

ODHORIEVANIE HORĽAVÝCH KVAPALÍN Z RÔZNYCH PODLAHOVÝN KRYTÍN

Karol Balog - Monika Hornáčková - Jozef Harangozó - Enrico Obst

AWAY-BURNING OF FLAMMABLE LIQUIDS OF DIFFERENT FLOOR COVERINGS

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá skúmaním vplyvu vlastností podlahovín krytín na priebeh procesu horenia kvapalín vyliatych na ich povrch. Stanovil sa vplyv vlastností podlahových krytín na čas horenia horľavej kvapaliny a plochu poškodennej časti podlahovej krytiny. Pre experimenty boli použité polyamidový koberec a PVC podlahová krytina a horľavá kvapalina denaturovaný lieh a automobilový benzín s oktánovým číslom 95.

KLúčové slová: horenie, horľavé kvapaliny, podlahoviny, čas horenia, poškodenie podlahovej krytiny spôsobené horením

ABSTRACT

The paper deals with assessing the impact properties of floor coverings of the process of burning liquid spillage onto the surface. Determine the impact properties of the flooring on the time of burning flammable liquid and the surface of the damaged portion of the floor covering. Experiments were used for polyamide carpet and PVC flooring and flammable liquid denatured alcohol and petrol with an octane rating of 95

Key words: combustion, flammable liquids, flooring, burning time, damage to the flooring caused by burning

Úvod

Problematicou odhorievania horľavých kvapalín z rôznych povrchov sa zaoberajú viacerí autori [1, 2]. Podrobný súhrn prác z tejto problematiky uvádza Matthew E. Benfer [3]. Práce venované tejto problematike sú dôležité najmä pre potreby vypracovania protopožiarnych opatrení ako aj pre potreby zisťovania príčin požiarov.

2 Horenie kvapalín

Pri horení kvapalín účinkom tepla na jej povrchu dochádza k odparovaniu kvapaliny spojeného s úbytkom hmotnosti kvapaliny. Horľavé pary sa miešajú s oxidačným prostriedkom, tvorí sa horľavá zmes a po dodaní potrebnej energie dochádza k zapáleniu a plamennému horeniu. Pri horení sa uvoľňuje ďalšie teplo potrebné na propagáciu procesu horenia. Uvoľnené teplo pôsobí najmä na hladinu kvapaliny, jej teplota rastie a tiež rastie intenzita vyparovania. To sa prejaví na zväčšenom objeme horľavých pár a intenzite horenia. [4]

Horľavá kvapalina môže horieť v otvorenom zásobníku alebo na rôznych povrchoch vo forme úniku. Dané množstvo kvapaliny rozliatej na veľkej ploche horí s vyšším tepelným výkonom v kratšom čase a na menšej ploche s nižším tepelným výkonom dlhšiu dobu. Pri rozliatí môže horľavá kvapalina tvoriť mláku ľubovoľného tvaru a hrúbky. Po zapálení sa oheň rýchlo rozširuje po celom povrchu rozliatej kvapaliny. Horenie je taktiež ovplyvnené povrchom materiálu. Rýchlosť šírenia plameňa horľavých kvapalín sa pohybuje od 10 cm/s do 2 m/s. [5]. Príklady rýchlosti odhorievania kvapalín sú uvedené v tab. 1 a tab. 2 .

Tabuľka č. 1 Hodnoty rýchlosti odhorievania vybraných kvapalín [10]

Horľavá kvapalina	Hustota (kg.m ⁻³)	Rýchlosť odhorievania (kg.m ⁻² .min ⁻¹)
Acetón	790	2,8
Automobilový benzín	770	3,2
Benzén	879	5,5
Etanol	789	1,65
Fenol	1070	3,1
Metanol	795	1,0
Motorová nafta	820	3,1
Petrolej	780	3,1

Tabuľka č. 2 Rýchlosť odhorievania, celkové spalné teplo niektorých horľavých kvapalín [12]

