifikačných kritérií, podľa ďalších skúšobných metód, napr. podľa STN EN 13823 (SBI test).



## ZÁVER

Mnohé metódy výskumu sú zamerané na zvyšovanie protipožiarnej bezpečnosti dreva a konštrukcií z dreva. V príspevku je uvedený jeden zo spôsobov, prostredníctvom náterových látok s retardačnou funkciou. Bližšie sme predstavili tri druhy retardačných látok FR-prof, Plamostop D a Plamostop D transparent, ktorými boli ošetrené vzorky smrekového dreva. Účinnosť uvedených látok sme sledovali prostredníctvom skúšky zapáliteľnosti podľa STN EN ISO 11925-2, ktorej hodnotiacim kritériom je šírenie plameňa vo zvislom smere. Výsledky testov skúmaného materiálu (neošetreného a ošetreného smrekového dreva) naznačujú, že po úprave retardačnými látkami sa zvýšila jeho odolnosť voči plameňu, ktorému bolo počas skúšky vystavené, nedošlo k jeho vznieteniu a teda ani k šíreniu plameňa. Výskumy, ktoré boli robené na týmito látkami upravenom smrekovom dreve, ale prostredníctvom iných skúšobných postupov ukázali, že uvedené ochranné látky priaznivo vplývali na požiarotechnické vlastnosti dreva, zabezpečili podstatne nižší úbytok hmotnosti oproti nechránenému drevu a predĺžili čas do jeho vznietenia.

Získané výsledky môžu poslúžiť k rozšíreniu poznatkov o daných látkach a pomôcť pri výbere ochrannej látky na drevo.

## Pod'akovanie

Autori ďakujú grantovej agentúre Slovenskej republiky, že predložená práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0005 (25%) a grantom VEGA č. 1/0454/20 (25%) a IPA 4/2021 (50%).

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Buchanan, A. Structural desing for fire safety. England: John Wiley & Sons 2001.
2. Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics – Second Edition. England: John Wiley & Sons 1999. ISBN 0-471-97290-8
3. Huang, X.; Liu, W.; Zhao, J.; Sun, J. Experimental study of altitude and orientation effects on heat transfer over polystyrene insulation material. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2015, 122, 281–293. DOI 10.1007/s10973-015-4667-0



4. Kobayashia, Y.; Huang, X.; Nakaya, S.; Tsue, M.; Fernandez-Pello, C. Flame spread over horizontal and vertical wires: The role of dripping and core. *Fire Safety Journal* 2017, 91, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.047>
5. Kubovský, I.; Gašparík, M.; Kačík, F. Nanomateriály a vybrané oblasti ich využitia. 2017. Dostupné na: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/16344-nano-materialy-a-vybrane-oblasti-ich-vyuzitia>
6. Netopilová, M.; Kačíková, D.; Osvald, A. Reakce stavebních výrobků na oheň. *Sdužení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě 2010*. ISBN 978-80-7385-093-7
7. Plamostop D, dostupné na: [https://www.firek.sk/plamostop\\_d.html](https://www.firek.sk/plamostop_d.html)
8. Plamostop D transparent, dostupné na: [https://www.firek.sk/images/pdf/TL\\_PLAMO\\_STOP\\_D\\_transparent.pdf](https://www.firek.sk/images/pdf/TL_PLAMO_STOP_D_transparent.pdf)
9. Protipožiarň náter HR Prof, dostupné na: <https://colorcompany.sk/sk/produkt/proti-poziarň-nater-hr-prof>
10. Quintiere, J. G. *Principles of Fire Behaviour*. Second edition. Boca Raton: CRC Press 2017. DOI:10.1201/9781315369655
11. STN EN ISO 11925-2:2020 Skúšky reakcie na oheň. Zapáliteľnosť výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňa. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom
12. STN EN 13501-1:2018 Klasifikácia požiarňch charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň.
13. Štefko, J.; Reinprecht, L.; Jochim, S.; Sedlák, P.; Thurzo, I.; Búryová, D.; Soyka, R. *Moderné drevostavby*. Bratislava: ANSTAR, spol. s r.o. 2010. ISBN 80-967718-9-2

#### **Adresa autora**

Ing. Iveta Mitterová, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
[mitterovaa@tuzvo.sk](mailto:mitterovaa@tuzvo.sk)

Ing. Elena Kmeťová

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen  
[xkmetovae@is.tuzvo.sk](mailto:xkmetovae@is.tuzvo.sk)



prof. RNDr. Danica Kačíková, MSc., PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul.

T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

kacikova@tuzvo.sk



## NOVÉ TRENDY V BOZP

### NEW TRENDS IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Alica PASTIEROVÁ<sup>1</sup>, Veronika KVORKOVÁ<sup>1</sup>, Juraj MICHÁLEK<sup>1</sup>, Peter  
RANTUCH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava,  
Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika,  
alica.pastierova@stuba.sk, veronika.kvorkova@stuba.sk, juraj.michalek@stuba.sk,  
peter.rantuch@stuba.sk

#### Abstract

The presented article deals with current trends in safety management influenced by the pandemic of the new coronavirus. Employee health and safety is the main issue. Sudden and unexpected changes, such as strict hygiene regulations and the need to work from home, present new challenges. However, despite the importance of digitization, it is important to target building a safety culture. The focus is on the employee and his work environment, as well as the social needs. Last but not least, all aspects related to safety must be in line with environmental objectives and sustainability.

**Keywords:** *safety management, trends, covid, pandemic*

#### ÚVOD

Je bez pochyb, že pandémie nového korona vírusu priniesla manažment bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci do centra pozornosti nielen na pracovisku, ale aj v laickej spoločnosti. Doposiaľ sa verejne nediskutovalo o psychosociálnych rizikách protipandemických opatrení, o hygienických konceptoch na pracovisku a o systematickom riadení, komunikovaní a implementácii týchto opatrení na pracovisku.

Strategický rámec EÚ v oblasti ochrany zdravia a bezpečnosti pri práci na obdobie 2021 – 2027 tak isto poukazuje na nové výzvy „v meniacom sa svete práce“ a definuje



klúčové priority a opatrenia na zlepšenie zdravia a bezpečnosti pracovníkov, riešenie rýchlych zmien v ekonomike, demografii a pracovných vzoroch [1].

Vo všeobecnosti je bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci (BOZP) chápaná ako absencia nehôd a incidentov (alebo ako prijateľná úroveň rizika). V tejto perspektíve, ktorá sa nazýva Bezpečnosť I, je bezpečnosť definovaná ako stav, v ktorom sa pokazí čo najmenej vecí. Podľa Safety-I sa veci pokazia z technických, ľudských a organizačných príčin-zlyhania a poruchy. Ľudia sú preto považovaní predovšetkým za zodpovednosť alebo nebezpečenstvo. Zásadou riadenia bezpečnosti je reagovať, keď sa niečo stane alebo je zaradené do kategórie neprijateľného rizika [2]. Efektívnu výkonnosť v oblasti bezpečnosti je možné dosiahnuť iba (1) účinným dodržiavaním bezpečnostných predpisov, (2) správnym vedením a riadením, (3) bezpečnostným plánovaním, (4) meraním výkonnosti, (5) hodnotením rizika, (6) inšpekciou a kontrolou bezpečnosti a v neposlednom rade (8) zavedením a dodržiavaním kultúry bezpečnosti. Tieto faktory navzájom súvisia a nie je možné ich oddeľovať [3].

Kultúru bezpečnosti je možné chápať ako výsledok spoločných hodnôt, postojov, presvedčení, prístupu a spôsobov správania zamestnancov k bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci. Charakteristickým znakom je vzájomná dôvera a spoločné vnímanie dôležitosti bezpečnosti pri práci a viera v účinnosť preventívnych opatrení [4]. Je však dôležité, aby kultúra bezpečnosti nezostala na politickej úrovni, ale aby bola integrovaná do postupov, slov a spôsobu myslenia na pracovisku. Dnešní bezpečnostní manažéri sa musia neustále prispôsobovať, aby držali krok s nespočetným množstvom potenciálnych nebezpečenstiev.

## 1 Význam bezpečnostného manažmentu a kultúry bezpečnosti

„Bezpečnostný manažment“ a „kultúra bezpečnosti“ sa na prvý pohľad môžu javiť ako rôzne pomenovanie tej istej problematiky. Každý z týchto výrazov však slúži na konkrétne účely. Pochopenie toho, kde sa nachádzajú nuansy medzi tým, čo tvorí riadenie resp. manažment bezpečnosti, a tým, čo patrí do kultúry bezpečnosti, pomôže zvýšiť prínos oboch spomínaných oblastí. Pretože bezpečnosť na pracovisku je komplexný problém, riadenie bezpečnosti môže byť náročný proces. Táto zložitosť je založená na skutočnosti, že každý zamestnanec má právo na bezpečné pracovné prostredie [5] a preto podlieha celému spektru pracovného práva vrátane zákona o odmeňovaní pracovníkov.



Ako podmienka zamestnania je bezpečnosť neoddeliteľnou súčasťou implicitnej zmluvnej dohody medzi zamestnávateľom a zamestnancom. Ako každá iná zmluva, ktorá je uzavretá v dobrej viere, každá strana určuje záväzky a každá strana preberá zodpovednosť.

Bezpečnostný manažment je možné definovať ako systematický prístup k riadeniu činností a uplatňovanie zásad, rámcov a postupov, ktoré vedú k predchádzaniu vzniku nežiadúcich udalostí, nehodám alebo zraneniam, stratám na majetku a minimalizovaniu ďalších rizík [6]. Bezpečnostný manažment poskytuje nástroje na pochopenie a zapojenie sa do bezpečných pracovných postupov, definuje, aké nebezpečenstvá existujú na pracovisku, a stanovuje postupy, ktoré je potrebné dodržiavať, aby sa týmto nebezpečenstvám zabránilo.

Cieľom bezpečnostného manažmentu je prostredníctvom manažérstva bezpečnosti zabrániť zraneniam ľudí alebo stratám na životoch, škodám a stratám na majetku a narušeniu životného prostredia. Proces manažérstva bezpečnosti organizácie realizujú manažéri v súčinnosti s bezpečnostnými manažérmi a bezpečnostnými pracovníkmi v štruktúre Systému manažérstva bezpečnosti [7].

Kultúra bezpečnosti zasa určuje, ako sa najlepšie implementujú nástroje riadenia bezpečnosti. Kultúra bezpečnosti je tiež zodpovedná za hodnotenie efektivity súčasných procesov riadenia bezpečnosti. Dobre fungujúca kultúra bezpečnosti povzbudzuje zamestnancov, aby sa zapojili do bezpečných pracovných návykov a upozornili na zlepšenia v oblasti bezpečnosti alebo na možné nebezpečenstvá, ktoré môžu byť následne odstránené. Kultúra bezpečnosti posilňuje postavenie zamestnancov tým, že sa cítia byť videní a vypočutí. Kultúra bezpečnosti a riadenie bezpečnosti sa navzájom nevyklučujú a organizácie by nemali cítiť potrebu vybrať si jednu na úkor druhej. Oba súbory procesov fungujú najlepšie, keď pôsobia synergicky a vytvárajú jeden celý bezpečnostný program [8].

V kontexte nových potrieb je preto nevyhnutné pochopiť, ktoré postupy organizácie pozitívne alebo negatívne ovplyvňujú vzťah jej zamestnancov k bezpečnosti. Niektoré príklady zahŕňajú zrozumiteľnosť postupov, dialóg s manažmentom, vytváranie a vybavovanie výstrah, čo znamená, že je nevyhnutné zamerať sa na tvorbu kultúry bezpečnosti v podniku a systematicky ju zlepšovať.



## 2 Najnovší vývoj v oblasti bezpečnosti práce v roku 2021

Aj vzhľadom na celosvetovú pandemickú situáciu, ako aj na potrebu vnímania v širšom kontexte je možné najnovšie trendy zhrnúť do týchto siedmich hlavných oblastí [9]:

### 1. Akcelerácia digitalizácie

Existuje všeobecný konsenzus, že pandémia korona vírusu urýchlila digitalizáciu v mnohých oblastiach a sektoroch práce, BOZP nevynímajúc. Mnohé školenia prešli do online priestoru. V dôsledku toho narastali nároky kladené na profesionálov a manažérov v tejto oblasti, pretože boli nútení pracovať s novými nástrojmi. Vyvodené závery a opatrenia by sa mali začleniť do kultúry bezpečnosti. Digitalizácia navyše prináša jednoduchší spôsob integrácie systémov bezpečnosti, systémov ochrany životného prostredia, kvality a v neposlednom rade aj ľudských zdrojov [9].

### 2. Centrálna platforma pre BOZP

Svoju úlohu bude zohrávať aj dopyt po jednej centrálnej platforme, ktorá kombinuje a umožňuje ovládať rôzne systémy bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a systémy pre ochranu životného prostredia. Rýchly prístup k všetkým dôležitým informáciám, údajom a faktom môže uľahčiť zlepšovanie pracovných procesov. Integrácia a centralizácia údajov zvyšuje viditeľnosť vzorov a postupov na zmiernenie vzniku nežiaducich udalostí a BOZP. Ďalším z dôvodov, prečo používať centrálnu platformu pre BOZP je zaistiť presadzovanie aktuálnych právnych predpisov.

### 3. Nové spôsoby práce

Pandémia korona vírusu premenila možnosť práce z domu na štandardnú prax. Manažéri BOZP sa preto musia prispôbiť novým povinnostiam s cieľom podporovať zamestnancov fyzicky i psychicky a preventívne pôsobiť v boji proti chorobám a preťaženiu (sociálna izolácia, potreba byť neustále v pohotovosti a k dispozícii). Zvýšené povedomie o potrebe ochrany zdravia, a to aj vo vzťahu k duševnému zdraviu, podporuje holistický pohľad na zdravie a bezpečnosť pri práci.





Moderná bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci znamená presahovať rámec pracovných činností a prostredia na pracovisku podporou zdravého života [9].

V priebehu rokov sa v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci vyvinul prístup sústredzujúci sa na kľúčové čísla, ktoré označujú nebezpečné alebo rizikové práce. Patrí sem napríklad počet dní bez nehôd alebo incidentov, počet dní strávených na PN. Tieto údaje je možné generovať pomerne jednoducho a dajú sa na ich základe interpretovať zmysluplne závery. Na druhú stranu tento prístup môže vytvárať chybnú motivačnú štruktúru a kultúru, ktorá je skôr zameraná na problémy než na podporu bezpečnosti. Môže tiež viesť k negatívam ako nenahlasovanie nehôd alebo úrazov.

#### 4. *Prebiehajúce školenia a rozvoj*

Vzhľadom na rastúce požiadavky a nároky kladené na profesionálov v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, sa dá predpokladať, že ponuky školení a rozvoja budú hlavnou témou v roku 2021. V tomto ohľade sa dôraz kladie na rozvoj zamestnancov tak, aby mohli naplniť svoj potenciál a rozšíriť svoje riadiace a vodcovské schopnosti.

#### 5. *Prevenca duševného vypätia a podpora pohody*

Holistický pohľad na bezpečnosť práce má stále väčší zmysel. V zložitom pracovnom prostredí, prevencia, psychologická bezpečnosť a duševné zdravie sú základnými kameňmi modernej bezpečnosti práce [9].

#### 6. *Safety-II a bezpečnosť založená na správaní*

V tejto perspektíve, ktorá sa nazýva Safety-I (Bezpečnosť-I), je bezpečnosť definovaná ako stav, v ktorom sa pokazí čo najmenej vecí [9]. Podľa Safety-I sa veci pokazia z technických, ľudských a organizačných príčin – zlyhania a poruchy. Konvenčné postupy v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci sa v súčasnosti dopĺňajú o moderné prístupy a metódy, ako napr. Safety-II (Bezpečnosť-II) a bezpečnosť založená na správaní. Takéto prístupy a metódy môžu pomôcť identifikovať nebezpečné situácie a proaktívne zlepšovať povedomie o bezpečnosti. Zamestnanec, ktorý je informovaný o nebezpečenstvách a povzbudzovaný k tomu, aby nezávisle dodržiaval bezpečnostné postupy, venuje

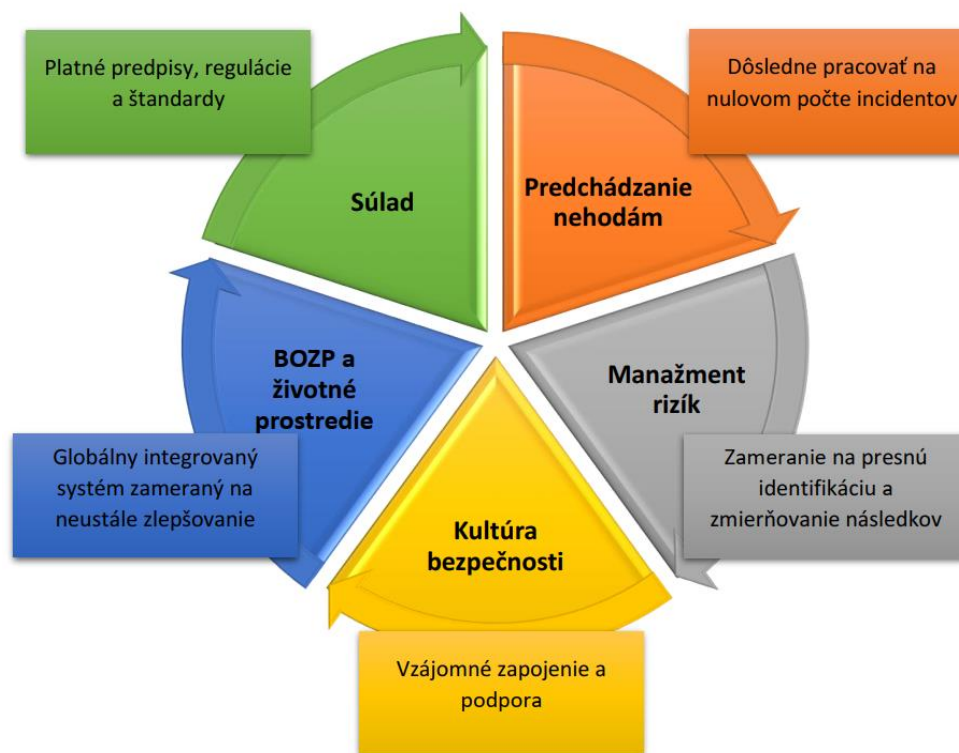


väčšiu pozornosť aj zdraviu svojich kolegov, z čoho má v konečnom dôsledku prospech každý [2].

