

## POŽIARNE RIZIKO VYBRANÝCH FAJČIARSKYCH POTRIEB

JOZEF MARTINKA<sup>1</sup>, PETER RANTUCH<sup>2</sup>, KAROL BALOG<sup>3</sup>, IVAN HRUŠOVSKÝ<sup>4</sup>, ANDREA ZSIBRITOVÁ<sup>5</sup>

**Abstract** — Presented paper titled “Fire risk assessment of selected smoking accessories” deals with investigation of fire risk assessment of selected smoking accessories (cigarettes). Cigarettes with total length of 80 mm (the length of tobacco section was 50 mm and the length of filter was 30 mm) have been investigated. The spread rate of smouldering, maximum temperature (in 120 seconds intervals) and burned length of smouldering cigarettes have been determined. The samples have been investigated in horizontal and vertical orientation. The samples in vertical orientation have been investigated under conditions where the spread of smouldering run from lower to upper part (the filter was above the tobacco section) and under conditions where spread of smouldering run from upper to lower part (the filter was below the tobacco section). Obtained data prove that orientation of smouldering cigarette has significant influence on the spread rate of smouldering and also on the burned length. Vertically oriented cigarettes spreading the smouldering from lower to upper part showed the maximum spread rate of smouldering ( $5.04 \pm 0.51 \text{ mm min}^{-1}$ ) and also the burned length ( $100 \pm 0\%$  of tobacco section). However vertically oriented cigarettes spreading the smouldering from upper to lower part showed the minimum spread rate of smouldering ( $2.78 \pm 1.04 \text{ mm min}^{-1}$ ) and also smallest burned length ( $35 \pm 17\%$ ). Cigarettes smouldering in horizontal orientation showed the maximum average temperature ( $532 \pm 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Keywords** — Smoking accessories; Fire risk; Smouldering combustion; Fire investigation

**Abstrakt** — Preložený príspevok „Požiarne riziko vybraných fajčiarskych potrieb“ sa zaoberá výskumom požiarneho rizika vybraných fajčiarskych potrieb

(cigariet). Výskumu boli podrobené cigarety s celkovou dĺžkou 80 mm (z toho 50 mm bola časť s tabakom a 30 mm filter). Pre samovoľne tlejúce cigarety bola stanovená rýchlosť tlenia, maximálna teplota (v 120 sekundových intervaloch) a zhorená dĺžka. Vzorky boli skúmané vo vodorovnej aj zvislej orientácii. Vo zvislej orientácii boli vzorky skúmané pri šírení tlenia zospodu smerom nahor (v zvislej orientácii bol filter nad tabakovou časťou) a pri šírení tlenia zhora smerom nadol (v zvislej orientácii bol filter pod tabakovou časťou). Získané údaje dokazujú, že orientácia samovoľne tlejúcej cigarety má významný vplyv na rýchlosť tlenia aj zhorenú dĺžku. Maximálnu rýchlosť tlenia ( $5,04 \pm 0,51 \text{ mm min}^{-1}$ ) aj zhorenú dĺžku ( $100 \pm 0\%$  tabakovej časti) vykázali cigarety pri vertikálnej orientácii šíriace tlenie zospodu smerom nahor. Naopak minimálnu rýchlosť tlenia ( $2,78 \pm 1,04 \text{ mm min}^{-1}$ ) aj zhorenú dĺžku ( $35 \pm 17\%$ ) vykázali cigarety pri vertikálnej orientácii šíriace tlenie zhora smerom nadol. Maximálnu priemernú teplotu ( $532 \pm 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) vykázali tlejúce cigarety vo vodorovnej polohe.