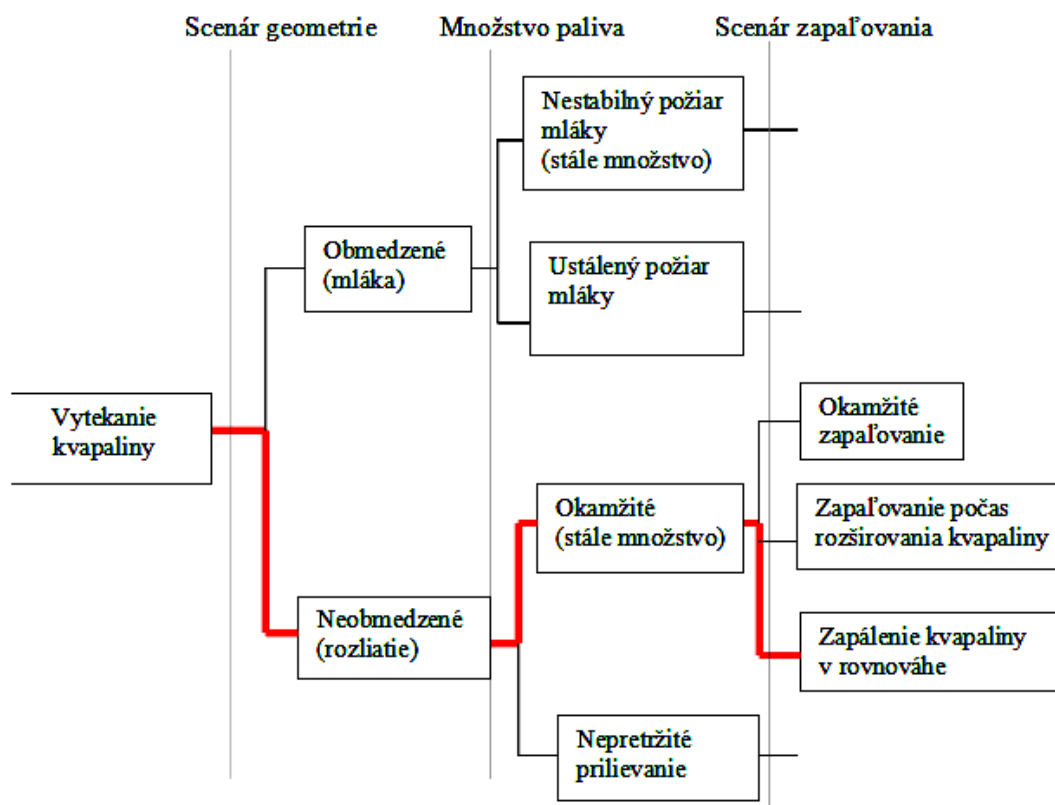
Horľavá kvapalina	Rýchlosť odhorievania	Spaľovacie teplo	Hustota
	\dot{m}'' ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	ΔH_c ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
Motorový olej	0,044	44,400	918
Benzín	0,055	43,700	740
Petrolej	0,039	43,200	820
Transformátorový olej	0,039	46,000	760

Medzi rozhodujúce parametre, ktoré ovplyvňujú priebeh procesu horenia po vyliatí kvapaliny na povrch materiálu sú fyzikálno-chemické vlastnosti kvapaliny, vlastnosti materiálu na ktorý vyteká kvapalina a vlastnosť rozhrania medzi kvapalinou a materiálom. (tab. 3). [2]

Tabuľka č. 3 Parametre ovplyvňujúce proces odhorievania kvapalín z povrchu materiálu [2]

Charakteristiky kvapaliny	Charakteristiky materiálu	Charakteristiky na rozhraní
Povrchové napätie	Drsnosť povrchu	Dotykový uhol
Viskozita	Priepustnosť povrchu	
Hustota	Tepelná zotrvačnosť	
Teplota horenia	Horľavosť	
Rýchlosť hmotnostného odhorievania		

Je ťažké modelovať požiar horľavej kvapaliny v ustálenom stave, pretože je veľká škála scenárov. Pre charakterizovanie vývoja rôznych typov požiarov horľavých kvapalín môže byť použitý strom udalostí (Obr. 1). Je tu možné vidieť viac úrovní, z nich každá predstavuje určité hľadisko požiaru [3].