### 7. Životné prostredie a udržateľnosť

Okrem bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci bude téma udržateľnosti nadobúdať stále dôležitejší charakter. Rámcová smernica 89/391/EEC vyžaduje, aby bola bezpečnosť práce zabezpečená s ohľadom na všetky aspekty súvisiace s prácou. To znamená, že ochrana zamestnancov zahŕňa podmienky pre uspokojivú a dôstojnú prácu, pohodu pri práci, sociálnu ochranu zamestnancov, priaznivé pracovné vzťahy, ale aj ochranu materiálnych hodnôt, pracovného a životného prostredia [10]. Nové predpisy, najmä v Európe, vyžadujú, aby organizácie preukázali svoj vplyv na spoločnosť. BOZP je rovnako súčasťou spoločenskej zodpovednosti podnikov ako aj ochrana životného prostredia. V mnohých organizáciách sú odborníci na ochranu zdravia a bezpečnosť už dnes zodpovední nie len za bezpečnosť zamestnancov, ale aj ochranu životného prostredia.

Sociálna zodpovednosť a sociálna zodpovednosť podnikov navzájom súvisia ako je znázornené na obrázku 1 a je ich možné najlepšie definovať prostredníctvom normy ISO 26000 [11] o sociálnej zodpovednosti. Cieľom ISO 26000 je posilniť v organizáciách zodpovednosť za ich správanie a obchodovanie a tým zväčšiť ich podiel na trvalo udržateľnom rozvoji. Prijatím požiadaviek normy ISO 26000 sa organizácie zaväzujú k dodržiavaniu pravidiel spoločenskej zodpovednosti.



**Figure 1 Relationship between individual areas of occupational safety and health, environment and sustainability**

**Obrázok 1 Súvis jednotlivých oblastí BOZP, environmentu a udržateľnosti**

## ZÁVER

Z horeuvedených poznatkov vyplýva, že je potrebný holistický prístup vnímania bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci aj čo sa týka udržateľnosti a vplyvu na životné prostredie a zamerať sa na mnohostranný prístup zohľadňujúci kombináciu rôznych aspektov z týchto oblastí. V neposlednom rade je nevyhnutné všetky poznatky z pandémie a fungujúce opatrenia zohľadniť do dlhodobých stratégií a cieľov. Práve celková koncepcia kultúry bezpečnosti a jej vnímanie je nástroj ako pripraviť spoločnosti na budúce výzvy v oblasti BOZP.

## Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0223. Táto práca bola podporená aj agentúrou KEGA MŠVVaŠ SR projektami č.016STU-4/2021 a č. 001TU Z-4/2020".



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Strategický rámec EÚ v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci na roky 2021 – 2027. Európska komisia 2021.
2. Hollnagel, E.; Leonhardt, J.; Licu, T.; Shorrock, S. From Safety-I to Safety-II: A White Paper. Eurocontrol 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.1626.6961
3. Khalid, U.; Sagoo, A.; Benachir, M. Safety Management System (SMS) framework development – Mitigating the critical safety factors affecting Health and Safety performance in construction projects, Safety Science 2021. ISSN 0925-7535 <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105402>
4. Hatina, P. Kultúra bezpečnosti, BEZPEČNÁ PRÁCA 2/2019, 2019, 12-14. ISSN: 0322-8347
5. Ústavný zákon č. 460/1992 Zb. Ústava Slovenskej republiky
6. Khoury, G.C; Khoury M.C. Cases on Management and Organizational Behavior in an Arab Context. IGI Advances in Logistics, Operations, and Management Science 2014. ISBN 978-1-4666-5068-8
7. Belan, L.; Mišík, J. Významy bezpečnostného managementu, Trilobit Číslo 2/2015. ISSN: 1804-1795
8. Mannan, S. Lees' Loss Prevention in the Process Industries (Fourth Edition), Butterworth-Heinemann 2012. ISBN 9780123971890. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397189-0.00001-X>
9. Quentic, Safety Management Trend Report 2021. Quentic GmbH 2021
10. Smernica Rady 89/391/EHS – opatrenia na zlepšenie ochrany zdravia a bezpečnosti pracovníkov pri práci
11. SO 26000: 2010 Pokyny k sociálnej zodpovednosti je medzinárodný štandard poskytujúci pokyny k sociálnej zodpovednosti

### Adresa autora

Ing. Alica Pastierová, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava,  
Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika  
[alica.pastierová@stuba.sk](mailto:alica.pastierová@stuba.sk)

Ing. Veronika Kvorková



Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava,  
Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika  
veronika.kvorkova@stuba.sk

Ing. Juraj Michálek

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava,  
Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika  
juraj.michalek@stuba.sk

doc. Ing. Peter Rantuch, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava,  
Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika  
peter.rantuch@stuba.sk



# POROVNANIE TVORBY DYMU PODLAHOVÝCH KRYTÍN

## COMPARISON OF SMOKE GENERATION OF FLOOR COVERINGS

Peter RANTUCH<sup>1</sup> - Igor WACHTER<sup>1</sup> - Mária Zuzana BEDNÁRIKOVÁ<sup>1</sup> - Mátyás  
BATHÓ<sup>1</sup> – Tomáš ŠTEFKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so  
sídлом v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovensko, +421910 993  
650, peter.rantuch@stuba.sk

### Abstract

Today, floor coverings are an essential part of the interior of any room and have many positive properties, but as with other flammable materials, they present a great fire hazard. The aim of the article was to evaluate and compare two selected types of floors, namely floating floor and vinyl floor. From the point of view of fire safety, we examined the smoke release rate (RSR) and the total amount of smoke released (TSR) using a cone calorimeter according to STN ISO 5660-1. Evaluation criteria included also time to ignition. From a fire-fighting point of view, we found that the floating floor covering produced less smoke during its entire burning period.

**Keywords:** *combustion, cone calorimeter, laminate flooring, smoke release rate*

### ÚVOD

Laminátové podlahy sú klasifikované ako kompozitné materiály. Skladajú sa z niekoľkých tenkých vrstiev jedného alebo viacerých impregnovaných materiálov a sú navzájom zlepené vhodným aglutinantom (umelou živicom). Z hľadiska požiarnej bezpečnosti je dôležité porozumieť správaniu drevovláknitých materiálov počas tepelného namáhania, pretože patria medzi široko používané materiály na konštrukčné, podlahové alebo dekoračné účely. Vzhľadom na ich fyzikálno-chemické vlastnosti sa



každý typ podlahovej krytiny správa pri požiari odlišne, napríklad doba zapálenia či množstvo a rýchlosť uvoľnenia dymu a teplota zapálenia ovplyvňuje ich účinok na životné prostredie a požiaru bezpečnosť. Preto rastie potreba nájsť alternatívne suroviny a zvýšiť mieru využívania drevných zdrojov vrátane drevených panelov, ako sú drevotriekové dosky (PB), drevovláknité dosky so strednou hustotou (MDF), preglejka, drevené dosky a drevené podlahy [1–3]. Cieľom tohto článku je experimentálne testovanie podlahových materiálov, konkrétne porovnávanie doby zapálenia, celkového množstva uvoľneného dymu (TSR) a rýchlosť uvoľňovania dymu (RSR). Skúmanie sa realizuje skúškou dvoch druhov podlahových materiálov na kónickom kalorimetri podľa ISO 5660-1 (ISO, 2015).

## ROZBOR PROBLEMATIKY

V procese horenia dochádza k prevodu prvkov horľavého materiálu do svojho najvyššieho oxidačného stavu za prítomnosti dostatočného množstva kyslíka. Tieto sa následne v podobe neoxidovateľných zlúčenín vmiešavajú do veľkého množstva spalín. V závislosti od zložiek podobných polymérom môžu vznikajú ďalšie plyny, napr. chlorovodík, amoniak atď. Hlavným rizikovým faktorom pri požiari nie je teplo, ale dym produkovaný v uzavretom priestore zhoršujúci možnosti úniku [4].

Tepelný rozklad PVC prebieha v troch fázach úbytku hmotnosti, z čoho prvá je najrýchlejším stupňom a predstavuje asi 60 hmotnostných % z dôvodu obsahu živice. Najexotermickejšou reakciou je tretia fáza. V prípade prvej fázy úbytku hmotnosti sa ukázali malé rozdiely v správaní medzi rôznymi zlúčeninami z PVC testovanými za rôznych podmienok. Táto fáza je zložitejšia než jednoduchá dehydrochlorácia. Kinetické parametre popisujú zložitý model a závisia najmä od rýchlosti zahrievania. Exotermicita reakcií umožňuje rozlíšiť výrobu čistých živíc spôsobom hromadnej polymerizácie a suspenznej polymerizácie [5].

Porozumenie procesu tepelnej degradácie PVC je dôležité na uľahčenie jeho spracovania a použiteľnosti. Tepelná degradácia PVC sa všeobecne považuje za dvojkrokový proces. Prvý krok (do 350 °C) obsahuje dehydrochloráciu polyméru, ktorá zabezpečuje tvorbu konjugovaných dvojitých väzieb. Tie sa následne rozpadnú počas druhého kroku (do 550 °C). V prvom kroku je HCl hlavným prechavým produktom -



množstvo ostatných produktov je veľmi nízke, vrátane množstva benzénu a niektorých ďalších uhl'ovodíkov [6].

Tepelným rizikom je uvoľňované teplo emitované materiálom a šírením tepla prostredníctvom žiarenia, prúdenia a vedenia. Delí sa na nebezpečenstvo šírenia požiaru a nebezpečenstvo uvoľňovania tepla [7]. Vzhľadom na krivky TG môžeme vidieť rôzne postupné fázy, ktoré sú [8]:

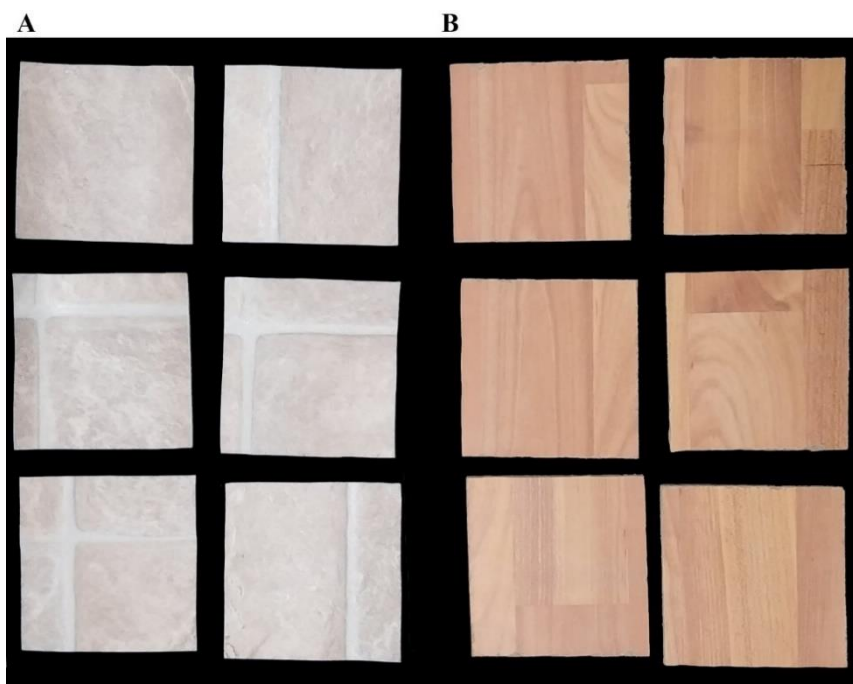
1. do 150 °C sa odparuje vlhkosť,
2. pri teplote 150 až 400 °C sa prchavé látky uvoľňujú zo vzorky a dochádza k ich spaľovaniu v plameni,
3. nad 400 °C sa uvoľňuje málo prchavých látok a polokoksový materiál horí, kým teplota nedosiahne 700 °C,
4. od 800 °C do 1100 °C zostávajúci polokoks reaguje za vzniku oxidu uhličitého.

Cieľom merania bolo hodnotenie podlahových krytín z hľadiska iniciácie plamenného horenia a tvorby dymu.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Merané boli dva rôzne druhy komerčne dostupných podlahových krytín, a to podlahové krytiny vyrobené z materiálov na báze dreva, ktorých nosič bol tvorený drevovláknitou doskou s vysokou hustotou (ďalej označované ako plávajúca podlaha) a podlahové krytiny na báze expandovaného PVC (ďalej označované ako vinylová podlaha). Rozmery vzoriek boli 100 mm x 100 mm a s hrúbkou 6,6 mm v prípade plávajúcej podlahy a 2,5 mm pri vinylovej podlahe. Vzorky pred meraním sú zobrazené na Obrázku 1.





**Figure 1** Samples of materials used before measurement: A - floating floor; B - vinyl floor

**Obrázok 1** Vzorky použitých materiálov pred meraním: A – plávajúca podlaha; B – vinylová podlaha

Priemerná hmotnosť vzoriek vinylovej podlahy predstavovala 15,03 g s variačným koeficientom 1,62 %. Oproti tomu, vzorky plávajúcej podlahy boli ťažšie. Ich priemerná hmotnosť bola 59,82 g a variačný koeficient 0,55 %. Vlhkosť plávajúcej podlahy bola 5,1 %. Charakteristika rozloženia hmotností pre oba materiály je znázornená na Obrázku 2.

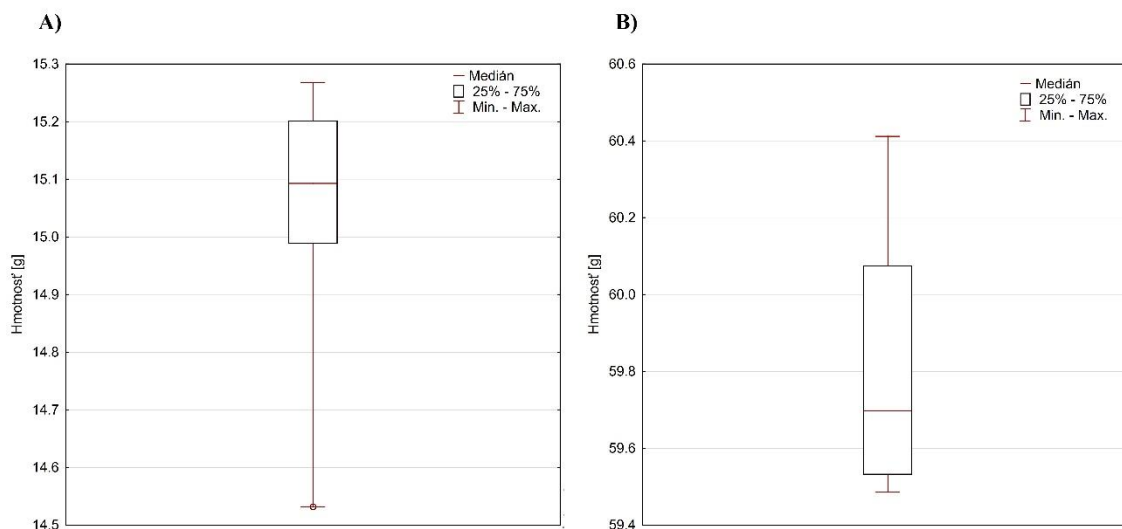


Figure 2 Sample weight: A - vinyl floor; B - floating floor

Obrázok 2 Hmotnosť vzoriek: A – vinylová podlaha; B –plávajúca podlaha

Merania boli uskutočnené na kónickom kalorimetri spĺňajúcom normu ISO 5660-1 (2015). Jeho schematické znázornenie je na Obrázku 3. Vzorka (2) bola zo strán nevystavených pôsobeniu externého tepelného toku obalená hliníkovou fóliou a vložená do držiaka (1). Ten bol následne umiestnený pod kónický žiarič (4), ktorý zabezpečoval rovnomerný externý tepelný tok. Každá zo vzoriek bola vystavená tepelným tokom  $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Iniciáciu plamenného horenia plynov uvoľňovaných zo vzorky zabezpečoval iskrový iniciačný zdroj. Uvoľňované plynné produkty spolu s dymom boli zachytávané odsávacím zvonom (5) a odvádzané prostredníctvom odsávacieho potrubia. Rýchlosť odsávania bola nastavená regulovateľným ventilátorom (7) na  $0.024 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Hustota dymu bola meraná prostredníctvom optometrického systému (6). Namerané hodnoty boli zaznamenávané počítačom (8) s intervalom vzorkovania 5 s. Čas do iniciácie plamenného horenia bol meraný manuálne na základe vizuálneho pozorovania.