**Kľúčové slová** — Fajčiarske potreby; Požiarne riziko; Tlenie; Zisťovanie príčin vzniku požiarov

### Úvod

Podľa Štatistickej ročenky HaZZ MV SR 2012 [1] bolo fajčenie v roku 2012 v Slovenskej republike príčinou 813 požiarov. Požiare zapríčinené fajčením spôsobili 6 úmrtí a 34 zranení. Podiel počtu požiarov spôsobených fajčením na celkovom množstve požiarov (14 413) bol 5,64 %. Podstatne vyšší podiel (13,64 %) vykazujú požiare spôsobené fajčením na celkovom počte usmrtených osôb (44). Ešte vyšší podiel (14,66 %) mali požiare spôsobené fajčením na celkovom počte

<sup>1</sup> doc. Ing. Jozef Martinka, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: jozef.martinka@stuba.sk

<sup>2</sup> Ing. Peter Rantuch, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: peter.rantuch@stuba.sk

<sup>3</sup> prof. Ing. Karol Balog, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: karol.balog@stuba.sk

<sup>4</sup> Ing. Ivan Hrušovský, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: ivan.hrusovsky@stuba.sk

<sup>5</sup> Bc. Andrea Zsibritová, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: xzsibritova@is.stuba.sk

zranených osôb (232). Podľa Fire Statistics 2014 [2] boli vo Veľkej Británii fajčiarske potreby (predovšetkým cigarety, cigary a fajky) od apríla 2013 do marca 2014 príčinou až 36,52 % smrteľných požiarov v obytných budovách. Z Fire Statistics [2] rovnako vyplýva, že na 1000 požiarov obytných budov spôsobených fajčiarskymi potrebami (nedbalosťou pri manipulácii s nimi) je až 34 smrteľných. Podľa rozhodnutia Komisie (2008/264/ES) [3] spôsobujú (v Spoločenstve) požiare od nedbanlivo odložených zapálených cigariet minimálne 1000 smrteľných úrazov ročne.

Uvedené štatistické údaje dokazujú vysoké požiarne riziko fajčiarskych potrieb.

Zo smernice Európskeho parlamentu a Rady 2001/95/ES z 3. decembra 2001 o všeobecnej bezpečnosti výrobkov [4], rozhodnutia Komisie 2008/264/ES z 25. marca 2008 [3] a vykonávacieho rozhodnutia Komisie 2011/496/EÚ z 9. augusta 2011 [5] o súlade normy EN 16156:2010 [6] a normy EN ISO 12863:2010 [7] so všeobecnou požiadavkou smernice 2001/95/ES a o uverejnení odkazov na citované normy v úradnom vestníku Európskej únie vyplýva, že od 17.11.2011 sa v Európskej únii nesmú predávať cigarety, ktoré nespĺňajú požiadavku EN 16156:2010. Citovaná norma požaduje, aby pri skúške podľa EN ISO 12863:2010, zhorelo po celej dĺžke menej ako 25% skúšaných cigariet.

Citované štatistické dáta dokazujú, že aj napriek uvedeným požiadavkám na cigarety, nimi spôsobené požiare stále tvoria významný podiel na smrteľných požiaroch.

Cieľom predloženého príspevku je posúdenie vplyvu orientácie cigariet (vodorovná, zvislá – šírenie bezplameňového horenia zhora smerom dolu a vodorovná – šírenie bezplameňového horenia zospodu smerom hore) na schopnosť šírenia bezplameňového horenia.

## 1. POPIS VZORIEK A PODMIENOK SKÚŠKY

Výskumu boli podrobené cigarety s celkovou dĺžkou 80 mm (z toho 50 mm tvorila časť s tabakom a 30 mm tvoril filter).

Vzorka bola zapálená postupom v súlade s EN ISO 12863:2010 [7] a následne uchytená v stojane. Meranie bolo vykonané pre tri polohy vzoriek:

1. vodorovná,
2. zvislá – šírenie bezplameňového horenia zhora smerom dolu (filter je nižšie ako tabaková časť),

3. zvislá – šírenie bezplameňového horenia zospodu smerom hore (filter je vyššie ako tabaková časť).

Po samovoľnom zhasení cigarety (alebo jej úplnom zhorení – cigareta zhorí až po filter) bola zmeraná dĺžka nezhorenej časti. Z uvedeného údaje bola vypočítaná dĺžka zhorenej časti (absolútna a relatívna hodnota). Relatívna hodnota vyjadruje percentuálnu časť (vzhľadom na dĺžku tabakovej časti – nie celej cigarety) zhorenej cigarety. Zo zhorenej dĺžky a času horenia bola vypočítaná priemerná rýchlosť tlenia.

Počas skúšky bola v 120 s intervaloch meraná teplota skúmanej vzorky termokamerou (s nastavenou emisivitou 0,95).