Obrázok 1 Strom udalostí pre vytekanie kvapaliny [3]

Vplyv topografia povrchu na proces horenia rozliatej kvapaliny

Pri úniku nebezpečných kvapalín väčšina plôch nie je ideálna (dokonale rovná a priepustná). Priepustnosť alebo tendencia konkrétnej kvapaliny preniknúť do porézneho povrchu je daná povrchom materiálu. Medzi charakteristiky materiálov popisujúce prenikanie kvapaliny do jej povrchu patrí rovinnosť, drsnosť a pórovitosť. Každá z týchto charakteristík ovplyvní, do akej miery sa kvapalina rozleje na povrch, resp. do akej hĺbky presiakne. Rovinnosť materiálu predstavuje veľký problém v tom, že kvapaliny majú tendenciu smerovať do nízkych miest, alebo do spodnej časti nakloneného povrchu. [3].

Výsledky experimentov a použitý materiál

V našej práci sme sledovali proces tvorby mláky pri rozliatí horľavej kvapaliny na podlahovú krytinu a po zapálení vytvorenej mláky čas horenia a veľkosť poškodenej plochy podlahovej krytiny horením. V experimentoch sa použil denaturovaný lieh a automobilový benzín (s oktánovým číslom 95). Materiál z ktorého odhorievali horľavé kvapaliny bol koberec a PVC podlahová krytina o rozmeroch (20 x 20) cm, ktoré boli umiestnené na nehorľavej podložke (tab. 4).

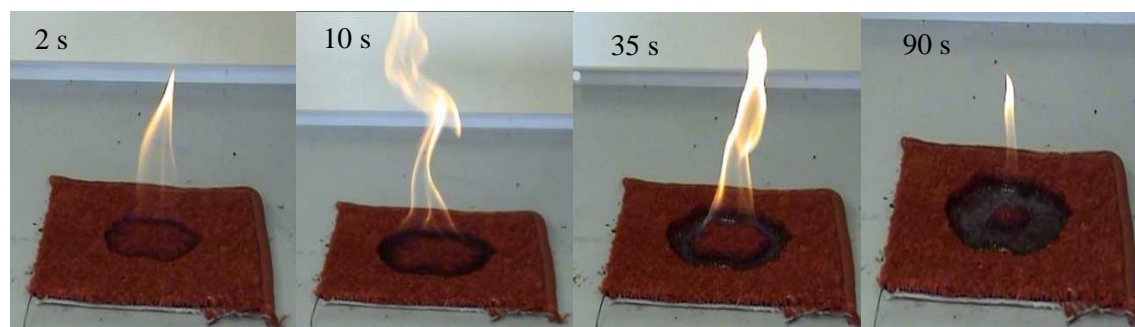
Tabuľka č. 4 Popis použitých podlahových krytín

Vzorka podlahovej krytiny	Popis
Koberec 1	Domáci/kancelársky uzlíkový koberec. Materiál 100% polyamid. Výška vlasu 3 mm, celková výška 4,7 mm. Podklad – umelá juta. Hmotnosť na jednotku plochy: 1600 g/m ²
Koberec 2	Domáci/kancelársky koberec so strihaným vlasom. Materiál 100% polyamid. Výška vlasu 5 mm. Podklad - plst'. Hmotnosť na jednotku plochy: 1200 g/m ²
PVC podlaha	100% polyvinylchlorid, podlahovina pre bytové priestory. Celková hrúbka 2,8 mm. Hmotnosť na jednotku plochy: 1600 g/m ²

Horľavé kvapaliny sme aplikovali pomocou byrety do stredu podlahovej krytiny z výšky 50 mm. Teplota podlahových krytín aj horľavých kvapalín bola stabilizovaná na teplotu skúšobného priestoru 25°C. Ako iniciátor horenia sa použil plameň horiacej zápalky.

Odhorievanie denaturovaného liehu z povrchu kobercov

Pomocou byrety sme aplikovali na povrch koberca denaturovaný lieh o objeme 10 ml, 20 ml, 30 ml a 40 ml. Horľavú kvapalinu sme nechali vsiaknuť 60 s a odmerali priemer vytvorenej mláky. Pri koberci 1 bolo možné odmerať priemer mláky, čo u koberca 2 nebolo možné pre vysoký vlas. Po zapálení denaturovaného liehu sa plameň začal šíriť od vonkajšieho okraja mláky smerom k stredu. (Obr. 2).