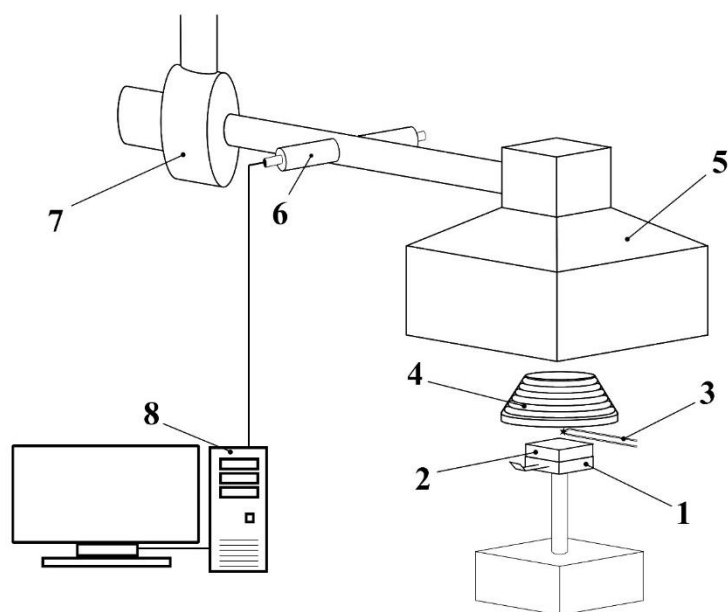


Figure 3 Diagram of measuring device: 1 - sample holder; 2 - sample; 3 - spark initiator; 4 - conical radiator; 5 - exhaust bell; 6 - optometric system; 7 - regulated fan; 8 - recording device

Obrázok 3 Schéma meracieho zariadenia: 1 – držiak vzorky; 2 – vzorka; 3 – iskrový iniciátor; 4 – kónický žiarič; 5 – odsávací zvon; 6 – optometrický systém; 7 - regulovateľný ventilátor; 8 – zaznamenávacie zariadenie

Z každého materiálu bolo meraných 6 kusov vzoriek (2 vzorky pri každej hodnote externého tepelného toku). Teplota okolia, atmosférický tlak a relatívna vlhkosť vzduchu v priebehu meraní sú uvedené v Tabuľke 1.

Table 1 Ambient conditions during measurement

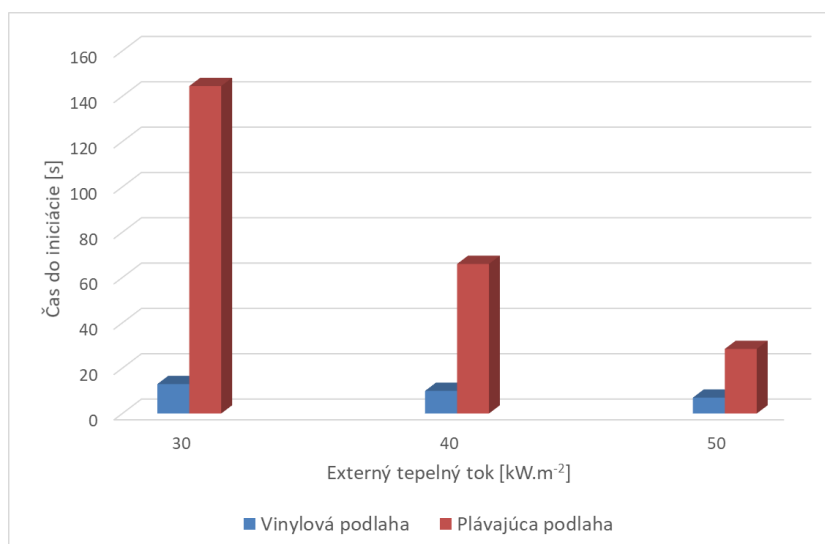
Tabuľka 1 Okolité podmienky počas merania

	Hodnota	Variačný koeficient [%]
Vonkajšia teplota	24,92 °C	1,11
Atmosférický tlak	100,41 kPa	0,07
Relatívna vlhkosť	23,50 %	2,75

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerný čas do iniciácie horenia plynných zložiek uvoľňovaných z meraných materiálov v priebehu tepelného zaťaženia žiaričom je znázornený na Obrázku 4. Ako je zrejmé, nárast externého tepelného toku pôsobiaceho na povrch vzoriek mal za

následok skracovanie času do iniciácie. Táto skutočnosť spôsobená nárastom teploty povrchovej vrstvy materiálu v dôsledku pohlcovania vyššieho množstva tepelnej energie je všeobecne dobre známa a často využívaná na výpočet iniciačných charakteristík [9–13]. Z porovnania oboch meraných materiálov je zrejmé, že iniciácia vinylovej podlahy nastáva v omnoho kratšom čase ako v prípade podlahy plávajúcej, pričom je tento jav s klesajúcim tepelným tokom výraznejší. Zatiaľ čo pri externom tepelnom toku  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  dochádza k iniciácii vinylovej podlahy v asi 4-krát kratšom čase, v prípade pôsobenia tepelného toku  $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  je už rozdiel časov do zapálenia vzorky viac ako 11 násobný.

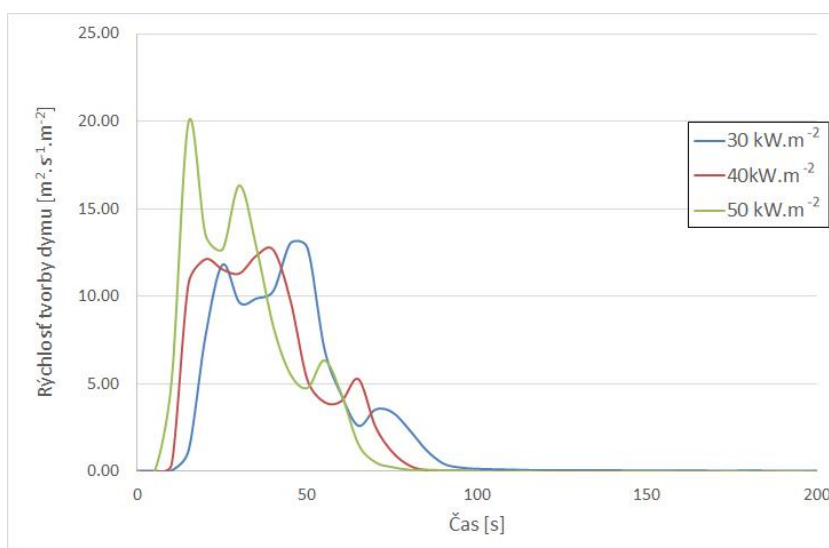


**Figure 4 Average time to sample initiation at each external heat flux**

**Obrázok 4 Priemerný čas do iniciácie vzoriek pri jednotlivých externých tepelných tokoch**

Z meraní optickej hustoty dymu boli vytvorené grafy na Obrázkoch 5 – 9. Jednotlivé krivky sú priemernými hodnotami oboch meraní pri daných externých tepelných tokoch. Medzi oboma materiálmi sú viditeľné výrazné rozdiely.

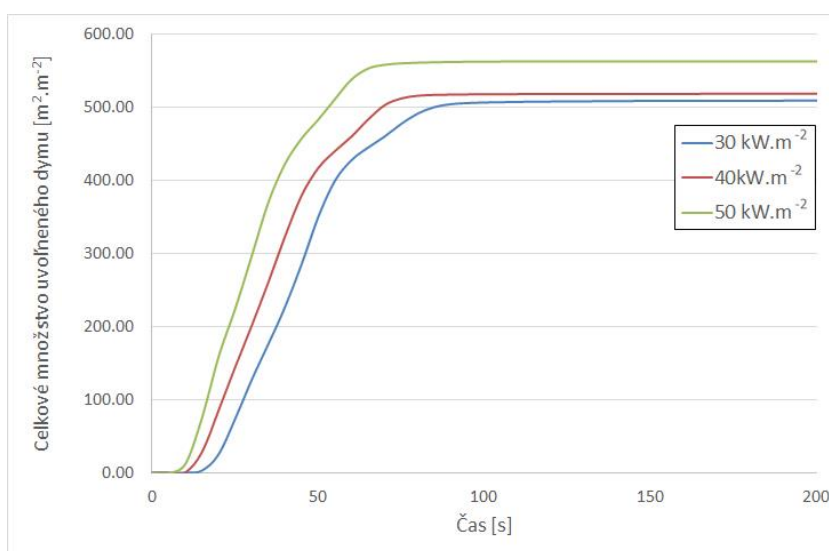
Optická hustota produktov termického rozkladu vinylovej podlahy bola pred ich iniciáciou v porovnaní s optickou hustotou dymu prakticky zanedbateľná. Po zapálení vzorky však nastal prudký nárast rýchlosti tvorby dymu. Jej krivky následne vo všetkých prípadoch dosahujú tri píky, ktoré nastávajú tým skôr, čím vyšší tepelný tok pôsobí na povrch vzorky. Najväčšiu výšku dosahujú pri pôsobení tepelného toku  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ .



**Figure 5 Smoke generation rate when measuring vinyl floor samples**

**Obrázok 5 Rýchlosť tvorby dymu pri meraní vzoriek vinylovej podlahy**

Na základe grafického znázornenia celkového množstva uvoľneného dymu je zrejmé, že sa dymivosť vzoriek zvyšuje s rastúcim externým tepelným tokom. Zároveň dochádza k posunu kriviek smerom ku kratším časom.

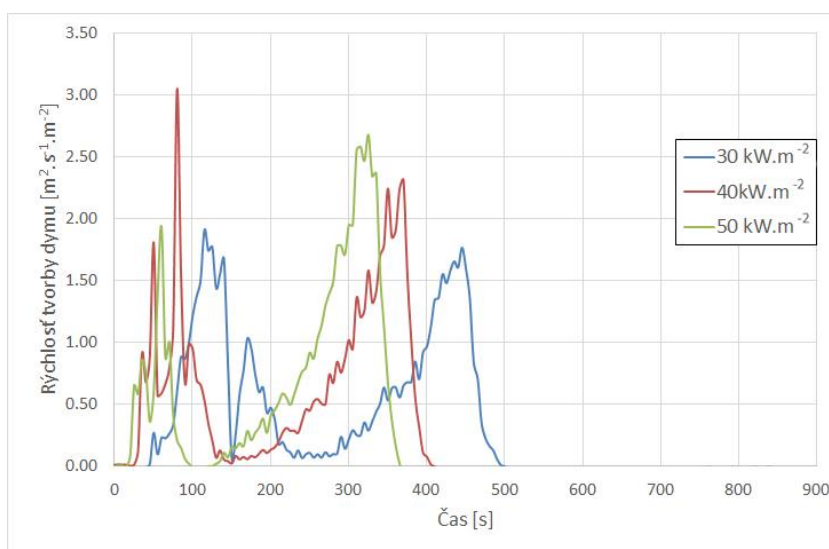


**Figure 6 Total amount of released smoke when measuring vinyl floor samples**

**Obrázok 6 Celkové množstvo uvoľneného dymu pri meraní vzoriek vinylovej podlahy**

Pri rýchlosti uvoľňovania dymu z plávajúcej podlahy (Obrázok 7) je možné vo fáze predchádzajúcej iniciácii plamenného horenia pozorovať nárast nameraných hodnôt. S klesajúcim tepelným tokom je pík v tejto fáze výraznejší (Tabuľka 2).

Uvedený nárast je spôsobený plynnými produktami uvoľňovanými zo vzoriek v dôsledku ich ohrevu. Po dosiahnutí dostatočnej koncentrácie horľavých plynov v zmesi so vzduchom dochádza k ich iniciácii a s ňou spojeným krátkym, avšak výrazným znížením opacity uvoľňovaných spalín. Následne sa optická hustota dymu zvyšuje. Súčasne sa na povrchu vzorky postupne vytvára zuhoľnatená vrstva, ktorá sa stáva bariérou proti prieniku pár a plynov uvoľnených v dôsledku ohrevu z vnútra vzorky a zároveň tepelne izoluje nižšie vrstvy vzorky. S nárastom hrúbky tejto vrstvy rýchlosť tvorby dymu klesá. Na konci meraní je viditeľný tretí pík. Na základe údajov o rýchlosti uvoľňovania tepla [14] je možné toto tretie maximum priradiť zvýšeniu intenzity horenia v dôsledku prehriatia celej hrúbky materiálu, ktoré je spôsobené použitím tepelne-izolačnej vrstvy ako podkladu počas merania [15].



**Figure 7 Rate of smoke generation when measuring floating floor samples**

**Obrázok 7 Rýchlosť tvorby dymu pri meraní vzoriek plávajúcej podlahy**

Celkové množstvo dymu uvoľnené pri meraní plávajúcej podlahy je znázornené na Obrázku 8. Vzorky zaťažované externými tepelnými tokmi  $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  uvoľnili takmer totožné množstvo dymu, ktoré bolo nižšie ako v prípade zaťaženia tepelným tokom  $30 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ .

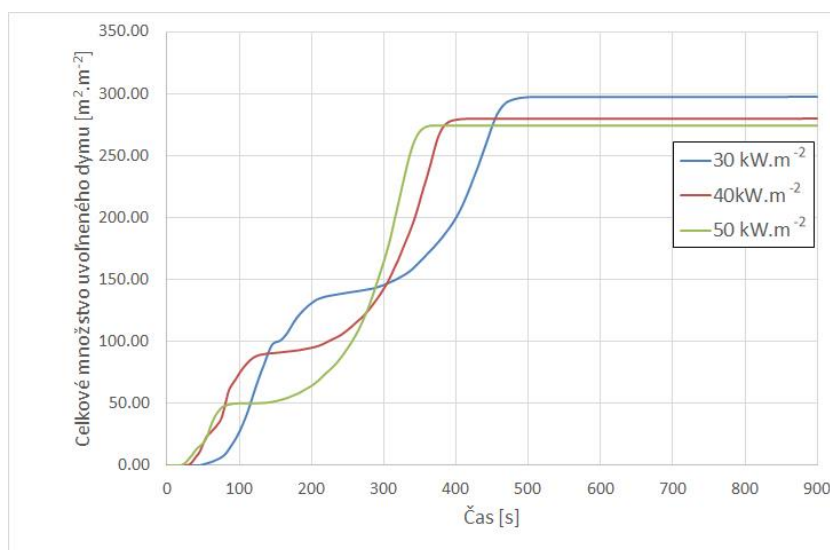


Figure 8 Total amount of smoke released when measuring floating floor samples

Obrázok 8 Celkové množstvo uvoľneného dymu pri meraní vzoriek plávajúcej podlahy

Keďže bol pokles rýchlosti uvoľňovania dymu v dôsledku iniciácie, len veľmi krátky, na krivkách na obrázku 8 je možné vidieť dve oblasti nárastu (obrázok 9). Prvá prislúcha dymu uvoľnenému do vytvorenia dostatočne hrubej zuhoľnatenej vrstvy ( $TSR_1$ ) a druhá dymu uvoľnenému v dôsledku prehriatia vzorky ( $TSR_2$ ). Ako je zrejmé, v oboch oblastiach  $TSR_2$  prevyšuje  $TSR_1$ , avšak s rastúcim tepelným tokom  $TSR_1$  klesá, zatiaľ čo  $TSR_2$  rastie.

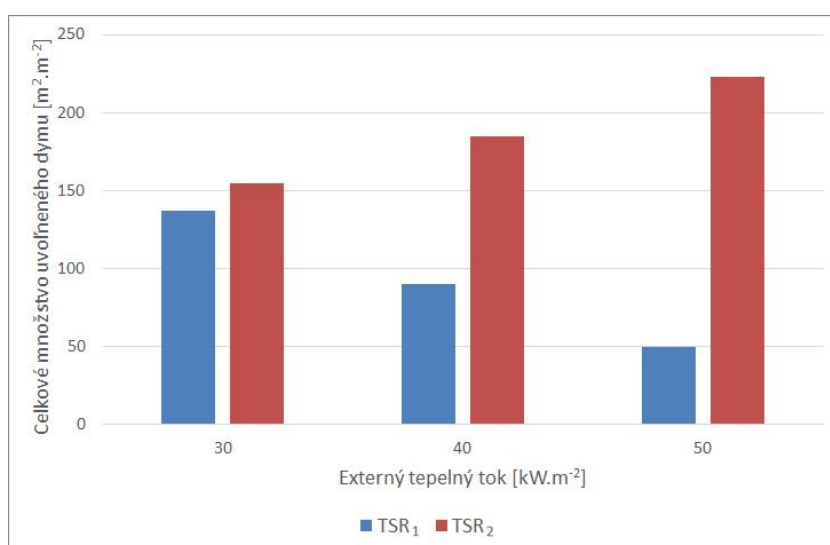


Figure 9 Total amount of released smoke in the first (THR1) and second (THR2) regions

Obrázok 9 Celkové množstvo uvoľneného dymu v prvej (THR1) a druhej (THR2) oblasti



Na základe celkového množstva uvoľneného dymu ako aj maximálnych hodnôt dosahovaných v priebehu horenia vzoriek (Tabuľka 2), je možné vzájomné porovnanie dymivosti oboch meraných materiálov. Je potrebné zdôrazniť, že maximálne hodnoty uvedené v tabuľke vychádzajú z priebehov rýchlostí uvoľňovania dymu. Zatiaľ, čo prvý pík ( $pRSR_1$ ) zodpovedá pri plávajúcej podlahe fáze pred jej iniciáciou, v prípade vinylovej podlahy sa jedná o hodnotu zaznamenanú až po iniciácii. Preto je objektívnejšie porovnanie  $pRSR_1$  vinylovej podlahy s druhým píkom ( $pRSR_2$ ) plávajúcej podlahy. Rýchlosť uvoľňovania dymu dosahovala počas horenia v prípade vinylovej podlahy mnohonásobne vyššie hodnoty ako pri plávajúcej podlahe. Vzhľadom na rozdielne doby trvania fázy horenia sa však ako výhodnejšie javí porovnanie z hľadiska celkového uvoľneného dymu. Aj v tomto prípade uvoľňovala pri horení vinylová podlaha viac dymu ako plávajúca podlaha. Namerané rozdiely predstavovali vzhľadom na plávajúcu podlahu viac ako 70 %, pričom s rastúcim externým tepelným tokom bol rozdiel výraznejší. Pri prepočte na hmotnosť vzoriek bola dymivosť vinylovej podlahy takmer 7,5-násobne vyššia.