Skúška pri každej polohe cigarety bola opakovaná tri krát.

## 2. VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

Pri vodorovnej polohe, vzorky samovoľne prestali horieť po 6 až 8 minútach. Pri zvislej polohe (šírenie bezplameňového horenia zhora smerom dolu), vzorky samovoľne prestali horieť po 5 až 7 minútach. Pri zvislej polohe (šírenie bezplameňového horenia zospodu smerom hore), vzorky samovoľne neprestali horieť – zhoreli až po okraj náustkového papiera, resp. po filter. Úplné zhorenie pri tejto orientácii vzorky trvalo 9 až 11 minút. Rýchlosť tlenia, pre skúmané orientácie vzoriek, vypočítaná zo zhorenej dĺžky a času horenia znázorňuje tabuľka 1.

Tabuľka 1.: Závislosť rýchlosti tlenia cigarety od jej orientácie (↓ - šírenie tlenia zhora smerom dolu, ↑ - šírenie tlenia zdola smerom hore)

Číslo merania	Rýchlosť tlenia (mm min <sup>-1</sup> )		
	Orientácia vzorky		
	Vodorovná	Zvislá ↓	Zvislá ↑
1	4,86	3,57	4,55
2	3,4	3,17	5,56
3	3,33	1,6	5
Priemer	3,86 ± 0,86	2,78 ± 1,04	5,04 ± 0,51

Rýchlosť tlenia v tabuľke 1 reprezentuje priemerné hodnoty za celý čas trvania skúšky, od zapálenia cigarety až po jej samovoľné uhasenie alebo dohorenie po filter. Rýchlosť tlenia sa však mení s časom a spravidla dosahuje najvyššie hodnoty v časovom intervale tesne po zapálení cigarety. Pre porovnanie Egerton et al. [8] uvádzajú rýchlosť tlenia vodorovne orientovanej cigarety v intervale od 1,8 do 3 mm min<sup>-1</sup>. Získané údaje o rýchlosti tlenia sú rádovo rovnaké, ako rýchlosti tlenia väčšiny organických polymérov prezentované vo vedeckej práci Ohlemillera [9].

Maximálne teploty vzoriek pri podmienkach výskumu a skúmaných orientáciách sú znázornené v tabuľkách 2 až 4.

Tabuľka 2.: Teplota samovoľne tlejúcej cigarety vo vodorovnej polohe

Čas (s)	Teplota (°C)			
	Číslo merania			
	1	2	3	Priemer
60	586,6	522,2	465,1	525 ± 61
180	559,5	507,3	528,1	532 ± 26
300	514,6	365,3	504,5	462 ± 83
420	459,3	35,7	245,9	247 ± 212
540	39,1	27	47,6	37,9 ± 10
660	27,4		27,4	

Tabuľka 3.: Teplota samovoľne tlejúcej cigarety vo zvislej polohe (šírenie tlenia zhora smerom dolu)

Čas (s)	Teplota (°C)			
	Číslo merania			
	1	2	3	Priemer
60	430,6	365,4	377	391 ± 35
180	555,6	417,2	390,6	455 ± 89
300	536,4	338,9	164,6	347 ± 186
420	75,9	62,8	33,1	57 ± 222
540	26,5	26,6	26,9	26,7 ± 0,2

Tabuľka 4.: Teplota samovoľne tlejúcej cigarety vo zvislej polohe (šírenie tlenia zdola smerom hore)

Čas (s)	Teplota (°C)			
	Číslo merania			
	1	2	3	Priemer
60	568,2	385,5	305,4	420 ± 135
180	411,2	439,4	429,9	427 ± 14
300	441,2	423,4	302	389 ± 76
420	419,4	401,2	448,3	423 ± 24
540	453,1	192	286,3	310 ± 132
660	140,8	31,3	120,5	98 ± 58
780	28,5		30,1	

Maximálnu priemernú teplotu tlenia vykázali cigarety vo vodorovnej orientácii. Zmeraná hodnota 525 ± 61 °C je podstatne nižšia, ako maximálna teplota tlenia cigarety (820 °C) uvádzaná Egertonom et al. [8]. Príčinou uvedeného rozdielu bol pravdepodobne zvolený interval merania teploty. Teplota bola prvý krát zmeraná 60 s po zapálení cigarety a následne každých 120 s. Cigarety dosahuje maximálnu teplotu počas žeravenia (v čase aktívneho fajčenia). Hodnota (820 °C)

prezentovaná Egertonom et al. [8] bola zmeraná pravdepodobne vo fáze aktívneho fajčenia cigarety alebo tesne po ňom.