Obrázok 2 Pribeh odhorievania 10ml denaturovaného liehu z koberca 2

Pri objeme 40 ml vyhořela celá plocha koberca 1 a koberca 2 so zachovaním podkladu. Po dohorení plameňa sme zmerali plochu odhorenia. Výsledky odhorievania denaturovaného liehu z jednotlivých druhov koberca sú uvedené v tab. 5 a tab. 6.

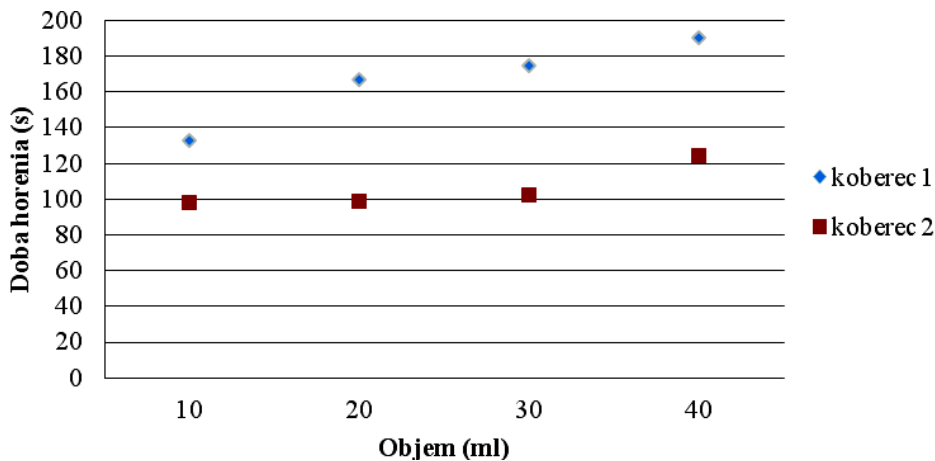
Tabuľka č. 5 Odhorievanie denaturovaného liehu z koberca 1

Kvapalina	Objem (ml)	Hmotnosť (g)	Priemer mláky (cm)	Plocha mláky (cm ²)	Plocha odhorenia (cm ²)	Doba horenia (s)
Denaturovaný lieh	10	7,9	7	38,5	132,7	133
	20	15,8	10	78,5	201,1	167
	30	23,9	15	176,7	254,5	175
	40	31,2	17	227,0	314,2	190

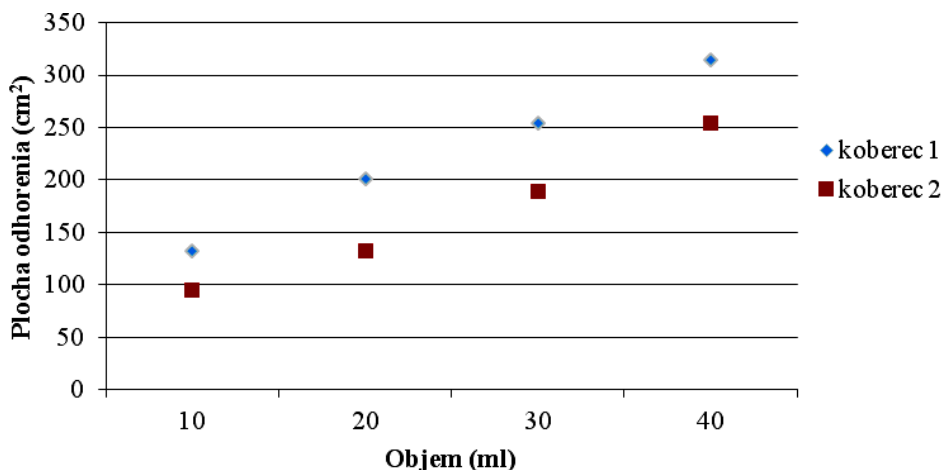
Tabuľka č. 6 Odhorievanie denaturovaného liehu z koberca 2

Kvapalina	Objem (ml)	Hmotnosť (g)	Plocha odhorenia (cm ²)	Doba horenia (s)
Denaturovaný lieh	10	7,9	95,0	98
	20	15,8	132,7	99
	30	23,9	188,7	102
	40	31,2	254,5	124

Závislosť doby horenia vytvorenej mláky denaturovaného liehu na povrchu kobercov od množstva vyliatej horľavej kvapaliny je uvedená na obr. 3 a závislosť plochy odhorenia od množstva vyliatej horľavej kvapaliny je uvedená na obr. 4.