**Table 2: Local maximum smoke release rates**

**Tabuľka 2: Lokálne maximá rýchlostí uvoľňovania dymu**

Materiál	Externý tepelný tok [kW·m <sup>-2</sup> ]	$pRSR_1$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	$pRSR_2$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	$pRSR_3$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]	TSR [m <sup>2</sup> ·m <sup>-2</sup> ]
Vinylová podlaha	30	11,55	13,10	4,29	509,98
	40	12,11	12,94	5,28	519,31
	50	19,95	16,35	6,35	563,09
Plávajúca podlaha	30	2,10	1,05	1,76	297,25
	40	1,81	3,23	2,47	280,03
	50	1,05	1,93	3,13	273,87

$pRSR_1$  – prvý pík rýchlosti uvoľňovania dymu

$pRSR_2$  – druhý pík rýchlosti uvoľňovania dymu

$pRSR_3$  – tretí pík rýchlosti uvoľňovania dymu

TSR – celkové množstvo uvoľneného dymu v priebehu merania





## ZÁVER

V súčasnosti dochádza k urýchleniu rozvoja podlahových materiálov používaných v interiéroch. Niektoré prírodné materiály ako tkanina, hlina či drevo sa dostávajú do úzadia a sú nahrádzané lacnejšími syntetickými alternatívami. Pri výrobe podlahových materiálov sa prihliada najmä na jej nízku nákladovosť, z toho dôvodu sú syntetické podlahové krytiny čoraz populárnejšie, avšak používaním uvedených materiálov výrazne narastá riziko požiarov. Cieľom tohto článku bolo zistiť vplyv externého tepelného toku na čas zapálenia, rýchlosť a celkové množstvo uvoľneného dymu vybraných podlahových krytín. Pri výskume jednotlivých vzoriek kónickým kalorimetrom sme zistili, že najvyššiu hodnotu celkového množstva uvoľneného dymu (TSR) vyprodukovala vinylová podlaha pri tepelnom toku  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  s hodnotou  $574 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}$ . Rýchlosť uvoľňovania dymu podlahy (RSR) bola  $20 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . Najrýchlejšie sa zapálila vinylová podlaha v čase tíg 7 s, a to pri externom tepelnom toku  $50 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Jednotlivé hodnoty TSR a RSR rástli so zvyšujúcim sa externým tepelným tokom. V prípade plávajúcich podláh sa dosiahli lepšie výsledky z hľadiska požiarnej bezpečnosti. V priemere bola rýchlosť uvoľňovania dymu 6,5-krát nižšia. Čo sa týka celkového množstva uvoľneného dymu, hodnota plávajúcej podlahy bola oproti vinylovej podlahe polovičná.

Na základe zistených skutočností je potrebné poznamenať, že okrem nízkych produkčných nákladov je dôležité prihliadať aj na protipožiarnu bezpečnosť v oblasti horenia jednotlivých podlahových materiálov, nakoľko v súčasnosti často využívané syntetické a chemicky upravované podlahové krytiny sú z hľadiska požiarnej ochrany preukázateľne rizikové.

## PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0223. Táto práca bola podporená aj agentúrou KEGA MŠVVaŠ SR projektami č. 016STU-4/2021 a č. 001TU Z-4/2020

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Lee, B.H.; Kim, H. S.; Kim, S.; Kim, H. J.; Lee, B.; Deng, Y.; Feng, Q.; Luo, J. Evaluating the flammability of wood-based panels and gypsum particleboard using a



- cone calorimeter. *Construction and Building Materials* 2011, 25(7), 3044–3050. ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.01.004>
2. Akgül, M.; Çamlıbel, O. Manufacture of medium density fiberboard (MDF) panels from rhododendron (*R. ponticum* L.) biomass. *Building and Environment* 2008, 43, 438–443. doi:10.1016/j.buildenv.2007.01.003
3. Kim, S.; Kim, J. A.; Kim, H. J.; Hyoungh Lee, H.; Yoon, D. W. The effects of edge sealing treatment applied to wood-based composites on formaldehyde emission by desiccator test method. *Polymer Testing* 2006, 25(7), 904–911. ISSN 0142-9418. doi:<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.05.010>
4. Veres, Á. *Égghetőségi vizsgálatok*. 2018.
5. Maryandyshev, P.; Bullet A.; Lyubov, V.; Bullet, G.; Trouve, G.; Bullet, A.; Brillard, A.; Bullet, J. F.; Brilhac, J. F. Investigation of thermal degradation of different wood-based biofuels of the northwest region of the Russian Federation. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2015, 122. doi:10.1007/s10973-015-4798-3
6. Mcneill, I. C.; Memetea, L.; Cole, W. A study of the products of PVC thermal degradation. *Polymer Degradation and Stability* 1995, 49(1), 181–191. ISSN 0141-3910. doi:[https://doi.org/10.1016/0141-3910\(95\)00064-S](https://doi.org/10.1016/0141-3910(95)00064-S)
7. Faix, O.; Meier, D.; Fortmann, I. Thermal degradation products of wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 1990, 48(7), 281–285. ISSN 1436-736X. doi:10.1007/BF02626519
8. White, R. H.; Diertenberger, M. Wood Products: Thermal Degradation and Fire. In: *Encyclopedia of Materials: Science and Technology* 2001, 9712–9716. ISBN 9780080431529. doi:10.1016/B0-08-043152-6/01763-0
9. Brown, J. E.; Braun, E.; Twilley, W. H. Cone calorimeter evaluation of the flammability of composite materials. B.m.: Citeseer 1988.
10. Janssens, M. A thermal model for piloted ignition of wood including variable thermophysical properties. *Fire Safety Science* 1991, 3, 167–176.
11. Spearpoint, M. J.; Quintiere, J. G. Predicting the piloted ignition of wood in the cone calorimeter using an integral model—effect of species, grain orientation and heat flux. *Fire safety journal* 2001, 36(4), 391–415. ISSN 0379-7112.
12. Hurley, M. J.; Gottuk, D. T.; Hall, J.R.; Harada, K.; Kuligowski, E. D.; Puchovsky, M.; Watts J. M.; Wieczorek, CH. J. *SFPE handbook of fire protection engineering*. B.m.: Springer, 2015. ISBN 1493925652.



13. Tsai, K. CH. Orientation effect on cone calorimeter test results to assess fire hazard of materials. *Journal of hazardous materials* 2009, 172(2–3), 763–772. ISSN 0304-3894.
14. Hagen, M.; Hereid, J.; Delichatsios, M.; Zhang J.; Bakirtzis, D. Flammability assessment of fire-retarded Nordic Spruce wood using thermogravimetric analyses and cone calorimetry. *Fire Safety Journal* 2009, 44(8), 1053–1066. ISSN 0379-7112. doi:<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.07.004>
15. Ritchie, S. J.; Steckler, K. D.; Hamins, A.; TG,C.; Yang, J.; Kashiwagi, T. The Effect Of Sample Size On The Heat Release Rate Of Charring Materials. *Fire Safety Science* 1997, 5, 177–188. doi:10.3801/IAFSS.FSS.5-177

**Adresa autora**

doc. Ing. Peter Rantuch, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava, Slovensko,  
[peter.rantuch@stuba.sk](mailto:peter.rantuch@stuba.sk)



## ODPORÚČANIA PRE POSTUP ZÁSAHU PRI POŽIARI VOZIDIEL S CNG POHONOM

### RECOMMENDATIONS FOR OPERATING PROCEDURE FOR FIGHT FIRES OF CNG FUELLED VEHICLES

Rudolf REČLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra  
požiarneho inžinierstva, Ul. 1. Mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika,  
rudof.reclo@fbi.uniza.sk

#### Abstrakt

This paper deals with a proposition of operating procedure for fight fires of CNG fuelled vehicles. Created scenario of a possible situation is based on the characteristics of chosen fuel, type of the fuel tank and safety features. This scenario is supposed to simulate worst possible situation that would incorporate specific behavior of a chosen fuel and would require approach that differs from operating procedures for standard vehicle fires. Afterwards a procedure for reconnaissance and extinguishing of fires is designed for said scenario. These procedures and recommendations are specifically constructed to highlight risks that are unlikely to occur yet are highly dangerous for firefighters.

**Key words:** *operating procedure, fire, CNG, explosion, flammable gas*

#### ÚVOD

Vozidlá s alternatívnym pohonom sa v cestnej premávke objavujú čoraz vo väčšom počte. Jedným z alternatívnych palív je aj stlačený zemný plyn, ktorý si našiel miesto ako pohonná hmota najmä pre prímestské alebo mestské linky autobusov. Tento pohon so sebou prináša rôzne špecifické ohrozenia a možné vývoje požiaru, pre ktoré môže byť potrebné upraviť postup zásahov. Špecifický spôsob skladovania a bezpečnostné systémy môžu pri požiaru môžu byť príčinou neočakávaného vývoja



situácie, na ktorú nemusia byť záchranné zložky pripravené. Avšak aj takéto neočakávané situácie je potrebné brať do úvahy a zasahujúce zložky by na takéto situácie mali byť pripravené.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Na začiatok je nutné priblížiť vlastnosti paliva, ktorého sa týka tento príspevok. Vzhľadom na to, že odporúčania pre postupy sa zameriavajú výhradne na požiare, pri ktorých dochádza k horeniu tejto látky a kde komplikácie alebo špecifikácie vyžadujúce úpravu bežných postupov vyplývajú priamo z využitej technológie a charakteristiky pohonnej hmoty.

### Charakteristika paliva

CNG je skrátené označenie pre „compressed natural gas“, v preklade stlačený zemný plyn. Tento plyn je okrem paliva používaný aj v domácom sektore na varenie a vyhrievanie. Rovnako ako zemný plyn, aj CNG sa skladá prevažne z metánu. [1] [2]

V minulosti sa zemný plyn získaval ako vedľajší produkt rafinácie ropy, kedy bol spaľovaný. V súčasnosti je zachytávaný a transportovaný potrubiami. CNG vzniká stlačením bežného zemného plynu na menej ako 1% objemu, ktorý má pri atmosférickom tlaku. Je uchovávaný a prenášaný v nádobách pri tlaku 20 až 24.8 MPA. Nádoby na prepravu sú väčšinou kovové a majú tvar valca. [1, 2]

CNG je horľavý plyn, ktorý je v porovnaní s benzínom ťažšie zápalný. Pre použitie v spaľovacích motoroch sa zemný plyn stláča kompresorom v plniacej stanici a v stlačenej podobe sa plní do tlakových nádob vozidiel. [3]

Podľa pôvodu môžeme zemný plyn deliť na prirodzený alebo umelý. Prirodzené plyny sú ťažené zo zeme. Umelé plyny sa vyrábajú spracovaním kvapalných alebo prírodných plynov. Týmto spracovaním sa dosahujú vhodnejšie vlastnosti ako výhrevnosť, spaľovacia rýchlosť a podobne. [4]

Zemný plyn sa skladá primárne z metánu, ktorý môže tvoriť až 94,4% zloženia, ďalej obsahuje napríklad etán a propán. Nízky pomer uhlíku a vodíku v molekule paliva umožňuje vypúšťanie menšieho množstva emisií oxidu uhličitého v porovnaní s inými uhlíkovými palivami pri spálení rovnakého množstva paliva. Vzhľadom na nižšiu energetickú hustotu na objem v porovnaní s inými druhmi palív majú vozidlá na CNG menší dojazd. [1]



Zemný plyn je bezfarebný prírodný plyn bez chuti a zápachu. Nie je zistiteľný ľudskými zmyslami a kvôli absencii rozpoznateľného zápachu sa do plynu pridáva odorant, vďaka ktorému je možné únik plynu rozpoznať na základe zápachu. Využívané odoranty sú metylmerkaptan alebo tetrahydrotioln. [4]

### **Nebezpečenstvá pre zasahujúce zložky pri požiari vozidla s CNG pohonom**

Vozidlá so systémom CNG je možné identifikovať na základe:

- Nálepky na zadnej časti vozidla
- Neštandardného prídavného zariadenia v priestore motora
- Ukazovateľa množstva plynu na palubovej doske
- Nádrže v kufri alebo v podlahe pod vozidlom[4, 5, 6]

Najväčším nebezpečenstvom systému CNG je tlakový zásobník. V tlakovom zásobníku je uchovávaný zemný plyn pod tlakom 220 barov. Pri horení plynu unikajúceho zo zásobníku dochádza k poklesu tlaku. Akonáhle dôjde k vyrovnaniu tlaku v nádobe a okolia, môže dôjsť k prešľahnutiu plameňa do nádoby a následnému výbuchu. CNG je veľmi horľavý, so vzduchom vytvára výbušnú koncentráciu. Pri vysokej koncentrácii je dusivý, je ľahší ako vzduch a rýchlo vyplní priestor. [4, 5, 6]

Tlakové fľaše sú spravidla uložené v priestore na streche autobusu, ktorý je oddelený od interiéru vozidla. Po stranách vozidla, na vedení spájajúcom zásobníky s motorom, môžu byť umiestnené pretlakové ventily, ktoré sa otvárajú pri zvýšení tlaku v nádrži. [8]

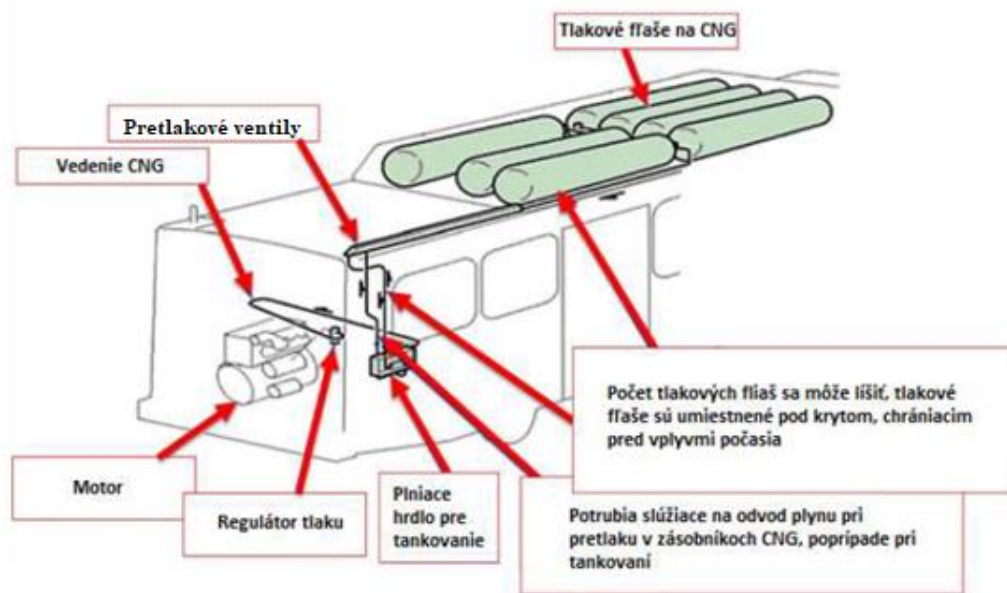


Figure 1 Diagram of the CNG fuel system in the bus [8]

Obrázok 1 Schéma palivového systému CNG v autobuse [8]

Pri nehode vozidla na CNG je potrebné miesto aj poškodené vozidlo protipožiarne zabezpečiť. Je potrebné merať koncentráciu a sledovať syčanie či zápach. Pri požiari vozidla na CNG je potrebné vozidlo hasiť z bezpečnej vzdialenosti. Postupuje sa rovnako ako pri tlakových zásobníkoch horľavého plynu. V prípade rozsiahlejšieho požiaru, alebo v prípade, že požiar zasahuje tlakové nádoby, je potrebné vymedziť bezpečný okruh vo vzdialenosti 25 až 30 metrov a nechať plyn dohorieť. Súčasne je nutné chrániť prvky vystavené ohňu. Priame hasenie tlakových nádob vodou môže spôsobiť zlyhanie bezpečnostných ventilov čo môže spôsobiť roztrhnutie tlakovej nádoby. [4, 5, 6]

V súčasnosti hasiči nemajú metodické listy, ktoré by boli použiteľné špecificky pre požiare vozidiel s CNG pohonom. Dostupné sú metodické listy na zásahy pri požiaroch plynu, popripade tlakových fliaš [10], ktoré sú využiteľné pri takýchto zásahoch avšak v týchto metodických listoch nie sú zakomponované špecifikácie vyplývajúce z konštrukcie vedení pohonnej hmoty vo vozidle. Cieľom tohto príspevku je upozorniť práve na spomínané špecifikácie a možné ohrozenia, na ktoré je potrebné brať pri zásahu ohľad. Cieľom je upozorniť na možné komplikácie, ktoré by mohli spôsobiť ujmu na zdraví zasahujúcich jednotiek, popripade by mohli spôsobiť neočakávané rozšírenie požiaru či iné komplikácie.