Porovnanie priemerných teplôt skúmaných cigariet s teplotou vzplanutia a vznietenia prírodných a syntetických polymérov prezentovaných vo vedeckých prácach [10-11] dokazuje, že tlejúca cigareta má vyššiu teplotu, ako teplota vzplanutia a vznietenia väčšiny organických polymérov. Pri posudzovaní schopnosti tlejúcej cigarety zapáliť materiál je však potrebné zachovať mimoriadne vysoký stupeň opatrnosti, nakoľko kontakt cigarety (s teplotou nad teplotou vznietenia alebo vzplanutia materiálu) s materiálom nespôsobí automaticky jeho zapálenie. Na skutočnosť či dôjde alebo nedôjde k zapáleniu materiálu má v tomto prípade vplyv veľké množstvo faktorov. Uvedené faktory súvisia s vlastnosťami iniciovaného materiálu (rozmery, tepelná vodivosť, tepelná kapacita, hustota a ďalšie), vlastnosťami tlejúcej cigarety, podmienkami okolia (napr. rýchlosť prúdenia vzduchu) a vzájomnej orientácie tlejúcej cigarety a iniciovaného materiálu. Pri posúdení možnosti iniciácie materiálu tlejúcou cigaretou je potrebné zobrať do úvahy aj iné požiarotechnické vlastnosti materiálu, ako len teplotu vzplanutia a vznietenia, ďalej prípadnú ochranu materiálu retardérmí horenia, spôsob iniciácie a ďalšie súvisiace okolnosti. Problematiku iniciácie materiálov a následný rozvoj požiaru riešia napr. vedecké práce [12-14].

Dĺžku zhorenej časti cigarety v závislosti od jej orientácie ilustruje tabuľka 5.

Tabuľka 5.: Závislosť zhorenej dĺžky cigarety od jej orientácie (↓ - šírenie tlenia zhora smerom dolu, ↑ - šírenie tlenia zdola smerom hore)

Poloha	Zhorená dĺžka (mm)				Zhorená dĺžka (%)			
	Číslo merania				Číslo merania			
	1	2	3	Priemer	1	2	3	Priemer
Vodorovná	34	17	20	24 ± 9	68	34	40	47 ± 18
Zvislá ↓	25	19	8	17 ± 9	50	38	16	35 ± 17
Zvislá ↑	50	50	50	50 ± 0	100	100	100	100 ± 0

Údaje v tabuľke 5 dokazujú, že orientácia cigarety má významný vplyv na dĺžku zhorenej časti, resp. na jej samozhášavosť. Cigareta vo zvislej polohe (samovoľne bez aktívneho fajčenia šíriaca tlenie zospodu smerom hore) samovoľne nezhasne. V tejto orientácii by preto nemala byť považovaná za samozhášavú.

## ZÁVER

Predložená vedecká práca sa zaoberala výskumom vplyvu orientácie samovoľne tlejúcich cigariet na rýchlosť a teplotu tlenia a zhorenú dĺžku.

Získané údaje dokázali, že orientácia samovoľne tlejúcej cigarety má významný vplyv na rýchlosť tlenia, priemernú teplotu tlenia aj zhorenú dĺžku.

Maximálna priemerná rýchlosť tlenia ( $5,04 \pm 0,51$  mm min<sup>-1</sup>) aj zhorená dĺžka ( $100 \pm 0\%$  tabakovej časti), bola zmeraná pre cigarety s vertikálnou orientáciou šíriace tlenie zospodu smerom nahor. Naopak minimálna priemerná rýchlosť tlenia ( $2,78 \pm 1,04$  mm min<sup>-1</sup>) aj zhorená dĺžka ( $35 \pm 17\%$  tabakovej časti) bola zmeraná pre cigarety s vertikálnou orientáciou šíriace tlenie zhora smerom nadol.