Obrázok 3 Závislosť doby horenia od objemu denaturovaného liehu na koberci 1 a 2



Obrázok 4 Závislosť plochy odhorenia od objemu denaturovaného liehu na koberci 1 a 2

V rámcinášho experimentu sme porovnávali dva typy kobercov, ktoré mali síce vlas z rovnakého typu materiálu, ale rozdielna bola jeho výška, typ viazania, hmotnosť na jednotku plochy, ako aj podklad. V prípade koberca 1 plocha odhorenia ako aj čas horenia rástol spolu s objemom horľavej kvapaliny. U koberca 2 je správanie odlišné, plocha odhorenia síce s objemom horľaviny tiež rastie, ale čas horenia je v objeme 10 až 30 ml takmer totožný a až s objemom 40 ml začína výraznejšie rásť. Toto môže byť spôsobené tým, že vyvinutá teplota bola až pri objeme 40 ml dostatočná, aby začal horieť podklad koberca, čím sa zvýšil čas horenia. Zároveň sme zistili, že pri vzájomnom porovnaní kobercov, rýchlosť aj plocha odhorenia je pri všetkých sledovaných objemoch horľavej kvapaliny väčšia u koberca 1. Možným dôvodom takéhoto správania je rozdielna zložitosť pórov týchto dvoch materiálov. Koberec 1 je uzlíkový typ, u ktorého je teda zložitosť pórov väčšia, ako u koberca 2, kde sa jedná o strihaný vlas (póry sú približne lineárne).

Odhorievanie denaturovaného liehu a benzínu z koberca a PVC podlahovej krytiny

Pri ďalšom experimente sme sledovali odhorievanie denaturovaného liehu a benzínu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny. Horľavú kvapalinu sme dávkovali v objeme 5 ml, 10 ml a 20 ml. Na koberci bolo možné odmerať priemer vsiaknutej kvapaliny, na PVC podlahovej krytine sa kvapalina rozliala po povrchu. Po zapálení kvapaliny sme pozorovali rozdiely v horení denaturovaného liehu a benzínu. Denaturovaný lieh začal odhorievať od vonkajšieho priemeru mláky, pri benzíne horel celý povrch.. Na obr. 5 a obr. 6 je porovnanie horenia denaturovaného liehu a benzínu z oboch povrchov.



Obrázok 5 Odhorievanie denaturovaného liehu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny



Obrázok 6 Odhorievanie benzínu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny

Horenie denaturovaného liehu a benzínu na koberci 1 spôsobilo vypálenie podlahovej krytiny ohraničenej vytvorenou mláskou, pričom odhorievanie denaturovaného liehu a benzínu na PVC podlahovej krytine poškodilo iba vrchnú vrstvu (obr. 7).