### **Návrh postupu zásahu pri zvolenom scenári požiaru autobusu s CNG pohonom**

Ako názorný príklad môže slúžiť kolízia prímestskeho autobusu a osobného vlaku v obci Iliáš z 11.3. 2021. Pri havárii došlo k poškodeniu uzáverov niekoľkých tlakových fliaš a došlo k úniku CNG do priestoru. Zasahujúci hasiči nasadili prúd na skrúpanie unikajúceho plynu aby zabránili jeho možnému vznieteniu. Po otvorení priestoru, kde sú tlakové fľaše umiestnené, uzavreli 6 tlakových fliaš a z dvoch fliaš prebiehal kontrolovaný únik skrúpaný nasadeným prúdom. [7]



**Figure 2 Images from the intervention near the village of Iliáš [9]**

**Obrázok 2 Zábery zo zásahu pri obci Iliáš [9]**

Keďže návrh postupu by mal byť smerovaný na najhorší možný variant priebehu podobnej udalosti, ako scenár udalosti môže slúžiť mierne pozmenená, vyššie uvedená kolízia. Podľa novo vytvoreného scenára dôjde ku kolízii autobusu prímestskej dopravy s nákladným vozidlom priamo v meste. Cieľom tohto scenára je brať do úvahy možné ohrozenie väčšieho počtu ľudí, príslušníkov premávky a taktiež riziko poškodenia budov. Rozdiel medzi vytvoreným scenárom a udalosťou v obci Iliáš je tiež ten, že vo vytvorenom scenári dôjde k iniciácii plynu unikajúceho zo zásobníkov na poškodenom autobuse.





Pre prehľadnosť je návrh rozdelený na dve dôležité časti zásahu. V časti prieskumu sa pozornosť kladie na prvotnú obhliadku miesta zásahu, na určenie prítomných nebezpečných látok a možných ohrození, ktoré z nich vyplývajú. Druhá časť návrhu je zameraná na postup likvidácie požiaru a upozorňuje na možné komplikácie a zvláštnosti, ktoré môžu zasahujúci hasiči očakávať.

### **Prieskum**

Prieskum sa musí v prvom rade zamerať na druh pohonnej látky daného vozidla. Vozidlo na CNG pohon musí byť podľa vyhlášky 464/2009 Z.z. označené znakom podľa predpisu EHK č. 110. Vozidlo môže byť označené v prednej alebo zadnej časti. Vozidlo môže byť poškodené do takej miery, kedy nie je možné nájsť označenie. V prípade, že označenie nie je možné nájsť a vodič tohto vozidla môže poskytnúť potrebné informácie je vhodné konzultovať druh používaného paliva. Ako ďalší indikátor prítomnosti CNG môže byť charakteristické syčanie unikajúceho plynu alebo zápach typický pre zemný plyn.

K vznieteniu CNG môže dôjsť aj pred príchodom zasahujúcich jednotiek. V takomto prípade bude viditeľný plameň šľahajúci z miesta úniku plynu. V prípade zvoleného scenára podľa vzoru kolízie v obci Iliáš plameň šľahá priamo z tlakovej fľaše, na ktorej je odtrhnutý ventil. Ihneď po spozorovaní iniciácie a horenia unikajúceho plynu je nutné rozšíriť oblasť, do ktorej nesmú vstupovať nepovolané osoby. Vzhľadom na to, že unikajúci plyn je pod tlakom, plameň môže vyšľahnúť do vzdialenosti až 20 metrov čo môže najmä v priestoroch určených scenárom ohrozovať nie len zasahujúcich hasičov, ale aj okolité budovy a vozidlá v dôsledku čoho môže dôjsť k šíreniu požiaru.

### **Postup likvidácie požiaru a očakávané zvláštnosti pri zásahu**

V momente kedy dôjde k vznieteniu unikajúceho plynu je nevyhnutné okamžite nasadiť prúd, ktorého účelom bude sfúknuť plameň tak aby nedošlo k prešľahnutiu plameňa do tlakovej nádoby pri poklese tlaku. V prípade ohrozenia okolitých budov vyšľahnutým plameňom treba zabezpečiť aj ochladzovanie daných budov alebo zasiahnutých vozidiel.

K vozidlu by zasahujúci hasiči nemali pristupovať z boku. Na bokoch autobusu sa môžu nachádzať ventily, ktoré vypúšťajú plyn pri vysokom tlaku, poprípade môže



dôjsť k poškodeniu spojov potrubia a následnému úniku plynu. Pri úniku plynu z týchto ventilov dochádza k vyšľahnutiu plameňa. Je pravdepodobné, že toto vyšľahnutie plameňa bude mať iný smer ako vyšľahnutie plameňa z fľaše, na ktorej je poškodený ventil.

Ak sa nepodarí uhasiť plameň šľahajúci z tlakovej fľaše, rastie riziko výbuchu v dôsledku prešľahnutia plameňa do tlakovej nádoby. V dôsledku prešľahnutia plameňa a následného výbuchu by mohlo dôjsť k reťazovej reakcii a následným výbuchom ďalších tlakových fliaš. Avšak pravdepodobnejšie je ich odtrhnutie od vozidla. Po odtrhnutí v dôsledku výbuchu je možná následná explózia po náraze na predmety, ktoré by mohli tlakovú nádobu preraziť. Kvôli tomuto ohrozeniu je nevyhnutné mať vymedzenú dostatočne veľkú oblasť, do ktorej bude zabránený prístup nepovolaným osobám. V oblasti ohrozenej výbuchom by mal byť taktiež obmedzený pohyb zasahujúcich hasičov ktorí by mali nasadiť prúdy z diaľky poprípade z úkrytu aby nedošlo k ohrozeniu zdravia alebo života.

V prípade uhasenia plameňa na fľaši je nutné plyn ďalej skrúpať pokiaľ sa zásobník úplne nevyprázdni aby nedošlo k opätovnej iniciácii. Vzhľadom na to, že CNG je ľahšie ako vzduch, plyn bude stúpať a nebude sa hromadiť na mieste zásahu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vyššie navrhované postupy a odporúčania majú teoretický charakter. Požiare sú nevyspytateľné úkazy a už možnosti ich vzniku pri dopravných nehodách sú ovplyvnené veľkým množstvom faktorov. Určiť jednotný priebeh takejto udalosti nie je možné a preto taktiež nie je možné vytvoriť jednotný postup pre tak nepredvídateľné udalosti. Vybrať sa dajú len riziká, ktoré by mohli výraznejšie ovplyvniť priebeh zásahu a pre dané riziká vytvoriť postup ich zdoľávania.

Pre danú problematiku v súčasnosti HaZZ Slovenskej republiky nemá vytvorené metodické listy. Jedinou príbuznou problematikou, pre ktorú sú vytvorené tieto dokumenty, sú požiare tlakových nádob. Poznatky z takýchto udalostí sa dajú aplikovať aj na udalosti, ktorým sa venuje tento príspevok, avšak nesmú sa zanedbať aj výrazné rozdiely. Napríklad fakt, že s horiace tlakové nádrže sú pevne spojené s karosériou vozidla, preto nie je možné evakuovať fľaše, ktoré nie sú priamo zasiahnuté požiarom a teda existuje riziko, že sa v dôsledku požiaru poškodia a môže dôjsť k ich explózii.



## ZÁVER

Udalosti, ktorých výskyt je ojedinelý alebo menej pravdepodobný, sú často prehliadané alebo zanedbávané. Tento príspevok sa pokúša upozorniť práve na takéto udalosti, poprípade na neočakávaný priebeh požiaru. Účelom bolo upozorniť na možné špecifické riziká a vytvoriť prehľad opatrení a postupov, ktoré by hasičom umožnili efektívnejšie reagovať na možný nepriaznivý vývoj situácie. Takéto situácie netreba zanedbávať len kvôli tomu, že sú pomerne nepravdepodobné. V prípade ich výskytu je vhodné mať určité poznatky o možných postupoch a o možných rizikách, ktoré si budú vyžadovať rýchlu reakciu. V dôsledku nedostatku poznatkov môže byť táto reakcia oneskorená a pri riziku výbuchu môže oneskorená reakcia viesť k zraneniam zasahujúcich zložiek. Navrhovaná situácia má pripomínať neočakávaný sled udalostí a následné opatrenia majú poučiť zasahujúcich, čím sa môže zlepšiť schopnosť reagovať na dané udalosti a minimalizovať riziko možného zranenia, poprípade zhoršenia situácie.

## PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu: Vybudovanie inovatívneho výučbového laboratória pre praktické a dynamické vzdelávanie študentov v odbore BOZP, 020STU-4/2021, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Bae, CH. Alternative fuels for internal combustion engines, proceedings of combustion institute 2017, 36, 3, 3389-3413. ISSN 1540-7489
2. Khan, M. I. Technical overview of compressed natural gas (cng) as a transportation fuel. Renewable and sustainable energy reviews 2015, 51, 785-797. ISSN 1364-0321
3. Bezpečnosť a inovácie v automobilovom priemysle. Zborník prednášok, medzinárodná konferencia FIRECO 2019.
4. Prevádzkový poriadok pre plniacu stanicu stlačeného zemného plynu CNG v areáli SAD Zvolen A.S., interný dokument
5. Rozemberg, J. Vozidlá na alternatívny pohon, vedúci oddelenia prevádzkovo technického, OR HAZZ, Žiar nad Hronom. Osobná komunikácia [2020-10-9]



6. NFPA, Emergency field guide 2018, 465, 3, ISBN 978-1-4559-1274-2
7. Hasičský a záchranný zbor, správa o zásahu Č. 60 - 3 521 704 – 2, interný dokument
8. Nguyen, D. CH.; Duong, L. H. Compressed natural gas as an alternative fuel for bus in vietnam. World wide journal of multidisciplinary research and development 2019, 5, 3, 37-39. E-ISSN: 2454-6615
9. Križanová, K. V banskobystrickej mestskej časti Iliáš sa zrazil vlak s autobusom. 2021 [online], Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/v-banskobystrickej-mestskej-casti-ilias-sa-zrazil-vlak-s-autobusom-foto/>
10. Požáry s přítomností tlakových láhví s technickými stlačenými a zkapalněnými plyny, Metodický list č. 32, Nепublikované, Interný dokument HaZZ ČR

**Adresa autora**

Ing. Rudolf REČLO

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1. Mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika  
rudof.reclo@fbi.uniza.sk



**POSUDZOVANIE ALTERNATÍVNYCH VODNÝCH  
ZDROJOV PRE POTREBY HASIČSKÝCH JENOTIEK  
ALTERNATIVE WATER RESOURCES  
ASSESSMENT FOR THE NEEDS OF FIRE BRIGADES**

Kristián SLAŠŤAN<sup>1\*</sup> – Jozef SVETLÍK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika,  
kristian.slastian@fbi.uniza.sk; jozef.svetlik@fbi.uniza.sk

**Abstract**

Water is used as an extinguishing agent all over the world. It is mostly obtained from water sources that are known and safe to use for fire brigades. On the other hand, in some situations, water must be obtained by drafting from alternative water sources. In circumstances like this, the decision-making process of a commanding firefighter during intervention whether to use or not to use the alternative water source as the water pumping post depends on several factors. First of all, the suitability of the water source that is determined by its surroundings and water condition. Finally for successful carry out of water drafting operation is understanding and the practical application of the hydraulics, fire pumps, and water sources.

**Key words:** *alternative water sources, fire brigade, pumping post, water source*

**ÚVOD**

Posudzovanie vodných zdrojov pri zásahoch patrí k jednej z mnohých činností hasičov. Rozhodnutie, či vodný zdroj je, alebo nie je možné použiť ako čerpacie stanovište si vyžaduje určitú mieru teoretických a praktických vedomostí. V prvom rade musí hasič ovládať a rozumieť procesu čerpania vody. Rovnako dôležité sú technické parametre hasičskej techniky spolu s podmienkami vyplývajúcimi z okolia a príslušného terénu vodného zdroja. Týmto článkom by sme radi poukázali na aktuálnu problematiku



posudzovania bezpečného a vhodného alternatívneho vodného zdroja pre účely čerpania vody. Zároveň by sme radi priniesli v budúcnosti návrhy, ktoré by smerovali k vylepšeniu súčasného stavu riešenia problematiky.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

V rámci Slovenskej republiky delíme vodné zdroje pre účely hasenia požiarov na umelé a prírodné. Za umelé vodné zdroje považujeme napríklad nadzemný hydrant, podzemný hydrant, požiarnu nádrž, požiarnu studňu, verejný vodovod a ďalšie, ktoré vznikli ľudskou činnosťou. Naopak, prírodné vodné zdroje sú výtvorom prírody najčastejšie vo forme potokov, riek alebo jazier [1].

Pre vytvorenie čerpacie stanovišťa musia všetky zdroje vody spĺňať konkrétne podmienky a parametre. Podmienky zdroja charakterizujú prioritne možnosti prístupu a umiestnenia hasičskej techniky. Základné vyhovujúce podmienky sú:

- prístupová komunikácia,
- vzdialenosť k posudzovanému miestu,
- vhodne prispôbené čerpacie miesto pre využitie hasičskej techniky,
- označenie značkou „zákaz stáť“ [1].

Samotný vodný zdroj popisujeme parametrami, ktoré reflektujú prioritne aktuálne požiadavky na hasičskú techniku. Pre konkrétny vodný zdroj nemusia platiť všetky požiadavky. Parametre, ktoré vyplývajú z právnych predpisov sú najmä:

- kapacita zdroja,
- nasávací výška,
- výdatnosť,
- hydrostatický tlak a ďalšie [1].

Miesta určené ako vodné zdroje na hasenie požiarov musia spĺňať všetky spomenuté náležitosti a byť neustále udržiavané. Z toho vyplýva, že hasičské jednotky vo vedľa o ich lokalite a môžu byť bez ďalších problémov použité ako čerpacie stanovište [1, 2].

Avšak v praxi sa môžu hasiči dostať do situácie, kedy musia použiť alternatívne, väčšinou prírodné, vodné zdroje, ktorých parametre nie sú známe pre hasičské jednotky a je potrebné v pomerne krátkom čase rozhodnúť o ich použití. Dominantnú časť takýchto zásahov tvoria požiare v prírodnom prostredí. Do tejto kategórie zaraďujeme



v podmienkach Slovenskej republiky požiare lesných porastov, požiare trávnatých porastov, požiare ostatných trávnatých plôch akými sú napríklad záhrady a požiare poľnohospodárskych plôch. Požiare v prírodnom prostredí sa typicky vyskytujú v ťažko prístupnom až neprístupnom teréne pre hasičskú techniku, a to najmä pri lesných požiaroch. Z tohto dôvodu sa často krát musí voliť diaľková doprava vody, prípadne jazierkový systém [3].

### **POSUDZOVANIE ALTERNATÍVNYCH VODNÝCH ZDROJOV**

Vo viacerých zahraničných publikáciách spojených so zabezpečením vody na účely hasenia požiarov sa používa pojem alternatívny vodný zdroj (po anglicky „Alternative water supply/sources“). Tento pojem označuje náhradný zdroj vody, ktorý by bolo možné použiť na účely čerpania vody na hasenie požiaru. Pri procese posudzovania vhodnosti alternatívneho vodného zdroja je nevyhnutné zohľadňovať širšie spektrum parametrov a podmienok, ktoré môžu byť v značnej miere ovplyvnené klimatickými podmienkami [2].

Prioritou, ktorá vyplýva z podmienok vodného zdroja je zaistenie bezpečného prístupu a umiestnenia hasičskej techniky z hľadiska bezpečnej obsluhy. Ako najdôležitejšie je mať prehľad o stave prístupových komunikácií k zdroju, stave terénu v blízkosti možného miesta pre vytvorenie čerpaceho stanovišťa a samozrejme vzdialenosť od miesta udalosti. Prehľadnejšie rozdelenie podmienok, ktoré je potrebné brať do úvahy sú uvedené na obrázku 1 [2].