Maximálnu teplotu tlenia ( $532 \pm 26$  °C) vykazovali cigarety tlejúce vo vertikálnej orientácii.

## POĎAKOVANIE

Predložená vedecká práca vznikla vďaka finančnej podpore agentúry VEGA MŠVVaŠ SR pre projekt VEGA 1/0811/14 „Využitie komplexnej termickej analýzy a výpočtovej termodynamiky pri štúdiu procesov v progresívnych materiálových systémoch“ (50%). Predložená vedecká práca vznikla rovnako vďaka podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja pre projekt APVV-0057-12 (50%).

## ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] Prezídium HaZZ MV SR. 2012. *Štatistická ročenka*. Bratislava: Ministerstvo vnútra SR, 2012.
- [2] Department for Communities and Local Government. 2014. *Fire Statistics: Great Britain April 2013 to March 2014*. Londýn: Department for Communities and Local Government. [cit. 2016-04-25]. Dostupné na internete <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/456652/Fire\\_Statistics\\_Great\\_Britain\\_2013-14\\_PDF\\_Version.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/456652/Fire_Statistics_Great_Britain_2013-14_PDF_Version.pdf)>.
- [3] Rozhodnutie Komisie z 25. marca 2008 o požiadavkách na požiaru bezpečnosť, ktoré musia podľa európskych noriem spĺňať cigarety v súlade so smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2001/95/ES (2008/264/ES).
- [4] Smernica 2001/95/ES Európskeho parlamentu a Rady z 3. decembra 2001 o všeobecnej bezpečnosti výrobkov.
- [5] Vykonávacieho rozhodnutie Komisie 2011/496/EÚ z 9. augusta 2011 o súlade normy

EN 16156:2010 Cigarety – posúdenie vznietivosti – požiadavka na bezpečnosť a normy EN ISO 12863:2010 Štandardná testovacia metóda na posúdenie vznietivosti cigariet so všeobecnou požiadavkou smernice 2001/95/ES a o uverejnení odkazov na normy EN 16156:2010 Cigarety – posúdenie vznietivosti – požiadavka na bezpečnosť a EN ISO 12863:2010 Štandardná testovacia metóda na posúdenie vznietivosti cigariet v Úradnom vestníku Európskej únie.

- [6] EN 16156:2010 : Cigarettes - Assessment of the ignition propensity - Safety requirement.
- [7] EN ISO 12863:2010 : Standard test method for assessing the ignition propensity of cigarettes.
- [8] Egerton A., Guban K., Weinberg F. 1963. The mechanism of smouldering in cigarettes. In *Combustion and Flame*. 1963, vol. 7, issue 1, s. 63-78.
- [9] Ohlemiller T.J. 2002. Smoldering combustion. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. Maryland : SFPE, 2002, s. 2-200–2-210.
- [10] Balog K., Kvarčák M. 1999. *Dynamika požáru*. Ostrava : SPBI, 1999.
- [11] Zachar M., Mitterová I., Xu Q., Majlingová A., Cong J., Galla Š. 2012. Determination of fire and burning properties of spruce wood. In *Drwna Industrija*. 2012, vol. 63, issue 3, p. 217-223.
- [12] Coneva I. 2014. Experimentálne zisťovanie horľavosti plastov na báze celulózy metódou oxygen index. In *Advances in Fire and Safety Engineering 2014: recenzovaný zborník pôvodných vedeckých prác z III. ročníka medzinárodnej vedeckej konferencie Advances in Fire and Safety Engineering 2014 a sprievodných medzinárodných vedeckých konferencií*. Trnava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2014, s. 96-101.
- [13] Svetlík J. 2014. Požiar v motorovom priestore automobilu. In *Advances in Fire and Safety Engineering 2014: recenzovaný zborník pôvodných vedeckých prác z III. ročníka medzinárodnej vedeckej konferencie Advances in Fire and Safety Engineering 2014 a sprievodných medzinárodných vedeckých konferencií*. Trnava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2014, s. 92-95.
- [14] Mózer V., Loveček T., Veľas A., Makovická L. 2014. Fire safety and security threats identification and elimination. In *Advanced Materials Research*. 2014, vol. 1001, issue 1. s. 306-311.