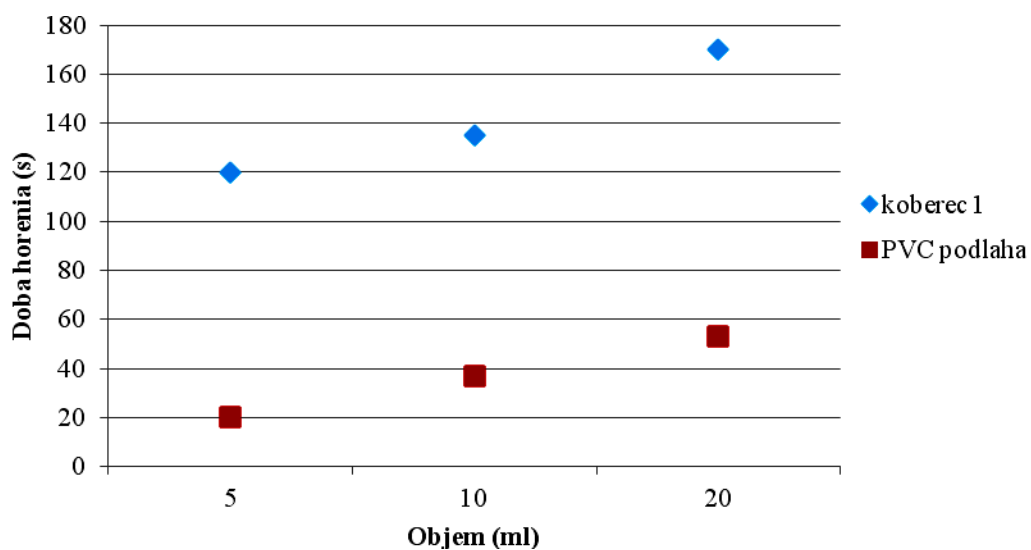


Obrázok 7 Porovnanie odhorenia na koberci a PVC podlahovej krytine

V tab. 7 sú uvedené výsledky odhorievania denaturovaného liehu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny. Na obr. 8 je závislosť doby horenia od objemu denaturovaného liehu na koberci 1 a PVC podlahovej krytine.

Tabuľka č. 7 Odhorievanie denaturovaného liehu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny

Podlahová krytina	Objem (ml)	Hmotnosť (g)	Priemer mláky (cm)	Plocha mláky (cm ²)	Doba horenia (s)
Koberec 1	5	3,9	5,5	23,8	120
	10	7,9	7,0	38,5	135
	20	15,8	10,0	78,5	170
PVC podlaha	5	3,9			20
	10	7,9			37
	20	15,8			53

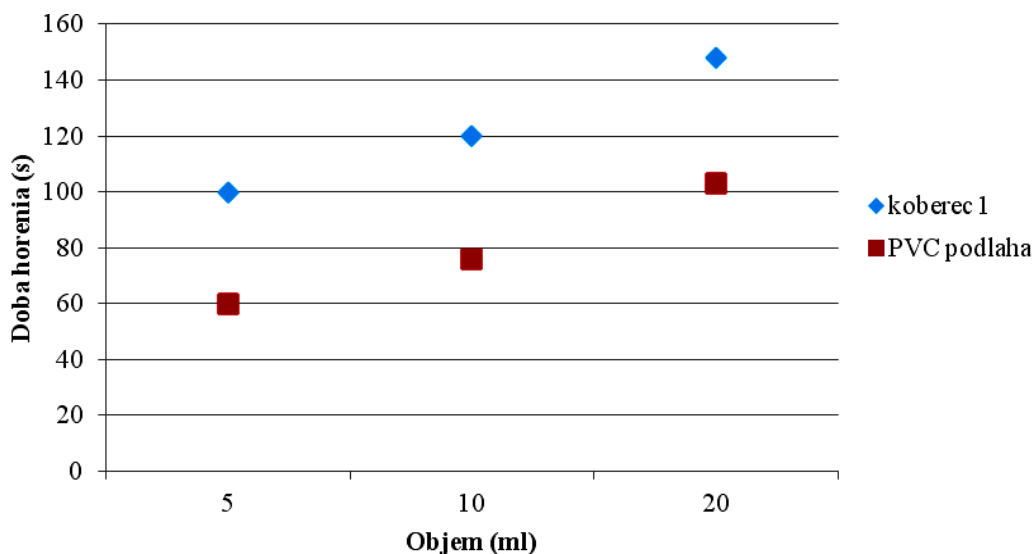


Obrázok 8 Závislosť doby horenia od objemu denaturovaného liehu na koberci 1 a PVC podlahovej krytine

Zistili sme rozdiel v dobe odhorievania denaturovaného liehu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny (obr. 8). Denaturovaný lieh vsiakol do koberca a odhorieval postupne, kým na PVC podlahovej krytine sa rozťiekol po povrchu, čím vytvoril väčší povrch mláky. Hodnoty odhorievania benzínu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny sú uvedené v tab. 8. Na obr. 9 je znázornená závislosť doby horenia rozliatej kvapaliny na povrchu koberca 1 a PVC podlahovej krytiny od objemu použitého benzínu.