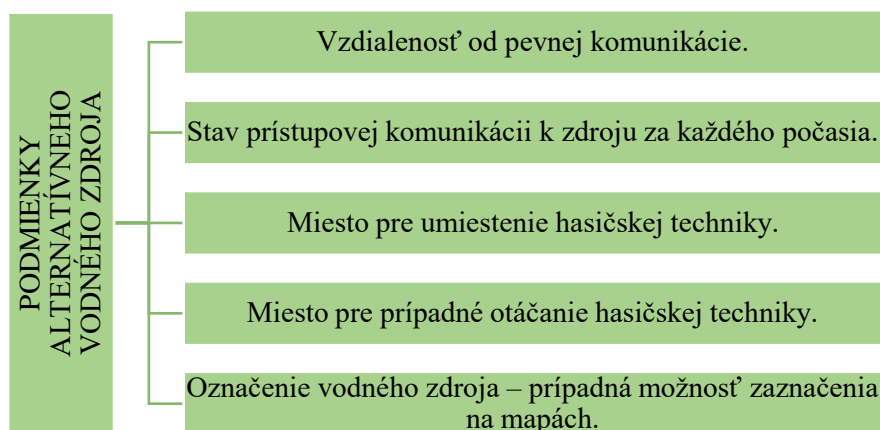
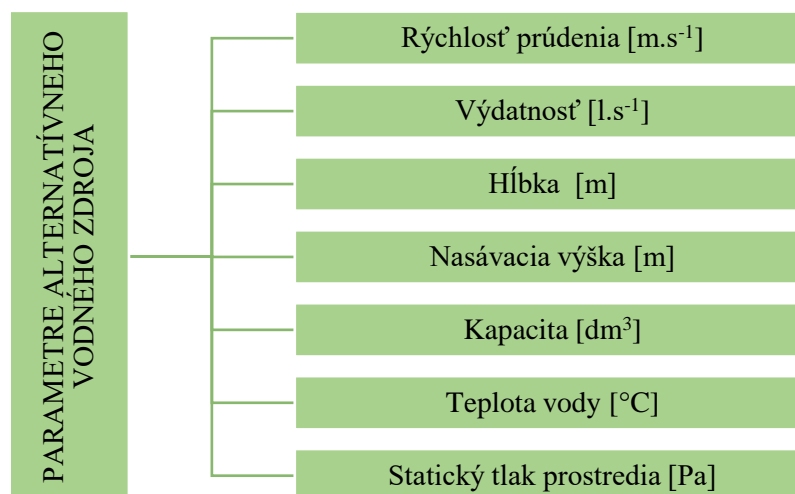


Figure 1 Conditions of alternative water sources

Obrázok 1 Podmienky alternatívnych vodných zdrojov

Po príchode hasičskej jednotky na miesto požiaru a vytipovaní vodného zdroja je potrebné brať do úvahy jeho parametre pre následné zaistenie bezproblémového procesu čerpanie vody. Význam spočíva v nepretržitej dodávke vody s určitým prietokom na miesto zásahu pre dosiahnutie efektívneho hasenia požiaru. Aby bol splnený tento cieľ vodný zdroj musí mať určitú výdatnosť. Bezproblémové čerpanie vody tiež závisí aj od ďalších parametrov akými sú teplota, rýchlosť prúdenia tečúcej vody, nasávací výška a ďalšie. Základné parametery alternatívnych vodných zdrojov vplyvujúcich na čerpanie vody sú uvedené na obrázku 1 [2, 4, 5].



**Figure 2 Parameters of alternative water sources****Obrázok 2 Parametre alternatívnych vodných zdrojov**

Kvalita vody je ďalším dôležitým faktorom, ktorý treba zohľadniť pri procese posudzovania vodného zdroja. Určuje sa z dvoch uhlov pohľadov. Prvým je bezpečnosť hasičov pri jej čerpaní, a súčasne používaní ako hasiacej látky. Druhým je životnosť hasičskej techniky. Voda by prioritne nemala obsahovať chemikálie alebo iné nebezpečné látky. Pri hasení by mohlo dôjsť k chemickým reakciám vo forme výbuchu alebo k uvoľneniu zdraviu škodlivých látok. Druhá stránka kvality vody spočíva najmä v jej čistote. Čerpaná voda by nemala byť zakalená, pretože by mohlo dôjsť k poškodeniu techniky. Okrem toho majú parametre vodného zdroja priamy vplyv na vznik kavitácie [2, 4].

## DISKUSIA

Súčasná technika kladie, z pohľadu čerpania vody, čoraz vyššie nároky na kvalitu vody a celkovo vodného zdroja. Riešením tejto problematiky by mohla byť metodika posudzovania alternatívnych vodných zdrojov pre určenie vhodných čerpacích stanovišť. Hlavným prínosom by bolo zefektívnenie zásahu z pohľadu rýchlejšej reakcie na vzniknutý požiar, výberom najbližšieho a najvhodnejšie vodného zdroja. Zároveň by metodika bola vypracovaná so zameraním na predĺženie životnosti čerpadiel. Podklady pre vytvorenie takého konceptu si však budú vyžadovať výber vhodných lokalít, zistenie disponibilných vodných zdrojov, experimentálne merania a následne vyhodnotenie limitov na základe technických parametrov hasičskej techniky využívanej v rámci

Slovenskej republiky. Výhodou by bola aplikácia metodiky pre analýzu a zmapovanie dostupných a použiteľných alternatívnych vodných zdrojov v zásahovom obvode hasičskej jednotky. Súčasne by bolo možné vypracovať príručné pomôcky pre veliteľov, prípadne strojníkov hasičských jednotiek. Z ich využitím by bolo možné rozhodnúť, prípadne zamietnuť vytvorenie čerpaceho stanovišťa z konkrétneho alternatívneho vodného zdroja.

Ako skvelý príklad analýzy a zmapovania alternatívnych vodných zdrojov by mohli byť lesné oblasti a podoblasti zaradené do vysokého stupňa ohrozenia požiarov. Takéto oblasti sú taxatívne stanovené a uvedené v prílohe č. 11 vyhlášky Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesa a ochrane lesa v znení neskorších predpisov [6].

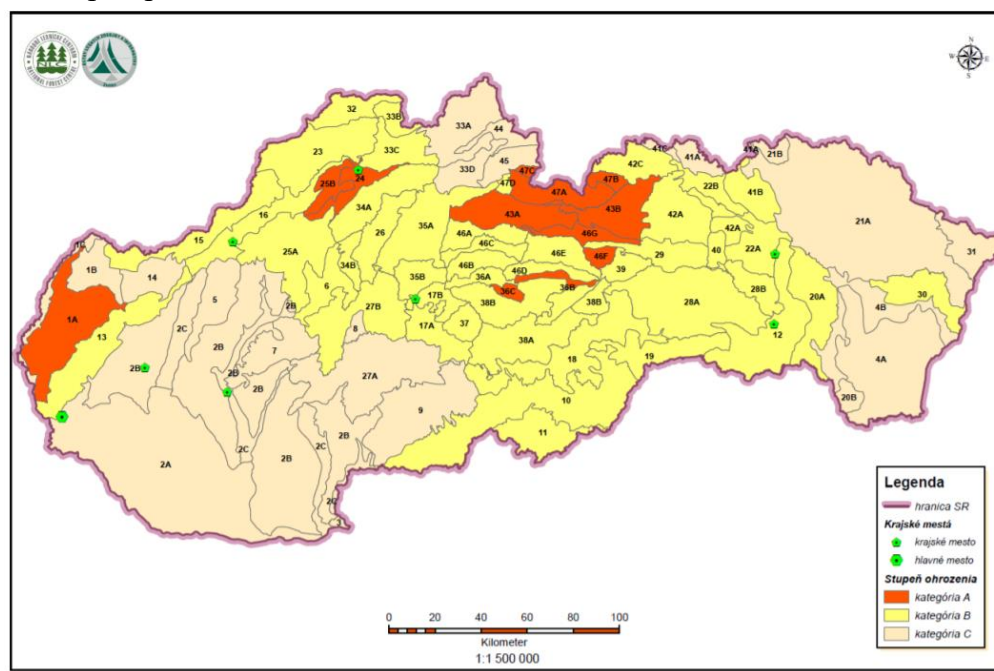


Figure 3 Map of forest areas and sub-areas according to the degree of fire risk [6]

Obrázok 3 Mapa lesných oblastí a podoblastí podľa stupňa ohrozenia požiarom [6]

Pomocou mapy vytvorenej Národným lesníckym centrom je možné vytýčiť konkrétnu oblasť zaradenú do kategórie A – vysoký stupeň ohrozenia požiarom uvedených na obrázku 3. Pomocou údajov zo Slovenského hydrometeorologického ústavu a hydrogeologických máp, vid'. obrázok 4, bude zas možné stanoviť disponibilné alternatívne vodné zdroje. Mapa uvedená na obrázku 4 má viacero funkcií a dokáže pracovať s niekoľkými mierkami v rozmedzí 1 : 4 000 000 až 1 : 25 000.

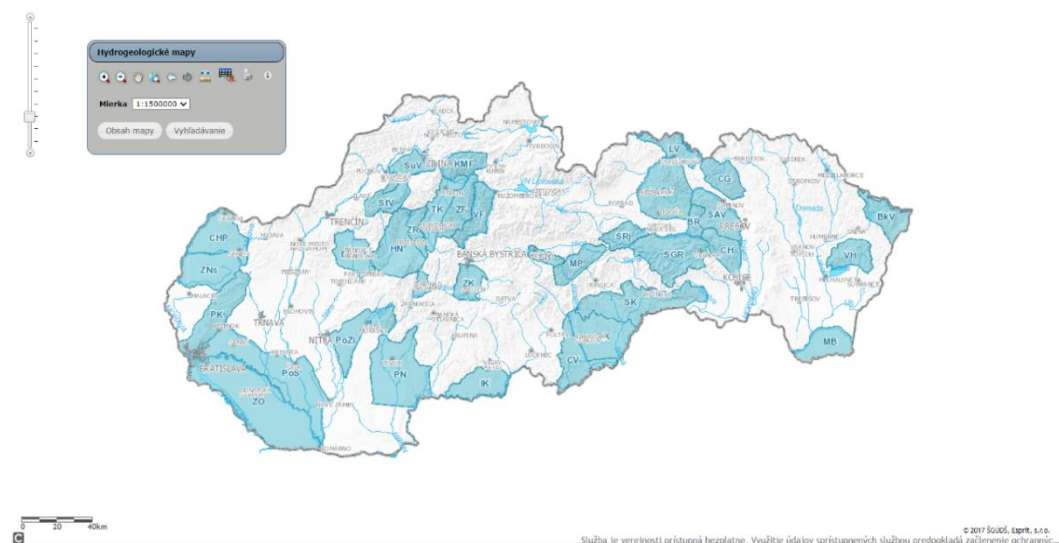


Figure 4 Hydrogeological map of Slovakia [7]

Obrázok 4 Hydrogeologická mapa Slovenska [7]

Ďalej by sme zvolili konkrétnu lesnú oblasť z mapy na obrázku 3, napríklad s označením 24 – Žilinská kotlina. Použitím funkcií hydrogeologickej mapy vieme následne bližšie identifikovať a lokalizovať disponibilné vodné zdroje, tak ako je to uvedené na obrázku 5.

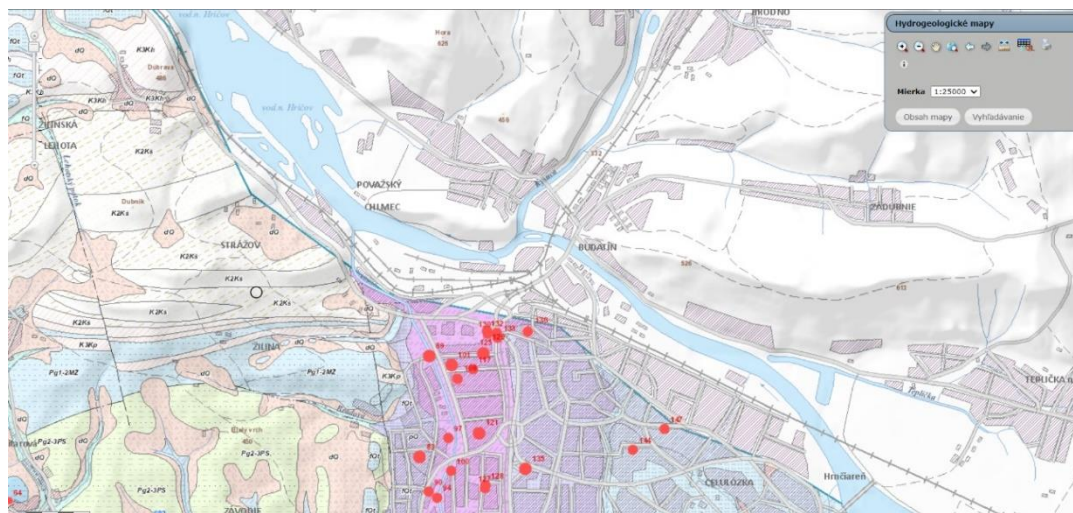


Figure 5 Hydrogeological map of parts of Žilina [7]

Obrázok 5 Hydrogeologická mapa častí mesta Žilina [7]

Posledným krokom by bola aplikácia metodiky posudzovania alternatívneho vodného zdroja pre určenie vhodných čerpacích stanovišť.



## ZÁVER

Vďaka svojej dostupnosti, finančnej nenáročnosti, širokej škále použiteľnosti a tiež dostupnosti je voda jednou z najpoužívanejších hasiacich látok. Z tohto hľadiska sa problematika využitia vodných zdrojov pre potreby hasičských jednotiek považuje za neustále aktuálnu tému. Ako spomíname v úvode článku proces posudzovania vodného zdroja závisí od niekoľkých skutočností, ktoré vyplývajú ako z okolia zdroja a prístupu k jeho lokalite, tak aj z parametrov opisujúcich zdroj z pohľadu spoľahlivého čerpania vody. Tento článok bude slúžiť ako východisko k postupnému riešeniu problematiky, ktorej výstupy budú zamerané na zlepšenie súčasného stavu. Za jeden z hlavných cieľov je možné považovať vytvorenie koncepcie posudzovania alternatívnych vodných zdrojov.

## Pod'akovanie

"Táto práca bola podporená Kultúrnou a edukačnou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky na základe zmluvy č. 033ŽU-4/2019."

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. Vyhláška Ministerstva vnútra Slovenskej republiky č. 699/2004 Z. z. o zabezpečení stavieb vodou na hasenie požiarov.
2. Galimidi, R.; Fitzgerald, B.; Watts, D. Inquiry on alternate water sources for firefighting. New Zeland: Prepared by Morphum Enviromental. 2020. 22-25. Available online:  
[https://www.fireandemergency.nz/assets/Documents/Files/Report\\_177\\_Inquiry\\_on\\_alternate\\_water\\_sources\\_for\\_firefighting.pdf](https://www.fireandemergency.nz/assets/Documents/Files/Report_177_Inquiry_on_alternate_water_sources_for_firefighting.pdf)
3. Majllingová, A.; Dritomský, M.; Kapustniak, J. Manažment a taktika hasenia požiarov v prírodnom prostredí. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018. 140 s. 978-80-228-3114-7
4. Monoši, M.; Kapustniak, J. Problémové miesta hasenia lesných požiarov. [online] Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie, Bratislava, december 4. 2015. Žilina: Strix, 2015. ISBN 978-80-89753-01-7. Dostupné na: [https://www.sszp.eu/wp-content/uploads/2015\\_conference\\_SES\\_\\_p-112\\_\\_Mono%20%26%20Kapustniak\\_.pdf](https://www.sszp.eu/wp-content/uploads/2015_conference_SES__p-112__Mono%20%26%20Kapustniak_.pdf)



5. Monoši, M.; Dermek, M.; Ballay, M. Technika a technické prostriedky hasičských jednotiek. Žilina: EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2016. ISBN 970-80-554-1231-3
6. Ochrana lesov pred požiarimi. [online] Prezídium HaZZ: Bratislava. 2021. Dostupné na: [https://www.minv.sk/swift\\_data/source/hasici\\_a\\_zachranari/Malatinec/preventivno\\_vychovna\\_cinnost/Ochrana%20lesov%20pred%20poziarmi\\_2020.pdf](https://www.minv.sk/swift_data/source/hasici_a_zachranari/Malatinec/preventivno_vychovna_cinnost/Ochrana%20lesov%20pred%20poziarmi_2020.pdf)
7. Hydrogeologické mapy. [online]. ŠGÚDŠ, Esprit, s.r.o. 2017. Dostupné na: <http://apl.geology.sk/hydrogeol/>

#### **Adresa autora**

Ing. Kristián Slašťan

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
[kristian.slastan@fbi.uniza.sk](mailto:kristian.slastan@fbi.uniza.sk)

doc. Ing. Jozef Svetlík, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina,  
[jozef.svetlik@fbi.uniza.sk](mailto:jozef.svetlik@fbi.uniza.sk)



**VPLYV PLOŠNÉHO MNOŽSTVA UVOĽNENÉHO TEPLA  
Z VONKAJŠIEHO POVRCHU OBVODOVEJ  
KONŠTRUKCIE NA ODSUPOVÚ VZDIALENOSŤ  
THE INFLUENCE OF THE AREA QUANTITY OF THE  
RELEASED HEAT FROM THE OUTER SURFACE OF  
THE EXTERNAL CONSTRUCTION TO THE  
SEPARATION DISTANCE**

Ludmila TEREŇOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany,  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, +421 45 52 06 828,  
ludmila.terenova@tuzvo.sk

**Abstract**

The buildings are nowadays insulated and lined with various exterior wall claddings, either from the point of view of heat protection or from the point of view of the architectural appearance of the building. In terms of fire safety, the focus is on the inflammable materials used for the contact insulation of facades or for various cladding made of wood, composite materials, or facades made solely from wood that are used mainly in the construction of wooden buildings. The paper aims to describe how to take into account the materials located on the outer surface of the external construction in the calculation of the separation distance in terms of legislation in force, mainly STN 92 0201-4 [1]. Another focus point is to compare the calculation results of the separation distance from the external wall insulated by expanded polystyrene (EPS) and insulating fibreboard, from the external wall made of cross-laminated timber (CLT) panel and from log external wall. The calculation result of the separation distance came out the same for all materials, this area requires further research.