Tabuľka č. 8 Odhorievanie benzínu z koberca 1 a PVC podlahovej krytiny

Podlahová krytina	Objem (ml)	Hmotnosť (g)	Priemer mláky (cm)	Plocha mláky (cm ²)	Doba horenia (s)
Koberiec 1	5	3,8	5,7	25,5	100
	10	7,6	8,0	50,3	120
	20	15,0	11,0	95,0	148
PVC podlaha	5	3,8			60
	10	7,6			76
	20	15,0			103



Obrázok 9 Závislosť doby horenia od objemu benzínu na koberci 1 a PVC podlahovej krytine

Po zapálení benzínu sa povrch materiálu rýchlo pokryl plameňom a šírila sa po celom povrchu mláky. Výpary sa šírili aj mimo hranicu úniku, čo malo za následok spaľovanie väčšej plochy. V druhej časti experimentu sme sledovali odhorenie horľavej kvapaliny z dvoch rôznych povrchov (jeden typ koberca a PVC podlahová krytina). Zároveň sme sledovali vplyv dvoch rôznych horľavých kvapalín na odhorievanie. Doba horenia je u oboch testovaných horľavých kvapalín vyššia u koberca. Predpokladáme, že je to spôsobené tým, že pri použití koberca je horľavá kvapalina vsiaknutá do koberca, takže sa pri horení uvoľňuje postupne a preto horí pomalšie, než u PVC podlahy, kde sa horľavá kvapalina nevsiakne.

Tiež sme zistili, že doba horenia benzínu je u koberca nižšia ako doba horenia denaturovaného liehu. Naopak, meranie doby horenia u PVC podlahovej krytiny je s týmto poznatkom v rozpore. Doba horenia benzínu je u PVC podlahy vyššia ako doba horenia denaturovaného liehu. Predpokladáme, že toto je spôsobené uvoľňovaním látok v prítomnosti benzínu z vrchnej vrstvy PVC podlahy, ktoré sú horľavé a predlžujú tak čas horenia. (pre úpravu PVC podlahy sa používajú vosky, ktoré sa v benzíne rozpúšťajú, ale v denaturovanom liehu nie).

Záver



Dôležitými faktormi, ktoré ovplyvňujú priebeh procesu horenia havarijne uniknutých alebo aj zámerne vyliatých horľavých kvapalín na pevné povrchy sú najmä pórovitosť materiálu, výška vlákien a hustota tkania u kobercov, teplota okolitej atmosféry, fyzikálno-chemické vlastnosti kvapaliny a podlahových krytín, interakcia podlahoviny s kvapalinou. V práci bolo experimentálne overené odhorievanie denaturovaného liehu z dvoch druhov kobercov a odhorievanie denaturovaného liehu a benzínu z koberca a PVC podlahy. Rôzne materiály s rôznym podkladom odhorievajú rôzne. Pritom nezáleží len na vlastnostiach horľavej kvapaliny a podkladu, ale je nutné brať do úvahy aj ich kombináciu, keďže sa tieto dva materiály môžu ovplyvniť ešte pred samotným horením (rozpúšťanie časti materiálu, uvoľňovanie aditív, narušenie povrchu a pod.), čo sa následne prejaví zmenou procesu horenia oproti predpokladanému scenáru.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] *Flammable and Combustible Liquid Spill / burn pattern*. [online] [cit. 2012-10-25].
Dostupné na internete: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/186634.pdf>
- [2] Dostupné na internete: <https://www.rtz.fire/int/topics/gov> [online] [cit. 2012-12-14].
- [3] Dostupné na internete: <https://www.suzgel/elw/combustion.gov> [online] [cit. 2012-12-07].
- [4] KVARČÁK, M., 2005. *Základy požárnej ochrany*. Ostrava, SPBI, 134 s., ISBN 80-86634-76-0
- [5] *Fire Dynamics Tools* [online] [cit. 2012-11-25]. Dostupné na internete:
<http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0319/ML031990145.pdf>
- [6] Dostupné na internete: <https://www.flammable-liquids.her.curity/ary/systems/dw.gov> [online] [cit. 2012-11-29].

ADRESY AUTOROV:

prof. Ing. Karol BALOG, PhD., Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta, Ústav bezpečnosti environmentu a kvality, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: karol.balog@stuba.sk

Ing. Monika HORNÁČKOVÁ, Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta, Ústav bezpečnosti environmentu a kvality, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika., Slovensko

Ing. Jozef HARANGOZÓ, PhD., Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta, Ústav bezpečnosti environmentu a kvality, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika., e-mail: jozef.harangozo@stuba.sk

Ing. Enrico OBST,

♦ Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta, Ústav bezpečnosti environmentu a kvality, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika

♦ Galgheide Str. 12, D-413 66 Schwalmthal, Bundesrepublik Deutschland, e-mail: Obst@oekotec-sv.de

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.