**Keywords:** *outer surface of the construction, area quantity of the released heat, density of the thermal flux, separation distance, partly fire open area, Heat Release Rate*

## ÚVOD

V poslednom období sa v oblasti riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavby začal klásť väčší dôraz na zohľadňovanie horľavých povrchov umiestnených z vonkajšej strany obvodovej steny, čiže stavebných výrobkov a komponentov, ktoré sa na ňu pridávajú. Vydaním STN 92 0201- 2 [2] sa vyjasnila skutočnosť, že horľavé tepelné izolácie (zatepl'ovacie systémy) pridávané zvonka obvodových stien sa uvažujú ako povrchová úprava, ktorá sa neuvažuje do skladby obvodovej steny pri určovaní druhu konštrukčného prvku (D1, D2, D3). Čiže je to komponent, ktorý sa napríklad prenesením vnútorného požiaru na fasádu môže zapáliť a ďalej šíriť požiar vo zvislom či vodorovnom smere. Od takejto horiacej fasády zákonite dochádza k sáaniu tepla, ktoré môže mať nízku, strednú alebo vysokú plošnú hustotu tepelného toku, v závislosti od druhu horľavého materiálu a ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní odstupových vzdialeností.

V roku 2020 boli vydané zmeny k projektovým normám rady STN 92 0201. V STN 92 0201-4/Z3 [3] je pre určovanie odstupových vzdialeností nanovo zadefinovaná úplne požiarne otvorená plocha a čiastočne požiarne otvorená plocha. Tým, že sa v tejto norme jasne zadefinovala čiastočne požiarne otvorená, vytvorili sa podmienky pre jednotný prístup pri zohľadňovaní horľavých povrchov obvodových stien pri riešení odstupových vzdialeností.

## ROZBOR PROBLEMATIKY

Najprv si zadefinujeme úplne požiarne otvorenú plochu a čiastočne požiarne otvorenú plochu, ktorá nás zaujíma pri riešení odstupových vzdialeností.

**Úplne požiarne otvorená plocha** je plocha

a) obvodovej steny nezabezpečujúcej stabilitu stavby alebo jej časti, ktorá nespĺňa požiadavku na požiarnu odolnosť podľa STN 92 0201-2 [2];



b) obvodovej steny jednopodlažnej stavby, ktorá nespĺňa požiadavku na požiarnu odolnosť podľa STN 92 0201-2 [2];

c) otvoreného otvoru v obvodovej stene alebo otvoru v obvodovej stene uzavretého výplňou, ktorá nespĺňa požiadavky na požiarnu odolnosť podľa STN 92 0201-2 [2].

**Čiastočne požiarne otvorená plocha** bola najprv podľa STN 92 0201-4/Z3 [3] zadefinovaná ako plocha obvodovej steny alebo jej časti, ktorá spĺňa požiadavku na požiarnu odolnosť, jej vonkajšia strana má však povrchovú úpravu, schopnú počas požiaru uvoľniť množstvo tepla z 1 m<sup>2</sup> viac ako 100 MJ.m<sup>-2</sup>. Za povrchovú úpravu možno v tomto prípade považovať stavebné výrobky a ich komponenty, ktoré sa pridávajú na konštrukčné prvky. Ku zmene STN 92 0201-4/Z3 [3] však vyšla Oprava STN 92 0201-4/Z3/Oa [4], ktorá sa týka uvedenej definície čiastočne požiarne otvorenej plochy a ktorá ju mení nasledovne:

Čiastočne požiarne otvorená plocha je plocha obvodovej steny alebo jej časti, ktorá spĺňa požiadavku na požiarnu odolnosť, jej vonkajšia strana má však horľavý povrch a je pri požiari schopná uvoľniť množstvo tepla z 1 m<sup>2</sup> viac ako 100 MJ.m<sup>-2</sup>.

Z tejto definície nám vyplýva, že do odstupovej vzdialenosti je potrebné v prípade čiastočne požiarne otvorenej plochy uvažovať nielen horľavé stavebné výrobky a komponenty, ktoré sa pridávajú z vonkajšej strany na konštrukciu obvodovej steny, ale aj horľavé povrchy, ak je celá obvodová stena vyhotovená z horľavého materiálu, napr. v prípade drevenej zrubovej steny alebo obvodovej steny z CLT.

**Plošné množstvo uvoľneného tepla**  $Q$  horľavých látok vonkajšieho povrchu obvodovej steny sa dá určiť podľa rovnice:

$$Q = \sum M_i \cdot H_i \quad (1)$$

kde

$Q$  je množstvo uvoľneného tepla (MJ.m<sup>-2</sup>),

$M_i$  – plošná hmotnosť  $i$ -tej horľavej látky umiestnenej na vonkajšom povrchu obvodovej steny (kg.m<sup>-2</sup>),

$H_i$  – výhrevnosť  $i$ -tej horľavej látky vonkajšieho povrchu obvodovej steny (MJ.kg<sup>-1</sup>) podľa STN 73 0824 [5],

$j$  – počet druhov horľavých látok.





Plošnú hmotnosť horľavých látok určíme priamo od výrobcu alebo na základe hustoty a hrúbky horľavého materiálu. V prípade zatepl'ovacieho systému alebo dreveného obkladu je v prípade požiaru zapojená do horenia celá hrúbka obkladu. Pri zrubových obvodových konštrukciách alebo konštrukciách z CLT sa však pri uvažovaní celej hrúbky steny pri výpočte  $Q$  môžeme dopracovať k nadmerne vysokým hodnotám uvoľneného tepla. Z teórie horenia dreva je nám známe, že po určitej dobe horenia sa vytvára na povrchu drevenej konštrukcie zuhoľnatená vrstva, ktorá má auto-retardačný účinok a bráni ďalšiemu odhorievaniu. Proces zuhoľnatenia začína pri teplotách vyšších ako  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6]. Pod touto zuhoľnatenou vrstvou je v prípade požiaru trvajúceho viac ako 20 minút približne 30 mm vrstva dreva zasiahnutá vysokou teplotou. Časť tejto vrstvy s teplotou nad  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  je vrstva pyrolýzy [7]. V hĺbke približne 30 mm pod zuhoľnatenou vrstvou je však už drevo, ktorého teplota je rovnaká ako pri izbovej teplote (tj. asi  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), pretože drevo je zlým vodičom tepla a do zostatkového prierezu je privádzané veľmi málo tepla [7]. Štefko a kol. [8] uvádzajú, že tepelná vodivosť zuhoľnatej vrstvy (dreveného uhlia) je asi len  $1/6$  tepelnej vodivosti rastlého dreva, a teda vrstva dreveného uhlia pôsobí ako izolačná vrstva a rozklad dreva, nachádzajúceho sa pod ňou, prebieha spomalene.

## VÝPOČTOVÁ ČASŤ

Pre porovnanie vplyvu horľavých povrchov obvodovej steny na odstupovú vzdialenosť budeme uvažovať so sendvičovou obvodovou stenou panelovej drevostavby rozmerov  $12,41 \times 4,3$  m, ďalej so zrubovou obvodovou stenou a s obvodovou stenou z CLT panelov. Ide o drevostavbu rodinného domu. Požiarne riziko pre požiarneho úsek rodinného domu, vyjadrené výpočtovým požiarным zaťažením  $p_v$ , predstavuje podľa tab. K1 STN 92 0201-1 [9] hodnotu  $50\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Panelová sendvičová konštrukcia bude z vnútornej strany obložená protipožiarным sadrokartónom a z vonkajšej strany obvodovej steny budeme uvažovať horľavý povrch vo viacerých materiálových riešeniach. V obvodovej stene sa nachádzajú dva okenné otvory rozmerov  $1,10 \times 1,25$  m. Zrubová stena bude z ostrohraných trámov hrúbky  $0,20$  m. Stena z CLT bude zhotovená z trojvrstvových



panelov hrúbky 80 mm, pričom stredná vrstva má hrúbku 0,04 m a krajné dve vrstvy hrúbku 0,02 m.

### *Materiál*

Pri výpočtoch budeme teda uvažovať s tromi alternatívami konštrukčného a materiálového riešenia obvodovej steny:

#### 1. alternatíva

- sendvičová panelová konštrukcia s rôznymi materiálovými riešeniami vonkajšieho obloženia obvodovej steny, a to a) zatepl'ovací systém z fasádneho penového polystyrénu EPS hr. 150 mm; b) zatepl'ovací systém z drevovláknitej izolačnej dosky STEICO Protect hr. 0,06 m a c) drevený obklad hr. 0,022 m;

#### 2. alternatíva

- zrubová konštrukcia z ostro-hranených trámov hrúbky 0,20 m (prierez 0,20 x 0,22 m);

#### 3. alternatíva

- konštrukcia z CLT panelov hrúbky 80 mm, stredná vrstva má hrúbku 0,04 m a krajné dve vrstvy hrúbku 0,02 m.

### *Metodika výpočtov*

Postup výpočtov odstupovej vzdialenosti bude v zmysle projektovej normy STN 92 0201-4/Z3/Oa [4]. Najprv určíme odstupovú vzdialenosť od úplne požiarne otvorených plôch v zadefinovanej modelovej obvodovej konštrukcii.

Celková požiarne otvorená plocha (POP)  $S_{po}$  sa určí z pomeru hustoty tepelného toku jednotlivých plôch podľa rovnice:

$$S_{po} = S_{po1} + k_{10} \cdot S_{po2} + k_{11} \cdot S_{po3} \quad [m^2], \quad (2)$$

$S_{po1}$  - úplne požiarne otvorená plocha [ $m^2$ ],

$S_{po2}$  - čiastočne požiarne otvorená plocha [ $m^2$ ],

$S_{po3}$  - požiarne otvorená plocha strešného plášťa [ $m^2$ ],

$k_{10}$  - súčiniteľ čiastočne požiarne otvorenej plochy

$k_{11}$  - súčiniteľ požiarne otvorenej plochy strešného plášťa.



Následne podľa vzťahu 1 vypočítame plošné množstvo uvoľneného tepla z navrhnutých horľavých povrchov panelovej sendvičovej konštrukcie, z horľavého povrchu zrubovej obvodovej steny a od steny z CLT. Na základe výsledkov stanovíme, či dané horľavé povrchy predstavujú čiastočne požiarne otvorenú plochu. Čiastočne požiarne otvorené plochy započítame do celkovej požiarne otvorenej plochy podľa vzťahu (2).

Ďalej sa určí podiel  $p_o$  [%] požiarne otvorených plôch k ploche obvodovej steny:

$$p_o = \frac{S_{po}}{S_p} \cdot 100 \leq 100$$

(3)

a určí sa odstupová vzdialenosť  $d$  [m] podľa tab. 3 STN 92 0201-4 [1], v závislosti od dĺžky a výšky obvodovej steny  $l$  a  $h_u$ , od vypočítaného podielu požiarne otvorených plôch  $p_o$  a od ekvivalentného času trvania požiaru, príp. výpočtového požiarneho zaťaženia.

Výsledky zistených odstupových vzdialeností od navrhnutých horľavých povrchov obvodových stien porovnáme a zhodnotíme.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výpočet odstupovej vzdialenosti od úplne požiarne otvorených plôch:

$$S_{po} = S_{po1}$$

$$S_{po} = S_{po1} = (1,1 \cdot 1,25) \cdot 2 = 2,75 \text{ m}^2$$

$$S_p = l \cdot h_u = 12,41 \cdot 4,3 = 53,36 \text{ m}^2$$

$$p_o = \frac{2,75}{53,36} \cdot 100 = 5,15 \%$$

$$l = 12,41 \text{ m}; h_u = 4,3 \text{ m}, p_v = 50 \text{ kg.m}^{-2}$$

V prípade horľavého konštrukčného celku stavby, čo je náš prípad, sa musí výpočtové požiarne zaťaženie v požiarnej úseku zvýšiť o hodnotu  $25 \text{ kg.m}^{-2}$  v zmysle STN 92 0201-4/Z3 [3].

$$p_v = 50 + 25 = 75 \text{ kg.m}^{-2} \text{ (čl. 4.4.1 d) STN 92 0201-4/Z3 [3])}$$

Odstupová vzdialenosť  $d = 2,7 \text{ m}$ .



V zmysle metodiky sa určí odstupová vzdialenosť od navrhnutých horľavých povrchov, ktoré môžu na základe vypočítaného množstva uvoľneného tepla  $Q$  tvoriť čiastočne požiarne otvorené plochy. Výsledky výpočtov sú uvedené v tab. 1.

**Table 1 Determination of the separation distance from inflammable surfaces of the external wall**

**Tabuľka 1 Určenie odstupovej vzdialenosti od horľavých povrchov obvodovej steny**

P.č.	Horľavý povrch	Hrúbka m	Hustota $\text{kg.m}^{-3}$	Plošná hmotnosť $\text{kg.m}^{-2}$	Normová výhrevnosť $\text{MJ.kg}^{-1}$ STN73 0824	Plošné množstvo tepla $Q$ $\text{MJ.m}^{-2}$	ČPOP	$S_{p02}$ $\text{m}^2$	$p_0$ %	d m
1	Fasádny EPS 70 F	0,15	17	2,55	39	99,45 $\approx 100$	ano	22,27	46,89	8,1
	STEICO Protect	0,06	265	15,9	18	286,2	ano	22,27	46,89	8,1
	Drevený obklad Tatranský profil (smrek)	0,022	460	10,12	17	172,04	ano	22,27	46,89	8,1
2	Zrubová stena KVH hranol	0,2	420	84	17	1428	ano	22,27	46,89	8,1
3	Stena z CLT	0,08	470	37,6	17	639,2	ano	22,27	46,89	8,1

Výpočet odstupovej vzdialenosti od čiastočne požiarne otvorenej plochy:

Čiastočne požiarne otvorená plocha je vo vzťahu (2) označená ako  $S_{p02}$ . Vypočítame ju tak, že od celkovej plochy steny  $S_p$  odpočítame plochu úplne požiarne otvorených plôch  $S_{p01}$ .

$$S_{p02} = S_p - S_{p01} = 53,36 - 2,75 = 50,61 \text{ m}^2$$



V prípade horľavého konštrukčného celku stavby, čo je náš prípad, sa musí výpočtové požiarne zaťaženie v požiarnej úseku zvýšiť o hodnotu  $25 \text{ kg.m}^{-2}$  v zmysle STN 92 0201-4/Z3 [3].

$$p_v = 50 + 25 = 75 \text{ kg.m}^{-2} \text{ (čl. 4.4.1 d) STN 92 0201-4/Z3 [3])}$$

$$k_{10} = 0,44 \text{ (tab. 2 STN 92 0201-4 [1])}$$

$$S_{po2} \cdot k_{10} = 50,61 \cdot 0,44 = 22,27 \text{ m}^2$$

Celková požiarne otvorená plocha  $S_{po}$ :

$$S_{po} = S_{po1} + S_{po2} \cdot k_{10} = 2,75 + 22,27 = 25,02 \text{ m}^2$$

Percento požiarne otvorených plôch:

$$p_o = \frac{25,02}{53,36} \cdot 100 = 46,89 \%$$

Ako je vidieť z tab. 1, určená odstupová vzdialenosť od všetkých uvažovaných horľavých povrchov je rovnaká, a to 8,1 m. Je to spôsobené tým, že spôsob určenia odstupovej vzdialenosti nezohľadňuje skutočne vypočítanú hodnotu plošného množstva tepla, ktorá vyšla pre jednotlivé materiály povrchovej úpravy diametrálne rozdielna. Podstatný bol výsledok, že všetky povrchy mali plošné množstvo uvoľneného tepla väčšie ako  $100 \text{ MJ.m}^{-2}$  a tým tvorili čiastočne požiarne otvorenú plochu, ktorá bola po pre násobení súčiniteľom  $k_{10}$  rovnaká pre všetky povrchy ( $22,7 \text{ m}^2$ ).

V zmysle STN 92 0201-4 [1] je požiarne nebezpečný priestor, ohraničený určenou odstupovou vzdialenosťou, bezpečný vzhľadom na susedné budovy vtedy, ak na jeho hranici je plošná hustota tepelného toku pod úrovňou  $q = 18,5 \text{ kW.m}^{-2}$ .

**Plošná hustota tepelného toku** sa určí z ekvivalentného času trvania požiaru  $\tau_e$  alebo  $\tau_{em}$ , príp.  $p_v$ ,  $p_{vm}$  a z teploty plynov, ktorá je pre ekvivalentný čas trvania požiaru vyjadrená normovou teplotnou krivkou  $T_N$ .

$$q = (T_N + 273)^4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-11} \quad (4)$$

$$T_N = 20 + 345 \log(8t + 1) \quad (5)$$

$q$  – plošná hustota tepelného toku ( $\text{kW.m}^{-2}$ ),

$T_N$  – normová teplota plynov v horiacom priestore v  $^{\circ}\text{C}$ ,

$t$  – ekvivalentný čas trvania požiaru  $\tau_e$  alebo  $\tau_{em}$  v min. príp.  $p_v$ ,  $p_{vm}$  v  $\text{kg.m}^{-2}$ .

Podľa tab. 2 STN 92 0201-4 [1] výpočtovému požiarnejmu zaťaženiu  $p_v = 75 \text{ kg.m}^{-2}$  (pre uvažovaný rodinný dom) zodpovedá plošná hustota tepelného toku  $q = 138$



$\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$ . Keď chceme vypočítať teplotu plynov  $T_N$  pri uvedenom tepelnom toku, môžeme vychádzať z nasledovného vzťahu, ktorý je odvodený zo vzťahu (4):

$$T_N = \left( \frac{q}{5,67 \times 10^{-11}} \right)^{1/4} - 273$$

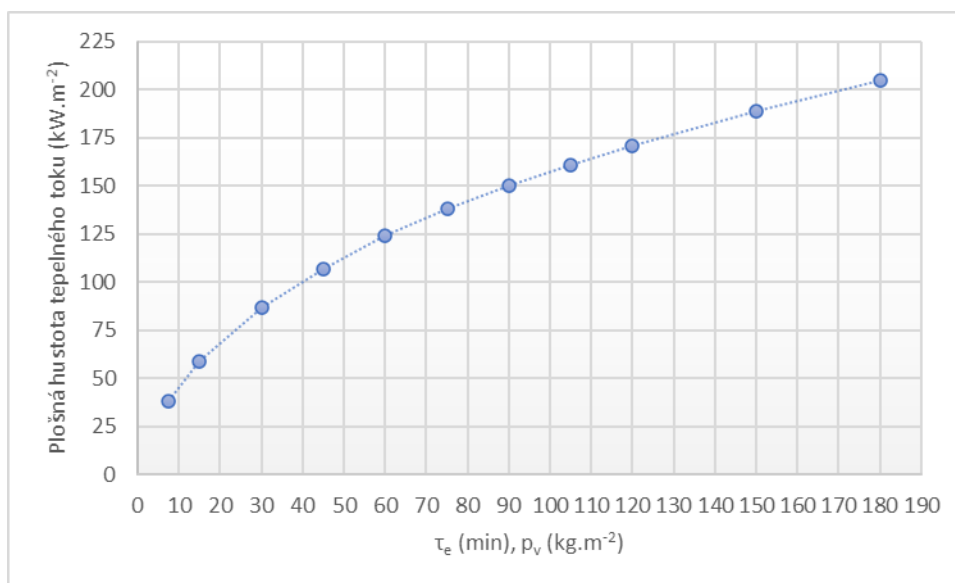
(6)

$$T_N = 976,03 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Tak isto vieme vypočítať teplotu plynov  $T_N$  pre  $q = 18,5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  na hranici požiarne nebezpečného priestoru, ako bolo uvedené vyššie:

$$T_N = 482,78 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Bolo by užitočné určiť plošnú hustotu tepelného toku  $q$  od navrhnutých horľavých povrchov obvodovej steny uvažovaného rodinného domu. Keď budeme vychádzať z tab. 2 STN 92 0201-4 [1], vieme na základe určených hodnôt plošnej hustoty tepelného toku a ekvivalentného času trvania požiaru  $\tau_e$  alebo  $\tau_{em}$ , príp.  $p_v$ ,  $p_{vm}$ , vypočítať zodpovedajúcu teplotu plynov. Na obr. 1 je grafické znázornenie plošnej hustoty tepelného toku  $q$  v závislosti od ekvivalentného času trvania požiaru  $\tau_e$ , resp. výpočtového požiarneho zaťaženia  $p_v$ . Tab. 2 obsahuje vypočítanú teplotu plynov  $T_N$  podľa vzťahu (6) pre jednotlivé hodnoty plošnej hustoty tepelného toku zobrazené v grafe na obr. 1.



**Figure 1 Dependency of the density of the thermal flux from the equivalent fire duration, respectively calculated fire load**

**Obrázok 1 Závislosť plošnej hustoty tepelného toku od ekvivalentného času trvania požiaru, resp. výpočtového požiarneho zaťaženia**

V tab. 2 sú vypočítané teploty plynov  $T_N$  pre všetky hodnoty plošnej hustoty tepelného toku  $q$  a na obr. 2 je grafické znázornenie normovej teploty plynov  $T_N$  v závislosti od hodnôt plošnej hustoty tepelného toku  $q$ . V druhom stĺpci tab. 2 sú hodnoty  $q$  premenené na plošné množstvo tepla  $Q$ , ktoré sa uvoľní z 1 m<sup>2</sup> horľavého povrchu za časovú jednotku 1 s.

**Table 2 Calculated values of the standard temperature of gases**

**Tabuľka 2 Vypočítané hodnoty normovej teploty plynov**

Plošná hustota tep. toku $q$ (kW.m <sup>-2</sup> )	Plošné množstvo tepla $Q$ (J.s <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )*	Normová teplota plynov $T_N$ (°C)
38	38 000	631,79
59	59 000	736,99



87	87 000	839,97
107	107 000	899,06
124	124 000	943,07
138	138 000	976,03
150	150 000	1002,34
161	161 000	1025,11
171	171 000	1044,81
189	189 000	1078,20
205	205 000	1105,93

\*  $1 \text{ kW.m}^{-2} = 1000 \text{ J.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$

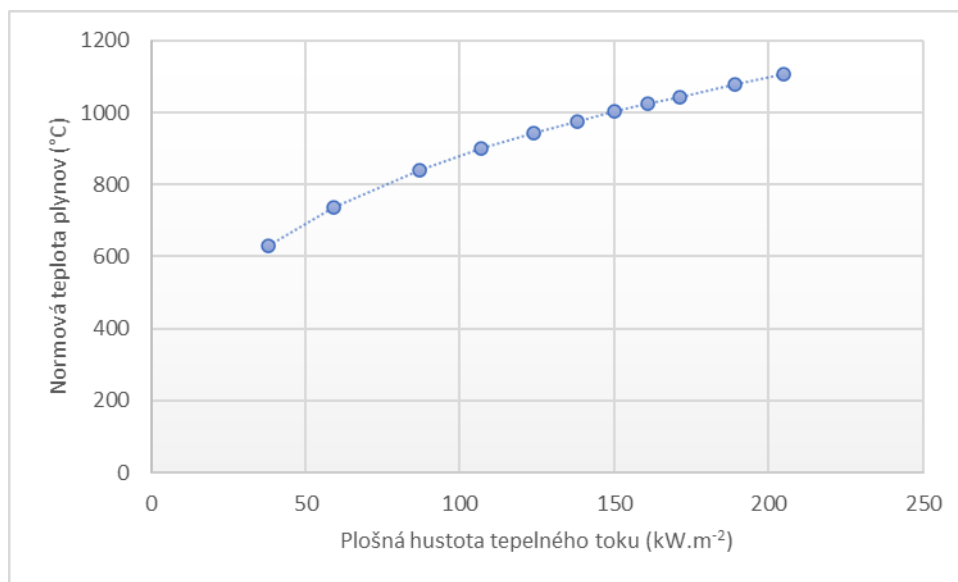


Figure 2 Dependency of the standard temperature of gases from the density of thermal flux

Obrázok 2 Závislosť normovej teploty plynov od plošnej hustoty tepelného toku

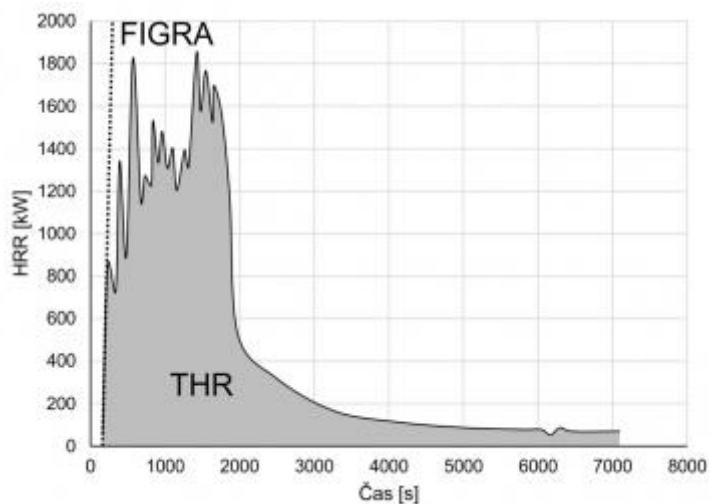
Z obr. 1 vidíme, že plošná hustota tepelného toku rastie úmerne so zvyšujúcou sa hodnotou ekvivalentného času trvania požiaru (výpočtového požiarneho zaťaženia) a



na obr. 2 je vidieť, že normová teplota plynov lineárne narastá so zvyšujúcou sa hodnotou plošnej hustoty tepelného toku.

My však potrebujeme vedieť, koľko tepla sa uvoľní z horľavých povrchov obvodovej steny počas celého procesu horenia. Rýchlosť uvoľňovania tepla HRR (Heat Release Rate) je v súčasnosti jednou z najpodstatnejších požiarotechnických charakteristík. Významnou prednosťou rýchlosti uvoľňovania tepla je fakt, že táto charakteristika neuvádza iba celkové množstvo uvoľneného tepla (jednotka joule), ale vyjadruje aj jeho časovú závislosť v priebehu rozvoja požiaru. Mernou jednotkou je teda joule za sekundu ( $J \cdot s^{-1}$ ) alebo wat. Celkové uvoľnené teplo (THR – Total Heat Release) teda vyjadruje, koľko tepla sa z materiálu uvoľní v priebehu celého procesu horenia. Vo vzťahu k HRR sa jedná o plochu pod jej krivkou (viď. obr. 3). S THR prepočítaným na jednotku plochy je možné sa v českej legislatíve stretnúť tiež v problematike odstupových vzdialeností pri určovaní „požiarnej otvorenosti fasád“ [10]. V slovenskej legislatíve zatiaľ túto možnosť nemáme.

HRR môže slúžiť ako dôležitý vstupný údaj pre modelovanie rozvoja požiaru a simuláciu požiarnych scenárov [10].



**Figure 3 Heat Release Rate – HRR and Total Heat Release – THR**

**Obrázok 3 Rýchlosť uvoľňovania tepla – HRR a celkové uvoľnené teplo – THR**

Zo zistených výsledkov a uvedeného rozboru vyplýva, že odstupová vzdialenosť, ako vidíme z tab. 1, je v konečnom dôsledku rovnaká pre všetky druhy



použitých horľavých povrchov. Je to spôsobené tým, že aj napriek diametrálne odlišným vypočítaným hodnotám plošného množstva tepla  $Q$  uvoľneného z jednotlivých horľavých povrchov bola uvažovaná obvodová stena zaradená v zmysle STN 92 0201-4/Z3/Oa [4] ako čiastočne požiarne otvorená plocha, čo už ďalej neovplyvnilo výsledky odstupovej vzdialenosti. Najväčšie vypočítané plošné množstvo tepla vyšlo od zrubovej obvodovej steny  $1428 \text{ MJ.m}^{-2}$ , najmenšie od fasádneho EPS hr. 150 mm a to na hranici  $100 \text{ MJ.m}^{-2}$ . Pri výpočte  $Q$  od zrubovej steny bola zapojená celá hrúbka trámov 0,2 m. Je však potrebné predpokladať, že pri požiari nebudú trámy horieť naraz v celej hrúbke zrubovej steny, ale budú odhorievat' zo svojho povrchu, to znamená v hrúbke zuhoľnatej vrstvy. Podľa Tereňová, Lagaňa, Kuvik [11] výpočtom podľa Eurokódu 5 sa hrúbka zuhoľnatej vrstvy u skúšaných prierezov mala pohybovať v rozmedzí  $d_{\text{char},0} = 7,8 - 12 \text{ mm}$ . U vzoriek trámov štvorcového prierezu bola experimentom (strednorozmerový test) zistená priemerná hrúbka zuhoľnatenia 7,8 mm, u zrezaného prierezu 11,6 mm. Podľa Špilák a kol. [12] výsledky dosiahnuté simuláciou uvedeného strednorozmerového testu programom Ansys potvrdili výsledky dosiahnuté experimentom. Autori Martinka a kol. [13] experimentom kónickým kalorimetrom dospeli k nasledovným výsledkom pre skúšobnú vzorku zo smrekového dreva (výsledky po 30 min): pri tepelnom toku  $20 \text{ kW.m}^{-2}$  bola hĺbka zuhoľnatenia 22 mm; pri tepelnom toku  $30 \text{ kW.m}^{-2}$  bola hĺbka zuhoľnatenia 28 mm; pri tepelnom toku  $40 \text{ kW.m}^{-2}$  bola hĺbka zuhoľnatenia 33 mm; pri tepelnom toku  $50 \text{ kW.m}^{-2}$  bola hĺbka zuhoľnatenia 36 mm. Diferencie vo výsledkoch uvedených autorov sú v dôsledku rozdielneho tepelného namáhania skúšobnej vzorky a v použitých metodikách.

Podobne bude odhorievat' aj CLT panel. Podľa Leško a Lopusniak [14] pri tepelnom namáhaní CLT sa na povrchu dreva vytvára zuhoľnatená vrstva, ktorá má izolačný charakter a termická degradácia v ďalších vrstvách prebieha pomalšie.

## ZÁVER

Zo získaných výsledkov a predchádzajúcej diskusie vyplýva, že určovanie odstupovej vzdialenosti od horľavých povrchov obvodových stien vyžaduje ďalšiu pozornosť odbornej verejnosti a zároveň výskum v oblasti získania potrebných parametrov pre adekvátne určenie odstupovej vzdialenosti vzhľadom na hrúbku, druh a



tepelno-fyzikálne a požiarotechnické vlastnosti použitého materiálu. Najvhodnejším parametrom pre riešenie tejto problematiky je rýchlosť uvoľňovania tepla HRR. Ak by sme poznali celkové množstvo tepla THR, ktoré sa uvoľní z horľavého povrchu obvodovej steny v priebehu rozvoja požiaru, vedeli by sme určiť, aká plošná hustota tepelného toku mu v jednotlivých časoch zodpovedá a či bude bezpečná vzhľadom na posudzovaný požiarne nebezpečný priestor.

### **PodĎakovanie**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0005 (50 %). Táto práca bola podporovaná Grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV „VEGA č. projektu V-1/0454/20” (50 %).

### **ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV**

1. STN 92 0201-4: 2000 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 4: Odstupové vzdialenosti
2. STN 92 0201-2: 2017 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie
3. STN 92 0201-4/Z3:2020 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 4: Odstupové vzdialenosti. Zmena 3
4. STN 92 0201-4/Z3/Oa: 2020 Požiarne bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 4: Odstupové vzdialenosti
5. STN 73 0824: 1992 Požiarne bezpečnosť stavieb. Výhrevnosť horľavých látok
6. Kačíková, D.; Kačík, F.; Hrnčiarik, P. Vplyv teploty na chemické a mechanické vlastnosti dreva. In Delta: Fire protection & safety scientific journal. Zvolen: TU 2011, Vol. 5 Iss. 10, 16-20. ISSN 1337-0863
7. Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: ČKAIT 2007, 171 s.
8. Štefko, J.; Reinprecht, L.; Kuklík, P. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga group 2006, 204 s.



9. STN 92 0201-1: 2000 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 1: Požiarne riziko, veľkosť požiarneho úseku.
10. Najmanová, H.; Hejtmánek, P.; Ševčík, L. Rychlost uvolňování tepla jako parametr pro hodnocení chování materiálů při požáru. Portál časopisu iMateriály pro stavby a Stavitel pro odborníky ve stavebnictví 2015 [online]. [cit. 2021-10-09]. Dostupné na internete: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/rychlost-uvolnovani-tepla-jako-parametr-pro-hodnoceni-chovani-materialu-pri-pozaru\\_42776.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/rychlost-uvolnovani-tepla-jako-parametr-pro-hodnoceni-chovani-materialu-pri-pozaru_42776.html)
11. Tereňová, Ľ.; Lagaňa, R.; Kuvik, M. The charring layer evaluation of the load-bearing timber members. In: Wood & Fire Safety: 7. medzinárodná vedecká konferencia. Žilina: pre ŽU – Šmíra-Print, s.r.o., ČR, 2012, 319-326. ISBN 978-80-87427-23-1
12. Špilák, D.; Tereňová, Ľ.; Dúbravská, K.; Majlingová, A. Analysis of carbonized layer of wood beams with different geometric cross-section shape. In Delta: Fire protection & safety scientific journal 2018, 65-81. ISSN 1337-0863
13. Martinka, J.; Rantuch, P.; Liner, M. Calculation of charring rate and char depth of spruce and pine wood from mass loss. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2018, 132, 1105-1113.
14. Leško, R.; Lopušniak, M. Požiarna odolnosť drevených prvkov a konštrukcií viacpodlažnej budovy stanovená podľa Eurokodu 5 (Fire resistance of timber elements and structures in multi-storey building determined by Eurocode 5). In Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen 2015, 57, 2, 135-144. ISSN 1336-3824

#### **Adresa autora**

Ing. Ľudmila Tereňová. PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

Tel.: +421 902 438 598

e-mail: ludmila.terenova@tuzvo.sk



**SANAC S**